

令和8年度創成科学研究科理工学専攻博士前期課程入学試験問題

化学工学

(一般入試)

(理工学専攻 応用化学システムコース／領域)

(注意事項)

1. 問題冊子は、係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は、この表紙を除いて 5 枚である。
3. 問題冊子に、印刷不鮮明やページの落丁及び汚れ等に気づいた場合は、手を上げて試験監督者に申し出ること。
4. 解答は、用紙の指定された番号の解答欄に書くこと。指定された解答欄以外に書いたものは採点しない。
また、裏面を使っても良いが、紙面の下半分を書くこと。
5. 解答開始後、用紙の所定欄に受験番号をはっきりと記入すること。
6. 配付した用紙はすべて回収する。

受験番号	
------	--

化学工学 その1

第 1 問 以下の設問に答えよ。有効数字は3桁とすること。

- (1) 水平に設置された長さ 50.0 m の円管 (管径 d : 0.100 m) の途中に玉形弁 ($L_e/d = 300$) が設置されている。この円管内に 50.0 m³/h の流量で水溶液を流したときの、エネルギー損失と圧力損失をそれぞれ求めよ。ただし、流れは定常状態であり、水溶液の密度 980 kg/m³、粘度 1.05 mPa·s、摩擦係数 5.10×10^{-3} 、また、 L_e を相当長さとする。
- (2) 内径 70.0 mm、外径 80.0 mm、長さ 10.0 m の円管 (熱伝導度 50.0 W/m·K) に 120°C の過熱水蒸気を流している。この円管には保温材が 20.0 mm の厚さで巻かれており、保温材外面温度は 30.0°C であった。輸送中の熱損失速度が 10.0 kW であったとき、この保温材の熱伝導度を求めよ。

[第 1 問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分を書くこと)

小 計	点
-----	---

受験番号	
------	--

化学工学 その2

第2問 対流伝熱では温度 T_h [K] の高温流体と温度 T_c [K] の低温流体が固体壁を介して熱交換することで、流体の加熱や除熱が行われる。高温流体と固体壁が接する伝熱面積 A_1 [m²] を基準面積とするときの総括伝熱係数を U_1 [W/m²·K] とすると、伝熱速度 q [W] が求まる。総括伝熱係数は各伝熱面の境膜伝熱係数の影響を大きく受ける。境膜伝熱係数に影響を及ぼす因子を用いた次元解析により、無次元比例係数 α 、指数 x 、 y とすると、 $Nu = \alpha Re^x Pr^y$ が得られる。以下の設問に答えよ。

- (1) 下線部①の伝熱速度 q [W] を表す式を示せ。
- (2) 下線部②について、高温側の境膜伝熱係数 h_1 [W/m²·K]、低温側の境膜伝熱係数 h_2 [W/m²·K]、低温流体と固体壁が接する伝熱面積 A_2 [m²] とし、固体壁の伝熱抵抗が無視できるときの総括伝熱係数を表す式を示せ。
- (3) 下線部③式中の Nu 、 Re 、 Pr は化学工学で重要な無次元数である。これら無次元数の名称、および、流体の密度 ρ 、粘度 μ 、定圧比熱容量 c_p 、熱伝導度 k 、平均流速 $\bar{u}$ 、管内径 d 、境膜伝熱係数 h を用いて、それぞれの無次元数を表す式を示せ。用いた物理量の単位を示すこと。

[第2問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	
------	--

化学工学 その3

第3問 下式で表されるラングミュア型吸着等温式に関する以下の設問に答えよ。ただし、 q は吸着量、 q_m は飽和吸着量、 a は平衡定数、 p は気体の平衡分圧とする。

$$q = \frac{q_m a p}{1 + a p}$$

- (1) ラングミュア型吸着等温式を導出せよ。なお、用いた仮定を示せ。
- (2) 実験で得られた吸着等温線がラングミュア型であるかどうか判定する方法を示せ。
- (3) 実験で得られた吸着等温線がラングミュア型であった場合、実験データから q_m と a を求める方法を示せ。

[第3問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	
------	--

化学工学 その4

第4問 $A \rightarrow 3R$ で表される気相反応を等温条件で行う。この反応について、以下の設問に答えよ。ただし、この反応は不可逆的に反応物Aに対して1次で進行するとしてよい。また、管型反応器および連続槽型反応器での1次反応の設計基礎式は下記の通りである。

$$\text{管型反応器} \quad k\tau = -(1 + \varepsilon_A) \ln(1 - X_A) - \varepsilon_A X_A$$

$$\text{連続槽型反応器} \quad k\tau = \frac{X_A(1 + \varepsilon_A X_A)}{(1 - X_A)}$$

なお、 k ：速度定数、 τ ：空間時間、 X_A ：成分Aの転化率、 ε_A ：実効モル数変化量とする。解答にあたり途中の計算の過程も示し、有効数字は2桁とすること。

- (1) 反応器を定容回分反応器とし、成分Aのみが反応器内に1.0 atmとなるように充填された状態で反応を開始した。反応開始後30分で反応器内の圧力が2.5 atmまで上昇したとき、反応物Aの転化率および速度定数をそれぞれ求めよ。
- (2) 反応器を(i) 管型反応器または(ii) 連続槽型反応器としたとき、(1)と同じ温度で同じ転化率を得るために必要な空間時間、空間速度を(i)および(ii)の場合についてそれぞれ求めよ。
- (3) 上記の結果より、本反応において反応器設計を行うとき、管型反応器と連続槽型反応器のどちらの性能が優れているか理由とともに示せ。

[第4問の解答箇所] (裏面を使っても良いが、紙面の下半分に書くこと)

小計	点
----	---

受験番号	
------	--

化学工学 その5

第5問 窒素 25.0 mol%, 水素 75.0 mol%の混合ガス原料を用いアンモニア合成反応 ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$) を行う。反応温度 400°C, 全圧 10.0 atm の定温定圧下で平衡に到達させたところ, 平衡組成としてアンモニアのモル分率が 3.85 mol% となった。このとき, 以下の設問に答えよ。ただし, 反応温度は常に 400°C とし, 全ての気体は理想気体として取り扱えるものとする。解答にあたり途中の計算の過程も示し, 有効数字は3桁とすること。

- (1) この平衡時の窒素, 水素, アンモニアの分圧をそれぞれ求めよ。
- (2) このときの圧平衡定数 K_p を求めよ。
- (3) 同じ混合ガス原料を用い, 平衡時におけるアンモニアのモル分率が 8.00 mol% となるために必要な全圧を求めよ。
- (4) 同じ混合ガス原料を用い, 全圧 50.0 atm で反応を行ったときのアンモニアの平衡組成を求めよ。

【第5問の解答箇所】 (裏面を使っても良いが, 紙面の下半分を書くこと)

小計	点
----	---