

令和5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。

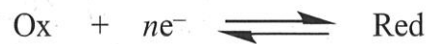
問題 I 次の問 1 ~ 3 に答えよ.

問 1 溶液内平衡に関して, 次の 1), 2) に答えよ.

- 1) $1.05 \times 10^{-2} \text{ M}$ の H_2SO_4 水溶液中のプロトン濃度 $[\text{H}^+]$ を計算せよ. ただし, 第一解離段階は 100% 起こり, 第二解離段階の酸解離定数 K_2 を $1.20 \times 10^{-2} \text{ M}$ とする. 必要であれば, $\sqrt{10.10} = 3.18$ を用いよ.
- 2) 弱酸 (HA) とその共役塩基 (A^-) との混合溶液は緩衝作用を示す. この時, 緩衝溶液中の pH を, HA の全濃度 C_A , A^- の全濃度 C_B , HA の酸解離定数 K_a を用いて示せ. ただし, $C_A, C_B \gg [\text{H}^+]$ とする.

問 2 酸化還元反応に関して, 次の 1), 2) に答えよ.

- 1) 次式の酸化体 Ox と還元体 Red が関与する酸化還元反応のネルンスト式を記せ. ただし, E を平衡電極電位, E° を標準酸化還元電位, R を気体定数, T を熱力学温度, F をファラデー定数, n を電子数, $a_{\text{Ox}}, a_{\text{Red}}$ を Ox, Red それぞれの活量とする.



- 2) 酸性条件下, シュウ酸と過マンガン酸カリウムとのイオン反応式を記せ.

問 3 化学結合の種類と性質に関して, 次の 1) ~ 4) に答えよ.

- 1) VSEPR 則について, 「電子対」, 「分子構造」という用語を用いて説明せよ.
- 2) VSEPR 則を用いて, XeF_2 と XeF_4 の分子構造を電子対も含めて図示せよ.
- 3) ボラン (BH_3) は, 単体ではなく二量体であるジボラン (B_2H_6) の状態で存在する. B_2H_6 の分子構造を立体化学がわかるように図示せよ.
- 4) BH_3 が単体ではなく二量体で存在する理由を示せ.

問題 II 次の問 1, 2 に答えよ.

問 1 KCl は塩化ナトリウム型の結晶構造をとる. 次の 1) ~ 3) に答えよ.

- 1) K^+ と Cl^- それぞれの半径を a, b としたとき, KCl の単位格子がとりうる最小の体積 V を a, b を用いて示せ.
- 2) 天然の KCl には, K と Cl の同位体がそれぞれ複数含まれている. KCl が取りうる最小の単位格子の体積が 250 \AA^3 であり, K と Cl の天然存在比が表 1 のように与えられるとき, 天然の KCl の密度を有効数字 2 桁, 単位を g cm^{-3} として計算せよ. 必要であれば, アボガドロ定数として 6.02×10^{23} を用いよ.

表 1

同位体核種	同位体相対質量	天然存在比 (%)
^{35}Cl	35.0	76.0
^{37}Cl	37.0	24.0
^{39}K	39.0	93.0
^{41}K	41.0	7.00

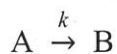
- 3) $K^+(g)$ と $Cl^-(g)$ から $KCl(s)$ が生成する際の, 298 K における標準エンタルピー変化 (ΔH°) を計算せよ. 必要であれば, 298 K における各ステップの ΔH° の値として表 2 の数値を用いよ. また, ボルン-ハーバーサイクルを計算に利用した数字がすべてわかるように図で表せ.

表 2

ステップ	$\Delta H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
KCl(s) の生成	-440
K(s) の昇華	90
K(g) のイオン化	420
$\text{Cl}_2(g)$ の解離	240
Cl(g) への電子付加	-350

(次ページに続く)

問2 分子 A から分子 B が生成する次の反応は、一次の反応速度式に従って進む。 k はその反応速度定数である。

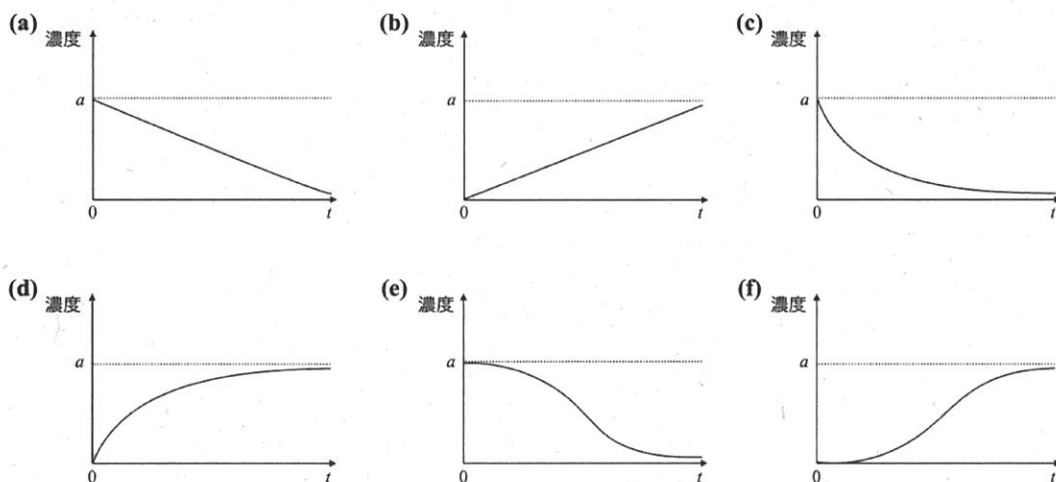


次の1) ~ 4) の問いに答えよ。

- 1) この反応の反応速度は、A の濃度 $[A]$ 、反応速度定数 k の関数として次のように表すことができる。 に入る数式を示せ。ただし、 t は時間を表す。

$$= -\frac{d[A]}{dt} = \text{$$

- 2) A の初濃度を a としたとき、時間 t が増えるとともに A と B の濃度がどのように変化するか、A と B それぞれについて、最も適切なグラフを次の(a)~(f)の中から選び、記号で答えよ。



- 3) 転化率 θ とは、反応開始時点での A の量に対する、反応開始から時間 t の間に消費された A の量の割合のことである。 θ を t と k を用いて示せ。
- 4) 反応開始後 20.0 分における θ は 0.100 であった。 θ が 0.900 となる時間を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、必要であれば $\ln 9 = 2.20$, $\ln 10 = 2.30$ を用いよ。

問題 III 次の問 1～5 に答えよ.

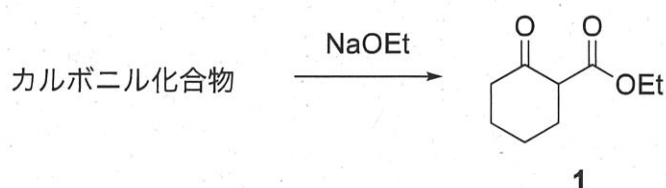
問 1 次の化合物の構造式を示せ.

- 1) 3-メチル-2-ヘプタノン
- 2) (S)-4-クロロ-2-ペンチン
- 3) (2E,4Z)-1-ブromo-3-メチル-2,4-ヘキサジエン

問 2 ヒドロキシ安息香酸には, 3 種類の異性体 (*o*-, *m*-および *p*-) が存在する. このうち, *o*-ヒドロキシ安息香酸の酸性度が最も高い. その理由を説明せよ. 必要であれば, 構造式を用いて説明してもよい.

問 3 1,4-ジメチルシクロヘキサンについて, 可能ないす型配座すべての構造式を, 立体化学がわかるように示せ. また, 最も安定なものを丸で囲み, その理由を説明せよ.

問 4 次に示す化合物 **1** の合成反応について, 以下の問いに答えよ.



- 1) 化合物 **1** は, ジエステルの分子内反応で合成することができる. この反応を完結させるためには, 塩基 (NaOEt) は触媒量ではなく, 等モル量以上が必要である. その理由を説明せよ.
- 2) 化合物 **1** は, 2 種類のカルボニル化合物の分子間反応でも合成することができる. これら 2 種類のカルボニル化合物を構造式で示せ.

(次ページに続く)

問5 次の反応の主生成物 **A**~**F** 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。

