2024 年度 10 月入学, 2025 年度 4 月入学
室蘭工業大学大学院工学研究科
博士前期課程入学試験(一般入試)

学力試験問題

環境創生工学系専攻　化学生物工学コース
情報電子工学系専攻　共創情報学コース(A系)

専門科目(化学生物システム基礎)
第 1 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. 問題冊子は, この表紙を含め合計 7 枚あります. 試験開始後, 問題用紙の不足や印刷の不良に気づいた場合は, 直ちに監督員に申し出てください. 問題冊子は持ち帰って構いません.
3. 次の 6 科目すべてに解答してください.
   - A-1 [物理化学]
   - A-2 [無機分析化学]
   - A-3 [有機化学]
   - A-4 [生物化学]
   - A-5 [生物工学]
   - A-6 [プロセス工学]
4. 答案用紙は 6 枚です. 各科目に答案用紙を 1 枚使用してください. 各答案用紙に**科目名**, **受験番号**を必ず記入してください. 6 科目すべての科目の答案用紙を提出してください. 氏名を記入してはいけません. 解答スペースが不足する場合は, 裏面にも記載があることを明記した上で, 裏面を使ってください.
5. 草案用紙は 1 枚です. 草案用紙は持ち帰って構いません.

A-1 [物理化学](50 点)

［1］1 モルの酸素ガス（$O_2(g)$）が水素ガス（$H_2(g)$）と反応して水蒸気（$H_2O(g)$）が生成する反応について，以下の問い（1）～（3）に答えよ．気体は温度 25 ℃，標準状態の理想気体として取り扱えるとする．

（1） この反応の化学反応式を書け．

（2） これらの分子中の H－H 結合，O＝O 結合，ならびに O－H 結合の結合エネルギーはそれぞれ 432，494，および 459 kJ mol^{-1} である．この反応の標準反応エンタルピー $\Delta_r H^0$ を求めよ．なお，計算の過程も示すこと．

（3） この反応は発熱反応か吸熱反応か答えよ．

［2］ある容器に同じ物質量の気体 $H_2(g)$ と $I_2(g)$ のみを入れた後，充分長い時間保持して，容器内を

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

の平衡状態とした．このときの容器内の気体の全圧 P，平衡定数 $K = 64$ として，以下の問い（1），（2）に答えよ．なお，すべての気体は理想気体として取り扱えるとする．

（1） 平衡に達した際の $H_2(g)$，$I_2(g)$，および $HI(g)$ のモル分率をそれぞれ求めよ．なお，計算の過程も示すこと．

（2） 温度を一定に保ったまま容器を圧縮して全圧が $2P$ になった際の平衡定数を求めよ．

A-2 [無機分析化学](50点)

［1］以下の文章を読んで文章中の空欄（ ① ）～（ ⑧ ）にあてはまる適切な語を下記の語群から選び答えよ.

ともに炭素原子のみからなる物質である（ ① ）と（ ② ）は,（ ③ ）と呼ばれる.（ ① ）は炭素原子が sp^3 混成軌道を形成して共有結合を作っている.これに対して,（ ② ）は炭素原子が sp^2 混成軌道を形成し,共有結合をつくることで原子面がつくられる.これらの原子面は（ ④ ）によって引き合い,積み重なった（ ⑤ ）をとる物質もある.この（ ② ）と同じ平面構造をとる分子として（ ⑥ ）がある.また,炭素原子のみからなる物質は,サッカーボールによく似た構造を持つ（ ⑦ ）や,（ ② ）シートが円筒状に丸まった形状の（ ⑧ ）がよく知られている.

語群：同位体　層状構造　ファンデルワールス力　ダイヤモンド　窒化ホウ素　化学結合
カーボンナノチューブ　フラーレン　グラフェン　イオン結合　同素体　類似物質群
六ホウ化ランタン

［2］酸と塩基について以下の文章を読み,問い（1）～（3）に答えよ.

A 濃度未知の硫酸水溶液と 0.15 mol L^{-1} の水酸化ナトリウム水溶液がある.

B ある指示薬を入れた濃度未知の硫酸水溶液 15.0mL を水酸化ナトリウム水溶液で滴定した.水酸化ナトリウム水溶液を 20.0 mL 滴下すると溶液の色が無色透明から赤色透明に変化した.この時を終点として滴定を終えることとした.

（1）下線 A について,酸と塩基はいずれの水溶液になるか,答えよ.また,この酸と塩基が反応して中和するときの反応式を答えよ.

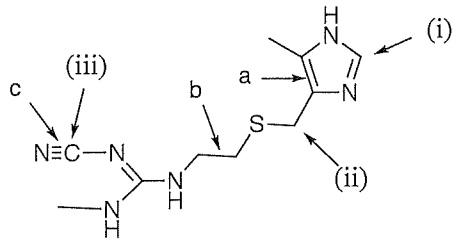
（2）下線 B について,この時硫酸水溶液にいれた指示薬を下記の語群から一つ選び答えよ.

語群：メチルオレンジ　メチルレッド　フェノールフタレイン　ブロモフェノールブルー
ブロモチモールブルー　チモールフタレイン

（3）滴定結果を用いて濃度未知の硫酸水溶液のモル濃度を求めて答えよ.

A-3 [有機化学](50点)

［1］ 次の分子（cimetidine）の結合状態について以下の問い（1），（2）に答えよ.



（1）矢印で示された原子(i) ～ (iii)の混成状態を次の(A) ～ (D)からそれぞれ選べ. また，それぞれの原子の周りのおおよその結合角を(E) ～ (H)からそれぞれ選べ.

混成状態: (A) sp^3 混成　(B) sp^2 混成　(C) sp 混成　(D) 混成していない

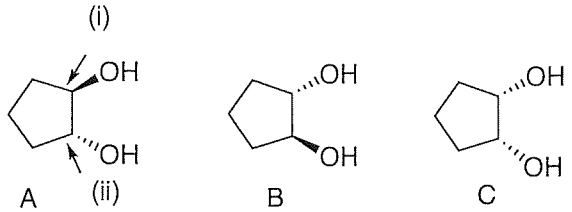
結合角: (E) 180°　(F) 120°　(G) 109.5°　(H) 90°

（2）a, b, c の結合について，結合距離の長い順に左から記号で書け.

［2］次に示す化合物 a) ～ d)について，沸点の高いものから順に左から書け.

a) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$　b) $CH_3CH_2CH_2CO_2H$　c) $CH_3CO_2CH_2CH_3$　d) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

［3］以下の化合物 A ～ C について答えよ.



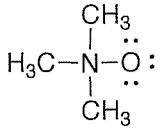
（1）化合物 A において，矢印で示された不斉炭素（i），(ii) の絶対配置を *R* または *S* でそれぞれ示せ.

（2）互いにエナンチオマーの関係にある化合物を選べ.

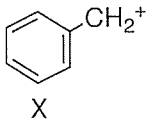
（3）A とジアステレオマーの関係にある化合物を選べ.

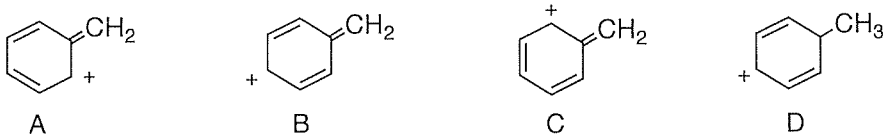
（4）メソ体を選べ.

［4］次の化合物中に含まれる N と O の形式電荷をそれぞれ答えよ.



［5］次の陽イオン X の共鳴寄与式のうち，正しくないものを A ～ D から選べ.





A-4 [生物化学](50点)

［1］次の文章はアミノ酸について説明したものである．空欄（ A ）～（ G ）に入る適当な語句を記せ．
タンパク質を構成するアミノ酸は全部で20種類ある．これらのアミノ酸は（ A ）の結合しているα-炭素に（ B ）が結合したα-アミノ酸である．各アミノ酸は独自の側鎖を有し，異なる物理化学的性質を示す．（ C ）と（ D ）は硫黄原子を含み，これが生体にある硫黄の大部分を占める．側鎖に塩基性基をもつ塩基性アミノ酸（(E)，(F)，(G)）もある．

［2］次の文章はタンパク質について説明したものである．空欄（ A ）～（ D ）に入る適当な語句を記せ．
1．タンパク質の二次構造のうち，右巻きらせん構造を（ A ），ジグザグ状の構造が同じ位相で順方向あるいは逆方向に複数並んだ状態を（ B ）という．二次構造をとったポリペプチド鎖が折りたたまれたものが三次構造であり，一次構造から自発的に形成されうる．細胞内には正しい折りたたみ（フォールディング）を補助するタンパク質である（ C ）があり，三次構造の形成を助ける．
2．タンパク質のフォールディングに寄与する相互作用として，疎水性相互作用，ファンデルワールス力，水素結合，ジスルフィド結合，（ D ）がある．

［3］次の文章は核酸について説明したものである．空欄（ A ）～（ E ）に入る適当な語句または塩基配列を記せ．
1．真核生物のゲノムは，タンパク質が多数結合した（ A ）という状態を取っている．まず，4種類のコアヒストンが2個ずつ結合したヒストン八量体にDNAが巻き付いた（ B ）という構造ができ，それがリンカーヒストンによって束ねられて太い（ A ）繊維となり，それが何重にも折りたたまれて，顕微鏡で観察できる染色体となる．
2．DNAを加熱や水素結合切断剤で処理すると，塩基対の水素結合が切れて一本鎖となる．これを（ C ）という．（ C ）した核酸はその起源にかかわらず，塩基配列がおよそ相補的であれば二本鎖を形成する．この過程を（ D ）という．
3．塩基配列 5'-CCTAGTGA-3' を持つ一本鎖DNAに相補的なRNA鎖の配列は（ E ）である．

［4］次の文章は脂質について説明したものである．空欄（ A ）～（ C ）に入る適当な語句を記せ．
1．脂肪酸はエネルギー源として重要だが，強く荷電されているため，大量に貯蔵するには不向きである．そのため貯蔵には，脂肪酸3分子をグリセロール1分子とエステル結合させた（ A ）が代わりに用いられる．
2．複合脂質のうち，グリセロール骨格にアシル基を2個とリン酸基を1個もつホスファチジン酸を共通構造とするものを（ B ）という．生体膜は，（ B ）を主成分とした（ C ）という構造をとっている．

A-5 [生物工学](50点)

［1］以下の括弧に当てはまる正しい酵素名を【語群】から選べ.

加水分解酵素には炭水化物分解酵素，タンパク質分解酵素，脂肪分解酵素，尿素分解酵素，ATP 分解酵素，核酸分解酵素などがあり，炭水化物分解酵素には，アミラーゼ，マルターゼ，スクラーゼ，(　　)，セルラーゼ，ペクチナーゼなどがある.

【語群】ペプシン，ラクターゼ，リパーゼ，オキシダーゼ，カタラーゼ

［2］セントラルドグマに関する次の文を読み，以下の問いに答えよ.

DNA の構造を発見したフランシス・クリックは，DNA の情報をもとにして，遺伝情報が DNA→RNA→タンパク質の順に伝えられるという流れを提唱し，これをセントラルドグマ（中心原理）と名付けた．セントラルドグマにおける遺伝情報の伝達では，次のプロセス ① 複製，② 転写，③ 翻訳が重要である．これらの各プロセス①～③について，各括弧内のキーワードを用いてそれぞれ 40～70 字程度で説明せよ.

① 複製（DNA ポリメラーゼ，相補的，半保存的）

② 転写（mRNA，RNA ポリメラーゼ，鋳型鎖 DNA）

③ 翻訳（mRNA，アミノ酸，リボソーム）

［3］真核生物の細胞増殖と細胞周期に関する次の文章を読み，以下の問い（1），（2）に答えよ.

細胞増殖は，(a)細胞周期（図 1）の最終段階で起こる細胞分裂による，細胞数の増加である．細胞増殖は，正常な組織の発生と個体の維持のために生涯にわたって必要であり，(b)厳密に制御されたプロセスから成り立っている.

（1）　下線（a）について，図中の①から③に当てはまる適切な記号とその役割を【語群】から選んで，それぞれ示せ.

（2）下線（b）に関して，細胞周期には 3 つの主要なチェックポイントが存在し，その進行が監視されている．これら 3 つのチェックポイントを【語群】の記号から選んで示せ.

【語群】

記号：　G0，G1，G2，G2/M，M，S

役割：

- 細胞サイズの増大と①に必要なタンパク質合成
- DNA の複製
- 細胞の成長とタンパク質合成
- 有糸分裂と細胞質分裂

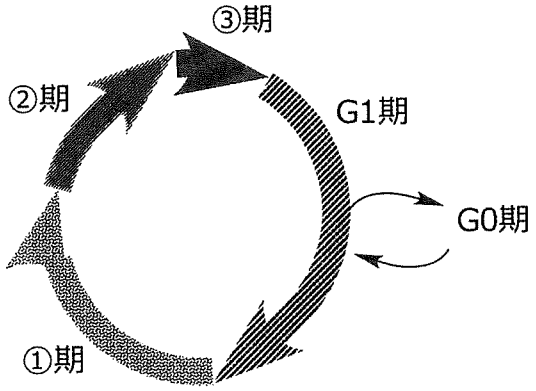


図 1　細胞周期

A-6 [プロセス工学]（５０点）

［1］以下の文章A，Bをよく読んで問い（1）～（6）に答えよ．

A

気相混合器でベンゼンと水素を混合し，その混合ガスを反応器へ供給する．反応器においてベンゼンを，高温高圧条件下で触媒を用いて水素化させてシクロヘキサンを得る．化学反応式は次のように表される：

$$C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow C_6H_{12}$$

反応器から出る混合ガスを分離器へ送り，そこで冷却し，ガス中のシクロヘキサンおよびベンゼンを凝縮させ，それらの凝縮液と水素を分離する．分離した後の水素はリサイクルする．すなわち，水素ガスを混合器へ戻し，外部から供給するガス（ベンゼンと水素）とともに反応器へ入れる．反応器では，上の式で表される反応のみが起こるとする．

（1） プロセスのフローシートを，混合器，反応器および分離器それぞれの装置における物質の出入りを併記して描け．

B

Aで記述したプロセスにおいて，反応器へ入る反応物のモル流量をベンゼン 50 kmol h^{-1}，水素 150 kmol h^{-1} に設定する．反応器でのベンゼンの単通転化率は 0.90 である．定常状態にあるこのようなプロセスについてプロセス計算を行う．いずれの問いにも，計算などの過程を含めて解答してください．

（2） 反応器入口出口間での物質量の収支に基づいて，分離器で取り出されるシクロヘキサンとベンゼンそれぞれのモル流量（kmol h^{-1}）を算出せよ．

（3） 分離器からリサイクルする水素のモル流量（kmol h^{-1}）を算出せよ．

（4） 外部から供給する混合ガスについてベンゼンと水素それぞれのモル流量（kmol h^{-1}）を計算せよ．

（5） プロセスでのベンゼンの総括転化率を計算せよ．

（6） プロセスでの水素の総括転化率を計算せよ．

2024 年度 10 月入学, 2025 年度 4 月入学
室蘭工業大学大学院工学研究科
博士前期課程入学試験（一般入試）

学力試験問題

環境創生工学系専攻

化学生物工学コース

情報電子工学系専攻

共創情報学コースA系

専門科目（化学生物システム基礎）
第１日

出題意図と解答例

[A-1] 物理化学

[1]

【出題意図】

化学反応の熱力学に関する基礎的な理解を問う.

【解答例】

（1） $O_2(g)+2H_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$

（2） $\Delta_r H^0 = (494 + 2\times 432) - 4\times 459 = -478\ \mathrm{kJ\ mol^{-1}}$

（3） 発熱反応

[2]

【出題意図】

気相の化学平衡に関する基礎的な理解を問う.

【解答例】

（1）全圧をPとし，各気体の活量を$a_{H_2(g)}$，$a_{I_2(g)}$，$a_{HI(g)}$，モル分率を$x_{H_2(g)}$，$x_{I_2(g)}$，$x_{HI(g)}$とすると，ドルトンの法則により平衡定数Kは

$$K = \frac{(a_{HI(g)})^2}{a_{H_2(g)}\times a_{I_2(g)}} = \frac{(Px_{HI(g)})^2}{Px_{H_2(g)}\times Px_{I_2(g)}} = \frac{(x_{HI(g)})^2}{x_{H_2(g)}\times x_{I_2(g)}} = 64 \qquad (1)$$

モル分率の定義から

$$x_{H_2(g)} + x_{I_2(g)} + x_{HI(g)} = 1 \qquad (2)$$

さらに題意より

$$x_{H_2(g)} = x_{I_2(g)} \qquad (3)$$

式(1)-(3)を解くと

$$x_{H_2(g)} = 0.1,\ x_{I_2(g)} = 0.1,\ x_{HI(g)} = 0.8$$

（2） $K = 64.$

[A-2] 無機分析化学

[1]

【出題意図】

元素の性質と化合物の基本的な知識が身についており，その知識を系統的に整理し理解できているかを問う．

【解答例】

①ダイヤモンド　②グラフェン　③同素体 ④ファンデルワールス力

⑤層状構造　⑥窒化ホウ素　⑦フラーレン　⑧カーボンナノチューブ

[2]

【出題意図】

溶液中で起こる化学反応を理解するとともに，中和滴定の原理を理解し定量的に取り扱えるかどうかを問う．

【解答例】

(1)酸:硫酸　塩基:水酸化ナトリウム

$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

(2)指示薬名:フェノールフタレイン(水溶液)

(3)硫酸水溶液の濃度:0.1 mol L^{-1}

[A-3] 有機化学

［1］
【出題意図】
有機化合物の構造と結合、混成状態を問う。

【解答例】
（１）(i) B, F.　(ii) A, G,　(iii) C, E
（２）b>a>c
・・・

［2］
【出題意図】
有機化合物の構造について問う。

【解答例】
b>a>c>d

［3］
【出題意図】
有機化合物の立体化学を問う。

【解答例】
（１）(i) *R*　(ii) *R*
（２）A, B
（３）C
（４）C

［4］
【出題意図】
有機化合物の形式電荷を問う。

【解答例】
N:　+1.　O:　-1

［5］
【出題意図】
有機化合物の共鳴寄与式を問う。

【解答例】
D

[A-4] 生物化学

［1］
【出題意図】
アミノ酸に関する基礎的知識を問う
【解答例】
（A）カルボキシ基　（B）アミノ基
（C）、（D）メチオニン、システイン（順不同）
（E）、（F）、（G）リシン、アルギニン、ヒスチジン（順不同）

［2］
【出題意図】
タンパク質の構造に関する基礎的知識を問う
【解答例】
（A）α-ヘリックス
（B）β-シート
（C）シャペロン
（D）イオン結合

［3］
【出題意図】
核酸に関する基礎的知識を問う
【解答例】
（A）クロマチン
（B）ヌクレオソーム
（C）変性
（D）アニーリング（ハイブリダイゼーション）
（E）5’-UCACUAGG-3’　または　UCACUAGG

［4］
【出題意図】
脂質に関する基礎的知識を問う
【解答例】
（A）トリアシルグリセロール
（B）グリセロリン脂質
（C）脂質二重層

[A-5] 生物工学

[1]

【出題意図】

酵素反応に関する基礎的な知識を問う.

【解答例】

ラクターゼ

[2]

【出題意図】

セントラルドグマに関する基礎的な理解を問う.

【解答例】

① DNA ポリメラーゼが，一組の二本鎖からなる親 DNA 鎖のそれぞれを鋳型にして新しい相補的 DNA 鎖を半保存的に合成し，二組の娘鎖を得る．(65 字)

② RNA ポリメラーゼにより，鋳型鎖 DNA の塩基配列と相補的配列を持つ mRNA を合成する過程である．(48 字)

③ mRNA の塩基配列に従って，リボソーム上でアミノ酸を連結してタンパク質をつくる過程である．(45 字)

[3]

【出題意図】

細胞周期の制御下で行われる細胞増殖に関する基本的な知識を問う.

【解答例】

（1）① S- DNA の複製，② G2-細胞の成長とタンパク質合成，③ M-有糸分裂と細胞質分裂

（2）G1, G2/M, M

[A-6] プロセス工学

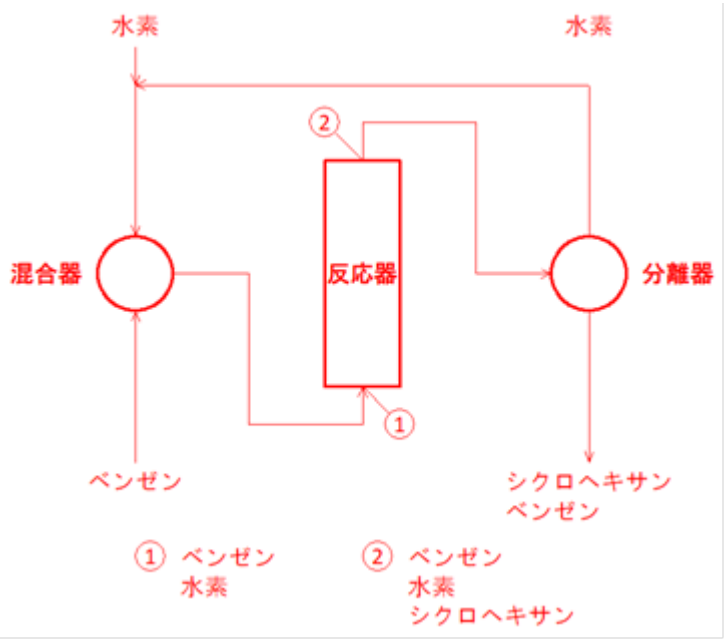
【出題意図】

化学工業生産における化学プロセスの概略的な理解と，プロセス計算の基礎である物質収支に関する理解を問う．

【解答例】

［１］

（１）



（２）

化学反応式より

ベンゼンの消費速度を$(-)x$ とすると水素の消費速度は$(-)3x$，シクロヘキサンの生成速度は$(+)x$

ベンゼン，水素，シクロヘキサンの物質収支は

ベンゼン：$50 - F_{out}(C_6H_6) - x = 0$

水素：$150 - F_{out}(H_2) - 3x = 0$

シクロヘキサン：$0 - F_{out}(C_6H_{12}) + x = 0$

ベンゼンの単通転化率 $= 0.90 = x$ (kmol h^{-1}) / 50 (kmol h^{-1})より $x = 45$ kmol h^{-1}

$F_{out}(C_6H_{12}) = x = 45$ kmol h^{-1} = 分離後のシクロヘキサンの流量

$F_{out}(C_6H_6) = 50 - x = 5$ kmol h^{-1} = 分離後のベンゼンの流量

（３）

$F_{out}(H_2) = 150 - 3x = 15$ kmol h^{-1} = 分離後の（リサイクルする）水素の流量

（４）

ベンゼン：$50 - 0 = 50\ \mathrm{kmol\ h^{-1}}$

水素：$150 - 15 = 135\ \mathrm{kmol\ h^{-1}}$

（５）

$45\ (\mathrm{kmol\ h^{-1}}) / 50\ (\mathrm{kmol\ h^{-1}}) = 0.90 = 90\ \%$

（６）

$3 \times 45\ (\mathrm{kmol\ h^{-1}}) / 135\ (\mathrm{kmol\ h^{-1}}) = 1.00 = 100\ \%$

2023 年度 10 月入学, 2024 年度 4 月入学
室蘭工業大学大学院工学研究科
博士前期課程入学試験(一般入試)
学力試験問題

環境創生工学系専攻　化学生物工学コース

情報電子工学系専攻　共創情報学コース(A系)

専門科目

第 2 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. 問題冊子は, この表紙を含め合計 12 枚あります. 試験開始後, 問題用紙の不足や印刷の不良に気づいた場合は, 直ちに監督員に申し出てください. 問題冊子は持ち帰って構いません.
3. 次の 6 科目から 3 科目を選択して解答してください.

   B-1 [物理化学]
   B-2 [無機分析化学]
   B-3 [有機化学]
   B-4 [生物化学]
   B-5 [生物工学]
   B-6 [プロセス工学]
4. 答案用紙は 3 枚です. 各科目に答案用紙を 1 枚使用してください. 各答案用紙に**科目記号, 科目名, 受験番号, 選択問題記号(受験する科目に選択問題がある場合)**を必ず記入してください. 氏名を記入してはいけません. 解答スペースが不足する場合は, 裏面にも記載があることを明記した上で, 裏面を使ってください.
5. 選択問題がある場合は, 指定された問題数だけ解答してください.
6. 試験終了後, すべての答案用紙を提出してください.
7. 草案用紙は 1 枚です. 草案用紙は持ち帰って構いません.

B-1 [物理化学]（100 点）

［1］図1に示すように二つの同じ体積の室に区切られた容器がある．一方には温度 T で 3.0 mol の水素ガス（$H_2(g)$）が，他方には温度 T で 1.0 mol の窒素ガス（$N_2(g)$）が入っている．この時の左室および右室の圧力（ここでは，標準圧力を基準とする相対的な圧力として示す）をそれぞれ $3p$ および p とする．いま，二室を仕切っている隔壁を外して気体を混合させることを考える．以下の問い（1）～（5）に答えよ．なお，気体はすべて理想気体とみなし，隔壁を取り除いた後も，容器内の温度は T に保たれているとする．

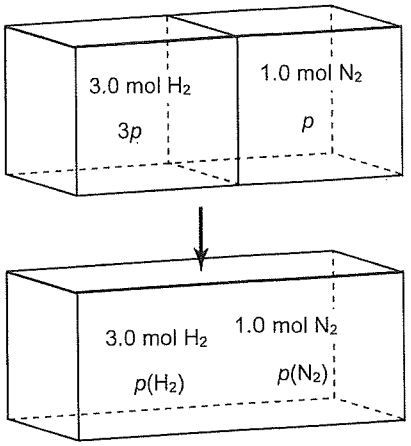


図1

（1） 隔壁を外す前の左室のギブズエネルギー $G_{i,L}$ を水素ガスの標準化学ポテンシャル $\mu^0_{H_2(g)}$，気体定数 R，および T，p を用いて示せ．

（2） 隔壁を外す前の右室のギブズエネルギー $G_{i,R}$ を窒素ガスの標準化学ポテンシャル $\mu^0_{N_2(g)}$ および R，T，p を用いて示せ．

（3） 隔壁を外した後の室内の水素ガスの分圧 $p(H_2)$ ならびに窒素ガスの分圧 $p(N_2)$ を p を用いてそれぞれ示せ．

（4） 隔壁を外した後の室のギブズエネルギー G_f を水素ガスおよび窒素ガスの標準化学ポテンシャル $\mu^0_{H_2(g)}$，$\mu^0_{N_2(g)}$ および R，T，p を用いて示せ．

（5） 混合ギブズエネルギー $\Delta_{mix}G$ を R および T を用いて示せ．なお，導出の過程も示すこと．

［2］ある分子 X が E_1 状態，E_2 状態，E_3 状態，E_4 状態の４つのエネルギー状態を取りうるとし，E_x 状態の分子がもつエネルギーを $\varepsilon_x = \varepsilon_0 \ln x$ とする（ε_0 は定数，$x = 1,2,3,4$）．分子 X の各エネルギー状態の占有数（それぞれ N_1，N_2，N_3，N_4 とする）がボルツマン分布に従うとして，以下の問い（1）～（4）に答えよ．

（1） 分子 X の分配関数 q を，絶対温度 T，ボルツマン定数 k_B，ならびに ε_0 を用いて示せ．

（2） N_2/N_1，N_3/N_1，ならびに N_4/N_1 値を，絶対温度 T，ボルツマン定数 k_B，ならびに ε_0 を用いてそれぞれ答えよ．

（3） $N_2/N_1 = 1/2$ となる温度 T を k_B，ならびに ε_0 を用いて示せ．

（4） （3）で求めた温度における分子 X の分配関数 q の具体的な数値を求め，小数第二位まで答えよ．

［3］次の問題 **A**，**B** のうちどちらか一問を選択して解答せよ．解答の際には，選択した問題記号（**A**，**B** のいずれか）を明記すること．

A. 図2は，ある化合物 P と化合物 Q との混合物の固－液系の相図である．十分高い温度では P と Q とが均一に混合した液体状態となり，十分低い温度では純粋な P の結晶と純粋な Q の結晶の混合固体となる．このような混合系についての相図を見ながら，以下の問い（1）～（3）に答えよ．

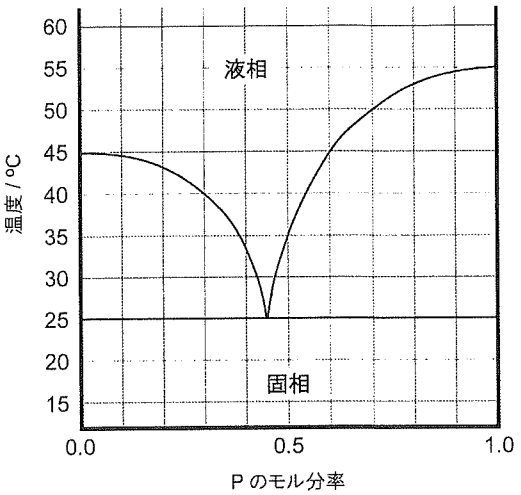


図2

（1） ① 純粋な化合物 P の融点，② 純粋な化合物 Q の融点，ならびに ③ 化合物 P と化合物 Q との共融点をそれぞれ答えよ．

（2） 1.4 mol の P と 0.6 mol の Q を混合し 60 ℃ まで加熱して得られた混合液体をゆっくり冷却していった場合に，結晶化が始まる温度を答えよ．

（3） （2）の操作を行って，温度が 35 ℃ となった時，① 結晶として析出した P の物質量，② 結晶として析出した Q の物質量，ならびに ③ 液相中の P のモル分率をそれぞれ答えよ．

B. 水素様原子の原子軌道は，主量子数 n，方位量子数（軌道角運動量量子数） l，および磁気量子数 m によって表すことができ，エネルギーは $E = -E_H Z^2/n^2$ と表される．ただし E_H は正の定数，Z は原子の原子番号である．以下の問い（1）～（4）に答えよ．

（1） 原子軌道は 1s などの慣用名で表現される．主量子数 $n = 3$，方位量子数 $l = 1$ の組み合わせで指定される原子軌道の慣用名を答えよ．

（2） 主量子数 $n = 3$ で指定される原子軌道について，方位量子数 l のとりうる値をすべて答えよ．

（3） 方位量子数 $l = 3$ で指定される原子軌道について，磁気量子数 m がとりうる値をすべて答えよ．

（4） Li^{2+} イオンについて，主量子数 $n = 2$ と $n = 1$ の原子軌道のエネルギー差 ΔE を E_H を用いて示せ．

B-2 [無機分析化学]（100 点）

計算問題は，計算過程も採点対象とするため，答えまでの過程が分かるように解答すること．

［1］下記の問い（1）～（3）に答えよ．

（1）以下の説明文（A）～（C）中の空欄（ ① ）～（ ⑬ ）に当てはまる適切な語を語群から選択し，答えよ．

（A）常圧で合成したシリコンの単結晶中では，（ ① ）混成軌道をとったシリコン原子同士が（ ② ）結合を形成する．シリコン結晶にアルミニウムを添加すると（ ③ ）半導体に，リンを添加すると（ ④ ）半導体になる．

語群：**sp^2**，**sp^3**，イオン，水素，共有，真性，**n** 型，**p** 型

（B）フッ素（F）からヨウ素（I）までの１７族元素を電気陰性度が大きいほうから並べると（ ⑤ ）＞（ ⑥ ）＞（ ⑦ ）＞（ ⑧ ）となる．また，これらの水素化物で最も沸点が大きいのは（ ⑨ ）であり，これは分子間にはたらく（ ⑩ ）によるものである．

語群：フッ素（**F**），塩素（**Cl**），臭素（**Br**），ヨウ素（**I**），フッ化水素（**HF**），塩化水素（**HCl**），臭化水素（**HBr**），ヨウ化水素（**HI**），イオン結合，ファンデルワールス力，水素結合，共有結合

（C）酸化アルミニウムは酸や強塩基の水溶液に溶解するため，（ ⑪ ）酸化物と呼ばれる．ボーキサイトから二酸化ケイ素や酸化鉄などの不純物を除去する場合，250 ℃に加熱した（ ⑫ ）溶液で酸化アルミニウムを選択的に溶解し，ろ過により不純物を取り除く．次に，この溶液を冷却することで純度の高い（ ⑬ ）を得ることができる．

語群：塩基性，酸性，両性，水酸化ナトリウム，塩酸，硫酸，アルミナ，アルミニウム，水酸化アルミニウム

（2）（C）で説明されている湿式製錬プロセスの名称を答えよ．

（3）（ ⑬ ）で示す化合物の熱分解反応を化学反応式で答えよ．

［2］鉄（体心立方構造）に関する以下の問い（1）～（5）に答えよ．鉄の原子半径，原子量はそれぞれ 0.126 nm，55.8 とする．また，$\sqrt{2}$，および$\sqrt{3}$はそれぞれ 1.41，1.73 として計算すること．

（1）単位格子を図示せよ．

（2）単位格子の長さを求めよ．

（3）単位格子中の鉄原子の個数を答えよ．

（4）鉄の密度を求めよ．

（5）(110) 面の格子面間隔を求めよ．

［３］以下の酸と塩基に関する問い（１）～（３）に答えよ．ただし，アンモニアの塩基解離定数 K_b は $10^{-4.76}$ mol L^{-1}，酢酸の酸解離定数 K_a は $10^{-4.76}$ mol L^{-1}，水のイオン積 K_W は $10^{-14.00}$ mol^2 L^{-2} とする．

（１）0.100 mol L^{-1} のアンモニア水溶液の pH を求めよ．

（２）0.100 mol L^{-1} のアンモニア水溶液と 0.100 mol L^{-1} の塩酸を用いて中和を行った際の当量点の pH を求めよ．log 5 は 0.70 として計算せよ．

（３）0.100 mol L^{-1} の酢酸水溶液 100 mL に 0.100 mol L^{-1} の酢酸ナトリウム水溶液を 100 mL 加えた．この混合水溶液の pH を求めよ．

［４］2 種類の金属 Y と Z で構成される合金 M を波長分散式蛍光 X 線分析（WDX）および X 線回折法（XRD）により分析した．これに関する問い（１）～（３）に答えよ．

（１）下記の文章にある空欄（ ① ）～（ ③ ）に当てはまる適切な文字や語を答えよ．

X 線分析機器を作動させる原理において，ブラッグの回折条件は重要な役割を果たしている．図 1 に示すように，面間隔 d のある結晶へ波長 λ の X 線を入射角 θ で照射した際，B の X 線の光路は A の X 線の光路よりも，P-Q 間と Q-R 間の分だけ長い．ここで，P-Q 間の距離は，結晶の面間隔 d と入射角 θ を用いて表すと（ ① ）と求められる．Q-R 間の距離も同じく（ ① ）となるため，A と B の X 線の光路差は（ ② ）となる．この光路差が X 線の波長の整数倍になっていると，A と B の回折 X 線が（ ③ ）となるため，回折 X 線の強度が強く観測されることになる．

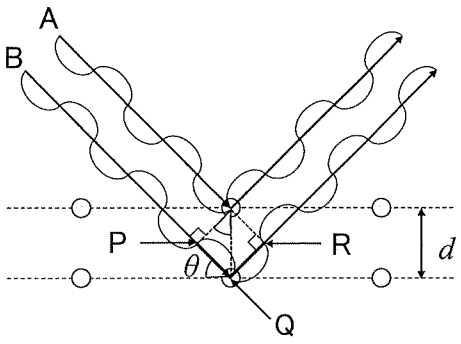


図 1

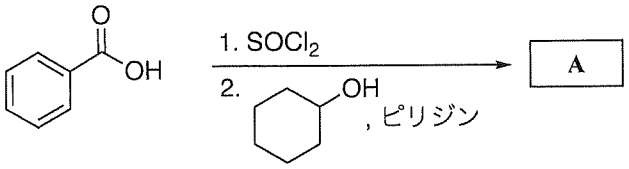
（２）合金 M に X 線を照射すると，金属 Y と Z に由来する蛍光 X 線が同時に得られてしまう．WDX では，一方の X 線強度のみを分析するために分光結晶が使用されるが，その際には分光結晶の温度管理が非常に重要である．この理由について，ブラッグの回折条件を踏まえて説明せよ．

（３）Cu K_α 線により合金 M の XRD パターンを測定したところ，2θ ＝60.0° に回折ピークが見られた．この回折ピークから考えられる合金 M の面間隔を求めよ．なお，Cu K_α 線の波長 λ は 0.154 nm とし，θ は試料への X 線入射角として計算せよ．

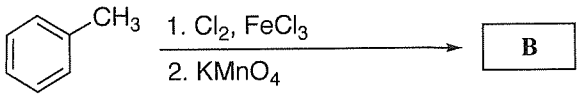
B-3 [有機化学]（100点）

［1］次の反応（1）～（4）で得られる主生成物 A ～ D の構造式をそれぞれ 1 つ記せ.

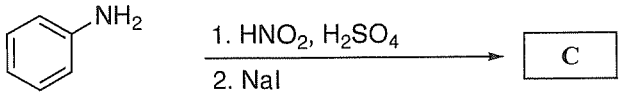
（1）



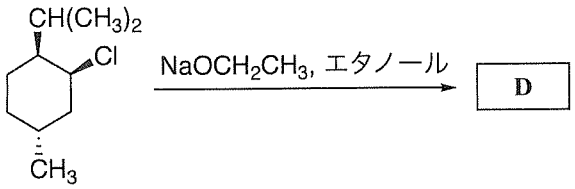
（2）



（3）



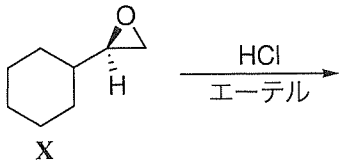
（4）



［2］シクロヘキサノンをエーテル溶媒中，フェニルマグネシウムブロミド (PhMgBr) と反応させた後，酸処理すると化合物 **I** に誘導される．この化合物 **I** を臭化水素 (HBr) と反応させると化合物**II**を生成する．化合物**II**をエーテル溶媒中，金属マグネシウム (Mg)と反応させると化合物**III**が得られ，続いて化合物**III**をエーテル溶媒中，二酸化炭素 (CO_2)と反応させた後，酸処理すると化合物**IV**が得られる． 予想される化合物 **I**～**IV**の構造式を記せ.

化合物**IV**の NMR スペクトルデータ．^{1}H NMR (600 MHz, $CDCl_3$): δ 11.47 (s, 1H), 7.48 – 7.42 (m, 2H), 7.36 – 7.28 (m, 2H), 7.27 – 7.19 (m, 1H), 2.58 – 2.39 (m, 2H), 1.84 – 1.72 (m, 2H), 1.71 – 1.64 (m, 2H), 1.64 – 1.58 (s, 1H), 1.57 – 1.48 (m, 2H) 1.34 – 1.22 (m, 1H). ^{13}C NMR (150 MHz, $CDCl_3$): δ 182.0, 143.1, 128.7, 127.1, 126.3, 50.6, 34.4, 25.7, 23.7.

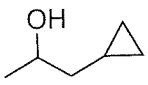
［3］エポキシド **X** を無水ジエチルエーテル中，塩化水素により開環する．この開環反応でおもに生成すると予想される化合物の立体異性体の構造式を実線（—），くさび形線（◀），破線（┈┈）を用いて 3 次元的に記し，キラル中心における *R*, *S* 配置も記せ.



X

［4］次の無機試薬および条件 a)～d)を用いて，アセチレン（エチン）および 3-ブロモ-1-プロペンから 1-シクロプロピルプロパン-2-オール (**i**)を合成するための経路および中間生成物の構造式を記せ.

無機試薬および条件： a) 1. $Hg(OAc)_2$, H_2O, 2. $NaBH_4$ b) CH_2I_2, Zn(Cu) c) H_2, Lindlar catalyst d) $NaNH_2$, NH_3



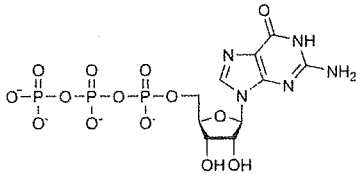
i

B-4 [生物化学]（100点）

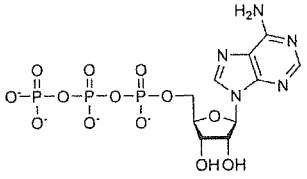
［1］ATP に関する以下の問い（1）～（3）に答えよ.

（1）A～D の化合物の中から ATP と ADP を選び，それぞれ記号で答えよ.

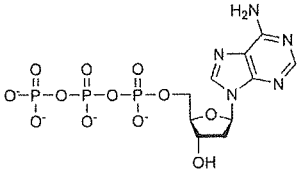
A



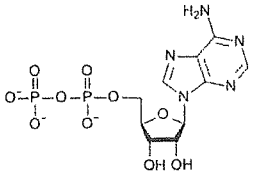
B



C



D



（2）ATP を基質とする酵素を以下の【酵素群】から 4 つ選択せよ.

【酵素群】アデニル酸シクラーゼ，ウレアーゼ，カタラーゼ，グルコアミラーゼ，ヘキソキナーゼ，ペプシン，ミオシン，ラクターゼ，DNA ヘリカーゼ，DNA ポリメラーゼ

（3）酸化的リン酸化に関する以下の文章の（　A　）～（　J　）に入る語を以下の【語群】より選べ.

電子伝達系の過程で生じた H^+はミトコンドリアの外膜と内膜の間の（　A　）にくみ出される．一分子の NADH や $FADH_2$ の酸化によって，それぞれ（　B　）当量，（　C　）当量の H^+がくみ出される．これにより内膜を介して生じる電気化学的勾配に（　D　）エネルギーが蓄えられ，このエネルギーが ATP 合成に用いられる．H^+のくみ出しにより生じるこのエネルギー変化は約（　E　）kJ/mol に相当する．くみ出された H^+は（　F　）合成酵素の働きにより（　G　）内に戻され ATP が合成される．これまでの実験結果から一分子の ATP 合成にはおよそ（　H　）当量の H^+が膜内に戻される必要があると考えられている．好気的条件下で解糖系，（　I　），電子伝達系によってグルコース一分子が完全に酸化されて二酸化炭素と水になると，約（　J　）分子の ATP が生成される.

【語群】2，3，6，10，18，22，36～38，46～48，自由，熱，膜間部，ストロマ，マトリックス，クエン酸回路，β酸化，ピルビン酸，F_1Fo-ATP，DNA

［2］タンパク質の機能に関する以下の問い（1）～（3）に答えよ.

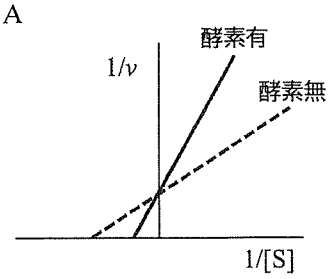
（1）アロステリックタンパク質について，以下の【語群】の語を全て用いて説明せよ.

【語群】タンパク質，立体構造，調節，リガンド，機能

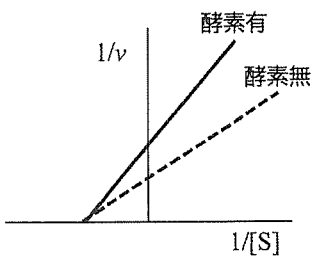
（2）生体膜タンパク質のうちチャンネルとポンプの違いを説明せよ.

（3）A，B は異なる阻害機構を持つ阻害剤を添加した場合の酵素反応を両逆数プロットで表したグラフである（v は反応速度，[S]は基質濃度）．それぞれ拮抗阻害，非拮抗阻害のどちらの阻害機構であるか答えよ．

A



B



［3］ 生体内情報伝達に関する以下の問い（1），（2）に答えよ．

（1）アゴニストとアンタゴニストの違いを説明せよ．

（2）アゴニストとアンタゴニストのうち，主に薬剤として用いられるのはどちらか答えよ．

B-5 [生物工学]（100点）

［1］以下の文章の空欄（　ア　）～（　ク　）に入る語を，語群から選び答えよ．

微生物を活用した医薬品に抗生物質がある．イギリスの（　ア　）が，（　イ　）を生育させている寒天平板培地に（　ウ　）が混入し，（　イ　）の増殖を阻害していることに気づいたことがペニシリンの発見につながったとされる．その後アメリカの（　エ　）が，（　オ　）が生産する（　イ　）の増殖阻害物質を探索し，ストレプトマイシンを発見した．ペニシリンは（　カ　）系抗生物質であり，（　キ　）阻害により作用するとされる．一方ストレプトマイシンは，（　ク　）阻害により作用するとされる．

【語群】放線菌，ワクスマン，細菌，タンパク質合成，細胞壁合成，細胞壁損傷，フレミング，菌類，βラクタム，ペプチド

［2］複数の微生物を含む3つの試料①～③中の，ある微生物Mの量を調べるため，試料①～③からDNAを抽出後，微生物Mにのみ存在する遺伝子AのPCR反応を行った．以下の問い（1）～（6）に答えよ．

【遺伝子Aの塩基配列（センス鎖のみを記載している）】

5’-cagcatcgga ggtaccccgg ccgtcgcagc ccccgcgctg gtgcagccac gctgatcagc tgaccgaaga acagattgct-3’

（1）試料①のDNA抽出試料のDNA濃度を決定するため，光路長1 cmの石英セルを用いて260 nmの吸光度を測定したところ，A_{260}＝0.2となった．この試料のDNA濃度を求めよ．

ただし，光路長1 cmの石英セルを用いて測定した吸光度がA_{260}=1.0のとき，核酸水溶液の濃度は以下になることが知られている．

50 ng μL^{-1}（2本鎖DNA），37 ng μL^{-1}（1本鎖DNA），40 ng μL^{-1}（RNA）

（2）下記（ア）の条件でPCR反応を行った時は遺伝子Aの増幅が検出されなかったが，（イ）の条件で反応を行った時は遺伝子Aの増幅がみられた．（ア）の条件で遺伝子Aの増幅が検出されなかった理由を説明せよ．

（ア）95℃ 10秒 → **65℃ 20秒** → 72℃ 30秒，30サイクル

（イ）95℃ 10秒 → **53℃ 20秒** → 72℃ 30秒，30サイクル

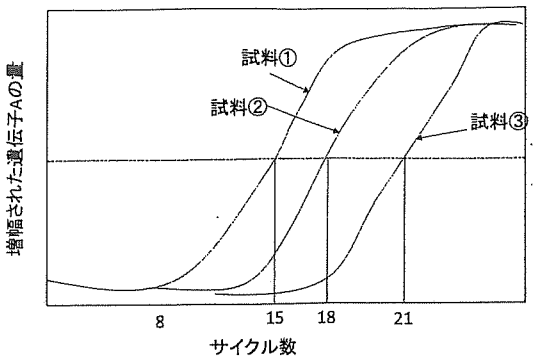
（3）PCR反応では酵素として好熱菌由来のTaq DNAポリメラーゼを使用する．その理由を簡潔に述べよ．

（4）上記遺伝子Aの二重下線で挟まれた領域をPCR反応で増幅したい．適切なプライマーのペアはどれか記号で答えよ．

(a) 5’-cagcatcggaggtac-3’，5’-gaagaacagattgct-3’，(b) 5’-cagcatcggaggtac-3’，5’-agcaatctgttcttc-3’，

(c) 5’-gtacctccgatgctg-3’，5’-gaagaacagattgct-3’

（5）右図は，試料①～③から抽出したDNAを鋳型として遺伝子Aの PCR 反応を行ったときの増幅曲線である（すべて同じ条件で PCR 反応を行っている）．
試料①～③の中で微生物 M が最も多く含まれている試料はどれか答えよ．また最も多い試料は最も少ない試料の何倍か答えよ．



（6）PCR で増幅した遺伝子 A をタンパク質として発現させるため，制限酵素サイトを付加後，プラスミドベクターに連結させた．

・プラスミドについて，以下の語群に示す語をすべて用いて説明せよ．

【語群】染色体，複製，環状 DNA

・制限酵素について，以下の語群に示す語をすべて用いて説明せよ．

【語群】二本鎖 DNA，塩基配列，エンドヌクレアーゼ

［3］汚染環境の修復を目指して微生物を利用するバイオレメディエーション法は，バイオスティミュレーションとバイオオーグメンテーションの２つに大別される．これら２つの手法とそれぞれの欠点を，以下の語群に示す語をすべて用いて説明せよ．

【語群】汚染箇所，酸素，環境負荷，内在微生物群，安全性，資化微生物，長期化，活性化，投入，栄養源，分解

B-6 [プロセス工学]（100点）

次の問題［A］～［C］のうち**2問を選択**して解答せよ．解答の際には選択した問題記号（［A］～［C］から2つ）を明記し，式の導出過程や計算過程を記載すること．また，計算結果は**有効数字2桁**で答えること．

［A］図 1 に示す断面積が拡大する円管があり，図の左から右に向かって流体が定常状態で円管内を満たした状態で流れる．断面 1 における流体密度を ρ_1，円管断面積を A_1，流体の平均速度を u_1，断面 2 における流体密度を ρ_2，円管断面積を A_2，流体の平均速度を u_2 として，以下の問い（1）～（4）に答えよ．

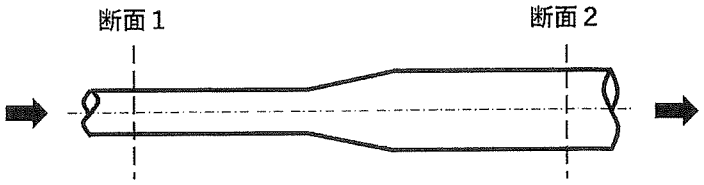


図 1 断面積が拡大する円管の模式図

（1）断面 1 と断面 2 において連続の式を導き，問題文に示した記号を用いた式で表せ．

（2）拡大する円管内を流れる流体が非圧縮性流体である場合，断面 1 における流体密度と断面 2 における流体密度の関係を示せ．

（3）断面 1 における非圧縮性流体の平均速度 u_1 が 1.0 m s^{-1}，流体密度 ρ_1 が 1000 kg m^{-3}，円管断面積 A_1 が 0.0044 m^2，断面 2 における円管断面積 A_2 が 0.0079 m^2 である場合，断面 2 における平均速度 u_2 を求めよ．

（4）断面 1 における円管内径 D_1 は 75 mm である．非圧縮性流体の粘度 μ_1 を 1.0 mPa s として，断面 1 におけるレイノルズ数を求め，断面 1 における流れの状態が層流か乱流か判定せよ．

［B］図 2 に示すように，反応液体積がそれぞれ V で等しい 2 個の連続槽型反応器を直列に配置して，液相で反応 A→2B を行う．成分 A のモル濃度が C_{A0} で，成分 B を含まない溶液を原料として第 1 反応器に体積流量 v で供給する．体積 V の液相は等温で定容系とみなせ，それぞれの槽内は完全混合流れが仮定できる．定常状態で反応を行い，第 1 反応器，および第 2 反応器から流出する液の成分 A のモル濃度をそれぞれ C_{A1}，C_{A2} とする．この反応の反応速度($-r_{Ai}$)は，C_{Ai} を第 i 反応器の液相における成分 A のモル濃度，k を反応速度定数とすると，次式で表される．

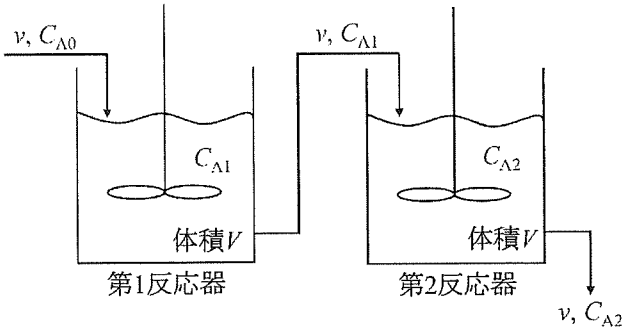


図 2 連続槽型反応器の概略図

$$-r_{Ai} = kC_{Ai}$$

反応器の設計（大きさの決定）に関する以下の問い（1）～（5）に答えよ．

（1）第 1 反応器について，成分 A に関する物質量基準の収支式を示せ．

（2）第 2 反応器について，成分 A に関する物質量基準の収支式を示せ．

（3）C_{A0}=2000 mol m^{-3}，第 2 反応器出口での成分 A の反応率を 0.80 とする場合の第 2 反応器出口での成分 B のモル濃度 C_{B2} [mol m^{-3}]を求めよ．

（4）v=0.20 m^3 h^{-1}，k=0.10 h^{-1} のとき，（3）の場合の第 1 反応器，第 2 反応器それぞれの空間時間 τ [h]を求めよ．

（5）（4）の場合の反応液体積 V [m^3]を求めよ．

［C］単蒸留を行ったとき，単蒸留前後の缶液の物質量をL_1およびL_2，低沸点成分のモル分率をx_1およびx_2，留出液の物質量をD，その平均の組成を$\overline{x_D}$とする．単蒸留に関して，以下の問い（1）～（5）に答えよ．

（1）単蒸留前後の全物質収支と低沸点成分の物質収支の式を示せ．

（2）（1）の物質収支の式から，留出液の平均の組成$\overline{x_D}$を単蒸留前後の缶液の物質量L_1およびL_2，低沸点成分のモル分率x_1およびx_2を用いて示せ．

（3）低沸点成分のモル分率が 0.70 の液体混合物 100 mol を，缶液が 60 mol となるまで単蒸留したところ，低沸点成分のモル分率が 0.60 となっていた．得られた留出液の物質量とその平均の組成を求めよ．

（4）図 3 に示すように，物質量L [mol]の缶液を$\mathrm{d}L$ [mol]だけ蒸留すると，缶液の低沸点成分のモル分率xは$x-\mathrm{d}x$に，缶液と平衡な蒸気の低沸点成分のモル分率はyから$y-\mathrm{d}y$に変化する．$\mathrm{d}L$ [mol]だけ蒸留したときの低沸点成分の物質収支の式を示せ．

（5）（4）の物質収支の式から，蒸留に関する Rayleigh の式（$\ln\left(\frac{L_1}{L_2}\right)=\int_{x_2}^{x_1}\frac{\mathrm{d}x}{y-x}$）を導出せよ．ただし，$\mathrm{d}x\mathrm{d}L$のような微小量の積は無視してよい．

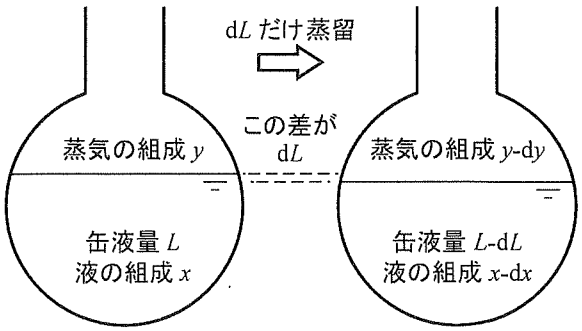


図 3 $\mathrm{d}L$だけ蒸留したときの液と蒸気の組成の変化

2024 年度 10 月入学, 2025 年度 4 月入学
室蘭工業大学大学院工学研究科
博士前期課程入学試験（一般入試）

学力試験問題

環境創生工学系専攻

化学生物工学コース

情報電子工学系専攻

共創情報学コースA系

専門科目

第 2 日

出題意図と解答例

[B-1] 物理化学

［１］
【出題意図】
気体の混合の熱力学に関する理解を問う．
【解答例】
（１） $G_{\mathrm{i,L}} = 3 \times \{\mu^0_{\mathrm{H_2(g)}} + RT\ln(3p)\}$
（２） $G_{\mathrm{i,R}} = 1 \times \{\mu^0_{\mathrm{N_2(g)}} + RT\ln p\}$
（３） $p(\mathrm{H_2}) = \frac{3}{2}p,\ \ p(\mathrm{N_2}) = \frac{1}{2}p$
（４） $G_{\mathrm{f}} = 3 \times \{\mu^0_{\mathrm{H_2(g)}} + RT\ln\left(\frac{3}{2}p\right)\} + 1 \times \{\mu^0_{\mathrm{N_2(g)}} + RT\ln\left(\frac{1}{2}p\right)\}$
（５） $\Delta_{\mathrm{mix}}G = -3RT\ln 2 - 1RT\ln 2 = -4RT\ln 2$

［２］
【出題意図】
統計熱力学（ボルツマン分布と分配関数）に関する理解を問う．
【解答例】
（１） $q = 1 + e^{-\frac{\varepsilon_0 \ln 2}{k_{\mathrm{B}}T}} + e^{-\frac{\varepsilon_0 \ln 3}{k_{\mathrm{B}}T}} + e^{-\frac{\varepsilon_0 \ln 4}{k_{\mathrm{B}}T}}$
（２） $\frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{\varepsilon_0 \ln 2}{k_{\mathrm{B}}T}},\ \ \frac{N_3}{N_1} = e^{-\frac{\varepsilon_0 \ln 3}{k_{\mathrm{B}}T}},\ \ \frac{N_4}{N_1} = e^{-\frac{\varepsilon_0 \ln 4}{k_{\mathrm{B}}T}}$
（３） $T = \frac{\varepsilon_0}{k_{\mathrm{B}}}$
（４） $q = 2.08$

［３］ **選択問題 A**
【出題意図】
固－液系の相図に関する理解を問う．
【解答例】
（１） ① 55 ℃　② 45 ℃　③ 25 ℃
（２） 50 ℃
（３） ① 0.8 mol　② 0 mol　③ 0.5

［３］ **選択問題 B**
【出題意図】
原子の構造に関する理解を問う．
【解答例】
（１） 3p
（２） $l = 0,1,2$
（３） $m = -3,-2,-1,0,1,2,3$
（４） $\Delta E = \frac{27}{4}E_H$

［B-2］**無機分析化学**

［１］

【出題意図】

種々の無機化合物の性質に関する知識を問う

【解答例】

（１）①sp^3，②共有，③p 型，④n 型

⑤フッ素（F），⑥塩素（Cl），⑦臭素（Br），⑧ヨウ素（I），⑨フッ化水素（HF），⑩水素結合

⑪両性，⑫水酸化ナトリウム，⑬水酸化アルミニウム

（２）バイヤー法

（３）$2Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$

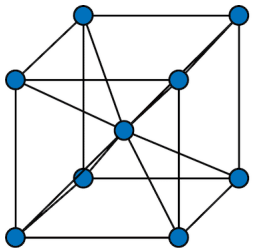
［２］

【出題意図】

金属の結晶構造に関する知識を問う

【解答例】

（１）



（２）

$4r = \sqrt{3}a$　より

$a = \frac{4}{\sqrt{3}}r = \frac{4}{1.73} \times 0.126 = 0.291\ nm$

0.287 nm

（３）

２個

（４）

アボガドロ数：N_A

$$\frac{2\times 55.8}{a^3 N_A}\times (10^7)^3 = \frac{2\times 55.8}{(0.291)^3\times 6.02\times 10^{23}}\times 10^{21} = 7.50$$

（５）

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$$

$$d_{110} = \frac{0.291}{\sqrt{2}} = 0.206$$

［３］

【出題意図】

水溶液中における酸と塩基の反応に関する知識を問う

【解答例】

（１）

$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

$K_b = [NH_4^+][OH^-]/[NH_3]$

$[NH_4^+] = [OH^-]$なので，$K_b = [OH^-]^2/[NH_3]$

$[OH^-]^2 = K_b[NH_3]$

$-\log [OH^-]^2 = -\log K_b - \log [NH_3]$

$2\mathrm{pOH} = \mathrm{p}K_b - \log 0.100 = 4.76 - \log 10^{-1}$

$2\mathrm{pOH} = 4.76 + 1 = 5.76$

$\mathrm{pOH} = 2.88$

$\mathrm{pH} = 14 - 2.88 = 11.12$

（２）

NH_3 と同量の HCl を加えると，NH_3 は全て NH_4^+になる．

この際，体積は 2 倍になるので，

$[NH_4^+] = 0.100\times 1/2 = 0.0500$ mol/L

$NH_4^+ \rightleftarrows NH_3 + H^+$

$K_a = [NH_3][H^+]/[NH_4^+]$

$[NH_3] = [H^+]$，$K_a = K_W/K_b$ なので，

$K_W/K_b = [H^+]^2/[NH_4^+]$

$-\log [H^+]^2 = -\log K_W/K_b - \log [NH_4^+]$

$2\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_W/K_b - \log 0.0500 = 14 - 4.76 + 2 - 0.70$

$\mathrm{pH} = 10.54/2 = 5.27$

（３）

CH_3COONa は CH_3COO^- となり，CH_3COOH との混合溶液は緩衝溶液になる．

$[CH_3COOH] = C_A = 0.100 \times 100/(100+100)$ mol/L

$[CH_3COO^-] = C_B = 0.100 \times 100/(100+100)$ mol/L

$pH = pK_a + \log C_B/C_A$

$= 4.76 + \log$（$[0.100 \times 100/200]/[0.100 \times 100/200]$）

$= 4.76$

［４］

【出題意図】

X 線分析に関する知識を問う

【解答例】

（１）① $d\sin\theta$，　② $2d\sin\theta$，　③ 同位相

（２）面間隔 d の物質へ X 線を入射角 θ で照射した際のブラッグの回折条件は以下の式で表される．

$2d\sin\theta = n\lambda$

n は整数である．WDX の場合，λ は蛍光 X 線の波長になり，元素固有の値をとる．WDX では，面間隔 d の分光結晶を使用することで，特定波長(分析対象元素由来)の X 線のみを分析することができる．一方で，温度が変わることで熱膨張の影響が無視できなくなり，分光結晶の面間隔 d が変化する．面間隔 d が変化した分光結晶を使用すると，λ は元素に固有の値であるため，ブラッグの回折条件を満たすための X 線の入射角 θ が変わってしまい，場合によっては X 線強度を測定できなくなる．したがって，分光結晶の面間隔 d を一定にするために，その温度制御が重要である．

（３）$2d\sin\theta = n\lambda$

$\theta = 30^\circ$，n = 1 として計算する．

$2d\sin 30^\circ = 0.154$

$d = 0.154$ nm

[B-3] 有機化学

[１]

【出題意図】

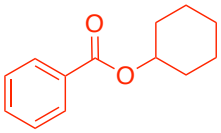
反応試薬から有機化学の各種反応を判別し，正しい生成物を描くことができるかを問う．

（1）　カルボン酸のエステル化　（2）芳香族の塩素化，ベンジル位の酸化

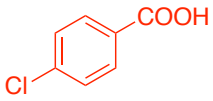
（3）Sandmeyer 反応（4）β脱離反応

【解答例】

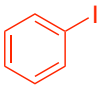
（１）



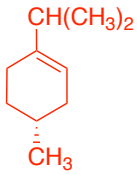
（２）



（３）



（４）



[２]

【出題意図】

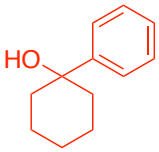
単一物質から出発する連続した有機化学反応で，反応試薬から起こる反応を判断し，その生成物を描くことができるかを問う．また，スペクトルデータから最終生成物の確認ができるかを問う．

（I）ケトンの Grignard 反応　（II）アルコールから臭化アルキルの合成

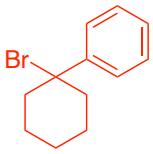
（III）Grignard 試薬の合成　（IV）　二酸化炭素との Grignard 反応

【解答例】

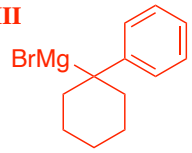
I



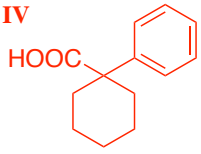
II



III



IV

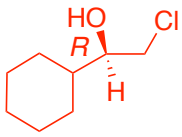


[3]

【出題意図】

エポキシドの開裂反応の位置選択性と得られる生成物の立体化学を問う．

【解答例】



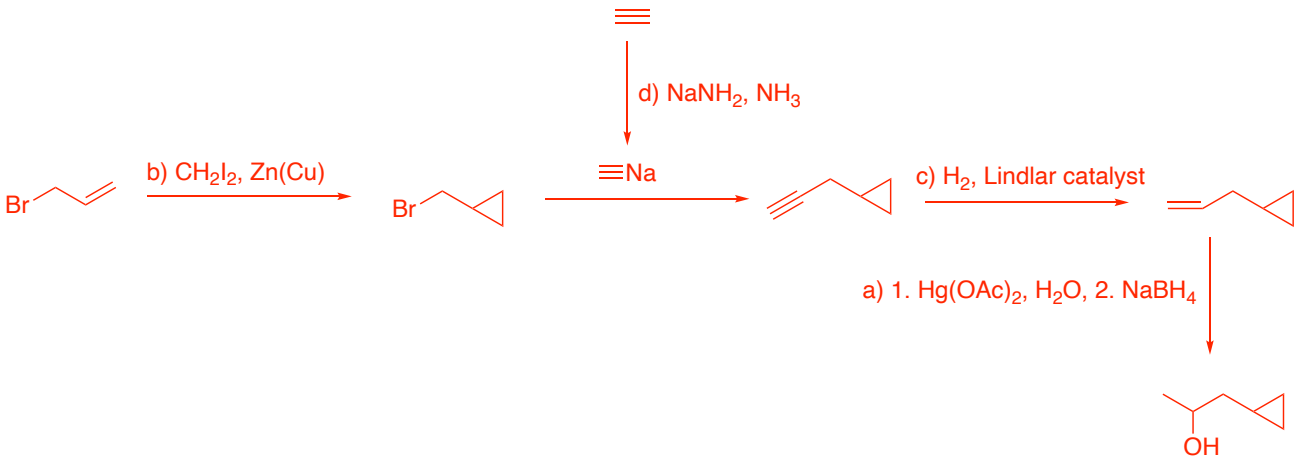
[4]

【出題意図】

化合物の名前から該当する化合物を描き，これを出発物質として目的物質を得る合成計画を与えられた試薬から構築できるかを問う．

a) アルケンの水和　b) Simmons-Smith 反応　c) アルキンの接触水素化　d)アセチリドの生成

【解答例】



[B-4] 生物化学

［１］

【出題意図】

ATP の構造と機能および代謝による生成について問う。

【解答例】

（１）ATP: B　ADP: D

（２）アデニル酸シクラーゼ，ヘキソキナーゼ，ミオシン，　DNA ヘリカーゼ

（３）A: 膜間部，B: 10，C: 6，D: 自由，E: 22，F: F1Fo-ATP，G: マトリックス，H: 3,

I: クエン酸回路，J: 36～38

［２］

【出題意図】

タンパク質の構造と機能について問う。

【解答例】

（１）タンパク質のある部位にリガンドが結合するとそのタンパク質の立体構造が変化し，その結果機能が調節されるタンパク質のこと.

（２）チャネルは特定の物質に対する通り道で濃度勾配に従って濃いほうから薄いほうへ通過させるが,ポンプは濃度勾配に逆らってエネルギーを使って運搬する.

（３）A: 拮抗阻害　B: 非拮抗阻害

［３］

【出題意図】

生体内情報伝達に関与する生体分子について問う。

【解答例】

（１）アゴニストは受容体に結合し（受容体の構造変化をもたらし）細胞内に情報を送り込むのに対してアンタゴニストは受容体とは結合できるが細胞内に情報を送りこむことができない.

（２）アンタゴニスト

[B-5] 生物工学

[1]
【出題意図】
微生物培養の活用事例として抗生物質生産の理解を問う.

【解答例】
（ア）フレミング,（イ）細菌,（ウ）菌類,（エ）ワクスマン,（オ）放線菌,（カ）βラクタム,
（キ）細胞壁合成,（ク）タンパク質合成

[2]
【出題意図】
遺伝子組み換え/発現の理解を問う.

【解答例】
（1）10 ng μL^{-1}
（2）（ア）の条件ではアニーリング温度が高くプライマーが結合しなかったため遺伝子が増幅されなかった.
（3）DNA を増幅する酵素反応を 72℃の高温で行うため好熱菌由来の酵素を使用する。
（4）（b）5’-cagcatcggaggtac-3’，5’-agcaatctgttcttc-3’
（5）①の試料，　　2^6倍　（64 倍）
（6）
プラスミド：細菌などの細胞内に存在し，染色体 DNA とは独立して存在する自己複製可能な環状 DNA
制限酵素：二本鎖 DNA の特定の塩基配列を認識し切断するエンドヌクレアーゼ

[3]
【出題意図】
微生物を用いた環境浄化の理解を問う.

【解答例】
バイオスティミュレーション：汚染箇所の内在微生物群に栄養源や酸素を供給し活性化させ，増殖を促進することで汚染原因物質の分解を進行させる方法．内在微生物群の増殖に依存するため，長期化することが欠点である

バイオオーグメンテーション：資化微生物を汚染箇所に投入し，汚染原因物質の分解を進行させる方法．その環境に存在しない微生物を投入するため，安全性や環境負荷の問題が欠点である．

［B-6］ プロセス工学

［A］

【出題意図】

流体における物質とエネルギーの収支について問う．

【解答例】

（１）$\rho_1 A_1 u_1 = \rho_2 A_2 u_2$

（２）非圧縮性流体であるから断面１と断面２における流体密度は同じである．

（３）$u_2 = 0.56\ \mathrm{m\ s^{-1}}$

（４）$Re = 7.5\times10^4$ より $Re > 2300$ であるから，乱流である．

［B］

【出題意図】

反応器内の完全混合流れや連続相型反応器の設計について問う．

【解答例】

（１）$vC_{A0} - vC_{A1} + r_{A1}V = 0$

（２）$vC_{A1} - vC_{A2} + r_{A2}V = 0$

（３）$C_{B2}=3.2\times10^2\ \mathrm{mol\ m^{-3}}$

（４）$\tau = 12\ \mathrm{h}$

（５）$V = 2.5\ \mathrm{m^3}$

［C］

【出題意図】

拡散分離操作である単蒸留における物質収支と気液平衡関係を問う．

【解答例】

（１）　全物質収支　$L_1 - L_2 = D$

　　低沸点成分　$L_1x_1 - L_2x_2 = D\overline{x_D}$

（２）$\overline{x_D} = \frac{L_1x_1 - L_2x_2}{L_1 - L_2}$

（３）$\overline{x_D} = 0.85$

（４）$Lx = (L - \mathrm{d}L)(x - \mathrm{d}x) + (y - \mathrm{d}y)\mathrm{d}L$

（５）$\ln\left(\frac{L_1}{L_2}\right) = \int_{x_2}^{x_1} \frac{\mathrm{d}x}{y-x}$