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 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

(1) 問題用紙は<u>表紙を含み7枚</u>，解答用紙は<u>表紙を含み7枚</u>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) 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) [illegible]
(6) [illegible]
(7) [illegible]
(8) [illegible]

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〇印をつけなさい。(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。
(8) 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。
(9) 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 **<u>7 question sheets</u>** and **<u>7 answer sheets</u>** including a front sheet.
(2) Fill in your examinee's number in the specified positions in this cover and each question and answer sheet.
(3) This examination booklet consists of only question sheets. Use other separate sheets for answers.
(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) 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）

[redacted]

(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 mol%、O_2 : 5 mol%、N_2 : 80 mol%である。以下の問に答えよ。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。

(4) 標準状態（0°C、1 気圧）における出口ガス流量 [m^3/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 mol%, O_2 : 5 mol%, N_2 : 80 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 [m^3/min] at standard state (0°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）

[redacted] in (1). [redacted]

(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.

[redacted]

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α相とβ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、ΔH^{trs}とΔV^{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。

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

(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 g cm^{-3}、液体の密度は1.000 g cm^{-3}、融解エンタルピーは6.008 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 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 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 α and β phases for a pure substance, is expressed by equation a), where ΔH^{trs} and ΔV^{trs} are the enthalpy of phase transition and the volume of phase transition, respectively. Derive this equation.

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

(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 g cm^{-3} and 1.000 g cm^{-3}, respectively, and the enthalpy of fusion is 6.008 kJ mol^{-1}. Calculate the slope of the melting curve of water at the triple point. Use 18.015 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 kJ mol^{-1} at this point. Estimate the boiling point at the pressure of 200 kPa.

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）

[redacted]

(2)

[redacted]

(3)

[redacted]

(4)

[redacted]

(1)

[redacted]

(4)

[redacted]

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6 （Question 6）

メタノール/水混合液（供給濃度：メタノール30 mol%、流量：100 kmol/s、温度：沸点）がフラッシュ蒸留塔（図1）あるいは連続蒸留塔（図2）で分離される。1 atm における気液平衡（温度：T、メタノール液相モル分率：x、気相モル分率：y）は解答用紙に与えられている。

(1) フラッシュ蒸留塔により25 kmol/s で留出液を得る。平衡線図（解答用紙の図1）を用いて、塔頂および塔底での組成、およびフラッシュ蒸留塔の温度を求めよ。

(2) 連続蒸留で塔頂からメタノール95 mol%を25 kmol/s で留出液を得る。還流比 R を2とする。平衡線図（解答用紙の図2）を用いて

McCabe-Thiele の作図法により所要理論段数および原料供給段を求めよ。また、供給段の温度，液相の組成，気相の組成を求めよ。

(3) 蒸留塔の必要エネルギーを求めたい。簡単のために、顕熱は潜熱に比べて無視できるものとし、モル蒸発潜熱 λ (=30 kJ/mol)は組成によらず一定とする。凝縮器での冷却熱量 q_c [kJ/s]、および加熱器での加熱量 q_h [kJ/s]を、(1)のフラッシュ蒸留塔、および(2)の連続蒸留塔の場合でそれぞれ求めよ。

A liquid mixture of methanol/ water (methanol: 30 mol%, flow rate: 100 kmol/s, temperature: boiling point) is to be continuously separated either in flash distillation (Fig. 1) or continuous distillation (Fig. 2). Vapor-liquid equilibrium data at 1 atm are given in the answer sheet (T: temperature; x: methanol mole fraction in liquid phase, y: methanol mole fraction in gas phase).

(1) 25 kmol/s of distillate is to be separated by flash distillation column. Using the equilibrium diagram (Fig. 1 on the answer sheet), determine the composition at the top and bottom of the column and the temperature of the flash distillation column.

(2) 25 kmol/s of distillate (methanol: 95 mol%) is to be obtained by continuous distillation from the top of the column. The reflux ratio R is 2.

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<u>表紙を含み2枚</u>，解答用紙は<u>表紙を含み2枚</u>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) [redacted]

(4) 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。

[redacted]

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

[redacted]

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 AI (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)

第5次産業革命とは、AI (Artificial Intelligence) や IoT (Internet of Things) などのデジタル技術を利用して産業変革を行う第4次産業革命に、環境への配慮や持続可能性を加えた概念である。第5次産業革命の概念に則った化学製品の製造プロセスについて論ぜよ。（800字程度）