

関西学院大学大学院理工学研究科

2026 年度入学試験

(二次：2026 年 2 月 26 日実施)

専門科目

化学専攻

(13:50-15:50 120 分)

【試験にあたっての注意】

1. 筆記用具以外はカバンに入れ、カバンは床の上に置くこと。
2. 携帯電話、スマートフォン、ウェアラブル端末、音楽プレーヤー等の音の出る機器の電源を切ること。
なお、アラームを設定している人は解除してから電源を切り、カバンにしまうこと。
3. 時計のアラームは解除すること。携帯電話を時計として使用することは認めない。
4. 試験の途中退場は認めない。ただし、やむを得ない場合は挙手し監督者に知らせること。
5. 不審な言動は慎むこと。不正行為が発覚した場合、全科目を 0 点とする。
6. 試験用紙は以下の構成となっている。
 - ① 問題冊子 1 冊
 - ② 選択問題調査書、解答用紙
7. 指示があるまで問題冊子および解答用紙を開かないこと。
8. 解答用紙のホチキスは、はずさないこと（提出時もホチキス留めのまま提出すること）。
9. 各問題は、所定の解答用紙に解答すること。
10. 解答にあたっては、問題冊子および解答用紙に書かれた注意に従うこと。
11. 解答用紙には、氏名は記入せず、受験番号のみを記入すること。
12. 原則、解答用紙の裏面使用は不可。やむを得ず解答欄が不足する場合は「<裏面に続く>」と記載することで、裏面への記載を認める。
13. 試験終了後、問題冊子は各自持ち帰ること。

以上

[化学専攻（専門科目）]

次の【I】～【VI】計6題（3分野から各2題）より、3題を選択して解答すること。

解答用紙および添付された選択問題調査書の所定欄に、選択した問題番号および受験番号を必ず記入すること。

問題1題につき解答用紙1枚を使用すること。

【I】（無機化学）

[1]

Dioxygen forms two anions, O_2^- and O_2^{2-} , with bond lengths of 1.33 and 1.49 Å, respectively; the length of the bond in the dioxygen molecule itself is 1.21 Å. In addition, dioxygen can form a cation, O_2^+ . The bond length in this ion is 1.12 Å. Use a molecular orbital diagram to deduce the bond order and the number of unpaired electrons in the dioxygen cation. Is the bond order what you would expect for the bond length?

[2] 孤立 Co^{3+} イオンに関する以下の各問に答えよ.

(a) 基底状態における電子配置を下記の例にならって示せ.

（例）Li 原子の基底状態における電子配置： $(1s)^2(2s)^1$

(b) 基底状態における, (1)全スピン角運動量 S , (2)スピン多重度, (3)全軌道角運動量 L , (4)軌道縮重度, (5)全縮重度, をそれぞれ求めよ.

[3]

(a) Fe^{2+} イオンの正八面体 6 配位錯体の高スピンと低スピンの二種類の電子配置について, d 軌道の分裂の様子を示すエネルギー準位図と電子配置をかけ.

(b) Fe^{3+} イオンの高スピン正八面体 6 配位錯体の $d-d$ 遷移に由来する吸収帯はほとんど観測されない. その理由を, d 軌道の分裂の様子を示すエネルギー準位図と電子配置をかいて説明せよ.

【II】（無機化学）

[1]

There is a trimeric silicate ion, $\text{Si}_3\text{O}_9^{6-}$.

- (a) Draw a probable structure for the ion.
- (b) Phosphorus forms an isoelectronic and isostructural ion. What would be its formula?
- (c) Another element forms an isoelectronic and isostructural neutral compound. What would be its formula?

[2] CaF_2 (fluorite)および TiO_2 (rutile) の結晶構造は最密充填構造に基づいて理解することができる。それぞれについて、以下の各問に答えよ。

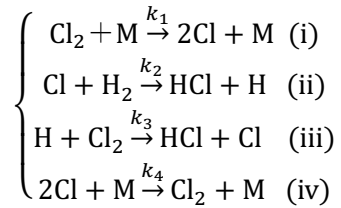
- (a) 基本となる最密充填構造を **ccp** または **hcp** で答えよ。
- (b) 最密充填構造をとっているイオンを示せ。
- (c) もう一方のイオンは最密充填構造における八面体型空孔と四面体型空孔のどちらを占有しているか。
- (d) 陽イオンの配位数を答えよ。
- (e) 陰イオンの配位数を答えよ。

[3]

- (a) 金属を M, 異なる 2 種類の配位子をそれぞれ A, B としたとき, 化学式 $[\text{MA}_3\text{B}_3]$ の 6 配位正八面体錯体の 2 種類の構造異性体をかけ。またそれぞれ何と呼ばれるかも併せて答えよ。
- (b) Cl^- は, π 受容性配位子と π 供与性配位子のどちらに分類されるか答えよ。また, Cl^- が正八面体六配位構造の金属錯体を形成した時, d 軌道と配位子の相互作用の様子を, エネルギー準位図をかいて説明せよ。

【III】 (物理化学)

問 1. 水素分子と塩素分子から塩化水素が生成する反応において、総括反応 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ の全反応速度を求めたい。この反応では、以下の反応機構が提案されている。



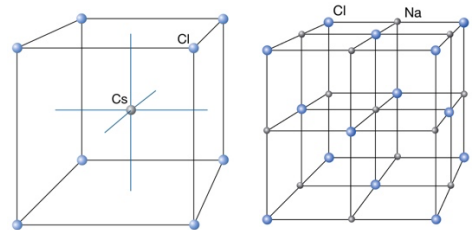
(i)~(iv)はすべて素反応として扱って良い。Mは第三体である。 k_1 および k_4 は、それぞれ塩素分子の減少速度と増加速度をもとに定義されている。以下の間に答えよ。

- 総括反応において、塩素分子と塩化水素の反応速度の化学量論関係を示せ。
- 塩素原子についてのレート方程式を立てよ。
- 水素原子についてのレート方程式を立てよ。
- 塩素原子と水素原子に対して定常状態近似を適用することで、総括反応の全反応速度 $\frac{d[\text{HCl}]}{dt}$ を求めよ。
- (d)の結果を用いて、この総括反応の反応次数を答えよ。

問 2. X線回折の理論に関連する以下の間に答えよ。

- ブラッグの回折条件を示す式を書け。
- 結晶の (hkl) 面から散乱されるX線は $F(hkl) = \sum_j f_j \exp\{2\pi i(hx_j + ky_j + lz_j)\}$ で表される。 $F(hkl)$ は何と呼ばれる量か。また、 f_j は何と呼ばれる量か書け。
- 炭素原子の f の動径分布を表すグラフの概形を横軸を $\sin\theta/\lambda$ として散乱角が0の時の値がわかるように描け。また f は波長に依存する量か依存しない量かを書け。
- $F(hkl)$ と回折強度 $I(hkl)$ との関係式を示せ。ただし、スケール因子、ローレンツ因子、偏向因子、多重度などを考える必要はない。

- CsCl および NaCl の結晶はどちらも等軸晶系（立方晶系）に属し、単位格子は右図で表される。CsCl 結晶の格子定数は $a = 4.1 \text{ \AA}$ であり、単位格子の頂点に Cl イオンが、格子の中心に Cs イオンが存在する。NaCl 結晶の格子定数は $a = 5.6 \text{ \AA}$ であり、単位格子の頂点と各面の中心に Cl イオンが、各辺の中点と格子の中心に Na イオンが存在する。



CsCl 結晶はどのようなブラベ格子に属するか書け。また CsCl 結晶の結晶構造因子計算で、上記(b)で示した式に代入されるべき Cs イオン、Cl イオンの座標 (x_j, y_j, z_j) を示せ。

NaCl 結晶はどのようなブラベ格子に属するか書け。また、NaCl 結晶の結晶構造因子計算で、上記(b)で示した式に代入されるべき Na イオン、Cl イオンの座標 (x_j, y_j, z_j) を示せ。

- 直方晶系（斜方晶系）の任意の単位格子を描き、 (232) で示される面を原点から近い方から2面を単位格子中に描き簡単に説明せよ。さらに、 (hkl) で示される面はどのような面か説明せよ。
- NaCl 結晶のミラー指数 400 で示される回折の面間隔 d はいくらか。また、 400 で示される回折の多重度はいくらか。重なっている回折のミラー指数を全て示せ。

(次頁につづく)

【III】 (物理化学)

問 3. 以下の問に答えよ. 内部エネルギー U , 温度 T , 体積 V , 圧力 p , エンタルピー H , エントロピー S , ギブスエネルギー G , ヘルムホルツエネルギー A とし, 単原子理想気体の U は $U = \frac{3}{2}nRT$ で与えられるものとする.

- (a) 熱力学的恒等式 (ランダウの恒等式) を熱力学の第一法則の微分形とエントロピーの定義式から導いて示せ. さらに G , A , H の定義式を示し, その全微分をとり dH , dG , dA を右辺が 2 項からなる形式まで整理せよ.
- (b) (a) で示した式より, 以下の 2 式が成立することを示せ. 導出の過程でマクスウェルの関係式を導く必要があるが, 必要な関係式のみ導くので良い.

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p$$

- (c) 単原子理想気体の状態 1 の平衡状態 (T_1, p_1, V_1) から状態 2 (T_2, p_2, V_2) の平衡状態への変化を考える. 両状態間の S の変化量 ΔS を (1) 両状態が同一体積のとき ($V_1 = V_2$ のとき), (2) 両状態が等温線上の 2 点のとき ($T_1 = T_2$ のとき), (3) 両状態が断熱線上の 2 点のときのそれぞれで求めよ.

【IV】 (物理化学)

問 1. 三次元極座標系 (r, θ, ϕ) と直交座標系 (x, y, z) の関係を図 1 に示す. 水素原子の電子の運動は, 原子核を原点とする極座標 (r, θ, ϕ) で考えれば良い. 水素原子の波動関数は, 量子数 (n, l, m) で指定される動径成分 $R_{n,l}$ と角度成分 Y_l^m の二つの波動関数に分けて表せる (表 1). 以下の問に答えよ. 必要であれば, 以下の積分公式を用いよ.

$$\int_0^{\infty} x^n \exp(-ax) dx = \frac{n!}{a^{n+1}}$$

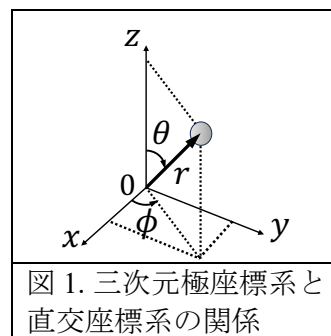


図 1. 三次元極座標系と直交座標系の関係

表 1. 水素原子の波動関数 (a_0 はボーア半径, $a_1 \sim g_1, a_2 \sim g_2$ は規格化定数)

動径成分	角度成分
$R_{1,0} = a_1 \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right)$	$Y_0^0 = a_2$
$R_{2,0} = b_1 \left(2 - \frac{r}{a_0}\right) \exp\left(-\frac{r}{2a_0}\right)$	$Y_1^0 = b_2 \cos \theta$
$R_{2,1} = c_1 \frac{r}{a_0} \exp\left(-\frac{r}{2a_0}\right)$	$Y_1^{\pm 1} = c_2 \sin \theta \exp(\pm i\phi)$
$R_{3,0} = d_1 \left(27 - 18\frac{r}{a_0} + 2\frac{r^2}{a_0^2}\right) \exp\left(-\frac{r}{3a_0}\right)$	$Y_2^0 = d_2 (3 \cos^2 \theta - 1)$
$R_{3,1} = f_1 \left(\frac{6r}{a_0} - \frac{r^2}{a_0^2}\right) \exp\left(-\frac{r}{3a_0}\right)$	$Y_2^{\pm 1} = f_2 \sin \theta \cos \theta \exp(\pm i\phi)$
$R_{3,2} = g_1 \left(\frac{r}{a_0}\right)^2 \exp\left(-\frac{r}{3a_0}\right)$	$Y_2^{\pm 2} = g_2 \sin^2 \theta \exp(\pm 2i\phi)$

- (a) 1s 軌道について, 電子は原子核から平均してどのくらい離れた距離に存在するか求めよ.
 (b) 2s 軌道の節面の位置 (原子核からの距離) を求めよ.
 (c) x および z を三次元極座標系 (r, θ, ϕ) の関数で表せ.
 (d) $3d_{xz}$ 軌道の波動関数の角度成分の式を求めよ.

問 2. 二硫化炭素 CS_2 は直線型 3 原子分子であり, その分子振動は CO_2 と同じように考えることができる. 液体 CS_2 の赤外吸収スペクトルでは $400, 1500 \text{ cm}^{-1}$ に, ラマンスペクトルでは 660 cm^{-1} にピークが観測される. 以下の問に答えよ.

- (a) CS_2 の基準振動は①対称伸縮振動, ②逆対称伸縮振動, ③変角振動の 4 つ (変角振動が 2 重縮重) である. 4 つの基準振動における原子の変位を図 2 にならい矢印 (\rightarrow) を用いてそれぞれ図示せよ.
 (b) $400, 660, 1500 \text{ cm}^{-1}$ のピークは①~③の基準振動のどれに由来するか, それぞれ記号で答えよ.
 (c) 400 cm^{-1} に観測される基準振動は波長何 μm の赤外光を吸収するか.

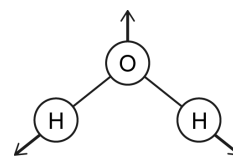


図 2. 原子の変位の様子

- (d) 波長 600 nm の光を励起光とした場合, 660 cm^{-1} の基準振動によるストークスラマン散乱光の波長は何 nm か. 整数値で答えよ.
 (e) 二酸化硫黄 SO_2 では CS_2 と異なり, 3 つのピークが赤外・ラマンスペクトルの両方で観測された. この実験事実から SO_2 の分子構造についてどのようなことがわかるか述べよ.

(次頁につづく)

【IV】（物理化学）

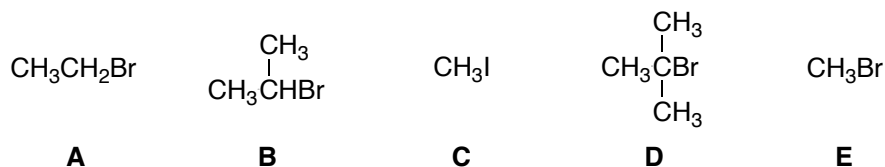
- (f) CS_2 の振動スペクトルには、上記の 3 つの波数に加えて、 $800, 2150 \text{ cm}^{-1}$ 付近にも弱いピークが観測される。これらのピークは振動の非調和性に起因する。2 原子分子の振動を例に、調和振動子と非調和振動子のポテンシャルエネルギー曲線とエネルギー準位をそれぞれ図示せよ。横軸に平衡位置からの変位をとり、両者の違いがわかるように描くこと（適宜説明を加えてよい）。

【V】(有機化学)

問1. 以下の問いに答えよ.

(a) 次の化合物 **A**~**E** を, S_N2 反応の反応性が高い順番に不等号を用いて並べよ.

(解答例: **A** > **B** > **C** > **D** > **E**)



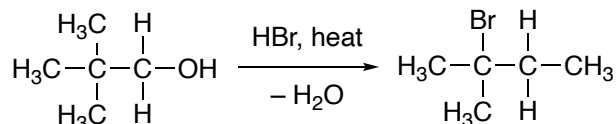
(b) $\text{CH}_3\text{OH}_2^{\oplus}$ および CH_3OH の pK_a 値をそれぞれ -2.2 および 15.5 として, 以下の状態 (i)~(iii) における pH をそれぞれ答えよ. (解答例: (i) 1.0, (ii) 7.0, (iii) 14.0)

(i) CH_3OH が 50% と $\text{CH}_3\text{O}^{\ominus}$ が 50% 共存する.

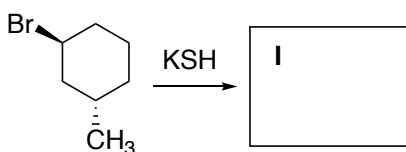
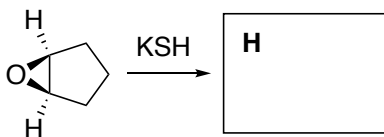
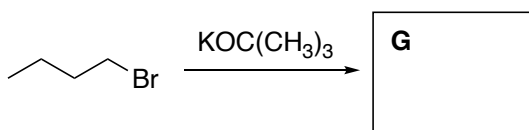
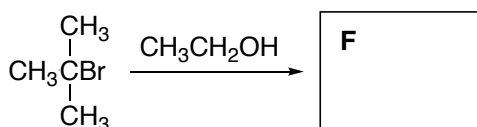
(ii) CH_3OH が 50% と $\text{CH}_3\text{OH}_2^{\oplus}$ が 50% 共存する.

(iii) メタノールが同量の $\text{CH}_3\text{OH}_2^{\oplus}$ と $\text{CH}_3\text{O}^{\ominus}$ を含む.

(c) 下記の反応の機構を, 電子の移動を示す曲がった矢印を用いて書け.



(d) 次の反応について, 主たる生成物 **F**~**I** の構造を記載せよ. **H**, **I** については立体化学が分かるように書け. いずれの反応においても適切な後処理を行なったものとする.



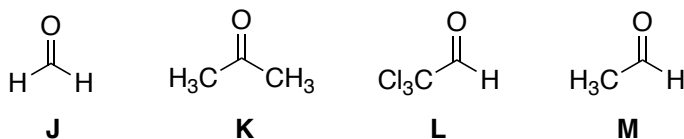
(e) (d)の生成物 **F**~**I** を与える反応について, どのような機構によって進行するか, **F**~**I** それぞれについて S_N1 , S_N2 , $E1$, $E2$ の中から選べ. (解答例: **F**: S_N1 , **G**: S_N2 , **H**: $E1$, **I**: $E2$)

(次頁につづく)

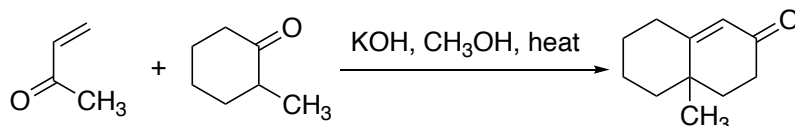
【V】（有機化学）

問2. 以下の問いに答えよ.

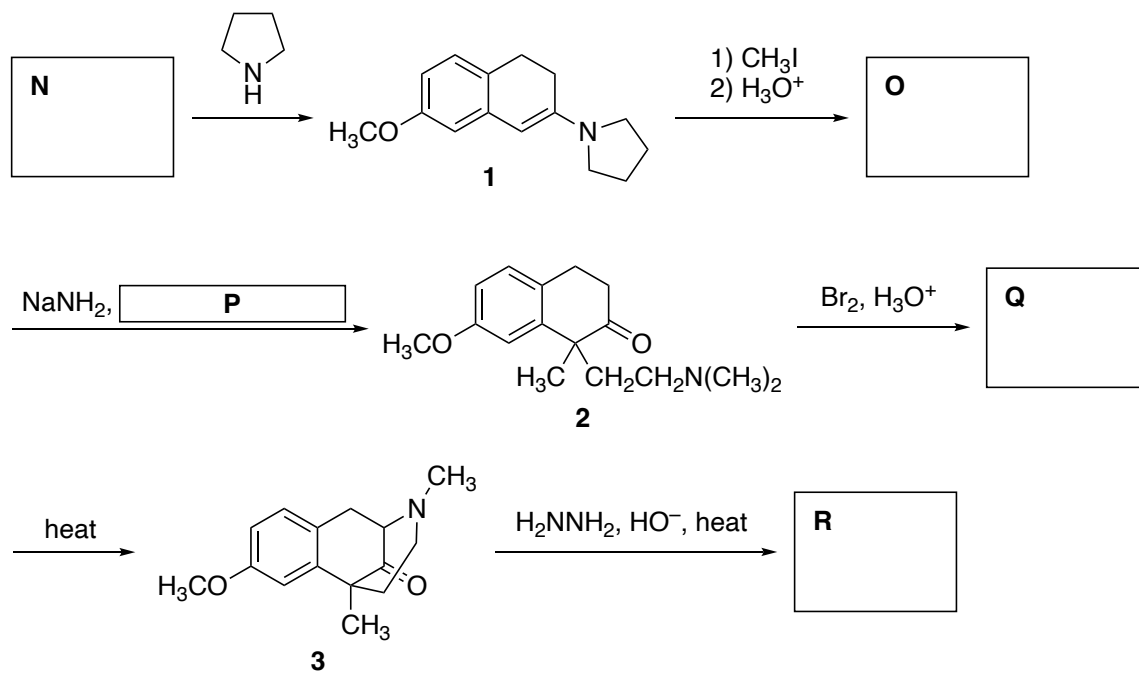
- (a) 次のカルボニル化合物 **J**~**M** に関して, 水和反応が起こりやすい順番に不等号を用いて並べよ. (解答例: **J**>**K**>**L**>**M**)



- (b) 下記の反応の機構を, 電子の移動を示す曲がった矢印を用いて書け.



問3. 次の多段階合成において, 以下の問いに答えよ. いずれの反応においても適切な後処理を行なったものとする.



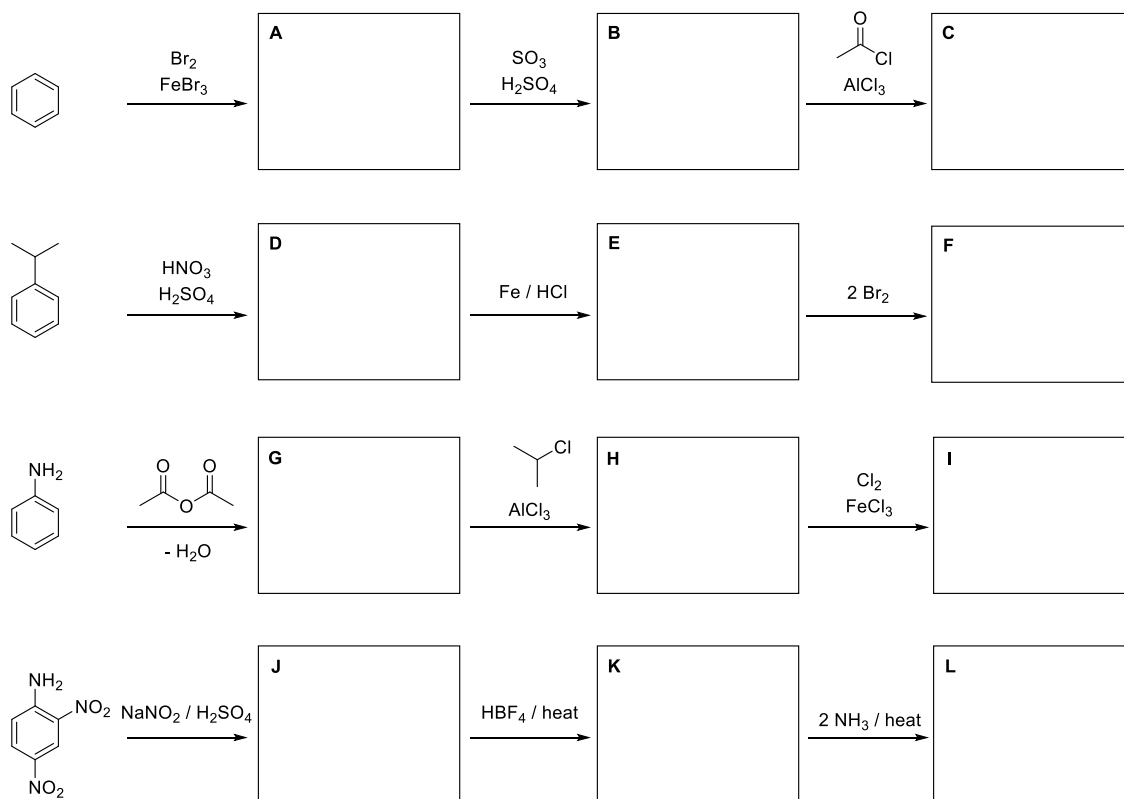
- (a) 出発物質 **N** と生成物 **O** の構造を記載せよ.
- (b) 生成物 **O** に対して, 塩基 NaNH_2 と反応剤 **P** を反応させると, 化合物 **2** が得られた. 反応剤 **P** の構造を記載せよ.
- (c) 生成物 **Q** と **R** の構造を記載せよ.
- (d) 生成物 **Q** を与える反応において, 酸触媒ではなく塩基触媒を用いると, 生成物 **Q** を選択的に得ることが困難になると予想される. その理由を簡潔に述べよ.

(次頁につづく)

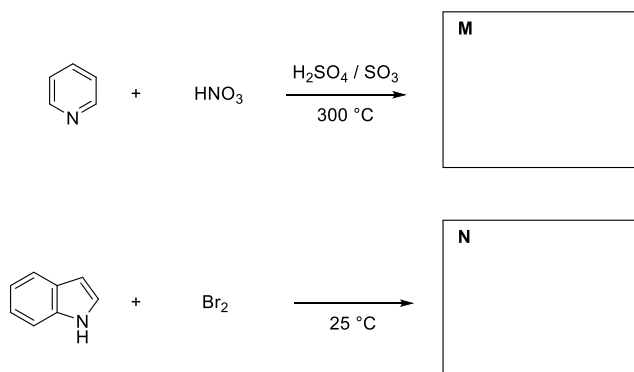
【V】(有機化学)

問4. 以下の問いに答えよ.

(a) 以下の反応式における主たる生成物 **A**~**L** の構造を示せ.

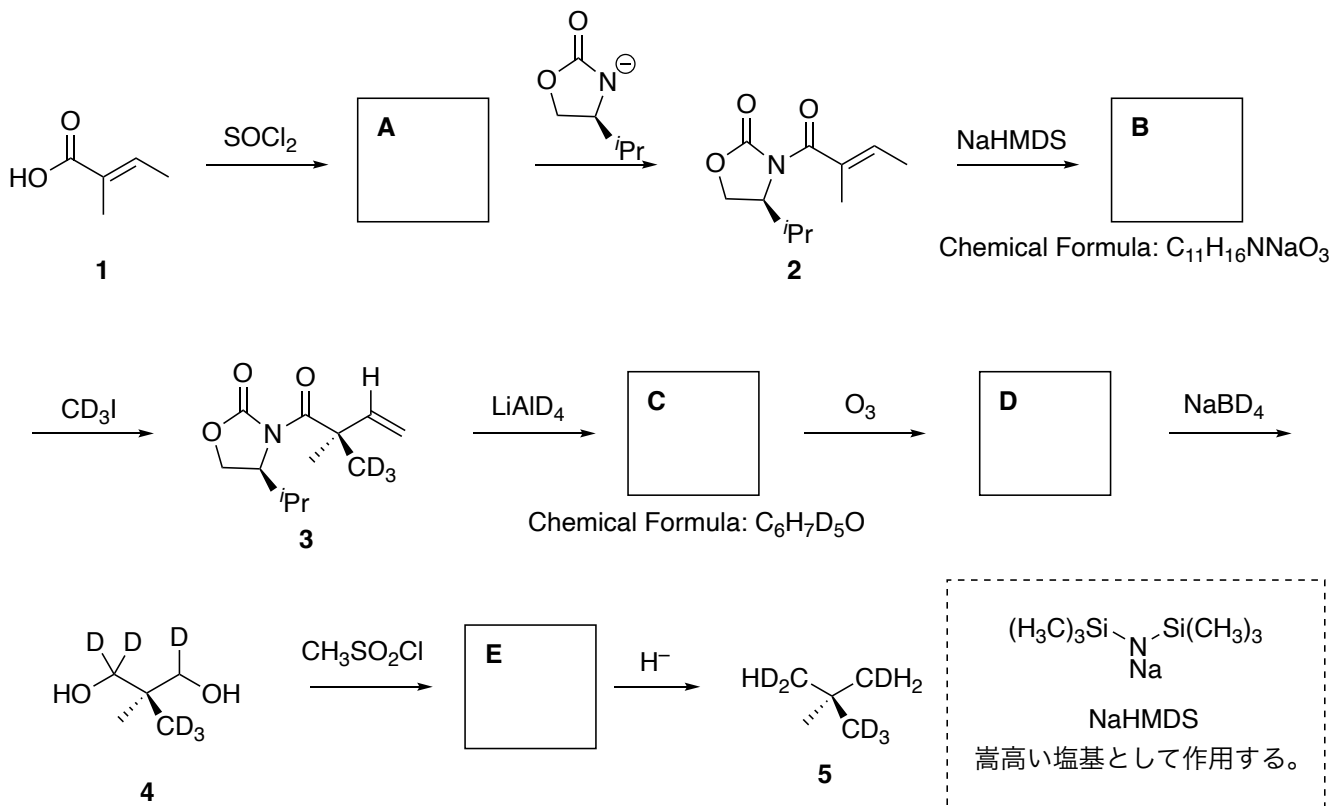


(b) 下に示した異なるふたつの反応により得られる主たる生成物 **M** と **N** の構造を記せ.



【VI】 (有機化学)

問1. 次に示すのはキラルネオペンタンの合成ルートである. 各段階では適切な後処理を行なったものとして良い.

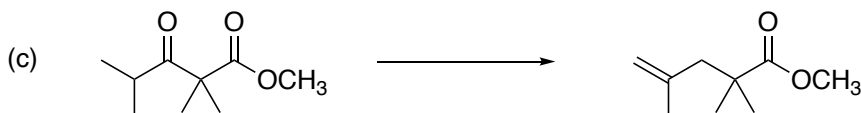
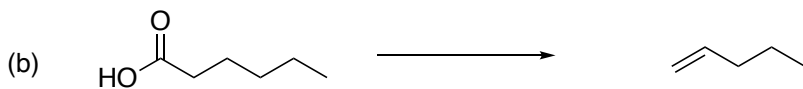
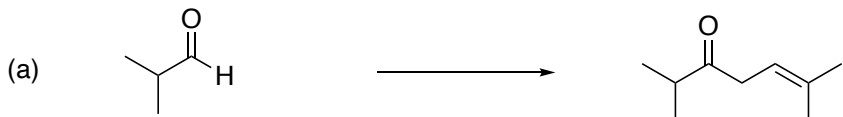


- 化合物 **1** から生じる生成物 **A** の構造を示せ.
- 化合物 **2** に対して, 嵩高い塩基 NaHMDS を作用させたところ, 反応剤 **B** が得られた. これに対して, CD₃I を作用させたところ, 化合物 **3** が得られたことから, 反応剤 **B** の構造を記載せよ. なおジアステレオマーは区別しなくて良い.
- アミド化合物 **3** から生じる化合物 **C** の構造を記載せよ.
- 化合物 **C** に対して, O₃ を作用させると中間体 **D** が生じる. 中間体 **D** の構造を記載せよ.
- 化合物 **4** から生じる化合物 **E** の構造を記載せよ.
- 化合物 **5** の不斉炭素の絶対配置を *R/S* 表記で書け.

(次頁につづく)

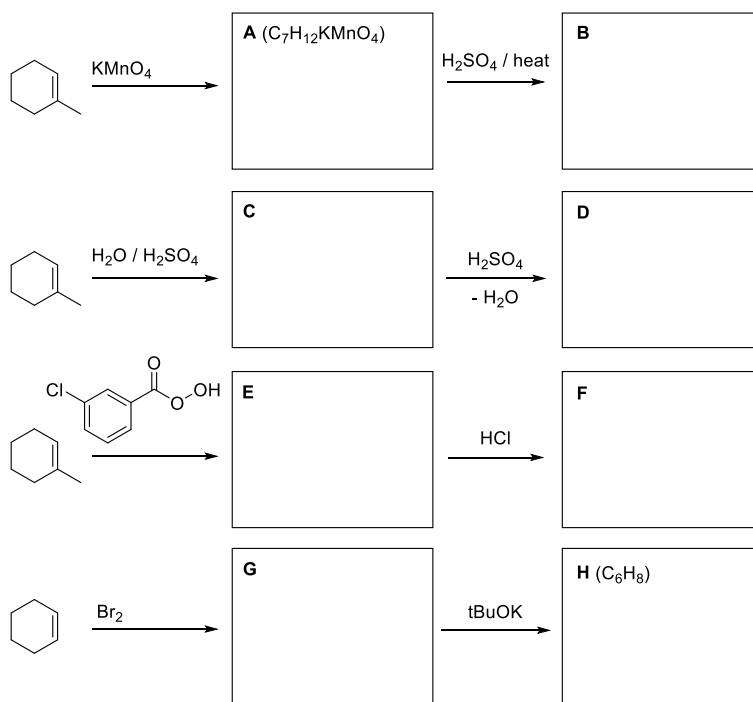
【VI】 (有機化学)

問2. 次の多段階変換を効率的に行う方法を答えよ. 反応式の形で記載し, 各段階での生成物も記載すること. 各段階では適切な後処理を行なったものとして良い.



問3. 以下の問いに答えよ.

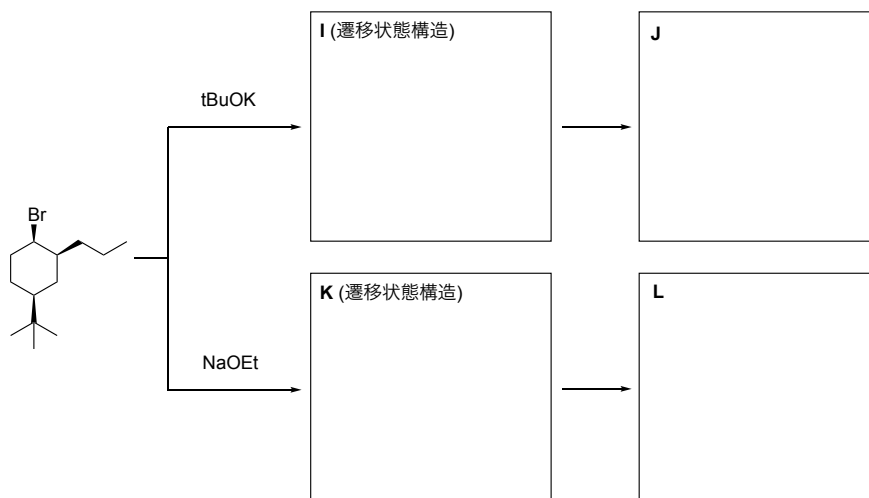
(a) 以下の反応式における主たる生成物 **A**~**H** の構造を記せ. ただし, 鏡像異性体は区別して示す必要はないが, 立体化学がわかるように示せ.



(次頁につづく)

【VI】 (有機化学)

- (b) 下に示した異なるふたつの反応により得られる主たる生成物 **J** と **L** の構造を記せ. 立体化学がわかるように示せ. さらに, 生成物 **J** および **L** を与える遷移状態 **I** と **K** について, イス型配座を用いて構造を記せ.



化学専攻 2026 年度二次 専門科目 出題意図

【I】

- [1] 分子軌道についての基礎的知識を問うた。
- [2] 原子の電子配置と多重項に関する基礎的な理解を問うた。
- [3] 金属錯体の d 軌道に関する基礎的な知識を問うた。

【II】

- [1] 典型元素の周期表での位置に関する知識、そこから予想される化合物の構造について問うた。併せて isoelectronic 等の化学用語の理解の確認も試みた。
- [2] 代表的なイオン結晶の結晶構造に関する基礎的な理解を問うた。
- [3] 金属錯体の構造と d 軌道のエネルギー準位に関する基礎的な理解を問うた。

【III】

- 問 1. 反応速度論の問題として、与えられた反応機構から式を組み立て、反応次数、全反応速度を求められるかを問うた。
- 問 2. X 線散乱や回折の基礎、結晶と回折現象との関連が理解できているかを判断するために問うた。
- 問 3. 化学熱力学の基礎的な概念、熱力学量の定義、基礎的な計算法が理解できているかを判断するために問うた。

【IV】

- 問 1. 水素原子の波動関数の理解を問うた。
- 問 2. 三原子分子の振動に関する基礎的な理解を問うた。

【V】

基礎的な有機化学における分子の構造や反応性に関する理解を問うた。

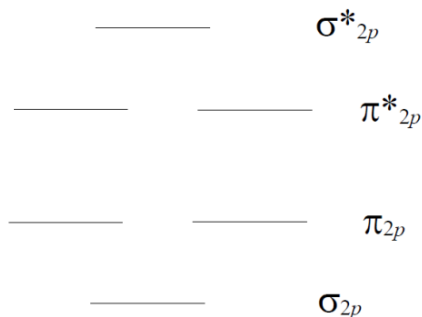
【VI】

基礎的な有機化学における分子の構造や反応性に関する理解を問うた。

【I】

[1]

O₂ の分子軌道は下の様に見える (s*_{2p} 以下の軌道は省略)。



O₂⁺ の場合、此処に下から順に 7 個の電子が入る。故に結合次数は 2.5、不対電子の数は 1 となる。O₂⁻、O₂²⁻ の場合は夫々 9 個、10 個の電子が入り、その結果結合次数は 1.5、1 となる。これらの結合次数の変化は問題に書かれた結合長の変化の傾向と一致する

[2]

CaF₂

TiO₂

(a) ccp

(a) hcp

(b) Ca²⁺

(b) O²⁻

(c) 四面体型空孔

(c) 八面体型空孔

(d) 8

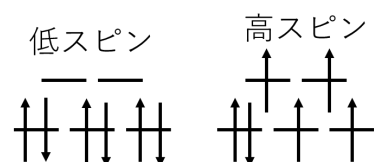
(d) 6

(e) 4

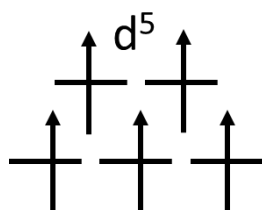
(e) 3

[3]

(a)



(b)



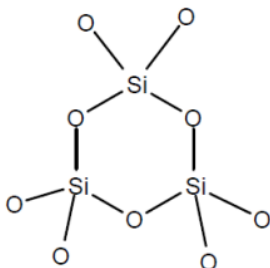
化学専攻 2026 年度二次 専門科目 解答例

高スピンの Fe^{3+} の錯体は図のような d 電子の配置を持つ。そのため、d-d 遷移にはスピンの反転が必要となり、スピン禁制遷移となるために、吸収強度が極端に弱くなる。

【II】

[1]

(a)



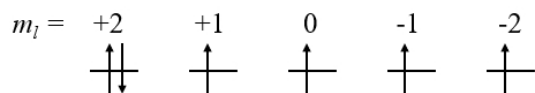
(b) $\text{P}_3\text{O}_9^{3-}$

(c) S_3O_9

[2]

(a) $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^6(3d)^6$

(b)



上図の電子配置より、

(1) $S = (1/2) \times 5 + (-1/2) \times 1 = 2$

(2) $2S + 1 = 5$ よりスピン多重度は 5

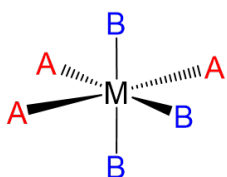
(3) $L = 2 + 1 + 0 - 1 - 2 + 2 = 2$

(4) $2L + 1 = 5$ より軌道縮重度は 5

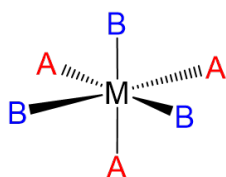
(5) $(2S + 1)(2L + 1) = 25$ より全縮重度は 25

[3]

(a)

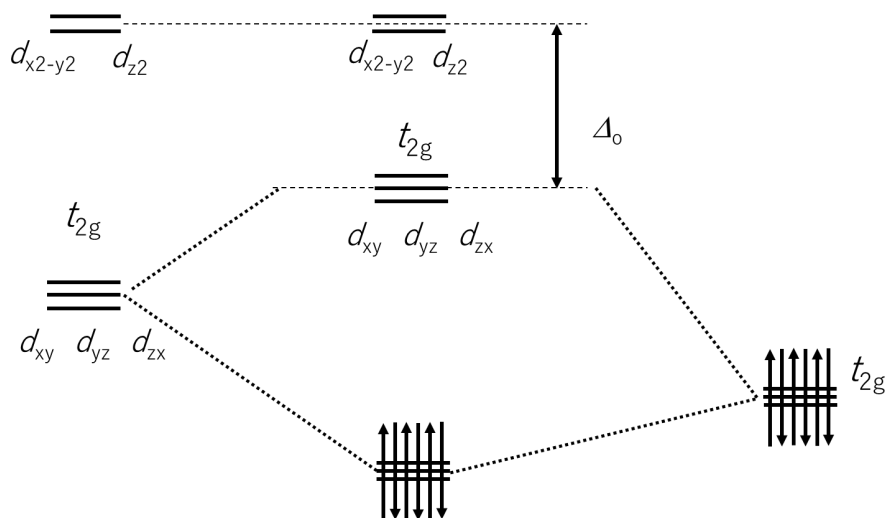


メリディオナル
mer



フェイシャル
fac

(b)



Cl^- の p 軌道と相互作用することにより、図に示す通り金属由来の d 軌道の内、 t_{2g} のエネルギー準位が高くなる。その結果、結晶場分裂パラメータ Δ_0 が小さくなる。

【III】

問 1.

(a) $-\frac{d[\text{Cl}_2]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d[\text{HCl}]}{dt}$

(b) $\frac{d[\text{Cl}]}{dt} = 2k_1[\text{Cl}_2][\text{M}] - k_2[\text{Cl}][\text{H}_2] + k_3[\text{H}][\text{Cl}_2] - 2k_4[\text{Cl}]^2[\text{M}]$

(c) $\frac{d[\text{H}]}{dt} = k_2[\text{Cl}][\text{H}_2] - k_3[\text{H}][\text{Cl}_2]$

(d) $\frac{d[\text{HCl}]}{dt} = 2k_2 \left(\frac{k_1}{k_4}\right)^{\frac{1}{2}} [\text{H}_2][\text{Cl}_2]^{\frac{1}{2}}$

(e) 1.5

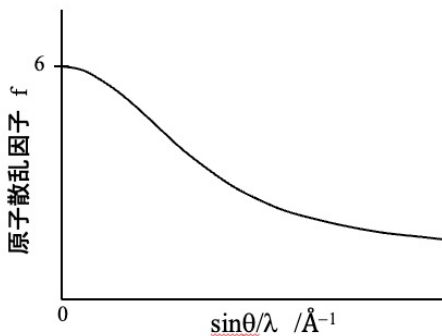
問 2.

(a) $2d \sin \theta = n\lambda$

(b) $F(hkl)$: 結晶構造因子

f_j : (j 番目の原子の) 原子散乱因子

(c)



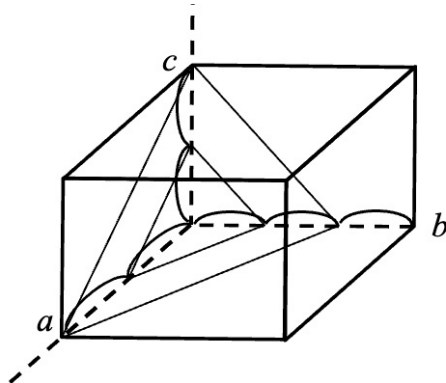
波長に依存しない

(d) $F(hkl) \propto \sqrt{I(hkl)}$

(e) CsCl 結晶 : 単純立方格子, Cs イオン : (0.5,0.5,0.5), Cl イオン : (0,0,0)

NaCl 結晶 : 面心立方格子, Na イオン : (0,0,0.5), (0,0.5,0), (0.5,0,0), (0.5,0.5,0.5), Cl イオン : (0,0,0), (0,0.5,0.5), (0.5,0.5,0), (0.5,0,0.5)

(f)



a 軸を $1/2$, b 軸を $1/3$, c 軸を $1/2$ に切る面と原点との間の距離を面間隔とする平行な面の集合.

化学専攻 2026 年度二次 専門科目 解答例

(hkl)面： a 軸を $1/h$, b 軸を $1/k$, c 軸を $1/l$ に切る面と原点との間の距離を面間隔とする平行な面の集合. 軸と交わらない場合は, $1/\infty$ と考え指数は0とする

(g) $d = 5.6/4 = 1.4 \text{ \AA}$

多重度 6

$400, -400, 040, 0-40, 004, 00-4$

問3.

(a) 第一法則の微分形： $dU = \delta q + \delta w$, エントロピーの定義式： $dS = \frac{\delta q_{rev}}{T}$

以上の2式より $dU = TdS - pdV$

G の定義式： $G = H - TS$, 全微分： $dG = Vdp - SdT$

A の定義式： $A = U - TS$, 全微分： $dA = -pdV - SdT$

H の定義式： $H = U + pV$, 全微分： $dH = TdS + Vdp$

(b) $dH = TdS + Vdp$ より T 一定で $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T + V$ (1)

$dG = Vdp - SdT$ より $\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V, \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S$

$$\left[\frac{\partial\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T}{\partial T}\right]_p = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p, \left[\frac{\partial\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p}{\partial p}\right]_T = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T$$

二階の微分は順番に依らないので

$-\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ これを(1)に代入して $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$

$dU = TdS - pdV$ より T 一定で $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T - p$ (2)

$dA = -pdV - SdT$ より $\left(\frac{\partial A}{\partial V}\right)_T = -p, \left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_V = -S$

二階微分をとり整理すると, 同様に

$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ これを(2)に代入して $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p$

(c) $pV = nRT, U = \frac{3}{2}nRT$ より $\frac{3}{2}nRdT = TdS - \frac{nRT}{V}dV$

$dS = \frac{3}{2}nR\frac{dT}{T} + nR\frac{dV}{V}$

積分して $\Delta S = nR\left[\frac{3}{2}\ln\frac{T_2}{T_1} + \ln\frac{V_2}{V_1}\right]$

(1) 両状態が同一体積のとき $\Delta S = \frac{3}{2}nR\ln\frac{T_2}{T_1}$

(2) 両状態が等温線上の2点のとき $\Delta S = nR\ln\frac{V_2}{V_1}$

(3) 両状態が断熱線上の2点のとき $dS = \frac{\delta q_{rev}}{T}$ なので $\Delta S = 0$

もしくは, ポアソンの関係 $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{V_1}{V_2}$ が成り立つので $\Delta S = nR\left[\frac{3}{2}\ln\frac{T_2}{T_1} + \ln\frac{V_2}{V_1}\right]$ より $\Delta S = 0$

【IV】

問 1.

(a) $\langle r \rangle = (3/2)a_0$

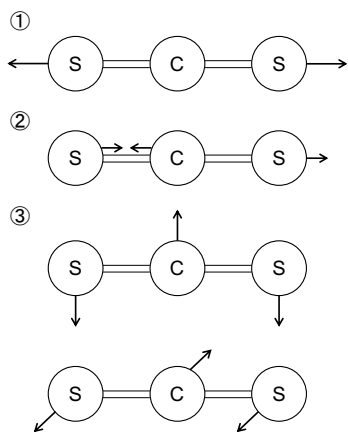
(b) $r = 2a_0$

(c) $x = r \sin \theta \cos \phi, z = r \cos \theta$

(d) $\sqrt{\frac{15}{16\pi}} \sin 2\theta \cos \phi$ あるいは $\sqrt{\frac{15}{4\pi}} \sin \theta \cos \theta \cos \phi, \sqrt{\frac{15}{4\pi}} \frac{zx}{r^2}$ など

問 2.

(a)



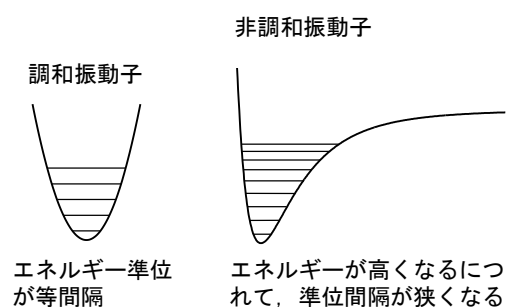
(b) $400 \text{ cm}^{-1} : \textcircled{3}$ $660 \text{ cm}^{-1} : \textcircled{1}$ $1500 \text{ cm}^{-1} : \textcircled{2}$

(c) $25 \mu\text{m}$

(d) 625 nm

(e) 赤外・ラマンスペクトルの交互禁制律が成り立っていないので、 SO_2 は対称中心を持たない、すなわち対称的な直線構造ではないことがわかる。

(f)



【V】

問 1.

(a) $C > E > A > B > D$

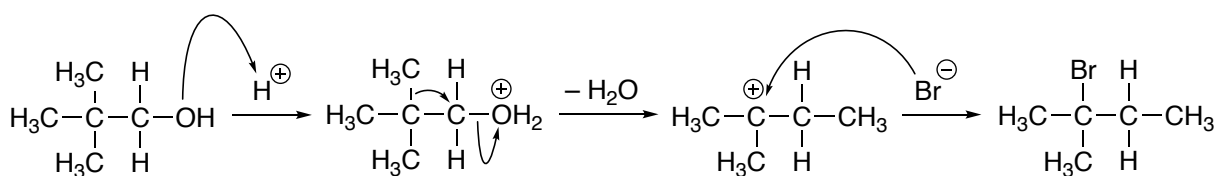
(b)

(i) 15.5

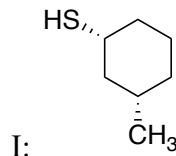
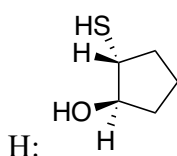
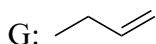
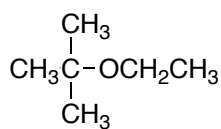
(ii) -2.2

(iii) 6.7

(c)



(d) F:



(e) F: S_N1 , G: $E2$, H: S_N2 , I: S_N2

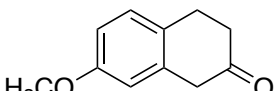
問 2.

(a) $L > J > M > K$

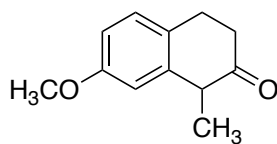
(b) 省略

問 3.

(a) N:

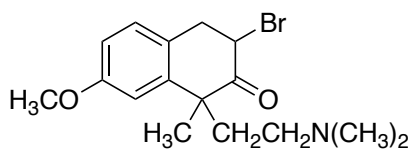


O:

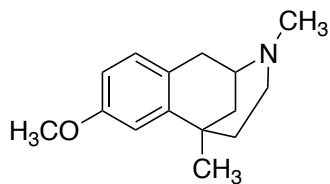


(b) P: $(CH_3)_2NCH_2CH_2Cl$

(c) Q:



R:



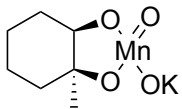
(d) 省略

化学専攻 2026 年度二次 専門科目 解答例

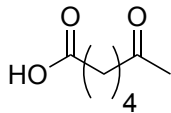
問 4.

(a)

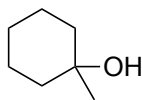
A



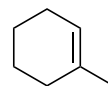
B



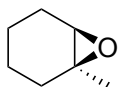
C



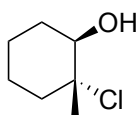
D



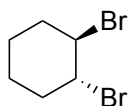
E



F



G

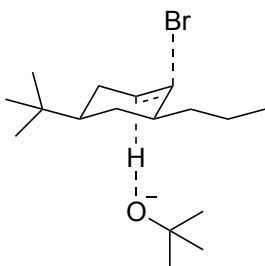


H

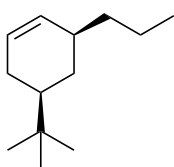


(b)

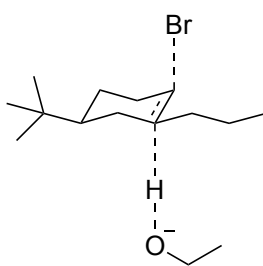
I



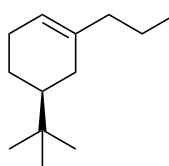
J



K



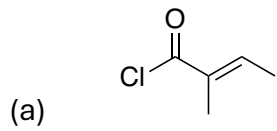
L



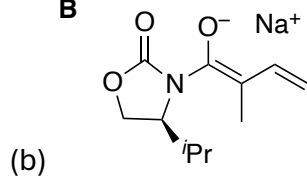
【VI】

問 1.

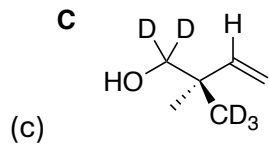
A



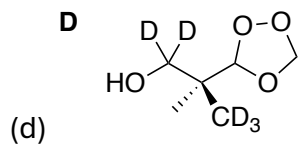
B



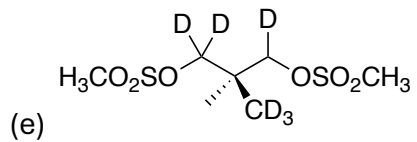
C



D



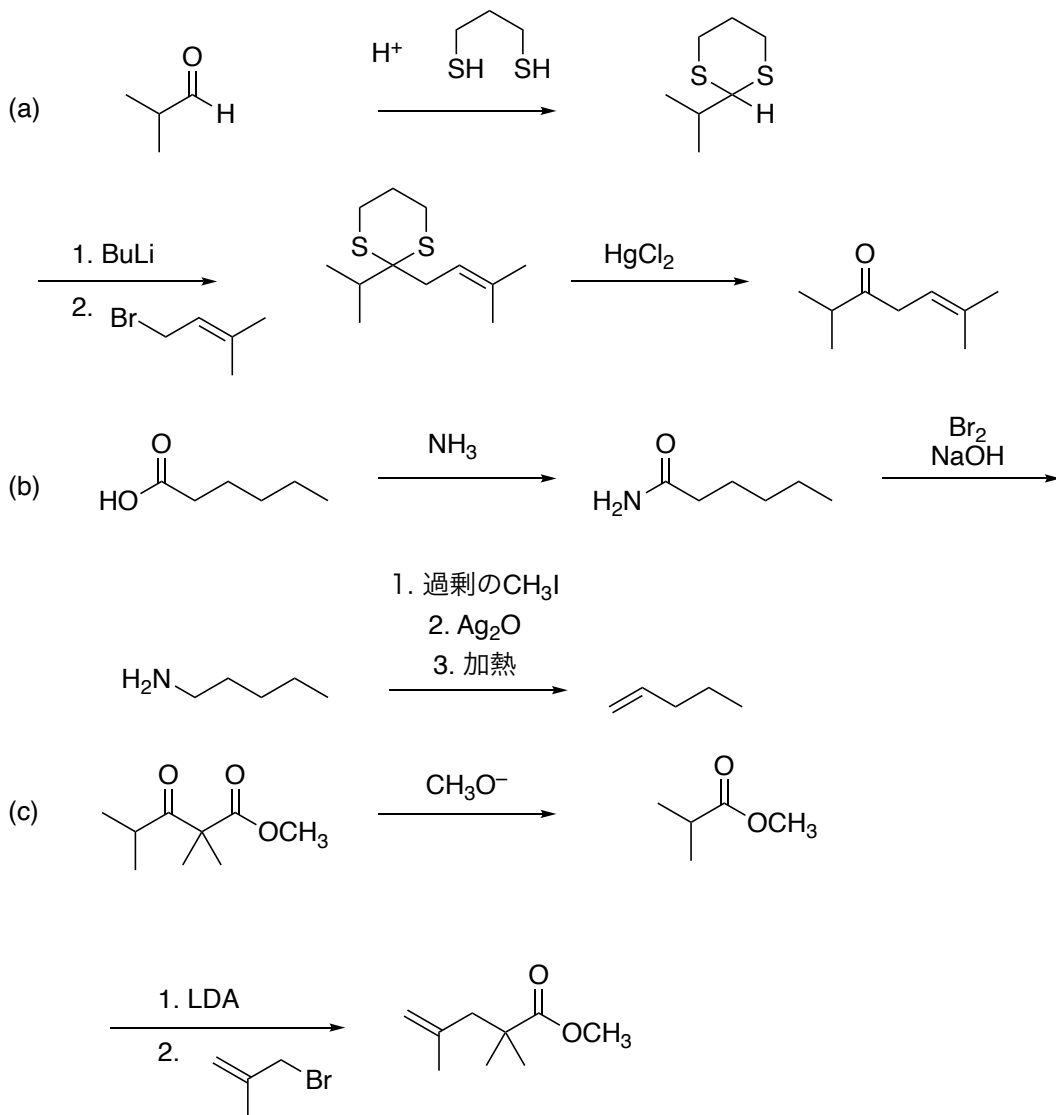
E



(f) R 体

化学専攻 2026 年度二次 専門科目 解答例

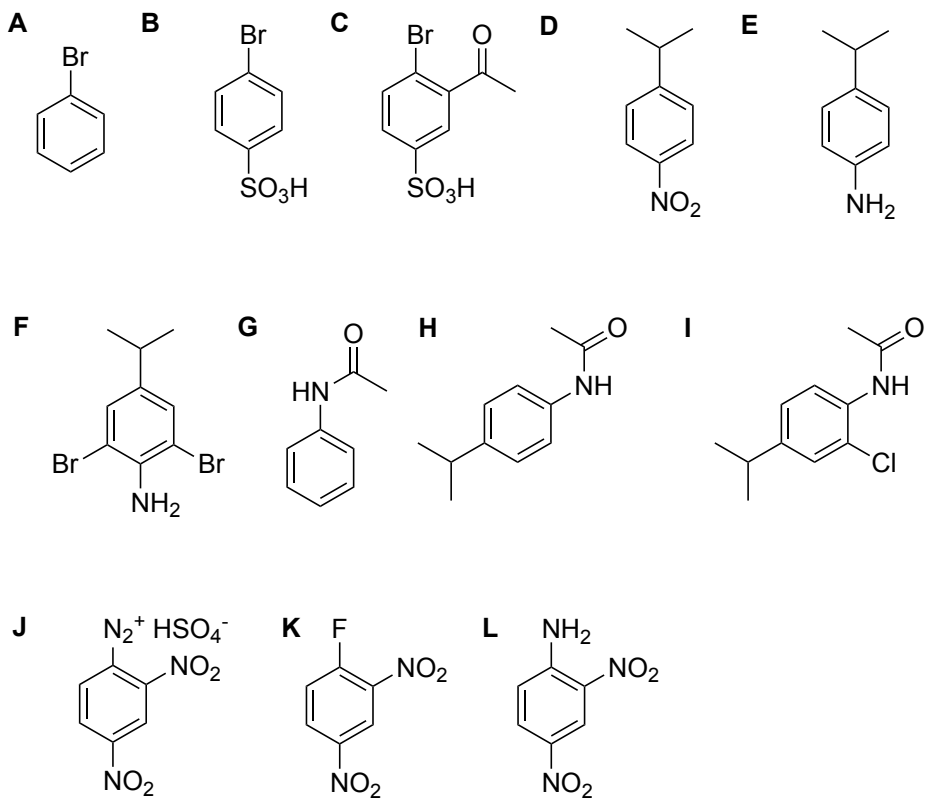
問 2.



化学専攻 2026 年度二次 専門科目 解答例

問 3.

(a)



(b)

