

令和6年度

専攻科入学者選抜
学力検査問題

専門(応用化学コース)

(配点)

	出題分野	配点
①	無機化学	40点
②	有機化学	40点
③	物理化学	40点
④	化学工学	40点
⑤	生物化学	40点

[注意]

1. 問題は、指示があるまで開かないこと。
2. 問題用紙は、1ページから6ページまでである。
検査開始の合図のあとで確かめること。
3. 答えは、すべて解答用紙に記入すること。

一関工業高等専門学校

1 (無機化学)

問1 第一イオン化エネルギー

- (1) 第一イオン化エネルギーとは、どのようなエネルギーであるか。
- (2) 第2周期で第一イオン化エネルギーが最も小さい元素を元素記号で答えよ。
- (3) 第一イオン化エネルギーがより大きいのはMgとAlのどちらであるか。理由も答えよ。

問2 電子の軌道と電子配置

- (1) 2p軌道の主量子数 n と方位量子数 l を答えよ。
- (2) 2p軌道が半分満たされた元素を元素記号で答えよ。
- (3) 2p軌道の電子雲の形を図示せよ。

問3 銅(II)イオンの反応

- (1) 銅(II)イオンを含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると、どのような変化が生じるか。
- (2) (1)の反応の化学反応式(イオン反応式)を記せ。
- (3) 銅(II)イオンを含む水溶液に過剰のアンモニア水を加えると、どのような変化が生じるか。
- (4) (3)で生じた錯イオンの化学式と名称を答えよ。

問4 次の語句を説明せよ。

- (1) パウリの排他原理
- (2) 電気陰性度

2 (有機化学)

問 1 化学式 C_4H_9Br をもつ臭化アルキルには、4つの構造異性体がある。以下の間に答えなさい。

- (1) 構造異性体をすべて書き、臭化アルキルの級数を答えなさい。
- (2) 構造式に不斉炭素が含まれる異性体は、その炭素の傍に*印を示しなさい。
- (3) 4つの構造異性体のうち、最も S_N1 反応が起こりやすい臭化アルキルの名称を答えなさい。
- (4) S_N2 反応が起こりやすいハロゲン化アルキルの特徴を説明しなさい。
- (5) 4つの構造異性体のうちの1つを水酸化ナトリウムと反応させたところ、生成物は、*(S)*-2-ブタノールのみであった。このとき原料に用いたハロゲン化アルキルは、*(R)*体、*(S)*体、ラセミ体のどれであるか、また反応は、どのような反応であるか、正しい組み合わせを1つ選択しなさい。
*(R)*体 - $E1$ ・ *(R)*体 - S_N2 ・ *(S)*体 - S_N2 ・ ラセミ体 - S_N1 ・ ラセミ体 - S_N2

問 2 トルエンの求電子置換反応について、以下の間に答えなさい。

- (1) 芳香族求電子置換反応における置換基の効果を考える。

トルエンのメチル基について、置換基の性質と反応性に与える主な効果として正しい組み合わせを1つ選択しなさい。

電子供与性 - 誘起効果 ・ 電子求引性 - 誘起効果

電子供与性 - 共鳴効果 ・ 電子求引性 - 共鳴効果

- (2) トルエンのモノニトロ化反応を行った際の生成物を示しなさい。

※ 一般的な配向性から複数の生成物が考えられる場合は、すべて書きなさい。

- (3) (2) のニトロ化反応におけるカルボカチオン中間体の共鳴安定構造 3つ1組を示し、そのうち最も安定な構造を丸で囲みなさい。

※ (2) で、複数の生成物が考えられる場合は、そのうちの1つを用いて示しなさい。

3 (物理化学)

問1 理想気体の状態方程式を用いて、 4.15×10^5 Pa, 27.0 °Cにおける 3.00 m³のNH₃の質量を求めよ。なお、NH₃のモル質量を 17.0 g·mol⁻¹とし、気体定数は $R = 8.30$ J·mol⁻¹·K⁻¹とする。

問2 1.00 atm, 298 Kにおける次の反応について以下の問に答えよ。なお、 298 KにおけるNH₃の標準生成エンタルピー ΔH_f° は -4.56×10^4 J·mol⁻¹である。必要に応じて下表のデータを使うこと。

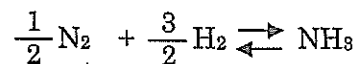


表3-1 298 Kにおける標準エントロピー S°

	標準エントロピー S° (298 K) [J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹]		標準エントロピー S° (298 K) [J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹]
H ₂	130	NH ₃	192
N ₂	194		

- (1) 298 KにおけるNH₃の標準生成自由エネルギー ΔG_f° を求めよ。
- (2) この反応が平衡状態になるときの絶対温度を求めよ。なお、標準生成エンタルピー ΔH_f° 、標準生成エントロピー ΔS_f° の温度にともなう変化は無視できるものとする。

問3 定圧の容器に 3.00 molのSO₂Cl₂(g)を入れて 1.00 atm, 500 Kで保持したところ、 1.00 molのSO₂Cl₂(g)が解離しSO₂(g)とCl₂(g)が生成して平衡に達した。このときの圧平衡定数を求めよ。

問4 次の文章に入る語句を記載せよ。

ギブスの相律について「 $F = c + 2 - p$ 」と式で表したとき、 F は (1) , c は (2) の数、 p は (3) の数である。1成分系で相の数が2のとき自由度は (4) となり、状態変数である (5) が決まると圧力も決まる。

4 (化学工学)

問1 物質収支に関する以下の(1)～(2)の間に有効数字3桁で答えよ。ただし、損失および蓄積量はないものとする。

- (1) 50.0 wt%食塩水を作るために、25.0 wt%食塩水と90.0 wt%食塩水を混合させる。25.0 wt%食塩水の量が100 kgのとき、加えるべき90.0 wt%食塩水の量は何kgか。
- (2) 15.0 wt%食塩水30.0 kgを蒸発装置に送り、水分を蒸発させ濃縮して25.0 wt%食塩水にした。蒸発した水の量は何kgか。また、濃縮液(25.0 wt%食塩水)の量は何kgか。

問2 化学反応式が $2A \rightarrow P$ 、反応速度 r_A [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$]が $r_A = -kC_A^2$ で表される液相二次反応がある。 C_A は反応物Aの濃度 [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]を、 k は反応速度定数を表す。この反応について(1)～(3)の間に答えよ。ただし、以下に示す回分反応器に関する反応速度式、栓流管型反応器に関する設計方程式および反応率の定義を適宜用いてよい。

回分反応器に関する反応速度式 : $\frac{dC_A}{dt} = r_A = -kC_A^2$

栓流管型反応器に関する設計方程式 : $\frac{V_P}{v_0} = C_{A0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{-r_A}$

反応率 : $x_A = \frac{C_{A0} - C_A}{C_{A0}}$

- (1) 反応速度定数 k の単位をSI単位で答えよ。
- (2) 回分反応器を用いて反応物Aの初期濃度(C_{A0})を $10.0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ として反応を行わせたところ、反応時間80 sにおける反応物Aの濃度は $5.00 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ であった。この反応の反応速度定数 k の値を有効数字3桁で答えよ。ただし、単位も付記せよ。
- (3) 上述の二次反応を、図4-1に示す栓流管型反応器を用いて反応を行わせる。Aの入り口濃度 C_{A0} が $6.00 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ 、体積流量 v_0 が $1.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ の条件で反応を行わせたところ、反応器出口におけるAの反応率 x_A は0.75であった。(2)で求めた反応速度定数 k の値を用いて、栓流管型反応器の反応体積 V_P を有効数字3桁で算出せよ。ただし、単位も付記せよ。

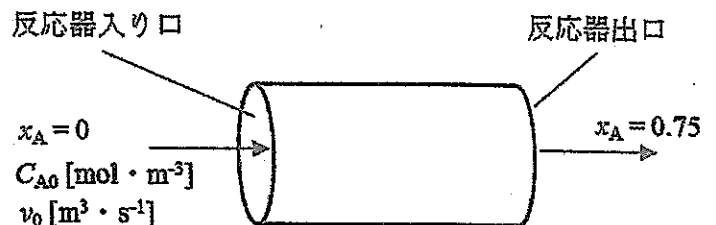


図4-1 栓流管型反応器

5 (生物化学)

問1 生体物質(動物の三大栄養素とその消化産物)に関連する次の問に答えよ。

(1) 植物における貯蔵物質であるデンプンが消化酵素により分解されると、構成単位物質として何になるか。物質名で答えよ。

(2) デンプンと類似した動物の貯蔵物質があるが、それは以下のどれか。(a) ~ (d) で答えよ。

- (a) グリコーゲン
- (b) キチン
- (c) キトサン
- (d) セルロース

(3) タンパク質が消化酵素により分解されると、構成単位物質としてアミノ酸になる。タンパク質を構成するアミノ酸に該当するのは、以下のどれか。(a) ~ (e) で答えよ。

- (a) クレアチン
- (b) アデニン
- (c) ビオチン
- (d) グルタミン酸
- (e) グアニン

(4) (3) で選択したアミノ酸は、以下のどのグループに属するか。(a) ~ (d) で答えよ。

- (a) 非極性側鎖アミノ酸
- (b) 極性無電荷側鎖アミノ酸
- (c) 酸性側鎖アミノ酸
- (d) 塩基性側鎖アミノ酸

(5) 中性脂質(トリアシルグリセロール)がリパーゼにより加水分解すると、脂肪酸と何が生成するか。物質名で答えよ。

(6) 炭素数12個の飽和脂肪酸(ラウリン酸)の構造式を示せ。なお、炭素や水素は省略せずに示すこと。

問2 代表的な異化代謝であるクエン酸回路を図5-1に示す。なお、各反応は簡略化しており、主要な代謝物のみを示している。関連する次の問に答えよ。

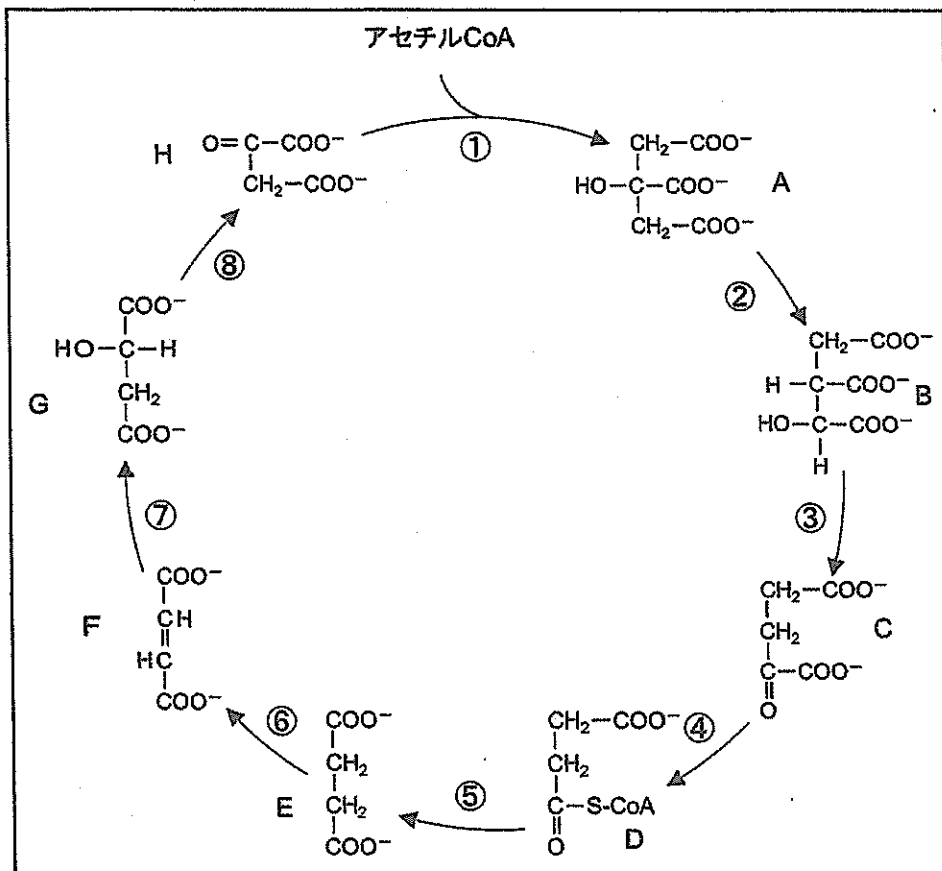


図5-1 クエン酸回路

(1) アセチル基の構造式を示せ。

(2) 構造式A~Hの各化合物名について、以下から選択し、答えよ。

イソクエン酸、オキサロ酢酸、2-オキソグルタル酸、クエン酸、コハク酸、スクシニルCoA、フマル酸、リンゴ酸

(3) CO₂が生成する反応はどれか(2つ)。番号(①~⑧)で答えよ。

(4) 高還元分子NADHまたはFADH₂が生成する反応はどれか(4つ)。番号(①~⑧)で答えよ。

(5) GTPが生成する反応はどれか(1つ)。番号(①~⑧)で答えよ。

(6) クエン酸回路が一回りし、生じたNADHとFADH₂が全て酸化リン酸化に利用される場合、総ATP生産量はいくつになるか。なお、酸化リン酸化により1個のNADHから2.5個のATP、1個のFADH₂から1.5個のATPが作れると仮定し、GTPはATPとしてカウントすること。