

令和 8 年度 (2026 年度) 大学院工学府修士課程外国人留学生特別選抜試験 (化学工学専攻)
International Master's Programs of Chemical Engineering in the Graduate School of Engineering,
Kyushu University (Academic Year from April, 2026)

科目/Subject: 【化学工学 II】物質移動 / Chemical Engineering II: Mass transfer (1 枚 / 1 sheet)

1. (25 点 / 25 points)

物質 A がガス相から静止流体中へ溶解する際の物質移動を考える。物質移動は鉛直下向きにとった z 方向に 1 次元であるとする。液相モル濃度 (C_A) は気液界面 ($z = 0$) において $C_A = C_{As}$ であった。液中で物質 A は一次反応 (速度定数 k) によって消滅し $z = L > 0$ において $C_A = 0$ である。液中の物質 A の拡散係数を D とおく。 / Consider the mass transfer of substance A from a gas phase into a stagnant liquid. The mass transfer is assumed to be one-dimensional in the vertical downward z -direction. At the gas-liquid interface ($z = 0$), the molar concentration of substance A in the liquid phase (C_A) is $C_A = C_{As}$. Within the liquid phase, the substance A undergoes a first-order reaction with a rate constant k , resulting in complete depletion at $z = L > 0$. The diffusion coefficient of the substance A in the liquid is denoted by D .

- (1.1) $z \in [0, L]$ において C_A が従う拡散方程式を書け。 / Write down the diffusion equation governing C_A over the domain $z \in [0, L]$.
- (1.2) 定常状態において、前問の物質 A の拡散方程式から得られる無次元パラメータを答えよ。
Under a steady state, identify the dimensionless parameter obtained from the diffusion equation for the substance A derived in the previous question.
- (1.3) 前問で同定した無次元パラメータが 1 よりはるかに小さいとき、または 1 よりはるかに大きいとき、それぞれのどのような状況を表しているか説明せよ。
Explain what situations are represented when the dimensionless parameter identified in the previous question is much smaller than 1 and when it is much larger than 1.

2. (25 点 / 25 points)

水中で静置している長さ $L = 0.1$ m の平板上にたんぱく質が局在している。大容量の水が平板に平行に流れており、平板から十分離れた水の流速を U_∞ とする。水中のたんぱく質の拡散係数 $D = 6.81 \times 10^{-11}$ m²/s, Schmidt 数は $Sc = 14684$, たんぱく質モル濃度は平板上で $C_s = 100$ mol/m³, 水流中で $C_\infty = 0$ である。また, Sherwood 数 Sh と Reynolds 数 Re と Sc は $Sh = 0.332Re^{1/2}Sc^{1/3}$ の相関式に従うとする。
A stationary flat plate with a length of $L = 0.1$ m is immersed in water, with protein localized on its surface. A large volume of water flows parallel to the plate, and the flow speed of water far from the plate is denoted by U_∞ . The diffusion coefficient of the protein in water is $D = 6.81 \times 10^{-11}$ m²/s, and the Schmidt number is $Sc = 14684$. The molar concentration of protein is $C_s = 100$ mol/m³ at the plate surface and $C_\infty = 0$ in the bulk flow. The Sherwood number Sh is assumed to follow the correlation $Sh = 0.332Re^{1/2}Sc^{1/3}$, where Re and Sc represent the Reynolds and Schmidt numbers, respectively.

- (2.1) U_∞ が増加すると Sh はどのように変化するか。理由とともに答えよ。
How does Sh change as U_∞ increases? Provide an explanation for your answer.
- (2.2) $U_\infty = 1$ m/s のとき平板上のたんぱく質のモル流束を求めよ。
Calculate the molar flux of protein on the flat plate when $U_\infty = 1$ m/s.
- (2.3) 水の流速を 3 倍にしたとき、たんぱく質のモル流束は何倍になるか。
When the water flow is tripled, how many times will the protein molar flux increase?