

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

(2020年1月21日実施 / January 21, 2020)

試験科目 Subject	試験科目名 (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) 問題用紙は表紙を含み6枚、解答用紙は表紙を含み6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) 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) 5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、下欄の表に○印を付して表示すること。
- (6) 問題用紙は解答用紙とともに回収します。
- (7) 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

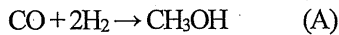
- (1) There are **6 question sheets** and **6 answer sheets** including a front sheet.
- (2) Fill in your examinee's number in the specified positions in this cover and each question and answer sheet.
- (3) This examination booklet consists of only question sheets. Use other separate sheets for answers.
- (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 5 specialized subjects and answer these questions in English or Japanese. Moreover, mark specialized subjects that you have selected with circles in the Mark column in the Table given below.
- (6) Return these question sheets together with the answer sheets.
- (7) If given the instruction to draw a diagram, draw it on the answer sheet.
- (8) You may use a rented ruler if you need one.
- (9) Raise your hand if you have any questions.

問題番号 Question Number	1	2	3	4	5
選択 Selection					

試験科目 Subject	試験科目名 (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)

一酸化炭素と水素からメタノールを合成する。反応器では次の反応が起こっている。



反応器に 400 K の原料が 100 kmol/h で供給され、その組成は CO: 30 mol%、H₂: 68 mol%、CH₄: 2 mol% である。CH₄ は反応に関与しない。生成物は反応器から 600 K で排出され、生成ガス中の H₂ のモル流量は 54 kmol/h である。Table 1 に物質の熱化学物性を示す。次の各問いに答えよ。

- (1) 反応器から排出されるガスの各成分のモル流量 [kmol/h] および組成 [mol%] を求めよ。
- (2) 一酸化炭素 (CO) の転化率 [%] を求めよ。
- (3) 反応式(A)の標準反応熱 [kJ/mol] を求めよ。
- (4) 反応式(A)の 600 K における反応熱 [kJ/mol] を求めよ。
- (5) 反応器から排出されるガスのエンタルピー [MJ/h] を求めよ。

Methanol is produced by carbon monoxide and hydrogen. In a reactor, the following reaction occurs.



The raw materials of 400 K are supplied to the reactor at 100 kmol/h, and the composition of the materials is as follows; CO: 30 mol%, H₂: 68 mol% and CH₄: 2 mol%. CH₄ does not react in the reactor. The products are discharged from the reactor at 600 K and the molar flow rate of H₂ in the gases is 54 kmol/h. Table 1 shows the thermochemical properties of the materials. Answer the following questions.

- (1) Calculate the molar flow rate [kmol/h] and the composition [mol%] of each gas discharged from the reactor.
- (2) Calculate the conversion of carbon monoxide (CO) [%].
- (3) Calculate the standard heat of reaction [kJ/mol] for the reaction (A).
- (4) Calculate the heat of reaction [kJ/mol] at 600 K for the reaction (A).
- (5) Calculate the enthalpy [MJ/h] of gasses discharged from the reactor.

Table 1 熱化学物性 Thermochemical properties

	状態 state at 1 atm, 298.15 K	標準生成熱 standard heat of formation ΔH_f° [kJ/mol]	蒸発潜熱 latent heat of vaporization L_v° (at 298.15 K) [kJ/mol]	平均分子熱 $\overline{C_p}$ average molar heat at constant pressure	
				298.15 K ~400 K [J/(mol·K)]	298.15 K ~600 K [J/(mol·K)]
CO	Gas	-110.6	0	29.2	29.5
H ₂	Gas	0	0	29.0	29.2
CH ₄	Gas	-74.5	0	38.5	44.0
CH ₃ OH	Liquid	-239.1	37.5	49.0	56.5

試験科目 Subject	試験科目名 (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)

流体内に、各辺の長さがそれぞれ Δx , Δy , Δz の微小な六面体 (x, y, z は直交座標系での座標) を考え、以下の間に答えよ。

- (1) この六面体に関する x 方向の運動量と力の収支式を表し、 $\Delta x, \Delta y, \Delta z \rightarrow 0$ とすることにより、 x 方向の運動量・力に対する運動方程式を導け。解答には、以下の記号を用いよ。

t : 時刻、 v_i : 速度、 p : 圧力、 g_i : 重力加速度、 ρ : 流体密度、 μ : 流体粘度、 τ_{ij} : 運動量流束

(添字 i, j には、それぞれ x, y, z のいずれかが入る)

- (2) この流体を非圧縮性ニュートン流体とみなし、(1)で得られた式の中の運動量流束 τ_{ij} を、粘性に関する Newton の法則を用いて粘度と速度勾配で表せ。
- (3) 非圧縮性流体に対する連続の式を記せ (導出の必要は無い)。
- (4) (1)~(3)の解答を用いて、非圧縮性ニュートン流体に対する x 方向の Navier-Stokes の式を導け。

Consider a small hexahedral space of Δx , Δy , and Δz in length of each side (x, y , and z are the coordinates in a Cartesian coordinate system) in a fluid. Answer the following questions.

- (1) Express the balance equation for the momentum and force in the x direction with respect to the space. Then derive the equation of motion for the x direction by setting $\Delta x, \Delta y, \Delta z \rightarrow 0$. Use the following symbols in the answer:

t : time, v_i : velocity, p : pressure, g_i : acceleration of gravity, ρ : density of fluid, μ : viscosity of fluid,

τ_{ij} : momentum flux

(each of the subscripts, i and j , is substituted by x, y , or z)

- (2) Assume here that the fluid is an incompressible Newtonian fluid. Express the momentum fluxes, τ_{ij} , in the equation obtained in (1) using the viscosity and velocity gradient, following the Newton's law of viscosity.
- (3) Write the equation of continuity for an incompressible fluid (you do not need to "derive" the equation).
- (4) Derive the Navier-Stokes equation for the x direction for an incompressible Newtonian fluid using the answers of (1)–(3).

2020年4月入学 (April 2020 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

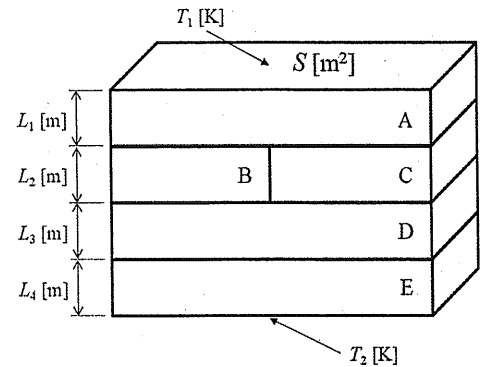
Entrance Examination Booklet (Special Selection for International Students)

(2020年1月21日実施 / January 21, 2020)

試験科目 Subject	試験科目名 (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)

図に示すような熱伝導率の異なる5枚の平板からなる多層平板の一次元定常熱伝導を考える。以下の間に答えよ。ただし、平板A、B、C、D、Eの熱伝導率はそれぞれ k_A 、 k_B 、 k_C 、 k_D 、 k_E とし、平板の厚みはそれぞれ L_1 、 L_2 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、両端の平板表面温度は T_1 、 T_2 ($T_1 > T_2$) とする。また、図に示すように平板A、B、C、D、Eの断面積はそれぞれ S 、 $S/2$ 、 $S/2$ 、 S 、 S とする。



- (1) 各平板における熱伝導による熱抵抗 R_A 、 R_B 、 R_C 、 R_D 、 R_E [K/W]を表す式を求めよ。
- (2) 総括熱抵抗 R を表す式を求めよ。
- (3) 平板Aを通過する熱流束 q を表す式を求めよ。
- (4) $k_A = 1.0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $k_B = 0.55 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $k_C = 0.70 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $k_D = 0.15 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $k_E = 1.25 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $L_1 = 0.06 \text{ m}$, $L_2 = 0.12 \text{ m}$, $L_3 = 0.05 \text{ m}$, $L_4 = 0.05 \text{ m}$, $T_1 = 453 \text{ K}$, $T_2 = 293 \text{ K}$, $S = 0.1 \text{ m}^2$ として、平板Eを通過する熱量 Q [J/s]を計算せよ。

As shown in the figure, we consider a one-dimensional, steady-state heat conduction for a multilayered-plate consisting of five plates with different thermal conductivity. Answer the following questions. The thermal conductivities of plates A, B, C, D, and E are k_A , k_B , k_C , k_D , and k_E , respectively. The thickness of plates A, B, C, D, and E are L_1 , L_2 , L_2 , L_3 , and L_4 , respectively. The temperatures at both edges of multilayered-plate are T_1 and T_2 ($T_1 > T_2$), respectively. As shown in the figure, the cross-sectional areas of plates A, B, C, D, and E are S , $S/2$, $S/2$, S , and S , respectively.

- (1) Derive the equations which express a thermal resistance by heat conduction R_A , R_B , R_C , R_D , and R_E [K/W] for each plate.
- (2) Derive the equation which expresses an overall thermal resistance R for the multilayered-plate.
- (3) Derive the equation which expresses a heat flux q passing through the plate A.
- (4) Calculate a heat transfer rate Q [J/s] passing through the plate E when $k_A = 1.0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $k_B = 0.55 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $k_C = 0.70 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $k_D = 0.15 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $k_E = 1.25 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $L_1 = 0.06 \text{ m}$, $L_2 = 0.12 \text{ m}$, $L_3 = 0.05 \text{ m}$, $L_4 = 0.05 \text{ m}$, $T_1 = 453 \text{ K}$, $T_2 = 293 \text{ K}$, $S = 0.1 \text{ m}^2$.

2020年4月入学 (April 2020 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)

(2020年1月21日実施 / January 21, 2020)

試験科目 Subject	試験科目名 (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 4 (Question 4)

メタノール (成分 1) と水 (成分 2) の等モル混合気体の $T=423.15\text{ K}$ 、 $P=304.0\text{ kPa}$ におけるエンタルピーとエントロピーを求めたい。ただし、基準状態は $T_0=273.15\text{ K}$ 、 $P_0=101.3\text{ kPa}$ における純液体とし、このときのエンタルピーとエントロピーの値を 0 とする。また、気体は理想気体としてよい。なお、必要に応じて下表の物性値を使用せよ。

- (1) 混合物 1 mol 当たりのエンタルピーおよびエントロピーを求める式を示せ。
- (2) 混合物 1 mol 当たりのエンタルピーおよびエントロピーの値を求めよ。ただし、計算の過程を詳細に示すこと。

Consider the calculation of enthalpy and entropy of an equi-molar gaseous mixture of methanol (component 1) and water (component 2) at $T=423.15\text{ K}$ and $P=304.0\text{ kPa}$. Reference state is pure liquid at $T_0=273.15\text{ K}$ and $P_0=101.3\text{ kPa}$, and the values of enthalpy and entropy are zero in this state. Gas phase can be assumed as an ideal gas. Use the following physical properties shown in Table below, if needed.

- (1) Show the equations to obtain the enthalpy and entropy of 1 mole of the mixture.
- (2) Calculate the values of the enthalpy and entropy of 1 mole of the mixture. Show calculation process in detail.

物性 property ($i=1, 2$)	メタノール methanol (1)	水 water (2)
通常沸点 normal boiling point $T_{b,i}$ [K]	337.66	373.12
通常沸点における蒸発エンタルピー enthalpy of evaporation at normal boiling point $\Delta H_{m,i}^{evp}$ [kJ·mol ⁻¹]	35.219	40.647
液体の定圧熱容量 heat capacity of liquid at constant pressure $C_{P,m,i}^L$ [J·K ⁻¹ ·mol ⁻¹] = $a_i + b_i \cdot T$, T [K]	$16.639 + 0.2149T$	$75.990 - 2.3429 \times 10^{-3}T$
気体の定圧熱容量 heat capacity of ideal gas at constant pressure $C_{P,m,i}^*$ [J·K ⁻¹ ·mol ⁻¹] = $a'_i + b'_i \cdot T + c'_i \cdot T^2$, T [K]	$14.859 + 104.82 \times 10^{-3}T - 30.054 \times 10^{-6}T^2$	$30.204 + 9.933 \times 10^{-3}T + 1.117 \times 10^{-6}T^2$

2020年4月入学 (April 2020 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)

(2020年1月21日実施 / January 21, 2020)

試験科目 Subject	試験科目名 (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 5 (Question 5)

ある反応装置において気-固触媒反応 ($A+B \rightarrow C$) を行う。この反応は Langmuir-Hinshelwood 機構に従い、反応速度定数 k [$\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g-catalyst}^{-1}$] とする触媒表面での反応 ($A(\text{adsorbed}) + B(\text{adsorbed}) \rightarrow C(\text{adsorbed})$) が律速段階である。また、生成した成分 C は直ちに触媒表面から脱着する。以下の間に答えよ。

- (1) 吸着平衡状態における気相中の成分 A、B の分圧 p_A 、 p_B [Pa] を用いて成分 C の生成速度を表せ。
- (2) この反応を 473 K にて行ったところ、反応速度定数 k は $2.25 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g-catalyst}^{-1}$ であった。また、この反応の活性化エネルギー E が $54.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ である場合、523 K における反応速度定数 k [$\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g-catalyst}^{-1}$] を推定せよ。

A gas-solid catalyst reaction ($A + B \rightarrow C$) is carried out in a reactor. This reaction follows a Langmuir-Hinshelwood mechanism, and the rate-controlling step is a catalyst surface reaction ($A(\text{adsorbed}) + B(\text{adsorbed}) \rightarrow C(\text{adsorbed})$) with a reaction rate constant k [$\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g-catalyst}^{-1}$]. The component C desorbs from the catalyst surface immediately after its production. Answer the following questions.

- (1) Show the formation rate of the component C using the partial pressure of components A and B: p_A and p_B [Pa] under the adsorption equilibrium condition.
- (2) When this reaction was carried out at 473 K, the reaction rate constant k was $2.25 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g-catalyst}^{-1}$. Assuming $54.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ of the activation energy for this reaction, estimate the reaction rate constant k [$\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g-catalyst}^{-1}$] at 523 K.

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

(2020年1月21日実施 / January 21, 2020)

試験科目 Subject	試験科目名 (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) 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) 全問に日本語または英語で解答しなさい。
- (6) 問題用紙は解答用紙とともに回収します。
- (7) 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 **2 question sheets** and **2 answer sheets** 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) Answer all the questions in English or Japanese.
- (6) Return these question sheets together with the answer sheets.
- (7) If given the instruction to draw a diagram, draw it on the answer sheet.
- (8) You may use a rented ruler if you need one.
- (9) Raise your hand if you have any questions.

2020年4月入学 (April 2020 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)

(2020年1月21日実施 / January 21, 2020)

試験科目 Subject	試験科目名 (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
-----------------	--	------------------	---------------------------------	---------------------------	---

小論文 Short essay

化学産業における以下の項目について論ぜよ。

- (1) 微粒子を材料として研究する意義 (400字程度)
- (2) 微粒子の環境への影響と対策 (400字程度)

Discuss the following subjects in chemical industries.

- (1) Necessities and significance of studying fine particles as materials. (about 150 words)
- (2) Environmental impact of fine particles and its countermeasures. (about 150 words)