

## 전달현상

1. 동점도가  $0.01 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ 로 일정한 비압축성 유체가 반지름이  $10 \text{ cm}$ 인 관의 입구로  $1 \text{ cm s}^{-1}$ 의 평균 속도로 들어간다. 관의 출구 반지름이  $5 \text{ cm}$ 일 때, 출구에서 유체의 Reynolds 수(Re)는? (단, 정상상태이고, 어떠한 손실도 없다)

① 1,000  
② 2,000  
③ 4,000  
④ 6,000

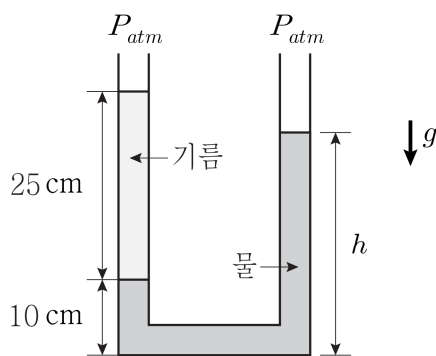
2. 자연 대류의 설명으로 옳지 않은 것은?

① 농도 불균형으로 발생할 수 있다.  
② 온도 구배에 의해 발생할 수 있다.  
③ 속도분포와 온도분포는 서로 영향을 주지 않는다.  
④ 유체의 부력효과 때문에 일어나는 자연적인 순환이다.

3. 비압축성 Newton 유체를 수평으로 놓인 평행한 두 평판 사이에 놓고, 아래 평판을 고정시킨 상태에서 위 평판을  $10 \text{ m s}^{-1}$ 로 이동시키면서 힘을 측정하였다. 두 평판 사이의 거리는  $1 \text{ mm}$ , 위 평판과 유체의 접촉 면적은  $100 \text{ cm}^2$ , 정상상태에서 위 평판에 가해지는 수평 방향의 힘은  $100 \text{ N}$ 일 때, 유체의 점도는?

①  $10 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
②  $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$   
③  $10 \text{ cP}$   
④  $10 \text{ P}$

4. U자관에 물과 비중이  $0.8$ 인 기름 기둥이 있다. 높이  $h[\text{cm}]$ 는? (단, 중력 가속도의 크기는  $g$ 이다)



① 25  
② 30  
③ 35  
④ 40

5. 서로 다른 기체 A, B를 분리막을 이용해 분리하고자 한다. 기체 A의 기체 B에 대한 용해도계수 비( $\frac{S_A}{S_B}$ )는 2이고, 확산계수 비( $\frac{D_A}{D_B}$ )는

0.1일 때, 기체 A의 기체 B에 대한 막 선택도 ( $\frac{Q_A}{Q_B}$ )값은?

① 20  
② 2  
③ 0.2  
④ 0.02

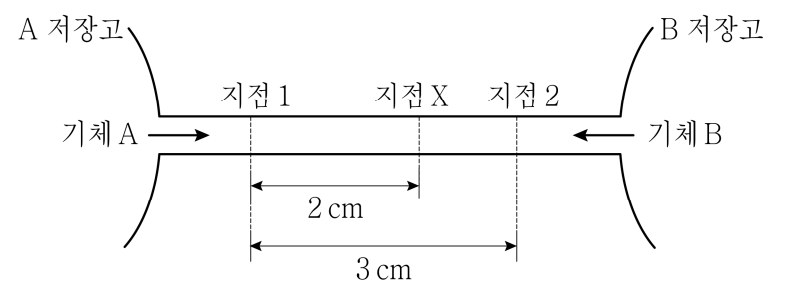
6. 온도가  $T_A$ 와  $T_B$ 로 일정한 평행한 두 회색체 표면 A와 B가 서로 마주 보고 있다. 각 표면은 무한히 넓고, 복사에너지 플럭스는  $1.0 \text{ kW m}^{-2}$ 이다.  $\sigma(T_A^4 - T_B^4) = 6.5 \text{ kW m}^{-2}$ 이고 B의 방사율이 0.2일 때, A의 방사율은? (단,  $\sigma$ 는 Stefan-Boltzmann 상수이고, 표면  $i$ 의 방사율( $e_i$ )과 흡수율( $a_i$ )은  $e_i = a_i$ 이다)

① 0.8  
② 0.4  
③ 0.2  
④ 0.1

7.  $360 \text{ K}$ 에서 점도가  $1.0 \text{ cP}$ 인 용매에 구형 물질 A가 무한희석 되어 있다. Stokes-Einstein 방정식이 적용되고 A의 확산계수가  $360 \text{ K}$ 에서  $2.0 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ 일 때, A의 직경[nm]은? (단, 원주율  $\pi = 3$ 이고, Boltzmann 상수는  $1.4 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ 이다)

① 56  
② 28  
③ 14  
④ 7

8. 기체 A, B 저장고를 연결하는 직선 튜브에서 등온, 등압, 정상상태로 등몰상호확산(equimolar counter-diffusion)하고 있다. 시간이 흐른 후, 지점 1에서 기체 A의 부분압이  $45 \text{ kPa}$ 이고, 지점 2에서는 부분압이  $15 \text{ kPa}$ 일 때, 지점 X에서 기체 A의 부분압[kPa]은? (단, 모든 기체는 반응하지 않는 이상기체이고, 수평 방향으로만 확산한다)



① 20  
② 25  
③ 30  
④ 35

9. 정지해 있는 비압축성 Newton 유체 내에서 중력에 의해 떨어지기 시작한 고체 구가 Stokes 영역에서 종단 속도에 도달하였다. 정상 상태에서 열이 고체 구 표면으로부터 유체로 전달될 때, 열전달의 Nusselt 수(Nu)와 열전달의 Peclet 수(Pe)는 다음의 관계로 표현된다.

$$Nu \propto Pe^n$$

대류열전달계수가 고체 구의 지름과 무관해지기 위한 지수  $n$ 의 값은?

- ①  $\frac{1}{3}$   
 ②  $\frac{1}{2}$   
 ③ 1  
 ④ 2

10. 낮은 밀도에서 단원자 이상기체의 열전도도에 선형비례하는 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 분자질량  
 ㄴ. 절대온도  
 ㄷ. 밀도  
 ㄹ. 평균 분자속도

- ① ㄱ, ㄴ  
 ② ㄴ, ㄷ  
 ③ ㄴ, ㄹ  
 ④ ㄷ, ㄹ

11. 1,000 A의 전류( $I$ )가 지름이 10 mm이고 단위 길이당 전기저항( $R$ )이  $9 \times 10^{-5} \Omega \text{ m}^{-1}$ 인 도선을 통해 흐른다. 공간의 온도는  $20^\circ \text{C}$ 이고 대류열전달계수는  $50 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 이다. 아래 조건을 가정할 때, 도선의 표면온도( $^\circ \text{C}$ )는? (단, 단위 길이당 열생성속도  $q = I^2 R$ 로 계산하고,  $1 \text{ W m}^{-1} = 1 \text{ A}^2 \Omega \text{ m}^{-1}$ 이며, 원주율  $\pi = 3$ 이다)

○ 피복이 없는 무한히 긴 원통형 금속 도선이다.  
 ○ 도선은 공중에서 연결되고, 어떠한 물체의 접촉도 없다.  
 ○ 생성되는 열이 모두 도선 표면으로 방출된다.  
 ○ 열전달은 정상상태이고, 복사열전달은 무시한다.

- ① 60  
 ② 70  
 ③ 80  
 ④ 90

12. 이상기체의 확산에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 분자 확산은 압력 구배에 의해 일어날 수 있다.  
 ② 확산계수는 혼합물의 구성성분에 독립적이다.  
 ③ 높은 농도에서 2성분계 혼합물의 확산은 Fick의 제1법칙을 따른다.  
 ④ 등온, 등압에서 2성분계 혼합물의 확산 거동은 하나의 확산계수로 설명할 수 있다.

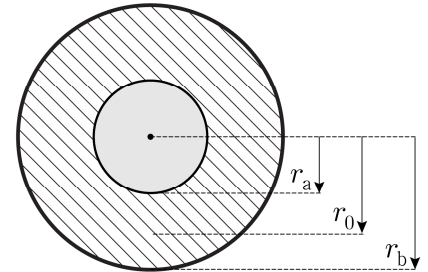
13. 열 전도의 원리가 아닌 것은?

- ① 열확산  
 ② 격자 진동  
 ③ 자유 전자 유동  
 ④ 분자의 불규칙 운동

14. 비-Newton 유체(non-Newtonian fluid)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 딜러턴트(dilatant) 유체: 전단률(shear rate)이 증가하면 겔보기 점도(apparent viscosity)가 증가한다.  
 ② 유사소성(pseudo-plastic) 유체: 전단률이 증가하면 겔보기 점도가 감소한다.  
 ③ 레오펙틱(rheopectic) 유체: 일정한 전단응력(shear stress)하에서 시간이 변함에 따라 겔보기 점도가 증가한다.  
 ④ 빙햄(Bingham) 유체: 항복응력(yield stress) 미만의 조건에서 흐른다.

15. 원통형 관 내부에 유체가 흐르고 온도는  $T_a$ 로 일정하게 유지된다. 관의 내부반지름이  $r_a$ , 외부반지름이  $r_b$ 이다. 원통형관 내부에서 외부로 정상상태의 전도열전달이 발생한다. 빗금 친 영역에서의 거리와 온도가 각각  $r_0$ ,  $T_0$ 일 때,  $T_a - T_0$ 에 비례하는 것은? (단,  $r_a < r_0 < r_b$ 와  $T_0 < T_a$ 이고, 전 영역에서 유체의 온도와 열유량의 크기는 일정하다)

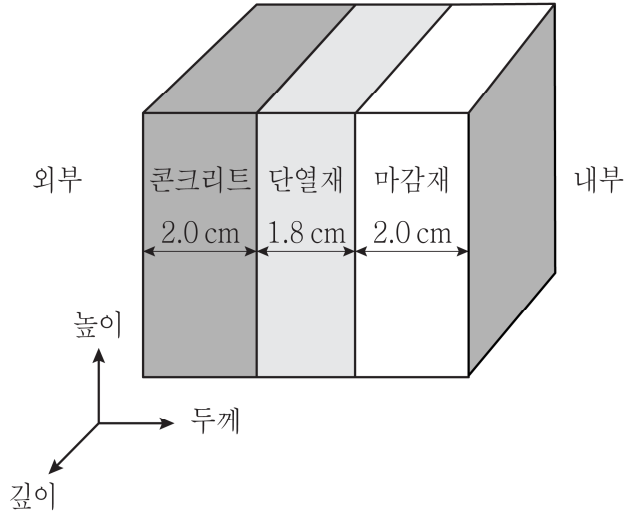


- ①  $r_0 - r_a$   
 ②  $\frac{1}{r_0 - r_a}$   
 ③  $\ln \frac{r_0}{r_a}$   
 ④  $\ln(r_0 - r_a)$

16. 용질 A는 어떤 평판 표면에서만 분해된다. A의 벌크농도(bulk concentration)는  $1.0 \text{ g L}^{-1}$ , 물질전달계수는  $0.20 \text{ cm s}^{-1}$ , 분해속도의 크기는  $0.076 \text{ mg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 일 때, 평판 표면에서 A의 농도 $[\text{mg cm}^{-3}]$ 는? (단, 평판은 무한히 넓고, 분해는 표면 전체에서 균일하게 일어난다)

- ① 0.62  
 ② 0.38  
 ③ 0.24  
 ④ 0.19

17. 그림에서 콘크리트와 마감재의 열전도도는 각각  $1.0 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 와  $0.5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이고, 내부에서 외부로 손실되는 열유속의 크기는  $100 \text{ W m}^{-2}$ , 외부와 내부 공기의 대류열전달계수는  $100 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 이다. 외부 공기가  $0^\circ\text{C}$ , 내부 공기가  $26^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지될 때, 단열재의 열전도도 [ $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ]는? (단, 모든 벽의 깊이와 높이는 같고, 정상 상태에서 두께 방향으로의 열전달만 고려한다)



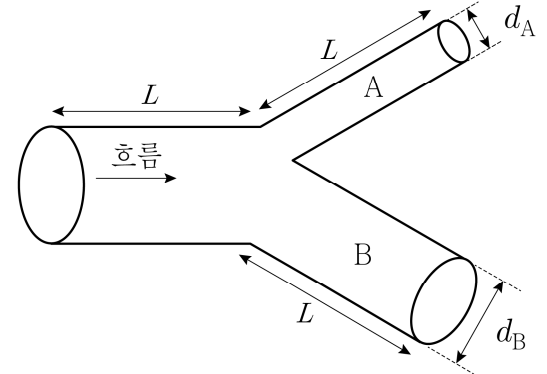
- ① 0.08  
② 0.09  
③ 0.10  
④ 0.11
18. 점도가  $0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ , 밀도가  $1,000 \text{ kg m}^{-3}$ 인 비압축성 Newton 유체가 수평으로 놓인 길이 1 m, 내부 지름 1 cm의 매끈한 원통형 도관 내부를 평균유속  $10 \text{ cm s}^{-1}$ 로 흐르고 있을 때, 도관의 Fanning 마찰계수(Fanning friction factor)와 압력강하( $|\Delta P|$ ) [Pa]는? (단, 도관의 내부 벽면은 모두 젖어있다. 또한 흐름은 등온, 정상상태의 완전발달 흐름이다)

	Fanning 마찰계수	압력강하
①	0.016	3,200
②	0.016	32
③	0.0016	3,200
④	0.0016	32

19. 어떤 현상의 독립 변수가 유체의 밀도, 압력, 부피 유량, 그리고 관의 지름과 길이만일 때, 이 현상을 좌우하는 독립적인 무차원 군의 개수는?

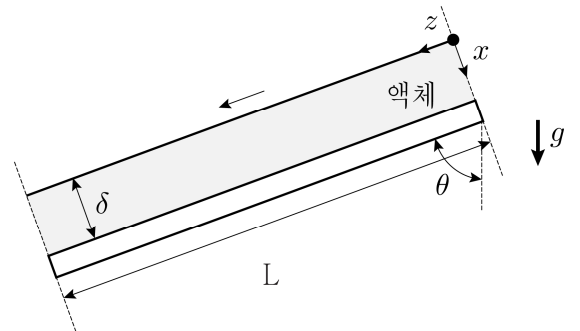
- ① 1  
② 2  
③ 3  
④ 4

20. A, B로 나뉜 원통형 수평 유로를 비압축성 Newton 유체가 왼쪽에서 오른쪽으로 등온, 완전발달, 정상상태, 층류로 흐르고 있다. A와 B 유로의 압력강하를 서로 동일하게 유지하면서, A의 부피 유량( $Q_A$ )과 B의 부피 유량( $Q_B$ )의 비를  $Q_A : Q_B = 1 : 16$ 으로 달성할 수 있는 지름비( $d_A : d_B$ )는? (단, 각 부분의 길이는  $L$ 로 동일하며, 유로가 나뉜 부분에서 발생하는 마찰손실은 무시한다)



- ① 1 : 2  
② 1 : 4  
③ 1 : 8  
④ 1 : 16

21. 그림과 같이 지면의 수직면에  $\theta$ 의 각도로 경사진 무한 평판 위에 액체가 흐르고 있다. 액체는 비압축성 Newton 유체로 흐름은 등온, 정상상태, 완전발달, 단일방향의 층류이다. 유체의 최대 속도가  $v_{\max}$ 일 때, 경막 두께( $\delta$ )는? (단, 기-액 계면에서의 전단응력은 0으로 가정하고, 중력가속도의 크기는  $g$ , 액체의 밀도는  $\rho$ , 액체의 점도는  $\mu$ 이다)

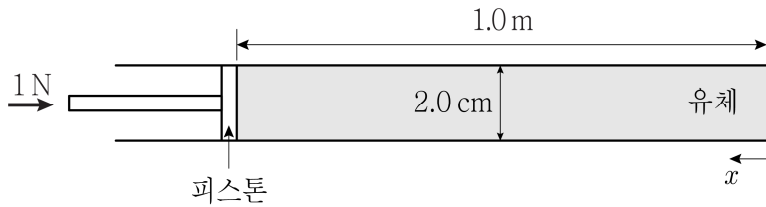


- ①  $\left( \frac{2\rho v_{\max}}{\mu g \cos \theta} \right)^{\frac{1}{2}}$   
②  $\left( \frac{2\mu v_{\max}}{\rho g \cos \theta} \right)^{\frac{1}{3}}$   
③  $\left( \frac{2\mu v_{\max}}{\rho^2 g \cos \theta} \right)^{\frac{1}{2}}$   
④  $\left( \frac{2\mu v_{\max}}{\rho g \cos \theta} \right)^{\frac{1}{2}}$

22. 피스톤 장치에 1N의 힘을 가해 수평의 원통형 관으로부터  $x = 0$ 의 출구로 유체를 배출시키고자 한다. 관의 지름과 길이는 각각 2.0 cm, 1.0 m이고, 유체는  $1,000 \text{ kg m}^{-3}$ 의 밀도와  $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 의 점도를 가지는 비압축성 Newton 유체이다. Poiseuille 법칙과 다음의 관계를 가정할 때, 유체의 절반을 배출하기 위한 소요시간[s]은? (단, 원주율  $\pi = 3$ 이다. 관과 피스톤 사이에 유체의 누출은 없고, 외부 압력은 일정하다. 피스톤과 벽면 마찰은 무시한다)

$$\frac{Q}{A} = -\frac{dx}{dt}, \quad t = 0 \text{ 일 때 } x = 1.0 \text{ m}$$

$Q$ 는 유체의 부피 유량,  $A$ 는 관의 단면적,  $x$ 는 피스톤의 위치



- ① 90  
② 120  
③ 180  
④ 270

23. 45 mol%의 벤젠과 55 mol%의 톨루엔으로 구성된 포화증기를 80 mol%의 벤젠이 함유된 탑상 제품과 90 mol%의 톨루엔이 들어 있는 탑저 제품으로 분리할 정류탑을 설계하려고 한다. 환류비가 3일 때, McCabe-Thiele 선도에서 정류부 조작선과 원료 공급선 교점에서의 액체 벤젠의 물분율은?

- ①  $\frac{1}{5}$   
②  $\frac{1}{4}$   
③  $\frac{1}{3}$   
④  $\frac{9}{20}$

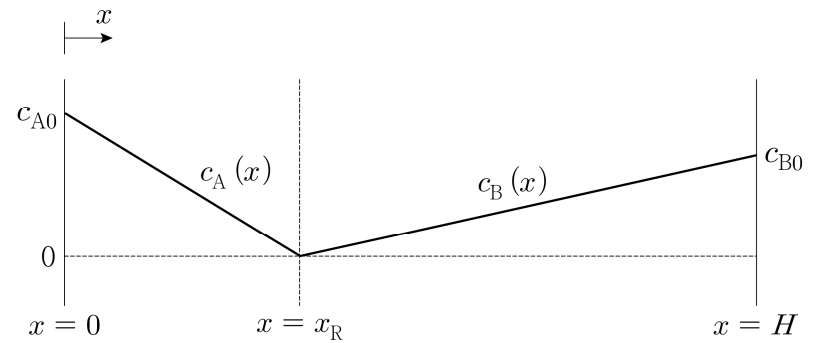
24. 두께가  $H$ 인 투과막 내부에서  $2A + 3B \rightarrow C$ 의 반응이 진행되어 농도 구배가 형성되었다. A와 B의 확산계수가  $D_A$ 와  $D_B$ 로 일정할 때, 정상상태에서 A의 농도( $c_A$ ), B의 농도( $c_B$ ),  $x_R$ 에 대해 다음이 성립한다.

$$\frac{c_A}{c_{A0}} = 1 - \frac{x}{x_R}$$

$$\frac{c_B}{c_{B0}} = \frac{x - x_R}{H - x_R}$$

$$\frac{x_R}{H} = \frac{\gamma}{\alpha D_A c_{A0} + \beta D_B c_{B0}}$$

확산만을 고려할 때,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 를 바르게 연결한 것은? (단,  $c_{A0} \neq 0$ ,  $c_{B0} \neq 0$ , C의 농도는 반응과 물질 전달에 영향을 미치지 않는다)



- | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$      |
|----------|---------|---------------|
| ① 3      | 2       | $3D_A c_{A0}$ |
| ② 2      | 3       | $2D_A c_{A0}$ |
| ③ 3      | 2       | $2D_B c_{B0}$ |
| ④ 2      | 3       | $3D_B c_{B0}$ |

25. 금속 구 주변의 유체에 다음의 에너지 방정식을 적용할 때, 유체에서의 열전달로 옳은 설명은?

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 T}{\partial \phi^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \neq 0$$

( $r$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ )는 구형좌표임

- ① 점성소산이 일어난다.  
② 발열반응이 일어난다.  
③ 대류에 의한 열전달이 발생한다.  
④ 분자간 상호작용으로 열이 전달된다.