

## 物質工学専攻 専門科目 (問題用紙)

(1/6 ページ)

[1] 放射性同位体の放射性崩壊は1次反応の典型的な例である。次の問いに答えよ。

- (1)  $^{14}\text{C}$  の半減期は 5730 年である。 $^{14}\text{C}$  が放射性崩壊を開始してから 3100 年後において、放射性崩壊を開始した時の  $^{14}\text{C}$  の原子数に対して何%の  $^{14}\text{C}$  が残っているか。有効数字 2 桁で答えよ。
- (2)  $^{222}\text{Rn}$  の  $\alpha$  壊変による半減期は  $3.28 \times 10^5 \text{ s}$  である。この反応の速度定数  $k [\text{s}^{-1}]$  を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、1 次反応の速度定数  $k$  を用いると  $^{222}\text{Rn}$  の濃度  $C$  の時間変化は  $C = C_0 \times \exp(-k \times t)$  で与えられることに注意すること (ここで、 $t$  は時間、 $C_0$  は時間  $t = 0 \text{ s}$  における濃度である)。
- (3)  $^{18}\text{F}$  の半減期は 1.83 時間である。ある時刻に  $^{18}\text{F}$  の原子数を測定し、しばらくして再度、 $^{18}\text{F}$  の原子数を再測定すると、 $^{18}\text{F}$  の原子数が 8 分の 1 になった。ある時刻から何時間後に再測定を行ったか。有効数字 2 桁で答えよ。

[2] 25 [°C] (298 [K])、1 気圧の標準状態における四酸化二窒素から二酸化窒素への解離反応 ( $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ ) について以下の問いに答えよ。ただし、 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  の標準モルエントロピー  $S_m^\circ [\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}]$ 、標準生成エンタルピー  $\Delta H_f^\circ [\text{kJ mol}^{-1}]$  はそれぞれ 304.2 [J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>]、9.2 [kJ mol<sup>-1</sup>]、また、 $\text{NO}_2(\text{g})$  の標準モルエントロピー  $S_m^\circ [\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}]$ 、標準生成エンタルピー  $\Delta H_f^\circ [\text{kJ mol}^{-1}]$  はそれぞれ 240.0 [J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>]、33.2 [kJ mol<sup>-1</sup>] で与えられるものとする。

- (1) 四酸化二窒素 1 mol における  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$  の反応のエントロピー変化  $\Delta S_r^\circ$  を有効数字 3 桁で求めよ。
- (2) 四酸化二窒素 1 mol における  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$  の反応の反応エンタルピー変化  $\Delta H_r^\circ$  を有効数字 3 桁で求めよ。
- (3)  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$  の反応の標準自由エネルギー変化  $\Delta G_r^\circ$  を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 $\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T_0 \times \Delta S_r^\circ$  の関係を用いること ( $T_0 = 298 \text{ [K]}$ : 標準状態の温度)。
- (4)  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$  の反応の標準状態において自発的に進行するか、進行しないか、 $\Delta G_r^\circ$  の正負をもとに答えよ。

## 物質工学専攻 専門科目 (問題用紙)

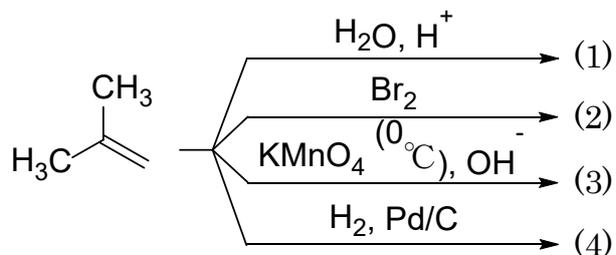
(2/6 ページ)

- [3] 標準電極電位が+1.10 V のダニエル電池の全電池反応は  $\text{Zn(s)} + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$  である。ダニエル電池に関する以下の問いに答えよ。ただし、ファラデー定数  $F$  は  $96500 \text{ C mol}^{-1}$ 、気体定数  $R$  は  $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。
- (1) 25 °C(298 K)、1 気圧の標準状態におけるダニエル電池の全電池反応におけるギブス標準エネルギー変化  $\Delta G^\circ$  を有効数字 3 桁で求めよ。
- (2) 25 °C(298 K)、1 気圧の標準状態におけるダニエル電池の全電池反応の平衡定数  $K_c$  の値を自然対数値  $\ln(K_c)$  として有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $\Delta G^\circ = -R \times T_o \times \ln K_c$  の関係が成り立つことを用いること。
- [4] 次の原子の電子配置を書け。例えば、 ${}_6\text{C}$  の電子配置は、 $1s^2 2s^2 2p^2$  と書くとする。
- (1)  ${}_3\text{Li}$                       (2)  ${}_{14}\text{Si}$                       (3)  ${}_{17}\text{Cl}$                       (4)  ${}_{23}\text{V}$
- [5] ある金属の結晶構造を調べたところ、単位格子の一辺の長さ (格子定数) が  $4.00 \times 10^{-10} \text{ m}$  の面心立方格子であった。以下の問いについて答えよ。
- (1) この金属原子の半径は何 m か。有効数字 3 桁で答えよ。
- (2) 面心立方格子の単位格子内には金属原子が何個含まれているか。
- (3) この金属の密度は  $6800 \text{ kg m}^{-3}$  であった。この金属原子 1 個の質量は何 kg か。有効数字 3 桁で答えよ。
- (4) この面心立方格子の金属結晶に応力を加えたところ、体心立方格子にその結晶構造が変化した。金属原子の半径が面心立方格子の時と変化せず同じとすると、この体心立方格子の一辺の長さは何 m か。有効数字 2 桁で答えよ。
- [6] イオン半径、イオン化エネルギーに関する以下の問いに答えよ。
- (1)  ${}_9\text{F}^-$ 、 ${}_{11}\text{Na}^+$ 、 ${}_{12}\text{Mg}^{2+}$  はすべて同じ電子数を有するイオンである。この中で最もイオン半径が小さいイオンを選べ。
- (2) 同じ族に属する  ${}_{20}\text{Ca}$  と  ${}_{38}\text{Sr}$  で第一イオン化エネルギーの大きいのはどちらか。

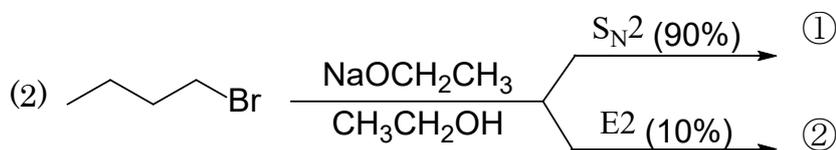
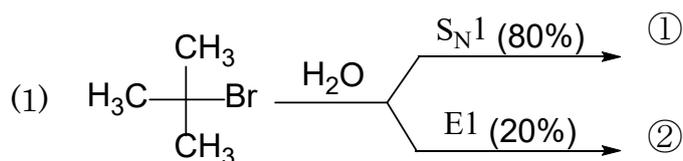
# 物質工学専攻 専門科目 (問題用紙)

(3/6 ページ)

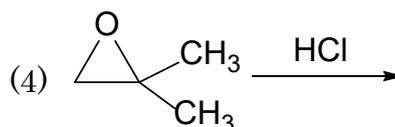
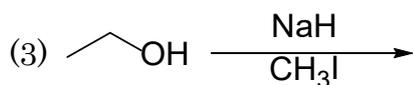
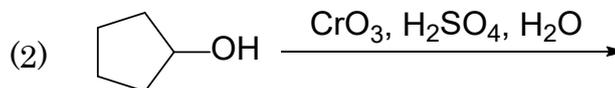
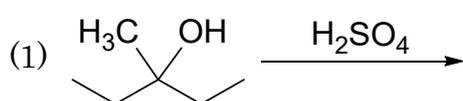
[7] 2-メチルプロペンと次の反応剤との反応で得られる主生成物の構造式を示せ。



[8] 各反応によって得られる最も適当な主生成物の構造式を示せ。



[9] 次の反応で得られる主生成物の構造式を示せ。

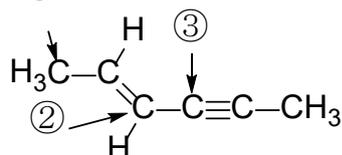


# 物質工学専攻 専門科目 (問題用紙)

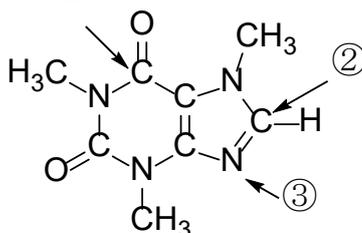
(4/6 ページ)

[10] 次の各化合物の①～③の混成軌道についてそれぞれ示せ ( $sp^3$ 、 $sp^2$ 、 $sp$  の各混成軌道の中から適するものを選んで書け)。

(1)  $\downarrow$



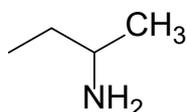
(2)  $\downarrow$



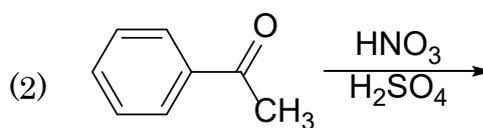
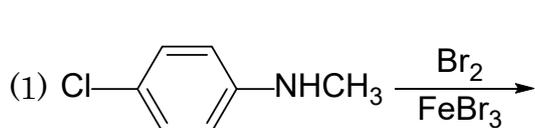
[11] 次の化合物について、キラルかアキラルか何れかを示せ。

- (1) 2-メチルブタン
- (2) 3-クロロヘキサン
- (3) *cis*-1,3-ジクロロシクロヘキサン
- (4) *trans*-1,2-ジクロロシクロヘキサン

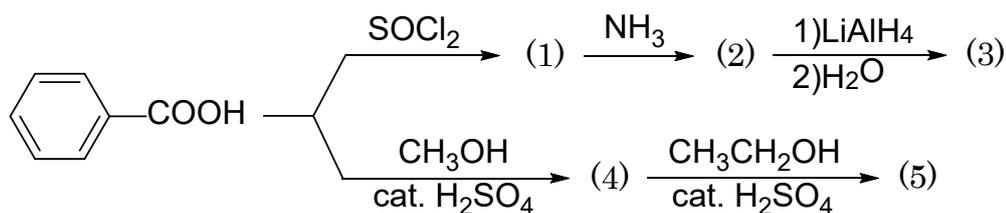
[12] 次の化合物の Hofmann 脱離の主生成物の構造式を示せ。



[13] 次の反応で得られる主生成物の構造式を示せ。



[14] 以下の反応式について、適する(1)～(5)の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)

[15] 次の問いに答えなさい。

- (1) グルコース 2 分子が $\alpha$ -1,4 結合すると A が、 $\beta$ -1,4 結合だと B が出来る。A、B の物質名を記せ。
- (2) グルコースを還元すると糖アルコールである物質 C が得られる。C の物質名を記せ。
- (3) 糖がグリコシド結合により、糖以外の様々な物質と結合した化合物の総称を D と呼ぶ。この D のうち、糖以外の部分をアグリコンと呼ぶ。D の名称を答えよ。
- (4) タンパク質を構成するアミノ酸は 20 種類ある。このうち酸性アミノ酸 E、F の物質名及びジスルフィド結合に関与するアミノ酸 G の物質名を記せ。
- (5) 単純脂質とは、どのような物質であるか説明せよ。
- (6) DNA 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 種類のプリン塩基 H、I の塩基名を記せ。
- (7) 核酸はヌクレオチドが結合したものである。ヌクレオチドとヌクレオシドの違いについて説明せよ。また、ヌクレオチドとヌクレオチドは何と呼ばれる結合で結合するか記せ。
- (8) DNA 中のアデニンとチミン、グアニンとシトシンはそれぞれ水素結合している。このとき、アデニンとチミンは何カ所で水素結合しているか答えよ。

[16] 次の問いに答えなさい。

- (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的リン酸化の 2 種類が存在する。このうち基質レベルのリン酸化が主として行われる代謝名とその代謝が真核細胞のどこで行われているか記せ。
- (2) 脂肪酸の異化代謝を何と呼ぶか。代謝名を記せ。また、この代謝は真核細胞のどこで行われるか記せ。
- (3) 脂肪酸合成を行う酵素名を記載し、この代謝は真核細胞のどこで行われるか記せ。

## 物質工学専攻 専門科目（問題用紙）

(6/6 ページ)

[16]

- (4) アミノ酸発酵技術の進展により、多くのアミノ酸が生産されているが、中でもコリネバクテリウムを利用してビオチン量などの代謝制御により生産されている、うま味成分にもなっているアミノ酸名を答えよ。

[17] 次の問いに答えなさい。

- (1) 酵素は、触媒として機能するタンパク質である。酵素は、国際生化学・分子生物学連合 (IUBMB) の提案によって、触媒する反応の種類によって 6 群に分類されている。この 6 群の酵素分類名を記せ。
- (2) 酵素の働きを助ける非タンパク質性の単体や化合物のことを何というか。
- (3) アイソザイムとはどのような酵素か説明せよ。

[18] 真核生物のタンパク質合成について述べた次の文中の (A~H) を答えよ。

DNA を鋳型として、RNA が合成される過程を (A) と呼ぶ。この時、mRNA に (A) された遺伝情報が、アミノ酸の配列としてタンパク質の構造に読み取られる側の DNA 鎖を (B) 鎖と呼ぶ。また、この (A) では、RNA 鎖の合成は必ず (C) 末端から (D) 末端に向かって合成される。(A) によって合成された mRNA は、実際に翻訳に用いられる成熟した mRNA に比べて大きく、未成熟な mRNA として合成される。未成熟の mRNA は、切断、消化、塩基修飾などの過程を経て成熟 mRNA となるが、この過程を RNA の (E) と呼ぶ。最初 (A) によって合成された mRNA には、アミノ酸配列を示す (F) 領域とそれ以外の (G) 領域が数カ所に分散されている。未成熟の mRNA は、キャッピング、ポリ A シグナルの付与のあと、(H) の過程で不要な (G) 領域が除去される。