

전달현상

1. 유체의 성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 온도와 압력이 일정하면 유체의 밀도는 일정하다.
- ② 정지 유체 내 한 위치에서의 압력은 좌표축 방향에 따라 다른 값을 갖는다.
- ③ 유체가 멈추어 있을 때에는 전단응력이 없다.
- ④ 온도와 압력에 따른 밀도 변화 정도는 압축성 유체가 비압축성 유체보다 크다.

2. 서로 다른 기체 A와 B로 구성된 혼합기체에서 확산계수(D_{AB})를 기체운동론(kinetic theory)을 이용해 설명한 것 중 옳지 않은 것은?

- ① 온도가 증가하면 평균 자유 경로는 감소하나, 평균 분자 속도가 크게 증가하여 확산계수가 증가한다.
- ② 압력이 증가하면 평균 자유 경로가 감소하여 확산계수가 감소한다.
- ③ 분자량이 큰 기체일수록 평균 분자 속도가 작아져 확산계수가 감소한다.
- ④ 혼합기체는 이상기체를 가정하고 있으며, 고압 조건일수록 이상기체로부터 편차가 크게 발생할 수 있다.

3. 수평인 원형관 속을 등온, 정상상태로 흐르는 비압축성 Newton 유체에 기포가 포함되어 함께 움직이고 있다. 원형관의 단면적이 줄어들 때, 기포의 크기 변화에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 기포의 크기는 관의 크기에 비해 매우 작고, 기포의 표면장력이 유체의 관성력과 점성력에 비해 우세하며, 관 내의 마찰은 무시한다)

- ① 작아진다.
- ② 변함없다.
- ③ 커진다.
- ④ 작아졌다가 원래대로 돌아온다.

4. 지름이 10 mm인 고체 구가 점성이 있는 비압축성 Newton 유체 내에서 자유낙하하고 있다. Stokes 영역에서 구의 종말속도가 0.2 m s^{-1} 일 때, 유체의 항력계수의 값은? (단, 유체가 담긴 용기의 벽면에 의한 영향은 무시하고, 구와 유체의 밀도는 각각 $4,000 \text{ kg m}^{-3}$ 과 $1,000 \text{ kg m}^{-3}$ 이며 중력가속도는 10 m s^{-2} 이다)

- ① 10
- ② 20
- ③ 30
- ④ 40

5. 1차원 열전달에서 경계면($x = 0$)의 단열조건(adiabatic condition)을 의미하는 온도(T)에 대한 경계조건은? (단, 열전달은 x 방향으로만 발생한다. 열전달 매체 내부 평균 온도($\bar{T}$)와 경계면 온도와의 차이는 ΔT 이고, 시간은 t 이다)

- ① $T|_{x=0} = \bar{T}$
- ② $\frac{\partial T}{\partial t}\bigg|_{x=0} = 0$
- ③ $\Delta T|_{x=0} = 0$
- ④ $\frac{\partial T}{\partial x}\bigg|_{x=0} = 0$

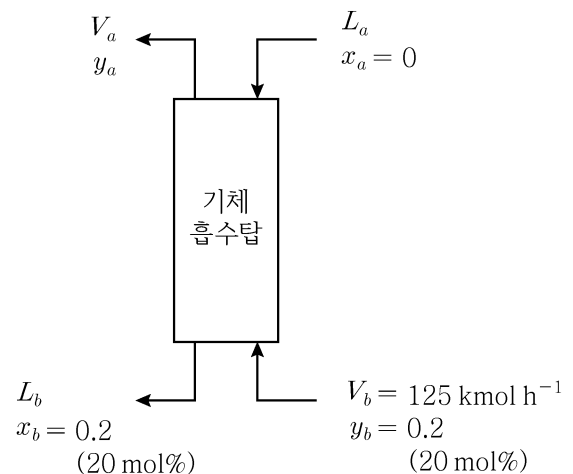
6. 정상상태, 등온에서 길이(L)가 0.1 m인 평판으로부터 물질 A가 평판에 평행하게 흐르는 공기 중으로 전달된다. 평판 길이(L)를 기준한 평균 Sherwood 수(Sh_L)와 Reynolds 수(Re_L), Schmidt 수(Sc)가 주어진 관계식을 따를 때, A의 평균물질전달계수(k_c)[m s^{-1}]는? (단, 평판의 표면에서는 일정한 농도를 유지하며 물질전달이 일어난다)

$$Sh_L = 0.5(Re_L^{1/2} Sc^{1/3})$$

- 공기의 평균 유속(v_∞): 0.01 m s^{-1}
- 공기의 동점도(ν): $1.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
- 공기 중 A의 확산계수(D_A): $1.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$

- ① 3.0×10^{-4}
- ② 4.0×10^{-4}
- ③ 5.0×10^{-4}
- ④ 6.0×10^{-4}

7. 순수한 물을 흡수액으로 사용하여 공기흐름 중에 있는 아세톤의 80%를 회수하는 기체흡수탑을 설계하려고 한다. 기체흡수탑으로 들어가는 기체의 몰 유량(V_b)은 125 kmol h^{-1} 이며, 이 중 아세톤이 20 mol%(y_b) 포함되어 있다. 기체흡수탑 바닥으로 나오는 제품(수용액)에는 아세톤이 20 mol%(x_b) 함유되도록 하려고 한다. 이때 기체흡수탑에 공급되어야 하는 순수한 물의 몰 유량(L_a)[kmol h^{-1}]은? (단, 기체흡수탑 내에서 물은 증발하지 않고, 공기는 물에 용해되지 않는다)



- ① 60
- ② 80
- ③ 100
- ④ 120

8. 열전달 해석에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① Nusselt 수는 대류 열전달 저항에 대한 전도 열전달 저항의 비이다.
- ② Prandtl 수는 열확산계수에 대한 운동량확산계수의 비이다.
- ③ 평평한 표면을 지나는 층류에 의한 대류 열전달에서 유체동역학적 경계층의 두께와 열경계층의 두께의 관계는 Reynolds 수에 의존한다.
- ④ 자연대류를 해석하기 위한 무차원수에 유체 속도는 포함되지 않는다.

9. 복사(radiation) 및 복합적인 열전달에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 흑체(black body)에 의해 방출되는 에너지는 절대온도의 4제곱에 비례한다.
- ② 흑체는 열복사를 반사하거나 투과하지 않는다.
- ③ 복사선이 공간을 통과할 때 물질에 흡수된 에너지만이 정량적으로 열로 변형되어 나타난다.
- ④ 단원자와 2원자 기체는 열복사를 투과하지 못하며, 이러한 기체를 통과하는 열 흐름은 전적으로 전도와 대류에 의해서만 일어난다.

10. 전도(conduction)와 대류(convection) 열전달에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 고체 금속 내에서 열전도는 자유전자의 운동에 기인한다.
- ② 대류에서 열전달계수(h)는 유체의 고유 물성(intrinsic property)으로서 유체의 역학적 흐름 형태와는 무관하게 일정한 값을 가진다.
- ③ Fourier 법칙에 따르면 1차원적 열 흐름에서 열플럭스(heat flux)는 온도구배(temperature gradient)에 비례한다.
- ④ 유체 내의 온도 차로 인해 밀도 차가 발생하고, 그로 인한 부력 때문에 흐름이 유발될 때, 이를 자연대류(natural convection)라고 한다.

11. 고체 내에서 물질 확산에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

- ㄱ. 빈자리 확산에서는 원자가 고체의 한 격자 위치에서 이웃하는 빈자리로 이동한다.
- ㄴ. 빈자리 확산과 틈새 확산은 고체 내 물질 확산을 설명하는 메커니즘이다.
- ㄷ. 확산계수는 온도가 증가함에 따라 증가한다.

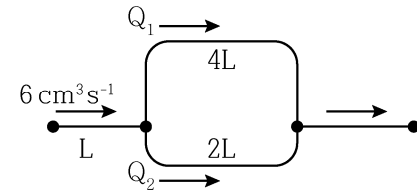
- ① ㄱ, ㄴ
- ② ㄱ, ㄷ
- ③ ㄴ, ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12. 그림과 같이 평행한 두 평판 사이의 유체가 정상상태에서 전단응력을 받고 있다. 이 유체는 비압축성이고, Bingham 유체이며, 항복응력은 100 N m^{-2} , 점도는 $5,000 \text{ Pa s}$ 의 값을 가진다. 두 평판의 간격은 0.2 m 를 유지하며 하부 평판은 고정되어 있고, 상부 평판은 유체에 150 N m^{-2} 의 전단응력을 가하며 이동한다. 상부 평판의 이동 속도 $[\text{m s}^{-1}]$ 는? (단, 두 평판은 충분히 길고 넓어서 끝부분과 측면의 영향은 무시한다)



- ① 0.001
- ② 0.002
- ③ 0.005
- ④ 0.010

13. 그림과 같이 비압축성 Newton 유체가 수평 유로 네트워크를 등온, 정상상태, 완전발달 층류로 흐른다. 유체는 $6 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ 의 유량으로 주입되며, 길이 L 인 유로는 각각 길이가 $4L$, $2L$ 인 유로로 나뉘고 다시 합쳐진다. 모든 유로는 원형관이고, 단면적이 동일할 때, 유량 $Q_1 [\text{cm}^3 \text{ s}^{-1}]$ 은? (단, 벽면에서의 마찰손실 외의 손실은 무시한다)



- ① 1
- ② 1.5
- ③ 2
- ④ 3

14. 유체역학에서 유동장(flow field)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 장(field)이란 주어진 영역에서 에너지와 시간의 함수로 정의되는 양을 말한다.
- ② 유체 내 모든 점에서의 흐름이 시간과 무관할 때, 이를 정상상태(steady state)라 한다.
- ③ 유선(streamline)은 유동장 내에 있는 각 점의 속도 벡터에 접하게 그려진 선으로 정의된다.
- ④ Euler 법에서 속도 표현은 3차원 공간의 좌표축 x , y , z 축과 시간 t 를 독립변수로 해서 유체의 속도장 v 를 $v(x, y, z, t)$ 의 형태로 나타낸다.

15. 확산(diffusion)에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① Fick의 확산 제1법칙에 의하면 1차원 확산에서 확산 물질플럭스는 농도구배에 의존한다.
- ② 전체 압력이 일정할 때, 서로 다른 기체 A와 B의 2성분계 등물 상호확산(equimolar counter-diffusion)에서 A와 B의 확산속도는 크기가 같고, 방향만 반대이다.
- ③ Stokes-Einstein 식에 따른 액체 내의 물질 확산계수(D_{AB})는 온도(T)의 1.5제곱에 비례한다.
- ④ 난류 상태에서 다른 조성을 갖는 유체가 섞일 때 에디확산(eddy diffusion)이 일어난다.

16. 지름 10 mm, 길이가 2.0 m인 실제 원형관에서 비압축성 Newton 유체가 등온, 정상상태, 완전발달 층류로 흐른다. 실제 원형관에서 평균 유속은 5.0 cm s^{-1} 이고, 입구와 출구 사이의 압력강하는 4.0 kPa이다. 동일한 유체가 지름 1.0 mm, 길이가 10 cm의 모형 원형관에서 정상상태의 완전발달 층류로 흐를 때, 실제 원형관에서의 Reynolds 수가 같도록 하기 위한 모형 원형관의 압력강하[kPa]는? (단, 관 내 흐름에서 입출구 효과는 없고, 두 원형관은 수평관이다)

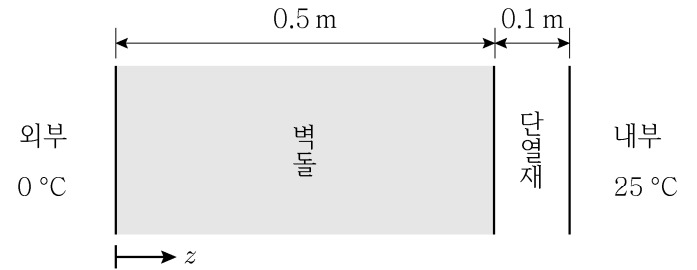
- ① 80
- ② 120
- ③ 160
- ④ 200

17. 기체흡수탑 내에서 압력 영향과 온도 변화에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

- ㄱ. 기체의 평형 물분율은 전체 압력(total pressure)에 반비례한다.
- ㄴ. 농후기체가 기체흡수탑에 공급되면 탑의 온도는 밑바닥과 꼭대기 사이에서 변화하지 않는다.
- ㄷ. 고압에서는 액체 내 용질이 저압에 비해 높은 용해도를 갖는다.

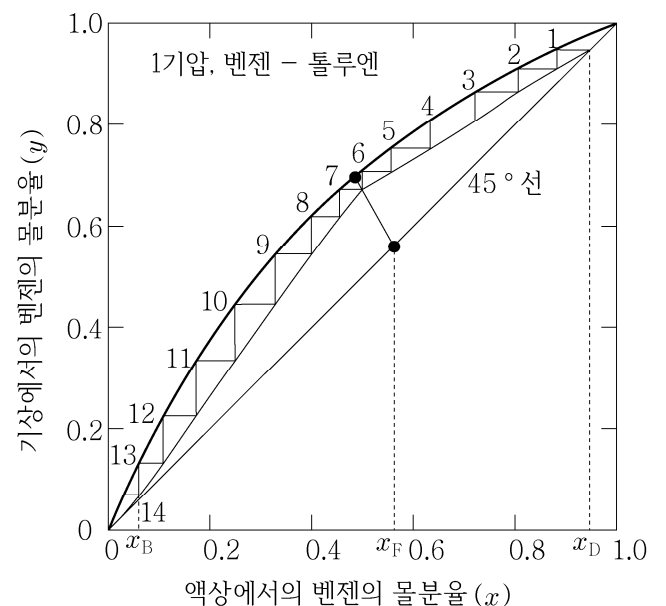
- ① ㄱ, ㄴ
- ② ㄱ, ㄷ
- ③ ㄴ, ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18. 그림과 같이 벽돌과 단열재로 구성된 건물 벽이 있다. 벽돌과 단열재의 두께는 각각 0.5 m, 0.1 m이다. 이 건물의 벽돌 외부 표면온도는 0°C , 건물 내부의 표면온도가 25°C 로 유지된다면, 이 벽을 통한 단위 면적당 열 손실량 [W m^{-2}]은? (단, 열 흐름은 정상상태이며, 벽돌과 단열재의 깊이와 높이가 두께에 비해 매우 커서 z 방향으로 1차원 열전도만 일어난다. 벽돌과 단열재의 열전도도 [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]는 각각 1.00와 0.05이다. 벽돌과 단열재의 계면에서 접촉 열저항은 없다)



- ① 5.0
- ② 10.0
- ③ 15.0
- ④ 20.0

19. 그림은 벤젠과 톨루엔의 혼합물을 분리하기 위한 증류탑 설계에 따른 McCabe-Thiele 도표이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, x_B , x_D , x_F 는 각각 탑밑 제품, 탑위 제품, 공급원료에서 벤젠의 물분율이다)



- ① 환류비를 증가시키면 증류에 필요한 단수는 줄어든다.
- ② 단의 온도는 9번 단이 2번 단보다 높다.
- ③ 공급원료는 2상 혼합물이다.
- ④ 공급원료의 온도가 낮아질수록 정류부(rectifying section)의 단수는 증가한다.

20. 용매가 수평원형관을 Reynolds 수가 1인 층류로 흐르고, 관벽으로부터 용질이 용매로 확산되고 있다. 용매에 대한 용질의 확산계수는 $2 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ 이고, Schmidt 수는 500이다. 계의 물질전달계수(k_c), 평균 유속(U), Fanning 마찰계수(f)의 관계가 다음과 같을 때, Sherwood 수는?

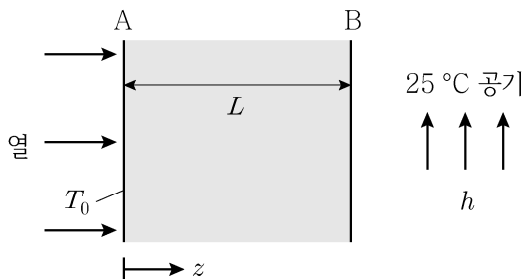
$$\frac{k_c}{U} = \frac{f}{2}$$

- ① 500
 ② 1,000
 ③ 2,000
 ④ 4,000
21. 반지름이 R 인 원통형 실린더 내부에서 단위 부피당 일정한 속도로 열이 발생한다. 열은 실린더의 반지름 방향으로만 전달되고, 정상상태 온도 분포는 다음과 같이 주어진다. 실린더의 열전도도가 온도와 상관없이 $5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 로 일정할 때, 단위 부피당 열 에너지 발생 속도 [kW m^{-3}]는?

$$T = 1,000(5.2 - 5r^2 + \ln r)$$

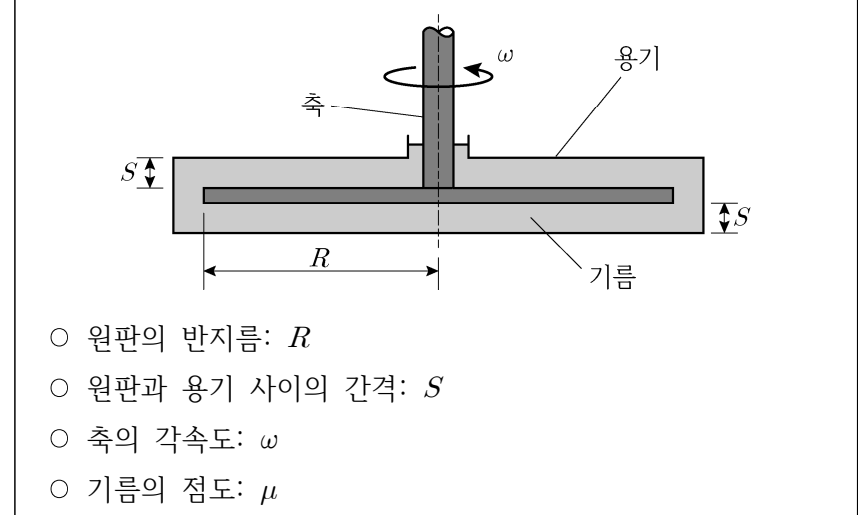
T 는 실린더 내부 중심으로부터 $r[\text{m}]$ 만큼 떨어진 곳의 온도 [$^{\circ}\text{C}$]이다.

- ① 1
 ② 10
 ③ 100
 ④ 1,000
22. 그림과 같이 평면 벽의 한쪽 면(A)은 100 W m^{-2} 의 균일한 열을 받으며, 일정한 온도 T_0 를 유지하고 있다. 반대쪽 면(B)에서는 평균대류열전달계수(h)가 $50 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ 인 25°C 공기의 대류에 의해 열이 방출된다. 벽의 두께(L)와 벽의 열전도도(k)가 각각 10 cm 와 $10 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 일 때, 정상상태 조건에서 A면의 온도 $T_0[^{\circ}\text{C}]$ 는? (단, 전도는 z 방향으로만 일어난다)

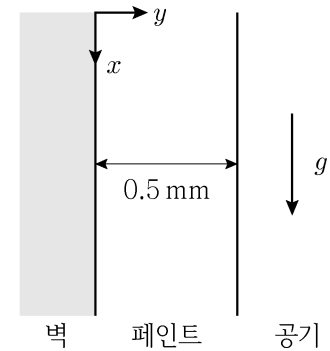


- ① 27.0
 ② 28.0
 ③ 30.0
 ④ 31.0

23. 그림과 같이 각운동(angular motion)을 하는 기기가 있다. 이 기기의 축에 연결된 원판은 유체에 의해 감쇠되며, 원판은 비압축성 Newton 유체인 기름을 가득 포함한 용기에 잠겨 있다. 감쇠 토크 T 와 반지름 R 사이의 비례관계로 옳은 것은? (단, 간격 S 는 판의 지름 D 에 비해 매우 작아서 원판 위와 아래에 있는 기름의 속도 분포는 선형이다. 축의 지름은 원판의 지름에 비해 매우 작다. 감쇠는 원판 양쪽 면 전체 면에서만 일어나고, 축에서는 일어나지 않는다고 가정한다)



- ① $T \propto R$
 ② $T \propto R^2$
 ③ $T \propto R^4$
 ④ $T \propto R^{-1}$
24. 그림과 같이 수직 벽면에 건조되기 전의 페인트가 0.5 mm 의 균일한 두께로 칠해져 있다. 페인트의 밀도는 $1,000 \text{ kg m}^{-3}$ 이고, Bingham 유체이다. 정상상태에서 페인트가 흘러내리지 않기 위한 최소 항복응력 [Pa]은? (단, 페인트 내 압력구배와 페인트-공기 계면의 전단응력은 0이고, 페인트에 작용하는 전단응력은 y 만의 함수이며, 중력가속도(g)는 10 m s^{-2} 이다)



- ① 5
 ② 10
 ③ 15
 ④ 20
25. 정상상태에서 길이가 무한히 긴 원통형 배터리의 표면 온도(T_0)가 일정하게 유지되고, 내부에서 단위 부피당 일정한 열(S_h)이 발생하고 있다. 배터리 내부의 열전도도(k)와 배터리의 반지름(R)이 각각 2배가 되면 배터리 내부의 최대 온도와 표면의 온도 차이는 몇 배로 증가하는가? (단, 열은 배터리의 반지름 방향으로만 전달된다)
- ① 2
 ② 4
 ③ 8
 ④ 16