

令和 2 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 2 に答えよ.

問 1 元素の性質と結合に関して, 次の 1) ~ 4) に答えよ.

- 1) 第 2 周期元素の第一イオン化エネルギーは, ①全体的な傾向としては周期表の左から右へ進むほど大きくなる. しかしながら, ②酸素の第一イオン化エネルギーは窒素より小さい. ①および②の理由を説明せよ.
- 2) 6 族元素で, Mo の原子半径 (140 pm) は Cr の原子半径 (129 pm) より顕著に大きい. 一方, W の原子半径 (141 pm) は, Mo の原子半径とほぼ同じである. この理由を説明せよ.
- 3) 酸素分子 O_2 , 超酸化物イオン O_2^- , および過酸化物イオン O_2^{2-} を, 酸素原子間の結合長の長いものが左に来るように順に並べよ. また, その理由を説明せよ.
- 4) 硫黄の単体は, S-S 単結合からなる環状あるいは鎖状の分子を形成する. 一方で, 酸素の単体は $O=O$ 二重結合からなる二原子分子として安定に存在する. この違いについて, 硫黄原子および酸素原子がそれぞれ形成する単結合および多重結合の結合エンタルピーの違いを基に説明せよ.

問 2 無機固体の構造と性質について, 次の 1) ~ 3) に答えよ.

- 1) 半径 r の球からなる最密充填構造において, 八面体間隙および四面体間隙にちょうど内接する球の半径を, r を用いて表せ.
- 2) BeO の結晶構造は $NaCl$ 型構造とウルツ鉱型構造のいずれであると推測されるか, 理由とともに答えよ. ただし, Be^{2+} イオンおよび O^{2-} イオンのイオン半径は, それぞれ 45 pm および 140 pm とする.
- 3) $NaCl$ 型構造をもつ酸化物 MO ($M = Ca, Ti, V, Mn$) の格子エンタルピーは, それぞれ 3460 kJ/mol (CaO), 3878 kJ/mol (TiO), 3913 kJ/mol (VO), 3810 kJ/mol (MnO) である. これら格子エンタルピーの大小関係について, イオン半径および配位子場安定化エネルギーを基に説明せよ.

問題 II 次の問 1, 問 2 に答えよ.

問 1 酵素 E によって, 基質 S が酵素基質複合体 ES を経て生成物 P に変換される次の反応を考える.



ここで, k_1 , k_{-1} , k_2 は, 各反応の速度定数である. また, E, S, ES の濃度をそれぞれ $[\text{E}]$, $[\text{S}]$, $[\text{ES}]$ とする. 次の 1), 2) に答えよ.

- 1) $[\text{ES}]$ の時間変化 $\frac{d[\text{ES}]}{dt}$ を k_1 , k_{-1} , k_2 , $[\text{E}]$, $[\text{S}]$, $[\text{ES}]$ で表せ.
- 2) $\frac{d[\text{ES}]}{dt} = 0$ として, 次の i), ii) に答えよ.
 - i) $[\text{ES}]$ を k_1 , k_{-1} , k_2 , $[\text{E}]$, $[\text{S}]$ で表せ.
 - ii) 全酵素濃度を $[\text{E}]_{\text{total}}$ として, P の生成速度 v を $[\text{E}]_{\text{total}}$, $[\text{S}]$, k_1 , k_{-1} , k_2 で表せ.

問 2 理想気体と実在気体について, 次の 1) ~ 4) に答えよ.

- 1) 単原子分子が理想気体として振る舞うとき, エネルギー等分配則が適用できる. 単原子分子 1 モルあたりの並進運動エネルギーを, 気体定数 R および絶対温度 T で表せ.
- 2) 二原子分子が理想気体として振る舞うとき, 並進運動に加えて, 回転および振動の運動を考慮しなければならないが, 常温では全内部エネルギーに対する振動の寄与は無視してよい. 並進と回転の運動にエネルギー等分配則を適用し, 二原子分子 1 モルあたりの常温での全内部エネルギーを気体定数 R および絶対温度 T で表せ.
- 3) 二原子分子の気体を実在気体として取り扱う場合, 並進, 回転, 振動の各エネルギーに加えて, 新たにポテンシャルエネルギーを考慮しなければならない. このポテンシャルエネルギーは主に何に起因するかを答えよ.
- 4) 体積 V の容器中の n モルの実在気体を取り扱う場合, 各分子を体積 V_a の球体と見なし, 理想気体の状態方程式における V を $V - nb$ で置き換えた状態方程式が大きく用いられる. b を V_a とアボガドロ数 N_A を用いて表せ.

問題 III 次の問 1～3 に答えよ。

問 1 次の 1)～6) に答えよ。

1) 次の化合物の構造式を示せ。

- i) 2-エチル-1,4-ペンタジエン
- ii) 1-ブromo-3-ヒドロキシ-2-ブタノン
- iii) *p*-ホルミルフェニル酢酸

2) *p*-ニトロフェノールおよび *o*-ニトロフェノールを比較したとき、融点が高い方を答えよ。また、その理由を説明せよ。

3) *cis*-1,2-ジクロロエチレン (*cis*-1,2-ジクロロエテン) および *trans*-1,2-ジクロロエチレン (*trans*-1,2-ジクロロエテン) を比較したとき、沸点が高い方を答えよ。また、その理由を説明せよ。

4) 酢酸、トリフルオロ酢酸およびトリクロロ酢酸を比較したとき、酸性度が高い順に左から右に並べよ。また、その理由を説明せよ。

5) 尿素およびアセトアミドを比較したとき、塩基性度が高い方を答えよ。また、その理由を説明せよ。

6) 酒石酸 ($C_4H_6O_6$) の全立体異性体をフィッシャー投影式で示せ。また、各不斉炭素原子の立体配置を *R* または *S* で示せ。

問 2 塩化 *tert*-ブチルを水中で加熱すると *tert*-ブチルアルコールが主生成物として得られるが、水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると別の主生成物が得られる。次の 1), 2) に答えよ。

1) 水酸化ナトリウム水溶液中の反応で得られる主生成物の構造式を示せ。

2) 水中および水酸化ナトリウム水溶液中における反応機構を、巻き矢印を使ってそれぞれ説明せよ。

(次ページに続く)

問3 次の反応の主生成物（有機化合物）**A**～**H** の構造式を示せ。必要ならば，立体化学が分かるように示せ。

