

## 問題用紙

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (Special Selection for International Students)

## Question Sheets

(2024年1月25日実施 / January 25, 2024)

試験科目 Subject	化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I	プログラム Program	化学工学 Chemical Engineering	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

- 問題用紙は表紙を含み7枚、解答用紙は表紙を含み7枚あります。
- 問題用紙及び解答用紙のそれぞれに、受験番号を記入してください。
- これは問題用紙です。解答は別冊の解答用紙に記入してください。
- 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方が合点の上としておくこと

(5)

(6)

(7)

(8)

6問中から3問選択し、日本語または英語で解答しなさい。なお、選択した問題は、解答用紙の表紙の選択欄に○印をつけなさい。(4問以上解答した場合には得点のより低い3問が採用されます。)

問題用紙は解答用紙とともに回収します。

問題中「図に書きなさい」という指示がある場合は、解答用紙に記入すること。

- 作図する場合、貸与された定規を使用しても差し支えない。
- 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

- There are **7 question sheets** and **7 answer sheets** including a front sheet.
- Fill in your examinee's number in the specified positions in this cover and each question and answer sheet.
- This examination booklet consists of only question sheets. Use other separate sheets for answers.
- 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.
- Select 3 specialized subjects among the following 6 specialized subjects and answer these questions in English or Japanese. Moreover, mark specialized subjects that you have selected with circles in the table given in the cover of the answer sheet. (If you select more than four specialized subjects, three specialized subjects of lower scores are adopted.)  
Return these question sheets together with the answer sheets.  
If given the instruction to draw a diagram, draw it on the answer sheets.  
You may use a rented ruler if you need one.  
Raise your hand if you have any questions.

2024年4月入学 (April 2024 Admission)

広島大学大学院先進理工学専攻修士課程前期 (外国人留学生特別選抜) 南明科日入学試験問題

- (1)  
(2)  
(3)  
(4)

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (Special Selection for International Students)

(2024年1月25日実施 / January 25, 2024)

試験科目 Subject	化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I	プログラム Program	化学工学 Chemical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	---	------------------	------------------------------	---------------------------	---

問題 1 (Question 1)

(4)  
燃焼装置を用いて、硫黄 100 kg/h が空気 (体積比  $O_2 : N_2 = 21 : 79$ ) で燃焼され、 $SO_2$  および  $SO_3$  が生成している。生成した  $SO_3$  は水と反応させて  $H_2SO_4$  として燃焼生成ガス中から除去されるため、 $SO_3$  は装置の出口ガス中には含まれない。出口ガスの組成は  $SO_2 : 15 \text{ mol}\%$ 、 $O_2 : 5 \text{ mol}\%$ 、 $N_2 : 80 \text{ mol}\%$  である。以下の間に答えよ。原子量は  $S=32$ 、 $O=16$ 、 $N=14$  とする。

$SO_3$  に酸化した S の割合 [%] を求めよ。

生成した  $SO_2$  の質量流量 [kg/h] を求めよ。

過剰空気率 [%] を求めよ。

(+) 標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ 、1 気圧) における出口ガス流量 [ $\text{m}^3/\text{min}$ ] を求めよ。

Sulfur of 100 kg/h is burned with air (volume ratio  $O_2 : N_2 = 21 : 79$ ) using a combustion equipment, and  $SO_2$  and  $SO_3$  are produced.  $SO_3$  is reacted with water, and removed as  $H_2SO_4$  from the combustion product gas. Therefore,  $SO_3$  is not contained in outlet gas in the equipment. The composition of outlet gas is as follows:  $SO_2 : 15 \text{ mol}\%$ ,  $O_2 : 5 \text{ mol}\%$ ,  $N_2 : 80 \text{ mol}\%$ . Answer the following questions. The atomic weight of each element is  $S=32$ ,  $O=16$ ,  $N=14$ .

(1) Calculate the ratio of sulfur [%], which is oxidized to  $SO_3$ .

(2) Calculate the mass flow rate of  $SO_2$  generated [kg/h].

(3) Calculate the excess air ratio [%].

Calculate the volume flow rate of outlet gas [ $\text{m}^3/\text{min}$ ] at standard state ( $0^\circ\text{C}$ , 1 atm).

2024年4月入学 (April 2024 Admission)

広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (外国人留学生特別選抜) 専門科目入学試験問題

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Programs), Hiroshima University

Entrance Examination Booklet (Special Selection for International Students)

(2024年1月25日実施 / January 25, 2024)

試験科目 Subject	化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I	プログラム Program	化学工学 Chemical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	---	------------------	---------------------------------	---------------------------	---

問題2 (Question 2)

in (1).

- (1) Hagen-Poiseuille 流れの速度分布を表わす式を、シェルバランス法、Navier-Stokes の式、あるいはその他の方法のいずれかを用いて導け。
- (2) (1)で得た式から、Hagen-Poiseuille 流れの平均速度を表す式を導け。
- (3) Hagen-Poiseuille 流れ中のせん断応力の半径方向分布を表す式を導け。

Answer the following questions. Define and use appropriate symbols for the relevant physical quantities.

- (1) Derive an equation that expresses the velocity distribution of the Hagen-Poiseuille flow by employing either the shell balance method, the Navier-Stokes equation, or any alternative approach.
- (2) Derive an equation for the average velocity of the Hagen-Poiseuille flow from the equation obtained
- (3) Derive an equation expressing the radial distribution of shear stress in the Hagen-Poiseuille flow.

## 2024年4月入学 (April 2024 Admission)

広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (外国人留学生特別選抜) 専門科目入学試験問題

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Programs), Hiroshima University

Entrance Examination Booklet (Special Selection for International Students)

(2024年1月25日実施 / January 25, 2024)

試験科目 Subject	化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I	プログラム Program	化学工学 Chemical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	---	------------------	------------------------------	---------------------------	---

## 問題3 (Question 3)

以下の問いに答えよ。

- (1) 純物質の  $\alpha$  相と  $\beta$  相の共存線の勾配を表す Clapeyron の式は a) 式で表される。ここで、 $\Delta H^{trs}$  と  $\Delta V^{trs}$  はそれぞれ相転移エンタルピーと相転移体積である。この式を導出せよ。

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H^{trs}}{T\Delta V^{trs}} \quad \text{a)}$$

- (2) 水の三重点は 273.16 K, 612 Pa であり、この点における固体の密度は  $0.917 \text{ g cm}^{-3}$ 、液体の密度は  $1.000 \text{ g cm}^{-3}$ 、融解エンタルピーは  $6.008 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。この点における融解曲線の勾配を求めよ。ただし、水のモル質量を  $18.015 \text{ g mol}^{-1}$  とする。
- (3) 圧力 101.3 kPa における水の沸点は 373.12 K であり、この点における蒸発エンタルピーは  $40.656 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。圧力が 200 kPa のときの沸点を推定せよ。

Answer the following questions:

- (1) The Clapeyron equation, which represents the slope of the coexistence line between  $\alpha$  and  $\beta$  phases for a pure substance, is expressed by equation a), where  $\Delta H^{trs}$  and  $\Delta V^{trs}$  are the enthalpy of phase transition and the volume of phase transition, respectively. Derive this equation.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H^{trs}}{T\Delta V^{trs}} \quad \text{a)}$$

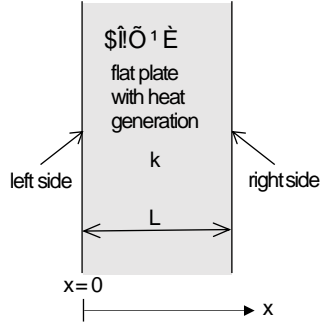
- (2) The triple point of water is 273.16 K, 612 Pa. At this point, the densities of solid and liquid phases are  $0.917 \text{ g cm}^{-3}$  and  $1.000 \text{ g cm}^{-3}$ , respectively, and the enthalpy of fusion is  $6.008 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Calculate the slope of the melting curve of water at the triple point. Use  $18.015 \text{ g mol}^{-1}$  for the molar mass of water.
- (3) The boiling point of water at the pressure of 101.3 kPa is 373.12 K, and the enthalpy of vaporization is  $40.656 \text{ kJ mol}^{-1}$  at this point. Estimate the boiling point at the pressure of 200 kPa.

Éâ±Û±Û7T >4#. d(O&É Û %É2&É \$ ^1"&i S ‡ >&¥\Ç\$ Û#Ö"194E± >' S6Û&É% ° Û0è9, e8Y  
 \*UDGXDWH 6FKRRO RI \$GYDSEB G W B U N S Q E H L R Q V K ( Q J L Q H H I V )  
 (QWUDQFH ([DPLQHH I V )  
 >& ° v ¥ < -DQXDU \ >'

0è9,&É% 6 XEM	iÛdÛ >& S6Û&É% &KHPLFDO (Q	ÉBçÛÒ 3URJUU	iÛdÛ &KHPLF (QJLQH	w9\$ • ([DPLQHH I V )	0
------------------	-------------------------------	-----------------	--------------------------	--------------------------	---

e8Y > 2 & 4 X H V W L R Q

Wb|:\_ LI / !Ö \_"á@ Nb!7H\_ È8 1È@ ")/ ")iè\ S~ + b!Ö  
 5 [ \$!ÖK Z8 • !Öc 1Èb [%o¥bs\_#ÖL 1Èbg 8 \_>E•Pv !Öc !Öi  
 [A • rS !Ö \_"á NcM \M• -"gÅ\KZ èWbe8\_Å< |



- (1) 1Èg8 b Ø @7z\^WZ 8 • \A π' / Æb!Öp-†f<•G\\_|~  
1È Æb Ø(x'†Óu|
- (2) b\A 1È Æ\_>E•q9x Ø 7PD[†²M'†\_ O|
- (3) 1È e8 b Ø @7 1È 8 b Ø @7\^WZ 8 • >&7!7>' \A 1È Æb  
Ø(x'†Óu|
- (4) b\A 1È Æ\_>E•q9x Ø 7PD[†²M'†\_ O|
- (5) b\A !Öv° T[†)\*( [b6öX\KZ²O

\$V VKRZQLQ WKH ILJXUH DQ LQDIOG WKH UZDQFH FCBWISQBYDWSBFRXOLWNR  
 DQG XQLW WLPH +HDW[ WLUHCFWHBQR RF XUK/HRSODWLQ WUHQHFRKQYHSODLWYHH IKV  
 7KH WKHUPDOLFRQGXFMIGYWR\ EH FRQVWDQW 8QGHU VWHDG\ VWDWH FRQ

- (1) : KHQ WKH WHPSHUDWXUH RQIEGQWKKHGMNPSIHWBMXOIBVGSODWLEKWLRQ  
KHDW EDODQFHOBQHWKH YROXPH
- (2) ,Q WKH FDC HURLYH DQ H[SUHVVLRQ 7R UQWKKHPDQDPXBSODHPSHUDWXUH
- (3) :KHQ WKH WHPSHUDWXUH RT DQGIWKHWWHLFCHRIDW XUHI QDWWISODMLKQWVK  
WHPSHUDWXUH GLVWULEXWLRQ HTXDWLRQ LQ WKH IODW SODWH
- (4) ,Q WKH FDC HURLYH DQ H[SUHVVLRQ 7R UQWKKHPDQDPXBSODHPSHUDWXUH
- (5) ,Q WKH FDC HURLYH WKBKEDWQIQMILRQ RISRVLWLRQ





2024年4月入学 (April 2024 Admission)

広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (外国人留学生特別選抜) 専門科目入学試験問題

# 問題用紙

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (Special Selection for International Students)

## Question Sheets

(2024年1月25日実施 / January 25, 2024)

試験科目 Subject	化学工学 (専門科目 II) Chemical Engineering II	プログラム Program	化学工学 Chemical Engineering	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) 問題用紙は表紙を含み2枚, 解答用紙は表紙を含み2枚あります。
- (2) 問題用紙及び解答用紙のそれぞれに, 受験番号を記入してください。
- (3) これは問題用紙です。解答は別冊の解答用紙に記入してください。
- (4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)



2024年4月入学 (April 2024 Admission)

広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (外国人留学生特別選抜) 専門科目入学試験問題

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Programs), Hiroshima University

Entrance Examination Booklet (Special Selection for International Students)

(2024年1月25日実施 / January 25, 2024)

試験科目 Subject	化学工学 (専門科目 II) Chemical Engineering II	プログラム Program	化学工学 Chemical Engineering	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	---	------------------	---------------------------------	---------------------------	---

The concept of Industry 5.0 (the Fifth Industrial Revolution) involves integrating environmental friendliness and sustainability into Industry 4.0, which uses digital technologies such as Artificial Intelligence and IoT (Internet of Things) for industrial transformation. Discuss the manufacturing processes of chemical products in accordance with the concepts of Industry 5.0. (about 300 words)