

令和7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6年6月8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———9ページ
問題ページ———第3～第6及び第8～第9ページ
（第1, 第2, 第7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. 欄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。必要があれば以下の数値を用いよ。

プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J s, 光速 $c = 3.0 \times 10^8$ m s⁻¹,

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ mol⁻¹

問1 以下の文章を読み、設問(1)～(4)に答えよ。

酸素分子 O₂ を冷却したところ 90 K 以下で淡青色の液体となり、その液体に ①強い磁石を近づけると液体が磁石に引き寄せられた。室温で O₂ の気体に波長が 240 nm の紫外線を照射したところ一部が酸素原子に解離し、この酸素原子が他の酸素分子に結合することによりオゾン分子 O₃ が生成した。

- (1) O₃ のルイス構造式を示せ。また、原子価殻電子対反発モデル (VSEPR モデル) から予想される O₃ の立体構造について、非共有電子対を含めた構造を図示し、その形を簡潔に説明せよ。
- (2) O₂ から酸素原子への解離に用いられた光のエネルギー [kJ mol⁻¹] を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示すこと。
- (3) O₂ の分子軌道のエネルギーダイアグラムを示せ。各軌道の名称を表す適切な記号をつけること。また、このダイアグラムをもとに下線部①の性質を説明せよ。
- (4) O₂ を 1 電子還元した O₂⁻ について、結合距離が O₂ に比べてどのように変化するかを推測し、その理由を説明せよ。

問2 以下の (a), (b) の化合物の組み合わせにおいて酸解離定数の大きいものをそれぞれ選び、その理由を説明せよ。

(a) H₂O, H₂S (b) HClO₄, H₃PO₄

問3 以下に示した原子をそれぞれの第一イオン化エネルギーが小さいものから順に並べよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

Ne, Mg, Cl, Ar, K

II 問1および問2の設問に答えよ。

問1 図1は n mol の単原子理想気体が状態 A から、状態 B, C, D を経由して、状態 A に戻る変化を示したものである。ここで、A ~ D の各状態の体積 V と温度 T を表1に示す。

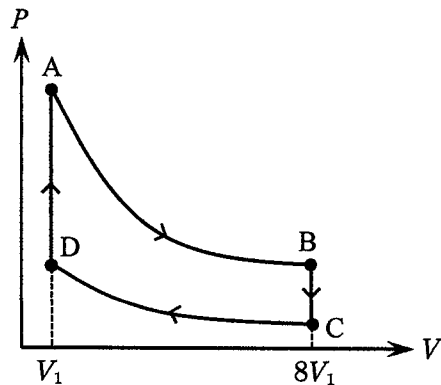


表1 各状態の体積と温度

状態	体積 V	温度 T
A	V_1	T_A
B	$8V_1$	T_B
C	$8V_1$	T_C
D	V_1	T_D

図1 気体の体積 V と圧力 P の関係

状態 A は以下に示す4つの可逆過程を経て、状態 A に戻るものとする。

- (i) 状態 A から状態 B : 断熱膨張
- (ii) 状態 B から状態 C : 定積冷却
- (iii) 状態 C から状態 D : 断熱圧縮
- (iv) 状態 D から状態 A : 定積加熱

気体の状態方程式と内部エネルギー U はそれぞれ次式のように与えられる。

$$PV = nRT \quad \dots \dots \textcircled{1}$$

$$U = \frac{3}{2}nRT \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

ここで、 R は気体定数である。

以下の設問 (1) ~ (6) に答えよ。計算過程も示すこと。

(1) 状態 A から状態 B への変化では

$$dU = dW \quad \dots \dots \textcircled{3}$$

が成立する。ここで、 dU は内部エネルギーの微小変化、 dW は気体がされた仕事を表す。 dU を n, R, dT を用いて表せ。また、 dW を n, R, T, V, dV を用いて表せ。

IIのつづき

(2) (1) で得られた式を用いると,

$$\frac{V_A}{V_B} = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^\alpha \quad \dots\dots ④$$

または,

$$\frac{V_C}{V_D} = \left(\frac{T_D}{T_C}\right)^\alpha \quad \dots\dots ⑤$$

が導かれる。ここで、 V_A, V_B, V_C, V_D は状態A, B, C, Dにおける体積を表す。
 α に当てはまる数値を求めよ。分数で答えてもよい。

(3) 温度 T_A を温度 T_B で表せ。また、温度 T_D を温度 T_C で表せ。

(4) 以下の量を n, R, T_B, T_C を用いて表せ。

- (a) 状態Aから状態Bへの変化において、気体がされた仕事 W_{AB}
- (b) 状態Cから状態Dへの変化において、気体がされた仕事 W_{CD}
- (c) 状態Dから状態Aへの変化において、気体がされた仕事 W_{DA} と気体がもらった熱量 Q_{DA}

(5) 状態Aから、状態B, C, Dを経由して、状態Aに戻る過程で気体がした仕事を n, R, T_B, T_C を用いて表せ。

(6) 熱効率 η を求めよ。

問2 質量 m の質点の運動が以下のような単振動の運動方程式

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0 \quad \dots\dots ⑥$$

に従うものとする。ここで、 x は質点の変位、 t は時間、 ω は角振動数を表す。

以下の設問(1)～(4)に答えよ。計算過程も示すこと。

- (1) $t=0$ での初期位置を $x(0)=A$ 、初期速度を $v(0)=0$ とする。⑥の解として正しいものを以下の(i)～(viii)から選べ。

IIのつづき

- (i) $A \sin \omega t$ (ii) $\frac{1}{A} \sin \omega t$ (iii) $A \sin \omega t \cos \omega t$ (iv) $A \cos \omega t$
(v) $\frac{1}{A} \cos \omega t$ (vi) $\frac{\sin \omega t + \cos \omega t}{A}$ (vii) $A e^{\omega t}$ (viii) $A e^{-\omega t}$

(2) 質点の速度 $v(t)$, 加速度 $a(t)$, 力 $F(t)$, 運動エネルギー $K(t)$ をそれぞれ A, m, ω, t を用いて表せ。

(3) 力 F と位置エネルギー V は

$$F = -\frac{dV}{dx} \quad \dots \dots \textcircled{7}$$

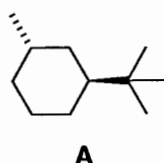
で関係づけられる。この式より, 位置エネルギー V は A, m, ω, t を用いて表されることを示せ。ただし, 積分定数は0とする。

(4) 力学的エネルギー保存の法則が成り立つことを示せ。

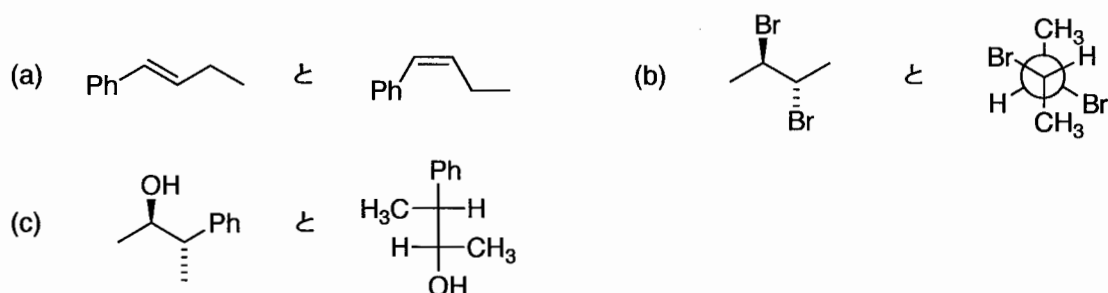
Ⅲ 問1～3の設問に答えよ。

問1 以下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 化合物AをIUPAC命名法を用いて命名せよ。また、化合物Aの安定な立体配座を記せ。



- (2) 下の(a)～(c)に示す組み合わせの化合物はどのような関係であるか、語群(ア)～(オ)から選び記号で答えよ。

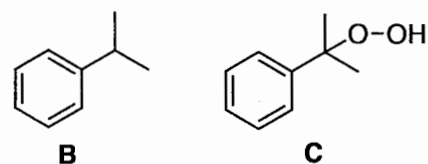


語群： (ア) 同一化合物 (イ) エナンチオマー (ウ) ジアステレオマー
(エ) 構造異性体 (オ) (ア)～(エ)に該当しない

- (3) メチルカチオンとメチルアニオンのルイス構造式を記せ。また、それぞれを立体構造がわかるように図示せよ。

問2 以下の文章を読み、設問(1)～(3)に答えよ。

クメン法は(ア)の工業的製法として知られている。まず、①ベンゼンに塩化アルミニウムや硫酸等の触媒存在下プロペンに作用させクメン(B)に変換する。次に、クメンを空气中で酸化してクメンヒドロペルオキシド(C)にし、希硫酸で分解することで(ア)が得られる。このとき、同時に(イ)も生成する。



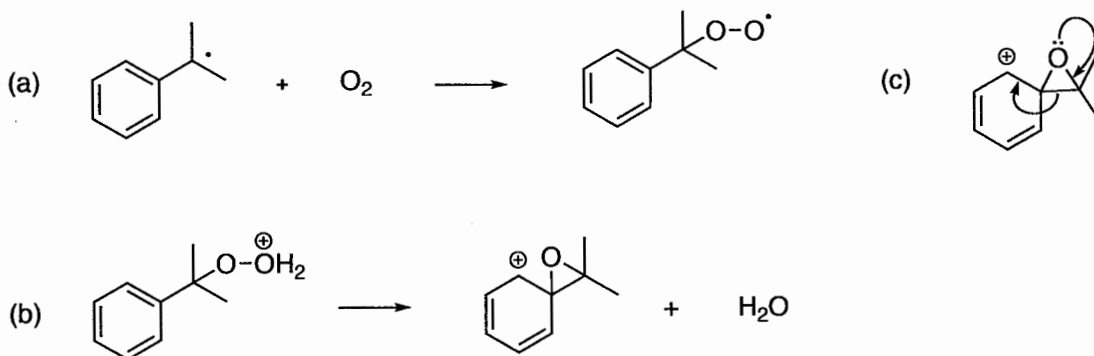
IIIのつづき

(1) (ア), (イ) にあてはまる化合物の名称を答えよ。

(2) 下線部①に示した反応の種類は何か。次の語群の中から選んで答えよ。

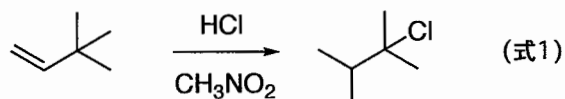
語群： 求核置換反応 求核付加反応 求電子置換反応
求電子付加反応 脱離反応 転位反応

(3) 下の (a) ~ (c) には、クメン法の反応の一部を示している。(a), (b) については、反応における電子の流れを巻き矢印を用いて説明せよ。(c) については、電子が流れた後の化学種の構造を記せ。

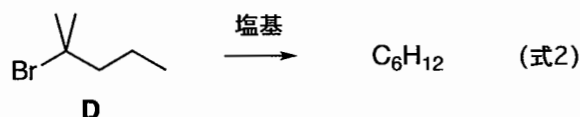


問3 以下の設問 (1) ~ (3) に答えよ。

(1) 式1の反応の機構を説明せよ。



(2) 式2の反応では化合物 D に塩基を作用させると分子式 C₆H₁₂ であるアルケンが生成する。塩基として NaOEt あるいは *tert*-BuOK を用いた場合、主生成物であるアルケンの構造が異なる。それぞれの主生成物の構造を記せ。また、主生成物の構造が異なる理由を説明せよ。



(3) *R*体の2-ブロモペンタンをアセトン溶媒中 KBr を加えて加熱した。しばらくして回収した2-ブロモペンタンはラセミ体になっていた。この実験事実を説明せよ。

