

# 問題用紙

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

## Question Sheets

(2023年8月24日実施 / August 24, 2023)

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
- (6)
- (7)
- (8) 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。
- (9) 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と。  
作図する場合, 貸与する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

(1) This exam booklet and answer sheets include a watermark.



2023年10月、2024年4月入学 (October 2023 and 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 (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)

(2023年8月24日実施 / August 24, 2023)

試験科目	化学工学 (専門科目 I)	プログラム	化学工学	受験番号	
Subject	Chemical Engineering I	Program	Chemical	Examination Number	■

問題2 (Question 2)

以下の問に答えよ。

- (1) 水平に置かれた内径  $D$  の直円管の長さ  $L$  の区間を、流体が平均速度  $\langle v \rangle$  で流れるときの単位質量あたりのエネルギー損失  $\hat{E}_v$  [J/kg] は、 $\hat{E}_v = 4f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{1}{2} \langle v \rangle^2 \right)$  ( $f$  は Fanning の流体摩擦係数) で表せる。水平に置かれた内径 0.1 m、長さ 10 m の直円管に、水 (密度 1,000 kg/m<sup>3</sup>、粘度 0.001 Pa·s) が 1 時間あたり 10 m<sup>3</sup> の流量で流れているときの  $\hat{E}_v$  を求めよ。ここで、 $f$  は層流では  $f = 16/\text{Re}$ 、乱流では  $f = 0.0791 \text{Re}^{-1/4}$  で表されると仮定せよ。 ■
- (2) (1)の管の片端が大きなタンクに接続されていて、管に水が流量 10 m<sup>3</sup>/h で流れ込んでいる。この接続部分におけるエネルギー損失  $\hat{E}_{v,\text{in}}$  [J/kg] を求めよ。ここで、この接続部分の摩擦損失係数は 0.5 と仮定せよ。
- (3) (2)の接続部分の相当長さ (相当管長) を求めよ。

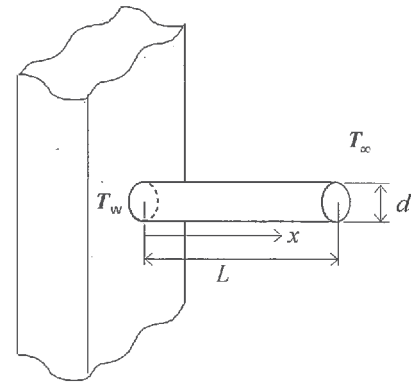
Answer the following questions.

- (1) The energy loss per unit mass  $\hat{E}_v$  [J/kg] when the fluid flows at an average velocity  $\langle v \rangle$  through a portion of length  $L$  of a

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)

図に示す直径  $d$ 、長さ  $L$  のフィンについて考える。このフィンの根本の温度は  $T_w$ 、周囲流体の温度は  $T_\infty$  であり ( $T_w > T_\infty$ )、このフィン内の  $x$  方向の一次元定常熱伝導を考える。フィン内部の発熱はなく、フィン先端からの放熱は無視できる。定常状態において、以下の間に答えよ。ただし、フィンの熱伝導率を  $k$ 、周囲流体とフィン表面間の熱伝達率を  $h$  とし、いずれも一定と仮定する。



Figure

(1) フィンの微小区間 (シェル) におけるエネルギー収支を考える。

以下の間に答えよ。

- (i) 熱伝導によりシェルに流入出する伝熱量をフーリエの式を用いて、それぞれ記載せよ。
- (ii) 熱伝達によりフィン表面から放熱する伝熱量を表す式を記載せよ。
- (iii) (i)(ii)より、シェルにおけるエネルギー収支式を導け。

(2) 境界条件を示せ。

(3) フィンの温度分布式を導出せよ。

(4) \_\_\_\_\_

(5) \_\_\_\_\_

(6) \_\_\_\_\_

(7) \_\_\_\_\_

(8) \_\_\_\_\_

(9) \_\_\_\_\_

(10) \_\_\_\_\_

(11) \_\_\_\_\_

(12) \_\_\_\_\_

(13) \_\_\_\_\_

(14) \_\_\_\_\_

(15) \_\_\_\_\_

(16) \_\_\_\_\_

(17) \_\_\_\_\_

(18) \_\_\_\_\_

(19) \_\_\_\_\_

(20) \_\_\_\_\_

(21) \_\_\_\_\_

(22) \_\_\_\_\_

(23) \_\_\_\_\_

(24) \_\_\_\_\_

(25) \_\_\_\_\_

(26) \_\_\_\_\_

(27) \_\_\_\_\_

(28) \_\_\_\_\_

(29) \_\_\_\_\_

(30) \_\_\_\_\_

(31) \_\_\_\_\_

(32) \_\_\_\_\_

(33) \_\_\_\_\_

(34) \_\_\_\_\_

(35) \_\_\_\_\_

(36) \_\_\_\_\_

(37) \_\_\_\_\_

(38) \_\_\_\_\_

(39) \_\_\_\_\_

(40) \_\_\_\_\_

(41) \_\_\_\_\_

(42) \_\_\_\_\_

(43) \_\_\_\_\_

(44) \_\_\_\_\_

(45) \_\_\_\_\_

(46) \_\_\_\_\_

(47) \_\_\_\_\_

(48) \_\_\_\_\_

(49) \_\_\_\_\_

(50) \_\_\_\_\_

(51) \_\_\_\_\_

(52) \_\_\_\_\_

(53) \_\_\_\_\_

(54) \_\_\_\_\_

(55) \_\_\_\_\_

(56) \_\_\_\_\_

(57) \_\_\_\_\_

(58) \_\_\_\_\_

(59) \_\_\_\_\_

(60) \_\_\_\_\_

(61) \_\_\_\_\_

(62) \_\_\_\_\_

(63) \_\_\_\_\_

(64) \_\_\_\_\_

(65) \_\_\_\_\_

(66) \_\_\_\_\_

(67) \_\_\_\_\_

(68) \_\_\_\_\_

(69) \_\_\_\_\_

(70) \_\_\_\_\_

(71) \_\_\_\_\_

(72) \_\_\_\_\_

(73) \_\_\_\_\_

(74) \_\_\_\_\_

(75) \_\_\_\_\_

(76) \_\_\_\_\_

(77) \_\_\_\_\_

(78) \_\_\_\_\_

(79) \_\_\_\_\_

(80) \_\_\_\_\_

(81) \_\_\_\_\_

(82) \_\_\_\_\_

(83) \_\_\_\_\_

(84) \_\_\_\_\_

(85) \_\_\_\_\_

(86) \_\_\_\_\_

(87) \_\_\_\_\_

(88) \_\_\_\_\_

(89) \_\_\_\_\_

(90) \_\_\_\_\_

(91) \_\_\_\_\_

(92) \_\_\_\_\_

(93) \_\_\_\_\_

(94) \_\_\_\_\_

(95) \_\_\_\_\_

(96) \_\_\_\_\_

(97) \_\_\_\_\_

(98) \_\_\_\_\_

(99) \_\_\_\_\_

(100) \_\_\_\_\_

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	受験番号 Examination Number	MM
-----------------	---	------------------	------------------	----------------------------	----

問題4 (Question 4)

式 (1) に示す物質 A と B の間の均一気相反応について以下の間に答えよ。なお、298.15 K、101.3 kPa における両物質の標準生成熱  $\Delta H_f^\circ$  と絶対エントロピー  $S^\circ$  は Table の通りとする。

- 298.15 K における標準反応熱  $\Delta H_{298}^\circ$ 、標準反応エントロピー  $\Delta S_{298}^\circ$ 、および標準反応 Gibbs エネルギー  $\Delta G_{298}^\circ$  を求めよ。
- 標準反応熱と標準反応エントロピーが一定であると仮定して、373.15 K における標準反応 Gibbs エネルギー  $\Delta G_{373}^\circ$ 、および平衡定数  $K_{373}$  を求めよ。
- 373.15 K、202.6 kPa において A のみを反応器に供給して化学平衡に到達させたときの各成分のモル分率を求めよ。ただし、これらの気体は理想気体とみなしてよい。

Answer the following questions on the homogeneous vapor-phase reaction between two substances A and B shown in Eq. (1). The standard heat of formation  $\Delta H_f^\circ$ , and the absolute entropy  $S^\circ$  for each substance at 298.15 K and 101.3 kPa are listed in Table.

- Calculate the standard heat of reaction  $\Delta H_{298}^\circ$ , the standard entropy of reaction  $\Delta S_{298}^\circ$ , and the standard Gibbs energy of reaction  $\Delta G_{298}^\circ$  at 298.15 K.
- Calculate the standard Gibbs energy of reaction  $\Delta G_{373}^\circ$  and the equilibrium constant of this reaction  $K_{373}$  at 373.15 K. You can



Table - Physicochemical properties of substances

物質 Substance	$\Delta H_f^\circ$ [kJ/mol]	$S^\circ$ [J/(mol·K)]
A (g)	-110	100
B (g)	-200	250

2023年10月, 2024年4月入学 (October 2023 and 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 (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)

(2023年8月24日実施 / August 24, 2023)

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)

523 K にて操作された定容回分反応器において、純粋な気体 A の均一気相反応 (Reaction 1) を行い、Table に示す結果を得た。以下の間に答えよ。

- (1) それぞれの反応時間  $t$  における転化率  $x_A$  を計算し、その値を解答用紙の表に記入せよ。
- (2) 反応を 0 次反応、1 次反応、2 次反応と仮定し、それぞれのケースでの  $t$  と  $x_A$  の関係式を求めよ。
- (3) この均一気相反応は 1 次反応に従うことがわかった。解答用紙にグラフを書き、反応速度定数を求めよ。

In a constant-volume batch reactor operated at 523 K, a homogeneous gas phase reaction of pure gaseous A (Reaction 1) was carried out, and the results shown in Table were obtained. Answer the following questions.

- (1) Estimate the conversion  $x_A$  at each reaction time  $t$  and write the values in the table on the answer sheet.
- (2) Assuming that the reaction obeys zero, first, or second order reaction kinetics, derive the corresponding equations that express relationship between  $t$  and  $x_A$ .
- (3) This homogeneous gas phase reaction was found to obey the first order reaction kinetics. Determine the rate constant by drawing a graph in the answer sheet.



Table 523 K における気体 A の分解試験データ/Data of the decomposition experiment of gaseous A at 523 K.

反応時間, Reaction time $t$ [min]	0	3	6	12	30
全圧, Total pressure $P_T$ [kPa]	30.2	37.2	44.3	55.7	75.4

# 問題用紙

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

## Question Sheets

(2023年8月24日実施 / August 24, 2023)

試験科目	化学工学 (専門科目 II)	化学工学
------	----------------	------

試験時間: 13時30分 - 16時30分 (Examination Time: From 13.30 to 16.30)

- (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.







2023年10月, 2024年4月入学 (October 2023 and 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 (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)

(2023年8月24日実施 / August 24, 2023)

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)

気相成分(CO<sub>2</sub>)の液相および気相のモル分率を... また、それぞれの相における温度分布を... \*と表す。

吸収

(1) 気液界面における吸収機構として、二重境膜モデルが汎用される。

(1-1) 境膜厚み  $\delta$ 、拡散係数  $D$ 、全モル濃度を  $C_t$  とするとき、モル分率基準での液相物質移動係数  $k_L$  を導出せよ。なお、ガス成分の気相および液相濃度は十分希薄としてよい。

(1-2) 純 CO<sub>2</sub> ガスおよび CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 混合ガスの水への吸収を行なう。この際のそれぞれの二重境膜における温度分布

(CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) を CO<sub>2</sub> 濃度の記号 ( $x, y; x^*, y^*$ ) と共に描け。なお、N<sub>2</sub> は水に溶解しないと考える。

(2) 図に示すように、吸収塔(塔高  $Z$ ) に、塔断面積あたり流量  $L$  [mol/(m<sup>2</sup> s)] で上部より吸収液が、下部よ



2023年10月, 2024年4月入学 (October 2023 and 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 (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)

(2023年8月24日実施 / August 24, 2023)

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. 式(1)の微分方程式の初期値問題を解け。

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + 3\frac{dy}{dx} + 2y = 12e^{2x}, \quad y|_{x=0} = 6, \quad \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=0} = -6 \quad (1)$$

2. あるプラントの伝達関数  $G_P(s)$  が次式で与えられている。以下の間に答えよ。なお、角速度は  $\omega$  で表せ。

- (a) 伝達関数  $G_P(s)$  のゲインと位相を求めよ。  
 (b) 伝達関数  $G_P(s)$  のベクトル線図の概略を図示せよ。

$$G_P(s) = \frac{1}{2s(1+4s)}$$

1. Solve the initial value problem of a differential equation with its initial conditions shown in Eq. (1).

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + 3\frac{dy}{dx} + 2y = 12e^{2x}, \quad y|_{x=0} = 6, \quad \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=0} = -6 \quad (1)$$

2. The transfer function of a plant,  $G_P(s)$ , is given as follows. Answer the following questions. Here, the angular velocity is represented by  $\omega$ .

- (a) Show the gain and the phase of the transfer function,  $G_P(s)$ .

$$G_P(s) = \frac{1}{2s(1+4s)}$$

試験科目	化学工学 (専門科目Ⅱ)	プログラム	化学工学	受験番号
------	--------------	-------	------	------

(1) 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程(初年度) (前期課程) 専門科目Ⅱ (化学工学)

(2) 用量

(3)

(4)

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

表 90日間の物質Aの飲水投与試験結果 Table Results of the 90-day drinking water administration study of substance A (2023年8月24日実施 / August 24, 2023)