

전달현상

1. 액체를 비활성 기체와 접촉시켜 액체로부터 휘발성 용질을 제거하는 분리조작 방법은?

- ① 탈거(stripping)
 ② 흡착(adsorption)
 ③ 여과(filtering)
 ④ 기체흡수(gas absorption)

2. 점도에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

- ㄱ. 모든 유체의 점도는 온도가 증가할수록 감소한다.
 ㄴ. Newton 유체의 전단응력과 전단변형률의 관계는 선형이다.
 ㄷ. 낮은 밀도, 비극성, 단원자 기체의 점도는 기체의 분자량에 영향을 받는다.

- ① ㄱ
 ② ㄴ
 ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ

3. 지름이 일정한 원형도관의 완전발달 층류에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 도관 표면에서 비미끄럼 조건이 성립하고, 정상상태의 비압축성 Newton 유체를 고려한다)

- ① 유동 방향으로 속도가 변하지 않는다.
 ② 속도 분포는 플러그 유동의 형태이다.
 ③ 마찰계수는 Reynolds 수에 반비례한다.
 ④ 입구길이(entrance length)는 Reynolds 수에 비례한다.

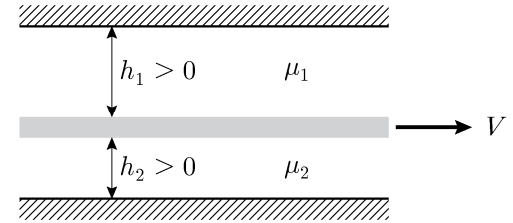
4. 두 종류의 구형 나노입자 A와 B를 각각 용매에 분산하여 확산계수를 측정하였다. 상온에서 나노입자 A의 확산계수는 $1.5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$, 나노입자 B의 확산계수는 $6.0 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ 로 측정되었다. 나노입자 A의 반지름은 나노입자 B의 반지름의 몇 배인가? (단, 사용된 용매는 동일하며, 측정된 확산계수는 Stokes-Einstein 방정식을 만족한다)

- ① 0.16 ② 0.25
 ③ 0.32 ④ 0.4

5. 무차원수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

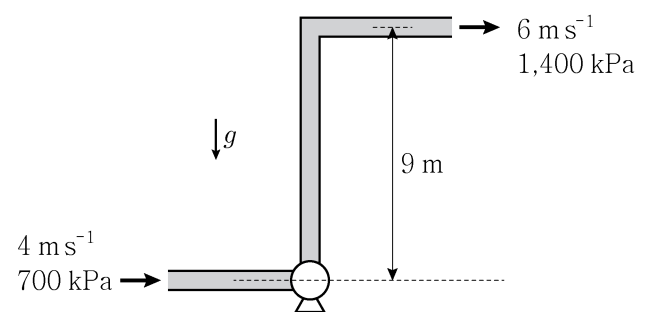
- ① 항력계수는 항력과 관성력의 비이다.
 ② Lewis 수는 관성력과 표면장력의 비이다.
 ③ Reynolds 수는 관성력과 점성력의 비이다.
 ④ Prandtl 수는 운동량 확산도와 열 확산도의 비이다.

6. 그림과 같이 두 개의 고정된 평판 사이에 두께가 얇은 평판 하나가 놓여 있고, 평판 사이의 공간에는 각각 점도가 μ_1 과 μ_2 인 비압축성 Newton 유체가 완전히 채워져 있다. 중간 평판과 고정된 평판 사이의 수직거리는 각각 h_1 과 h_2 이고, 중간 평판이 유체와 만나는 면적은 윗면과 아랫면에서 각각 A 로 동일하다. 중간 평판이 수평 방향으로 V 의 속도로 움직이는 데 필요한 힘은? (단, 모든 평판은 평행하며 충분히 길고 넓어서 끝부분과 측면의 영향을 무시할 수 있다. 중간 평판이 움직이며 생기는 유체의 흐름은 Couette 유동으로 비미끄럼 조건이 적용된 정상상태의 완전발달 층류이고, 중력의 영향은 무시한다)



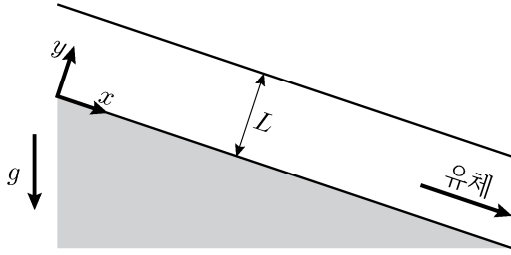
- ① $A \left(\frac{\mu_1 V}{h_1} - \frac{\mu_2 V}{h_2} \right)$ ② $A \left(\frac{\mu_1 V}{h_1} + \frac{\mu_2 V}{h_2} \right)$
 ③ $2A \left(\frac{\mu_1 V}{h_1} - \frac{\mu_2 V}{h_2} \right)$ ④ $2A \left(\frac{\mu_1 V}{h_1} + \frac{\mu_2 V}{h_2} \right)$

7. 물이 4 m s^{-1} 의 유속으로 펌프에 유입되어, 9 m 높이에서 6 m s^{-1} 의 유속으로 배출된다. 유입구와 배출구에서 물의 압력은 각각 700 kPa과 1,400 kPa이다. 유입되는 물의 질량 유량이 0.5 kg s^{-1} 일 때, 펌프의 출력[W]은? (단, 물의 흐름은 원형도관 내 정상상태의 플러그 유동으로 베르누이 방정식을 만족한다. 모든 마찰 손실은 무시하고, 물의 밀도는 $1,000 \text{ kg m}^{-3}$, 중력가속도(g)는 10 m s^{-2} 로 계산한다)



- ① 300
 ② 310
 ③ 390
 ④ 400

8. 경사면 위를 비압축성 Newton 유체가 정상상태의 단일 x 방향 층류로 흘러내린다. 경사면과의 수직거리 y 에 따른 유체의 x 방향 속도의 분포 $V_x(y)$ 가 $\frac{\rho g L^2}{2\mu} \left[\frac{y}{L} - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{L} \right)^2 \right]$ 일 때, 유체의 x 방향 평균속도는? (단, ρ 는 유체의 밀도, μ 는 유체의 점도, g 는 중력가속도, L 은 유체의 두께이다)

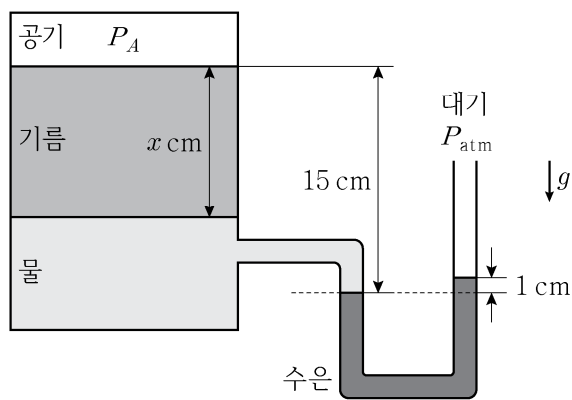


- ① $\frac{\rho g L^2}{6\mu}$ ② $\frac{\rho g L^2}{3\mu}$
 ③ $\frac{\rho g L^2}{2\mu}$ ④ $\frac{\rho g L^2}{\mu}$
9. 주어진 유선 함수(stream function)로부터 결정되는 x 방향 속도와 y 방향 속도를 바르게 연결한 것은? (단, 모든 변수는 무차원화 되어 있다)

유선 함수: $8y^2 - xy - 8x^2$

x 방향 속도 y 방향 속도

- ① $x - 16y$ $-16x - y$
 ② $x - 16y$ $16x - y$
 ③ $-x + 16y$ $16x + y$
 ④ $-x + 16y$ $-16x - y$
10. 그림과 같이 구성된 저장고 내부의 기름, 물, 수은의 비중은 각각 0.8, 1.0, 13.6이다. 저장고 내부의 공기압(P_A)이 대기압(P_{atm})보다 60 Pa 클 때, 저장고 내부의 기름의 높이(x)[cm]는? (단, 물의 밀도는 $1,000 \text{ kg m}^{-3}$, 중력가속도(g)는 10 m s^{-2} 로 계산한다)



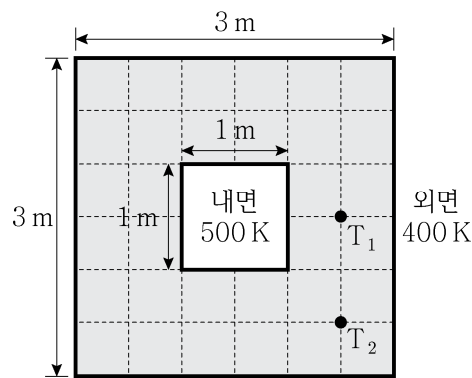
- ① 7 ② 8
 ③ 9 ④ 10

11. 열확산계수(thermal diffusivity)와 차원이 동일한 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 동점도(kinematic viscosity)
 ㄴ. 열전도도(thermal conductivity)
 ㄷ. 체적팽창계수(volume expansion coefficient)
 ㄹ. 물질확산계수(mass diffusivity)

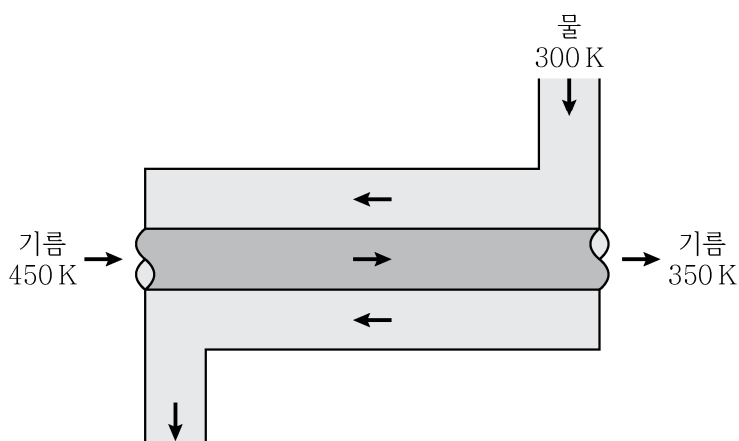
- ① ㄱ, ㄷ ② ㄱ, ㄹ
 ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄹ
12. 복사 열전달에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
- ① 빛의 속도로 전달된다.
 ② 흑체의 흡수율은 1이다.
 ③ 회색체의 단색 흡수율은 일정하다.
 ④ 장파장 복사보다 단파장 복사의 에너지가 작다.
13. 어떤 현상에 대해 9개의 변수가 있고, 변수들의 독립된 차원이 5개이다. 무차원 매개변수의 개수는? (단, 무차원 매개변수는 서로 독립이다)
- ① 2 ② 3
 ③ 4 ④ 5
14. Grashof 수는 유체의 자연대류 현상을 분석하는 데 필요한 무차원수이다. Grashof 수를 구성하는 요소가 아닌 것은?
- ① 비열
 ② 밀도
 ③ 점도
 ④ 체적팽창계수
15. 동일한 원통형 기공에서 Knudsen 확산계수가 가장 큰 것은? (단, 네온과 아르곤의 원자량은 각각 20, 40이다)
- ① 네온, 300 K ② 네온, 350 K
 ③ 아르곤, 500 K ④ 아르곤, 550 K
16. 비정상상태의 유선(streamline)에 대한 설명으로 옳은 것은?
- ① 유맥선(streakline)과 항상 일치한다.
 ② 속도 포텐셜의 등선(isoline)이다.
 ③ 개별 유체 입자의 운동 궤적이다.
 ④ 유동장의 모든 곳에서 속도 벡터와 접한다.

17. 그림은 내면과 외면의 온도가 각각 500 K와 400 K로 유지되는 사각 도관의 단면이다. 도관에서의 열 발생은 없으며, 열전도도는 일정하다. 정상상태에서 열전도만을 고려할 때, T_1 과 T_2 에서의 온도 차이[K]는? (단, 그림 내 격자의 간격은 모두 동일하고, 온도 차이는 절댓값으로 계산한다)



- ① 5 ② 10
③ 25 ④ 50

18. 단열상태의 일회 통과형 향류흐름 열교환기에 온도가 450 K인 기름을 2 kg s^{-1} 의 질량 유량으로 통과시켜 350 K로 냉각시킨다. 냉각 매체로는 온도가 300 K인 물이 사용되며, 열교환기에 유입되는 물의 질량 유량은 2 kg s^{-1} 이다. 총괄열전달계수가 $400 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 일 때, 열전달 면적 $[\text{m}^2]$ 은? (단, 열교환기는 열 손실이 없는 정상상태로 운전되며, 내부 도관의 열저항은 무시한다. 기름과 물의 비열은 각각 $2,000 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 과 $4,000 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 로 일정하며, $\ln 2 = 0.7$ 로 계산한다)



- ① $\frac{14}{3}$ ② $\frac{28}{3}$
 ③ 14 ④ $\frac{56}{3}$

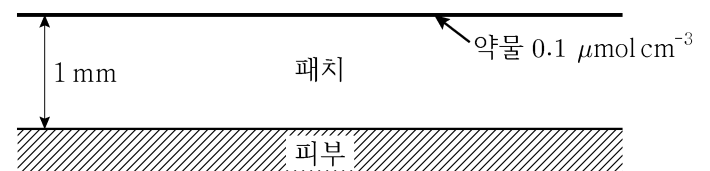
19. 초기 온도 T_0 의 금속구 A, B를 각각 온도 T_∞ 의 유체로 채워진 용기에 담갔다. A의 반지름은 B의 2배이고, 대류 열전달계수는 서로 동일하다. 구의 온도 T 가 주어진 관계식을 따를 때, $T = 2T_0$ 가 되는 데 걸리는 시간은 A가 B의 몇 배인가? (단, A와 B는 동일한 금속이고, 용기는 매우 크다)

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \exp(-\text{Bi} \cdot \text{Fo})$$

Bi는 Biot 수, Fo는 Fourier 수

- ① 1 ② 2
③ 4 ④ 8

20. 그림과 같이 의료용 패치 상단 면에 약물을 지속적으로 공급하여, 패치 영역 최상단에서의 약물 농도를 $0.1 \mu\text{mol cm}^{-3}$ 으로 유지한다. 패치의 두께는 1 mm이고, 피부와의 접촉 면적은 10 cm^2 이다. 패치 내에서 약물의 확산계수가 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ 일 때, 1,000초 동안 체내로 흡수되는 약물의 총량[mol]은? (단, 정상상태의 단일방향 확산을 통한 약물의 전달만을 고려하며, 피부까지 전달된 약물은 즉시 체내로 흡수된다)



- ① 10^{-10} ② 10^{-9}
③ 10^{-8} ④ 10^{-7}

21. $A + 2B \rightarrow 3C$ 의 반응이 일어나는 표면에서 A의 몰 플럭스와 같은 것은? (단, N_B 와 N_C 는 각각 B와 C의 몰 플럭스이다)

- $$\begin{array}{ll} \textcircled{1} & \frac{1}{2}N_{\text{B}} \\ \textcircled{2} & 2N_{\text{B}} \\ \textcircled{3} & \frac{1}{3}N_{\text{C}} \\ \textcircled{4} & 3N_{\text{C}} \end{array}$$

22. 필름 근처의 흐름이 두께 δ 의 층류 경계층을 형성한다. 필름은 용해되어 두께 δ_c 의 농도 경계층을 형성하며, 용해된 필름의 확산계수(D)는 일정하다. 주어진 관계식을 이용할 때, δ_c 에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 모든 변수는 0보다 크다)

$$\delta = 5 \sqrt{\frac{\mu L}{\rho U}}$$

$$\delta_c = \frac{\delta}{\text{Sc}^{\frac{1}{3}}}$$

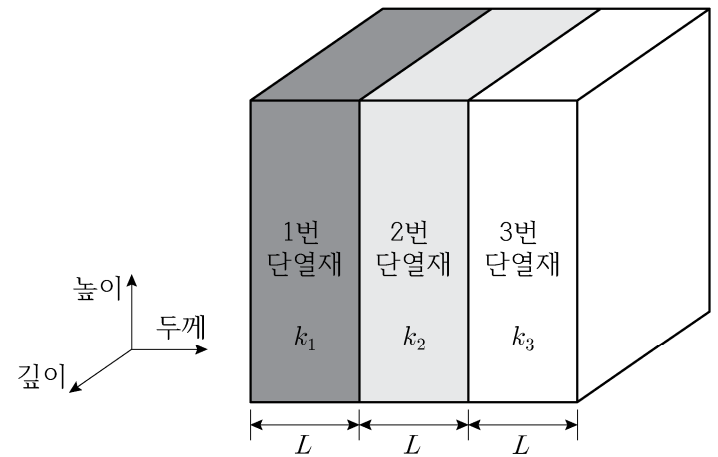
μ 는 유체의 점도, L 은 선단(leading edge)으로부터의 거리,
 ρ 는 유체의 밀도, U 는 벌크흐름 유속, Sc 는 Schmidt 수

- ① δ_c 는 δ 보다 항상 작다.
- ② U 만 증가하면, δ_c 는 증가한다.
- ③ ρ 와 μ 만 각각 2배가 되면, δ_c 는 증가한다.
- ④ μ 와 D 만 각각 0.25배, 2배가 되면, δ_c 는 변하지 않는다.

23. 두께가 0.01 mm, 면적이 0.2 cm²인 평판을 이용하여 기체 A를 두 영역으로 분리하였다. 기체 A의 분자량은 50 g mol⁻¹이고, 평판에 대한 기체 A의 용해도와 확산계수는 각각 1.0 × 10⁻³ mol cm⁻³ atm⁻¹과 1.0 × 10⁻⁸ cm² s⁻¹이다. 분리된 두 영역의 압력을 각각 1.2 atm과 1.1 atm으로 일정하게 유지했을 때, 10분 동안 평판을 투과한 기체 A의 질량[g]은? (단, 분리된 두 영역 내에는 기체 A만 존재하며, 정상 상태의 단일방향 확산을 통한 기체 A의 투과만을 고려한다)

- ① 6.0×10^{-5} ② 6.0×10^{-6}
③ 6.0×10^{-7} ④ 6.0×10^{-8}

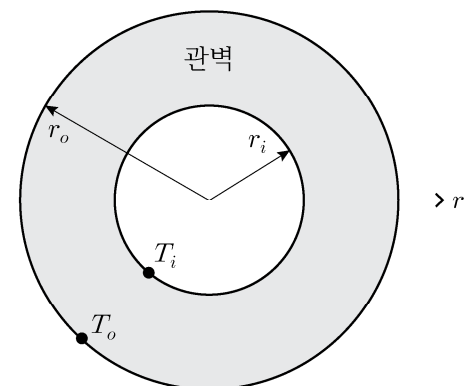
24. 그림과 같이 단면적이 같은 3가지 종류의 단열재를 공극 없이 완전히 밀착시켜 복합 단열재를 구성한다. 각 단열재의 열전도도를 배열 순서에 따라 k_1 , k_2 , k_3 라고 할 때, $k_2 = \frac{1}{2}k_1$ 이고 $k_3 = \frac{1}{2}k_2$ 이다. 정상상태에서 복합 단열재의 유효 열전도도(effective thermal conductivity, k_{eff})는 k_1 의 몇 배인가? (단, 열전도도는 일정하고, 단열재의 길이와 높이는 두께에 비하여 매우 크며, 두께 방향으로의 열전도만 고려한다)



- $$\begin{array}{ll} \textcircled{1} \quad \frac{1}{7} & \textcircled{2} \quad \frac{1}{5} \\ \textcircled{3} \quad \frac{3}{7} & \textcircled{4} \quad \frac{3}{5} \end{array}$$

25. 관벽의 내부 반지름(r_i)과 외부 반지름(r_o)이 각각 2 cm, 4 cm이고, 길이가 1 m인 원통관이 있다. 관 내부 면의 온도(T_i)는 80 °C이고, 외부 면의 온도(T_o)는 40 °C이다. 관벽에서는 원통형 좌표계의 r 방향 열전도만 존재한다. 정상상태에서 형상인자의 값[m]은? (단, 관벽 내 열원은 없고 관벽은 균일하며, 열전도도는 일정하다)

$$(\text{열전달 속도[W]}) = (\text{열전도도}) \times (\text{형상인자}) \times (T_i - T_o)$$



- $$\begin{array}{ll} \textcircled{1} & 4\pi \\ \textcircled{2} & \frac{2\pi}{\ln 0.5} \\ \textcircled{3} & \frac{2\pi}{\ln 2} \\ \textcircled{4} & \frac{200\pi}{\ln 2} \end{array}$$