

問題用紙

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

Question Sheets

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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.

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	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)

オクタン C_8H_{18} (分子量 114) が 40%過剰空気と共に 498.15 K、 100 mol h^{-1} で燃焼炉に供給されている。燃焼炉において、供給されたオクタン中の炭素の 90%は二酸化炭素に、残り 10%は一酸化炭素になる。空気の組成は、酸素 20%、窒素 80%として、次の問いに答えよ。必要な熱化学物性値は Table 1 に与えられている。

- (a) 理論空気量を求めよ。
- (b) 出口ガス中の各成分の組成を求めよ。
- (c) オクタンの標準生成熱を求めよ。炭素および水素の標準燃焼熱はそれぞれ -393 kJ mol^{-1} および -286 kJ mol^{-1} である。
- (d) 単位時間当たり燃焼炉に供給されるオクタンと空気の混合物の全エンタルピーを計算せよ。
- (e) オクタンの総発熱量および真発熱量を求めよ (オクタン 1 kg 当たり)。

Octane C_8H_{18} (molecular weight: 114) is fed to a furnace at a rate of 100 mol h^{-1} with air in 40% excess at 498.15 K. In the furnace, 90% of carbon in the fed octane is burned to CO_2 and the remaining (10%) is converted to CO. Assuming that the air is composed of O_2 (20%) and N_2 (80%), answer the following questions. The thermal properties of the materials are given in Table 1.

- (a) Obtain the stoichiometric amount of air.
- (b) Obtain the composition of the exit gases.
- (c) Obtain the standard heat of formation of octane. The standard heats of combustion of carbon and hydrogen are -393 kJ mol^{-1} and -286 kJ mol^{-1} , respectively.
- (d) Calculate the total enthalpy of the mixture of octane and air fed to the furnace per hour.
- (e) Obtain the gross heat value and the net heat value of octane (per 1 kg of octane).

Table 1 熱化学物性値 Thermal properties of materials

	State	L_v	ΔH_c°	ΔH_f°	\bar{C}_p	
		at 298.15 K [kJ mol ⁻¹]	at 298.15 K [kJ mol ⁻¹]	at 298.15 K [kJ mol ⁻¹]	at 298.15~498.15 K [J mol ⁻¹ K ⁻¹]	
C_8H_{18}	Liquid	41	-5470	(c)	239	L_v : 蒸発潜熱 latent heat of vaporization
CO_2	Gas	—	—	-393	41	ΔH_c° : 標準燃焼熱 standard heat of combustion
CO	Gas	—	-283	-111	30	ΔH_f° : 標準生成熱 standard heat of formation
H_2O	Liquid	44	—	-286	34	\bar{C}_p : 平均モル熱容量 average molar heat capacity
O_2	Gas	—	—	0	30	
N_2	Gas	—	—	0	29	

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)

下図に示すとおり、水平に置かれた2つの異径円管 (断面積 S_1, S_2 ; $S_1 < S_2$) が接続されている。以下の問いに答えよ。

(1) 非圧縮性ニュートン流体が図の左から右に乱流で流れる場合に対する摩擦損失係数を導き、 S_1 と S_2 を用いて表せ。

ここで、以下の仮定を用いよ。

- ・接続部に近い上流側の断面 (図中の“1”) と、接続部下流で流れが十分発達したとみなせる断面 (図中の“2”) で、時間平均流速分布はそれぞれ一様である。
- ・管壁における摩擦損失は無視できる。

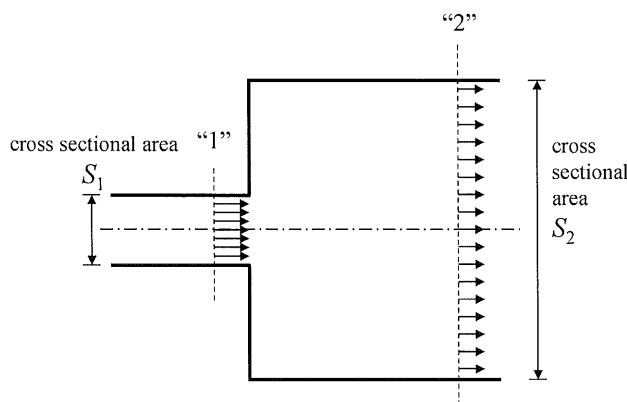
(2) “2”は“1”よりも下流側に位置するが、“2”での圧力は“1”での圧力より高くなることがある。考えられる理由を記せ。

Two horizontal circular tubes of different diameters (cross sectional areas: S_1 and S_2 , respectively; $S_1 < S_2$) are connected as shown in the figure below. Answer the following questions:

(1) Derive the friction loss factor for the case in which a turbulent flow of an incompressible Newtonian fluid goes from the tube on the left to another on the right, and express it using S_1 and S_2 . Here, use the following assumptions:

- The time-averaged fluid velocity is uniform across each of the two sections in the figure: a section immediately upstream of the connection (“1” in the figure) and a section at which the flow is considered to have sufficiently developed downstream of the connection (“2” in the figure).
- The friction loss on the tube walls is negligible.

(2) The pressure at “2” can be higher than that at “1” although “2” is located downstream of “1”. Give a possible reason for this.



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	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)

円管 (外半径 9 cm、内半径 7 cm、長さ 1.7 m、熱伝導率 $16.5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$) 内に 373 K の飽和水蒸気が流れ、円管の外部は 293 K の大気と接している。このとき、飽和水蒸気の一部が凝縮し、円管全体からの凝縮水量は 0.91 kg h^{-1} であった。以下の問いに答えよ。ただし、373 K における水の凝縮潜熱は 40.7 kJ mol^{-1} 、水の分子量は 18 g mol^{-1} 、円管外壁側の熱伝達係数は $7.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ とする。また、管内壁面側の熱抵抗は非常に小さいため無視して良い。

- (1) 円管内部から大気へ移動した伝熱量 Q (W) を求めよ。
- (2) 円管内部から半径方向に大気へ移動する伝熱を考えると、円管壁の熱抵抗は、全体の熱抵抗の何%か。
- (3) この円管に厚さ 2 cm の断熱材 (熱伝導率 $0.027 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$) を巻いて保温する。このとき、断熱材外壁温度を求めよ。ただし、断熱材外壁側の熱伝達係数は、 $4.7 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ とする。
- (4) 断熱材を巻いたことで、凝縮水量は断熱材を巻く前から何%減少するか。
- (5) 断熱材の熱抵抗は、全体の熱抵抗の何%か。

Saturated steam of 373 K is flowing inside a circular tube (outer radius 9 cm, inner radius 7 cm, length 1.7 m, thermal conductivity $16.5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$), and the outside of the circular tube is in contact with the atmosphere at 293 K. At this time, a part of the saturated steam was condensed, and the amount of condensed water from the entire circular tube was 0.91 kg h^{-1} . Answer the following questions. Here, the latent heat of condensation of water at 373 K is 40.7 kJ mol^{-1} , the molecular weight of water is 18 g mol^{-1} , and the heat transfer coefficient on the outer wall of the circular tube is $7.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. Moreover, since the heat resistance on the inner wall surface of the circular tube is very small, it can be ignored.

- (1) Find the heat transfer rate Q (W) that has moved from the inside of the circular tube to the atmosphere.
- (2) When considering the heat transfer from the inside of the circular tube to the outside air in the radial direction, what percentage of the total heat resistance is the heat resistance of the circular tube wall?
- (3) 2 cm thick heat insulating material (thermal conductivity $0.027 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$) is wrapped around this circular tube to keep it warm. At this time, find the temperature of the outer wall of the heat insulating material. Here, the heat transfer coefficient on the outer wall of the heat insulating material is $4.7 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.
- (4) What percentage of the amount of condensed water will be reduced by wrapping the heat insulating material compared to before wrapping the heat insulating material?
- (5) What percentage of the total heat resistance is the heat resistance of the heat insulating material?

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	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)

エタノール (成分1) + 水 (成分2) 系の常圧気液平衡について以下の問いに答えよ。ただし、 T は温度、 P は圧力、 x_i と y_i はそれぞれ成分 i の液相モル分率と気相モル分率を表す。

- (1) この系は最低共沸点を持つ。この系の定圧気液平衡関係を表す $T - x_1, y_1$ 線図、および $x_1 - y_1$ 線図を模式的に描け。ただし、 $T - x_1, y_1$ 線図には、沸点曲線 (BPC)、露点曲線 (DPC)、気相領域 (V)、液相領域 (L)、気液共存領域 (V+L)、および共沸点 (Az) を、括弧内の略称で示すこと。
- (2) 温度が 363.15 K でエタノールの液相モル分率が $x_1 = 0.200$ のとき、沸点の圧力 P と気相モル分率 y_1, y_2 を求めよ。ただし、この温度における両成分の飽和蒸気圧は $P_1^S = 158.24$ kPa, $P_2^S = 70.03$ kPa であり、液相活量係数は次式で与えられる。

$$\ln \gamma_1 = x_2^2 \{A + 2(B - A)x_1\}, \quad \ln \gamma_2 = x_1^2 \{B + 2(A - B)x_2\}, \quad A = 1.537, \quad B = 0.862$$

- (3) エタノール $n_1 = 4.00$ mol と水 $n_2 = 6.00$ mol を混合し、(2)と同じ温度・圧力の下において平衡状態にした。このときの気相の物質 n^V を求めよ。

Answer the following questions on the vapor-liquid equilibria for the ethanol (component 1) + water (component 2) around atmospheric pressure. T is temperature, P is pressure, and x_i and y_i are liquid phase mole fraction and vapor phase mole fraction of component i , respectively.

- (1) This system has a minimum azeotropic point. Illustrate schematically the $T - x_1, y_1$ diagram, and the $x_1 - y_1$ diagram that express the constant-pressure vapor - liquid equilibria for this system. In the $T - x_1, y_1$ diagram, indicate the boiling point curve (BPC), the dew point curve (DPC), the homogeneous vapor phase region (V), the homogeneous liquid phase region (L), the vapor - liquid coexisting region (V+L) and the azeotropic point (Az) using their abbreviations in parentheses.
- (2) Obtain the boiling point pressure P and the vapor-phase mole fraction y_1, y_2 at temperature of $T = 363.15$ K and liquid-phase mole fraction of ethanol $x_1 = 0.200$. The saturated vapor pressures for the pure components at this temperature are $P_1^S = 158.24$ kPa and $P_2^S = 70.03$ kPa, respectively. The liquid-phase activity coefficients are given by the following equations.

$$\ln \gamma_1 = x_2^2 \{A + 2(B - A)x_1\}, \quad \ln \gamma_2 = x_1^2 \{B + 2(A - B)x_2\}, \quad A = 1.537, \quad B = 0.862$$

- (3) $n_1 = 4.00$ mol of ethanol and $n_2 = 6.00$ mol of water were mixed and equilibrated at the same temperature and pressure as those given in the question (2). Obtain the amount of substances of the mixture existing in vapor phase n^V .

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	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)

液相において、成分 A の分解により成分 R と S が生成する (Reaction 1)。この反応は定密度系で進行し、一次反応速度式に従う。323 K での反応速度定数 k は 0.64 h^{-1} である。成分 A を $25.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 含む原料が、323 K で操作される反応系に $150 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ で供給されている。以下の問いに答えよ。

- (1) この反応を一つの連続槽型反応器にて行う。90%の転化率を得るために必要な反応器の容積を求めよ。
- (2) 同一の容積を有する n 個の連続槽型反応器が直列に接続された場合、 n 番目の反応器の出口における最終転化率 x_{An} が Equation 1 のように表されることを示せ。但し、 θ は各反応器での滞留時間とする。
- (3) 同一の容積を有し、直列に接続された2個の連続槽型反応器を操作して最終的に90%の転化率が得られた。各反応器の滞留時間 θ を求めよ。
- (4) 内径 25 cm の等温押し出し流れ反応器にて反応させる場合、90%の転化率を得るために必要な反応装置の長さを求めよ。

Component A decomposes to form R and S in the liquid phase as the following equation (Reaction 1). This reaction proceeds without change in the liquid density and follows the first order reaction kinetics. The reaction rate constant, k , is 0.64 h^{-1} at 323 K. A raw material containing the component A at $25.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ is fed at $150 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ into a reactor system operated at 323 K. Answer the following questions.

- (1) The reaction is carried out in a single continuous stirred tank reactor. Determine the reactor volume required to achieve 90% of conversion.
- (2) Show that the total conversion (x_{An}) at the outlet of n^{th} reactor is expressed as Equation 1 in the case that n identical continuous stirred tank reactors are operated in series. Here, θ is the residence time in each reactor.
- (3) Operating the two identical continuous stirred tank reactors in series, 90% of the total conversion was achieved. Determine the residence time, θ , for each reactor.
- (4) Determine the reactor length required to achieve 90% of conversion in the case that the reaction is carried out in an isothermal plug flow reactor with 25 cm of an inner diameter.



$$x_{An} = 1 - \frac{1}{(1 + k\theta)^n} \qquad \text{Equation 1}$$

問題用紙

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

Question Sheets

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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.

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	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まない。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>拡散現象における質量流束とモル流束の違いを説明し, 成分 A, B の均一混合系の質量流束 j_A と物質量流束 J_A の関係を求めよ。ただし, 拡散係数 $D_{AB} = D_{BA}$, 成分 α の平均速度 v_α, 質量濃度 ρ_α, モル濃度 c_α, 分子量 M_α を用いよ。</p> <p>Explain the difference between mass flux and molar flux in diffusion phenomena and obtain the relationship between mass flux j_A and molar flux J_A for a mixture of components A and B, where the following terms should be used; the diffusion coefficient $D_{AB} = D_{BA}$, the average velocity v_α, the mass concentration ρ_α, the molar concentration c_α, and the molecular weight M_α of component α.</p>
(2)	<p>線形粘弾性体の応力と歪みの関係をボルツマンの重ね原理を使って説明せよ。</p> <p>Explain the relationship between stress and strain in linear viscoelastic materials using Boltzmann's superposition principle.</p>
(3)	<p>境界層における, 伝熱とヌセルト数, 物質移動とシャーウッド数の関係の類似性について説明せよ。</p> <p>Explain the similarity of the relationship between heat transfer and Nusselt number, and mass transfer and Sherwood number at the boundary layer.</p>
(4)	<p>並流型と向流型の二重管式熱交換器における高温流体の流れ方向の温度分布および温度の交換効率の違いを説明せよ。</p> <p>Explain the difference in the temperature distribution in the flow direction of higher temperature fluid and the temperature exchange efficiency between a parallel-flow type and a cross-flow type double tube heat exchanger.</p>
(5)	<p>ファンデルワールス状態方程式と完全気体 (理想気体) の状態方程式の違いを説明せよ。</p> <p>Explain the difference between van der Waals equation and equation of state for perfect gas (ideal gas).</p>
(6)	<p>クラジウス-クラペイロン式を用いて, 蒸気圧の温度依存性からモル蒸発熱を求める手順を説明せよ。</p> <p>Explain the procedure for obtaining the molar heat of vaporization from the temperature dependence of vapor pressure using the Clausius-Clapeyron equation.</p>
(7)	<p>はさみうち法について, 関数 $y=f(x)$ が区間 $[a, b]$ において連続で, 解が一つ存在するとき, $f(x)=0$ の解法を例として説明せよ。</p> <p>Explain the regula falsi method by taking the solution of $f(x) = 0$ as an example when the function $y = f(x)$ is continuous and there is one solution in the interval $[a, b]$.</p>

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	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)

粒子径 D_p 、密度 ρ_p である球形粒子の静止気体中の運動に関する以下の問いに答えよ。

- (1) ストークス域及びアレン域における球形粒子の重力による終末沈降速度 v_t を表す式をそれぞれ導出せよ。但し、気体粘度は μ 、気体密度は ρ 、重力加速度は g を用いよ。なお、ストークス域及びアレン域における抗力係数 C_D は、粒子レイノルズ数 Re_p の関数として次式で与えられる。

$$\text{ストークス域: } C_D = \frac{24}{Re_p} \quad (0 < Re_p \leq 2) \quad \text{アレン域: } C_D = \frac{10}{\sqrt{Re_p}} \quad (2 \leq Re_p \leq 500)$$

- (2) 粒子径 0.7 mm、密度 2500 kg m^{-3} の球形粒子の重力による終末沈降速度を求めよ。なお、気体粘度は $1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$ 、気体密度を 1.3 kg m^{-3} とせよ。

Answer the following questions about the motion of a spherical particle of size D_p and density ρ_p in a static gas.

- (1) Derive expressions for the terminal settling velocity v_t of a spherical particle by gravity in the Stokes and Allen regions, respectively.

The viscosity and density of the gas are given by μ and ρ ; the gravity acceleration is given by g . Here, the drag coefficients C_D in the Stokes and Allen regions are given by following equations as a function of the particle Reynolds number Re_p .

$$\text{Stokes region: } C_D = \frac{24}{Re_p} \quad (0 < Re_p \leq 2) \quad \text{Allen region: } C_D = \frac{10}{\sqrt{Re_p}} \quad (2 \leq Re_p \leq 500)$$

- (2) Calculate the terminal settling velocity by gravity of a spherical particle with a diameter of 0.7 mm and a density of 2500 kg m^{-3} .

The viscosity and density of the gas are $1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$ and 1.3 kg m^{-3} , respectively.

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

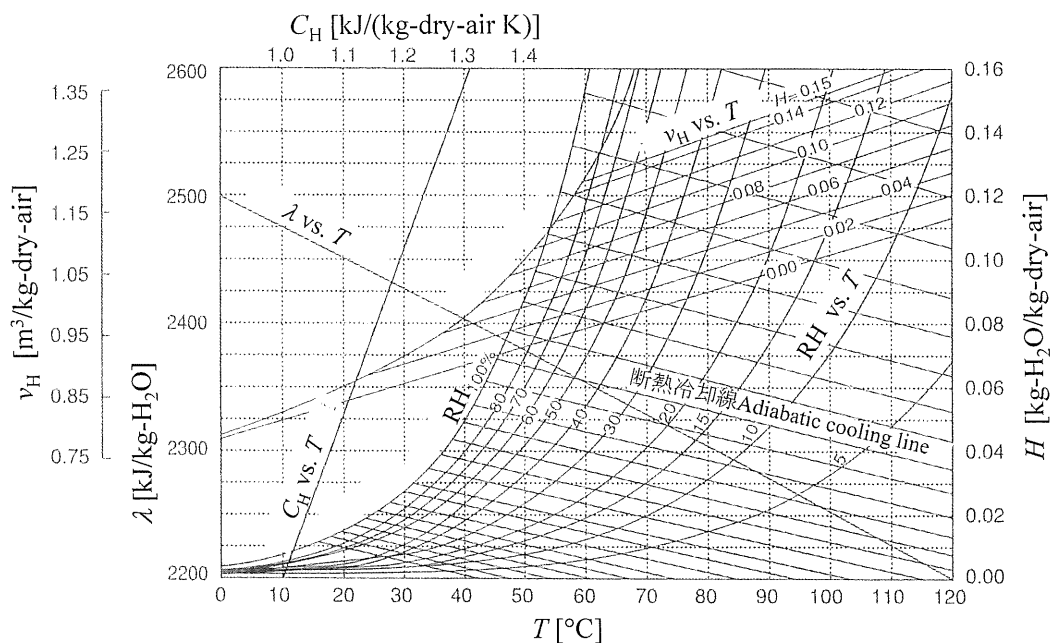
問題3 (Question 3)

多孔質の湿潤した板 (縦 0.1 m, 横 0.1 m, 厚み 0.02 m) を, 熱風 (温度 90°C, 関係湿度 5%) を平行に流して乾燥する。乾燥重量基準の初期含水率 $w_1=0.35$, 限界含水率 $w_c=0.10$, 平衡含水率 $w_e=0.05$ とする。多孔質湿潤材料の密度は, $w_1=0.35$ の時で 2000 kg/m^3 であった。湿度図表 (図中の記号は, 温度 T , 湿度 H , 関係湿度 RH , 湿り比容 v_H , 湿り比熱容量 C_H , 蒸発潜熱 λ を表す) を参考にして答えよ。

- (1) 乾燥過程は, 材料予熱期間, 定率乾燥期間および減率乾燥期間の3期間に分けられる。それぞれでの多孔体の温度と含水率の経時変化の概略図を描け。
- (2) 定率乾燥期間での気相境界層における温度分布および湿度分布の概略図を記せ。また, 材料表面温度 T_s を求めよ。
- (3) 初期および定率乾燥期間終了での水分重量を求めよ。
- (4) 境界伝熱係数 h を用いて, 定率乾燥速度 (単位面積基準) R_v [$\text{kg-H}_2\text{O}/(\text{m}^2 \text{ s})$] を表せ。
- (5) $h=25 \text{ J}/(\text{m}^2 \text{ s K})$ のときの R_v を求めよ。

A porous wet plate (length 0.1 m, width 0.1 m, thickness 0.02 m) is to be dried under the parallel flow of hot air (temperature 90°C, relative humidity 5%). The initial moisture content (based on dry solid weight), w_1 , critical-moisture content, w_c , equilibrium-moisture content, w_e , are 0.35, 0.10, and 0.05, respectively. The density of the wet plate at $w_1 = 0.35$ was 2000 kg/m^3 . Answer the following questions using humidity chart (Notations in the figure are as follows. T : temperature, H : humidity, RH : relative humidity, v_H : humid volume, C_H : humid heat capacity, λ : latent heat of vaporization).

- (1) Drying process can be categorized as pre-heating, constant-rate, and falling-rate period. Draw a schematic time course of temperature and moisture content of each period.
- (2) Draw a schematic temperature and humidity profile along the gas-phase boundary-layer during the constant-rate period. Answer the surface temperature of the plate, T_s .
- (3) Answer the moisture weight in the plate at the beginning and at the end of constant-rate period.
- (4) Assuming h is the heat-transfer coefficient, derive the drying rate (per unit area), R_v [$\text{kg-H}_2\text{O}/(\text{m}^2 \text{ s})$] for the constant-rate period.
- (5) Obtain R_v , when $h=25 \text{ J}/(\text{m}^2 \text{ s K})$.



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. 周期 2π の関数のフーリエ級数 ($f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (a_m \cos mx + b_m \sin mx)$) に対しては、 $f(x)$ が偶関数の場合、フーリエ係数は $a_m = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(\xi) \cos m\xi d\xi$ ($m=0,1,2,\dots$), $b_m = 0$ ($m=1,2,\dots$) で与えられる。周期関数 $f(x) = -|x|$ ($-\pi \leq x \leq \pi$) のフーリエ級数を求めよ。

2. あるプラントの伝達関数 $G(s)$ が次のように与えられている。伝達関数 $G(s)$ のステップ応答を求め、その概形を図示せよ。

$$G(s) = \frac{3}{s^2 + 3s + 2} e^{-5s}$$

1. For the Fourier series of a periodic function with a period of 2π expressed as $f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (a_m \cos mx + b_m \sin mx)$, the Fourier coefficients are given by $a_m = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(\xi) \cos m\xi d\xi$ ($m=0,1,2,\dots$) and $b_m = 0$ ($m=1,2,\dots$) when $f(x)$ is an even function. Derive the Fourier series of a periodic function, $f(x) = -|x|$ ($-\pi \leq x \leq \pi$).

2. The transfer function $G(s)$ of a plant is given as follows. Obtain the step response of this function and draw its outline figure.

$$G(s) = \frac{3}{s^2 + 3s + 2} e^{-5s}$$

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	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)

ホルムアルデヒドの発ガンリスクに関する以下の問いに答えよ。アルデヒドの分解は生じないものとする。

- (1) 容積 45 m^3 の部屋の壁 30 m^2 に壁紙が張られている。壁紙からは常に $x [\text{mg m}^{-2} \text{ min}^{-1}]$ のフラックスでホルムアルデヒドが揮発し、部屋において直ちに一樣に分散している。一方、換気のため、この部屋には清浄な空気が $22.5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ にて流入している。定常状態における部屋のホルムアルデヒド濃度 $[\text{mg m}^{-3}]$ を x を用いて表せ。
- (2) ホルムアルデヒドの発ガンは、発ガン性物質が遺伝子に 1 回でもヒットすれば細胞がガン化するワンヒットモデルで表現され、発ガン性物質が細胞の遺伝子に n 回ヒットする確率 $h(n)$ はポアソン分布 (Eq. 1) に従うと仮定する。ここで、 $D [\text{mg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}]$ は発ガン性物質の暴露量、 $q [\text{mg}^{-1} \text{ kg d}]$ は発ガン性物質が細胞の遺伝子にヒットする確率である。発ガンのリスク P は Eq. 2 のように表されることを示せ。 D が微量の場合、 $1 - \exp(-qD) \cong qD$ となる。
- (3) 1 日中この部屋に居住する人のホルムアルデヒドによる発がんリスクを 10^{-5} 以下とするために許容される $x [\text{mg m}^{-2} \text{ min}^{-1}]$ を計算せよ。 q は $2.1 \times 10^{-2} \text{ mg}^{-1} \text{ kg d}$ 、ヒトの呼吸量と体重は各々 $20 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ 、 50 kg 、呼吸時のアルデヒドの吸収率は 80% と仮定する。

Answer the following questions about the cancer risk from formaldehyde. Degradation of formaldehyde does not occur.

- (1) Wallpapers are put on the wall of 30 m^2 in the room with a volume of 45 m^3 . Formaldehyde is released continuously at a flux, $x [\text{mg m}^{-2} \text{ min}^{-1}]$, and immediately disperses into the room atmosphere. In addition, clean air continuously flows into this room at $22.5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Express the formaldehyde concentration $[\text{mg m}^{-3}]$ in the room under a steady-state condition using x .
- (2) It is assumed that the cancer risk from formaldehyde is expressed using the one hit model, in which cancer is developed in the case that a carcinogen hits a gene even once, and the probability of hitting the gene n times for carcinogens, $h(n)$, complies with the Poisson distribution (Eq. 1). $D [\text{mg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}]$ and $q [\text{mg}^{-1} \text{ kg d}]$ are the dose of carcinogens and probability of hitting genes, respectively. Prove that the risk of carcinogenesis, P , can be expressed as Eq. 2. If D is very small, $1 - \exp(-qD) \cong qD$.
- (3) Determine the acceptable formaldehyde flux from the wall papers, $x [\text{mg m}^{-2} \text{ min}^{-1}]$, to achieve the risk of carcinogenesis less than 10^{-5} for a person living in the room all day due to respiration. Assume $2.1 \times 10^{-2} \text{ mg}^{-1} \text{ kg d}$ of q , $20 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ of a respiratory volume and 50 kg of a body weight for this person, and 80% of absorption efficiency during respiration for formaldehyde.

$$h(n) = \frac{\exp(-qD) \times (qD)^n}{n!} \quad \text{Eq. 1}$$

$$P = qD \quad \text{Eq. 2}$$