

2020年10月, 2021年4月入学 (October 2020 and April 2021 Admission)
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)

(2020年8月27日実施 / August 27, 2020)

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はこの表紙を含み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 this front sheet.
- (2) Fill in your examinee's number in the specified positions in this front sheet and all the problem and answer sheets.
- (3) This examination booklet consists of problem sheets and answer sheets. Answer the problems in the specified positions.
- (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.

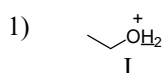
2020年10月, 2021年4月入学 (October 2020 and April 2021 Admission)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2020年8月27日実施 / August 27, 2020)

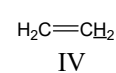
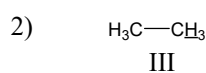
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

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

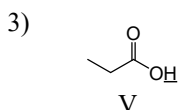
1. 次の組み合わせで、下線の位置についてどちらが強い酸かを化合物番号 (I~VIII) で記し、理由を簡単に説明せよ。必要に応じて、図を用いてもよい。(Which compound in each pair is more acidic at the underlined position? Answer with the compound number (I~VIII) and explain the reasons briefly. Figures may be added if necessary.)



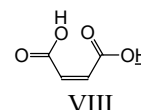
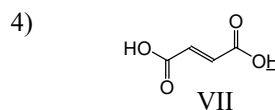
番号 (number):
理由 (reason):



番号 (number):
理由 (reason):



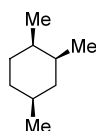
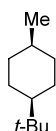
番号 (number):
理由 (reason):



番号 (number):
理由 (reason):

2. 次の問いに答えよ。(Answer the following questions.)

1) 以下の化合物について、それぞれの最も安定な椅形構造を示せ。すべての水素原子も省略しないこと。(Draw the most stable chair-conformation of the following compounds. All hydrogen atoms should be included.)



2) アニリンの共鳴構造をすべて書け。(Draw all resonance structures of aniline.)



3. 次の $\text{S}_{\text{N}}2$ 反応について、求核剤, 脱離基, 有機生成物, 遷移状態の構造を示し、溶媒極性を上げると反応速度はどのように影響され変化するかを簡単な理由とともに述べよ。(Draw the structures of the nucleophile, leaving group, organic product and transition state of the following $\text{S}_{\text{N}}2$ reaction and explain how and why the reaction rate changes when the solvent polarity is increased.)



求核剤 (nucleophile):

脱離基 (leaving group):

有機生成物 (organic product):

遷移状態 (transition state):

説明 (explanation):

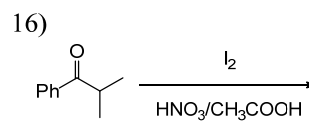
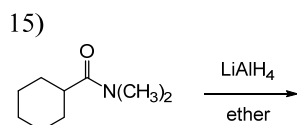
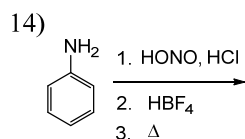
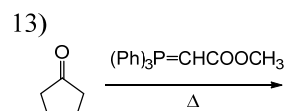
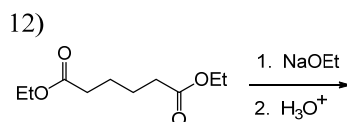
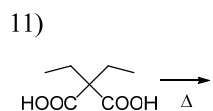
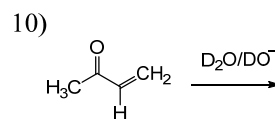
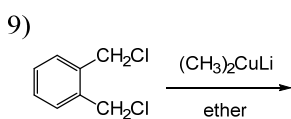
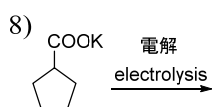
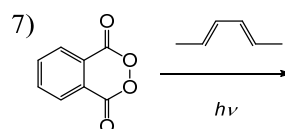
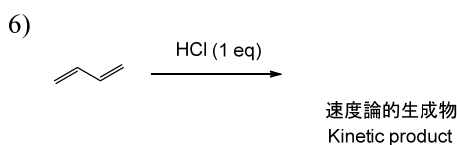
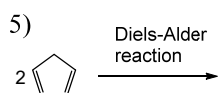
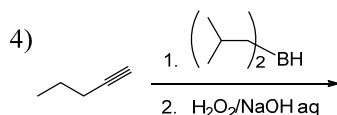
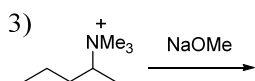
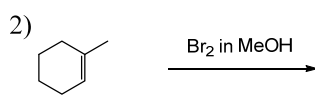
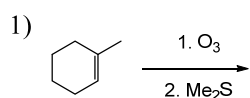
2020年10月, 2021年4月入学 (October 2020 and April 2021 Admission)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2020年8月27日実施 / August 27, 2020)

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化学式で示せ。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 products of the following reactions. Show the stereochemistry if necessary. When the products are chiral, draw only one of the enantiomers.)



5. なぜ塩基性条件ではヘミアセタールからアセタールが生成しないのか, 説明せよ。(Explain why acetals are not formed from hemiacetals under basic conditions.)

2020年10月, 2021年4月入学 (October 2020 and April 2021 Admission)
 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)

(2020年8月27日実施 / August 27, 2020)

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)

6. ヘキサメチレンジアミンとセバシン酸 ($\text{HOOC}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$)との重縮合により, ナイロン610 (ポリアミド-6,10)が得られる。この反応について以下の問いに答えよ。(Nylon 610 (polyamide-6,10) is obtained from the polycondensation of hexamethylenediamine and sebacic acid ($\text{HOOC}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$). Answer the following questions on this reaction.)

1) ナイロン610が生成する反応を化学反応式で示せ。(Draw a chemical equation for the synthesis of nylon 610.)

2) N_A モルのヘキサメチレンジアミンと N_B モルのセバシン酸 ($N_A/N_B = r, N_A \leq N_B$)を用いて重縮合によりナイロン610を合成したとき, ヘキサメチレンジアミンの反応度が p であったとする。このとき生成するポリマーの数平均重合度を仕込み比 r と反応度 p を用いて表す式を導け。(When nylon 610 was synthesized by polycondensation from N_A mol of hexamethylenediamine and N_B mol of sebacic acid ($N_A/N_B = r, N_A \leq N_B$), the degree of the reaction of the dicarboxylic acid was assumed as p . Derive the equation indicating the number-average degree of polymerization of the resulting polymer by using r and p .)

3) この反応において, $r = 1.00$ で $p = 0.99$ の場合に生成するポリマーの数平均分子量を有効数字2桁で答えよ。なお, 末端基は無視してよい。(When $r = 1.00$ and $p = 0.99$ in this reaction, answer the number-average molecular weight of the resulting polymer with two significant digits. The terminal groups can be ignored in the calculation.)

7. ジオール HO-R-OH とジイソシアナート OCN-R'-NCO との重付加によりポリウレタンが生成する反応を化学反応式で示せ。(Draw a chemical equation for the synthesis of polyurethane by the polyaddition of diol HO-R-OH and diisocyanate OCN-R'-NCO .)

8. 高密度ポリエチレンの方が低密度ポリエチレンよりも密度が高い理由を, それぞれの構造の違いに基づいて説明せよ。また, 高密度ポリエチレンと低密度ポリエチレンの合成法の違いを述べよ。(Explain the reason why high-density polyethylene has higher density than that of low-density polyethylene, based on the differences in their structures. Describe the differences in the synthetic method between high-density polyethylene and low-density polyethylene.)

2020年10月, 2021年4月入学 (October 2020 and April 2021 Admission)
 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)

(2020年8月27日実施 / August 27, 2020)

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. 次の語句を簡潔に説明せよ。(Explain the following technical terms clearly.)

- 1) 状態関数 (State function)
- 2) カルノーサイクル (Carnot cycle)
- 3) 束一的性質 (Colligative property)
- 4) マクスウェルの関係式 (Maxwell relation)
- 5) トルートンの規則 (Trouton's rule)

2. 273 K で 22.4 dm^3 から 70.0 dm^3 に等温可逆的に 2.00 mol のアルゴンを膨張させたときの熱量 q , 仕事 w , 内部エネルギー変化量 ΔU およびエンタルピー変化量 ΔH を求めよ。ただし, アルゴンは完全気体として振る舞うものとし, アルゴンの定圧熱容量 $C_p = 20.8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ および気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。(Calculate the heat quantity (q), the work (w), the change in internal energy (ΔU), and the change in enthalpy (ΔH) when 2.00 mol of argon is expanded isothermally and reversibly from 22.4 dm^3 to 70.0 dm^3 at 273 K . Assume that argon is a perfect gas. Use the constant-pressure heat capacity $C_p = 20.8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ for argon and the gas constant $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, if needed.)

3. モル定圧熱容量 $C_{p,m} = \frac{5}{2}R$ の単原子完全気体 3.00 mol を 303 K , 1.00 atm から 413 K , 4.00 atm に変化させた。この系のエントロピー変化量 ΔS を求めよ。ただし, 気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。(Calculate the change in entropy (ΔS) for the system when the state of 3.00 mol of a monoatomic perfect gas, for which the molar constant-pressure heat capacity $C_{p,m} = \frac{5}{2}R$, is changed from 303 K and 1.00 atm to 413 K and 4.00 atm . Use the gas constant $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, if needed.)

2020年10月, 2021年4月入学 (October 2020 and April 2021 Admission)
 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)

(2020年8月27日実施 / August 27, 2020)

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. 次の語句を詳しく説明せよ。(Explain the following technical terms in detail.)

1) 波動関数のボルンの解釈 (The Born interpretation of the wavefunction)

2) 振動運動する粒子のシュレーディンガー方程式 (Schrödinger equation of a particle doing harmonic motion)

5. 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 6.626×10^{-34} J s, アボガドロ定数は 6.022×10^{23} mol⁻¹, 電子の質量は 9.109×10^{-31} kg, 電気素量は 1.602×10^{-19} C, 光の速度は 2.998×10^8 m s⁻¹ とする。(Answer the following questions related to the quantum theory. Use Planck's constant: 6.626×10^{-34} J s, Avogadro constant: 6.022×10^{23} mol⁻¹, mass of an electron: 9.109×10^{-31} kg, elementary charge: 1.602×10^{-19} C, and speed of light: 2.998×10^8 m s⁻¹, if needed)

1) 金属セシウムの仕事関数は 2.14 eV である。波長 300 nm の光によって放出される電子の運動エネルギーと速さを計算せよ。(The work function of metallic cesium is 2.14 eV. Calculate the kinetic energy and the speed of the electron ejected by light with wavelength of 300 nm.)

2) 二原子分子である一酸化炭素 ¹²C¹⁶O の回転運動に関する以下の問いについて答えよ。(Answer the following questions about rotational motion of a heteronuclear diatomic molecule, carbon monoxide (¹²C¹⁶O)).

a) 一酸化炭素 ¹²C¹⁶O は波数 50.2 cm⁻¹ に回転の量子数 $J=12$ から $J=13$ への回転遷移による遠赤外吸収を持つ。この回転運動の慣性モーメントを求めよ。(Carbon monoxide (¹²C¹⁶O) shows far-infrared absorption with a wavenumber of 50.2 cm⁻¹ due to the rotation transition from $J=12$ to $J=13$, where J represents rotation quantum number. Calculate the moment of inertia of the molecule.)

b) この分子の結合長を求めよ。(Calculate the bond length of the molecule.)

2020年10月, 2021年4月入学 (October 2020 and April 2021 Admission)
 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)

(2020年8月27日実施 / August 27, 2020)

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. 次の括弧内の化合物の組み合わせの中から, 問いで求めるものを選び解答欄に記せ。また, ①, ②, ③については理由を述べよ。(Answer the questions by selecting the correct chemical species from the combinations given in parentheses. The correct chemical species should be given in the answer column. Answer the reasons for ①, ②, and ③.)

- ① (Ti^+ , V^{2+} , Cr^{3+}) 半径の最も大きいイオン (Which has the largest ionic radius?)
 ② (O_2 , O , N) 第一イオン化エネルギーの最も小さい化学種 (Which has the smallest first ionization energy?)
 ③ (CaCO_3 , MgCO_3 , CdCO_3) 分解温度が最も低い物質 (Which has the lowest decomposition temperature?)
 ④ (La^{3+} , Sm^{3+} , Lu^{3+}) 最もイオン半径の小さいイオン (Which has the smallest ionic radius?)
 ⑤ (Mg , Al , Sr) 第一イオン化エネルギーの最も大きい元素 (Which has the largest first ionization energy?)
 ⑥ (CH_4 , NH_3 , ClF_3) 結合角が一番大きな化学種 (Which has the largest bond angle?)
 ⑦ (RbI , LiCl , LiI) 水への溶解度が最も高い化合物 (Which has the highest solubility in water?)
 ⑧ (LiF , LiCl , LiBr) 融点の最も低い物質 (Which has the lowest melting point?)
 ⑨ (K , Ge , Br) 電子親和力の最も大きい元素 (Which has the highest electron affinity?)
 ⑩ (Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Cu^+) 八面体配位でヤーン-テラー歪みを示すイオン (Which ion shows Jahn-Teller distortion in an octahedral coordination?)
 ⑪ (Cr^{3+} , Cr^{2+} , Mn^{2+}) 高スピンの八面体配位にあつて, 結晶場安定化エネルギー(CFSE)で最も大きな安定化を受けるイオン (In an octahedral high spin configuration, which ion can be more stabilized by obtaining a crystal field stabilization energy (CFSE)?)
 ⑫ (Na , P , N) 電気陰性度の最も大きい元素 (Which has the highest electronegativity?)
 ⑬ (BF_4^- , XeF_4 , XeF_6) 平面構造の化学種 (Which has a planar molecular structure?)

解答欄 (Answers)

①				
答 (Answer)	理由 (Reason)			
②				
答 (Answer)	理由 (Reason)			
③				
答 (Answer)	理由 (Reason)			
④	⑤	⑥	⑦	⑧
⑨	⑩	⑪	⑫	⑬

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

- 1) ボルン - ハーバーサイクル (Born-Haber cycle)
 2) マーデルングポテンシャル (Madelung potential)
 3) ゼルーゲル法 (Sol-gel method)
 4) ルイス酸 (Lewis acid)

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

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

5) 等吸収点 (Isosbestic point)

2020年10月, 2021年4月入学 (October 2020 and April 2021 Admission)
 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)

(2020年8月27日実施 / August 27, 2020)

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. CO と N₂ は等電子構造を有する分子で, 両者の性質はよく似ている。しかし, 融点や沸点はいずれも CO のほうが高い。その理由を述べよ。(CO and N₂ are molecules with an isoelectronic structure, and they have very similar properties. However, the melting point and the boiling point of CO are higher than those of N₂. Answer the reason.)

4. ニクロム酸カリウム(K₂Cr₂O₇)とシュウ酸(H₂C₂O₄)は硫酸酸性溶液中で反応してCO₂を発生する。次の問いに答えよ。(Potassium dichromate (K₂Cr₂O₇) and oxalic acid (H₂C₂O₄) react in a sulfuric acid solution to generate CO₂. Answer the following questions.)

1) この反応を化学反応式で表せ。(Represent this reaction as a balanced chemical equation.)

2) この反応で 0.186 mol の CO₂ を発生させるのに必要な K₂Cr₂O₇ の質量 (g) を求めよ。ただし, K₂Cr₂O₇ のモル質量は 294.2 g mol⁻¹ とする。(Calculate the mass (g) of K₂Cr₂O₇ required to generate 0.186 mol of CO₂. The molar mass of K₂Cr₂O₇ is 294.2 g mol⁻¹.)

5. ブラベー格子とは3次元の結晶構造において存在する14種類の空間格子である。この中に「面心正方格子」が存在しない理由を述べよ。(Bravais lattice refers to the 14 different 3-dimensional configurations into which atoms can be arranged in crystals. Answer the reason why there is no "face-centered tetragonal lattice" in Bravais lattices.)

6. 標準状態における, ある弱酸 HA の溶媒抽出に関係した以下の問いに答えよ。(Answer the following questions related to the solvent extraction of a weak acid, HA under the standard conditions.)

1) HA の pK_a が 5.0 の場合, pH 3.0 の水溶液中における解離度を計算せよ。(Calculate the degree of dissociation in an aqueous solution at pH 3.0 when the pK_a of HA is 5.0.)

2) HA の分配係数 K_D は水相と有機相でのモル濃度の比, [HA]_o/[HA]_w で与えられる。K_D が 2.0 の場合に pH 1.0 の HA 水溶液に同体積の有機相を混合して HA の溶媒抽出を行った場合の抽出率を求めよ。(The distribution constant, K_D, of HA is given by the ratio of molar concentrations between aqueous and organic phases, [HA]_o/[HA]_w. Determine the fraction of extraction when the solvent extraction of HA is conducted from an aqueous solution of HA at pH 1.0 with the equivalent volume of organic phase. K_D of HA is 2.0.)

3) 分配比 D は水相と有機相でのモル濃度の比で与えられる。HA についての解離平衡を考え, D を K_D および [H⁺] を用いて表せ。(Distribution ratio, D, is given by the ratio of molar concentrations between aqueous and organic phases. Express D with K_D and [H⁺].)

4) D と K_D が等しくなる条件について述べよ。(Describe the condition where D is equivalent to K_D.)