

早稲田大学 先進理工学研究科
修士課程 入試問題の訂正内容

<2023年度9月入学・2024年度4月入学 一般入試 応用化学専攻>

【有機化学】

●問題冊子4ページ : Q.2 2-1) 問題文3行目

(誤)

不對電子 (lone pair)

(正)

電子対 (lone pair)

以上

2023年9月・2024年4月入学試験

大学院先進理工学研究科修士課程

応用化学専攻

問題表紙

- ◎問題用紙が 19 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。
◎解答用紙が 3 枚綴りが 3 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

問題は全部で5科目ある。このうち3科目を選びなさい。1科目ごとに大問が4問（生物化学のみ3問）ある。4問ある場合はそのうち3問を選んで解きなさい。

詳しくは科目ごとに記載した指示に従いなさい。

解答は日本語または英語で書きなさい。

答案用紙の使用方法 : How to use your answer sheets

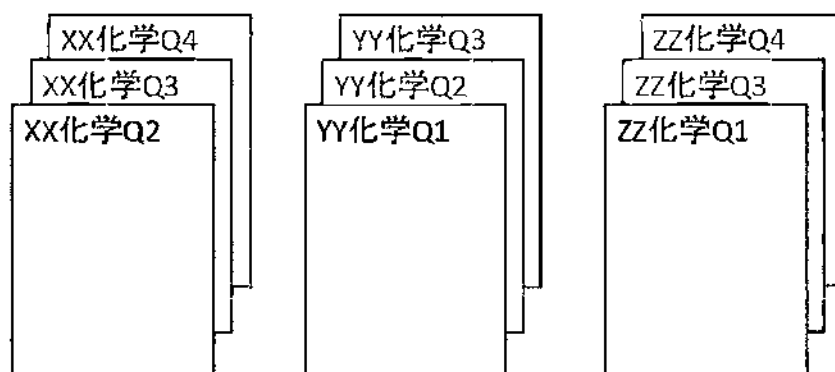
3枚が1セットとなった答案用紙が、3セット配られます。

3科目選択して、1科目につき1セット、1つの大問について1枚を使用してください。

例えば、XX化学(Q2,Q3,Q4)、YY化学(Q1,Q2,Q3)、ZZ化学(Q1,Q3,Q4)を選択した場合は、以下のように答案用紙を使ってください。

You will receive three sets of three answer sheets. Please select three subjects, use one set for each subject, and use one sheet for each Question.

For example, if you select XX Chemistry (Q2,Q3,Q4), YY Chemistry (Q1,Q2,Q3), and ZZ Chemistry (Q1,Q3,Q4), please use the sheets as follows.



2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 無機化学／Inorganic Chemistry

以下の4つの設問(Q.1～Q.4)より3問を選択し、設問ごとに別の解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。

Q.1 以下の問いに答えなさい。

- 1-1) MgOとNiOはいずれも塩化ナトリウム型構造の金属酸化物(metal oxide)であり、任意の組成の置換型固溶体(substitutional solid solution) $\text{Mg}_x\text{Ni}_{1-x}\text{O}$ ($0 \leq x \leq 1$)を形成する。MgOとNiOの融点(melting point)をそれぞれ2800 °C, 2000 °Cとして、 $\text{Mg}_x\text{Ni}_{1-x}\text{O}$ の相図(phase diagram) (横軸 x , 縦軸温度)を描きなさい。また、 $\text{Mg}_x\text{Ni}_{1-x}\text{O}$ の格子定数(lattice constant)が0.4199 nmのとき、 x の値をベガード則(Vegard's law)を用いて計算しなさい。ただし、MgOとNiOの格子定数はそれぞれ0.4213 nm, 0.4178 nmとする。
- 1-2) MgOと Al_2O_3 の固相反応(solid state reaction)により形成するスピネル(spinel) MgAl_2O_4 の結晶構造(crystal structure)について、酸化物イオン(oxide ion)の立方最密充填(cubic close packing)構造をもとに説明しなさい。また、 MgAl_2O_4 を固相反応よりも低温で合成する手法について説明しなさい。
- 1-3) 以下の語句から3項目を選択し、それらについて説明しなさい。必要なら図や式を用いて良い。
- 化学蒸着法(chemical vapor deposition method)
 - 消滅則(systematic absences)
 - 色中心(color center)
 - p型半導体(p-type semiconductor)
 - 強誘電体(ferroelectrics)

Q.2 以下の問いに答えなさい。

- 2-1) 塩素のオキソ酸の酸強度は、次亜塩素酸(hypochlorous acid) < 亜塩素酸(chlorous acid) < 塩素酸(chloric acid) < 過塩素酸(perchloric acid)の順に増加する。この理由について説明しなさい。
- 2-2) 以下の化合物を侵入型窒化物(interstitial nitride), 共有性窒化物(covalent nitride), イオン性窒化物(saline nitride)に分類しなさい。
 BN , TiN , Mg_3N_2 , Si_3N_4 , Li_3N
- 2-3) ハロゲン F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 のなかでは、Cl-Cl結合の解離エネルギー(bond dissociation energy)が最も大きい。この理由について説明しなさい。
- 2-4) 一酸化窒素NOの分子軌道エネルギー準位図(molecular orbital energy level diagram)を描き、結合次数(bond order)を求めなさい。また、NOが常磁性(paramagnetism)を示すかどうか答えなさい。
- 2-5) 以下の分子の立体構造をVSEPR則に基づいて描きなさい。中心原子に非共有電子対(lone pair electrons)がある場合はそれらも示すこと。
 XeF_6 (gas) SF_4

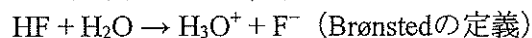
2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 無機化学 / Inorganic Chemistry

Q.3 以下の問いに答えなさい。

3-1) 括弧内の定義に基づき、以下の反応式での酸(acid)と塩基(base)を同定(identify)しなさい。

3-2) 0.100 mol L⁻¹の塩酸(hydrochloric acid) 20.0 mLに0.0500 mol L⁻¹の水酸化ナトリウム(sodium hydroxide)水溶液を加えた。水酸化ナトリウム水溶液の添加量が10.5 mLの場合と45.5 mLの場合について、添加後のpHをそれぞれ計算しなさい。3-3) 0.0100 mol L⁻¹のギ酸(formic acid) 20.0 mLに0.0100 mol L⁻¹の水酸化ナトリウム水溶液を15.0 mL加えた。添加前後のpHを計算しなさい。ただし、ギ酸の酸解離定数(acid dissociation constant) (K_a)は 2.10×10^{-4} とする。

Q.4 以下の問いに答えなさい。

4-1) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ のエネルギー準位図(energy level diagram)を結晶場理論(crystal field theory)に基づいて描きなさい。4-2) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ が2倍の物質量のHClと反応して得られる生成物の構造を描きなさい。4-3) $[\text{Cu}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$ は八面体(octahedral)構造であり、金属イオンと水分子の距離が、2つの水分子(water molecule)は他の4つの水分子より長い。その理由をエネルギー準位図を描いて説明しなさい。

2023年9月・2024年4月入学試験問題

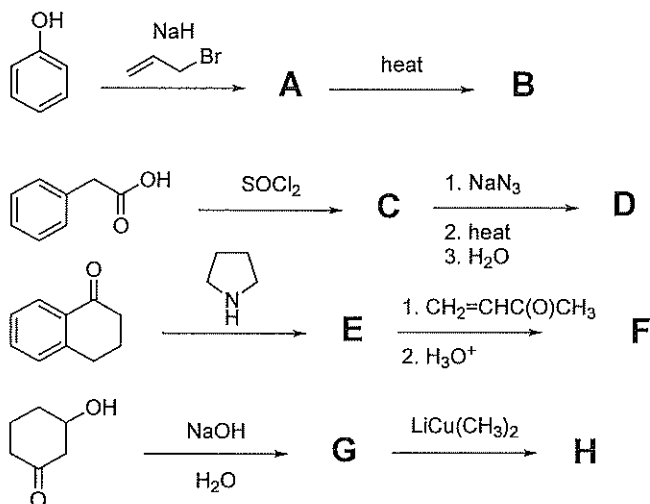
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 有機化学 / Organic Chemistry

以下の4つの設問(Q.1～Q.4)のうち、Q.1とQ.2は必ず解答しなさい。また、Q.3とQ.4のいずれかを選択しなさい。設問ごとに解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。

Q.1 以下の問いに答えなさい。

1-1) 以下の反応式(reaction formulas)において主生成物(major products)となる有機化合物AからH (organic compounds from A to H)の構造式(structures)を示しなさい。



1-2) アセトン(acetone)の α 位(the α position)のプロトンと酢酸エチル(ethyl acetate)の α 位のプロトンでは、どちらのpKa値が大きいか答えなさい。また、その理由も説明しなさい(Explain the reason why)。

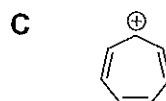
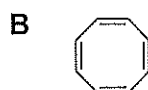
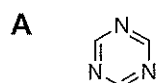
2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

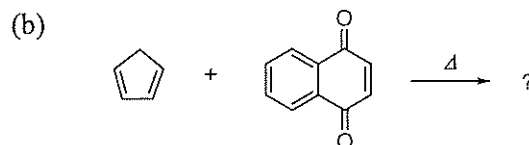
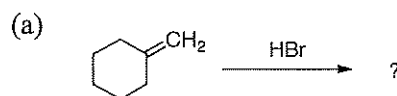
科目名: 有機化学 / Organic Chemistry

Q.2 以下の問いに答えなさい。

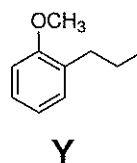
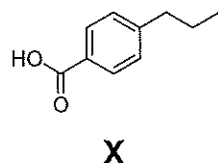
2-1) 次の環状化合物 **A** ~ **C** (cyclic compounds from **A** to **C**) に p 軌道と電子 (・) を書き加え, 芳香族性 (aromaticity) を示すか判定しなさい。なお, 環を構成するヘテロ元素 (hetero atom) については残りの sp^2 軌道や不対電子 (lone pair) も示しなさい。



2-2) 次の反応の生成物を示しなさい。但し, 主生成物 (major product) と副生成物 (minor product) がある場合や立体配置 (configuration) などにも必要に応じて示すこと。



2-3) ベンゼン (benzene) を出発原料 (starting material) として以下の化合物 **X** および **Y** (compounds **X** and **Y**) を合成する際の合成経路 (synthetic route) を示しなさい。必要な試薬 (reagents) をすべて示すこと。

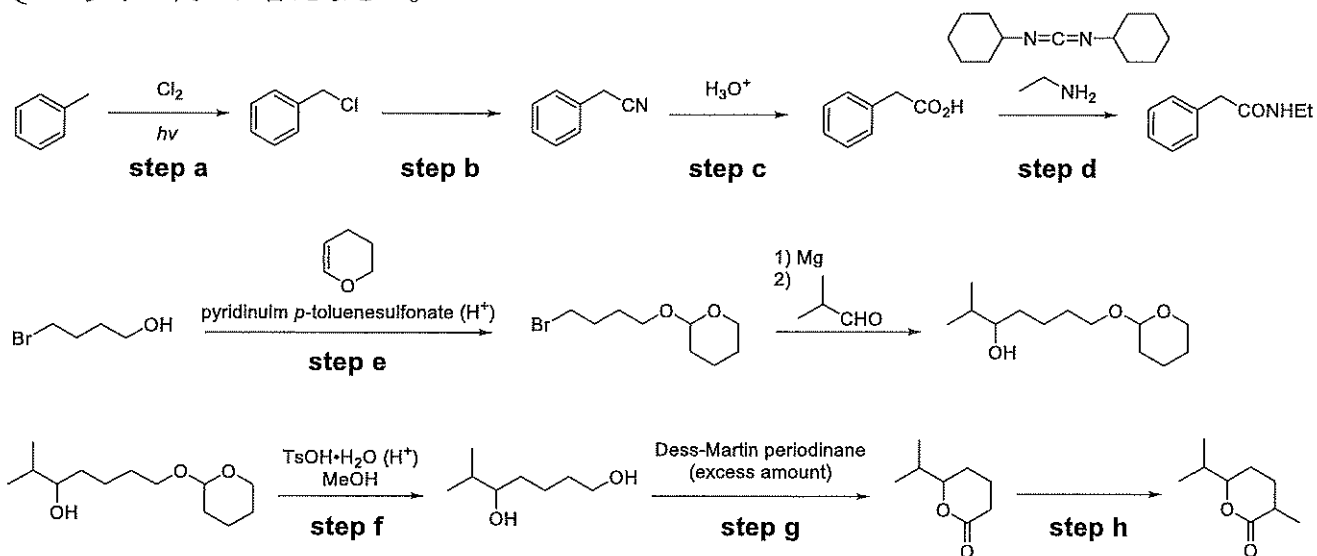


2023年9月・2024年4月入学試験問題

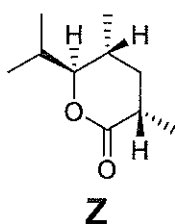
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 有機化学 / Organic Chemistry

Q.3 以下の問いに答えなさい。



- 3-1) 反応(reactions) **step a**, **step c**, **step d**, **step e**, **step f** および **step g** の反応機構(reaction mechanisms)を書きなさい。
- 3-2) **step b** において必要な試薬(required reagent)の名称を答えなさい。
- 3-3) **step h** において必要な試薬をすべて構造式で答えなさい。
- 3-4) 以下の化合物 **Z** (compound **Z**) の6員環(six membered ring)が、いす型配座(chair form)の際の最安定配座(the most stable conformation)を描きなさい。

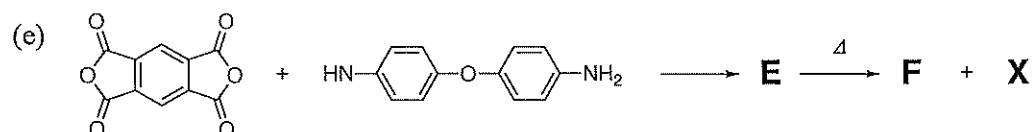
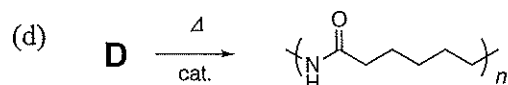
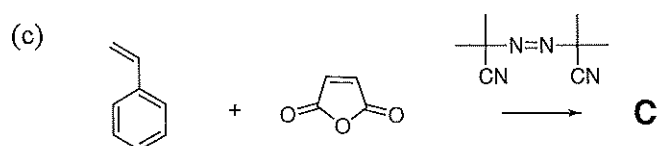
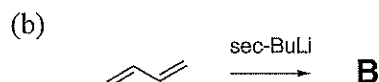
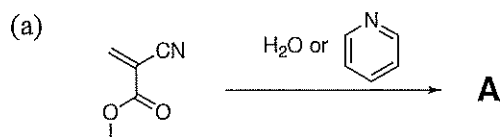


2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名: 有機化学/Organic Chemistry

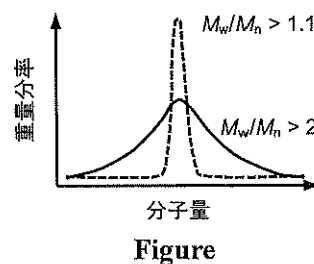
Q.4 以下の反応に対して問いに答えなさい。



4-1) 上記の高分子(polymer)を生成する重合反応(polymerization reaction) (a) ~ (e)において, 原料や高分子 **A** ~ **F** および副生成物 **X** の化学構造式(chemical structure)を書き加え, 完成させなさい。

4-2) 右図(黒実線)を示すような広い分子量分布の高分子を与える重合反応を(a) ~ (e)の中から全て選び, 記号で答えなさい。

4-3) 分子量の大きな高分子を生成するためには重合条件をどのようにすれば良いか, 重合反応(b), (e)に対してそれぞれ詳しく説明しなさい。



2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 物理化学/Physical Chemistry

以下の4つの設問(Q. 1～Q. 4)より3問を選択し、解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。必要であれば以下の数値を用いなさい。

気体定数： $R = 8.3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$,光速（真空中）： $c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$,プランク定数： $h = 6.626070 \times 10^{-34} \text{ J s}$, $T/\text{K} = \theta/^{\circ}\text{C} + 273.15$ アボガドロ定数： $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 電気素量： $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ 真空の誘電率： $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ J}^{-1} \text{ m}^{-1}$

分子等の熱力学データ

	分子量 M / g mol^{-1}	$\Delta_f H^\circ$ / kJ mol^{-1}	$\Delta_f G^\circ$ / kJ mol^{-1}	S_m° / $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$C_{p,m}^\circ$ / $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
$\text{O}_2(\text{g})$	31.999				29.355
$\text{O}(\text{g})$	15.999	+249.17	+231.73	161.06	21.912
$\text{H}_2(\text{g})$	2.016			130.6	28.6
$\text{H}(\text{g})$	1.008	+217.97	+203.25	114.71	20.784
$\text{H}_2\text{O}(\text{s})$	18.015			37.99	
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	18.015	-285.83	-237.13	69.91	75.291
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	18.015	-241.8	-228.57	188.8	

Q. 1 以下の問いに答えなさい。必要に応じて、与えられた熱力学データを使いなさい。

- 1-1) 101 kPa の大気圧下で1.00 mol L⁻¹の塩酸1.00 L と亜鉛10.0 mmol を上部が開いた26.85 °Cに保った容器内で反応させた。この反応に伴い、系が外界にした仕事を求めなさい。ただし、液相および固相を合わせた体積の変化量は、この反応の前後で無視できるものとしなさい。
- 1-2) 26.85 °Cの環境の下、体積可変で外界と熱の交換が容易な容器(シリンダー)内に水素ガスが充填されており、その内圧は101 kPaであった。このとき水素分子の平均速さ(mean speed)を求めなさい。また、この水素ガスを容積が1/2となるまで圧縮し、十分に時間がたった後の水素分子の平均自由行程(mean free path)を求めなさい。ただし、気体の水素分子の衝突断面積は0.270 nm²としなさい。
- 1-3) 1.00 mol の水素ガスと1.00 mol の酸素ガスを容積可変な密閉容器内に充填したところ、26.85 °Cで容積45.0 Lであった。その後、容器内部の点火プラグのスパーク(spark with spark plug)により定圧下で水素を燃焼させところ、容器内はすべて気体であった。この際の反応エンタルピー変化を求めなさい。ただし、熱力学データの値は26.85 °Cでも変わらないものとし、スパークにより与えられた熱量は無視して考えなさい。
- 1-4) いずれも気体の水素分子と水分子の $C_{v,m}$ の差を議論しなさい。ただし、 $C_{v,m}$ は分子の並進エネルギーおよび回転エネルギーのみが寄与するものとする。

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名: 物理化学/Physical Chemistry

Q.2 水素製造の反応として水性ガスシフト(water gas shift reaction)が、再生可能エネルギー由来の電解水素によって二酸化炭素を再資源化する反応として逆水性ガスシフトが知られる。以下の値を用いて下記の問いに答えなさい。なおここでは C_p と ΔS は温度に依らない(values are independent of temperature)とする。また単位系(J か kJ か)に注意して計算すること(pay attention to the system of units on the calculations)。

一酸化炭素(g)	$\Delta_f H^\circ: -110.5 \text{ kJ mol}^{-1}$,	$\Delta_f S^\circ: 197.6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$,	$C_p: 28.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
二酸化炭素(g)	$\Delta_f H^\circ: -393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$,	$\Delta_f S^\circ: 213.6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$,	$C_p: 36.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
水素(g)		$\Delta_f S^\circ: 130.6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$,	$C_p: 28.6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
水蒸気(g)	$\Delta_f H^\circ: -241.8 \text{ kJ mol}^{-1}$,	$\Delta_f S^\circ: 188.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$,	$C_p: 37.1 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

- 2-1) 水性ガスシフトの反応式、標準状態(standard condition)における反応熱(reaction heat)、ならびにこの反応は発熱(exothermic)か吸熱(endothermic)か、をそれぞれ答えなさい。
- 2-2) 逆水性ガスシフトを効率高く進めるための条件を例示しなさい。
- 2-3) ある温度 T [K]における反応のギブス自由エネルギー変化(Gibbs free energy change)を求める式を、記号を使って書きなさい。
- 2-4) ギブス自由エネルギー変化の温度依存性(temperature dependence)について求める式を、記号を使って書きなさい。
- 2-5) 水性ガスシフトのギブス自由エネルギー変化がゼロになる温度を求めなさい。
- 2-6) ある閉じた容器に水性ガスシフト反応の原料を等モルずつ入れ反応させ平衡状態(equilibrium state)となった時に、原料の転化率(conversion of the reactants)が 80%となるときの温度を求めなさい。

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 物理化学/Physical Chemistry

Q. 3 IPCC は第 6 次報告(IPCC the 6th report)において、地球温暖化(global warming)は人為的な温暖化ガス排出(anthropogenic greenhouse gas emissions)によるものであると述べている。この温暖化ガスとして、二酸化炭素、メタン、 N_2O の 3 つがとくに問題であるとされている。以下の問いについてそれぞれ 100 字以内(Answer in 20 words or less)で答えなさい。

- 3-1) 地球上の大気から二酸化炭素を低減させるために可能な手法(methods to reduce the concentration of carbon dioxide from the earth's atmosphere)について技術的に 2 つ述べなさい。
- 3-2) メタン排出源として大きな問題(two major sources of methane emissions)となっているものを 2 つ述べなさい。
- 3-3) メタン排出を抑制しうる手法(methods that could reduce methane emissions)について技術的に 2 つ述べなさい。
- 3-4) N_2O 排出源として大きな問題(two major sources of N_2O emissions)となっているものを 2 つ述べなさい。
- 3-5) N_2O 排出を抑制しうる手法(methods that can control N_2O emissions)について技術的に 2 つ述べなさい。

2023年9月・2024年4月入学試験問題
 大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻
 科目名：物理化学／Physical Chemistry

Q.4 以下の問いに答えなさい。

- 4-1) 与えられた定数からファラデー定数 F を算出するための式を示し、算出なさい。
- 4-2) 希硫酸を電解液(electrolyte)とし、金属電極で水の還元反応を電気化学的に進行させる際、水素の発生ではフォルマー(Volmer)反応、ヘイロフスキー(Heyrovsky)反応およびターフェル(Tafel)反応、の三つの反応過程が提唱されている。それぞれの反応を説明しなさい。また、Pt 電極を用いる場合には、どのように反応が進むのか、上記の反応を用いて説明しなさい。
- 4-3) 与えられたモル生成ギブス自由エネルギー変化の値を用いて、標準状態の H_2O 1.00 mol を電気分解して標準状態の水素ガスおよび酸素ガスを得るのに必要な電力を計算しなさい。なお、使用する電力は効率 100% で電気分解に用いられるものと仮定しなさい。
- 4-4) 濃度の異なる KCl 水溶液を、イオン交換膜(ion exchange membrane)で隔てて静置すると、膜電位が生じる。濃度 A 及び濃度 B の KCl 水溶液をアニオン交換膜(anion exchange membrane)で隔てた際の膜電位(membrane potential)の発生メカニズムを説明し、発生する膜電位の値を濃度からどのように算出できるのか、式を導きなさい。なお、いずれの濃度においても、各イオンは活量 1 として扱いなさい。
- 4-5) 水溶液中に金属電極を浸した系において、ある可逆な電気化学反応系を考える。反応物の酸化電位より 100 mV 以上の十分に貴な電位を電極に印加した場合、電位印加直後および 1 分後の電極からの距離に対する反応物の電解液中濃度プロファイルについて、必要に応じて図を用い、電極からの距離のおおよその値を示しながら説明しなさい。
- 4-6) 鉄筋コンクリート(reinforced concrete)は、棒状の鉄がコンクリート中に埋没された構造体であり、コンクリート中の pH は 12~13 である。コンクリートが劣化すると(degrade)、コンクリート中の pH は 11 程度まで低下する。この鉄の表面の状態について、コンクリートの劣化前と劣化後について、右の図に示す pH-電位図をもとに議論しなさい。なお、コンクリート中には微細な孔(pores)が多数あり、孔内に水、窒素および酸素が存在している。

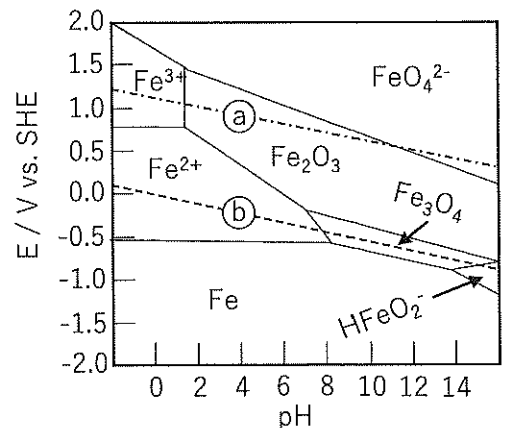
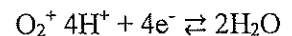
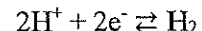


図. Fe の pH-電位図

一点破線①は



破線②は



のそれぞれの反応に対応する。

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 化学工学／Chemical Engineering

以下の4つの設問(Q.1～Q.4)より3問を選択し、設問ごとに別の解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。

Q.1 流動状態(condition of fluid)に関して以下の問いに答えなさい。なお、必要があれば以下の式や、ムーディー線図(Moody chart)を使いなさい。

ハーゲン・ポアズイユの式 (Hagen-Poiseuille equation)

$$\Delta P = \frac{32\mu L \bar{u}}{D^2} \quad (\text{Re} < 2,100)$$

ブラジウスの式 (Blasius equation)

$$f = 0.0791 \text{Re}^{-0.25} \quad (3,000 < \text{Re} < 100,000)$$

ニクラゼの式 (Nikuradse equation)

$$f = 0.0008 + 0.5525 \text{Re}^{-0.237} \quad (100,000 < \text{Re} < 3,000,000)$$

コールブルックの式 (Colebrook equation)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3.71} \left(\frac{\varepsilon}{D} \right) + \frac{1.255}{\text{Re} \sqrt{f}} \right\} \quad (4,000 < \text{Re})$$

ファニングの式 (Fanning equation)

$$\Delta P = 4f \left(\frac{\rho \bar{u}^2}{2} \right) \left(\frac{L}{D} \right)$$

ΔP : 圧力損失 (pressure drop) [Pa]

μ : 粘度 (viscosity) [Pa s]

L : 管長 (pipe length) [m]

$\bar{u}$: 平均線流速 (average velocity) [m s⁻¹]

D : 管内径 (pipe inside diameter) [m]

Re : レイノルズ数 (Reynolds number) [-]

f : 管摩擦係数 (friction factor) [-]

ε : 絶対粗度 (absolute pipe roughness) [-]

ρ : 密度 (density) [kg m⁻³]

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 化学工学 / Chemical Engineering

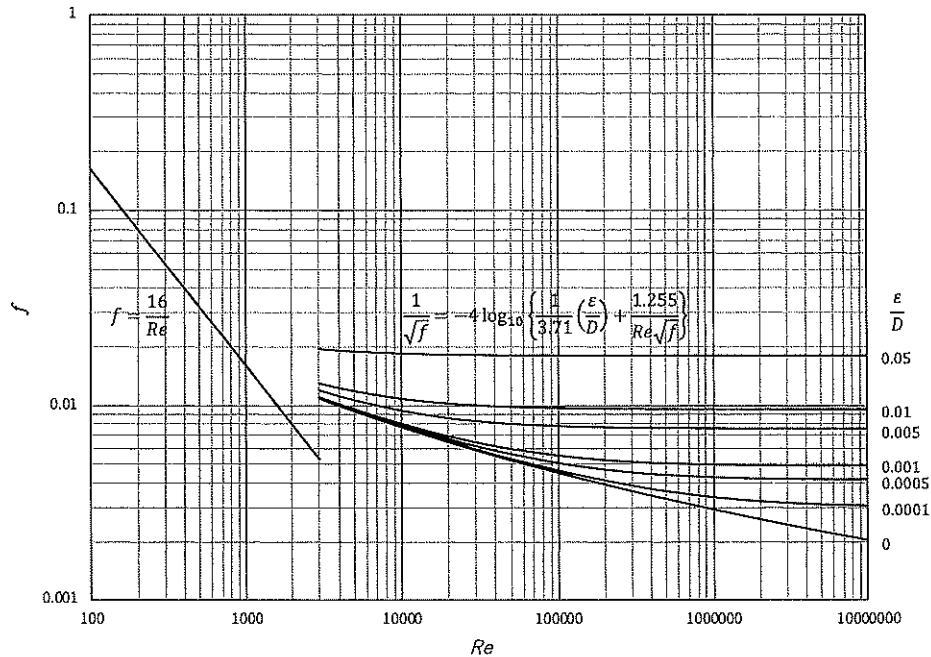


図 Moody 線図

- 1-1) 円管内を流体が流れるとき、流れの状態は層流(laminar flow)か乱流(turbulent flow)に分けられる。この流動状態を表すレイノルズ数を、管内径 D [m], 平均線流速 $\bar{u}$ [m s^{-1}], 流体密度 ρ [kg m^{-3}], 流体粘度 μ [Pa s] を使って表しなさい。
- 1-2) 層流の場合 $f = 16\text{Re}^{-1}$ で表されることを与えられた式を用いて示しなさい。
- 1-3) 内径 10.0 mm , 長さ $1.00 \times 10^2 \text{ m}$ の水平に設置された平滑円管に空気($\rho = 1.20 \text{ kg m}^{-3}$, $\mu = 1.80 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$)を平均流速 2.40 m s^{-1} で輸送する。このときのエネルギー損失および圧力損失を求めなさい。
- 1-4) 内径 $5.00 \times 10^{-2} \text{ m}$, 長さ $1.00 \times 10^2 \text{ m}$ の平滑管(smooth pipe)を用いて、水($\rho = 1.00 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, $\mu = 1.00 \times 10^{-3} \text{ Pa s}$)を平均流速 1.00 m s^{-1} で、大きな貯槽Aから 20.0 m の高さにある貯槽Bまで汲み上げたい。管摩擦によるエネルギー損失 [J kg^{-1}] を求めなさい。またポンプの効率(mechanical efficiency of the pump)を 60.0% としたときの、軸動力(pump shaft power) [W] を求めなさい。ただし、貯槽Aの水位変化は無視できるものとする(water level change of tank A is negligible)。重力加速度(gravitational acceleration)は $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ を使うこと。

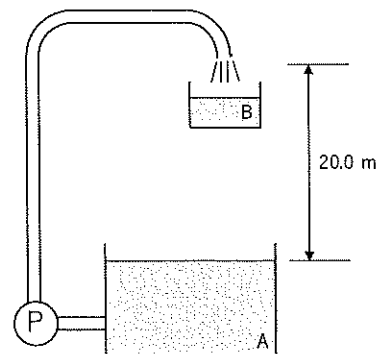


図 ポンプによる水の汲み上げ

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 化学工学 / Chemical Engineering

Q.2 分離操作(separation operation)に関して以下の問いに答えなさい。

- 2-1) ベンゼン-トルエンの混合溶液(benzene-toluene mixture)がラウールの法則(Raoult's law)に従うとして、101.3 kPaにおいて100 °Cの沸点を持つ混合溶液の液組成(liquid composition)とそれに平衡な蒸気組成(vapor composition)を求めなさい。以下のアントワン式(Antoine equation)を使用すること。

$$\log_{10}(P/\text{kPa}) = A - \frac{B}{t/^{\circ}\text{C} + C}$$

$P[\text{kPa}], t[^{\circ}\text{C}]$

表 アントワン定数 (Antoine constant)

物質名	A	B	C
ベンゼン	6.031	1211	220.8
トルエン	6.080	1345	219.5

- 2-2) ベンゼン 50.0 mol%-トルエン 50.0 mol%の混合液を連続多段蒸留塔(continuous multistage distillation column)に $8.00 \times 10^2 \text{ mol h}^{-1}$ で供給し、塔頂(top)より 95.0 mol%ベンゼンを、塔底(bottom)より 95.0 mol%トルエンに分離する。ただし、原料は沸点の液で供給するものとし、101.3 kPaにおける気液平衡関係は表のデータおよびそれをグラフ化した図を使用しなさい。

- (a) 留出液流量 $D [\text{mol h}^{-1}]$ および缶出液流量 $W [\text{mol h}^{-1}]$ を求めなさい。
- (b) 最小還流比 $R_{\min} [-]$ を求めなさい。ただし、濃縮部操作線(rectifying section operating line)の勾配は、還流比 R (reflux ratio) を用いて $\frac{R}{R+1}$ で表されることを利用しなさい。
- (c) 還流比を最小還流比の 1.83 倍で運転する場合を考える。
- (c-1) 濃縮部の操作線をベンゼン液相組成 x とベンゼン気相組成 y で表しなさい。
- (c-2) 濃縮部操作線と q 線が交わる点のベンゼン気相組成 y を求めなさい。
- (c-3) マッケブ-シーレ法(McCabe-Thiele method)を用いて所要理論段数(number of theoretical plates), および原料供給段の位置を求めなさい。

表 ベンゼン-トルエン溶液の気液平衡データ (101.3 kPa)

液相中ベンゼン組成	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
気相中ベンゼン組成	0.209	0.376	0.512	0.622	0.715	0.791	0.856	0.911	0.959

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 化学工学／Chemical Engineering

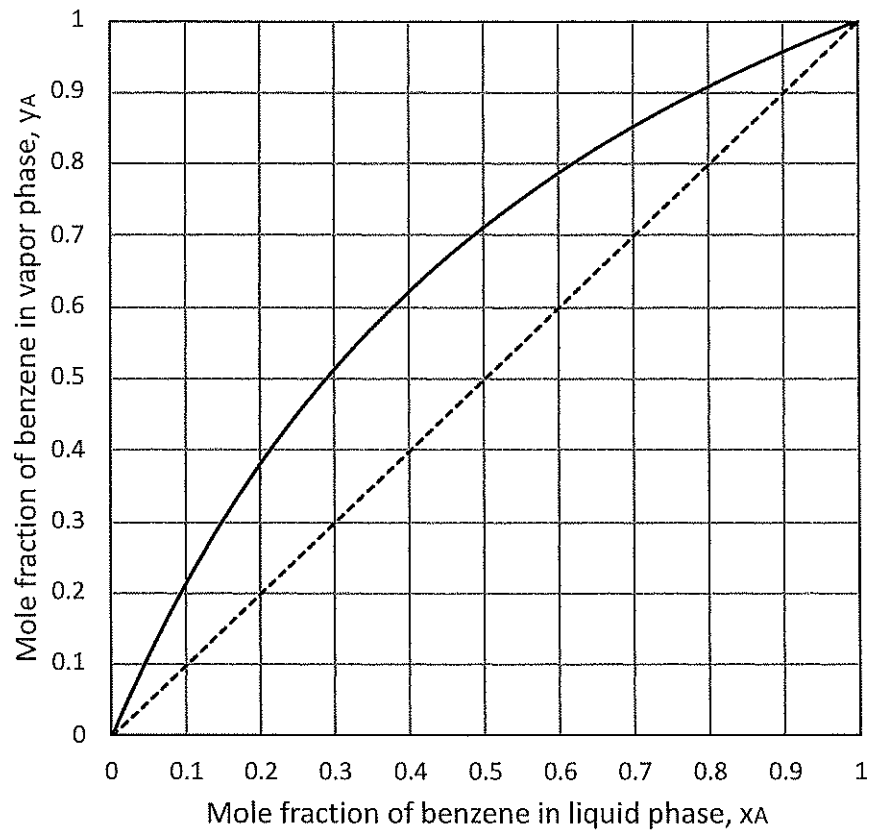


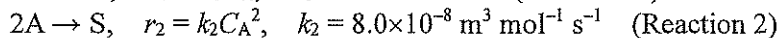
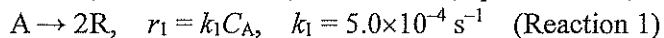
図 ベンゼン-トルエン溶液の気液平衡曲線 (101.3 kPa)

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 化学工学／Chemical Engineering

Q.3 以下の定容(constant volume)の液相反応(liquid reaction)を考える。



原料には A のみが $C_{A0} = 2.0 \times 10^3 \text{ mol m}^{-3}$ で含まれていた。Reaction 1 で生成物 R が生成し、Reaction 2 で副生成物 S が生成した。導出過程や理由を示しつつ以下の問いに答えなさい。

- 3-1) 連続槽型反応器(CSTR)を用いて反応率 $x_A = 0.70$ を得るのに必要な空間時間 τ を求めなさい。
- 3-2) 3-1)の条件で反応器出口での A, R, S の濃度 C_A, C_R, C_S を求めなさい。
- 3-3) 3-1)の条件で生成物 R の収率 Y_R と、選択率 S_R を求めなさい。
- 3-4) 同じ反応率 x_A を CSTR ではなく管型反応器(PFR)で実現する場合、 τ と S_R はどう変化するか議論しなさい。

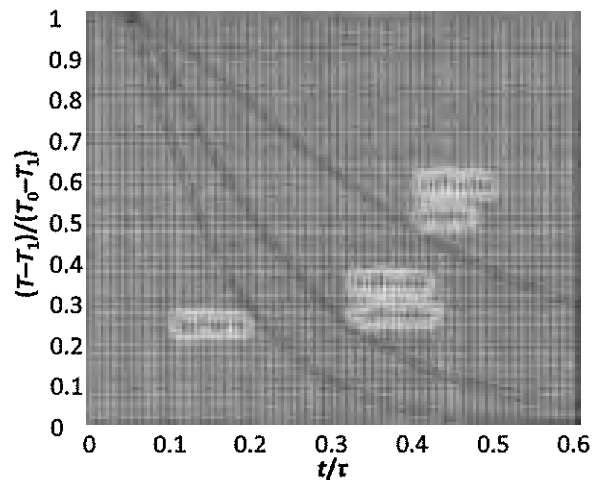
2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 化学工学 / Chemical Engineering

Q.4 ガラスで出来た無限平板(infinite plate), 無限円柱(infinite cylinder), 球(sphere)が, 温度 $T_0 = 80^\circ\text{C}$ に均一に予熱されている。時刻 $t = 0\text{ s}$ に温度 $T_1 = 20^\circ\text{C}$ の水中に入れて冷やす。水は多量にあり良くかき混ぜられ, ガラス表面は $t \geq 0\text{ s}$ で $T_1 = 20^\circ\text{C}$ になっている。平板の肉厚, 円柱の直径, および球の直径は, 全て $2R = 30\text{ mm}$ である。このガラスの熱伝導率は $\kappa = 1.4\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$, 定圧比熱は $C_p = 0.70\text{ J g}^{-1}\text{ K}^{-1}$, 密度は $\rho = 2.0\text{ g cm}^{-3}$ である。右下のチャートを参照しても良い。

- 4-1) 熱拡散率 α と伝熱の時定数 τ を, 問題文で用いられた記号を用いて表し, 単位も示しなさい。
- 4-2) 各物体の中心温度が $T = 40^\circ\text{C}$ まで冷えるのにかかる時間 t を無限平板, 無限円柱, 球のそれぞれについて求めなさい。導出過程も示すこと。
- 4-3) $t = 90\text{ s}$ での中心温度を, 無限平板, 無限円柱, 球のそれぞれについて求めなさい。導出過程も示すこと。
- 4-4) チャートが示すように温度変化は球が最も速く無限平板が最も遅いが, その理由を説明しなさい。
- 4-5) 水をかき混ぜないと, 冷却速度はどうなるか, 理由もあわせて説明しなさい。



2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 生物化学/Biochemistry

以下の3つの設問(Q.1~Q.3)全てについて、設問ごとに別の解答用紙の問題番号に○をつけたうえで解答しなさい。

Q.1 以下の説明文を読み、問いに答えなさい。

酵素(enzyme)の中には、複合タンパク質(conjugated protein)として活性を示す酵素がある。非タンパク質性の補因子(cofactor)がタンパク質部分であるアポ酵素(apoenzyme)に結合してはじめて活性(activity)を示すものも多い。補因子の例としては、補欠分子族や金属イオンがある。また、NADやパントテン酸などは(1a)の代表例である。L-乳酸脱水素酵素(L-lactate dehydrogenase; EC 1.1.1.27)は、(1a)としてNAD(還元型をNADH/H⁺, 酸化型をNAD⁺)を使用する酵素で、₁₋₃₎ピルビン酸からL-乳酸への変換を触媒する。また、酵素番号(EC 1.X.Y.Z)からL-乳酸脱水素酵素は(1b)酵素に分類されることがわかる。L-乳酸脱水素酵素は、L-乳酸からピルビン酸を生成する反応も触媒する。₁₋₄₎しかし、D-乳酸を基質とはしない。また、細菌由来のL-乳酸脱水素酵素はフルクトース-1,6-二リン酸(fructose-1,6-bisphosphate)が結合することによって活性型に変化する。このように、基質以外の分子(化合物)によって活性の調節を受ける酵素は(1c)酵素と呼ばれる。

1-1) 上記の文章の(1a)~(1c)に入る最も適切な用語(term)を書きなさい。

1-2) アポ酵素の分子量は、アポ酵素をコードする遺伝子から推定することができる。その方法を簡潔に説明しなさい。

1-3) L-乳酸を $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ として示し、L-乳酸脱水素酵素による下線部の反応式を書きなさい。不斉炭素原子の表記は省略してよい。

1-4) L-乳酸脱水素酵素がD-乳酸を基質とはしない理由を説明しなさい。

2023年9月・2024年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻
科目名： 生物化学／Biochemistry

- Q.2 下に示すコドン表を参考にしながら、以下の問いに答えなさい。
- 2-1) Lys-Ala-Gly が示すトリペプチドの化学構造式をかきなさい。
- 2-2) 翻訳産物(translational product)が Lys-Ala-Gly を与えるような9量体のRNA配列は、何種類ありえるか。数字で答えなさい。
- 2-3) リジンとイソロイシンのうち、より高い確率でタンパク質の表面に分布しているアミノ酸はどちらだと考えられるか。そう考える理由とともに、50-100字程度(20-40 words for English)で答えなさい。
- 2-4) ウラシル(U), アデニン(A), グアニン(G)の3つのリボヌクレオシド三リン酸を等モルずつ用いてランダム共重合させ、人工の mRNA を調製した。その分子量は十分に大きいものとする。これらを鋳型として細胞にポリペプチド合成(翻訳)をさせる。
- このとき:
- (a) この方法で合成されたポリアミノ酸に含まれ得ないアミノ酸をすべて書き出しなさい。
- (b) ここで得た人工の mRNA のすべての部位から等しい確率でランダムに翻訳が開始されるとき、その翻訳産物(ポリアミノ酸)は、平均すると X 量体となる。X の値として最も適切な数字を書くとともに、その算出根拠も説明しなさい。

コドン表

UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys
UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys
UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	Stop	UGA	Stop
UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	Stop	UGG	Trp
CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg
CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg
CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg
CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg
AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser
AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser
AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg
AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg
GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly
GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly
GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly
GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly

2023年9月・2024年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

科目名： 生物化学/Biochemistry

Q.3 以下の問いに答えなさい。

3-1) 低温(加熱)殺菌法(Pasteurization)に関する以下の説明文を読み、(3a)～(3c)に入る最も適切な用語(term)を書きなさい。

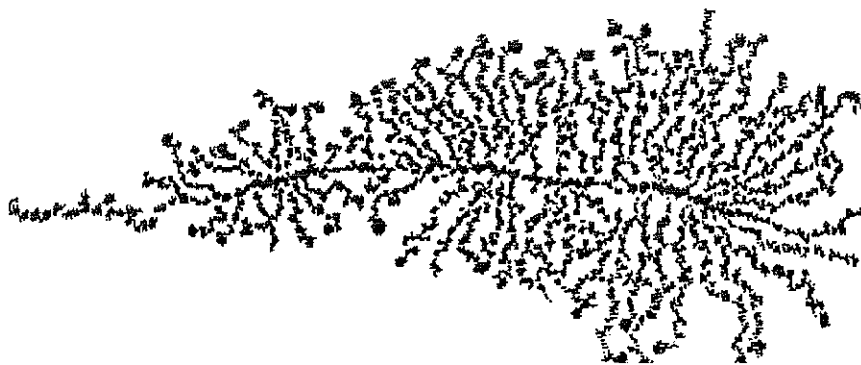
低温(加熱)殺菌法(Pasteurization)はワイン(約 54～55℃)や日本酒(約 60～65℃)の製造工程に必須な殺菌法である。高温での処理は酒類の香気成分の一部を消失させ、風味を損なうことが多いからである。一方、ワインや日本酒に低温(加熱)殺菌が適用できる理由は、(3a)が 10-15%(v/v)含まれているためで、殺菌処理前でも微生物の混入と増殖は起こりにくい。しかし、(3a)に高耐性を示す乳酸菌の混入と増殖が起こった場合、いわゆる(3b)が起こり、商品価値がなくなる。ワインの低温(加熱)殺菌法は 1866 年にフランスの微生物学者(3c)によって開発された。一方、日本酒の低温火入れ(法)、すなわち低温(加熱)殺菌法の原型は経験に基づく方法だが、1560 年頃には成立していたとされる。

3-2) 以下の 2 つの記述は、いずれも誤りを含んでいる。誤っている箇所を指摘し、正しなさい。

(a) DNA が形成する二重鎖 DNA(duplex DNA)は、AT 塩基対の含量が高いほど安定であり、また溶媒の塩濃度が高いほど安定である。

(b) 紫外可視吸収スペクトルにおいて、タンパク質は 280 nm 付近に吸収を示すが、これはチロシン、システイン、そしてフェニルアラニンに由来する吸収である。

3-3) 下に示す絵は、活発に転写されている大腸菌ゲノムのある遺伝子座位(locus)の電子顕微鏡像を模して描かれたものである。図中、RNA ポリメラーゼの進行方向は、左右どちらであると考えられるか。そう考える根拠とともに、50 字程度(20 words for English)で答えなさい。



受験番号					
氏 名					

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

No.

1	/	3
---	---	---

採点欄

※裏面の使用
は不可

科目名	
選択 問題番号	Q.1 ・ Q.2 ・ Q.3 ・ Q.4

受験番号					
氏 名					

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

No.

2	/	3
---	---	---

採点欄

※裏面の使用
は不可

科目名	
-----	--

選択 問題番号	Q.1 ・ Q.2 ・ Q.3 ・ Q.4
------------	-----------------------

受験番号					
氏 名					

2023年9月・2024年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程応用化学専攻

No.

3	/	3
---	---	---

採点欄

※裏面の使用
は不可

科目名		選択 問題番号	Q.1 ・ Q.2 ・ Q.3 ・ Q.4
-----	--	------------	-----------------------