

전달현상

문 1. 방 안의 유리창을 제외한 모든 부분은 단열이 잘 되어 있다고 가정하고, 유리창 내벽의 온도가 25°C , 유리창 외벽의 온도가 -5°C 일 때, 두께 4mm 인 유리창을 통한 단위면적당 열손실 속도 [W m^{-2}]는? (단, 유리창의 열전도도(k)는 $1\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ 이고, 정상상태를 가정한다)

- ① 3,500
② 4,000
③ 7,500
④ 9,500

문 2. 윗면과 아랫면의 면적의 합이 25 cm^2 인 평판이 온도 300 K 으로 유지되는 유체에 잠겨 있다. 평판 내부에 매몰된 주울(Joule) 방식의 가열 시스템으로 전기가 100 W 유입되어, 평판 표면의 온도가 350 K 으로 유지된다. 이 때의 대류열전달 계수 [$\text{W m}^{-2}\text{ K}^{-1}$]는? (단, 평판은 매우 얇아서 대류에 의한 열전달은 윗면과 아랫면에서만 고려하고, 평판 표면의 온도는 균일하다고 가정한다)

- ① 0.08
② 8
③ 800
④ 80,000

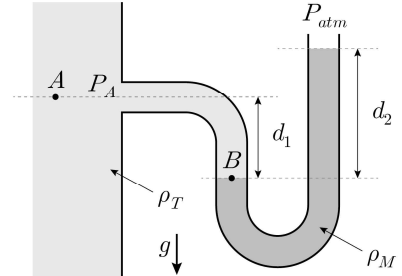
문 3. 완전 흑체의 절대온도가 2배가 될 때, 복사에너지 플럭스(flux)는 몇 배가 되는가?

- ① 2배
② 4배
③ 8배
④ 16배

문 4. 지름이 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ 인 구형의 박테리아가 $18\text{ }\mu\text{m s}^{-1}$ 의 속도로 정지 유체 속을 헤엄쳐 갈 때, 유체의 점도가 $9.0 \times 10^{-4}\text{ Pa} \cdot \text{s}$, 밀도가 $1,000\text{ kg m}^{-3}$ 이라면, 박테리아 입자의 레이놀즈 수(Re)는?

- ① 2.4×10^{-5}
② 2.4×10^{-4}
③ 2.4×10^{-3}
④ 2.4×10^{-2}

문 5. 밀폐된 탱크에 채워진 액체의 압력을 아래와 같이 U관 마노미터를 이용해서 측정하려고 할 때, 탱크 내의 한 점 A의 압력(P_A)을 바르게 표현한 식은? (단, 탱크 내 유체는 압력계의 한 점 B까지 연결되어 있다. 또한 ρ_T 는 탱크 내 액체의 밀도, ρ_M 은 마노미터 내 액체의 밀도를 의미하고, 중력 가속도의 크기는 g 로 표시한다)



- ① $P_A = \rho_T g d_1 - \rho_M g d_2 + P_{atm}$
② $P_A = \rho_T g d_2 - \rho_M g d_1 + P_{atm}$
③ $P_A = \rho_M g d_2 - \rho_T g d_1 + P_{atm}$
④ $P_A = \rho_M g d_1 - \rho_T g d_2 + P_{atm}$

문 6. 무차원수의 의미에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

- ㄱ. Pr(Prandtl number): $\frac{\text{운동량 확산도}}{\text{유체의 열 확산도}}$
ㄴ. Nu(Nusselt number): $\frac{\text{유체의 전도 열 저항}}{\text{대류 열 저항}}$
ㄷ. St(Stanton number): $\frac{\text{운동량 확산도}}{\text{물질의 확산도}}$

- ① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문 7. 어떤 마을의 우물물이 유독성 물질 A로 오염되었다. A를 제거하기 위해 공기가 주입된 시간을 $t[\text{min}]$ 라고 할 때, $t = 10$ 에서 A의 농도가 초기값(100 mg L^{-1})의 $\frac{1}{5}$ 로 줄었다. $t = 20$ 일 때, A의 농도 [mg L^{-1}]는? (단, 우물물의 부피 변화는 없으며, 우물물 속 모든 곳에서 A의 농도는 균일하다. 또한, 신선한 공기가 충분한 양으로 공급되며, A가 공기 중으로 전달되는 과정에서 물질전달 계수 k 의 값은 일정하다. 탈기(stripping) 공정을 통해 A를 제거하며, A의 추가 유입은 없다)

- ① 0
② 2
③ 4
④ 10

문 8. 메탄올과 물로 구성된 액체 혼합물을 다단 증류탑의 공급단에 공급하여 분리하고자 한다. 공급물이 증류탑의 압력조건 하에서 60 mol%의 액체상과 40 mol%의 기체상으로 구성되어 있을 때, 원료공급 선(feed line) 식에서의 기울기는?

- ① -1.5
② -0.67
③ 0.67
④ 1.5

문 9. 다음 각 조건에서 산소분자가 원통형 세공을 통해 Knudsen 확산되고 있다고 가정할 때, (나)에서 계산된 Knudsen 확산계수 [$\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$]를 (가)에서의 Knudsen 확산계수 [$\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$]로 나눈 값은? (단, 산소의 원자량은 16이다)

(가) 288 K, 세공의 평균지름은 $0.2 \mu\text{m}$
(나) 512 K, 세공의 평균지름은 $0.06 \mu\text{m}$

- ① 0.2
② 0.4
③ 0.6
④ 0.8

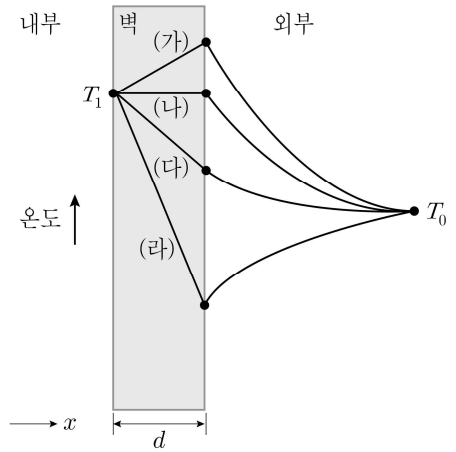
문 10. 산소/질소의 선택도가 4인 공기 분리용 막을 이용한 1단 막 분리 장치로 공기를 분리할 때, 얻을 수 있는 산소의 최대 농도[mol%]는? (단, 공기의 구성 성분은 질소 79.0 mol%, 산소 21.0 mol%로 가정하고, 산소/질소의 선택도는 $\frac{\text{산소의 투과도(permeability)}}{\text{질소의 투과도(permeability)}}$ 로 정의한다)

- ① 41.0
② 45.7
③ 51.5
④ 93.8

문 11. 스톡스-아인슈타인(Stokes-Einstein) 식의 확산계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 온도에 비례한다.
② 용매의 점도에 반비례한다.
③ 용질의 크기에 반비례한다.
④ 전체 압력에 반비례한다.

문 12. 그림과 같이 두께가 d 인 고체 벽으로 내부와 외부가 분리되어 있고, 내부 벽면의 온도는 T_1 , 외기 온도는 T_0 로 유지되고 있다. 고체 벽의 열전도도(k)가 외부 대류에 의한 열전달 계수(h)와 비교하여 $\frac{k}{hd} \rightarrow \infty$ 일 때, (가) ~ (라) 중 내부 벽면에서부터 외기와 맞닿는 벽 주변의 정상상태 온도 분포로 가장 알맞은 것은? (단, $T_1 > T_0$ 이고, x 방향 열전달만 고려한다)



- ① (가)
② (나)
③ (다)
④ (라)

문 13. 2차원 속도 벡터 (v_x, v_y) 분포식 중에 연속 방정식(continuity equation)을 만족하는 것은? (단, 균일한 비압축성 유체를 가정하며, $v_z = 0$ 이다)

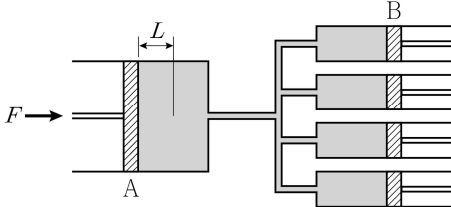
- ① $v_x = x - y, v_y = xy$
② $v_x = \cos(x), v_y = y \sin(x)$
③ $v_x = xy + x^2, v_y = xy^2$
④ $v_x = 1, v_y = y - 1$

문 14. 물질전달은 화학퍼텐셜의 구배에 의해서 발생한다. 화학퍼텐셜 구배를 형성시킬 수 있는 조건만을 모두 고르면?

ㄱ. 온도차
ㄴ. 압력차
ㄷ. 중력

- ① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 문 15. 그림과 같이 피스톤-실린더 A 1개, 서로 동일한 피스톤-실린더 B 4개로 이루어진 유압 시스템이 있다. 4개의 피스톤-실린더 B는 피스톤-실린더 A의 움직임에 따라 작동하고, 피스톤 A의 단면적은 개별 피스톤 B의 단면적의 10배이다. 피스톤 A에 힘 F 가 가해져 거리 L 만큼 이동하였을 때, 4개 중 '1개의 피스톤 B에 작용하는 힘'과 '1개의 피스톤 B의 이동거리'를 바르게 연결한 것은? (단, 피스톤-실린더 장치는 비압축성 유체로 채워져 있고, 에너지 손실은 없다. 유압 시스템의 온도 변화는 없으며, A부터 개별 B까지의 유체저항은 모두 동일하다)



힘	이동거리
① $10F$	$0.025L$
② $10F$	$0.1L$
③ $0.1F$	$2.5L$
④ $0.1F$	$10L$

- 문 16. 열교환기 장치에서 2.5 kg s^{-1} 의 질량유량으로 유입되는 90°C 의 뜨거운 공기를 사용하여 1.5 kg s^{-1} 로 흐르는 20°C 의 냉수를 가열한다. 이 열교환기의 최대 가능 열전달률[kW]은? (단, 공기의 비열은 $1.0 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이고, 냉수의 비열은 $4.2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다. 모든 비열은 일정하며, 열교환기는 정상상태 운전조건이며, 잘 단열되어 있고, 내부 도관 열저항은 무시한다)

- ① 105
② 175
③ 441
④ 735

- 문 17. 고정된 수평 평면 위를 기름이 $u = Ay + By^2$ (이 때, $A = 30 \text{ s}^{-1}$, $B = -120 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$)의 속도분포를 갖고 평면에 평행하게 흐를 때, 평면에 작용하는 전단응력 [kgf m^{-2}]의 절댓값은? (단, 기름은 비압축성 뉴턴유체이며, 점도는 $0.070 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 이고, y 는 평면으로부터의 수직거리[m]이다)

- ① 0.070
② 0.21
③ 2.1
④ 30

- 문 18. 어떤 구형의 물체(지름 2 cm, 질량 4 g)를 밀도 1.1 g cm^{-3} 인 액체 속에 놓았다. 스톡스(Stokes) 영역에서 물체의 종말 속도 (terminal velocity)는 1 cm s^{-1} 로 측정되었다. 이 물체의 운동 방향과 점도비를 바르게 연결한 것은? (단, 점도비는 '액체의 점도'를 '물의 점도'로 나누어 구하며, 물의 점도는 $0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 이다. 중력 가속도의 크기는 10 m s^{-2} , 원주율(π)은 3으로 근사한다)

운동 방향	점도비
① 떠오름	1,000 이상
② 떠오름	1,000 미만
③ 가라앉음	1,000 이상
④ 가라앉음	1,000 미만

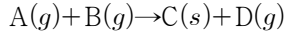
- 문 19. 내경 2.00 cm인 수평의 원형관에 0°C 의 ethylene glycol을 14.4 L min^{-1} 의 유량으로 30.0 m 수송할 때의 압력손실 [Nm^{-2}]은? (단, ethylene glycol의 밀도는 0°C 에서 1.12 g cm^{-3} , 점도는 $0.500 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 이며, 비압축성 뉴턴유체 및 정상상태 완전발달 흐름으로 가정하고, 원주율(π)은 3으로 근사한다)

- ① 6.00×10^3
② 9.60×10^3
③ 6.00×10^4
④ 9.60×10^4

- 문 20. 내경이 일정한 원형도관의 마찰계수(friction factor)에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 마찰계수는 레이놀즈 수(Re)에 비례한다.
② 난류에서의 마찰계수는 상대 거칠기가 증가함에 따라 감소한다.
③ 층류에서의 마찰계수는 상대 거칠기에 영향을 받지 않는다.
④ 원형도관 내벽이 매끈하다면, $\text{Re} > 10^5$ 인 난류보다 $\text{Re} < 10^3$ 인 층류에서의 마찰계수가 작다.

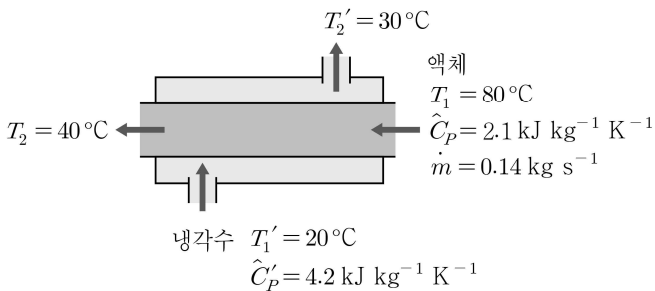
- 문 21. 박막적층을 위한 반응물 A와 B가 확산하여 표면반응을 통해 생성물 C는 증착되고 생성물 D는 확산된다.



확산 영역에서는 어떠한 반응과 대류도 없다. 반응은 오직 성장하는 박막 표면에서만 일어난다. A에 대한 혼합물에서의 유효 확산 계수는 D_{AM} 으로 정의하며, A의 몰분율은 y_A , 혼합물에서의 총 몰농도는 c 로 나타낸다. 박막이 성장하는 두께 방향을 z 축으로 설정할 때, 기체 A의 z 방향 몰 플럭스(N_A)는?

- ① $N_A = -cD_{AM} \frac{\partial y_A}{\partial z}$
 ② $N_A = -\frac{cD_{AM}}{1+y_A} \frac{\partial y_A}{\partial z}$
 ③ $N_A = -\frac{cD_{AM}}{1-2y_A} \frac{\partial y_A}{\partial z}$
 ④ $N_A = -\frac{cD_{AM}}{1-y_A} \frac{\partial y_A}{\partial z}$

- 문 22. 정상상태로 작동하는 이중관식 열교환기에 평균온도 80°C , 비열($\hat{C}_p$) $2.1 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 의 액체를 평균질량유량($\dot{m}$) 0.14 kg s^{-1} 로 내관에 흘려 보내 평균온도 40°C 까지 냉각시키고자 한다. 열교환기의 외측에 평균온도 20°C 의 냉각수를 흘려보낼 때, 냉각수의 평균출구온도가 30°C 가 되기 위한 냉각수의 평균질량 유량 [kg s^{-1}]은? (단, 열손실은 없으며, 냉각수의 비열($\hat{C}_p'$)은 $4.2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다. 모든 비열은 일정하다. 모든 액체는 비압축성이고, 압력 강하는 무시할 정도로 작다고 가정한다. 또한 운동 에너지와 위치 에너지의 변화는 무시한다)



- ① 0.18
 ② 0.28
 ③ 0.38
 ④ 0.48

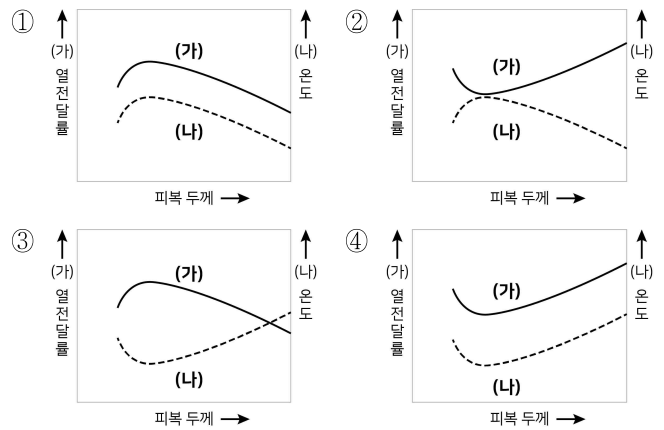
- 문 23. 등방성 매체이고 대류와 복사가 없는 좌표공간(x, y, z)에서 온도 T 가 $\frac{T}{T_0} = x^2 + y^2 + xyz^2$ 의 함수로 주어진다고 한다.

지점(1, 2, 3)에서의 열 플럭스(heat flux)와 방향이 일치하는 위치 벡터는? (단, T_0 는 0이 아닌 기준온도[K]이며, 해당 공간은 $0 < x < 10, 0 < y < 10, 0 < z < 10$ 으로 한정한다)

- ① $(-20, 13, -6)$
 ② $(-20, 13, -12)$
 ③ $(-20, -13, -6)$
 ④ $(-20, -13, -12)$

- 문 24. 원통형 전선이 일정한 두께의 플라스틱 피복으로 단단하게 싸여 있다. 원통형 좌표계(cylindrical coordinate system)를 사용하여 분석하였을 때, 피복의 두께와 (가), (나) 조건의 물리량과의 관계를 가장 적절하게 표현한 것은? (단, 전선과 피복 경계면의 온도는 외부 대기 온도보다 높다고 가정한다. 모든 물질은 등방성이며, 전선의 반지름은 일정한 양수의 값으로 고정되어 있다. 정상상태를 가정한다)

(가) 전선과 피복 경계면의 온도가 일정할 때, r 방향 열전달률
 (나) r 방향 열전달률이 일정할 때, 전선과 피복 경계면의 온도



- 문 25. 질소 분자와 산소 분자의 이성분계 등물 혼합물 중, 질소 분자가 고정좌표계에서 x 축 방향으로 1 m^2 의 면적을 초당 수직으로 통과하는 양이 28 kg 이고, 산소 분자는 $-x$ 축 방향으로 1 m^2 의 면적을 초당 수직으로 통과하는 양이 32 kg 이다. 이 때 혼합물의 x 방향 몰-평균 속도 [m s^{-1}]는? (단, 질소 원자, 산소 원자의 원자량은 각각 14, 16이다)

- ① -4
 ② 0
 ③ 4
 ④ 30