

問題用紙

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

Question Sheets

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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) 問題1-5の5問中から4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。(5問解答した場合には得点のより低い4問が採用されます。)
- (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、貸与する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 cover 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 four specialized subjects among the following five 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 five specialized subjects, four specialized subjects of lower scores are adopted.)
- (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 the approved ruler if you need one.
- (9) Raise your hand if you have any questions.

2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and April 2023 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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)

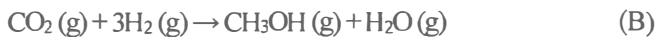
一酸化炭素, 二酸化炭素, 水素からメタノールを合成する。反応器では次の反応が起こっている。



反応器に 510 K の原料が 100 kmol/h で供給され, その組成は CO: 20 mol%, CO₂: 10 mol%, H₂: 69 mol%, CH₄: 1 mol% である。CH₄ は反応に関与しない。生成物は反応器から 550 K で排出され, CO, CO₂ の転化率はそれぞれ 80%, 70% である。Table 1 に物質の熱化学物性を示す。モル熱容量は一定とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 排出ガスの各成分のモル流量 [kmol/h] を求めよ。
- (2) 反応式(B)の標準反応熱 [kJ/mol] を求めよ。
- (3) 反応式(A)の 550 K における反応熱 [kJ/mol] を求めよ。
- (4) 反応器からの熱の除去速度 [MJ/h] を求めよ。

Methanol is produced by carbon monoxide, carbon dioxide and hydrogen. In a reactor, the following reactions occur.



The raw materials of 510 K are supplied to the reactor at 100 kmol/h, and the composition of the materials is as follows; CO: 20 mol%, CO₂: 10 mol%, H₂: 69 mol%, CH₄: 1 mol%. CH₄ does not react in the reactor. The reactants are discharged from the reactor at 550 K and the conversions of carbon monoxide and carbon dioxide are 80% and 70%, respectively. Table 1 shows the thermochemical properties of the materials. Molar heat of each material was assumed to be constant. Answer the following questions.

- (1) Calculate the molar flow rate [kmol/h] of each gas leaving from the reactor.
- (2) Calculate the standard heat of reaction [kJ/mol] for the reaction (B).
- (3) Calculate the heat of reaction at 550 K [kJ/mol] for the reaction (A).
- (4) Calculate the removal rate of heat [MJ/h] from the reactor.

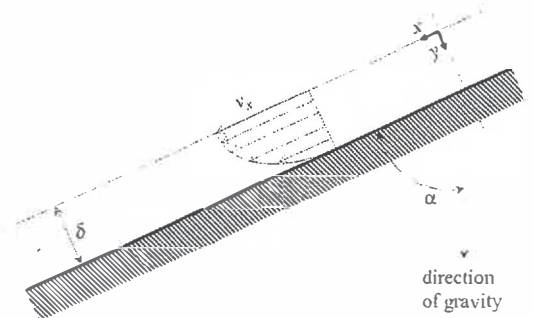
Table 1 熱化学物性 Thermochemical properties

	状態 state at 298.15 K	標準生成熱 of formation ΔH_f° [kJ/mol]	蒸発潜熱 latent heat of vaporization L_v° (at 298.15 K) [kJ/mol]	モル熱容量 (気体) molar heat capacity of gas at constant pressure C_p [J/(mol·K)]
CH ₄	Gas	-74.5	—	42.6
CO	Gas	-110.6	—	29.7
CO ₂	Gas	-393.5	—	41.8
H ₂	Gas	0	—	28.9
CH ₃ OH	Liquid	-239.1	37.5	54.8
H ₂ O	Liquid	-285.8	44.0	34.7

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)

図に示したように, 傾斜した平らな壁面上に不揮発性・非圧縮性の等温ニュートン流体 (密度 ρ , 粘度 μ の液体) が重力によって流れている。この流れは十分に発達した定常層流であり, 厚み δ の液膜を形成している。ここで, xy 座標系の向きと原点を図に示したとおり設定する。重力 (重力加速度の絶対値を g とする) の向き, 平板の傾斜角度 α も図中に示している。 z 軸 (x 座標軸と y 座標軸に直交) 方向には, 流体の速度と圧力は変化していない。以下の問いに答えよ。



- (1) 式(A)は, Navier-Stokes の式のひとつである (t : 時刻, v_i : i 方向速度, p : 圧力, g_i : 重力加速度ベクトルの i 方向成分)。題意にしたがって, 式(A)中で不要な項をすべて消去し, さらに g_x を g_x 以外の与えられた変数で表現し, 得られた簡略化した式を示せ。

$$\rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) + \rho g_x \quad (\text{A})$$

- (2) (1)で得られた微分方程式を, この流れに対する適切な境界条件のもとで解け。
 (3) 流れの幅 W (z 軸方向) あたりの流量 Q を求めよ。
 (4) δ を半分にするためには, Q を何倍にすれば良いか。

As shown in the figure, nonvolatile, incompressible, and isothermal Newtonian fluid (liquid of density ρ and viscosity μ) is flowing on an inclined flat wall due to gravity. The flow is a fully developed steady-state laminar flow and forms a liquid film of δ in thickness. The directions and origin of the x and y coordinates are set as shown in the figure. The direction of gravity (the absolute value of the acceleration due to gravity: g) and the angle of inclination α are also included in the figure. There are no changes of fluid velocity and pressure in the direction of the z -axis (normal to the x - and y -axes). Answer the following questions.

- (1) Equation (A) is one of the Navier-Stokes equations (t : time, v_i : velocity in i -direction, p : pressure, g_i : i -direction component of the vector of acceleration due to gravity). Show a simplified equation that is obtained by eliminating all unnecessary terms and replacing g_x by the other given valuables for Eq. (A), following those described above.

$$\rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) + \rho g_x \quad (\text{A})$$

- (2) Solve the differential equation obtained in (1) with the appropriate boundary conditions for the flow.
 (3) Obtain the flow rate per width W (in the z -direction) of the flow, Q .
 (4) How many times must Q be multiplied to in order for δ to be halved?

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)

(1) 固体円筒内の熱伝導を考える。この円筒は発熱や吸熱はしていない。以下の問いに答えよ。

1-1) 円筒内に図1に示すような円筒座標 (r, θ, z) をとり、微小体積内の熱収支を考えることにより、円筒座標系の熱伝導方程式 (式1) を導出せよ。ここで、 ρ は物体の密度、 c は物体の比熱、 T は温度、 t は時間、 k は物体の熱伝導率を示す。本問題で k は一定とする。

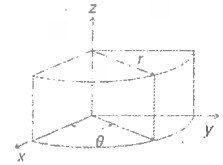


図1 Figure 1

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right\} \quad (\text{式1})$$

1-2) 定常状態で z 方向と θ 方向の温度が均一の場合、(式1) を簡略化せよ。

(2) 図2に示すような長さ $L = 150 \text{ mm}$ 、内径 $d_1 = 100 \text{ mm}$ 、外径 $d_2 = 120 \text{ mm}$ の円管がある。この円管の内部を高温流体が、外部を低温流体が流れている。長さ L の区間における高温流体および低温流体の温度はそれぞれ $T_1 = 573 \text{ K}$ 、 $T_\infty = 288 \text{ K}$ であり流れ方向で変化しないものとする。また、高温流体から円管内側面への熱伝達率を $h_1 = 46.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 、円管外側面から低温流体への熱伝達率を $h_2 = 5.8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 、円管の熱伝導率を $k = 16 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ とする。定常状態で半径 r 方向のみの伝熱を考えるとし、以下の問いに答えよ。

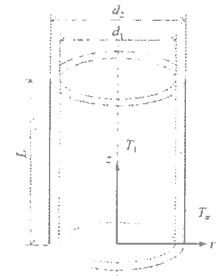


図2 Figure 2

2-1) 円管からの放熱量と円管内表面温度を求めよ。

2-2) 円管の外側を断熱材 (熱伝導率 $k_i = 0.047 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、厚さ 30 mm) で取り巻くと放熱量は何%減少するか。ただし、円管外側での熱伝達率は $5.8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ で変わらないものとする。

2-3) 2-2) のとき、円管の内側から断熱材外側までの半径方向の温度分布概略図を描け。傾きの大小関係も考慮すること。

(1) Consider heat conduction in a solid cylinder. This cylinder has no heat generation or heat absorption. Answer the following questions.

1-1) Derive the heat conduction equation (Eq.1) by taking cylindrical coordinates (r, θ, z) as shown in Figure 1 and considering the heat balance in a small volume in the object. Here, ρ is the density of the object, c is the specific heat of the object, T is the temperature, t is the time, and k is the thermal conductivity of the object. In this problem, k is assumed to be constant.

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right\} \quad (\text{Eq.1})$$

1-2) Simplify (Eq.1) when the temperatures in the z and θ directions are uniform under steady state conditions.

(2) There is a cylinder of length $L = 150 \text{ mm}$, inner diameter $d_1 = 100 \text{ mm}$, and outer diameter $d_2 = 120 \text{ mm}$, as shown in Figure 2. The high-temperature fluid flows inside this cylinder and the low-temperature fluid flows outside. The temperatures of the high- and low-temperature fluids in the section of length L are $T_1 = 573 \text{ K}$ and $T_\infty = 288 \text{ K}$, respectively, and they are assumed to remain unchanged in the flow direction. Also, the heat transfer coefficient from the high-temperature fluid to the inner side of the cylinder is $h_1 = 46.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$, the heat transfer coefficient from the outer side of the cylinder to the low-temperature fluid is $h_2 = 5.8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$, and the thermal conductivity of the cylinder is $k = 16 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. When considering heat transfer in the radial direction r only under steady-state conditions, answer the following questions.

2-1) Find the amount of heat dissipated from the cylinder and find the temperature of the inner surface of the cylinder.

2-2) By what percentage is the heat dissipation reduced if the outside of the cylinder is surrounded by thermal insulation (thermal conductivity $k_i = 0.047 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, thickness 30 mm)? Here, the heat transfer coefficient on the outside of the cylinder is assumed to remain the same at $5.8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.

2-3) In the case of 2-2), draw a schematic diagram of the temperature distribution in the radial direction from the inside of the cylinder to the outside of the heat insulator. Here, the magnitude of the slope should also be considered.

2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and April 2023 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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4 (Question 4)

ある理想気体 1 mol を $T_1 = 600 \text{ K}$, $P_1 = 300 \text{ kPa}$ の初期状態から $P_2 = 100 \text{ kPa}$ の最終状態まで, (a) 等容過程, (b) 等温過程, および (c) 断熱過程によってそれぞれ減圧した。以下の問いに答えよ。

- (1) 各過程における最終温度 T_2 , 内部エネルギー変化 ΔU , エンタルピー変化 ΔH , 気体が得た熱量 Q , および気体が得た仕事 W の値を解答用紙の表に記入せよ。ただし, 有効数字は 3 桁とする。また, この気体のモル定圧熱容量は $C_{P,m} = (7/2)R$ で一定であるとし, 気体定数は $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ とする。
- (2) この問題において, 気体が行う仕事は等温過程の方が断熱過程よりも大きい。この理由を記述せよ。

1 mol of an ideal gas was decompressed from the initial state of $T_1 = 600 \text{ K}$, $P_1 = 300 \text{ kPa}$ to the final state of $P_2 = 100 \text{ kPa}$ by (a) isochoric process, (b) isothermal process, and (c) adiabatic process, respectively. Answer the following questions.

- (1) Write the values of the final temperature T_2 , the internal energy change ΔU , the enthalpy change ΔH , the heat that the gas obtained Q , and the work that the gas obtained W for each process in the table on the answer sheet. Calculate the answers to three significant figures. Assume that the molar isobaric heat capacity is constant at $C_{P,m} = (7/2)R$, and the gas constant is $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
- (2) In this problem, the work done by the gas in the isothermal process is larger than that in the adiabatic process. Write the reason for it.

2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and April 2023 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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5 (Question 5)

密度の変化を伴わない液相の並列反応を回分反応器で行う。反応1及び反応2の反応速度 r_1 及び r_2 は式1, 式2のように表される。 k_1, k_2 [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1} \text{min}^{-1}$]は, それぞれ反応1, 反応2の反応速度定数である。また, C_A, C_B, C_R, C_S は反応成分AとB, 生成物RとSの濃度である。以下の間に答えよ。



$$r_1 = dC_R/dt = k_1 C_A C_B \quad \text{式1 (Equation 1)}$$

$$r_2 = dC_S/dt = k_2 C_A C_B \quad \text{式2 (Equation 2)}$$

- 1) 反応成分A及びBの初濃度を C_{A0}, C_{B0} , 反応成分Aの転化率を x_A ($0 < x_A < 1$)とする。微小時間における反応成分Aの濃度変化 (dC_A/dt)を C_{A0}, C_{B0}, x_A を用いて表せ。
- 2) $C_{A0} = C_{B0}$ であるときの x_A と t の関係を示せ。
- 3) $C_{A0} = C_{B0} = 1000 \text{ mol m}^{-3}$ で反応させた際, 反応25 min後の転化率 $x_A = 0.50$ となった。このときの $k_1 + k_2$ の値 [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1} \text{min}^{-1}$]を求めよ。
- 4) 反応25 min後, 生成物RとSがモルベースでの割合で各々75%, 25%生成していた。反応に用いた原料には, 生成物RとSは含まれていなかったものとして, k_1, k_2 を求めよ。但し, k_1, k_2 の算出過程も説明すること。

Parallel reactions in the liquid phase without change in the density are carried out in the batch reactor. Reaction rates of the reactions 1 and 2, r_1 and r_2 , are respectively expressed as the equations 1 and 2. k_1 and k_2 [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1} \text{min}^{-1}$] are reaction rate constants of the reactions 1 and 2, respectively. In addition, C_A, C_B, C_R , and C_S are concentrations of reaction components A and B and products R and S, respectively. Answer the following questions.

- 1) The initial concentrations of the reaction components A and B and a conversion ratio of the reaction component A are C_{A0}, C_{B0} , and x_A ($0 < x_A < 1$), respectively. Express a change of the raw material A concentration over a differential time (dC_A/dt) using C_{A0}, C_{B0} , and x_A .
- 2) Show the relationship between x_A and t , in the case of $C_{A0} = C_{B0}$.
- 3) When the reactions were carried out at $C_{A0} = C_{B0} = 1000 \text{ mol m}^{-3}$, the conversion ratio $x_A = 0.50$ was obtained after 25 min of the reactions. Determine the value of $k_1 + k_2$ [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1} \text{min}^{-1}$].
- 4) After 25 min of the reactions, the products R and S were respectively produced at 75% and 25% of the molar ratio. Assuming that the raw materials used for the reaction did not contain the products R and S, determine k_1 and k_2 . The estimation processes for k_1 and k_2 should be explained too.

問題用紙

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

Question Sheets

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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~16時30分 (Examination Time : From 13:30 to 16:30)

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) 問題1は必須です。
- (6) 問題2-5の4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問解答した場合には得点のより低い3問が採用されます。)
- (7) 問題用紙は解答用紙とともに回収します。
- (8) 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。
- (9) 作図する場合, 貸与する定規を使用しても差し支えない。
- (10) 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 cover 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) Question 1 is a required one.
- (6) Select three specialized subjects among the following four specialized subjects (Questions 2-5) 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 four specialized subjects, three specialized subjects of lower scores are adopted.)
- (7) Return these question sheets together with the answer sheets.
- (8) If given the instruction to draw a diagram, draw it on the answer sheet.
- (9) You may use the approved ruler if you need one.
- (10) Raise your hand if you have any questions.

2022 年 10 月, 2023 年 4 月入学 (October 2022 and April 2023 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)

(2022 年 8 月 25 日実施 / August 25, 2022)

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
-----------------	---	------------------	------------------------------	---------------------------	---

問題 1 (Question 1)

次の 7 項の化学工学に関する語句のうち, 5 項を選び, それぞれ 100 から 200 字程度で説明せよ。なお, 説明において式および図を使用してもよいが文字数には含めない。6 項以上解答した場合には得点のより低い 5 項が採用される。

Choose 5 questions among the following 7 questions regarding chemical engineering terms, and explain each term by about 30-100 words in English. Equations and figures can be used, but are not counted in the number of words. If you choose 6 and more questions, 5 answers of lower scores are adopted.

(1)	<p>ジュール・トムソン係数の定義を述べ, さらにジュール・トムソン効果をつかって気体を連続的に冷却する方法を説明せよ。</p> <p>Explain the definition of the Joule-Thomson coefficient, and then explain how it can be used to chill a gas continuously by the Joule-Thomson effect.</p>
(2)	<p>触媒有効係数の定義を述べ, 反応律速と拡散律速の場合の触媒有効係数の違いを説明せよ。</p> <p>Explain the definition of the catalyst effectiveness factor, and then explain the difference between the effectiveness factor for reaction rate limited and diffusion rate limited cases.</p>
(3)	<p>粘弾性体に微小振動を与えて得られる損失正弦の物理的意味を説明せよ。</p> <p>Explain the physical meaning of the loss tangent of viscoelastic materials obtained by applying a small amplitude oscillated strain.</p>
(4)	<p>材料の機械的性質におけるポアソン比の定義を述べよ。また, 多くの金属材料のおおよその値を有効数字 1 桁で示せ。</p> <p>Explain the definition of the Poisson's ratio in the mechanical properties of a material. Also give an approximate value for many metallic materials using one significant digit.</p>
(5)	<p>粒子の運動方程式において, カニンガムの補正が必要となる場合とその理由について説明せよ。</p> <p>Explain when and why the Cunningham's correction is necessary in the equation of motion of a particle.</p>
(6)	<p>ピトー管による流速計測の原理について, 図を用いて説明せよ。その際, 動圧と静圧の求め方を説明すること。</p> <p>Explain the principle of fluid velocity measurement by the Pitot tube, using a figure. Here, explain how dynamic and static pressures are obtained.</p>
(7)	<p>オイラー法と 2 段階ルンゲクッタ法を用いた常微分方程式 $dy/dx = f(x, y)$ の数値解析の解法について, それぞれ説明せよ。なお, $f(x, y)$ は変数 x, y の関数である。</p> <p>Explain the numerical analysis of the ordinary differential equation $dy/dx = f(x, y)$ using the Euler and two-stage Runge-Kutta methods, respectively. Note that $f(x, y)$ is a function of the variables x and y.</p>

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
-----------------	---	------------------	------------------------------	---------------------------	---

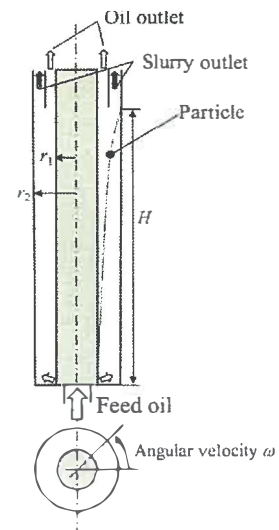
問題2 (Question2)

図に示す連続式回転円筒型遠心分離機 (高さ H , 内円筒外半径 r_1 , 外円筒内半径 r_2) で球形粒子 (密度 ρ_p , 粒子径 D_p) を含む原料油 (密度 ρ_f , 粘度 μ) から球形粒子を分離する操作に関する以下の設問に答えよ。

- (1) 静止原料油中, 円周上を角速度 ω で運動する球形粒子が半径 r_1 から半径 r_2 まで移動するのに要する時間 t_c を表す式を導出せよ。なお, Stokes の抵抗則が適用されるとする。
- (2) 分離機底部 r_1 の位置から供給された原料油は回転円筒内を一様に上向き流速 u で流れ, 粒子も同じ速度で上昇する。また, 外円筒壁に到達した粒子はスラリー出口から排出されると仮定する。分離限界粒子径 D_{pc} (スラリー出口から排出される最小の粒子径) を表す式を導出せよ。
- (3) 粒子密度 $\rho_p = 2900 \text{ kg/m}^3$, 粒子径 $D_p = 2 \mu\text{m}$, 分離機高さ $H = 1 \text{ m}$, 内円筒外半径 $r_1 = 5 \text{ cm}$, 外円筒内半径 $r_2 = 10 \text{ cm}$, 分離機回転数 $N = 6000 \text{ rpm}$, 油粘度 $\mu = 0.012 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 油密度 $\rho_f = 900 \text{ kg/m}^3$ の場合, 粒子が含まれない油を油排出口から排出できる最大処理流量 $Q [\text{m}^3/\text{s}]$ を求めよ。

Answer the following questions regarding the separation of spherical particles (density ρ_p , particle size D_p) from spherical particle-containing feed oil (density ρ_f , viscosity μ) using the continuous rotating cylinder type centrifugal precipitator (height H , outer radius of inner cylinder r_1 , inner radius of outer cylinder r_2) shown in the figure.

- (1) Derive the equation which expresses the time t_c required for a spherical particle traveling at angular velocity ω around a circumference to move from radius r_1 to r_2 in static feed oil. Assume that Stokes' law of resistance is applicable.
- (2) The feed oil supplied from the bottom of the precipitator at r_1 flows through the rotating cylinder at a uniform upward velocity u , and the particles also move up at the same velocity. Assume that particles reaching the outer cylinder wall are discharged from the slurry outlet. Derive the equation for the critical cut size D_{pc} (the smallest particle size that can be discharged from the slurry outlet).
- (3) Given particle density $\rho_p = 2900 \text{ kg/m}^3$, particle size $D_p = 2 \mu\text{m}$, precipitator height $H = 1 \text{ m}$, outer radius of inner cylinder $r_1 = 5 \text{ cm}$, inner radius of outer cylinder $r_2 = 10 \text{ cm}$, rotational speed of precipitator $N = 6000 \text{ rpm}$, oil viscosity $\mu = 0.012 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, oil density $\rho_f = 900 \text{ kg/m}^3$, obtain the maximum treatment flow rate $Q [\text{m}^3/\text{s}]$ at which the particle-free oil can be discharged from the oil outlet.



2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and April 2023 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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
-----------------	---	------------------	------------------------------	---------------------------	---

問題3 (Question 3)

連続蒸留塔で, メタノール水溶液(供給濃度:メタノール 40 mol%)が沸点液の状態¹で 100 kmol/h で供給され, 塔頂からメタノール 95 mol%, 塔底から水 90 mol%を得る。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。

- 還流比 R を 1.5 とする。解答用紙の x - y 線図を用いて, 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, 液相および気相の組成を求めよ。
- McCabe-Thiele 法では, 蒸発モルエンタルピーが組成に依らず一定であり, 顕熱や混合熱は蒸発潜熱と比べて無視小であることが仮定される。この仮定により, 各段に流入する蒸気量 V と液量 L は, 流出する蒸気量と液量に等しくなることを示せ。
- 濃縮部および回収部での蒸気流量を求めよ。さらに, リボイラーでの加熱量を求めよ。但し, メタノール水溶液のモル蒸発潜熱を組成に依らず 40 kJ/mol とする。
- エタノール水溶液は, 最低共沸混合系を形成する (エタノール沸点 78°C)。この場合の温度組成線図および x - y 線図の概略を示せ。また, この混合系の分離で採用されている蒸留法の名称を述べよ。

A saturated liquid mixture of methanol-water (methanol: 40 mol%) is fed into continuous distillation column at 100 kmol/h and separated into a distillate containing 95 mol% methanol and a residue containing 90 mol% water. Equilibrium data are given in the answer sheet (T : temperature; x : methanol mole fraction in liquid phase, y : methanol mole fraction in vapor phase).

- The reflux ratio, R , is 1.5. Determine the number of theoretical trays and that of feed tray by the McCabe-Thiele method using x - y diagram on your answer sheet. Obtain the temperature and the liquid and vapor-phase compositions in the feed tray.
- The McCabe-Thiele method assumes that each component has equal and constant molar enthalpy of vaporization (latent heat), and sensible-enthalpy and heat of mixing are negligible compared to latent heat changes. Explain these assumptions lead to the flow rates of vapor V and liquid L flowing in each tray are equal to those of flowing out, respectively.
- Obtain the vapor flow rates in rectifying and stripping sections. In addition, calculate the energy required for the reboiler. It should be noted that the molar latent heat of evaporation of the methanol solution can be assumed to be 40 kJ/mol irrespective of the composition.
- An ethanol-water mixture forms a minimum azeotrope (boiling point of ethanol: 78°C). Draw schematic temperature-composition and x - y diagrams. Answer the distillation method adopted for separating this mixture.

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
-----------------	---	------------------	------------------------------	---------------------------	---

問題4 (Question 4)

1. 滑らかな面 S (面積 S) で囲まれた, 温度分布 T を有する物体 V (体積 V) での伝導による熱流束ベクトル \mathbf{q} は

$$\mathbf{q} = -k\nabla T$$

で表される。ここで k は熱伝導率で, V の内外で一定かつ一様である。以下の問いに答えよ。

(1) k , S の微小面積 dS , および dS の単位法線ベクトル \mathbf{n} を用いて, S の全面を通過する全熱量 Q を表せ。

(2) (1) で得られた式をガウスの発散定理を用いて変形し, Q を V の微小体積 dV を用いて表せ。

2. 下のブロック線図で表現されるフィードバック制御系に関して, 以下の設問に答えよ。

(1) 出力 $Y(s)$ を入力 $R(s)$, $D(s)$ および伝達関数 $C(s)$, $P_1(s)$, $P_2(s)$, $H(s)$ で表せ。

(2) 伝達関数が次式で与えられている。入力 $R(s)$ がステップ状に 0 から 1 に変化した時, 出力 $Y(s)$ の定常値を求めよ。

$$C(s) = 2, \quad P_1(s) = 4/(1+3s), \quad P_2(s) = 5/(s^2+2s+3), \quad H(s) = e^{-Ts}$$

1. For an object named V (volume: V) surrounded by its smooth surface S (area: S) and having a temperature distribution T , the heat flux \mathbf{q} induced by the conductive heat transfer is expressed as

$$\mathbf{q} = -k\nabla T,$$

where k , the thermal conductivity, is uniform and constant in and around V . Answer the following questions.

(1) Express the total heat energy Q that is transported through the entire area of S , using k , the area element dS of S , and the unit normal vector \mathbf{n} of dS .

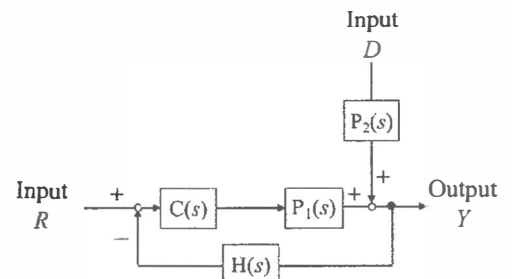
(2) Transform the equation obtained in (1) using the Gauss' divergence theorem to express Q using the volume element dV of V .

2. Answer the following questions for the feedback control system shown in the block diagram below.

(1) Express the output $Y(s)$ in terms of the inputs $R(s)$ and $D(s)$, and the transfer functions $C(s)$, $P_1(s)$, $P_2(s)$ and $H(s)$.

(2) The transfer functions are given by the following equations. Obtain the steady-state value of the output $Y(s)$ when the input $R(s)$ changes stepwise from 0 to 1.

$$C(s) = 2, \quad P_1(s) = 4/(1+3s), \quad P_2(s) = 5/(s^2+2s+3), \quad H(s) = e^{-Ts}$$



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
-----------------	---	------------------	---------------------------------	---------------------------	---

問題5 (Question 5)

物質 X の血液中の濃度が 0.024 g L^{-1} 以上になると中毒症状が現れる可能性がある。ヒトの体内における物質 X の挙動に関する以下の問いに答えよ。

- あるヒトが物質 X を含む固形物を摂取した。ヒトの胃中において、その固形物からは物質 X が速度 $F [\text{g h}^{-1}]$ にて放出され、物質 X は直ちに血液中に溶解する。血液中の物質 X は腎臓において吸収され、尿中に排出される。腎臓の吸収作用に伴う血液中の物質 X の濃度変化は、除去速度定数 $k [\text{h}^{-1}]$ を用いた擬一次反応式によって表される。物質 X の濃度を $C [\text{g L}^{-1}]$ 、ヒト体内の血液の量を $V [\text{L}]$ 、時間を $t [\text{h}]$ とし、血液中の物質 X の物質収支式を示せ。
- $F = 0.15 \text{ g h}^{-1}$ とし、摂取 2 h 後の物質 X の血液中の濃度を計算せよ。なお、ヒト体内の血液量 $V = 5.0 \text{ L}$ 、物質 X の除去速度定数 $k = 0.24 \text{ h}^{-1}$ である。ここで、一階線形微分方程式: $dC/dt + aC = Q(t)$ の一般解の式 (Eq. 1) を用いよ。 a は定数、 $Q(t)$ は t の関数、 $Const.$ は積分定数である。
- 胃洗浄により、摂取 2 h 後に固形物が除去された。物質 X の血液中濃度が 0.024 g L^{-1} 以下になる時間を計算せよ。

Compound X may cause an adverse effect on the human at a higher concentration than 0.024 g L^{-1} in the blood. Answer the following questions concerned with behaviors of the compound X in the human body.

- A person ingested a solid containing the compound X. In the stomach, the compound X is released from the solid at a rate $F [\text{g h}^{-1}]$. The released compound X is dissolved in the blood at once, whereas the compound X in the blood is absorbed at the kidney and is excreted into the urine. Assume that the change of a concentration of the compound X according to the absorption into the kidney is expressed by the pseudo first-order kinetics with the removal rate constant $k [\text{h}^{-1}]$. Show the mass balance equation of the compound X in the blood, where the concentration of the compound X in the blood is $C [\text{g L}^{-1}]$, the volume of the blood is $V [\text{L}]$, and the time is $t [\text{h}]$.
- Giving $F = 0.15 \text{ g h}^{-1}$, determine the concentration of compound X in the blood after 2 h of ingestion. Assume that the volume of blood in the human body and the removal rate constant of the compound X are $V = 5.0 \text{ L}$ and $k = 0.24 \text{ h}^{-1}$, respectively. Use an equation of a general solution (Eq. 1) for a linear differential equation: $dC/dt + aC = Q(t)$. a is a constant, $Q(t)$ is a function of t , and $Const.$ is a constant of integration.
- The solid was removed after 2 h of ingestion by gastric lavage. Determine the time at which the concentration of compound X in the blood becomes less than 0.024 g L^{-1} .

$$C = e^{-at} \left\{ \int e^{at} Q(t) dt + Const. \right\} \quad \text{Eq. 1}$$