

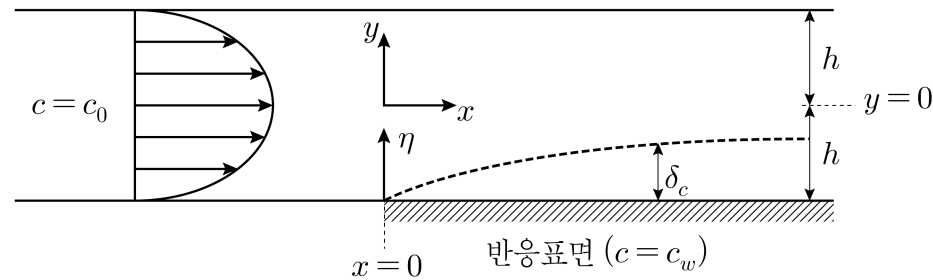
전달현상

2023년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 다음 그림과 같이, 확산 계수가 D 인 물질이 너비가 $2h$ 인 두 평판 사이를 흐르는 완전 발달 압력 구배 흐름(u : x 방향 유속, v : y 방향 유속)에 의해 반응 표면까지 전달된다. 반응 표면에 도달하기 전, 이 물질의 농도는 y 좌표 값에 상관없이 c_0 로 일정하며, 반응 표면에서 발생하는 반응에 의해 정상 상태의 농도 경계층(boundary layer)을 형성할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 속도장은 반응에 무관하며 반응 표면에서의 물질 농도는 c_w 로 일정하고, 농도 경계층의 두께는 δ_c 이다) (총 30점)



- 1) 두 평판 사이를 흐르는 압력 구배 흐름에서 x 방향의 완전 발달 흐름 속도장(u)의 최대 국부 속도(maximum local velocity)를 u_{\max} 라고 할 때, 반응 표면 근처($\eta \approx 0$)에서의 u 가 다음과 같이 근사될 수 있음을 보이시오. (단, $\eta = y + h$) (10점)

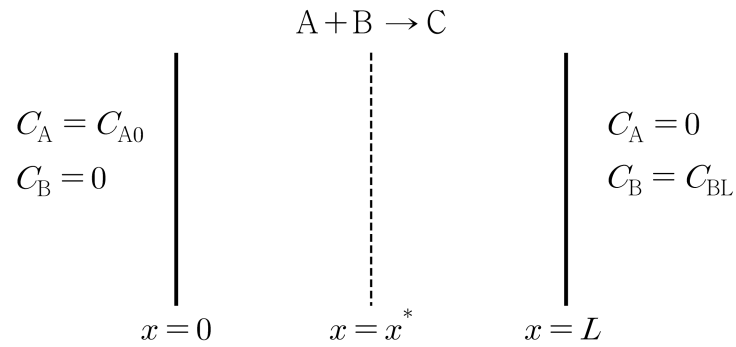
$$u \approx u_{\max} \left(\frac{2\eta}{h} \right)$$

- 2) $\delta_c \ll h$ 와 $\delta_c \ll x$ 가 성립할 때, 농도장(c)에 대한 정상 상태 대류-확산을 설명하는 지배방정식을 활용하여 정상 상태의 농도 경계층 두께에 대한 다음의 order-of-magnitude 추산식에서 α , β , γ 를 결정하시오. (단, Peclet 수 $Pe \equiv \frac{u_{\max} h}{D}$ 로 정의하고, y 방향의 속도장 $v = 0$ 이다. 반응 표면이 시작되는 지점이 $x = 0$ 이고, $\frac{\partial^2 c}{\partial \eta^2} \gg \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$ 가 성립한다. u 는 $u_{\max} \frac{2\delta_c}{h}$ 에, $\frac{\partial c}{\partial x}$ 는 $\frac{c_0 - c_w}{x}$ 에, $\frac{\partial^2 c}{\partial \eta^2}$ 는 $\frac{c_0 - c_w}{\delta_c^2}$ 에 비례한다) (20점)

$$\delta_c \propto Pe^\alpha h^\beta x^\gamma$$

제 2 문. 액체 A와 액체 B가 길이 10 cm의 매질에서 1차원 확산을 하고 있다. 두 액체는 확산하여 $A + B \rightarrow C$ 의 반응이 일어난다. B의 확산계수(D_B)는 A의 확산계수(D_A)의 1.5배이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 매질에서 A와 B의 확산계수는 일정하며, 온도가 일정한 정상상태이다) (총 30점)

- 1) 반응속도가 매우 빠를 때, A와 B가 만나는 위치 x^* [cm]를 구하시오. (단, A와 B의 농도는 매우 묽고 $\frac{C_{BL}}{C_{A0}} = 1.2$ 이며, $x = x^*$ 에서 C_A 와 C_B 의 농도는 0이다) (15점)



- 2) A가 확산하면서 $r_A = -kC_A$ 의 반응속도로 균일반응이 일어날 때, $x = 0$ 에서 $C_A = C_{A0}$ 이고 $x = L$ 에서 $C_A = 0$ 이 된다. $m = \sqrt{k/D_A}$ 로 정의할 때, $x = 0$ 에서 A의 물질전달 물플럭스를 구하기 위한 관계식을 구하시오. (단, 물질 B가 화학양론적으로 과잉이며, 매질에서 C_B 는 일정하다) (15점)

제 3 문. 동일한 석유를 원형관을 통해 동일한 부피 유량으로 저장조로 수송할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 석유는 뉴턴 유체이며 완전 발달 층류 흐름(laminar flow)의 특성을 따른다) (총 20점)

- 1) 수평으로 놓인 원형관 A와 B의 내경이 각각 15 cm와 20 cm이고 B관에서의 레이놀즈 수(Re)가 300일 때, A관에서의 Re를 구하시오. (7점)
- 2) 1)의 조건에서 A관과 B관에서의 압력 강하를 각각 ΔP_A , ΔP_B 라고 할 때, $\frac{\Delta P_A}{\Delta P_B}$ 를 구하시오. (5점)
- 3) 수송에 드는 에너지 비용이 압력강하의 x 배이고, 기타 비용이 d^2 의 y 배일 때, 석유 수송에 대한 전체 비용이 최소가 되게 하는 원형관 내경 d 에 대한 관계식을 구하시오. (단, 전체 비용은 수송에 드는 에너지 비용과 기타 비용의 합으로만 구성된다. 석유의 점도는 μ , 수송관 총 길이는 L , 부피 유량은 Q 이다) (8점)

제 4 문. 액체 프로판(밀도 581 kg/m^3)이 25°C 의 대기에 노출된 지름 1.5 m , 길이 4 m 인 원통형 저장조에 가득 채워져 있다. 저장조 상부가 파손되어 대기에서 저장조로 열전달이 일어나 프로판이 기화하면서 갈라진 틈을 통해 저장조를 빠져나간다. 아래와 같이 Rayleigh 수(Ra)와 수평 저장조에서 자연대류 평균 Nusselt 수(Nu)를 정의할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 저장조의 외부표면에서의 복사 열전달은 무시하며, 저장조와 저장조 내부가 항상 같은 온도로 유지되고, 열전달이 일어나는 조건에서 저장조 내부 온도는 -42°C , 공기는 이상기체이다) (총 20점)

$$\text{Ra} = \frac{g\beta(T_\infty - T_s)d^3}{\nu^2}\text{Pr}$$

$$\text{Nu} = \left[0.6 + \frac{0.387\text{Ra}^{1/6}}{[1 + (0.559/\text{Pr})^{9/16}]^{8/27}} \right]^2$$

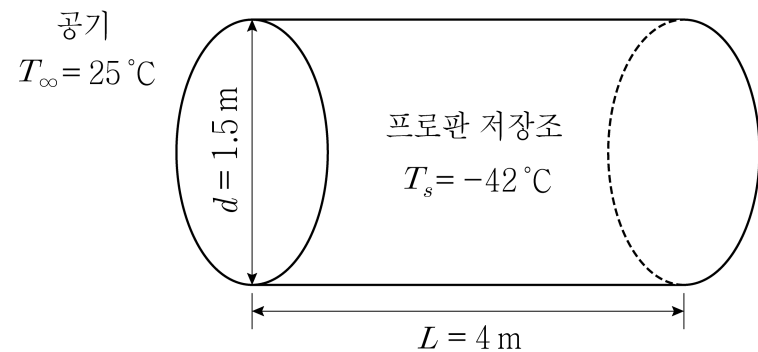
<공기의 물성>

열전도도 $k = 0.02299 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

동점도 $\nu = 1.265 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

부피팽창계수 $\beta = 0.003781 / \text{K}$

Prandtl 수 $\text{Pr} = 0.7383$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$



- 1) 프로판의 자연대류 현상에 대한 열전달계수를 구하시오. (10점)
- 2) 프로판의 기화열이 425 kJ/kg 이며 저장조의 모든 면에서 열전달계수가 동일하다고 가정할 때, 저장조의 프로판이 모두 기화할 때까지 걸리는 시간[h]을 계산하시오. (10점)

인사혁신처 시험출제과장