

令和 9 年度学群編入学試験

## 理工学群化学類

学 力 検 査

(専門科目)

問 題 冊 子

### 注意事項

- ① 問題Ⅰ～Ⅲの全問題について解答すること。
- ② 解答用紙は各問題に対して1枚使用し、それぞれの解答用紙には「問題Ⅰ」のように問題番号を明記すること。
- ③ 解答が書ききれない場合には、「裏へ」と明記して、その解答用紙の裏面に続けて書くこと。
- ④ 計算が必要な問題については計算過程も示すこと。
- ⑤ 下書き用紙は採点しない。
- ⑥ 試験時間は120分です。

問題Ⅰ 次の問1～問3に答えよ。

問1 基底状態における分子の構造に関して、次の1)～4)に答えよ。

- 1)  $\text{CO}_2$  のルイス構造を描け。また、それが直線形か折れ線形かを答えよ。
- 2) 孤立した  $\text{H}_2\text{O}$  分子の  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$  結合角と、孤立した  $\text{H}_2\text{S}$  分子の  $\text{H}-\text{S}-\text{H}$  結合角について、どちらが大きいかわ答えよ。
- 3)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{SiCl}_4$  に関して立体構造を描き、それぞれの分子の属する点群を、以下の選択肢から選べ。  
選択肢： $C_s$ ,  $C_3$ ,  $C_{3v}$ ,  $D_{3h}$ ,  $D_{3d}$ ,  $T_d$ ,  $O_h$
- 4)  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  の化学式で示される化合物は、紫色、淡緑色、深緑色の化合物などが存在する。 $\text{Cr(III)}$  イオンの配位構造の観点から、色が違う理由を説明せよ。

問2 酸と塩基に関する文章を読み、次の1)～3)に答えよ。

酸と塩基の概念は歴史的にいくつかの定義が提案されてきた。アレニウスは、水溶液中で水素イオンを生じる物質を酸、(Ⅰ)を生じる物質を塩基と定義した。しかしこの定義では水溶液に限定され、アンモニアのような(Ⅱ)を十分に説明できないという問題があった。その後ブレンステッドとローリーは、酸塩基反応を(Ⅲ)の受け渡しとして捉え、(Ⅲ) 供与体を(Ⅲ-B)，(Ⅲ) 受容体を(Ⅲ-C)と定義した。さらにルイスは酸塩基反応を(Ⅲ)の授受として定義し、(Ⅲ) 受容体をルイス酸、(Ⅲ) 供与体をルイス塩基とした。この定義は最も一般的であり、金属に配位するシアン化物イオンなどは一般的にルイス(Ⅲ-D)として働く。このように酸塩基の定義は、アレニウス、ブレンステッド、ルイスの順により一般化されている。

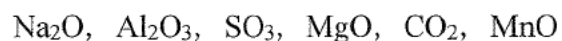
- 1) 本文中の空欄(Ⅰ)～(Ⅲ)に当てはまる最も適切な語句を以下の語句群から選べ。  
語句群：  
プロトン、水素原子、ヒドリド、カチオン、アニオン、酸素原子、  
水酸化物イオン、ハロゲンイオン、不対電子、電子対
- 2) 本文中の空欄(Ⅱ-A)～(Ⅱ-D)には「酸」もしくは「塩基」のどちらかが入る。正しい方を選び答えよ。

(次ページに続く)

- 3) 濃塩酸を希釈して  $0.10 \text{ mol/L}$  の希塩酸を  $250 \text{ mL}$  調製する。その際に濃塩酸は何  $\text{mL}$  必要か; 有効数字 2 桁で答えよ。ただし, 濃塩酸の質量パーセント濃度を  $36.5\%$ , 濃塩酸の密度を  $1.20 \text{ g/mL}$ ,  $\text{HCl}$  の分子量を  $36.5 \text{ g/mol}$  とする。

問3 酸化物に関して, 次の 1) と 2) に答えよ。

- 1) 次の酸化物を酸性酸化物, 両性酸化物, 塩基性酸化物に分類せよ。



- 2) EDTA (エチレンジアミン四酢酸) のアニオンは, 金属イオンと安定なキレート錯体を形成する六座配位子である。EDTA の完全脱プロトン化体を  $\text{Y}^{4-}$  と表す。四ナトリウム塩  $\text{Na}_4\text{Y}$  の水溶液中で, 両性酸化物である酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ ) は錯形成により溶解する。この反応をイオン反応式で示せ。

問題 II 次の問 1, 問 2 に答えよ.

問 1 以下の熱機関に関する文章を読み, 次の 1) ~ 6) に答えよ.

1 mol の理想気体をピストン付き密閉容器に閉じ込め, 高温熱源および低温熱源との熱交換を行いながら可逆的に図 1 のサイクルに沿って変化させる ( $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ ). このサイクルでは,  $A$  から  $B$  への過程は断熱過程,  $B$  から  $C$  は定圧過程,  $C$  から  $D$  は断熱過程,  $D$  から  $A$  は定積過程である. ここで図中の  $P_1$  は  $A$ ,  $P_2$  は  $B$  および  $C$ ,  $P_3$  は  $D$  の圧力,  $V_1$  は  $A$  および  $D$ ,  $V_2$  は  $B$ ,  $V_3$  は  $C$  の体積,  $T_1$  は  $A$ ,  $T_2$  は  $B$ ,  $T_3$  は  $C$ ,  $T_4$  は  $D$  の温度である. 気体定数を  $R$ , 理想気体の定積モル熱容量と定圧モル熱容量をそれぞれ  $C_V$ ,  $C_P$  とする. ただし,  $C_V$  と  $C_P$  は温度に依存しないものとする.

- 1) 定圧過程  $B \rightarrow C$  において, 気体が吸収する熱量  $q_{BC}$  および気体のエントロピー変化  $\Delta S_{BC}$  を  $C_P$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  を用いて示せ.
- 2) 定積過程  $D \rightarrow A$  において, 気体が吸収する熱量  $q_{DA}$  および気体のエントロピー変化  $\Delta S_{DA}$  を  $C_V$ ,  $T_1$ ,  $T_4$  を用いて示せ.

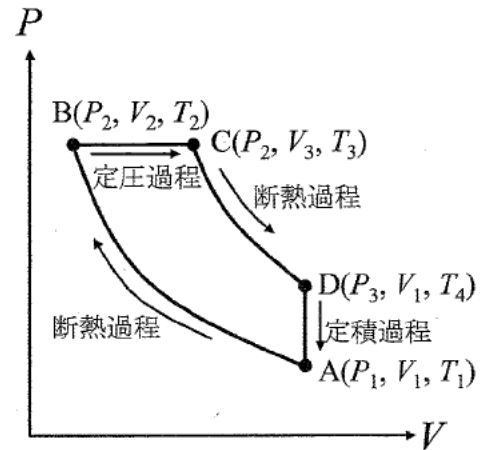


図 1

- 3) 1 mol の理想気体を同じ温度だけ上昇させる時, 定圧過程に必要な熱量は定積過程で必要な熱量より大きい. この違いを踏まえ, 定圧モル熱容量  $C_P$  と定積モル熱容量  $C_V$  の差 ( $C_P - C_V$ ) を, 気体定数  $R$  を用いて示せ.
- 4) 断熱過程  $A \rightarrow B$  において, この過程が可逆であるときに各状態の温度  $T_1, T_2$  と体積  $V_1, V_2$  の間に以下の関係式が成り立つ.

$$\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^X$$

$X$  を, 熱容量比  $\gamma (= C_P / C_V)$  を用いて示せ.

- 5) このサイクルを一周した際の熱効率  $\eta$  を  $q_{BC}$ ,  $q_{DA}$  を用いて示せ.
- 6) このサイクルを一周した際の熱効率  $\eta$  を  $\gamma$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  を用いて示せ.

(次ページに続く)

問2  $\text{N}_2\text{O}_5$  の熱分解反応



について、次の①～④の素反応による反応機構が提案されている。

反応速度定数



ここで、 $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$  は各素反応の反応速度定数である。この  $\text{N}_2\text{O}_5$  の熱分解反応について、次の1)～6) に答えよ。ただし、各物質の濃度を  $[\text{N}_2\text{O}_5]$  のように表し、時間を  $t$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$  の初期濃度を  $[\text{N}_2\text{O}_5]_0$  とする。

1)  $-\frac{d[\text{N}_2\text{O}_5]}{dt}$  を反応速度定数  $k_1$ ,  $k_2$  と濃度を用いた式で示せ。

2)  $\frac{d[\text{NO}]}{dt}$  を反応速度定数  $k_3$ ,  $k_4$  と濃度を用いた式で示せ。

3)  $\frac{d[\text{NO}_3]}{dt}$  を反応速度定数  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$  と濃度を用いた式で示せ。

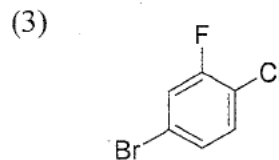
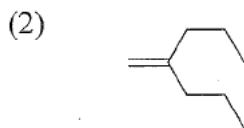
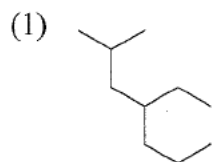
4)  $\frac{d[\text{NO}]}{dt}$  と  $\frac{d[\text{NO}_3]}{dt}$  に定常状態近似を適用し、定常状態にある  $\text{NO}$  の濃度  $[\text{NO}]_s$  と  $\text{NO}_3$  の濃度  $[\text{NO}_3]_s$  を、反応速度定数と濃度を用いた式で、それぞれ示せ。

5) 4) の定常状態近似が成り立つときの  $-\frac{d[\text{N}_2\text{O}_5]}{dt}$  を、反応速度定数と  $[\text{N}_2\text{O}_5]$  を用いた式で示せ。

6) 4) の定常状態近似が成り立つとき、この  $\text{N}_2\text{O}_5$  の分解反応における半減期を、反応速度定数を用いた式で示せ。

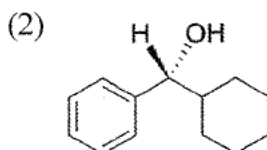
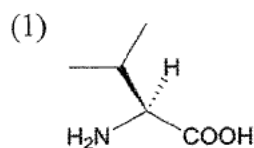
問題 III 次の問1～問7に答えよ。

問1 次の (1)～(3) の化合物に関し、IUPAC 命名法に則った名称を答えよ。

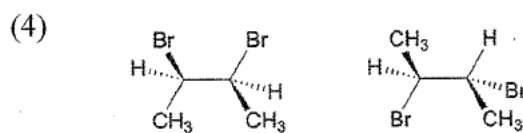
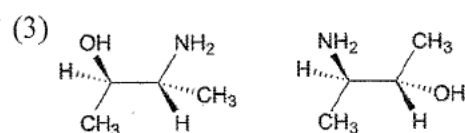
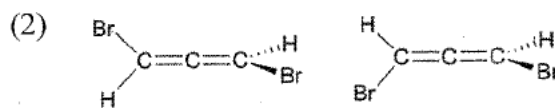
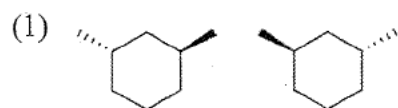


問2  $C_5H_{12}$  の分子式で表される全ての化合物の構造式を、沸点の高いものから順に左から右に並べて示せ。

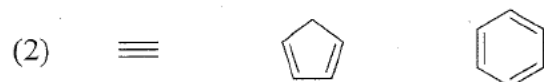
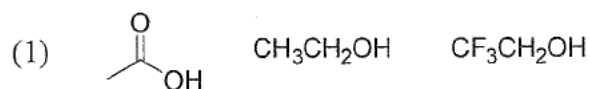
問3 次の (1) と (2) の化合物に存在するキラル炭素の絶対配置を *R* か *S* で示せ。



問4 次の (1)～(4) の各組の化合物の関係を、「エナンチオマー」、「ジアステレオマー」、「同一化合物」の中から、最も適切なものをそれぞれ選べ。

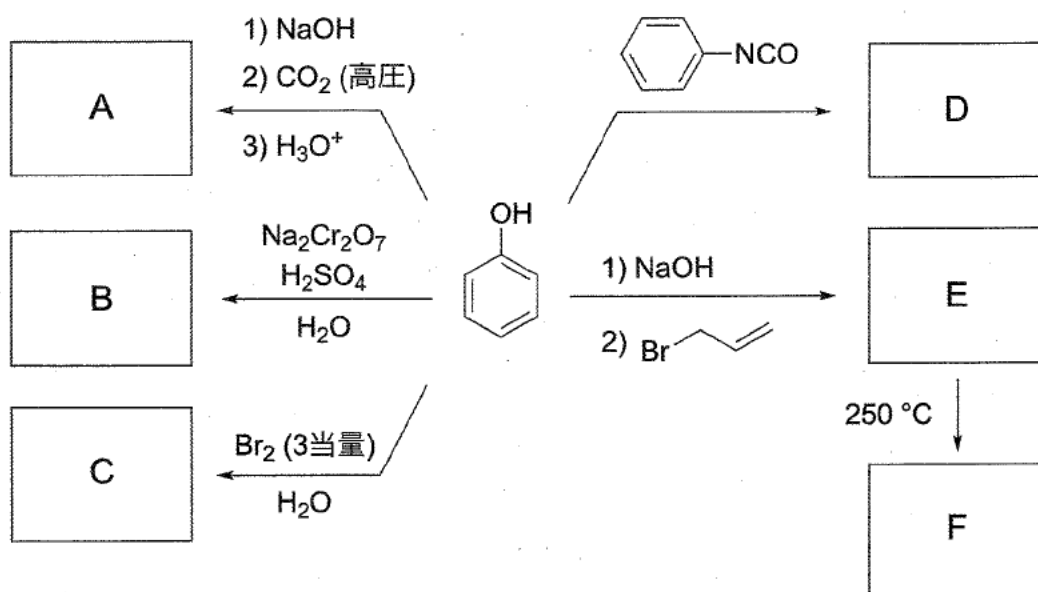


問5 次の (1) と (2) の化合物群について、酸性度の高い順に左から右にそれぞれ並べよ。



(次ページに続く)

問6 次の各反応の主生成物となる有機化合物 A ~ F の構造式を示せ.



問7 次の各反応の主生成物となる化合物 G ~ K の構造式を示せ. 必要ならば, 幾何異性体の区別が分かるように示せ.

