

令和6年度専攻科入学者選抜（学力選抜）検査問題

物質工学専攻

専 門 科 目

(注意)

- 1 問題用紙は、指示があるまで開かないこと。
- 2 問題用紙は、1ページ～6ページまでである。
検査開始の合図の後で確かめること。
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 貸与された電卓を使用すること。

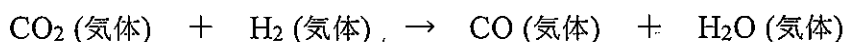
物質工学専攻専門科目（問題用紙）

(1/6ページ)

[1] CS_2 (気体) \rightarrow CS (気体) + S (気体) は、気相解離反応であり、反応速度は、 CS_2 濃度 $[\text{CS}_2]$ の1次に比例する。このとき、速度定数は 1000 K で $k = 2.94 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ であった。以下の問いに答えよ。

- (1) 時間 t [s] に対する CS_2 濃度変化 $\frac{d[\text{CS}_2]}{dt}$ を CS_2 濃度 $[\text{CS}_2]$ を用いて表せ。ただし、速度定数を k とする。
- (2) CS_2 を 1000 K で 100 時間加熱したとき、最初の CS_2 の何[%] が解離するかを求め、有効数字2桁で答えよ。
- (3) CS_2 の速度定数 k を、半減期 τ を用いた式で表せ。
- (4) CS_2 の半減期 τ [s] を求め、有効数字2桁で答えよ。ただし、 $\ln 2 = 0.693$ とする。

[2] 標準状態 (1 気圧、298 K) における次の反応、



について、以下の問いに答えよ。ただし、298 K における熱力学データとして、 CO_2 (気体)、 H_2 (気体)、 CO (気体)、 H_2O (気体) の標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\ominus$ [$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$]、標準モルエントロピー S_m^\ominus [$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$] は、表1の値を用いよ。

- (1) 二酸化炭素 1 mol における、この反応の標準反応エンタルピー $\Delta_r H^\ominus$ を求め、有効数字3桁で答えよ。
- (2) 二酸化炭素 1 mol における、この反応の標準反応エントロピー $\Delta_r S^\ominus$ を求め、有効数字3桁で答えよ。
- (3) 298 K での、この反応に伴う標準反応ギブズエネルギー $\Delta_r G^\ominus$ を求め、有効数字3桁で答えよ。
- (4) この反応は、自発的な反応か、非自発的な反応か、 $\Delta_r G^\ominus$ の正負をもとに予測せよ。

表1 熱力学データ

化学式(状態)	$\Delta_f H^\ominus$ [$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$]	S_m^\ominus [$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$]
CO_2 (気体)	-393.5	213.7
H_2 (気体)	0.0	130.6
CO (気体)	-110.5	197.6
H_2O (気体)	-241.8	188.7

物質工学専攻専門科目 (問題用紙)

(2/6ページ)

- [3] 速度定数 k は、一般に温度 T によって変化し、速度定数 k の対数 $\ln(k)$ を温度の逆数 $1/T$ に対してプロットすると直線が得られ、その傾きから $-E_a/R$ 、切片から A が求められる。このようなプロットを (ア) プロットといい、この関係から k は、

$$k = \text{span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">(イ)}$$

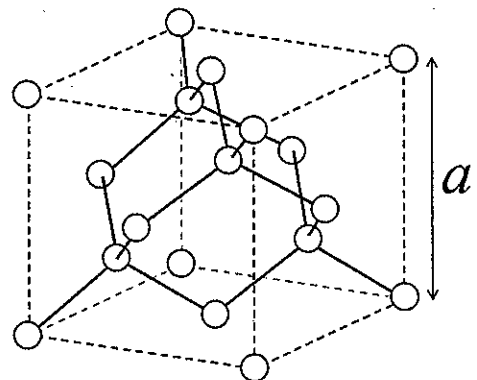
のように表される。ただし、気体定数は $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ である。この A を前指数因子 (頻度因子)、 E_a を (ウ) という。

- (1) (ア)、(ウ) に入る適切な語、および、(イ) に入る適切な式を答えよ。
- (2) ある反応において、室温付近 300 K で温度が 10 K 上昇したとき、反応速度が 2 倍となった。このときの $E_a [\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}]$ を求め、有効数字 3 桁で答えよ。
ただし、 $\ln 2 = 0.693$ とする。

- [4] 原子やイオンについて以下の問いに答えよ。

- (1) 主量子数が n のとき、とりうる方位量子数 ℓ の最大値を、 n を用いて表せ。
- (2) 基底状態の原子 ${}_{22}\text{Ti}$ の方位量子数 $\ell = 2$ の軌道の電子数は何個か。
- (3) 方位量子数 $\ell = 2$ のとき、とりうる磁気量子数 m_ℓ を全て書け。
- (4) 次の①～③の元素やイオンの基底状態における電子配置を書け。
たとえば、 ${}_{6}\text{C}$ の電子配置であれば、 $1s^2 2s^2 2p^2$ のように表すこと。
① ${}_{9}\text{F}$ 、 ② ${}_{29}\text{Cu}$ 、 ③ ${}_{26}\text{Fe}^{2+}$

- [5] ケイ素 Si の結晶構造はダイヤモンド構造であり、ダイヤモンド構造の空間格子は面心立方格子である。右図のように1辺の長さ (格子定数) a は $5.43 \times 10^{-10} \text{ m}$ 、原子量は 28.1 である。この結晶構造について、以下の問いに答えよ。ただし、アボガドロ数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。



- (1) 単位格子中の原子の総数は何個か答えよ。
- (2) Si の密度 $\rho [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$ を求め、有効数字 3 桁で答えよ。
- (3) 最近接 Si 原子間の結合距離 $r [\text{m}]$ を求め、有効数字 3 桁で答えよ。

物質工学専攻専門科目（問題用紙）

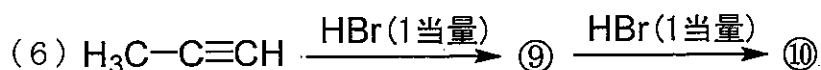
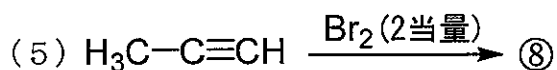
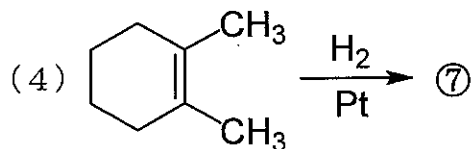
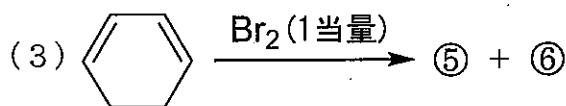
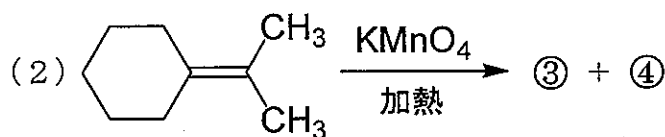
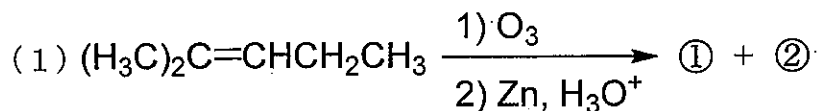
(3/6ページ)

- [6] 次の分子について、原子価殻電子対反発理論（VSEPR 理論）に基づいて分子の基底状態での孤立電子対を含めた構造と分子の構造を推定し、(1)～(4)の空欄に入る最も適切な形を語群の記号ア～クの中から選び、記号で答えよ。

化合物	孤立電子対を含めた構造	分子の構造
ICl_4^-	(1)	(2)
ClO_2^-	(3)	(4)

語群 [ア：直線型、イ：平面三角形、ウ：平面四角形、エ：四面体、オ：三方両錐、カ：折れ線型、キ：T字型、ク：八面体]

- [7] 次の反応で得られる主生成物①～⑩の構造式を示せ。
 (主生成物が2種類ある場合は、順不同とする。また、主生成物⑦は幾何異性も示すこと。)

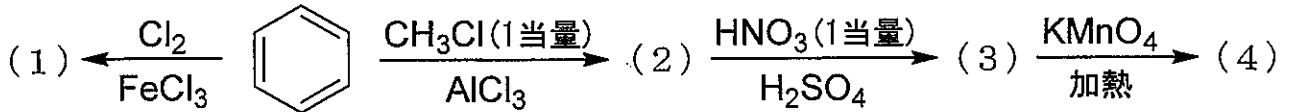


物質工学専攻専門科目（問題用紙）

(4/6ページ)

[8] 次の主生成物(1)～(4)の構造式を示せ。

(*o*-置換体と *p*-置換体が生成する可能性がある場合、*o*-置換体のみが生成するものとする。)

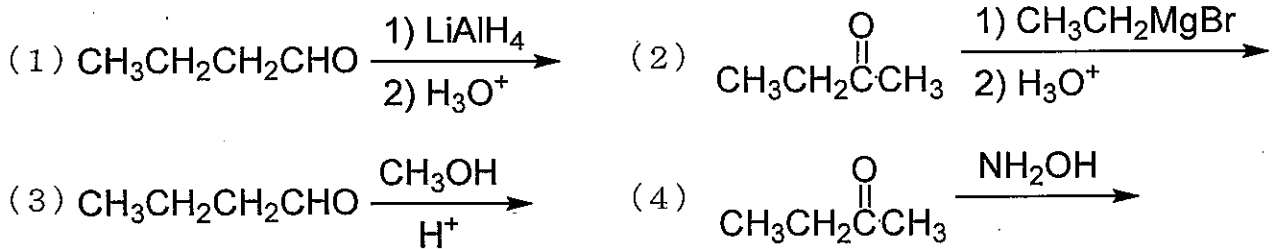


[9] ①～④の塩化アルキルについて、以下の問いに答えよ。

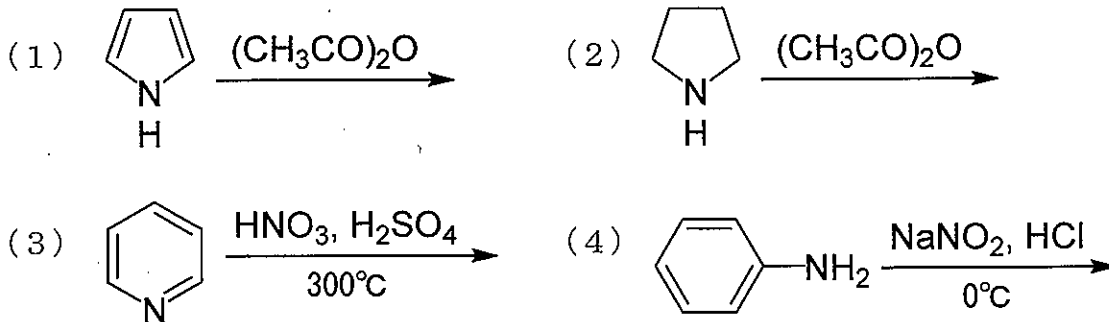
- (① 2-クロロ-2-メチルプロパン、 ② 1-クロロ-2-メチルプロパン、
③ 2-クロロブタン、 ④ 1-クロロブタン)

- (1) S_N2 反応が起こりやすい順に①～④を並べよ。
(2) S_N1 反応が起こりやすい順に①～④を並べよ。

[10] 次の反応で得られる主生成物の構造式を示せ。



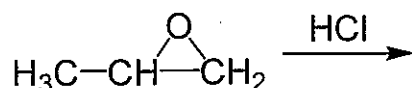
[11] 次の反応で得られる主生成物の構造式を示せ。



物質工学専攻専門科目（問題用紙）

(5/6ページ)

[1 2] 以下の反応で得られる主生成物の構造式を示せ。



[1 3] 次の問いに答えよ。

- (1) 中性糖であるグルコースを酸化すると、A、B の二種類の酸性糖が得られる。A は還元性を示し、B は示さない。A、B の物質名を記せ。
- (2) キシロースを還元すると物質 C が得られる。C の物質名を記せ。
- (3) グルコース、ラクトース、マルトース、スクロースの中で非還元糖はどれか。また、パルミチン酸、オレイン酸、リノール酸、ステアリン酸の中で多価不飽和脂肪酸はどれか。
- (4) タンパク質を構成するアミノ酸は 20 種類ある。このうち含硫アミノ酸 D、E の物質名を記せ。また、遊離アミノ酸の状態では、19 種類は α -アミノ酸であるが、1 種類はイミノ酸である。このイミノ酸 F の物質名を記せ。
- (5) 複合脂質とは、どのような物質であるか説明せよ。
- (6) RNA に含まれる塩基には、プリン塩基とピリミジン塩基がある。このうち 2 種類のピリミジン塩基 G、H の塩基名を記せ。
- (7) ヌクレオシドとは、どのような物質か説明せよ。

[1 4] 次の問いに答えよ。

- (1) グルコースの異化代謝による ATP 生成には、基質レベルのリン酸化と酸化リン酸化の二種類が存在する。このうち酸化リン酸化で ATP を合成する酵素名とそれが真核細胞のどこで行われているか記せ。

物質工学専攻専門科目（問題用紙）

(6/6ページ)

[14]

- (2) アミノ酸がエネルギーとして利用される際に、はずれたアミノ基がアンモニアに変換される。グルタミン酸にグルタミン酸デヒドロゲナーゼが触媒して2-オキシグルタル酸が生成する際にアンモニアが生成する。この反応名をなんと呼ぶか。
- (3) (2) で生成したアンモニアは細胞毒性が強く、肝臓で解毒する必要がある。末梢組織から肝臓にアンモニアが運ばれる際に、アンモニアは細胞毒性の弱い何という物質に変換して運ばれるか。
- (4) は虫類や鳥類は、この毒性の強いアンモニアを何という物質として体外に排出するか記せ。また、哺乳類では何という物質として排出するか記せ。

[15] 次の問いに答えなさい。

- (1) 代謝経路の中の律速酵素とは、どのような酵素か説明せよ。
- (2) 解糖系の律速酵素名を記せ。
- (3) 補因子とは何か説明せよ。
- (4) アロステリック酵素とはどのような酵素か説明せよ。

[16] 生命の基本原理について述べた次の文中の(A~H)に入る適切な語を答えよ。

(A) 分子中の (B) 配列は遺伝情報と呼ばれ、タンパク質の一次構造を保存している。この遺伝情報に基づいてタンパク質が合成されることを遺伝子発現と呼ぶ。タンパク質の合成は、(B)に基づいて直接行われるものではない。この(B)配列情報を核内でいったん(C)分子の(B)配列に写し取った後(D:この過程の名称)、(C)分子の(B)配列情報に基づき、アミノ酸配列に直してタンパク質を合成する(E:この過程の名称)。つまり、(B)配列の情報が(A)から(C)に写され、その遺伝情報を基にアミノ酸配列としてタンパク質の一次構造として合成される。この情報の流れは、分子生物学の(F)と呼ばれている。しかし、真核生物では(A)分子の(B)配列には、タンパク質のアミノ酸配列をコードする部分とコードしない不要な部分がある。(D)直後の未成熟のmRNA(hnRNA)に(G)を行って、タンパク質情報以外の不要な部分を除去して成熟mRNAに変換してから(E)に使われる。この(G)に加えて、5'キャップ構造とポリAシグナルを付与する過程を(H)と呼ぶ。