

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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本されたもので, 解答は指定された箇所に記入してください。

Subject 1 Applied Chemistry I	Program (Applied Chemistry) (Specialization)	Examination Number	1M
----------------------------------	--	--------------------	----

1 (Problem) \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ (Threshold for Problem)

1. 1), 6) (I-X)

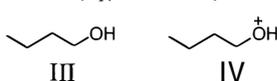
(Which compound in the pair is more reactive for the reaction? Answer with the compound number (I-X) and explain the reason briefly. Figures may be added if necessary.)

1) (solvolysis)



(number):  
(reason):

2) S<sub>N</sub>2 (S<sub>N</sub>2 reaction)



(number):  
(reason):

3) C-C (C-C bond homolysis)



(number):  
(reason):

4) (hydrogenation)



(number):  
(reason):

5) H<sub>+</sub> (electrophilic addition with H<sub>+</sub>)



(number):  
(reason):

6) Diels-Alder (Diels-Alder reaction with dienophile)



(number):  
(reason):

2. (raw format) (horizontal) Part of the UPAC

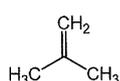
2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

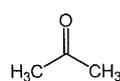
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題1 (Problem 1) 続き (Continued)

4. 次に示す二つの化合物のうちどちらの化合物が強い酸であるかを記号 (A または B) で記し, 共役塩基の共鳴構造を示し, 理由を説明せよ。(Which compound is more acidic? Answer with the letter (A or B) and explain the reason using resonance structures of the conjugate bases.)



A



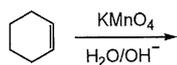
B

答え (answer):

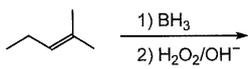
理由 (reason):

5. 次の 1)~16) 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 product in the following reactions 1)–16). Show the stereochemistry if necessary. When enantiomers are formed, draw only one of them.)

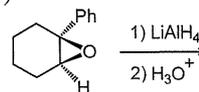
1)



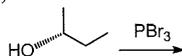
2)



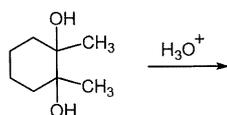
3)



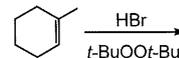
4)



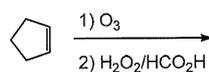
5)



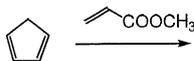
6)



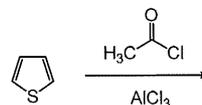
7)



8)



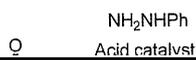
9)



10)



11)



12)



2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

試験科目	応用化学 (専門科目 I)	プログラム	応用化学	受験番号	
------	---------------	-------	------	------	--

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

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)

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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

- 1) 波長 300 nm の光子 1 個の当たりのエネルギーを計算せよ。(Calculate the energy per photon for radiation of wavelength of 300 nm.)
- 2) 静止状態にある電子を 1.00 V の電位差で加速したときのド ブローイ波長を計算せよ。(Calculate the de Broglie wavelength of an electron accelerated from rest through a potential difference of 1.00 V.)
- 3) <sup>35</sup>Cl<sub>2</sub> 分子の振動が, 力の定数が  $k = 329$  N m<sup>-1</sup> の調和振動子と等価であるとする, この分子の振動の零点エネルギーはいくらか計算せよ。(Assuming that the vibrations of a <sup>35</sup>Cl<sub>2</sub> molecule are equivalent to those of a harmonic oscillator with a force constant  $k = 329$  N m<sup>-1</sup>, calculate the zero-point energy of vibration of this molecule.)

- 4) 1 辺の長さが  $L$  の 1 次元の箱の中で量子数  $n = 4$  の状態にある粒子が一番よく存在する位置はどこかを示せ。(Indicate the most likely locations of a particle in a one-dimensional box of length of  $L$  in the state corresponding to quantum number  $n = 4$ .)

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

試験科目	応用化学 (専門科目 I)	プログラム	応用化学 (Applied Chemistry)	受験番号	
------	---------------	-------	-----------------------------	------	--

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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. 1族の Na, K, Rb と 2族の Mg, Ca, Sr の第一電子親和力とそれぞれ比較すると, いずれも 2族の元素のほうが小さい値をとる。その理由を述べよ。(Comparing the first electron affinities of Na, K, and Rb of group 1 with those of Mg, Ca, and Sr of group 2, the group 2 elements have smaller values. Answer the reason.)

4. プルシアンブルーは, 青色顔料などに用いられてきた物質である。次の問いに答えよ。(Prussian blue is a compound that has been used for blue pigments, etc. Answer the following questions.)

1) この物質の別名は ヘキサシアノ鉄(III)酸鉄(III) である

6. 100 mL の水道水を試料として,  $Mg^{2+}$  と  $Ca^{2+}$  イオンと錯形成する試薬を十分な量加えたところ, 着色した。この溶液に 20 mM の EDTA (ethylenediaminetetraacetate) 溶液を滴下したところ, 14 mL で溶液は無色になり終点となった。また, 同量の水道水に  $Ca^{2+}$  と選択的に錯形成する試薬を十分な量加え, 同様なキレート滴定を行ったところ 10 mL で終点となった。以下の問いに答えよ。(An excess amount of a reagent that complexed with  $Mg^{2+}$  and  $Ca^{2+}$  ions was added to a 100 mL of tap water, and the solution was colored. When the solution was titrated with a 20 mM EDTA (ethylenediaminetetraacetate) solution, the solution finally discolored at 14 mL. Additionally, similar chelate titration was carried out to the same amount of the tap water with the selective reagent for  $Ca^{2+}$  ion, and the end point of the titration was at 10 mL. Answer the following questions.)

1) キレート滴定の原理を簡単に説明せよ (Explain the principle of the chelate titration.)

2) 試料溶液中の  $Ca^{2+}$  イオン量 (mol) を求めよ。(Calculate

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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 Course) Entrance Examination

Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目Ⅱ) Applied Chemistry II	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 : 13時30分~15時00分 (Examination Time: From 13:30 to 15:00)

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11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) 3問中から1問選択し解答しなさい。なお, 選択した問題は, 下欄の表に○印を付して表示すること。
- (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 11 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 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.

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

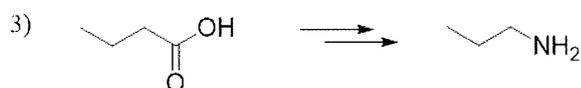
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 II) Applied Chemistry II	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--	------------------	--	---------------------------	---

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

1. 次の原料から目的物を選択的に与える合成経路を提案せよ。各段階における適切な反応剤も示せ。  
 (Propose a selective synthetic route for the product from the starting material. Describe the suitable reagents in each step.)

原料  
(starting material)

目的物  
(product)



2. 以下の分子式および IR,  $^1\text{H NMR}$  のスペクトルデータから推定される化合物の構造を示せ。(Draw the structure of a compound giving the following molecular formula and spectral data of IR and  $^1\text{H NMR}$ .)

1) Molecular formula:  $\text{C}_9\text{H}_9\text{BrO}_2$

IR ( $\text{cm}^{-1}$ ): 1721

$^1\text{H NMR } \delta$  (ppm): 7.89 (2H, d), 7.55 (2H, d), 4.36 (2H, q), 1.38 (3H, t)

2) Molecular formula:  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$

IR ( $\text{cm}^{-1}$ ): 1718

$^1\text{H NMR } \delta$  (ppm): 2.58 (1H, sep), 2.14 (3H, s), 1.11 (6H, d). sep は七重線を意味する。(sep represents septet.)

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

試験科目	応用化学 (専門科目Ⅱ)	プログラム	応用化学	受験番号	
------	--------------	-------	------	------	--

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)

広島大学大学院先進理工系科学研究科修士課程前期(一般選抜) 広島理工学部公開

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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

試験科目	応用化学 (専門科目Ⅱ)	プログラム	応用化学	受験番号	
------	--------------	-------	------	------	--

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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

試験科目 Subject	応用化学（専門科目Ⅱ） Applied Chemistry II	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. 混成軌道の概念を用いてメタン分子の構造を説明せよ。(Explain the structure of the methane molecule using the concept of the orbital hybridization.)

5. 水素 ( $H_2$ ), 塩素 ( $Cl_2$ ), そして塩化水素 ( $HCl$ ) の結合解離エネルギーはそれぞれ 4.52, 2.51, 4.47 eV である。水素および塩素のポーリングの電気陰性度の差を計算せよ。(The bond dissociation energies of hydrogen ( $H_2$ ), chlorine ( $Cl_2$ ), and

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

試験科目	応用化学 (専門科目Ⅱ)	プログラム	応用化学 (Applied Chemistry)	受験番号	
------	--------------	-------	-----------------------------	------	--

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 II) Applied Chemistry II	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3枚あります (Three sheets for Problem 3)

1. 酸化ストロンチウム SrO は立方晶の結晶構造をとり, 格子定数は,  $a=0.516\text{ nm}$  である。SrO の結晶構造は, 立方最密充填の陰イオンが作る八面体孔のすべてを陽イオンが占めたとみなせる。(The lattice constant of strontium oxide SrO (cubic crystal structure) is  $a=0.516\text{ nm}$ . The crystal structure of SrO consists of cubic close packed anions with the cations occupying all of the octahedral holes.)

1) この結晶構造の名前を答えよ。(Answer the name of this crystal structure.)

2) Sr と O の配位数を答えよ。(Answer the coordination numbers of Sr and O.)

Sr:                      O:

3) 最も短い Sr—Sr 原子間距離を答えよ。また, Sr—O 原子間距離のうち2番目に短い距離を答えよ。(Answer the shortest Sr—Sr interatomic distance. In addition, answer the second shortest distance of interatomic Sr—O distances.)

4) SrO 結晶の密度を計算せよ。Sr, O のモル質量はそれぞれ  $87.6, 16.0\text{ g mol}^{-1}$  とする。(Calculate the density of SrO crystal. Molar masses of Sr and O are  $87.6$  and  $16.0\text{ g mol}^{-1}$ , respectively.)

5) この結晶の格子のタイプを答えよ。(Answer the lattice type of this crystal structure.)

6) Cu  $K\alpha$  (波長  $0.154\text{ nm}$ ) を用いてこの結晶の粉末 X 線回折を測定するとき, 最も低角に現れる回折のミラー指数を答えよ。また, この回折のブラッグ角  $\theta$  を計算せよ。(When X-ray powder diffraction pattern of SrO is measured by using Cu  $K\alpha$  radiation (wavelength  $0.154\text{ nm}$ ), answer the Miller index of the reflection appearing at the lowest Bragg angle. Calculate the Bragg angle  $\theta$  of this reflection.)

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

1) パウリの排他原理 (Pauli exclusion principle)

2) 層状複水酸化物 (layered double hydroxide)

3) X 線光電子分光法 (X-ray photoelectron spectroscopy, XPS)

4) 熱重量分析 (thermal gravimetric analysis, TG)



2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目Ⅱ) Applied Chemistry II	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)

7. pH指示薬HAは変色域に $pK_a$ を持ち, 酸型(HA)と塩基型( $A^-$ )で異なる色を示す。 $pK_a$ が4.0である指示薬HAについて, 様々なpHの1.0 mMの溶液を調製し, 可視吸収スペクトル測定を行った。以下の問いに答えよ。ただし, 500 nmにおける酸型, 塩基型のモル吸光係数 $\varepsilon$  ( $M^{-1}cm^{-1}$ )をそれぞれ,  $\varepsilon_A = 1000$ ,  $\varepsilon_B = 2000$ とし, 測定には1.0 cmの光路長を持つガラスセルを用いるものとする。(A pH indicator, HA, has  $pK_a$  4.0 in the color-change interval, and the acid form (HA) and the base form ( $A^-$ ) show different colors. A series of 1.0 mM solutions of the indicator was prepared under the various pH conditions, and their visible photoabsorption spectra were measured. Answer the following questions. A glass cell of 1.0 cm optical path length was used, and molar absorption coefficient  $\varepsilon$  ( $M^{-1}cm^{-1}$ ) of the acid form and the base form were  $\varepsilon_A = 1000$  and  $\varepsilon_B = 2000$ .)

- 1) 指示薬の酸解離平衡定数 $K_a$ を表せ。ただしHAのモル濃度を $[HA]$ とする。(Express the acid dissociation constant  $K_a$  of the indicator. The molar concentration of HA is  $[HA]$ .)
- 2) pHと $pK_a$ の関係について解離度 $\alpha$ を用いて表せ。(Express the relationship between pH and  $pK_a$  with the degree of dissociation  $\alpha$ .)
- 3) 500 nmにおける溶液の吸光度 $A$ を $\varepsilon_A$ ,  $\varepsilon_B$ ,  $\alpha$ を用いて表せ。(Express the absorbance  $A$  of the solution at 500 nm using  $\varepsilon_A$ ,  $\varepsilon_B$  and  $\alpha$ .)
- 4) pH 4.0での $\alpha$ を求め, 500 nmにおける吸光度 $A$ を求めよ。(Answer  $\alpha$  at pH 4.0, and calculate  $A$  at 500 nm.)
- 5) pH 3.0での $\alpha$ を求め, 500 nmにおける吸光度 $A$ を求めよ。(Answer  $\alpha$  at pH 3.0, and calculate  $A$  at 500 nm.)