

2025 年 10 月, 2026 年 4 月入学 (October 2025 and April 2026 Admissions)
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2025 年 8 月 28 日実施 / August 28, 2025)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

試験時間 : 9 時 00 分 ~ 12 時 00 分 (Examination Time : From 9:00 to 12:00)

受験上の注意事項

- (1) 問題用紙兼解答用紙が表紙を含み 8 枚あります。
- (2) この表紙を含むすべての問題用紙兼解答用紙に, 受験番号を記入してください。
- (3) これは問題用紙と解答用紙が合冊されたものです。解答は指定された箇所に記入してください。
- (4) 解答が書ききれないときは, 同じ用紙の裏面を利用しても構いません。ただし, その場合は「裏に続く」などと裏面に記載したことが分かるようにしておくこと。
- (5) 全問に解答しなさい。
- (6) 貸与された計算機 (電卓) を使用しても差し支えない。
- (7) 質問あるいは不明な点がある場合は手を挙げてください。

Notices

- (1) There are 8 problem and answer sheets including a front sheet.
- (2) Fill in your examinee's number in the specified positions in this cover and each problem and answer sheet.
- (3) This examination booklet consists of problem sheets and answer sheets. Answer the problems in the specified position.
- (4) If the space is exhausted, use the reverse side of the sheet and write down "to be continued" on the last line of the sheet.
- (5) Answer all the problems.
- (6) You may use the provided calculator if you need.
- (7) Raise your hand if you have any questions.

2025 年 10 月, 2026 年 4 月入学 (October 2025 and April 2026 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

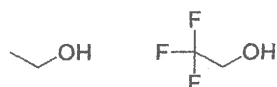
(2025 年 8 月 28 日実施 / August 28, 2025)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

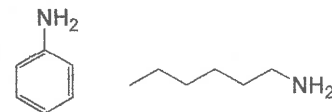
問題 1 (Problem 1) 問題用紙は 3 枚あります (three sheets for Problem 1)

1. 次の化合物の組み合わせで, 以下の性質に対しどのような違いがあるかを説明せよ。必要に応じて, 図を用いてもよい。(Explain how the compounds in each pair are different with respect to the following properties. Figures may be added if necessary.)

1) 酸性度 (acidity)



2) C-N 結合長 (C-N bond length)



3) 水素化熱の絶対値

(absolute value of heat of hydrogenation)



4) S_N2 反応の速度 (rate of S_N2 reaction)



2. 1-クロロ-2-イソプロピルシクロヘキサンのシス体およびトランス体に関する以下の問いに答えよ。エナンチオマーが存在する場合は一方のみを示すこと。(Answer the following questions concerning *cis*- and *trans*-isomers of 1-chloro-2-isopropylcyclohexane. When enantiomers exist, draw only one of them.)

1) トランス体の最も安定なイス型構造を描け。
 (Draw the most stable chair-conformation for the *trans*-isomer.)

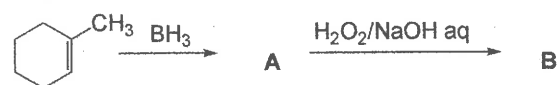
2) シス体およびトランス体のどちらの異性体がより安定か, 説明せよ。必要に応じて, 図を用いてもよい。(Explain which is more stable, *cis*-isomer or *trans*-isomer. Figures may be added if necessary.)

3) シス体とトランス体にそれぞれナトリウムエトキシドをエタノール中で反応させて得られる脱離反応の主生成物の構造式を描け。(Draw the structural formula of the major organic products obtained from the elimination reactions of the *cis*- and *trans*-isomers with sodium ethoxide in ethanol, respectively.)

シス体 (*cis*-isomer)

トランス体 (*trans*-isomer)

3. 次の反応の化合物 **A** と **B** の構造式を描き, 立体選択性の理由を説明せよ。必要に応じて, 図を用いてもよい。エナンチオマーが生成する場合は一方のみを示すこと。(Draw the structural formula of compounds **A** and **B** in the following reactions, and explain the reason for stereoselectivity of the following reaction. Figures may be added if necessary. When enantiomers are formed, draw only one of them.)



A:

B:

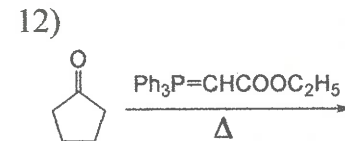
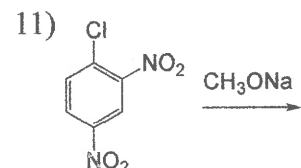
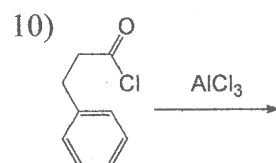
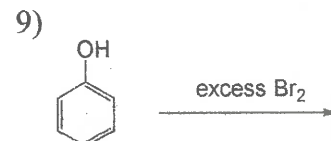
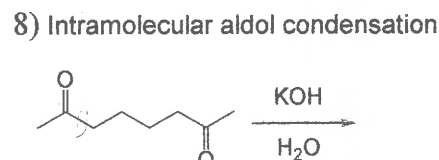
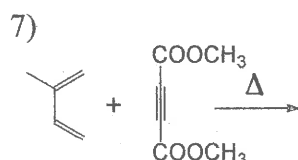
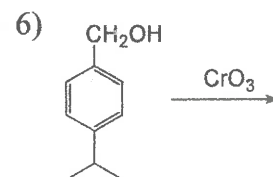
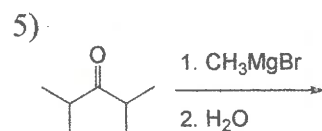
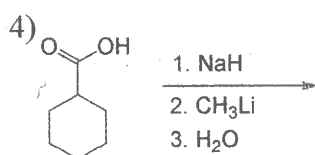
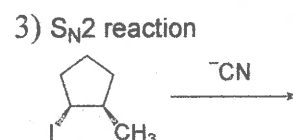
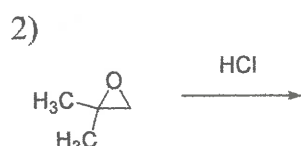
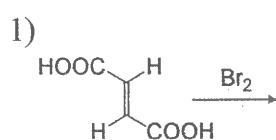
2025 年 10 月, 2026 年 4 月入学 (October 2025 and April 2026 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2025 年 8 月 28 日実施 / August 28, 2025)

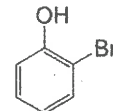
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 1 (Problem 1) 続き (Continued)

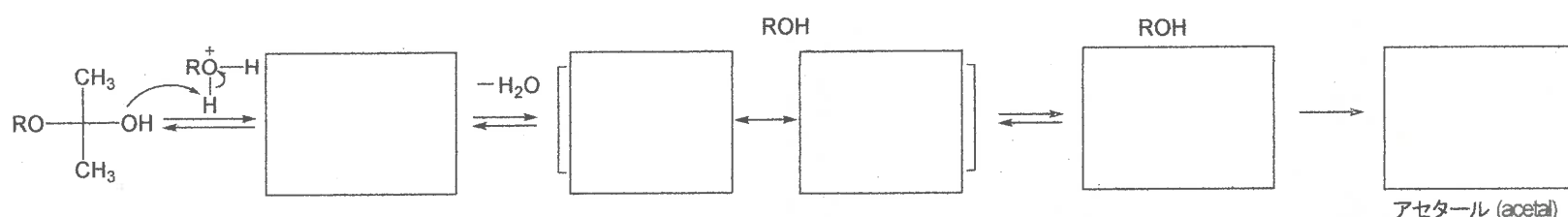
4. 次の反応における有機の主生成物を構造式で描け。必要に応じて, 立体化学が分かるようにすること。エナンチオマーが生成する場合は一方のみを示すこと。(Draw the structural formula of the major organic product in each reaction. Show the stereochemistry if necessary. When enantiomers are formed, draw only one of them.)



5. 適当な無機試薬を用いて, フェノールから *o*-ブロモフェノールを選択的に合成する反応スキームを完成させよ。反応機構を示す必要はない。(Complete a reaction scheme for the selective synthesis of *o*-bromophenol from phenol using suitable inorganic reagents. It is not necessary to show the reaction mechanism.)



6. ヘミアセタールからアセタールが生成する酸触媒反応機構を, 電子対の動きを示す巻矢印表記法を用いて描け。(Draw the mechanism using curved arrows, which show the movement of electron pairs, for the production of acetal from acid-catalyzed reaction of hemiacetal.)



2025 年 10 月, 2026 年 4 月入学 (October 2025 and April 2026 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2025 年 8 月 28 日実施 / August 28, 2025)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 1 (Problem 1) 続き (Continued)

7. 分子量が 10,000, 20,000, および 30,000 の分子を等モルずつ混合したとする。この混合物の数平均分子量 M_n , 重量平均分子量 M_w , および多分散度を有効数字 2 桁で求めよ。(The molecules with molecular weights of 10,000, 20,000, and 30,000 were mixed in equal molar amounts. Calculate the number-average molecular weight M_n , weight-average molecular weight M_w , and polydispersity of this mixture to two significant figures.)

$M_n =$

$M_w =$

多分散度 (polydispersity) =

8. ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸との重縮合により, 6,6-ナイロンが得られる。この反応について以下の問いに答えよ。(6,6-Nylon is obtained from the polycondensation of hexamethylenediamine and adipic acid. Answer the following questions on this reaction.)

1) N_A モルのヘキサメチレンジアミンと N_B モルのアジピン酸 ($N_A/N_B = r, N_A \leq N_B, 0 \leq r \leq 1$) を用いて重縮合により 6,6-ナイロンを合成したとき, ヘキサメチレンジアミンの反応度が p ($0 \leq p \leq 1$) であったとする。このときの生成ポリマーの数平均重合度 x_n を仕込み比 r と反応度 p を用いて表す式を導け。(When a 6,6-nylon was synthesized by polycondensation from N_A mol of hexamethylenediamine and N_B mol of adipic acid ($N_A/N_B = r, N_A \leq N_B, 0 \leq r \leq 1$), the degree of the reaction of the hexamethylenediamine was assumed as p ($0 \leq p \leq 1$). Derive the equation indicating the number-average degree of polymerization x_n of the resulting polymer by using r and p .)

2) 1)に基づいて, 高分子量の 6,6-ナイロンを得るために必要な条件を二つ, 箇条書きで記せ。(Itemize two requirements to obtain a high molecular-weight 6,6-nylon based on 1).)

- .
- .

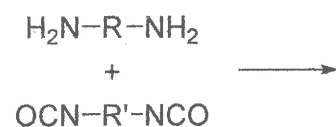
3) ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸からナイロン塩が生成する反応式を描き, 6,6-ナイロンをナイロン塩から合成する利点を説明せよ。(Draw the reaction equation in which nylon salt is produced from hexamethylenediamine and adipic acid, and explain the advantage of synthesizing 6,6-nylon from nylon salt.)

反応式 (reaction equation):

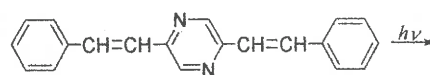
利点 (advantage):

9. 以下の重付加反応により生成するポリマーの化学構造式を描け。(Draw the structural formula of the polymers obtained from the following polyaddition reactions.)

1)



2)



2025 年 10 月, 2026 年 4 月入学 (October 2025 and April 2026 Admissions)
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2025 年 8 月 28 日実施 / August 28, 2025)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 2 (Problem 2) 問題用紙は 2 枚あります (two sheets for Problem 2)

1. 次の熱力学に関する語句を簡潔に説明せよ。(Explain briefly the following terms related to thermodynamics.)

- 1) 熱力学第一法則 (first law of thermodynamics) 2) カルノーサイクル (Carnot cycle)

- 3) 化学ポテンシャル (chemical potential) 4) 三重点 (triple point)

2. 125 g の液体のメタノール (モル質量 32.0 g mol^{-1}) を 100 kPa , 298 K から 300 kPa , 366 K に変化させたときのエンタルピー変化を計算せよ。これらの条件下において, メタノールは液体状態と仮定し, その密度と定圧モル熱容量 $C_{p,m}$ はそれぞれ 0.791 g cm^{-3} と $81.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ で一定とする。(Calculate the change in enthalpy when 125 g of liquid methanol (molar mass, 32.0 g mol^{-1}) initially at 100 kPa and 298 K undergoes a change of state to 300 kPa and 366 K . Under these conditions, methanol is assumed to be in a liquid state, and its density and specific molar heat capacity at constant pressure, $C_{p,m}$, remain unchanged at 0.791 g cm^{-3} and $81.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, respectively.)

3. ナフタレン (モル質量 128 g mol^{-1}) とアントラセン (モル質量 178 g mol^{-1}) の混合物 8.0 g をベンゼン 400 g に溶解させると, その溶媒の凝固点は, 純粋なベンゼンの凝固点 (279 K) よりも 0.70 K 低くなった。ベンゼンの凝固点降下定数 K_f を $5.1 \text{ K kg mol}^{-1}$ として, 混合物中に含まれるナフタレンの質量を計算せよ。(When 8.0 g of a mixture of naphthalene (molar mass, 128 g mol^{-1}) and anthracene (molar mass, 178 g mol^{-1}) was dissolved in 400 g of benzene, the freezing point of the solvent was 0.70 K lower than that of pure benzene (279 K). Calculate the mass of naphthalene in the mixture, given that the freezing-point constant, K_f , for benzene is $5.1 \text{ K kg mol}^{-1}$.)

2025 年 10 月, 2026 年 4 月入学 (October 2025 and April 2026 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2025 年 8 月 28 日実施 / August 28, 2025)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 2 (Problem 2) 続き (Continued)

4. 量子論に関する以下の問いに答えよ。ただし, プランク定数は $6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$, アボガドロ定数は $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, 電子の質量は $9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 電気素量は $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$, 光の速度は $2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ とする。 (Answer the following questions related to the quantum theory. Use the following constants, if needed: Planck constant, $6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$; Avogadro constant, $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; mass of an electron, $9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$; elementary charge, $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$; speed of light, $2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.)

- ある金属の仕事関数は 2.30 eV である。この金属に波長 400 nm の光を照射した。 (The work function of a certain metal is 2.30 eV . Light with wavelength of 400 nm is irradiated to this metal.)
 - 入射光の光子 1 個当たりのエネルギーを求めよ。 (Calculate the energy of one photon.)
 - 放出される光電子の最大運動エネルギーを求めよ。 (Calculate the maximum kinetic energy of the photoelectron.)
- 運動エネルギーが 150 eV の電子の速度とド・ブロイ波長を求めよ。 (Calculate the speed and de Broglie wavelength of an electron with kinetic energy of 150 eV .)
- 電子の位置が 100 pm の不確かさでわかっているとす。その電子の運動量の不確かさ (Δp) の下限を求めよ。 (Suppose an electron's position is measured within an uncertainty of 100 pm , calculate the minimum uncertainty in momentum (Δp .)
- 長さ 1.00 nm の 1 次元の箱の中に電子が閉じ込められている。基底状態と第 2 励起状態のエネルギー差を求めよ。 (Calculate the energy gap between the second excited state and the ground state of an electron in a one-dimensional box with length of 1.00 nm .)
- $^1\text{H}_2$ 分子の結合を調和振動子とみなし, 力の定数 500 N m^{-1} を用いて基底状態と第 1 励起状態のエネルギー差を求めよ。 (Consider the bond in $^1\text{H}_2$ molecule as a harmonic oscillator. Using a force constant of 500 N m^{-1} , calculate the energy gap between the first excited state and the ground state.)

2025 年 10 月, 2026 年 4 月入学 (October 2025 and April 2026 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2025 年 8 月 28 日実施 / August 28, 2025)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 3 (Problem 3) 問題用紙は 2 枚あります (two sheets for Problem 3)

1. 次の括弧 [] 内の選択肢のうち, 問いで求めるものを選び解答欄に記せ。また, ①, ②については理由を述べよ。

(Answer the questions by selecting the correct answer from the alternatives given in parentheses []. The correct answer should be given in the answer column. Describe the reasons for ① and ②.)

① $[\text{SF}_6, \text{IF}_5]$ 結合角が大きい化学種 (Which has larger bond angle?)

② $[\text{O}_2, \text{O}_2^-]$ 結合距離が長い化学種 (Which has larger bond length?)

③ $[\text{MgAl}_2\text{O}_4, \text{MgO}, \text{Mg}(\text{OH})_2]$ Mg^{2+} イオンが最も小さなイオン半径を持つと考えられる化合物 (Which compound is assumed to have the smallest ionic radius for Mg^{2+} ?)

④ $[\text{Ga}, \text{Ge}, \text{As}]$ 第一イオン化エネルギーの最も小さい元素 (Which has the smallest first ionization energy?)

⑤ $[\text{Si}, \text{P}, \text{S}]$ 電子親和力が最も小さい元素 (Which has the smallest electron affinity?)

⑥ $[\text{S}^{2-}, \text{Cl}^-, \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}]$ 六配位において最もイオン半径の大きいイオン (Which has the largest ionic radius with the coordination number of 6.)

⑦ $[\text{Co}^{2+}(\text{LS}), \text{Co}^{2+}(\text{HS}), \text{Co}^{3+}(\text{HS})]$ 低スピン状態(LS)または高スピン状態(HS)を考慮した場合, 八面体配位において最もイオン半径の大きいイオン (In an octahedral coordination, which has the largest ionic radius? Consider the difference between low spin (LS) and high spin (HS) configurations.)

⑧ $[\text{O}, \text{F}, \text{Ne}]$ オールレッド・ロコウの電気陰性度が最も大きい元素 (Which has the largest electronegativity determined by Allred and Rochow?)

⑨ $[3s, 3d_{x^2-y^2}, 3d_{z^2}]$ 節面が平面から成る原子軌道 (Which atomic orbital has nodal surface consisting of flat planes?)

⑩ $[\text{Fe}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}]$ 高スピンの四面体配位にあつて, 結晶場安定化エネルギーで最も大きな安定化を受けるイオン (In a tetrahedral high spin configuration, which ion is the most stabilized by obtaining a crystal field stabilization energy?)

⑪ $[\text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}, \text{Al}^{3+}]$ 水和により最も安定化するイオン (Which ion is the most stabilized by hydration?)

解答欄 (Answers)

①				
答 (Answer)	理由 (Reason)			
②				
答 (Answer)	理由 (Reason)			
③	④	⑤	⑥	⑦
⑧	⑨	⑩	⑪	

2. 次の語句を説明せよ。(Explain the following terms.)

1) 固有欠陥 (intrinsic defects)

2) フェルミ準位 (Fermi level)

3) マリケンの電気陰性度 (Mulliken electronegativity)

4) ゲル電気泳動 (gel electrophoresis)

5) 原子間力顕微鏡 (atomic force microscope (AFM))

周期表の一部 (a part of periodic table of the elements)

Na	Mg											Al	Si	P
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi

2025 年 10 月, 2026 年 4 月入学 (October 2025 and April 2026 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2025 年 8 月 28 日実施 / August 28, 2025)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 3 (Problem 3) 続き (Continued)

3. 次の文章を読み, 以下の 1) と 2) の問いに答えよ。(Read the following text and answer questions of 1) and 2).)

アンモニアボランはルイス(①)であるアンモニアとルイス(②)であるボランが(③)結合した化合物であり, (④)の C-C 結合を B-N 結合で置き換えた構造をとる。(Ammonia borane is a compound formed with ammonia, which acts as a Lewis (①), and borane, which acts as a Lewis (②), by the (③) bond. It has an isostructure in which the C-C bond of (④) is replaced by a B-N bond.)

1) 文章中の①~④にあてはまる最も適切な語句を答えよ。(Answer the most appropriate word that fits each of ①~④ in the text.)

① ②

③ ④

2) アンモニアボラン中の B-H 結合と N-H 結合の長さを比べたとき, どちらが長いのかについて, そのようになる理由とともに答えよ。(Answer which bond is longer, the B-H bond or the N-H bond in ammonia borane, along with the reason.)

4. 次の a)~j) の化合物のうち, 酸化数が +3 となっている元素を含む化合物をすべて選べ。(Of the following compounds a)~j), answer all the compounds that contain element(s) with oxidation number of +3.)

a) AlF_3 b) GaCl_2 c) PbBr_2 d) TlI_3 e) Mn_3O_4 f) SrTaO_2N
 g) LaTiO_2N h) KMnO_4 i) $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ j) $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$

5. クロム(Cr) ($Z = 24$) の 4s 電子に対する有効核電荷(Z_{eff})をスレーター則によって計算せよ。(Calculate the effective nuclear charge (Z_{eff}) for the 4s electron(s) of chromium (Cr) ($Z = 24$) using Slater's rules.)

6. 弱酸の一色指示薬 HA (酸解離定数 $K_{\text{HA}} = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$) がある。 $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol}$ の HA を溶解させた酸性溶液に対してある塩基を加えて滴定した。溶液全量が $1.0 \times 10^2 \text{ cm}^3$ で呈色したときの pH を求めよ。ただし, 呈色は溶液中の $[\text{A}^-] = 5.0 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$ で生じるものとする。(A monochromatic indicator, HA, which is a weak acid with an acid dissociation constant $K_{\text{HA}} = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$, is used. A quantity of $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol}$ of HA is dissolved in an acidic solution, and the solution is titrated by adding a base. Calculate the pH at the point when the solution changes color, given that the total volume is $1.0 \times 10^2 \text{ cm}^3$. Assume that the color change occurs when the concentration of A^- in the solution reaches $5.0 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$.)

7. 二色指示薬 HX (酸解離定数 $K_{\text{HX}} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$) は $[\text{X}^-]/[\text{HX}]$ の値が 0.1~10 の範囲をとるとき, 溶液中の pH に応じて色が徐々に変化する。この変色域を pH の値で示せ。(A dichromatic indicator HX (acid dissociation constant $K_{\text{HX}} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$) gradually changes color depending on the pH of the solution when the ratio $[\text{X}^-]/[\text{HX}]$ is in the range of 0.1 to 10. Answer the pH range over which this color change occurs.)