

令和 5 年度第 1 次募集（令和 4 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）

B 4

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 4 ページある。
3. 解答は，すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
4. 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。
5. 解答時間は，120 分である。
6. 下書きは，問題冊子の余白を使用すること。

〔I〕 次の問 (1) および (2) に答えよ。

(1) 図 I-1 に示すように、半径 R [m] の円管内を粘度 μ [Pa·s] のニュートン流体が流れている。流れは層流である。流れの中心にある半径 r [m]、長さ dx [m] の小さな流体円柱について考える。次の問①～③に答えよ。

- ① 流体円柱の表面に働くせん断応力 τ [Pa] と円柱の両側の端面に働く圧力 p [Pa] と $p + dp$ [Pa] による力のつり合いを式で表せ。

- ② 流体円柱の表面に働くせん断応力 τ [Pa] を表すニュートンの粘性法則の式を書け。

- ③ x 方向の圧力勾配 dp/dx が一定として、半径 r 方向での流速 u [m/s] の分布を表す式を導け。導出過程も示せ。

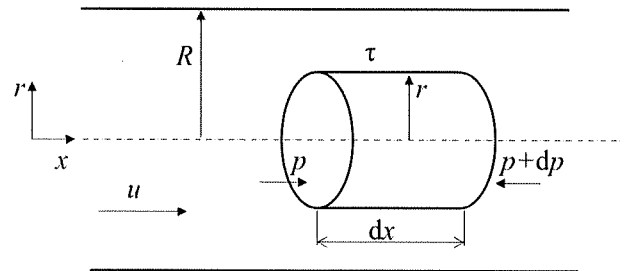


図 I-1 円管内での流れ

(2) 図 I-2 に示すように、大気に開放している容器の下側面に断面積 A_2 [m²] の小さなノズルが設けられている。ノズルから液体が大気中に噴出している。噴流の体積流量は Q_v [m³/s] である。下の問①～④に答えよ。

ただし、液体は密度 ρ [kg/m³] の完全流体である。また、容器の断面積 A_1 [m²] は十分大きく、容器中の液面降下は無視できるものとする。なお、重力加速度は g [m/s²] である。

その他必要な記号がある場合は解答欄で定義して使用してもよい。

- ① ノズルからの液体の噴出速度 u_2 [m/s] を表わせ。

- ② 容器内の液面高さ h [m] を問題文中の記号で表せ。導出過程も示せ。

- ③ 噴流の質量流量 Q_m [kg/s] を問題文中の記号で表せ。

- ④ この容器が噴流から受ける力 f [N] を求めよ。求める過程も示せ。

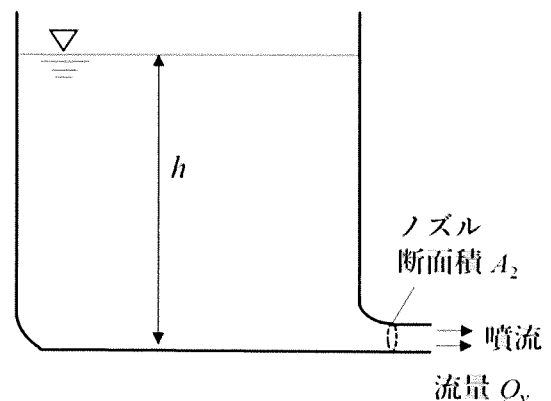
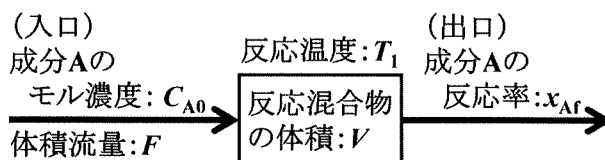


図 I-2 ノズル付き容器

〔Ⅱ〕 次の問(1)および(2)に答えよ。

(1) 化学反応式が $A \rightarrow 2B$, 反応速度式が

$$-r_A = kC_A$$



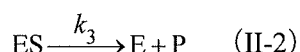
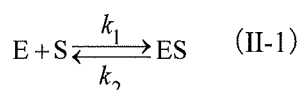
図Ⅱ-1 押し出し流れ反応器の模式図

で表される液相反応がある。図Ⅱ-1 の押し出し流

れ反応器に成分 A のみを溶解した原料を供給して、この反応を行う。次の問①～⑥に答えよ。ただし、この反応は素反応であり、また、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。なお、 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、 T_1 は反応温度である。

- ① 成分 B の反応速度を、 r_A を用いて表せ。
- ② 反応器内の成分 A の濃度分布はどのようになっているか。「流れ方向」および「流れと直角な方向」についてそれぞれ簡潔に説明せよ。
- ③ 出口の成分 A のモル濃度を図Ⅱ-1 中の記号を用いて表せ。
- ④ 出口の成分 B の物質流量を図Ⅱ-1 中の記号を用いて表せ。
- ⑤ x_{Af} を F, V, k を用いて表せ。導出の過程も示せ。
- ⑥ 反応温度を T_1 から T_2 に変えたところ、反応速度定数が m 倍になった。 T_2 を m, T_1 , 活性化エネルギー E および気体定数 R を用いて表せ。導出の過程も示せ。

(2) 反応式が式(Ⅱ-1)および(Ⅱ-2)で表される酵素反応がある。ES の濃度について定常状態が仮定できるとき、式(Ⅱ-3)で表される反応速度式が成り立つ。式(Ⅱ-3)を誘導せよ。誘導の過程も示せ。誘導の過程で必要な記号は解答欄で定義して使用すること。なお、全酵素濃度 C_{E0} は反応を通して一定で、 $C_{E0} = C_E + C_X$ が成り立つものとする。



$$v = v_{\max} \frac{C_S}{K_m + C_S} \quad (\text{Ⅱ-3})$$

その他の記号は以下のとおりである。

E: 酵素 P: 生成物 S: 基質 ES: 酵素-基質複合体

k_1, k_2 : 式(Ⅱ-1)の正反応および逆反応の反応速度定数 k_3 : 式(Ⅱ-2)の反応速度定数

C_E : S が結合していない E の濃度 C_S : S の濃度 C_X : ES の濃度

v : 反応速度 ($v = k_3 C_X$) $v_{\max}$: 最大速度 ($v_{\max} = k_3 C_{E0}$)

$$K_m: \text{ミカエリス定数} \left(K_m = \frac{k_2 + k_3}{k_1} \right)$$

[III] 次の問（１）および（２）に答えよ。

（１）低沸点成分組成 z の原料 $F[\text{mol}]$ をフラッシュ蒸留して、組成 y の蒸気 $D[\text{mol}]$ と組成 x の液 $L[\text{mol}]$ とに分離する。次の問①～③に答えよ。

- ① フラッシュ蒸留と単蒸留の違いについて説明せよ。
- ② 原料に対する液の割合を q とする。物質収支からフラッシュ蒸留での操作線の式を q とその他の記号を用いて表せ。導出の過程も示せ。
- ③ 理論的な最低液濃度 x_S および理論的な最高蒸気濃度 y_R と q の関係について説明せよ。

（２）図 III は、ニュートン効率の物理的意味を考えるために、理想的分離装置とバイパスを組み合わせた装置で２種類の粒子群（ a および b ）を分級する際の質量分配関係を示したものである。 α 、 β はそれぞれ移動する a 粒子群の質量割合、 W_a 、 W_b は a および b の質量を表す。次の問①～③に答えよ。

- ① 空欄（あ）～（え）にはそれぞれの場合の質量が入る。図中の文字を使用して当てはまる文字式を示せ。
- ② a 粒子群の回収率 γ_a および b 粒子群の回収率 γ_b を α および β の関数として表せ。導出の過程も示せ。
- ③ ニュートン効率の物理的意味を図中の文字を使用して簡潔に説明せよ。

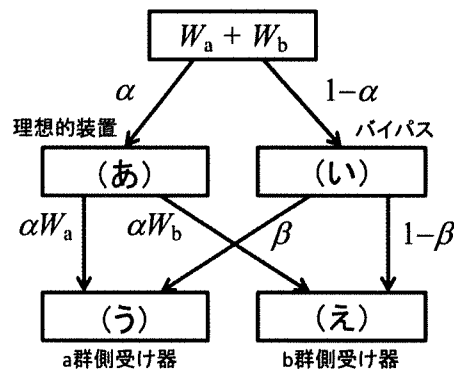


図 III 分級操作での粒子群の移動