

## 전달현상

문 1. 수평으로 고정된 평판 위를 흐르는 유체의 Reynolds 수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① Reynolds 수가 10,000이면 난류이다.
- ② Reynolds 수는 점성력에 대한 관성력의 비이다.
- ③ Reynolds 수는 유체의 점도에 반비례한다.
- ④ Reynolds 수는 강제대류의 Nusselt 수에 영향을 준다.

문 2. 증류탑에서 공급단으로 들어가는 공급원료가 과열증기(superheated vapor)상태이다. 공급단에서 9몰의 공급원료에 대하여 2몰의 액체가 기화할 때, 원료공급선(feed line)의 기울기는?

- ①  $-\frac{2}{7}$
- ②  $-\frac{2}{9}$
- ③  $\frac{2}{11}$
- ④  $\frac{2}{9}$

문 3. 연구용 잠수함이 해저 1 km에서 운항 중이다. 잠수함 내부의 절대압력이 1 atm일 때, 잠수함에 설치된 지름이 20 cm인 창에 가해지는 힘[kN]은? (단, 해수의 밀도는  $1.1 \text{ g cm}^{-3}$ 이고, 중력 가속도는  $9.8 \text{ m s}^{-2}$ 이다)

- ① 128.5
- ② 338.5
- ③ 541.6
- ④ 751.6

문 4. 이성분계 기체확산계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 분자량이 작아지면 확산계수가 커진다.
- ② 온도가 높아지면 확산계수가 커진다.
- ③ 분자의 크기가 커지면 확산계수가 작아진다.
- ④ 압력이 낮아지면 확산계수가 작아진다.

문 5. 열교환기에서 관(pipe) 내부유체에 대한 열전달계수가  $600 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 이고, 관 외부유체에 대한 열전달계수가  $500 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 일 때, 관 내부면적을 기준으로 한 총괄열전달계수 [ $\text{W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ ]는? (단, 관의 내부지름은 5 cm, 두께는 0.5 cm이며, 관에서 전도를 통한 열전달저항은 무시한다)

- ① 300
- ② 400
- ③ 500
- ④ 600

문 6. 300 K에서 수소가 수평으로 놓인 평판 고분자 막을 통해 확산하고 있다. 막의 상부와 하부에서의 압력은 각각  $3 \times 10^6 \text{ Pa}$ 와  $5 \times 10^5 \text{ Pa}$ 이다. 이 온도에서 막에 대한 수소의 투과계수(permeability coefficient)가  $4 \times 10^{-13} \text{ mol m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ 이고, 수소의 몰플럭스(molar flux)가  $3.6 \text{ kmol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 일 때, 막의 두께[ $\mu\text{m}$ ]는?

- ① 1
- ② 10
- ③ 100
- ④ 1,000

문 7. 반지름이  $R$ 인 수평 관(pipe) 안에서 비압축성 뉴턴유체(Newtonian fluid)가 층류로 흐르고 있다. 이 흐름은 Hagen-Poiseuille 관계식을 만족하며 완전발달된 속도분포를 보인다. 관 안에서 유체의 최대 속도( $v_{max}$ )는? (단,  $\Delta P$ 는 압력차의 절대값이고,  $L$ 은 관의 길이이며,  $\mu$ 는 유체의 점도이다)

- ①  $\left(\frac{\Delta P}{L}\right) \frac{R^2}{2\mu}$
- ②  $\left(\frac{\Delta P}{L}\right) \frac{R}{2\mu}$
- ③  $\left(\frac{\Delta P}{L}\right) \frac{R^2}{4\mu}$
- ④  $\left(\frac{\Delta P}{L}\right) \frac{R}{4\mu}$

문 8. 지름이 10 cm이고 표면온도가 400 K인 강철봉(steel rod)이 공기와 벽의 온도가 모두 300 K인 방 한가운데에 수평으로 매달려 있다. 열전달계수는  $10 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 이고, 강철봉에서 방출된 복사에너지는 모두 벽으로 전달된다고 할 때, 강철봉의 단위길이당 총 열손실 [ $\text{W m}^{-1}$ ]은? (단, 봉의 길이는 지름에 비해 매우 크고, 강철봉과 벽은 흑체이며, Stefan-Boltzmann 상수 값은  $1 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ 이라고 가정하고, 전도에 의한 열전달은 무시한다)

- ① 69
- ② 369
- ③ 1,069
- ④ 1,569

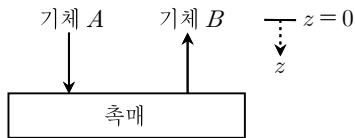
문 9. 공기 중의 기체 A를 물에 흡수시키고자 한다. 이 기체흡수 공정에서 평형선의 기울기는 1이며, 액체경막저항이 기체경막저항의 5배이다. 액체경막계수만 변화시켜 A의 흡수속도를 2배로 높이기 위해서는 액체경막계수를 처음의 몇 배로 해야 하는가?

- ① 0.4
- ② 1
- ③ 2.5
- ④ 4

문 10. 고체물질  $C$  내에서 물질  $A$ 와  $B$ 가 확산하고 있다. 이들의 확산 계수를 각각  $D_{AC}$ 와  $D_{BC}$ 라고 하자. 이 확산계수들은 온도에 대해 Arrhenius 식의 형태를 따르고, 온도가 높아지면서  $D_{AC}$ 와  $D_{BC}$ 는 동일한 값으로 수렴할 때, 온도  $T_2 \left( = \frac{T_1}{2} \right)$ 에서의  $\frac{D_{AC}}{D_{BC}}$ 는 온도  $T_1$ 에서의  $\frac{D_{AC}}{D_{BC}}$ 의 몇 배인가? (단,  $R$ 은 기체상수이고, 모든 온도에서 물질  $A$ 의 확산활성화에너지는  $RT_1$ , 물질  $B$ 의 확산활성화에너지는  $2RT_1$ 로 일정하다)

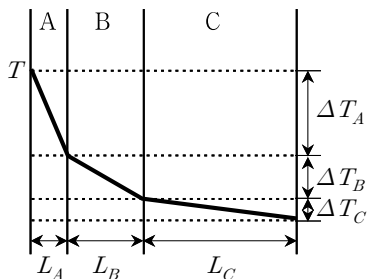
- ①  $e$   
 ②  $e^2$   
 ③  $e^{-1}$   
 ④  $e^{-2}$

문 11. 기체  $A$ 가 고체 촉매표면에서 화학반응  $A \rightarrow 2B$ 를 통해 기체  $B$ 로 전환된다. 촉매표면의 기체경막을 통한  $z$ -방향 확산에 비해 반응속도가 매우 빠를 때,  $A$ 의  $z$ -방향 몰플럭스( $N_{A,z}$ )는? (단,  $y_A$ 는  $A$ 의 기상 몰분율,  $D_{AB}$ 는 확산계수,  $z$ 는 기체 영역에서 촉매표면으로의 좌표이며,  $c$ 는 전체 농도로 일정하다)



- ①  $-\frac{cD_{AB}}{(1-y_A)} \frac{dy_A}{dz}$   
 ②  $-\frac{cD_{AB}}{(1+y_A)} \frac{dy_A}{dz}$   
 ③  $-\frac{cD_{AB}}{(1+3y_A)} \frac{dy_A}{dz}$   
 ④  $-\frac{cD_{AB}}{(1-3y_A)} \frac{dy_A}{dz}$

문 12. 직렬로 연결된 세 개의 고체평판 A, B, C 층을 통과하는 정상상태 열흐름에서 각 층의 온도 분포는 그림과 같다. A, B, C 각 평판의 두께( $L$ )는 10 mm, 20 mm, 40 mm이고, 각 평판에서의 온도 차이( $\Delta T$ )는 40 K, 20 K, 10 K이다. 열전도도가 가장 큰 평판은 어느 것이며, 평판 B의 열전도도는 평판 A의 열전도도의 몇 배인가?

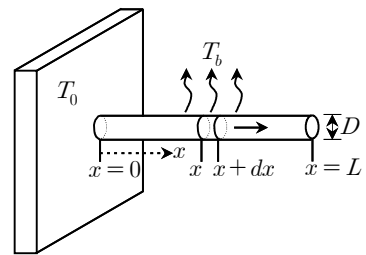


- ① A, 0.25  
 ② A, 4  
 ③ C, 0.25  
 ④ C, 4

문 13. 비압축성 유체가  $4 \text{ cm s}^{-1}$ 의 평균속도로 내부지름이 4 cm인 관(pipe) 안에서 흐르고 있다. 이 유체의 밀도가  $2 \text{ g cm}^{-3}$ 이고 점도가 2 cP일 때, Fanning 마찰인자(friction factor)는?

- ① 0.005  
 ② 0.01  
 ③ 0.05  
 ④ 0.1

문 14. 그림과 같이 벽에 부착된 지름이  $D$ 이고 길이가  $L$ 인 봉(rod) 형태의 알루미늄 핀(fin)을 통해 열이 방출되고 있다. 핀 외부로의 대류와  $x$ -방향의 1차원 정상상태 열전도만을 고려한 핀에서의 온도 분포( $T = T(x)$ ) 지배방정식은? (단,  $h$ 는 열전달계수이고,  $k$ 는 핀의 열전도도이며,  $T_0$ 는 벽의 온도,  $T_b$ 는 공기의 온도이고,  $T_0 > T_b$ 이다)



- ①  $k \frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{h}{D} (T - T_b) = 0$   
 ②  $k \frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{2h}{D} (T - T_b) = 0$   
 ③  $k \frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{4h}{D} (T - T_b) = 0$   
 ④  $k \frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{8h}{D} (T - T_b) = 0$

문 15. 창문에 환풍기를 설치하여 실내의 오염된 공기를 실외로 방출하고자 한다. 피토정관(pitot-static tube)의 차압계를 환풍기 바로 외부에 설치하여 압력차를 측정하였더니 260 Pa이었다. 환풍기를 통해 방출되는 공기 흐름의 속도[ $\text{m s}^{-1}$ ]는? (단, 공기의 밀도는  $1.3 \text{ kg m}^{-3}$ 이고, 피토정관에 대한 마찰은 무시한다)

- ① 10  
 ② 20  
 ③ 30  
 ④ 40

문 16. 열린 탱크가 300 K의 공기에 노출된 상태로 벤젠을 저장하고 있다. 300 K에서 벤젠의 증기압이  $1.2 \times 10^4 \text{ Pa}$ , 물질전달계수가  $0.08 \text{ m s}^{-1}$ 일 때, 벤젠의 증발속도[ $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ]는? (단, 기체상수는  $8.0 \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다)

- ① 0.1  
 ② 0.2  
 ③ 0.4  
 ④ 0.8

문 17. 이중관 열교환기에서 고온 유체가 작은 관(pipe) 내부를, 저온 유체가 두 관 사이의 환상 공간(annular space)을 통해 흐르고 있다. 두 유체의 흐름은 난류이고 모든 관의 표면은 매끄럽다. 작은 관 벽 근처에서 관의 반지름  $r$ -방향에 대한 저온 유체의 온도 분포 함수  $T = T_w - 2(r - r_i)$ 일 때, 저온 유체에 대한 Nusselt 수는? (단,  $r_i$ 는 작은 관의 외부 반지름,  $D_{eq}$ 는 환상 공간의 상당지름(equivalent diameter)이고,  $T_m$ 은 저온 유체의 평균온도,  $T_w$ 는 저온 유체와 접한 작은 관의 벽면 온도이다)

①  $\frac{2D_{eq}}{T_m - T_w}$

②  $\frac{2D_{eq}}{T_w - T_m}$

③  $\frac{D_{eq}}{2(T_m - T_w)}$

④  $\frac{D_{eq}}{2(T_w - T_m)}$

문 18. 내부지름이 10 mm, 외부지름이 20 mm인 고무 관(pipe)의 내벽 온도가 275 K, 외벽 온도가 300 K로 일정하게 유지되고 있다. 이 관을 통한 열전달량이 15 W일 때, 이 관의 길이[m]는? (단, 고무의 열전도도는  $0.0151 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이고,  $\ln 2 = 0.7$ 로 가정한다)

① 1.31

② 2.65

③ 3.92

④ 4.43

문 19. 다음의 2차원 속도장(velocity field) 중에서 비압축성 흐름이 아닌 것은? (단,  $u$ 와  $v$ 는 각각  $x$ -방향의 속도와  $y$ -방향의 속도이며, 시간( $t$ ) > 0이다)

①  $\underline{u} = -x$        $\underline{v} = y$

②  $\underline{u} = 3y$        $\underline{v} = 3x$

③  $\underline{u} = 4x^2y^3$        $\underline{v} = -2xy^4$

④  $\underline{u} = 4xt$        $\underline{v} = 4yt$

문 20. 밀도가  $1,000 \text{ kg m}^{-3}$ 인 물이 관(pipe) 안을 일정한 유속으로 흐른다. 관 출구는 입구보다 4 m 높고, 입구에서의 절대압력은  $1 \text{ kgf cm}^{-2}$ , 출구에서의 절대압력은  $2 \text{ kgf cm}^{-2}$ 이다. 물이 펌프에 의해 물 1 kg당  $20 \text{ kgf m}$ 의 에너지를 공급받는다면, 관에서 마찰에 의한 에너지 손실[ $\text{kgf m kg}^{-1}$ ]은?

① 2

② 4

③ 6

④ 8