

理工学研究科 博士課程前期課程・博士課程後期課程

研究科	専攻	課程	科目名	入試方式	年度	ページ
理工学	応用化学	博士前期	専門科目（物理化学、有機化学、無機化学）	学内選考入学試験（自学科生対象）	2026	1
理工学	応用化学	博士前期	専門科目（物理化学、無機・分析化学、有機化学）	一般入学試験（夏季）	2026	5

応用化学専攻 学内選考入試 問題文訂正

II

問2

(原文) 立体化学も明示せよ。

(訂正文) 必要に応じて立体化学も明示せよ。

※下線部を問題文に追加してください。

2026年4月・2025年9月入学 大学院学内選考入学試験問題  
理工学研究科 前期課程 応用化学専攻  
専門科目

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

I

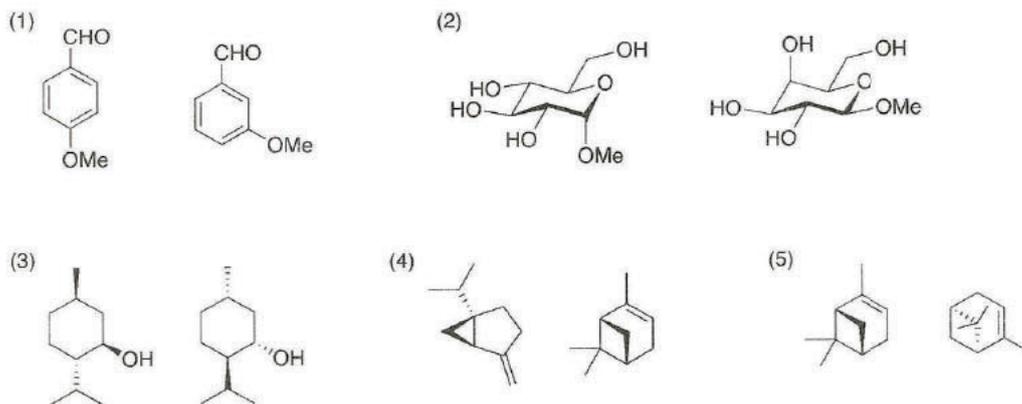
1. 以下の問い(1)～(10)に答えなさい。すべての気体は完全気体とみなしてよい。
- (1)  $1\mu\text{m}$ を10の累乗の形式で答えなさい。
  - (2)  $10^{-12}\text{mol}$ を最も適切な接頭文字を用いて答えなさい。
  - (3)  $1\text{bar}$ をPa単位に換算して答えなさい。
  - (4) ある気体試料の $300\text{K}$ におけるはじめの体積は $15\text{cm}^3$ であった。等圧条件で $600\text{K}$ に加熱した場合の最終の体積を答えなさい。
  - (5) ある気体分子の $200\text{K}$ における平均速さは $200\text{m s}^{-1}$ であった。気体の運動論モデルに従う場合、平均速さが $400\text{m s}^{-1}$ になる温度を答えなさい。
  - (6) ある気体分子の平均自由行程は $1\text{bar}$ において $100\text{nm}$ であった。圧力のみを $0.1\text{bar}$ に変化させた場合の平均自由行程を答えなさい。
  - (7) ある物質の熱容量が $0.50\text{kJ K}^{-1}$ で温度変化に対して一定であった場合、この物質を $300\text{K}$ から $330\text{K}$ に加熱するのに要するエネルギーを答えなさい。
  - (8) 系が $10\text{kJ}$ の仕事をしたのち、系から $15\text{kJ}$ のエネルギーを放出したときの内部エネルギー変化 $\Delta U$ を答えなさい。
  - (9) ある物質の標準融解エンタルピーを $\Delta_f H^\ominus$ 、標準蒸発エンタルピーを $\Delta_v H^\ominus$ 、標準昇華エンタルピーを $\Delta_s H^\ominus$ としたとき、この3つのエンタルピーの間に成り立つ関係式を答えなさい。
  - (10) 反応 $A+B\rightarrow C$ の標準反応エンタルピーを求める式を答えなさい。ただし、 $A, B, C$ の標準生成エンタルピーはそれぞれ $a, b, c [\text{kJ mol}^{-1}]$ とする。

2026年4月・2025年9月入学 大学院学内選考入学試験問題  
 理工学研究科 前期課程 応用化学専攻  
 専門科目

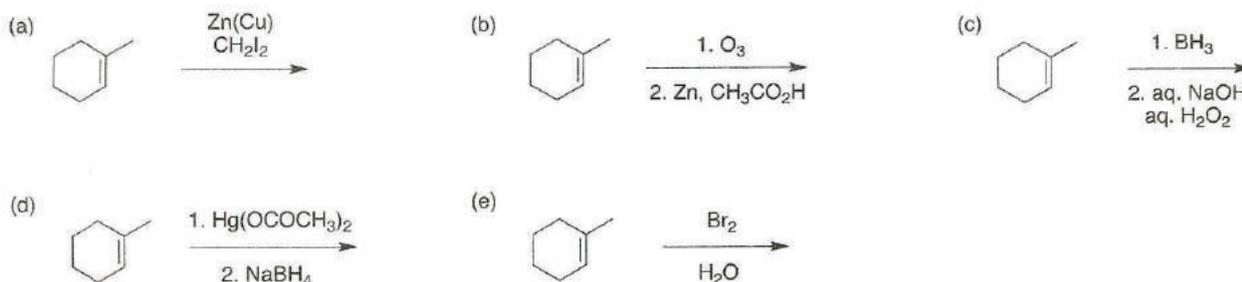
(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

II

1. 以下の(1)~(5)について、2種類の化合物はお互いにどのような異性体の関係にあるか、それぞれ答えよ。立体異性体については、より詳細な分類を答えよ。



2. 以下の(a)~(e)に示す1-メチルシクロヘキセンの反応について、それぞれ主な生成物の構造式を答えよ。立体化学も明示せよ。



3. 1-イソプロペニル-1-メチルシクロペンタンへの塩化水素の求電子付加反応は、1-クロロ-1,2,2-トリメチルシクロヘキサンを与える。中間体の構造式を示し、各段階における電子の動きを巻き矢印を用いて示せ。

4. アセチレンとナトリウムアミドから調製したアセチリドアニオンをヨウ化メチルと反応させるとプロピンが主生成物として得られる。しかし、プロピンとナトリウムアミドから調製したアセチリドアニオンをブromoシクロヘキサンと反応させようとしても、1-プロピニルシクロヘキサンは生成しなかった。この理由を答えよ。必要に応じて構造式と巻き矢印を用いて説明すること。

2026年4月・2025年9月入学 大学院学内選考入学試験問題  
理工学研究科 前期課程 応用化学専攻  
専門科目

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

III

1. 次の問いに答えよ。

1) 4f軌道に動径節はいくつあるか答えよ。

2) Hのイオン化エネルギーは13.6 eVである。 $n=1$ と $n=4$ の順位のエネルギー差(単位はeV)を求めよ。

2. 次のイオンについて、基底状態電子配置を書け。

1)  $\text{Cr}^{6+}$

2)  ${}_{42}\text{Mo}^{4+}$

3)  ${}_{45}\text{Rh}^{3+}$

4)  ${}_{63}\text{Eu}^{2+}$

3. 次の化合物の主要なルイス構造を書け(結合をつくっている電子対1組を1本の結合線(—)で表し、孤立電子対を:で書くこと)。また、原子価殻電子対反発(VSEPR)モデルを用いて、その形を予測せよ(例:三方錐型など)。

1)  $\text{H}_2\text{Se}$

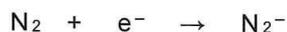
2)  $\text{IF}_5$

3)  $\text{IF}_6^+$

4)  $\text{ICl}_4^-$

4. 固体の五塩化リンは $\text{PCl}_4^+$ カチオンと $\text{PCl}_6^-$ アニオンとからなるイオン固体である。固体中の両イオンのルイス構造を書き、その形を予測せよ(書き方は設問3と同じ)。

5. 次のイオン化反応に関する問いに答えよ。



1)  $\text{O}_2$ 分子の基底状態電子配置を $1\sigma_g^2 1\sigma_u^2 2\sigma_g^2 1\pi_u^4 1\pi_g^2$ と書く時、それにならって $\text{N}_2^-$ イオンの基底状態電子配置を書け。

2) イオン化に伴い、結合次数と結合長はどう変化するか説明せよ。

2026年4月・2025年9月入学 大学院夏季入学試験問題  
理工学研究科 前期課程 応用化学専攻  
物 理 化 学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

I. 以下の問いに答えよ

1. 実在気体について以下の問いに答えなさい。

Van der Waals状態方程式は以下の通り書け、Van der Waalsパラメータ  $a$  は  $0.40 \text{ m}^6 \text{ Pa mol}^{-2}$ 、その単位モルあたりの体積  $V_m$  は温度  $273 \text{ K}$ 、圧力  $3.0 \text{ MPa}$  で  $5.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$  であった。気体定数は  $8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とせよ。

$$p = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$$

(1) この気体の振る舞いが Van der Waals 状態方程式に従うとき、Van der Waals パラメータ  $b$  を求めよ。

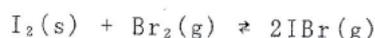
(2) この気体の圧縮因子  $Z$  を求めよ。

2. ベンゼンとトルエンの混合溶液について、溶液は理想溶液であり、ラウールの法則が適用できると仮定し以下の問いに答えなさい。

(1) ベンゼンとトルエンの混合溶液と平衡状態となっている蒸気の組成 (モル分率) をそれぞれ求めよ。ただし純粋なベンゼンとトルエンの蒸気圧がそれぞれ温度  $20^\circ\text{C}$  で  $75 \text{ Torr}$  と  $21 \text{ Torr}$  であり、溶液中のベンゼンの液相のモル分率は  $0.75$  であった。

(2) この混合溶液の混合比を変化させ、ベンゼンの溶液中のモル分率を  $0.5$  にしたとき、蒸気的全圧とそれぞれの蒸気の組成 (モル分率) を求めよ。

3. 固体のヨウ素と臭素ガスの以下の平衡反応について、その平衡定数が温度  $25^\circ\text{C}$  で  $0.164$  であったとき以下の問いに答えなさい。



ただし平衡定数  $K$  は各成分の活量  $a_i$  ( $i$  は各成分) で表記でき、ガスを理想気体として扱うと活量はガスの分圧を標準圧力  $p^0 (= 1 \text{ bar})$  で割った形で表すことができる。またヨウ素は固体なので活量は  $1$  とせよ。

$$K = \frac{a_{\text{IBr}}^2}{a_{\text{I}_2} a_{\text{Br}_2}} = \frac{(p_{\text{IBr}}/p^0)^2}{1 \times (p_{\text{Br}_2}/p^0)}$$

(1) その反応の自由エネルギー変化を求めよ。気体定数は  $8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とせよ。

(2) 容器に臭素ガスと過剰量の固体ヨウ素を導入して密閉したところ、温度  $25^\circ\text{C}$  で圧力が  $0.164 \text{ bar}$  となった。この時の  $\text{IBr}$  ガスの分圧を求めよ。

2026年4月・2025年9月入学 大学院夏季入学試験問題  
理工学研究科 前期課程 応用化学専攻  
無機・分析化学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

II

dブロック金属またはそのイオンはd電子数に応じて多様な立体構造や電子構造を示すことが知られている。またその性質は主に金属種とそれを取り囲む配位子、及び対イオンの組み合わせにより決定される。代表的な金属錯体の構造には、六配位八面体型と四配位四面体型、そして四配位平面型が存在する。これらの錯体構造を形成する過程で、金属またはそのイオンは配位子と相互作用することでd軌道の縮退が解け、新たなd軌道準位を与える。この内容に関連した以下の問いに答えなさい。

1) 金属(イオン)Mと単座配位子A, B, C, Dを含む① $[MA_2B_2C_2]$ 型八面体錯体、② $[MABCD]$ 型四面体錯体、及び③ $[MABCD]$ 型平面型錯体が形成しうる異性体の総数をそれぞれ答えなさい。

2) ① $[ML_6]$ 型八面体錯体、② $[ML_4]$ 型四面体錯体、③ $[ML_4]$ 型四配位平面型錯体において、配位子場により分裂したd軌道のうち、エネルギーが最も高い軌道の名称をそれぞれ全て答えなさい。

3) d電子を0~10個有するdブロック金属錯体について以下の問いに答えなさい。

3-1) あるd電子数を持つ金属イオンが $[ML_6]$ 型八面体錯体を形成し、d電子を0~10個有する金属錯体の中で最も大きな配位子場安定化エネルギーを与えた。配位子場分裂パラメーター( $\Delta_0$ )を用いてその大きさを答えなさい。

3-2) d電子を0~10個有するdブロック金属イオンが $[ML_6]$ 型八面体錯体を形成した場合、最も大きなスピン(S)を与えるd電子数を答えなさい。

3-3) 3, 6, 9個のd電子を持つ金属イオンが $[ML_6]$ 型八面体錯体を形成した場合、高スピン及び低スピン状態を形成しうるd電子数を答えなさい。

3-4) d電子を0~10個有するdブロック金属イオンが $[ML_6]$ 型八面体錯体を形成した場合、強いヤーン・テラー歪みを与えるd電子数を2つ答えなさい。

3-5) 立体障害を無視できる場合、d電子を0~10個の中で $[ML_4]$ 型平面錯体を最も形成しやすいd電子数を一つ答えなさい。

3-6) d電子を3つ有する自由金属イオンの基底項を答えなさい。

4) 3dブロック金属イオンと配位子 $Cl^-$ ,  $CO$ ,  $H_2O$ ,  $OH^-$ ,  $NH_3$ から形成される錯体について以下の問いに答えなさい。

4-1)  $\pi$ 供与性と $\pi$ 受容性を持たない配位子を全て答えなさい。

4-2) 最も強い $\pi$ 受容性を持つ配位子を答えなさい。

4-3) 最も弱い配位子場を与える配位子を答えなさい。

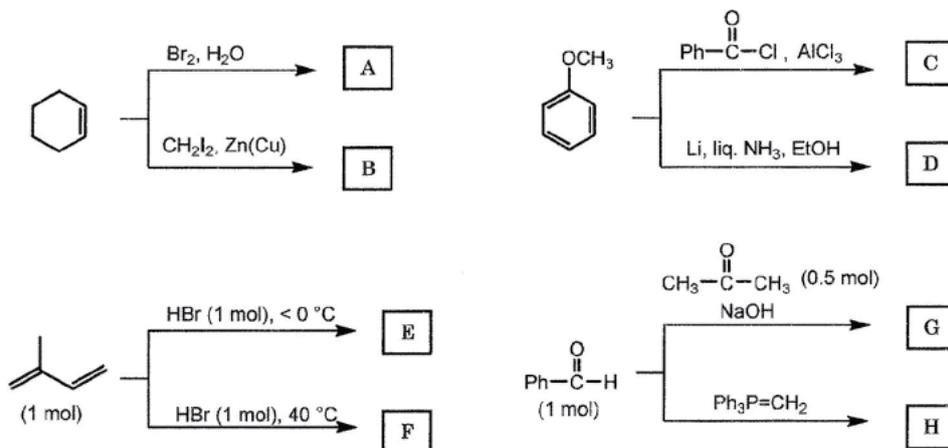
4-4) 最も強い配位子場を与える配位子を答えなさい。

2026年4月・2025年9月入学 大学院夏季入学試験問題  
 理工学研究科 前期課程 応用化学専攻  
 有機化学

(注) 問題番号または記号を必ず解答用紙に明記すること

III

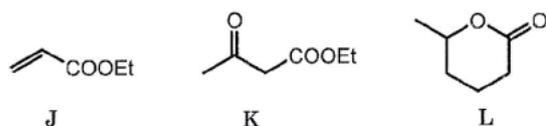
1. 次のスキームのA~Hに当てはまる有機主生成物の構造式を答えなさい。立体異性体の可能性がある場合は、立体化学がわかるように書くこと。



2. 化合物I ( $\text{C}_{18}\text{H}_{18}$ ) の $^1\text{H}$  NMRを $-60^\circ\text{C}$ で測定すると、 $\delta$  9.3 および $\delta$  -2.9 にシグナルが観測される。なぜこのような領域にシグナルが現れたかを説明し、それぞれのシグナルの帰属を答えなさい。



3. 化合物JおよびKを出発物に用いてラクトンLを合成する方法を考案し、必要な試薬や中間体となる化合物の構造も含めて答えなさい。JとKを出発物として用いていれば、ほかにどのような試薬を利用してもよい。



4. シクロヘキサノンとヒドロキシルアミンからシクロヘキサノンオキシムを合成する反応の反応機構を示し、この反応が中性~塩基性や強酸性ではなく、弱酸性において良好な反応速度で進行する理由を説明しなさい。