



Heat & Mass Transfer

(열 및 물질 전달, 448.308)

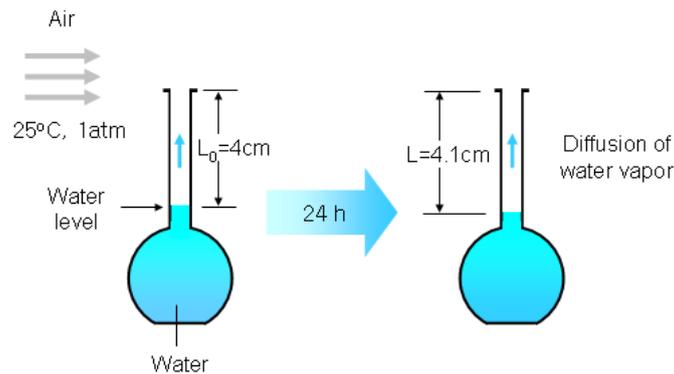
2006년 Final

※ 가급적 과정을 명시하고 필요한 물성은 교과서에서 찾아서 사용할 것.

1. [10점] 다음을 간단히 설명하여라.

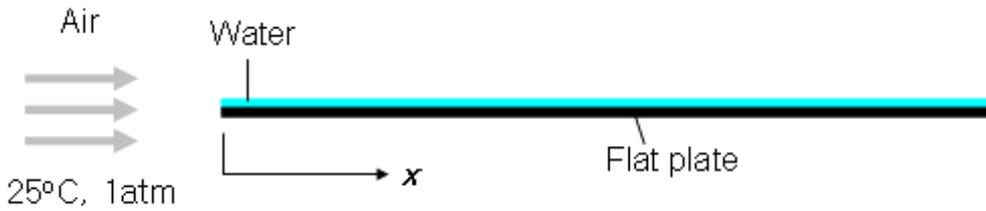
- (1) 상압 하의 기체에서는 Prandtl number와 Schmidt number의 크기가 비슷하다. 액체의 경우에는 일반적으로 Prandtl number와 Schmidt number의 크기가 어떠한지 기술하라.
- (2) 시베리아에서 생산된 천연가스가 송유관을 통하여 한반도로 항상 일정한 유량이 공급된다. 일반적으로 펌프동력을 최소화하기 위하여 마찰계수가 적은 완전히 발달한 난류로 유체를 수송한다. 이 송유관에서 열손실을 줄이기 위하여 관의 지름을 1/2로 하자는 제안이 있다. 이 제안을 평가하라.

2. [30점] 직경이 1cm인 유리관 상부 입구로부터 4 cm 까지 물을 채운 다음 25°C, 1atm의 건조공기를 유리관 위로 흘러주었더니 하루가 지나서 물높이가 0.1cm 가 강하하였다. 아래 그림에 나타난 유리 기구를 사용하여 공기-물 계에 대한 확산계수 D_{AB} 를 구하려고 한다.



- (1) 유리관에서의 공기는 정체되어 있는 경우 ($N_B = 0$), 물의 molar flux (N_A)를 미분형 Fick's law로 나타내어라.
- (2) 물의 molar flux (N_A)를 $(x_{A0} - x_{AL})/L$ 의 함수로 표현하여라.
- (3) 유리관에서의 물의 molar flux (N_A)와 시간에 따른 물높이와의 관계를 나타내는 미분형 물질수지 식을 세워라.
- (4) (3)의 식을 $t=0$ 일 때 $L=L_0$ 로부터 $t=t$ 일 때 $L=L$ 까지 적분하여 D_{AB} 를 구하는 식을 세워라.
- (5) 25°C, 1 atm에서 D_{AB} (cm^2/s)를 구하고 실험값과 비교하여라. (이 때 물의 증기압은 교과서에서 찾아라)

3. [20점] 대기압의 공기가 2m/s의 속도로 얇은 막의 물로 덮여진 너비가 10m이고 길이가 10 m인 평판 위를 흐르고 있다. 공기와 물의 온도가 25°C로 유지될 때 물의 증발 속도 (mass flux for the evaporation of water)를 구하려고 한다. 물에 공기가 흡수되는 양은 무시한다.



- (1) $x=1\text{m}$ 에서 물의 증발에 대한 molar flux ($\text{kmol/s} \cdot \text{m}^2$)를 계산하여라.
- (2) $x=9\text{m}$ 에서 물의 증발에 대한 molar flux ($\text{kmol/s} \cdot \text{m}^2$)를 계산하여라.
- (3) 평판 전체에서 증발되는 물의 증발량 (kmol/s)을 구하여라.
- (4) 이 문제에서 Hydrodynamic boundary layer (δ)와 concentration boundary layer (δ_c)를 스케치하여라.

4.[20점] 중력이 없는 우주선에서 작은 물방울이 공중의 한자리에 머물러 있다.

- (1) 이 시스템에서 특성길이 (Characteristic length)가 물방울의 지름 (d_p)이라고 할 때 물방울 표면에서 주위로의 물질전달에 관한 Sherwood number는 어떻게 표현되는 지 유도하여라.
- (2) 초기 물방울 지름이 1mm이고 공기온도는 38°C, 물방울의 온도는 14.4°C, 그리고 압력은 1기압이라면 물방울의 증발의 속도를 구하여라. D_{AB} 는 문제 1에서 구한 값을 사용하여라.
- (3) 물방울의 지름이 0.2 mm가 될 때까지의 시간을 구하여라.
- (4) 물방울로의 열전달의 초기속도를 계산하여라. 이 때 Nusselt number는 물질전달과 유사하다는 점을 이용하고 38°C에서 공기의 열전도도 k 는 $5.8 \times 10^{-7} \text{ cal/s} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}$ 이다.

5.[20점] 보기인자 (View factor) $F_{11}, F_{12}, F_{21}, F_{22}$ 를 구하여라.

- (1) 한변의 길이가 L 인 정육면체 속에 직경이 $D=L$ 인 구가 들어 있는 경우
- (2) 무한 평판에 놓인 구
- (3) 면적이 $A_2=2A_1$ 인 반쪽 동심 구(2) 속에 면적이 A_1 인 작은 구(1)가 들어 있는 경우
- (4) 높이가 h 이고 옆 면적이 A_3 인 원추의 밑면(A_1)에 면적이 A_2 인 구멍이 난 경우

