

関西学院大学大学院理工学研究科

2025 年度入学試験

(二次：2025 年 2 月 27 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. 試験の途中退出は認めない。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] What are *ortho* and *para* hydrogens? Explain. How do they differ?

[2] 電子配置が $1s^2 2s^2 2p^3$ で表される電氣的に中性な原子がある．これについて，以下の各問いに答えよ．

(a) 元素名を答えよ．

(b) この電子配置において，電子の入り方は何通りあるか．

(c) 基底状態における多重項を求めよ．ただしスピン-軌道相互作用による分裂は考えなくて良い．

(d) 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，を答えよ．

[3] 金属錯体の光吸収に関する以下の問いに答えよ．

(a) MLCT 遷移と LMCT 遷移はどのような軌道間の電子の移動に対応する光吸収か説明せよ．必要に応じて図を描いてもよい．

(b) ラポルテ選択律はどのような選択律か説明せよ．また，正八面体型 6 配位錯体ではこの選択律がどのように影響するか説明せよ．

【II】（無機化学）

[1] Write out all the operations generated by S_5 and S_8 axes, and express each one in conventional notation.

[2] 金属錯体の反応性に関する以下の問いに答えよ。

(a) キレート効果とはどのようなものか説明せよ。また、キレート効果を示す配位子の例を挙げて構造式を描け。

(b) アーヴィング・ウィリアムス系列とはどのような序列か説明せよ。また、この序列では Cu^{II} が例外的なふるまいをすることが知られている。この理由を説明せよ。

[3] (1) NaCl , (2) ZnS (閃亜鉛鉱), (3) ZnS (ウルツ鉱)の結晶構造を比較し、以下の各問に答えよ。

(a) 陰イオンが ccp 配列をとっているものを全て選び番号で答えよ。

(b) 陽イオンが八面体型間隙に入っているものを全て選び番号で答えよ。

(c) 陽イオンの配位数が4であるものを全て選び番号で答えよ。

(d) 陰イオンの配位数が6であるものを全て選び番号で答えよ。

(e) 陽イオンの価数が2であるものを全て選び番号で答えよ。

【III】 (物理化学)

問 1. 体積 V の容器に分子量 m の気体分子 A が入っており、圧力 p を示している. この分子は理想気体としてふるまうとする. A 同士が衝突すると、その衝突エネルギーから B が生成する. この反応速度を衝突運動から考えたい. A 同士の衝突断面積を σ とする. 相対運動の速さ v のマクスウェル・ボルツマン分布は次式で表せる.

$$F(v) = 4\pi \left(\frac{\mu}{2\pi k_B T} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 \exp \left(-\frac{\mu v^2}{2k_B T} \right)$$

μ は換算質量, k_B はボルツマン定数である. 以下の問いに答えよ. 計算に必要であれば, 以下の積分公式を用いよ.

$$\int_0^\infty x^2 \exp(-ax^2) dx = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\pi}{a^3}}, \quad \int_0^\infty x^3 \exp(-ax^2) dx = \frac{1}{2a^2}$$

- (a) 相対運動の速さの平均を求めよ.
- (b) 2 個の分子 A の換算質量 μ を分子量 m の関数として表せ.
- (c) この容器内の分子 A の数密度を求めよ.
- (d) 分子 A がある分子 A に衝突してから、次に別の分子 A に衝突するまでに進む距離を求めよ.
- (e) 単位時間・単位体積あたりの分子 A の衝突頻度を求めよ.
- (f) 衝突頻度だけでは反応速度を説明できない. 反応速度を説明するためには他に何を考慮すべきなのか考えを述べよ.

問 2. 以下の問いに答えよ. ただし, 内部エネルギー U , 温度 T , 体積 V , 圧力 p , 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 とする.

- (a) 熱力学の第一法則の積分形と微分形を示せ. ただし, 系が外界からなされる仕事を w , 系に外界から流入する熱量を q , 系の内部エネルギーを U とする.
- (b) 熱力学の第一法則の意味を簡潔に文章で説明せよ.
- (c) 熱力学の第二法則には, クラウジウスの冷却器および第二種永久機関を用いた表現がある. クラウジウスの冷却器と第二種永久機関とは何かを示した上で, 第二法則の定義の二つの表現を書け.
- (d) 熱力学の第二法則はクラウジウスの等式, 不等式でも表される. 両式を示せ.
- (e) (a)で示した式と, (d)で示した等式を結合させた, ランダウの恒等式 (熱力学的恒等式) を示せ.
- (f) 以下の空欄に入る適切な状態量の名称を記入せよ. ただし, その状態量の対象が何かわかるように, 「系の」, 「外界の」, 「全体の (系+外界の意味)」を付けよ (例えば, 「外界の温度」, 「全体のポテンシャルエネルギー」など).

定温定圧条件下で, ある状態の変化は エ (あ) が増加する方向に進行する. また, イ (い) が減少する方向に進行する.

- (g) 定温定圧条件下で, 下線部「ア」と下線部「イ」が等価になることを説明せよ.
- (h) 定温定圧条件下で, ある化学反応を考える. その反応が平衡状態にあるか否かの判断を, その状態からの仮想微小変位に対するギブスエネルギーの変化量の符号から説明せよ.

(次頁につづく)

【III】（物理化学）

- (i) ギブスエネルギー，ヘルムホルツエネルギーについて考える．両エネルギーの定義式を内部エネルギー，温度，エントロピーを用いて示せ．
- (j) (i)で示した定義式より以下の二式が成り立つことを示せ．

$$\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p, \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$$

- (k) 以下の式が成り立つことを示せ．

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

【IV】(物理化学)

問 1. 1 次元 (x 軸) で運動する質量 m の粒子を考える. ポテンシャルエネルギー $U(x)$ は

$$U(x) = \begin{cases} 0 & (0 \leq x \leq L) \\ \infty & (x < 0, x > L) \end{cases}$$

とする ($L > 0$). 以下の問いに答えよ.

- (a) $0 \leq x \leq L$ でのシュレーディンガー方程式を書け.
- (b) (a) で書いたシュレーディンガー方程式から波動関数と固有エネルギーを求めよ. 量子数は n とせよ.
- (c) 最低エネルギーから 4 番目のエネルギーまでのエネルギー準位図を描け.
- (d) 最低エネルギーから 4 番目のエネルギーまでの粒子の存在確率を図示せよ. 横軸を x , 縦軸を粒子の存在確率とせよ.
- (e) 1,3-ブタジエン C_4H_6 の光吸収を 1 次元ポテンシャルモデルで考える. 1,3-ブタジエンは 4 個の π 電子を持つ. 炭素骨格を一次元の鎖とみなし, その長さを L とする. 基底状態および最低励起状態の π 電子のエネルギーの取り方 (電子配置) をそれぞれ描け.
- (f) 1,3-ブタジエンにおいて, 基底状態から最低励起状態に光遷移させるのに必要な光エネルギーの式を求めよ.

問 2. 等核二原子分子 X_2 の振動を調和振動子近似のもとで考える. この系の換算質量を μ , 振動の力の定数を k , プランク定数を h として, 以下の問いに答えよ.

- (a) 振動のハミルトニアンを, 平衡核間距離からの変位 x , および μ, k, h を用いて表せ.
- (b) 固有振動数 ν_0 を μ, k を用いて表せ.
- (c) 振動の固有エネルギー E_v ($v = 0, 1, 2, \dots$) を h, ν_0, v を用いて表せ.
- (d) $v = 3$ のときの波動関数は, 規格化定数を除いて

$$\psi_3(x) \propto [8(\alpha x)^3 - 12(\alpha x)] \exp\left(-\frac{\alpha^2 x^2}{2}\right)$$

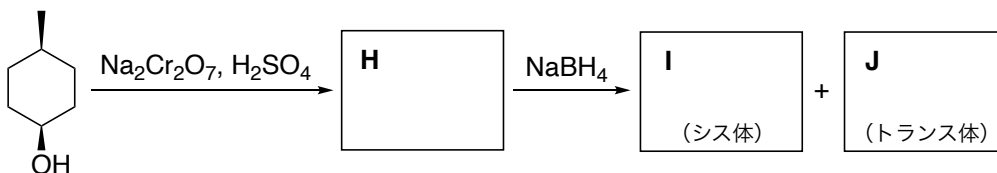
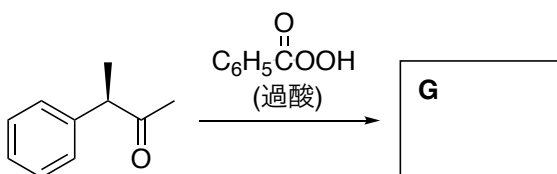
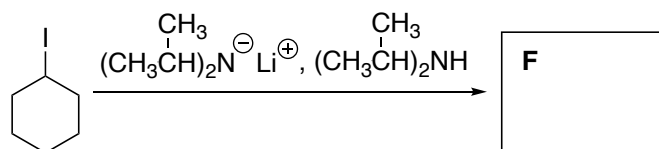
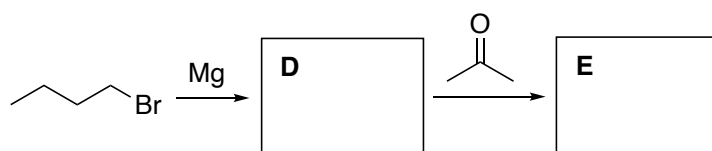
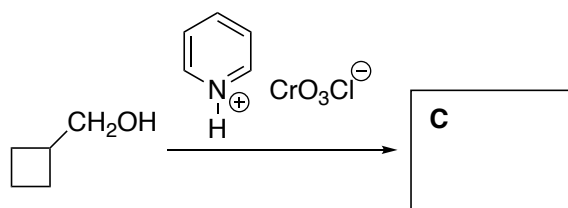
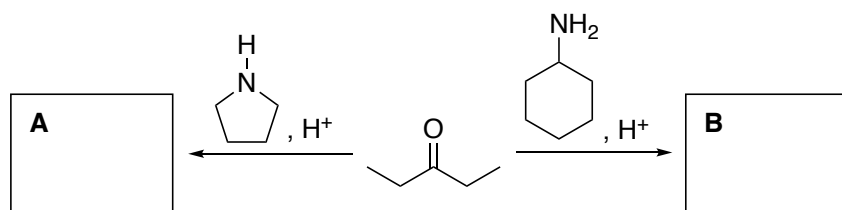
と表される. ここで $\alpha = (4\pi^2 \mu k / h^2)^{1/4}$ である. $\psi_3(x)$ の節の位置を求め, α を用いて表せ. それをもとに, $\psi_3(x)$ の概形を描け.

- (e) X_2 の基本音 ($v = 0 \rightarrow 1$ の遷移) は赤外不活性である. その理由を述べよ.
- (f) X_2 の基本音はラマン活性か, それとも不活性か. 理由とともに答えよ.

【V】（有機化学）

問 1. 以下の問いに答えよ.

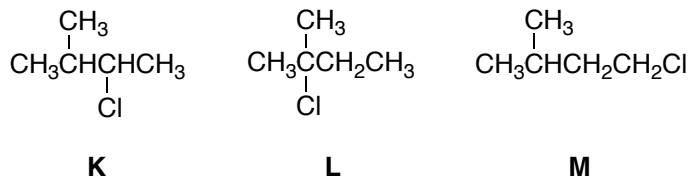
- (a) 次の反応について，主たる生成物 **A**～**J** の化学構造を書け．**G**～**J** については立体化学が分かるように書け．なお，**I** と **J** は互いに立体異性体の関係にある．いずれの反応においても適切な後処理を行なったものとする．



（次頁につづく）

【V】（有機化学）

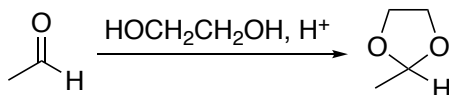
- (b) 次の化合物 **K**～**M** に関して、S_N1 反応に対する反応性が高い順番に不等号を用いて並べよ.
(例 : **K** > **L** > **M**)



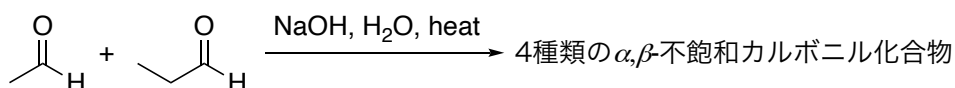
- (c) (b)に関して、S_N1 反応に用いる溶媒を非プロトン性溶媒からプロトン性溶媒に変えると、反応速度にはどのように影響するか答えよ. また、その理由を「遷移状態」という言葉を用いて簡潔に説明せよ.

問 2. 以下の問いに答えよ.

- (a) 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.



- (b) (a)の生成物である環状アセタールは、多くの求核剤の攻撃を受けない一方で、酸性水溶液を加えると容易に加水分解される. このような性質が有機化学において有用である理由を簡潔に説明せよ.
- (c) 下記のような、アセトアルデヒドとプロパナールの 1:1 混合物を出発物とした交差アルドール縮合では、4 種類の α,β -不飽和カルボニル化合物が生成し得る. それらの化学構造を書け. ただし、立体異性体は考慮しないものとする.



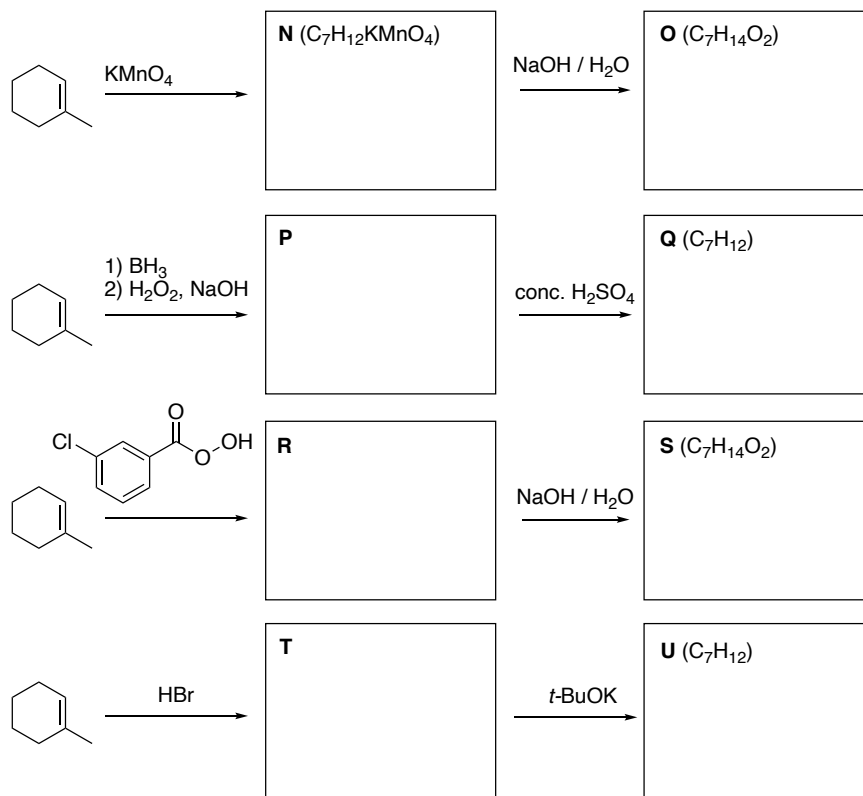
- (d) 交差アルドール縮合において、ある縮合生成物を選択的に得るためにはどのような工夫が必要か. 「反応に用いるアルデヒドの化学構造」と「実験操作」の二つの観点から説明せよ. ただし、反応における立体選択性は考慮しなくてもよい.

(次頁につづく)

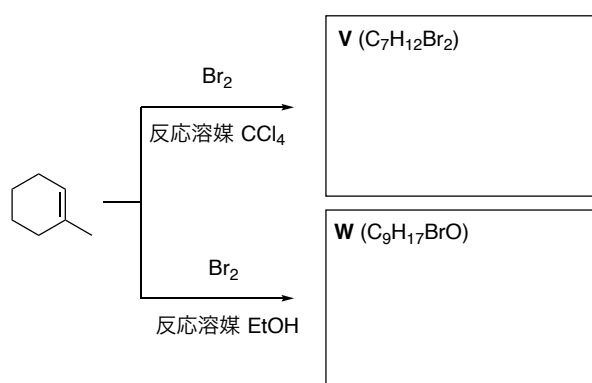
【V】（有機化学）

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 **N**～**U** の構造式を記せ. 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.



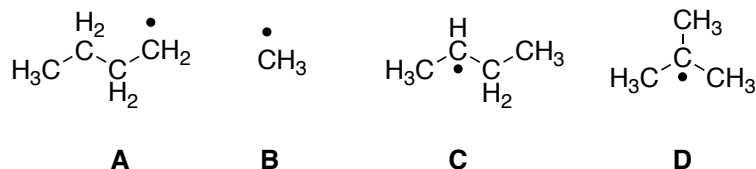
- (b) 下に示した異なるふたつの反応により得られる生成物 **V** と **W** をそれぞれ示せ. ふたつの反応に関して, 生成物が得られる反応機構を電子の流れを示す矢印を用いてそれぞれ示せ.



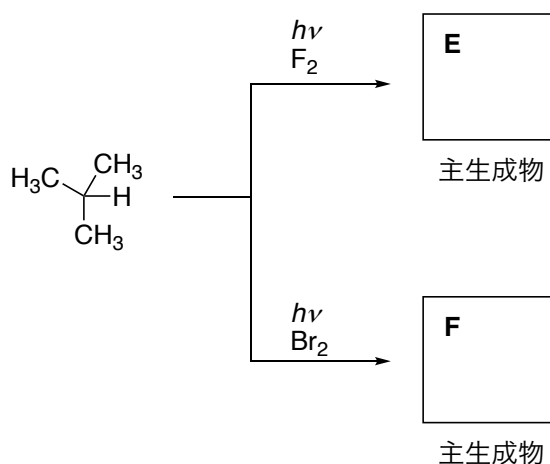
【VI】（有機化学）

問 1. 以下の問いに答えよ.

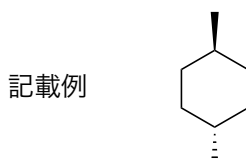
- (a) 次にあげるラジカル中間体から安定性が最も高いものと低いものをそれぞれ選び，化合物を示す記号 **A~D** を使って示せ.



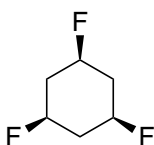
- (b) 2-メチルプロパンのラジカル的モノハロゲン化によって得られる主生成物 **E** ならびに **F** を答えよ. もし反応がほとんど進行せず，2-メチルプロパンが回収される場合には，主生成物として2-メチルプロパンを記載すること.



- (c) 下に示す記載例に従って，1,2-ジメチルシクロヘキサンを過不足なく書け. 鏡像異性体がある場合には，それらを含めて全て記載すること.



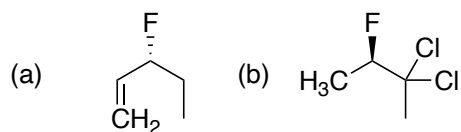
- (d) 下の置換シクロヘキサンを最も安定な椅子型の立体配座で書け.



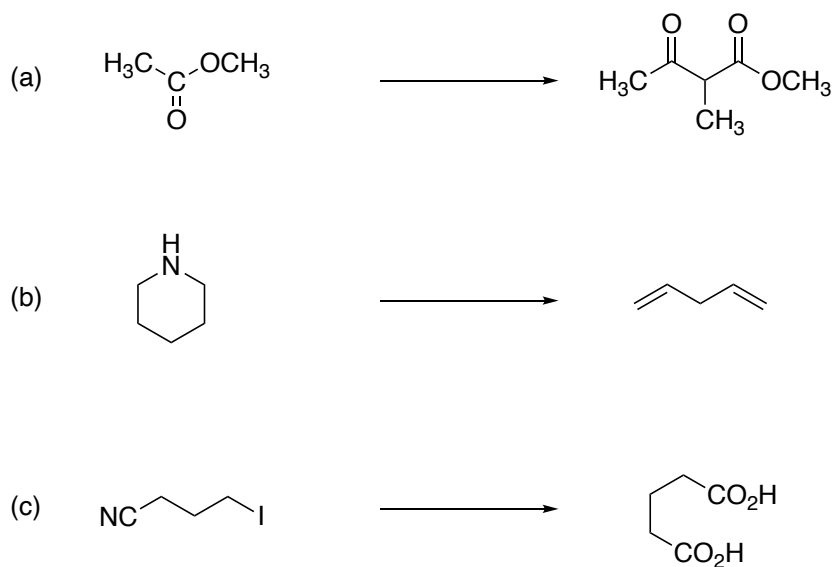
(次頁につづく)

【VI】（有機化学）

(e) 次の分子について，それぞれの不斉炭素の絶対配置を R/S 表記で書け．



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．

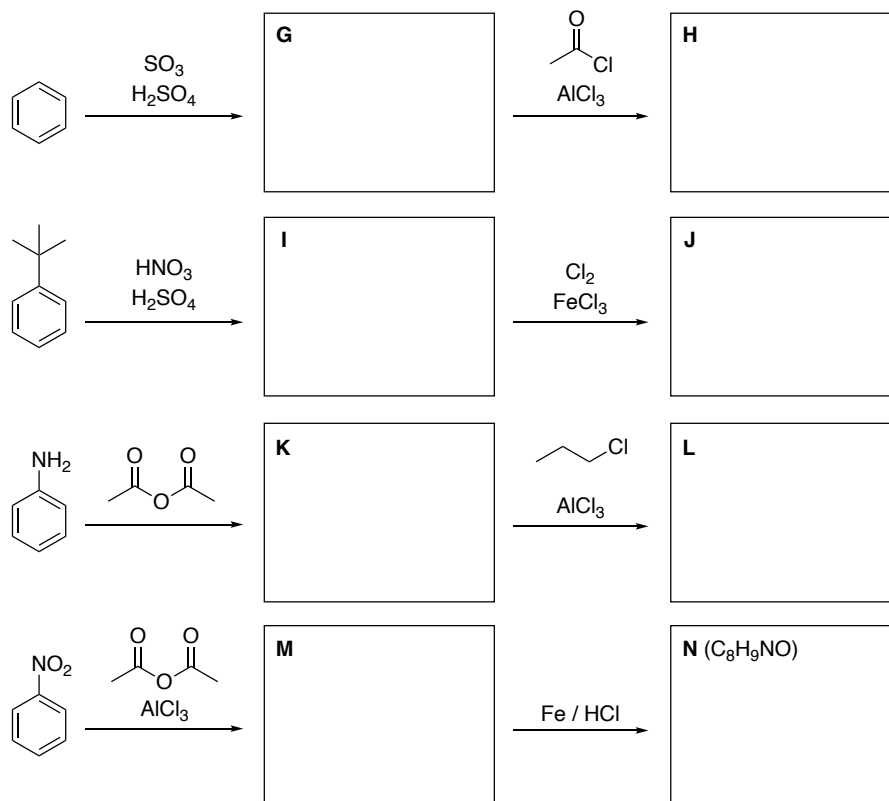


(次頁につづく)

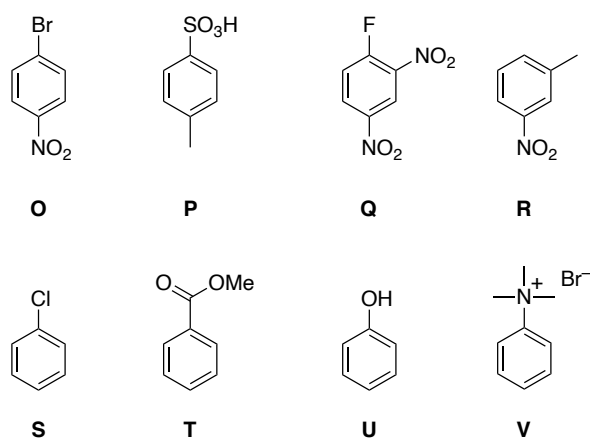
【VI】（有機化学）

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 **G**～**N** の構造式を示せ.



(b) 下に記した化合物 **O**～**V** に関して、1) 芳香族求電子置換反応における反応性が最も高い化合物を記号 **O**～**V** からひとつ選んで示し、その理由を記せ. 2) 芳香族求核置換反応における反応性が最も高い化合物を記号 **O**～**V** からひとつ選んで示し、その理由を記せ.



化学専攻 2025 年度二次 専門科目 出題意図

【I】

- [1] オルト水素とパラ水素に関する知識を問うた。
- [2] 原子の多重項状態に関する基礎的な理解を問うた。
- [3] 金属錯体の光吸収に関する基礎的な知識を問うた。

【II】

- [1] 点群と対称操作についての知識を問うた。
- [2] 金属錯体の反応性に関する基礎的な知識を問うた。
- [3] 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。

【III】

- 問1. 気体分子の反応速度を衝突理論から考える。衝突理論の理解度を問うた。
- 問2. 物理化学分野のうち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. 一次元井戸型ポテンシャルのシュレーディンガー方程式について理解度を問うた。
- 問2. 調和振動子の固有エネルギーおよび固有関数の性質と、調和振動子近似に基づいた二原子分子の振動遷移の選択律に関する知識と理解度を問うた。

【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]

水素分子は二つの水素原子より成る。夫々の水素原子核は核スピンを持つ。水素分子中で二つの核スピンが平行になっている物をオルト水素，反平行になっている物をパラ水素と言う。二種の水素分子間には平衡が成り立っており，常温では凡そ 3/4 がオルト水素となっている。温度が低くなるとパラ水素の割合が増え，20 K では殆ど水素分子がパラ水素となる。オルト水素がパラ水素に変化する反応は発熱反応であるが，その変化は非常に遅く，触媒が無いと平衡に達するのに何年も要す。この事は水素を液化して貯蔵する際に問題となる。

[2]

(a) 窒素

(b) 6つの 2p 軌道に 3つの電子が入る。したがって ${}^6C_3=20$ より，20通り

(c) $2p^3$ でフントの規則を考慮した下記の電子配置より，

$$\begin{array}{ccc} m_l = & +1 & 0 & -1 \\ & \uparrow & \uparrow & \uparrow \end{array}$$

全軌道角運動量は $L=1+0-1=0$ であるから S 状態

全スピン角運動量は $S=1/2 \times 3=3/2$ であるから $2S+1=4$ で，4重項

したがって基底状態における多重項は 4S

(d) (c)の結果より，

(1) $S=3/2$

化学専攻 2025 年度二次 専門科目 解答例

(2) $2S+1=4$ よりスピン多重度は 4

(3) $L=0$

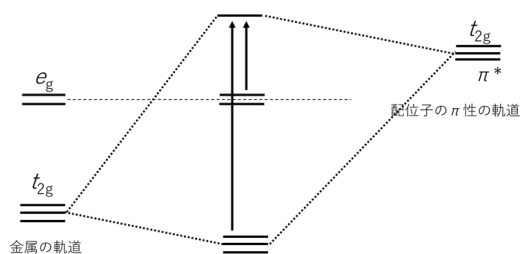
(4) $2L+1=1$ より軌道縮重度は 1

(5) $(2S+1)(2L+1)=4$ より全縮重度は 4

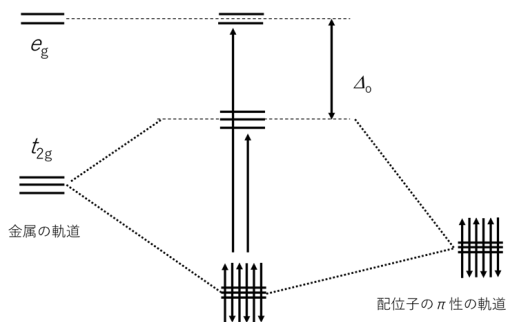
[3]

(a) LMCT は金属から配位子に電子が移動する遷移のことであり，配位子—金属電荷移動遷移とも呼ばれる．一方で，MLCT は配位子から金属への遷移であり，金属—配位子電荷移動遷移とも呼ばれる．図に π 受容性配位子を持つ錯体の MLCT 遷移と π 供与性配位子の LMCT 遷移のエネルギー準位図を示す．図中の矢印が，対応する電子遷移である．

π 受容性配位を持つ金属錯体の MLCT 遷移



π 供与性配位を持つ金属錯体の LMCT 遷移



(b) 中心対称性の分子及びイオンにおける電子遷移の際に，偶奇性の変化がなければならないという選択律．正八面体型 6 配位錯体の $d-d$ 遷移は g 項間での遷移になるため，ラポルテ選択律から禁制遷移となることが予想される．

【II】

[1]

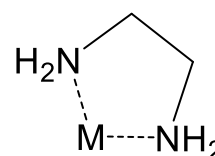
S_5 によって生まれる操作： $S_5, C_5^2, S_5^3, C_5^4, i, C_5, S_5^7, C_5^3, S_5^9, E$

S_8 によって生まれる操作： $S_8, C_4, S_8^3, C_2, S_8^5, C_4^3, S_8^7, E$

[2]

(a)

多座配位子が金属を含んだ環構造からなるキレート錯体を形成するとき、同様の配位子を持つがキレートを持たない錯体に比べて大きく安定化される効果のこと。代表的なキレート効果を持つ配位子として、図に示すエチレンジアミンが挙げられる。



(b)

2価の3d金属が高スピン正八面体錯体を形成したときの、錯体の相対的な安定性の傾向である。 $Mn(II) < Fe(II) < Co(II) < Ni(II) < Cu(II) > Zn(II)$ という順番で安定性の変化の仕方をまとめることができ、配位子場安定化エネルギー（LFSE）に比例して安定化の効果を受ける。ただし、 Cu^{II} はこの傾向から外れて例外的に安定であり、その理由はヤーン・テラー効果による安定化に起因していると説明される。

[3]

(a) (1), (2)

(b) (1)

化学専攻 2025 年度二次 専門科目 解答例

(c) (2),(3)

(d) (1)

(e) (2),(3)

【Ⅲ】

問 1.

(a) $\bar{v} = \sqrt{\frac{8k_B T}{\mu\pi}}$

(b) $\mu = \frac{m}{2N_A}$ (N_A はアボガドロ定数)

(c) 数密度を N とおくと, $N = \frac{p}{k_B T}$

(d) 衝突してから次に衝突するまでに進む距離を L とすると, $L = \frac{k_B T}{\sigma p}$

(e) 単位時間・単位体積あたりの分子 A の衝突頻度を Z とすると,

$$Z = \frac{2\sqrt{2}\sigma p^2}{(k_B T)^2 \sqrt{\mu\pi}}$$

(f) 反応を起こすには衝突エネルギーが反応の閾値エネルギーを超える必要がある. このため反応速度を説明するためには, 衝突した分子のうち衝突エネルギーが反応の閾値エネルギーを超えた分の割合を考慮する必要がある.

問 2.

(a) 熱力学第一法則積分形: $\Delta U = q + w$

熱力学第一法則微分形: $dU = \delta q + \delta w$

(b) 熱エネルギーを含めた広い意味でのエネルギーの保存法則である.

(c) クラウジウスの冷却器とは, サイクルを行って低温熱源から高温熱源へ熱エネルギーを移すときに, 外界に何の変化も残さない冷却器のことであり, 熱力学の第二法則の表現の一つは, クラウジウスの冷却器が製作不可能であるというもの.

第二種永久機関とは, 外界から得た熱をことごとく仕事に転化することのできる熱機関のことであり, 熱力学の第二法則の表現の一つは, 第二種永久機関が製作不可能であるというもの.

(d) $dS = \frac{\delta q_{rev}}{T}$, $dS > \frac{\delta q_{irr}}{T}$ もしくは, $dS \geq \frac{\delta q}{T}$ 等号は可逆過程の時.

化学専攻 2025 年度二次 専門科目 解答例

(e) 熱力学第一法則微分形: $dU = \delta q + \delta w$ $dS = \delta q_{rev}/T$

$$\delta q = TdS \quad \therefore dU = TdS - pdV$$

(f) (あ) 全体のエントロピー (い) 系のギブスエネルギー

(g) ギブスエネルギーの全微分は, エンタルピーを H とすると

$$dG = dH - TdS - SdT$$

定温定圧条件の場合積分すると $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$$\Delta S_{\text{全体}} = \Delta S_{\text{系}} + \Delta S_{\text{外界}}$$

$$= \Delta S_{\text{系}} + \Delta H_{\text{外界}}/T$$

$$= \Delta S_{\text{系}} - \Delta H_{\text{系}}/T$$

よって $\Delta S_{\text{全体}} = -\Delta G_{\text{系}}/T$

T は絶対温度なので, 常に正. よって, $\Delta S_{\text{全体}}$ と $\Delta G_{\text{系}}$ の符号は逆.

全体のエントロピーの増加と系のギブスエネルギーの減少は等価となる.

(h) 任意の仮想微小変位にともない, $dG_{\text{系}} > 0$ または, $dG_{\text{系}} = 0$ であれば, その状態は平衡状態である. 言い換えると, 任意の仮想微小変位にともない, $dG_{\text{系}} < 0$ でなければ ($dG_{\text{系}} \neq 0$), その状態は平衡状態である.

(i) ギブスエネルギー: $G = H - TS = U + pV - TS$ (p : 系の圧力, V : 系の体積)

ヘルムホルツエネルギー: $A = U - TS$

(j) 定義式より全微分をとると

$$dG = dU + pdV + Vdp - TdS - SdT = TdS - pdV + pdV + Vdp - TdS - SdT = Vdp - SdT$$

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

$$\left[\frac{\partial\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T}{\partial T}\right]_p = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p, \quad \left[\frac{\partial\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p}{\partial p}\right]_T = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T \quad \text{ゆえに} \quad \left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \cdots (1)$$

定義式より全微分をとると

$$dA = dU - TdS - SdT = TdS - pdV - TdS - SdT = -pdV - SdT$$

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

化学専攻 2025 年度二次 専門科目 解答例

$$\left[\frac{\partial \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_V}{\partial V} \right]_T = - \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T, \quad \left[\frac{\partial \left(\frac{\partial A}{\partial V} \right)_T}{\partial T} \right]_V = - \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V \quad \text{ゆえに} \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$$

(k) $dH = TdS + Vdp$

T一定で

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

(j)の(1)式を代入して

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

【IV】

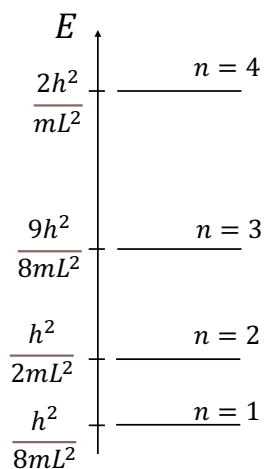
問 1. (解答では導出過程も求めるが, ここでは省略する.)

(a) $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \varphi(x) = E\varphi(x)$

(b) 波動関数 $\varphi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right), \quad (n = 1, 2, \dots)$

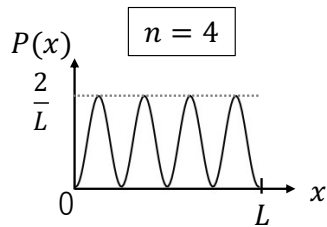
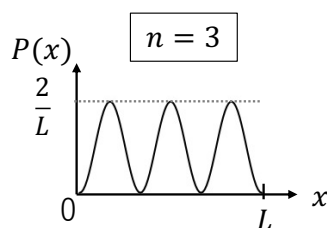
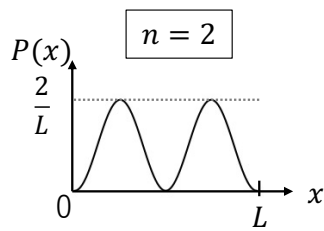
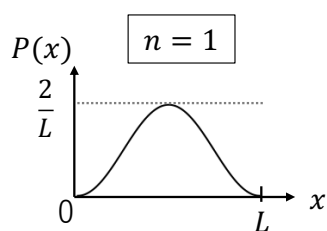
固有エネルギー $E = \frac{n^2\hbar^2}{8mL^2}, \quad (n = 1, 2, \dots)$

(c)

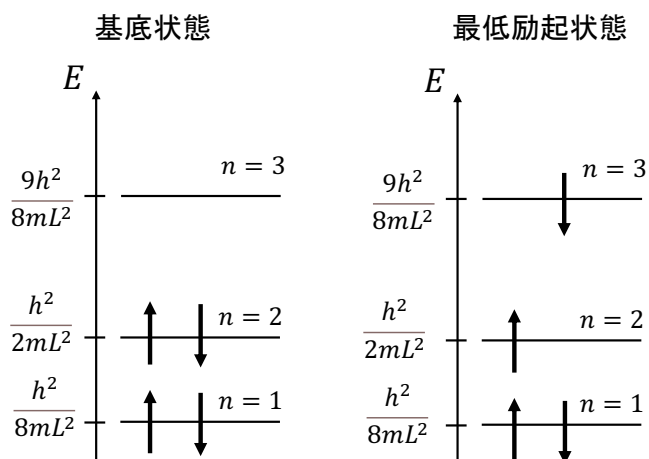


(d)

以下に $n = 1 \sim 4$ の粒子の存在確率 $P(x)$ を示す.



(e)



(f) $n = 2$ と $n = 3$ の間のエネルギー差と等しい光エネルギーが必要である.

$$E = \frac{5h^2}{8mL^2}$$

問 2.

(a) $-\frac{h^2}{8\pi^2\mu} \frac{d^2}{dx^2} + \frac{1}{2}kx^2$

(b) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$

(c) $\left(v + \frac{1}{2}\right) h\nu_0$

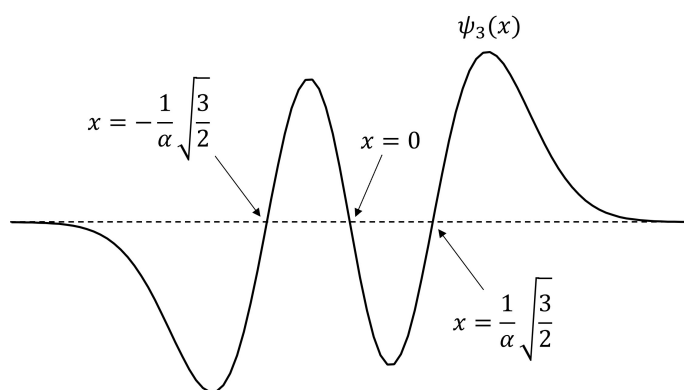
(d) $\exp(-\alpha^2 x^2 / 2) > 0$ なので, 節の位置を求めるためには

$$8(\alpha x)^3 - 12\alpha x = 0$$

$$x[2(\alpha x)^2 - 3] = 0$$

$$\therefore x = 0, \pm \frac{1}{\alpha} \sqrt{\frac{3}{2}}$$

上で求めた節の位置と $x \rightarrow \pm\infty$ での振る舞いに注意して $\psi_3(x)$ の概形を描くと



のようになる.

(e) 振動に伴う双極子モーメントの変化がないから.

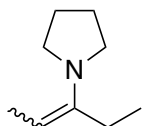
(f) 振動に伴って分極率が変化するのでラマン活性である.

【V】

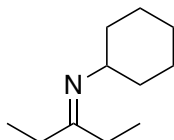
問 1.

(a)

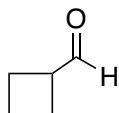
A



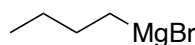
B



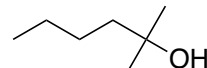
C



D



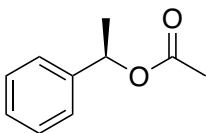
E



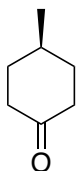
F



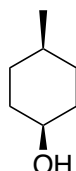
G



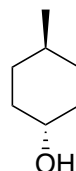
H



I



J

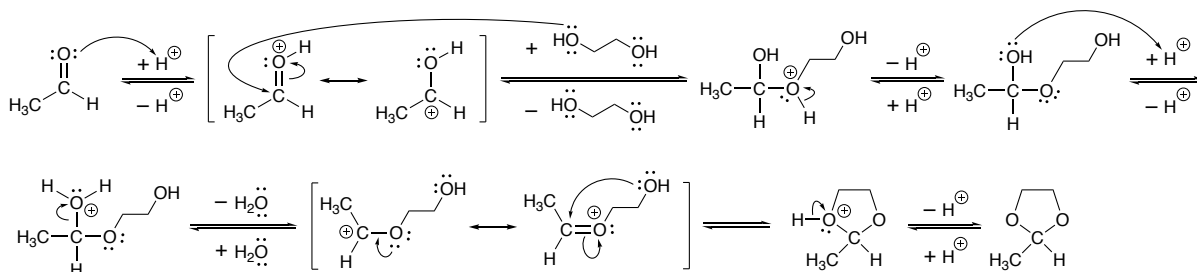


(b) $L > K > M$

(c) S_N1 反応に用いる溶媒を非プロトン性溶媒からプロトン性溶媒に変えると、反応速度は速くなる。これは、 S_N1 反応の律速段階が強く分極した遷移状態をとり、プロトン性溶媒による溶媒和で安定化されるためである。

問 2.

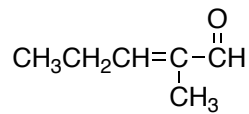
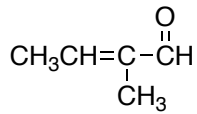
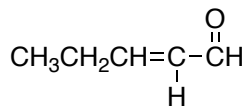
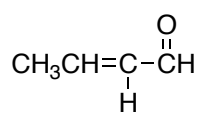
(a)



(b) 分子内に複数の官能基が存在する際に保護基として活用することで、ある官能基のみを選択的に反応させることが可能となるため。

化学専攻 2025 年度二次 専門科目 解答例

(c)

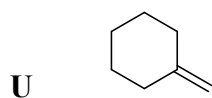
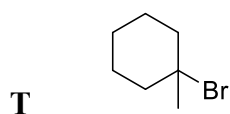
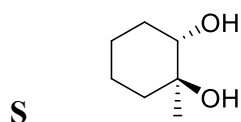
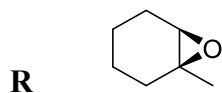
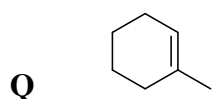
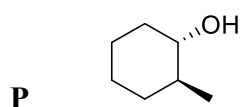
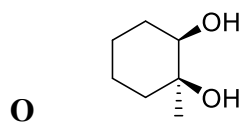
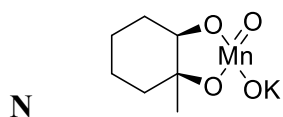


(d) アルデヒドの化学構造：反応に用いるアルデヒドの一方を，例えばベンズアルデヒドのような α 水素がない（エノラート化できない）アルデヒドにする．

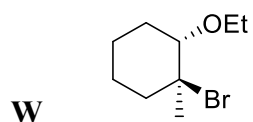
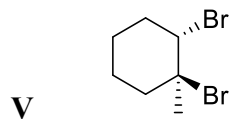
実験操作：過剰のエノラート化できないアルデヒドと塩基に対して，エノラート化できるアルデヒドをゆっくりと加えていく．

問 3.

(a)



(b) (解答では反応機構も求めるが, ここでは省略する.)

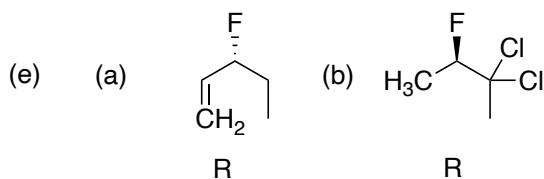
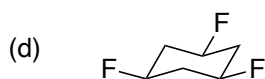
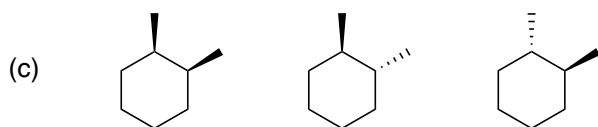
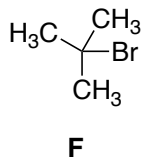
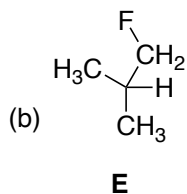


【VI】

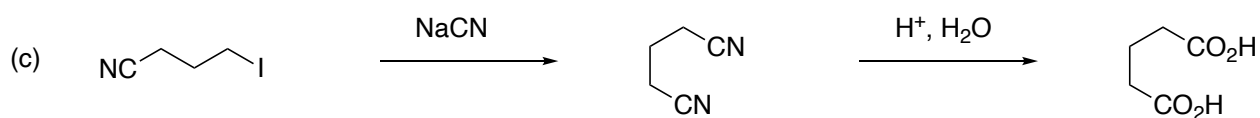
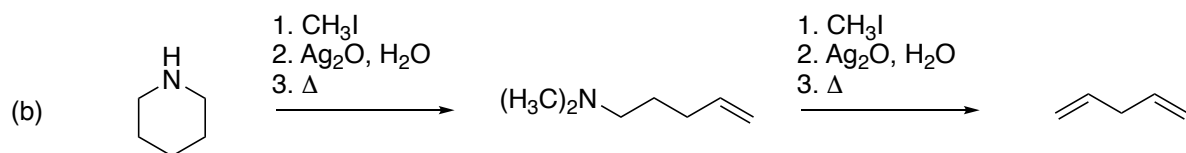
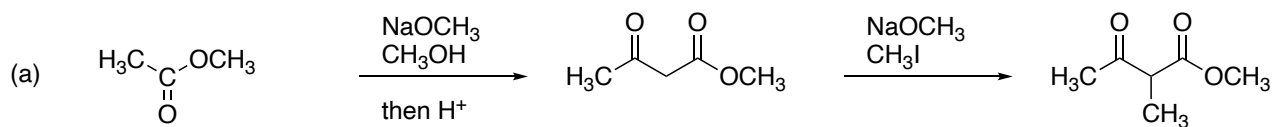
問 1.

(a) ラジカルの安定性が最も高いもの **D**

ラジカルの安定性が最も低いもの **B**



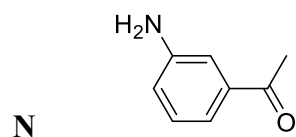
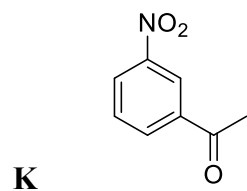
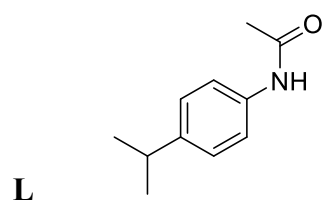
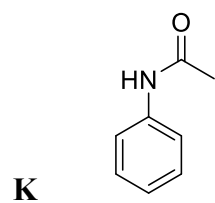
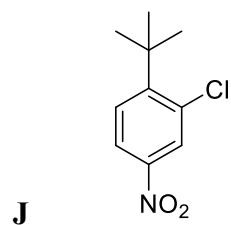
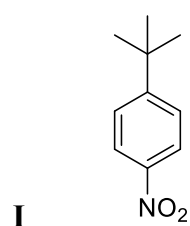
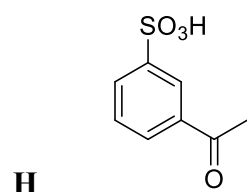
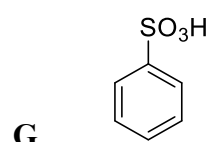
問 2.



問 3.

(a)

化学専攻 2025 年度二次 専門科目 解答例



(b)

化学専攻 2025 年度二次 専門科目 解答例

- 1) **U** (解答では理由も求めるが, ここでは省略する.)
- 2) **Q** (解答では理由も求めるが, ここでは省略する.)