

令和4年度第1次募集（令和3年10月入学含む）
新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程入学者選抜試験問題
一般選抜

材料生産システム専攻
素材生産科学（化学工学系）

B4

専門科目（化学工学）

注意事項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、表紙を含めて全部で5ページある。
- 3 問題I～IIIの3問すべてを解答すること。
- 4 一つの問題に対する解答をそれぞれに指定された1枚の解答用紙に記入すること。
(記入するスペースが不足する時には、解答用紙の裏面を使用してもよい。)
- 5 受験番号は、各解答用紙の指定された箇所に必ず記入すること。
- 6 解答時間は、120分である。
- 7 下書きは、問題冊子の余白を使用すること。

(1/5頁)

[I] 次の問(1)～(3)に答えよ。ただし、与えられた記号以外を用いる場合には定義した上で用いること。

(1) 以下の問①～④に答えよ。

- ① 流れる流体に対して、運動方程式(ナビエ・ストークス運動方程式)を立てるときに考慮する力を4つ挙げよ。
- ② ニュートンの粘性法則の式を書け。
- ③ 伝熱の三つの形態を簡略に説明せよ。
- ④ フーリエ(Fourier)の法則の式を書け。

(2) 下の図I-1で示すように、垂直に対して角度 θ で傾斜して置かれている固定平板の表面にそって液が重力によって流れている。液は非圧縮性、ニュートン流体である。液の流れ方向を x 方向、液膜の厚みを B [m]、厚み方向を y 方向、横幅方向を z 方向とする。以下の問①～③に答えよ。ただし、液は大気中を流れ、固定平板と液との間は滑りが無く、液と大気間の抵抗は無視出来る。また、固定平板は横と縦の幅が十分に広く、液の流れは層流で、温度は一定であると仮定する。

せん断応力: τ_{yx} [Pa], 粘性係数: μ

[Pa \cdot s], 密度: ρ [kg/m³], 重力加速度: g [m/s²], 時間: t [s], x 方向流速: u [m/s], x 方向の距離: x [m], y 方向の距離: y [m], 平板の幅: Z [m], 質量流量: M [kg/s]

- ① 液面からの距離 y [m]における x 方向速度 u [m/s] を求める微分方程式を運動量収支から導け。
- ② 定常状態において、液面からの距離 y [m]における x 方向速度 u [m/s] を求めよ。
- ③ 定常状態において、平板の横幅が Z [m]、質量流量が M [kg/s]のとき、流れる液膜の厚み B [m]を求めよ。

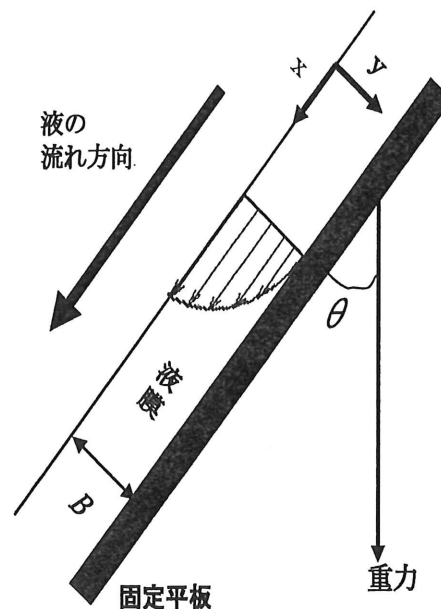


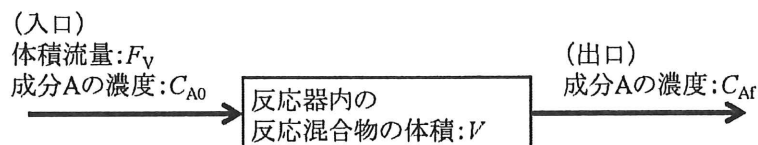
図 I-1 垂直に対して θ 度傾斜した面を重力により液が流れる濡れ壁流れ

(3) 液体Aと気体Bの間に平板を断熱のために設置した。この平板を介して液体Aから気体Bへ熱が移動している。液体Aと平板の間の伝熱係数 h_a は $25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、平板と気体Bの間の伝熱係数 h_b は $10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、平板の熱伝導度 k は $2.0 \times 10^{-2} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ である。また、平板の面積 S は 1000 m^2 、厚さ L は $7.2 \times 10^{-3} \text{ m}$ である。次の問①および②に答えよ。

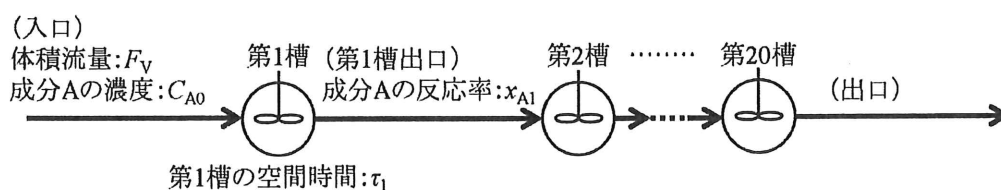
- ① 液体Aと気体Bの間の総括伝熱係数 G [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] を求めよ。
- ② 液体Aの温度が 900K 、気体Bの温度が 300K のとき、平板を通過する全体の熱量 Q [W] を求めよ。計算の過程も示せ。

[II] 量論式 $A \rightarrow 2R$ の液相反応 ($-r_A = kC_A$) を, 図II-1 に示した実際の反応器を用いて行い, 成分 R を連続的に生産する。この反応器を槽列モデルで解析したところ図II-2 のように完全混合流れ反応器 20 槽で表されることがわかった。下の問(1)~(3)に答えよ。

ただし, r_A は成分 A の反応速度, k は反応速度定数, C_A は成分 A の濃度であり, 濃度はすべてモル濃度である。その他の記号は図中で定義した。なお, 反応混合物の反応に伴う体積変化および図の矢印部の体積は無視できるものとする。



図II-1 反応器の模式図



図II-2 槽列モデルによりモデル化した反応器の模式図

(1) 図II-1 の実際の反応器の特性について, 次の問①~④に答えよ。

- ① 図II-1 の反応器出口の成分 A の反応率を, 図II-1 中の記号を用いて表せ。
- ② 図II-1 の反応器で単位時間あたりに生産される成分 R の物質量を, 図II-1 中の記号を用いて表せ。
- ③ 図II-1 の反応器出口の成分 R の収率を, 図II-1 中の記号を用いて表せ。
- ④ 図II-1 の反応器の空間時間を, 図II-1 中の記号を用いて表せ。

(2) 図II-1 の実際の反応器を図II-2 の槽列モデルにより解析した。次の問①~③に答えよ。

- ① 図II-2 の第 1 槽出口の成分 A の濃度を, 図II-2 中の記号を用いて表せ。
- ② 図II-2 の第 1 槽出口の成分 A の反応率 x_{A1} を, 反応速度定数 k および第 1 槽の空間時間 τ_1 を用いて表せ。導出過程も示せ。
- ③ 図II-1 の反応器出口の成分 A の濃度 C_{Af} を, 図II-2 中の記号を用いて表せ。導出過程も示せ。

(3) 図II-1 の実際の反応器の収率について, 次の問①~③に答えよ。

- ① 図II-1 の反応器入口の体積流量 F_V を上げると, 図II-1 の反応器出口の成分 R の収率はどのようになるか, 「上がる・下がる・変わらない」の中から選び答えよ。
- ② 図II-1 の反応器入口の成分 A の濃度 C_{A0} を上げると, 図II-1 の反応器出口の成分 R の収率はどのようになるか, 「上がる・下がる・変わらない」の中から選び答えよ。
- ③ この反応の活性化エネルギー E が正 ($E > 0$) であるとき, 図II-1 の反応器の反応温度を上げると, 図II-1 の反応器出口の成分 R の収率はどのようになるか, 「上がる・下がる・変わらない」の中から選び答えよ。

[III] 次の問(1)～(3)に答えよ。ただし、与えられた記号以外の記号を使う場合には定義した上で用いること。

(1) 工業的連続蒸留(精留)操作に関して、次の問①～③に答えよ。

- ① 還流が必要である理由を説明せよ。
- ② 還流比を小さくすると精留塔の製作費および運転費がどのように変化するか、理由をあげて説明せよ。
- ③ 原料を供給段温度に等しい温度における気液混合物として供給する。原料の全モル流量を F [mol/s] とする。原料の液モル流量が蒸気モル流量の2倍であるとき、濃縮段の蒸気モル流量と回収段の蒸気モル流量の差を答えよ。

(2) ガス吸収操作に関して、次の問①～③に答えよ。

- ① 溶質ガスが難溶解性である場合、液分散型装置が望ましいか、ガス分散型装置が望ましいか、ガス吸収速度の観点から理由を挙げて答えよ。
- ② 充填塔で吸収操作を行わせるとき並流操作と向流操作で性能が変わらないのはどのような場合か説明せよ。
- ③ 充填塔の高さは、移動単位数(NTU)と移動単位数あたりの高さ(HTU)の積で求められる。移動単位数(NTU)がガス吸収操作の困難さを表す理由を説明せよ。

(3) 流体中を1個の球形粒子(直径 D_p [m])が流体との相対速度 u [m/s]で運動する場合について、次の問①～③に答えよ。

- ① 粒子が流体から受ける抵抗力 F_D [N]を表す式を書け。
- ② 粒子周囲を流体が層流で流れる条件を示せ。
- ③ 球形粒子が遠心力を受けて運動する場合、粒子の相対速度 u [m/s]を表す式を書け。ただし、粒子周囲を流体が層流で流れると仮定する。また、粒子に働く遠心加速度を g_c [m/s²]とし、粒子の運動に及ぼす重力加速度の影響は遠心加速度の影響に比べて無視できると仮定する。