

令和6年度

理 学 部

化学生物環境学科 化学コース

第3年次編入学者選抜学力試験問題

# 化 学

令和5年6月10日(土)

10:00~11:30

## 注 意

1. 出題されている試験問題 (I~III) すべてに解答すること。
2. 総ページ数—————7ページ  
問題ページ—————第3~第7ページ  
(第1~第2ページは白紙)
3. 試験問題ごとに別添の解答用紙に解答を記入すること。  
解答用紙が不足した人は手をあげてその旨を試験監督者に告げ、必要枚数の解答用紙を受け取ること。なお、解答用紙を追加した場合は、解答用紙の上方に問題番号を書くこと。
4. 解答用紙の枠外には何も記入しないこと。
5. 計算機および携帯電話は使用しないこと。
6. 試験終了後、この問題冊子と下書き用紙は持ち帰ること。

I 問1～問3の設問に答えよ。

問1 原子の電子状態や性質に関する以下の設問(1)～(3)に答えよ。

(1) 原子の電子配置に関する以下の原理、規則の内容をそれぞれ簡潔に説明せよ。

(a) パウリの排他原理, (b) フントの規則

(2) 第二周期の貴ガスを除く原子の原子半径は原子番号の増大とともに小さくなる。その理由を「遮蔽」および「有効核電荷」という単語を用いて説明せよ。

(3) 以下の原子について、基底状態の電子配置を例にならって示せ。

例  ${}_{13}\text{Al} : [\text{Ne}] 3s^2 3p^1$

(a)  ${}_{9}\text{F}$ , (b)  ${}_{22}\text{Ti}$ , (c)  ${}_{29}\text{Cu}$

問2 多原子分子の立体構造に関する以下の設問(1)および(2)に答えよ。

(1) 以下の分子のルイス構造を示せ。また、原子価殻電子対反発モデル(VSEPRモデル)から予測される立体構造について、非共有電子対を含めた立体構造を図示せよ。

(a)  $\text{BF}_3$ , (b)  $\text{SF}_4$ , (c)  $\text{SOF}_2$ , (d)  $\text{XeF}_4$

(2)  $\text{NH}_3$  と  $\text{H}_2\text{O}$  について、結合角の大小関係を理由とともに述べよ。

問3 酸に関する以下の設問(1)および(2)に答えよ。

(1) 1価の弱酸AHは水溶液中で  $\text{AH} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$  のように解離する。弱酸AHの濃度を  $C_A$ 、酸解離定数を  $K_a$  とするとき、以下の条件①、②において、水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を表す式をそれぞれ導出せよ。導出の過程も示すこと。

条件①:  $[\text{H}^+]$  が  $C_A$  に比べて十分に小さいとき。

条件②:  $[\text{H}^+]$  が  $C_A$  に比べて無視できないほど大きいとき。

(2) 0.02 mol/L の酢酸について、(1)の条件①が成り立つものとしてpHの値を有効数字2桁で求めよ。酸解離定数は  $K_a = 1.80 \times 10^{-5}$  mol/L とし、計算の過程も示すこと。必要であれば  $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$  の値を用いよ。

II 問1 および問2の設問に答えよ。

問1  $n$  mol の理想気体に対して、図1に示すように、状態Aから始めて、状態B, Cを順に経過して状態Aに戻る変化をさせる。ここで、

状態A： 圧力 $2P_1$ 、体積 $V_1$ 、温度 $T_0$

状態B： 圧力 $2P_1$ 、体積 $V_2$ 、温度 $T_1$

状態C： 圧力 $P_1$ 、体積 $2V_1$ 、温度 $T_0$

である。また、

状態AからBへの変化は等圧可逆膨張、

状態BからCへの変化は断熱可逆膨張、

状態CからAへの変化は等温可逆圧縮、  
である。

$n$  mol の理想気体は、状態方程式

$$PV = nRT$$

に従う。ここで、 $R$ は気体定数である。

また、温度 $T$ における内部エネルギーは、

$$U = \frac{3}{2}nRT$$

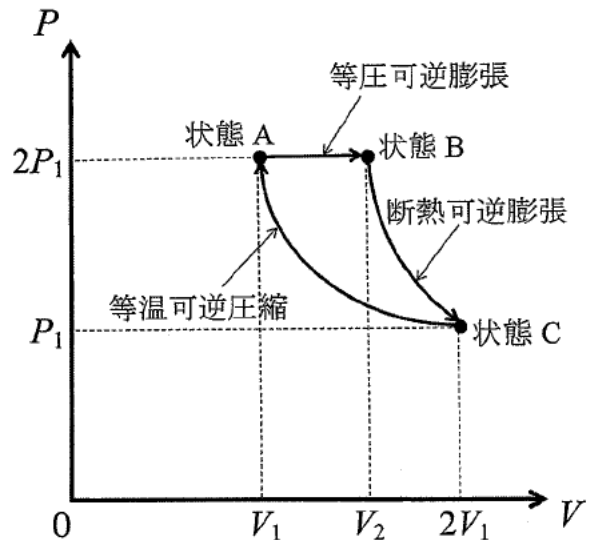


図1. 気体の圧力と体積の関係

である。断熱可逆変化に対しては、圧力と体積との間に、

$$PV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$$

なる関係が成り立つことがわかっている。

このとき、以下の設問(1)～(3)に答えよ。なお、係数に無理数が現れても小数に変えて表す必要はない。いずれも導出過程も示せ。

(1) 状態Bの体積 $V_2$ を $V_1$ で表せ。

(2) 状態Bの温度 $T_1$ を $T_0$ で表せ。

(3) 状態B→状態C, 状態C→状態Aのそれぞれの変化における

(a) 理想気体の内部エネルギー変化  $\Delta U$

(b) 理想気体がされた仕事  $W$

(c) 理想気体がもらった熱量  $Q$

(d) 理想気体のエンタルピー変化  $\Delta H$

(e) 理想気体のエントロピー変化  $\Delta S$

を求めよ。なお、いずれの答も、含まれる文字式は $n, R, P_1, V_1, T_0$ のみを使って表せ。

## II のつづき

問2 図2に示すように、 $xy$ 平面上に、3つの点電荷 A, B, C が存在する（座標の単位は [m]）。点電荷 A, B, C の電荷は、それぞれ、 $+2$  [C],  $-2$  [C],  $+2$  [C] である。

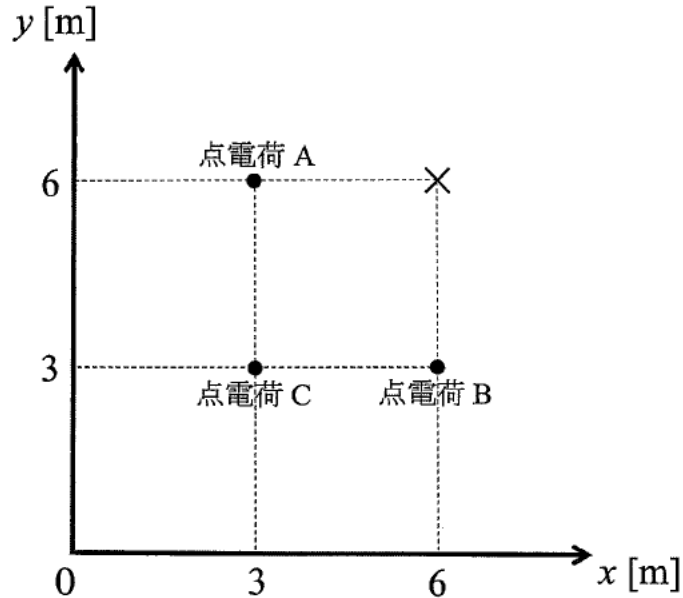


図2.  $xy$ 平面上の3個の点電荷の配置

このとき、以下の設問（1）および（2）に答えよ。計算過程も示し、答は有効数字2桁で示せ。なお、クーロンの法則の比例定数は、 $\epsilon_0$ を真空の誘電率として

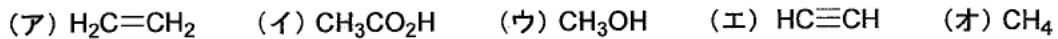
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9$  [Nm<sup>2</sup>C<sup>-2</sup>] である。また、平方根は以下のとおりである。

$$\sqrt{2} \cong 1.41, \sqrt{3} \cong 1.73, \sqrt{5} \cong 2.24, \sqrt{6} \cong 2.45, \sqrt{7} \cong 2.65, \sqrt{10} \cong 3.16$$

- (1) この3個の電荷の間に働くクーロン力に由来するポテンシャルエネルギーは全体で何 [J] であるか。
- (2) 図2で「×」印をつけた位置の電場の  $x, y$  成分をそれぞれ [NC<sup>-1</sup>] 単位で示せ。

III 問1～問6の設問に答えよ。

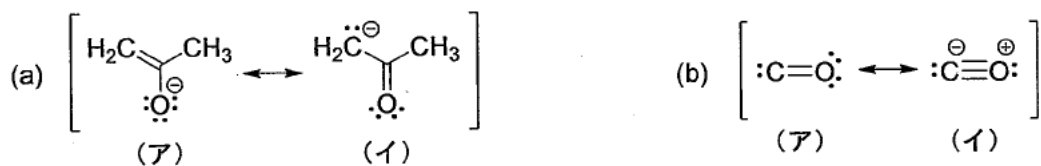
問1 以下の化合物(ア)～(オ)を、酸性度が高いものから順に並べよ。



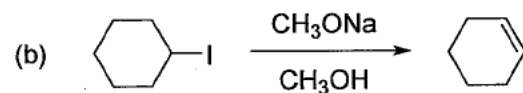
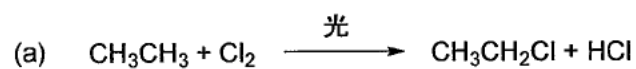
問2 ジブロモシクロプロパンの4つの異性体の中で、以下の条件(a)～(c)にそれぞれ当てはまる異性体の構造式を書け。複数ある場合はすべて挙げよ。

- (a) キラルな化合物
- (b) アキラルな化合物
- (c) メソ化合物

問3 以下の(a)にはアセトンからプロトンが解離したエノラートイオン、(b)には一酸化炭素の共鳴構造式を示す。(a)および(b)のそれぞれについて、(ア)と(イ)のどちらの共鳴構造の寄与がより大きいか答えよ。その理由もそれぞれ述べよ。

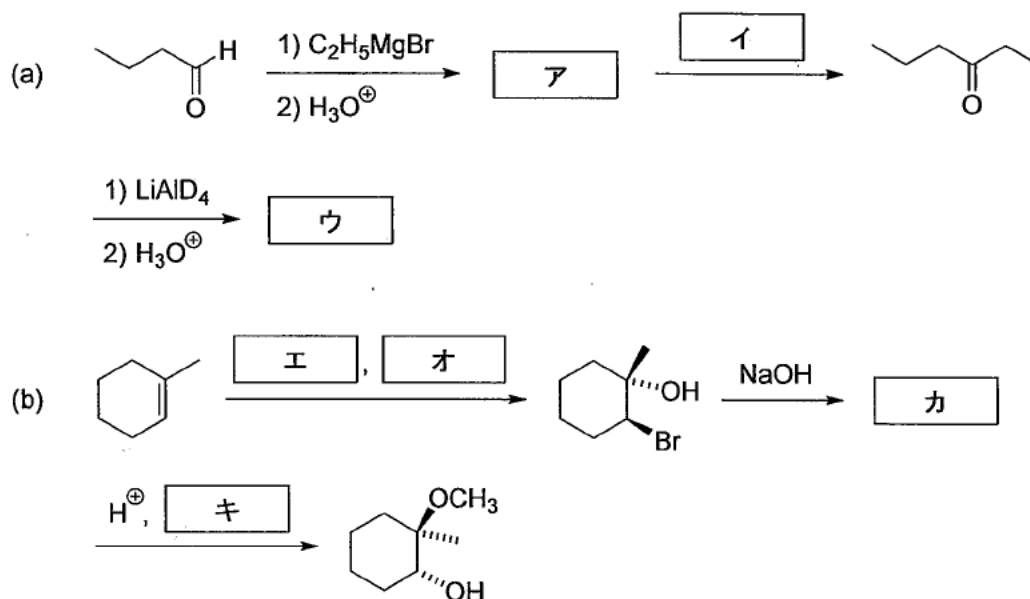


問4 以下の反応(a)および(b)の反応機構を書け。

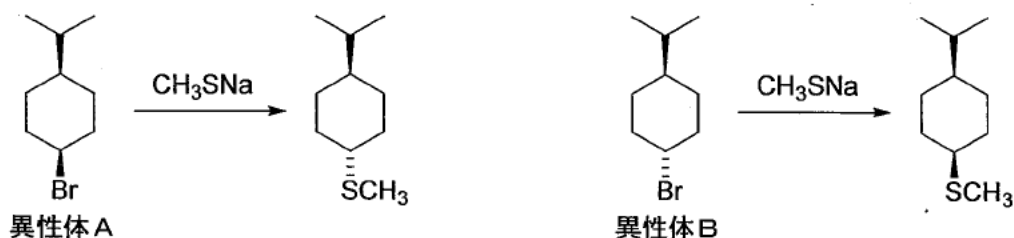


### IIIのつづき

問5 以下の **ア** ~ **キ** に当てはまる反応剤または構造式を書け。



問6 以下に示す異性体AおよびBからの  $S_N2$  反応に関する設問 (1) および (2) に答えよ。



- (1) 異性体Aの2つのいす形配座間の化学平衡式を書け。また、どちらの配座異性体がより安定であるか、理由とともに示せ。
- (2) 異性体Aからの  $S_N2$  反応は異性体Bからの  $S_N2$  反応に比べてかなり速く進行する。その理由について述べよ。