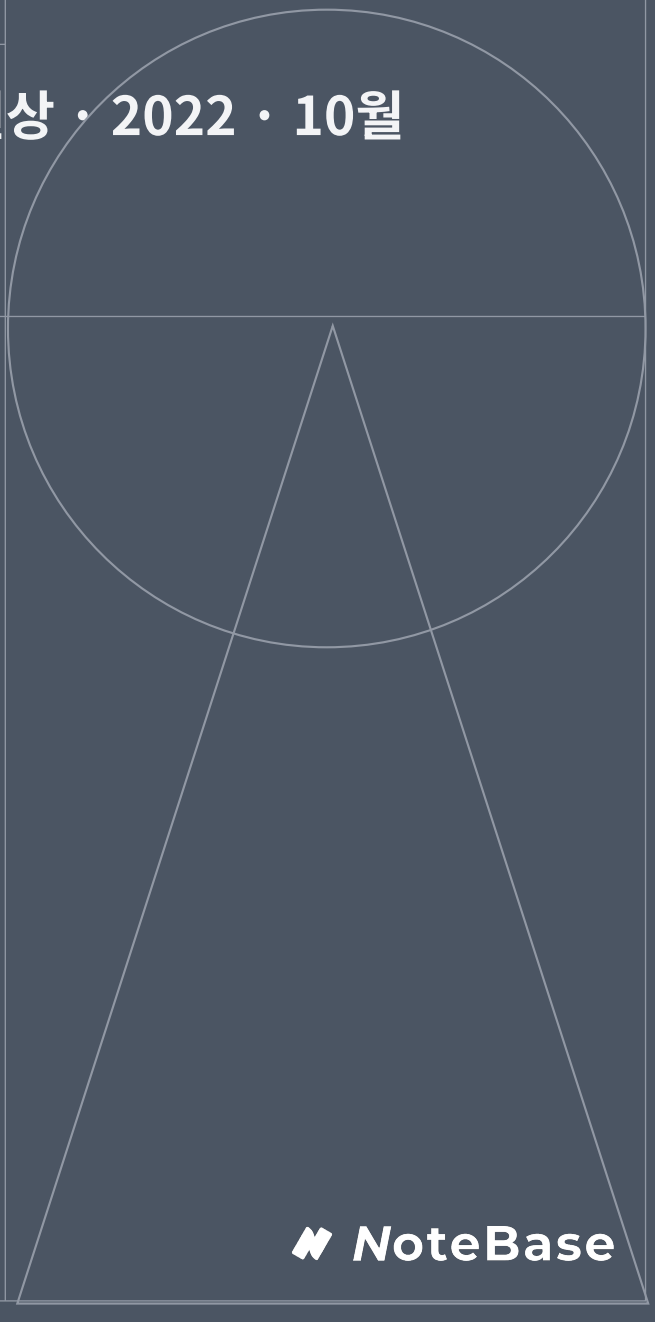
# 기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 전달현상 · 2022 · 10월



NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/서울시/7급 · 전달현상 · 2022 · 10월

**공무원/서울시/7급 · 전달현상 · 2022 · 10월**

**문 1. 질량이 1,500 kg인 액체 A가 부피가 $0.5\mathrm{m}^3$인 용기에 가득 담겨있다. 이때 이 액체 A의 비중은? (단, 물의 밀도는 $1,000\mathrm{kg/m}^3$으로 계산한다.)**

① 1.5

② 3

③ 500

④ 3,000

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 질량과 부피로 액체의 밀도를 구한 뒤 물의 밀도로 나누어 비중을 계산하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 질량 1,500 kg, 부피 $0.5\mathrm{m}^3$, 물의 밀도 $1,000\mathrm{kg/m}^3$
구해야 할 값: 액체 A의 비중
주의할 조건: 비중은 밀도 자체가 아니라 액체의 밀도를 물의 밀도로 나눈 값이다.

**사용할 공식**

$\rho = \frac{m}{V}, \quad SG = \frac{\rho}{\rho_w}$
이 문제는 질량과 부피가 주어져 있으므로 먼저 액체의 밀도 $\rho$를 구하고, 그 값을 물의 밀도 $\rho_w$로 나누어 비중 $SG$를 계산한다.

**계산 과정**

1. 액체 A의 밀도를 구한다.
$\rho = \frac{1500}{0.5} = 3000 kg/m^3$
2. 물의 밀도와 비교해 비중을 구한다.
$SG = \frac{3000}{1000} = 3$
3. 비중은 단위가 없는 값이므로 최종값은 3이다.

NoteBase

### 선지 판단

① X: 1.5는 질량 1,500을 1,000으로만 나눈 값에 가까워 부피 조건이 빠진 값이다. 틀린 표현은 비중을 1.5로 본 부분이며, 올바르게는 비중은 3이다.
② O: 계산 결과 액체 A의 밀도는 3, 000kg/$m^3$이고 이를 물의 밀도 1, 000kg/$m^3$으로 나누면 비중은 3이 된다.
③ X: 500은 1,500을 3으로 잘못 나눈 값 수준으로, 비중 계산과 맞지 않는다. 틀린 표현은 비중을 500으로 본 부분이며, 올바르게는 비중은 3이다.
④ X: 3,000은 액체 A의 밀도 값이지 비중 값이 아니다. 틀린 표현은 밀도와 비중을 같은 값으로 본 부분이며, 올바르게는 밀도는 3, 000kg/$m^3$이고 비중은 3이다.

### 오답 포인트

④처럼 밀도와 비중을 혼동하기 쉽다. 비중은 물과의 상대비이므로 숫자 3,000이 아니라 그 값을 1,000으로 한 번 더 나눈 3으로 판단해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

비중을 묻는 계산형 문제는 먼저 $\rho = m/V$로 물질의 밀도를 구하고, 그다음 물의 밀도로 나누어 무차원 값인지까지 확인하면 된다.

### 암기 포인트

비중은 밀도가 아니라 밀도의 비이며, 물의 밀도 1, 000kg/$m^3$으로 한 번 더 나누는 값이다.

NoteBase

**문 2. 성분 A, B의 혼합물이 $x$축 방향으로만 움직이고 있다. A, B 성분들의 몰농도는 각각 $c_A = 2\text{mol/cm}^3$, $c_B = 1\text{mol/cm}^3$이며 각각의 속도는 $v_{A,x} = 4\text{cm/s}$, $v_{B,x} = -2\text{cm/s}$이다. Fick 법칙에 의한 성분 A의 몰플럭스 $J^*_{A,x}$ 값[$\text{mol/cm}^2 \cdot \text{s}$]은?**

① 2

② 4

③ 6

④ 8

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 몰평균속도를 구한 뒤 $J^*_{A,x} = c_A(v_{A,x} - \bar{v}_x)$를 적용하여 성분 A의 확산 몰플럭스를 계산하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: $c_A = 2\text{mol/cm}^3$, $c_B = 1\text{mol/cm}^3$, $v_{A,x} = 4\text{cm/s}$, $v_{B,x} = -2\text{cm/s}$이다.
구해야 할 값: Fick 법칙 기준 성분 A의 몰플럭스 $J^*_{A,x}$이다.
주의할 조건: 전체 유속 $N_{A,x} = c_A v_{A,x}$를 묻는 것이 아니라 몰평균속도에 대한 상대 플럭스를 묻는다.

### 사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.
$\bar{v}_x = \frac{c_A v_{A,x} + c_B v_{B,x}}{c_A + c_B}$
$J^*_{A,x} = c_A(v_{A,x} - \bar{v}_x)$
이 공식을 쓰는 이유는 Fick 법칙 기준 몰플럭스가 성분 A의 실제 속도에서 혼합물의 몰평균속도를 뺀 상대운동으로 정의되기 때문이다.

### 계산 과정

1. 총 몰농도는 $c = c_A + c_B = 2 + 1 = 3\text{mol/cm}^3$이다.
2. 몰평균속도는 $\bar{v}_x = \frac{2 \cdot 4 + 1 \cdot (-2)}{3} = \frac{6}{3} = 2\text{cm/s}$이다.
3. 따라서 $J^*_{A,x} = 2(4 - 2) = 4\text{mol/(cm}^2 \cdot \text{s)}$이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X: 2는 몰평균속도를 잘못 구하거나 상대속도를 절반만 반영할 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 $J_{A,x}^{*}=2$이고, 올바르게는 $J_{A,x}^{*}=4$이다.
② O: $\bar{v}_x=2\mathrm{cm/s}$이므로 $J_{A,x}^{*}=2(4-2)=4\mathrm{mol/(cm^2\cdot s)}$가 된다. 계산값이 4이므로 옳다.
③ X: 6은 $v_{B,x}=-2$의 음의 부호를 무시하여 몰평균속도를 1로 잘못 잡을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 $J_{A,x}^{*}=6$이고, 올바르게는 $J_{A,x}^{*}=4$이다.
④ X: 8은 전체 몰유속 $N_{A,x}=c_A v_{A,x}=8$을 확산 몰플럭스로 착각한 값이다. 틀린 표현은 $J_{A,x}^{*}=8$이고, 올바르게는 몰평균속도를 뺀 $J_{A,x}^{*}=4$이다.

### 오답 포인트

가장 흔한 함정은 $N_{A,x}$와 $J_{A,x}^{*}$를 구분하지 않는 점이다. 이 문항에서는 성분 B가 음의 방향으로 움직이므로 몰평균속도 계산에서 $-2$의 부호를 반드시 반영해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

혼합물의 확산 플럭스를 묻는 계산형 문제는 먼저 전체 또는 평균 기준 속도인지 확인하고, 다음에 평균속도 계산, 마지막에 성분 속도와의 차이를 농도에 곱하는 순서로 판단한다.

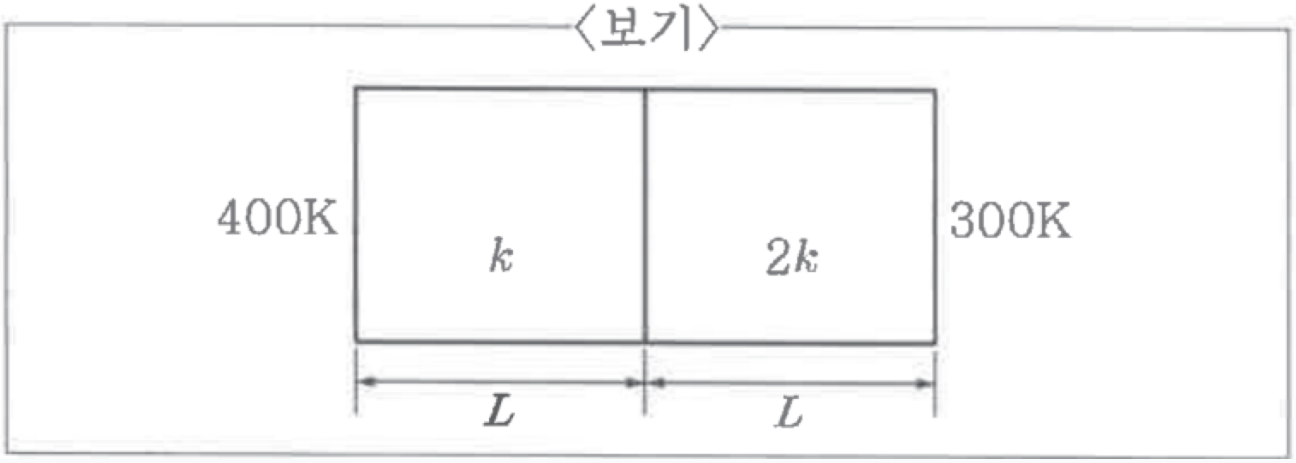
### 암기 포인트

확산 몰플럭스는 성분의 절대속도가 아니라 평균속도에 대한 상대속도에 농도를 곱한 값이다.

NoteBase

**문 3. <보기>에서 두께 $L$가 동일한 두 층으로 이루어진 복합 단열체를 통하여 정상상태로 열이 전도된다. 왼쪽 벽의 열전도도는 $k$이고 오른쪽 벽의 열전도도는 $2k$이며, 벽의 왼쪽 면은 400K이고 오른쪽 면은 300K이다. 벽 사이의 접촉 저항은 무시할 때 벽 경계면의 온도에 가장 가까운 값[K]은? (단, 벽 내부에는 열에너지가 발생하지 않는다.)**

<보기>




① 326.67

② 333.33

③ 366.67

④ 373.33

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 2층 복합벽의 직렬 열저항을 이용해 경계면 온도를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 왼쪽 층의 열전도도는 $k$, 오른쪽 층의 열전도도는 $2k$, 각 층의 두께는 $L$, 왼쪽 면 온도는 400K, 오른쪽 면 온도는 300K이다.
구해야 할 값: 두 벽의 경계면 온도이다.
주의할 조건: 정상상태이고 내부발열과 접촉저항이 없으므로 두 층을 지나는 열유속은 동일하다.

**사용할 공식**

각 층의 열저항은 $R = \frac{L}{kA}$ 이다.
따라서 왼쪽 층은 $R_1 = \frac{L}{kA}$, 오른쪽 층은 $R_2 = \frac{L}{2kA}$ 이고, 열저항비는 $R_1 : R_2 = 2 : 1$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 두 층이 직렬로 연결된 복합벽이므로 전체 온도강하 100K가 각 층의 열저항 비율대로 분배되기 때문이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 전체 온도차는 $400 - 300 = 100K$ 이다.
2. 열저항비가 2 : 1 이므로 왼쪽 층의 온도강하는 $100 \times \frac{2}{3} = 66.67K$ 이다.
3. 오른쪽 층의 온도강하는 $100 \times \frac{1}{3} = 33.33K$ 이다.
4. 경계면 온도는 $400 - 66.67 = 333.33K$ 이다.

**선지별 해설**

① X: 326.67K는 계산값과 다르다. 열저항비를 잘못 적용해 왼쪽 층의 온도강하를 과대평가한 값이며, 경계면 온도는 326.67K가 아니라 333.33K이다.
② O: 열저항비가 2 : 1 이므로 전체 100K 중 왼쪽 층에서 66.67K가 떨어진다. 따라서 경계면 온도는 333.33K가 된다.
③ X: 366.67K는 온도강하를 열저항비가 아니라 열전도도비처럼 거꾸로 생각했을 때 나오는 값이다. 경계면 온도는 366.67K가 아니라 333.33K이다.
④ X: 373.33K는 왼쪽 층의 온도강하를 지나치게 작게 본 값이다. 경계면 온도는 373.33K가 아니라 333.33K이다.

**오답 포인트**

열전도도가 큰 층에서 온도강하가 더 크다고 착각하기 쉽다. 그러나 직렬 복합벽에서는 온도강하가 열전도도 자체가 아니라 열저항 $\frac{L}{kA}$ 에 비례하므로, $k$ 가 작은 왼쪽 층에서 더 큰 온도강하가 생긴다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

복합벽 전도 문제는 각 층의 열저항 $\frac{L}{kA}$ 를 먼저 구해 직렬합을 만든 뒤, 전체 온도차를 열저항비로 나누어 경계면 온도를 찾는 방식으로 판단한다.

**암기 포인트**

직렬 복합벽의 온도강하는 열전도도비가 아니라 열저항비로 나눈다.

NoteBase

**문 4. Prandtl수(Pr), Schmidt수(Sc), Lewis수(Le) 등은 이동현상에서 전달되는 두 물리량들의 확산도(diffusivity)를 비교하는 데 유용한 무차원 수들이다. 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?**

① 물질 확산도가 운동량 확산도보다 크면 Sc이 1보다 크다.

② 운동량 확산도가 열 확산도보다 크면 Pr이 1보다 크다.

③ 고체 평판 위에 온도가 다른 유체가 지나갈 때 평판 주위에 열 및 운동량 경계층이 형성되며, 이때 Pr이 1보다 작으면 열에 의한 경계층 크기가 운동량에 의한 경계층 크기보다 크다.

④ Le는 열 확산도물질 확산도로 정의된다.

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 Prandtl수, Schmidt수, Lewis수의 정의를 알고 각 무차원수가 1보다 큰지 작은지를 확산도 비교로 판단할 수 있는지를 묻는다.

### 핵심 개념

Pr: 운동량 확산도와 열 확산도의 비로 $Pr = \nu/\alpha$이다. 운동량 확산이 열 확산보다 빠르면 1보다 크다.
Sc: 운동량 확산도와 물질 확산도의 비로 $Sc = \nu/D_{AB}$이다. 물질 확산이 운동량 확산보다 빠르면 1보다 작다.
Le: 열 확산도와 물질 확산도의 비로 $Le = \alpha/D_{AB}$이다. 열 확산과 물질 확산의 상대적 빠르기를 비교한다.

### 선지별 해설

1번: X. Schmidt수는 $Sc = \nu/D_{AB}$이므로 물질 확산도 $D_{AB}$가 운동량 확산도 $\nu$보다 크면 분모가 더 커져 $Sc < 1$이 된다. 틀린 표현은 "Sc이 1보다 크다"이고, 올바르게는 "Sc이 1보다 작다"이다.
2번: O. Prandtl수는 $Pr = \nu/\alpha$이므로 운동량 확산도 $\nu$가 열 확산도 $\alpha$보다 크면 $Pr > 1$이 된다.
3번: O. $Pr < 1$은 $\alpha > \nu$를 뜻하므로 열이 운동량보다 더 빨리 퍼진다. 따라서 평판 유동에서 열경계층이 운동량 경계층보다 더 두껍게 형성된다.
4번: O. Lewis수는 열 확산도와 물질 확산도의 비이므로 $Le = \alpha/D_{AB}$로 정의된다.

### 오답 포인트

Sc, Pr, Le를 모두 '두 확산도의 비'로만 외우고 분자와 분모의 위치를 바꾸면 1번처럼 부등호 판단이 뒤집힌다. 특히 Sc는 운동량 확산도가 분자이고 물질 확산도가 분모라는 점이 함정이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 무차원수의 정의식을 쓴 뒤, 문제에서 큰 쪽이 분자인지 분모인지 확인하면 된다. 분자가 더 크면 1보다 크고, 분모가 더 크면 1보다 작다.

NoteBase

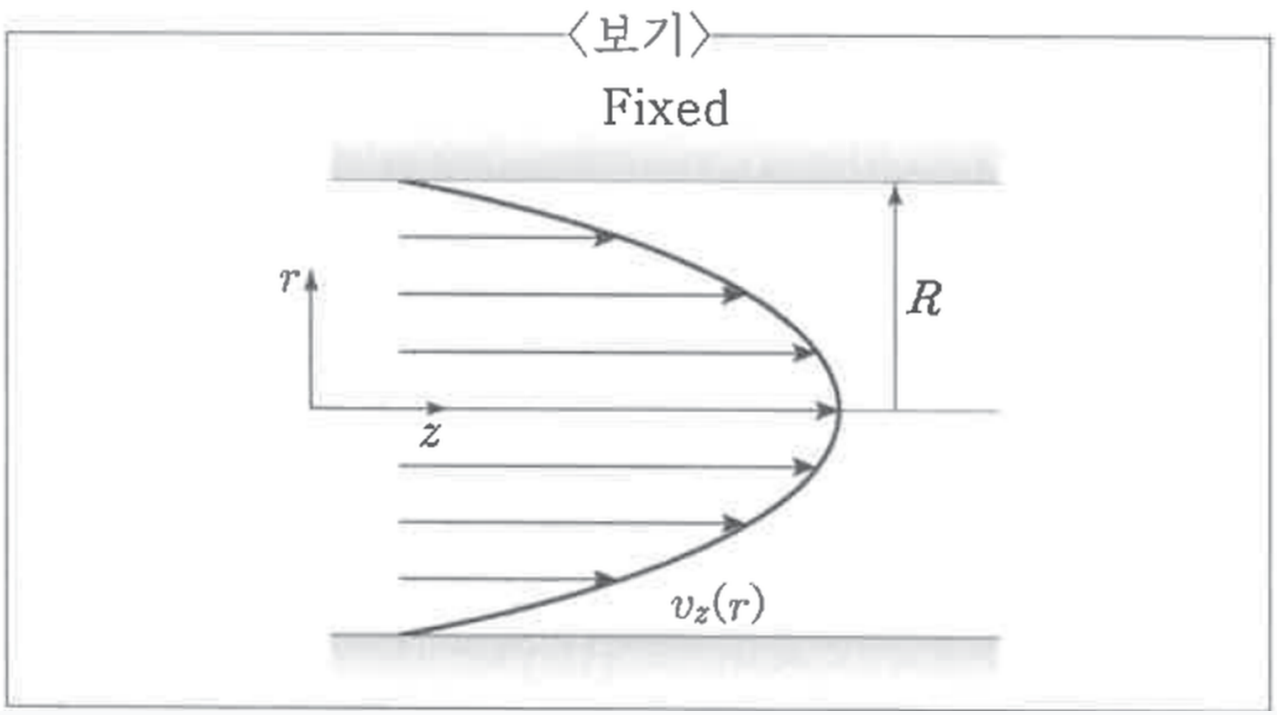
**암기 포인트**

Pr은 운동량/열, Sc는 운동량/물질, Le는 열/물질의 비이다.

NoteBase

**문 5. 파이프 내에서의 속도 분포 $v_z = \left(-\frac{dp}{dz}\right)\frac{1}{4\mu}(R^2 - r^2)$은 <보기>의 그림을 기준으로 Hagen-Poiseuille의 일반해이다. 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?**

<보기>




① 비압축성, 뉴튼 유체를 가정하고 있다.

② 정상상태에 있는 유체의 경우에만 유효하다.

③ 평균속도 $V_{avg}$는 $\left(-\frac{dp}{dz}\right)\frac{R^2}{16\mu}$로 나타낼 수 있다.

④ 최대속도 $V_{max}$는 $\left(-\frac{dp}{dz}\right)\frac{R^2}{4\mu}$로 나타낼 수 있다.

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 원관 내 Hagen-Poiseuille 포물선 속도분포에서 중심 최대속도와 단면 평균속도의 관계를 판단하는 문제이다.

**선지별 해설**

① O. Hagen-Poiseuille 해는 점성이 일정한 비압축성 뉴턴 유체를 전제로 유도한다.

② O. 이 속도분포는 정상, 완전발달, 층류 조건에서 성립하므로 비정상 유동에는 그대로 적용되지 않는다.

③ X. 틀린 표현은 계수 1/16이다. 올바르게는 평균속도는 $V_{avg} = Q/(\pi R^2) = \left(-\frac{dp}{dz}\right)\frac{R^2}{8\mu}$이다. 또한 포물선 분포에서는 $V_{max} = 2V_{avg}$이므로 $V_{avg} = V_{max}/2$이다.

④ O. 최대속도는 중심축 $r = 0$에서 생기므로 $v_z(0) = \left(-\frac{dp}{dz}\right)\frac{R^2}{4\mu}$이다.

NoteBase

### 오답 포인트

③은 평균속도와 최대속도의 관계를 헷갈리게 만든 선지이다. 포물선형 원관 층류에서는 항상 $V_{max} = 2V_{avg}$ 이므로 평균속도 계수는 최대속도의 절반인 1/8이 되어야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

먼저 벽면 $r = R$에서 속도 0, 중심 $r = 0$에서 최대속도라는 점을 본다. 그다음 식에 $r = 0$을 대입해 $V_{max}$를 구하고, 포물선 분포의 관계 $V_{avg} = V_{max}/2$로 평균속도를 판단한다.

### 암기 포인트

원관 Hagen-Poiseuille 층류는 벽면 0, 중심 최대, $V_{max} = 2V_{avg}$, $V_{avg} = \left(-\frac{dp}{dz}\right)\frac{R^2}{8\mu}$이다.

NoteBase

**문 6. 모든 좌표계에 적용할 수 있는 고체 매질에서의 열전도 방정식으로 옳은 것은? (단, $\rho$는 밀도, $c_p$는 정압비열, $k$는 열전도도이며 온도의 함수이다. $T$는 온도, $t$는 시간, $Q'''$은 단위부피당 열 생성률이다.)**

① $\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla^2 T + Q'''$
② $\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho c_p} \nabla \cdot (k \nabla T) + \frac{Q'''}{\rho c_p}$
③ $\frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q'''$
④ $\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho c_p} \nabla^2 T + \frac{Q'''}{\rho c_p}$

**정답 2번**

### 출제 포인트

온도 의존 열전도도 $k(T)$를 갖는 비정상 열전도에서 일반 좌표계에 공통으로 쓰는 보존형 방정식을 묻는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 조건은 고체 매질의 비정상 열전도, 내부 열생성 $Q'''$ 존재, 그리고 열전도도 $k$가 온도의 함수라는 점이다. 따라서 일반형은 $k$를 상수처럼 밖으로 빼지 않고 발산형 $\nabla \cdot (k \nabla T)$로 두어야 한다.

### 사용할 공식

고체의 일반 열전도 방정식은
$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q'''$
이며, 이를 $\partial T/\partial t$에 대해 정리하면
$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho c_p} \nabla \cdot (k \nabla T) + \frac{Q'''}{\rho c_p}$
가 된다.
이 식은 모든 좌표계에서 쓸 수 있는 일반형이고, $k$가 온도에 따라 달라져도 그대로 유지된다.

### 선지별 해설

① X: 우변의 $\nabla^2 T$ 앞에 $k$가 없고, 발산형 $\nabla \cdot (k \nabla T)$도 아니다. 또한 좌변은 $\rho c_p \partial T/\partial t$로 단위가 단위부피당 에너지 변화율인데, 우변의 $\nabla^2 T$는 그대로 두면 차원이 맞지 않는다. 틀린 표현은 "^2 T + Q''''"이고, 올바르게는 "·(k T)+Q''''"이다.
② O: $\partial T/\partial t$를 좌변에 둔 일반형으로, $\nabla \cdot (k \nabla T)$ 항과 $Q'''/(\rho c_p)$ 항이 모두 포함되어 있다. $k$가 온도의 함수일 때도 그대로 쓸 수 있는 모든 좌표계 공통식이다.
③ X: $\nabla \cdot (k \nabla T) + Q'''$ 형태는 맞지만 전체를 $\rho c_p$로 나누지 않아 좌변 $\partial T/\partial t$와 차원이 맞지 않는다. 틀린 표현은 "= ·(k T)+Q''''"이고, 올바르게는 "= (1)/(ρ c_p)·(k T)+(Q''')/(ρ c_p)"이다.
④ X: 이 식은 $k$를 상수로 둘 때 $\nabla \cdot (k \nabla T) = k \nabla^2 T$로 단순화한 형태이다. 문제에서는 $k$가 온도의 함수라고 했으므로 일반식으로 쓸 수 없다. 틀린 표현은 "(k)/(ρ c_p)^2 T"이고, 올바르게는 "(1)/(ρ c_p)·(k T)"이다.

NoteBase

**오답 포인트**

④처럼 $\alpha = k/(\rho c_p)$ 형태를 익숙하게 외우면 바로 고르기 쉽지만, 그 식은 $k$가 상수일 때의 단순형이다. 이 문항의 함정은 "k는 온도의 함수"와 "모든 좌표계"라는 조건을 지나치게 만드는 데 있다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

열전도 방정식 선지에서는 먼저 $k$가 상수인지 변수인지 확인하고, 변수이면 반드시 $\nabla \cdot (k\nabla T)$ 형태인지 본다. 그다음 시간미분형이면 우변 전체가 $\rho c_p$로 나누어졌는지 확인하면 된다.

**암기 포인트**

$k$가 변수이면 라플라시안형보다 발산형 $\nabla \cdot (k\nabla T)$이 일반식이다.

NoteBase

**문 7. 등몰 상호 확산(equimolar counter-diffusion) 이론을 활용하여 단위조작이 가능한 분리공정으로 가장 옳은 것은?**

① 증류
② 증발
③ 추출
④ 흡수

**정답 1번**

### 출제 포인트

이 문제는 등몰 상호 확산과 일방 확산이 각각 어떤 분리공정에 대응하는지를 구분하는 문제이다.

### 핵심 개념

등몰 상호 확산은 두 성분이 같은 몰속도로 반대 방향으로 이동하여 $N_A = -N_B$가 되는 확산이다. 증류의 기상막에서는 한 성분은 증발하고 다른 성분은 응축하므로 이런 형태가 잘 성립한다.
증발과 흡수는 보통 한 성분이 주로 이동하고 다른 성분은 거의 정지한 것으로 보는 일방 확산에 가깝다. 추출은 액액 평형과 용질 분배가 핵심이어서 등몰 상호 확산 이론을 대표적으로 적용하는 공정으로 보기는 어렵다.

### 선지별 해설

① O: 증류는 증기와 액체가 접촉하면서 휘발성 성분들이 서로 반대 방향으로 교환되는 공정이므로 기상 또는 액상 막에서 등몰 상호 확산 모델을 적용하기 좋다.
② X: 증발은 보통 액체 A가 정지한 기체 B 속으로 확산하는 형태로 다루므로 틀린 부분은 등몰 상호 확산으로 보는 점이다. 올바르게는 비확산성 또는 거의 정지한 기체를 통한 일방 확산에 가깝다.
③ X: 추출은 두 액상 사이의 용질 이동과 분배평형이 핵심이므로 틀린 부분은 등몰 상호 확산 이론의 대표 적용 공정으로 보는 점이다. 올바르게는 용매 선택성과 평형관계로 해석하는 액액 추출 공정이다.
④ X: 흡수는 기체 성분 A가 액상으로 이동하고 비흡수성 기체는 거의 정지한다고 보는 경우가 많으므로 틀린 부분은 등몰 상호 확산으로 보는 점이다. 올바르게는 비확산성 기체를 통한 일방 확산으로 다루는 경우가 대표적이다.

### 오답 포인트

증발, 흡수도 모두 물질이 이동하므로 막연히 상호 확산처럼 보일 수 있다. 그러나 문제의 핵심은 두 성분이 같은 몰속도로 반대 방향으로 이동하는지 여부이며, 이 조건이 가장 전형적으로 맞는 공정은 정류이다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

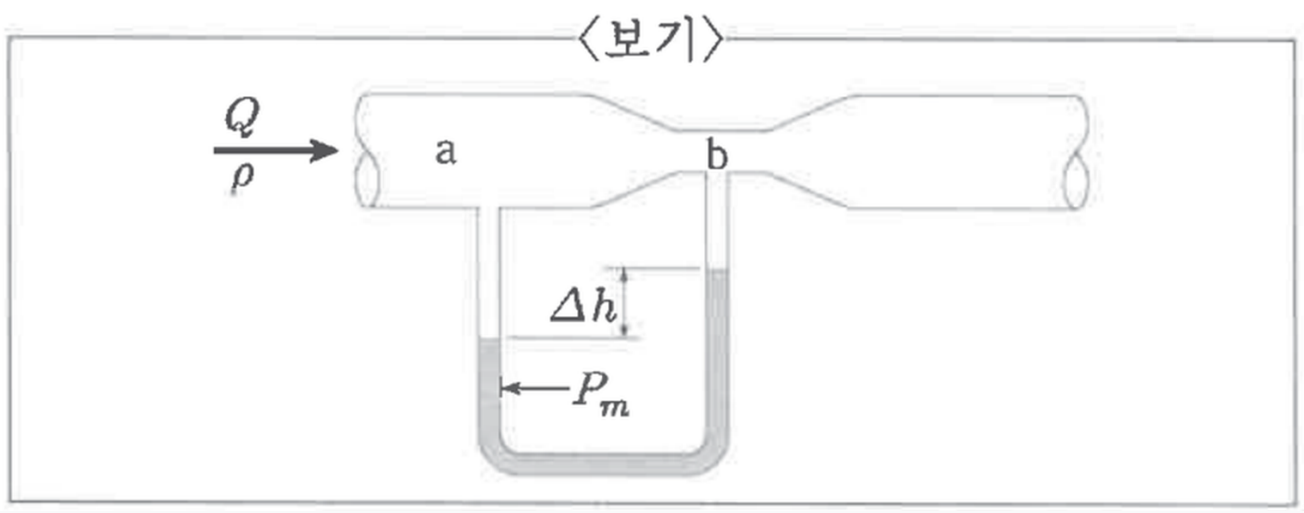
두 성분이 서로 자리를 바꾸듯 반대 방향으로 같은 몰수만큼 이동하면 등몰 상호 확산으로 판단한다. 한 성분만 주로 이동하고 다른 성분이 거의 정지해 있으면 일방 확산으로 판단한다.

**암기 포인트**

증류는 등몰 상호 확산, 증발·흡수는 일방 확산으로 정리된다.

NoteBase

**문 8. <보기>와 같이 수평으로 놓인 원형 관의 흐름에서 물이 유량 $3m^3/min$으로 흐르고 있다. 지점 a와 b 사이의 압력차가 315 Pa일 때, 위치별 $\left(\frac{\rho v^2}{2}+\rho gh+P\right)$는 일정하다는 베르누이 식을 사용하여 구한 b 위치에서의 원형 관의 단면적[$m^2$]은? (단, a 위치에서 관의 단면적은 $0.5m^2$이고 물의 밀도는 $1,000kg/m^3$, 관 아래 마노미터는 유체 유동에 영향을 주지 않는다. $\rho$는 물의 밀도, $v$는 물의 평균속도, $h$는 높이, $g$는 중력가속도, $P$는 압력을 나타낸다.)**




① 0.0625

② 0.0833

③ 0.1

④ 0.125

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 수평 관에서 연속방정식과 베르누이식을 함께 써서 b 지점의 단면적을 구하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값

- 유량은 $Q = 3m^3/min = 0.05m^3/s$이다.
- a 지점 단면적은 $A_a = 0.5m^2$이다.
- 압력차는 $P_a - P_b = 315Pa$이다.
- 수평 관이므로 $h_a = h_b$이다.

구해야 할 값

- b 지점 단면적 $A_b$이다.

주의할 조건

- 관 아래 마노미터는 압력차를 보여 주는 장치일 뿐 유동 방정식에는 직접 들어가지 않는다.
- 먼저 연속방정식으로 속도를 연결한 뒤 베르누이식에 넣어야 한다.

### 사용할 공식

$P_a + \frac{\rho v_a^2}{2} = P_b + \frac{\rho v_b^2}{2}$

$Q = A_a v_a = A_b v_b$

이 공식을 쓰는 이유는 관이 수평이어서 $\rho gh$ 항이 서로 같아지고, 물을 비압축성 유체로 보아 압력에너지와 운동에너지의 교환을 베르누이식으로 연결할 수 있기 때문이다.

### 계산 과정

1. a 지점 평균속도는 $v_a = Q/A_a = 0.05/0.5 = 0.1m/s$이다.
2. 수평 관이므로 $P_a - P_b = \frac{\rho}{2}(v_b^2 - v_a^2)$이다.

$315 = \frac{1000}{2}(v_b^2 - 0.1^2) = 500(v_b^2 - 0.01)$

따라서 $v_b^2 = 0.64$, $v_b = 0.8m/s$이다.

3. b 지점 단면적은 $A_b = Q/v_b = 0.05/0.8 = 0.0625m^2$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① O

- 계산 결과가 바로 $0.0625m^2$이므로 주어진 압력차 315 Pa를 만족한다.

② X

- $A_b = 0.0833m^2$이면 $v_b = Q/A_b \approx 0.600m/s$이고, 이때 필요한 압력차는 $\frac{1000}{2}(0.600^2 - 0.1^2) \approx 175Pa$이다. 주어진 315 Pa와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "b 지점 단면적이 $0.0833m^2$이다"이다. 올바르게는 $0.0625m^2$이다.

③ X

- $A_b = 0.1m^2$이면 $v_b = 0.5m/s$이고, 필요한 압력차는 $\frac{1000}{2}(0.5^2 - 0.1^2) = 120Pa$이다. 주어진 조건보다 작다.
- 틀린 표현은 "b 지점 단면적이 $0.1m^2$이다"이다. 올바르게는 $0.0625m^2$이다.

④ X

- $A_b = 0.125m^2$이면 $v_b = 0.4m/s$이고, 필요한 압력차는 $\frac{1000}{2}(0.4^2 - 0.1^2) = 75Pa$이다. 역시 315 Pa와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "b 지점 단면적이 $0.125m^2$이다"이다. 올바르게는 $0.0625m^2$이다.

**오답 포인트**

유량 $3m^3/min$을 $0.05m^3/s$로 바꾸지 않거나, 수평 관인데도 높이항을 남겨 두면 속도와 압력차 연결이 틀어진다. 또 압력차 315 Pa를 바로 면적에 대응시키면 오답이 나온다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

수평 관의 압력차 문제는 먼저 유량을 초당 단위로 바꾸고, 연속방정식으로 한 지점 속도를 구한 뒤, 베르누이식에서 높이항을 지워 다른 지점 속도를 계산하면 된다. 마지막에 $A = Q/v$로 단면적을 되돌리면 된다.

**암기 포인트**

수평 관에서는 "연속방정식으로 속도, 베르누이식으로 압력차, 다시 $A = Q/v$로 단면적" 순서가 핵심이다.

NoteBase

**문 9. 대류 열전달계수 $h$와 열전도도 $k$의 단위를 옳게 짝지은 것은?**

① $h$:W/m·K, $k$:W/m·K

② $h$:W/m·K, $k$:W/m$^2$·K

③ $h$:W/m$^2$·K, $k$:W/m·K

④ $h$:W/m$^2$·K, $k$:W/m$^2$·K

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 대류 열전달계수와 열전도도의 정의를 바탕으로 각각의 차원을 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

**핵심 개념**

대류 열전달계수 $h$는 유체와 벽면 사이의 대류 열전달 세기를 나타내는 계수이며 단위면적당 온도차 1 K당 전달되는 열량으로 정의된다. 따라서 단위는 $W/m^2 \cdot K$이다.
열전도도 $k$는 물질 내부에서 열이 전도되는 정도를 나타내는 물성치이며 온도구배 1, 길이 1m 조건에서의 전도 능력으로 정의된다. 따라서 단위는 $W/m \cdot K$이다.

**선지별 해설**

① X: $h$를 $W/m \cdot K$로 본 부분이 틀리다. 대류 열전달식은 $q = hA\Delta T$이므로 $h = q/(A\Delta T)$가 되어 단위는 $W/m^2 \cdot K$이다. $k$의 단위 $W/m \cdot K$는 맞다.
② X: $h$와 $k$의 단위를 서로 바꿔 적은 선지이다. $h$는 $W/m^2 \cdot K$이어야 하고, $k$는 $W/m \cdot K$이어야 한다.
③ O: $h$를 $W/m^2 \cdot K$, $k$를 $W/m \cdot K$로 적었으므로 둘 다 옳다.
④ X: $k$를 $W/m^2 \cdot K$로 본 부분이 틀리다. 열전도식은 $q = -kAdT/dx$이므로 $k$는 면적뿐 아니라 길이 차원이 포함되어 단위가 $W/m \cdot K$가 된다. $h$의 단위는 맞지만 $k$가 틀려 오답이다.

**오답 포인트**

둘 다 열전달 관련 계수라는 이유로 같은 단위로 처리하면 틀린다. $h$는 표면에서의 대류 현상을 다루므로 면적 차원만 들어가고, $k$는 물질 내부 전도를 다루므로 길이 차원이 추가된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

먼저 식의 형태를 확인하면 된다. $h$는 $q = hA\Delta T$ 형태이므로 면적으로 나누어 $W/m^2 \cdot K$가 되고, $k$는 $q = -kAdT/dx$ 형태이므로 길이 차원이 남아 $W/m \cdot K$가 된다.

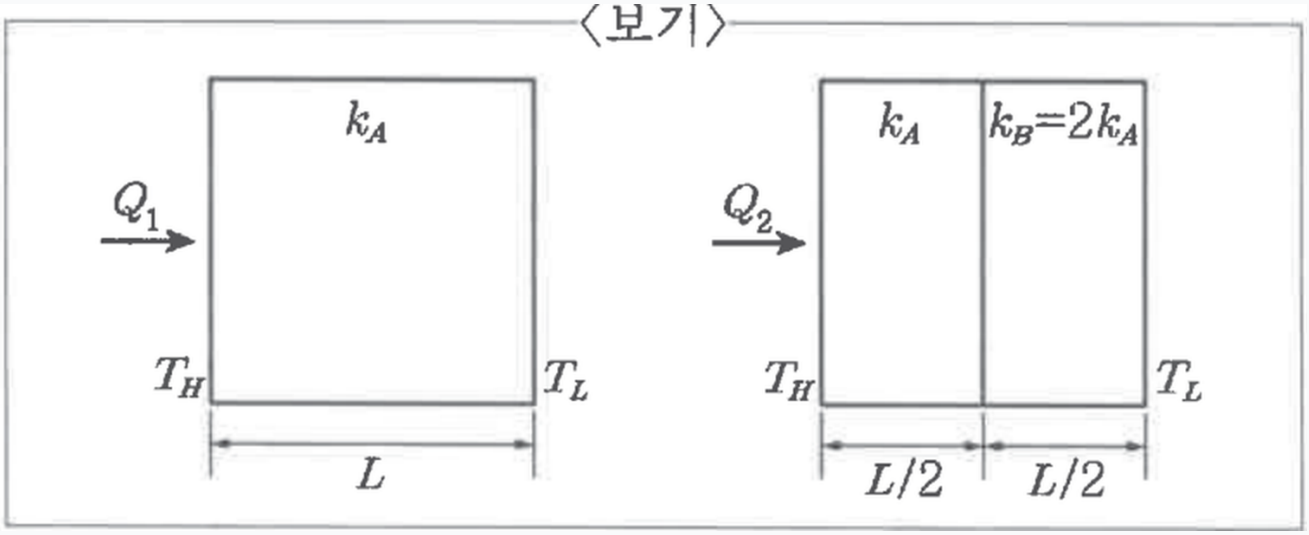
**암기 포인트**

대류의 $h$는 표면계수라서 $m^2$가 분모에 있고, 전도의 $k$는 물성치라서 $m$이 분모에 있다.

NoteBase

**문 10. <보기>의 고체 단일벽(열전도도 $k_A$)과 직렬 복합벽($k_A$, $k_B = 2k_A$)에서 정상상태 1차원 열전도가 진행된다. 단일벽, 복합벽의 열 유속을 각각 $Q_1$, $Q_2$라고 하였을 때 $Q_1$과 $Q_2$의 비는? (단, 온도 $T_H$, $T_L$은 일정하며, 복합벽 경계의 저항은 무시한다.)**

<보기>




① $Q_1 : Q_2 = 1 : 2$

② $Q_1 : Q_2 = 2 : 1$

③ $Q_1 : Q_2 = 3 : 4$

④ $Q_1 : Q_2 = 4 : 3$

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 직렬 복합벽의 열전도 저항 합 $\sum L_i/(k_i S)$을 이용해 단일벽과 복합벽의 열유속 비를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값:

단일벽은 두께 $L$, 열전도도 $k_A$이다.

복합벽은 두께 $L/2$의 $k_A$층과 두께 $L/2$의 $k_B = 2k_A$층이 직렬로 연결되어 있다.

양쪽 경계 온도는 각각 $T_H$, $T_L$로 두 경우가 같다.

구해야 할 값:

$Q_1 : Q_2$

주의할 조건:

복합벽 경계의 접촉저항은 무시하고, 단면적 $S$와 온도차 $\Delta T = T_H - T_L$는 두 경우에 공통이다.

NoteBase

### 사용할 공식

단일벽은 $Q = \frac{kS\Delta T}{L}$이다.
직렬 복합벽은 $Q = \frac{\Delta T}{\sum L_i/(k_i S)}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 정상상태 1차원 전도에서 열유속이 전체 열저항의 역수에 비례하고, 직렬층에서는 각 층의 저항이 합산되기 때문이다.

### 계산 과정

1. 단일벽의 열유속은 $Q_1 = \frac{k_A S\Delta T}{L}$이다.
2. 복합벽의 전체 열저항은 $R_2 = \frac{L/2}{k_A S} + \frac{L/2}{k_B S} = \frac{L}{2k_A S} + \frac{L}{4k_A S} = \frac{3L}{4k_A S}$이다.
3. 따라서 복합벽의 열유속은 $Q_2 = \frac{\Delta T}{R_2} = \frac{4k_A S\Delta T}{3L}$이다.
4. 비는 $Q_1 : Q_2 = 1 : 4/3 = 3 : 4$이다.

### 선지 판단

① X: 1 : 2는 두 층의 두께만 반씩 나눈 뒤 $k_B = 2k_A$ 조건을 충분히 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현은 복합벽 저항이 단일벽의 절반이라는 해석이며, 올바르게는 복합벽 저항이 단일벽의 3/4이어서 비가 3 : 4가 된다.
② X: 2 : 1은 열전도도가 더 큰 층이 추가되었는데도 복합벽의 열유속이 더 작다고 본 값이다. 틀린 표현은 복합벽이 단일벽보다 열을 덜 전달한다는 판단이며, 올바르게는 전체 저항이 감소하므로 $Q_2 > Q_1$이다.
③ O: 계산 결과 $Q_1 : Q_2 = 3 : 4$이므로 맞다. $k_B = 2k_A$인 층이 포함되어 복합벽의 등가 저항이 단일벽보다 작아진다.
④ X: 4 : 3은 구한 비를 거꾸로 쓴 값이다. 틀린 표현은 $Q_1$이 $Q_2$보다 크다는 판단이며, 올바르게는 $Q_2 = \frac{4}{3}Q_1$이다.

### 오답 포인트

직렬 복합벽은 전도도를 바로 평균내지 않고 각 층의 저항 $L/(kS)$를 더해야 한다. ①은 $k_B = 2k_A$ 조건 반영 누락, ④는 비의 순서 전도, ②는 저항이 작아지면 열유속이 커진다는 방향성을 놓친 데서 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

직렬 전도 문제는 각 층의 두께와 열전도도로 저항을 먼저 계산하고, 그 저항을 합한 뒤 전체 저항의 역수로 열유속을 구해 기준 경우와 비를 비교하면 된다.

### 암기 포인트

직렬 복합벽은 전도도 평균이 아니라 저항 합으로 푼다. $k$가 큰 층이 포함되면 전체 저항은 줄고 열유속은 커진다.

NoteBase

**문 11. 대류 물질전달계수 $k_c$와 확산계수 $D_{AB}$가 $k_c \propto D_{AB}^{2/3}$ 관계를 만족하는 대류 물질전달계수 모델로 가장 옳은 것은?**

① 경막이론
② 강하 액체경막이론
③ 침투이론
④ 경계층이론

**정답 4번**

### 출제 포인트

이 문제는 대류 물질전달계수 모델별로 확산계수 $D_{AB}$에 대한 의존 지수를 구분할 수 있는지를 묻는다.

### 핵심 개념

경막이론은 정지한 얇은 경막을 통한 정상분자확산으로 전달을 설명하므로 $k_c \propto D_{AB}$이다.
침투이론은 계면 요소가 짧은 시간 접촉한다고 보는 비정상확산 모델이므로 $k_c \propto D_{AB}^{1/2}$이다.
경계층이론은 유동 경계층 안의 대류와 확산을 함께 고려하므로 대표적으로 $k_c \propto D_{AB}^{2/3}$이다.

### 선지별 해설

① X: 경막이론은 $k_c = D_{AB}/\delta$ 꼴로 정리되어 $D_{AB}$에 1차로 비례한다. 틀린 표현은 "경막이론"이다. 올바르게는 경계층이론이 $D_{AB}^{2/3}$ 관계를 대표한다.
② X: 강하 액체경막이론은 특정 액막 유동계 해석에 쓰이는 모델이지, 이 문제에서 묻는 대표적 $k_c \propto D_{AB}^{2/3}$ 모델로 대응되는 이론은 아니다. 틀린 표현은 "강하 액체경막이론"이다. 올바르게는 경계층이론이다.
③ X: 침투이론은 비정상확산에 근거하여 $k_c \propto D_{AB}^{1/2}$로 정리된다. 틀린 표현은 "침투이론"이다. 올바르게는 경계층이론이다.
④ O: 경계층이론은 유동 경계층 내부의 속도분포와 농도분포를 함께 다루므로 $k_c \propto D_{AB}^{2/3}$ 관계를 가장 잘 설명한다.

### 오답 포인트

경막이론, 침투이론, 경계층이론의 $D_{AB}$ 지수를 함께 외우지 않으면 비슷한 이론명에 끌려 오답을 고르기 쉽다. 특히 "경막"이라는 단어만 보고 ①이나 ②를 고르면 지수 비교를 놓치게 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

이론명이 보이면 먼저 $D_{AB}$의 지수를 대응시켜 판단한다. 경막이론은 1, 침투이론은 1/2, 경계층이론은 2/3으로 정리하면 바로 답이 갈린다.

NoteBase

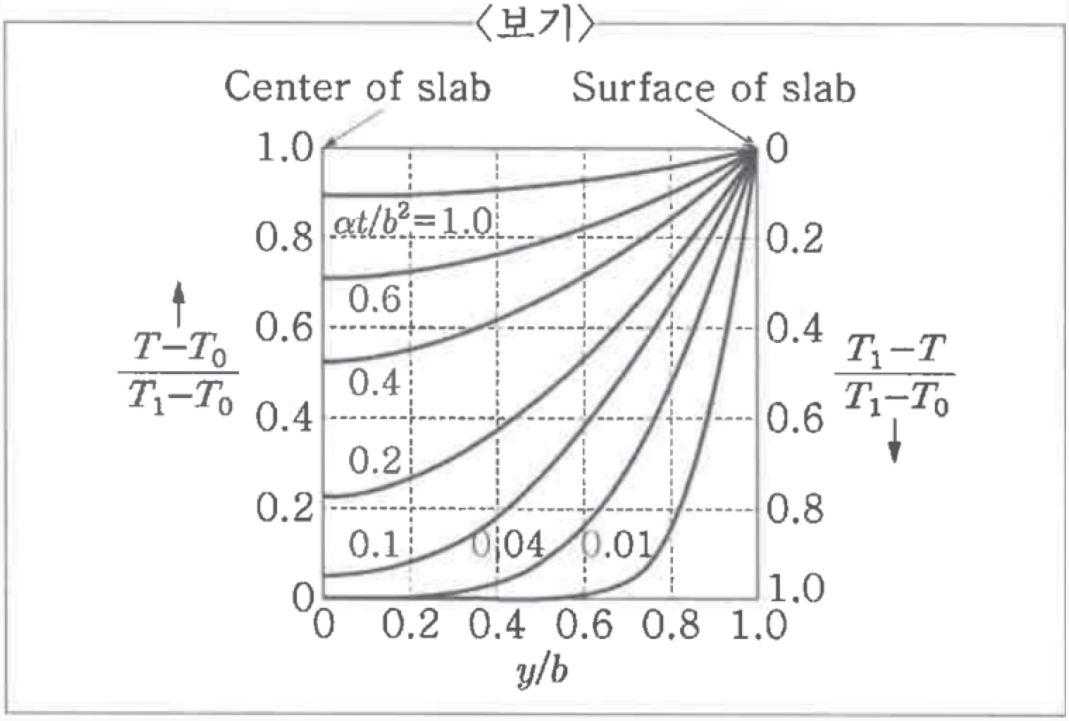
**암기 포인트**

경막 1, 침투 1/2, 경계층 2/3이다.

NoteBase

**문 12. 두께가 각각 1cm인 두 평판을 아주 얇은 층의 열경화성 접착제를 이용해 접착하려고 한다. 접착제는 165°C에서 경화가 된다. 이 온도에 도달하기 위해 두 평면 바깥면을 225°C의 가열판으로 누른다. <보기>를 활용할 때, 가열판을 유지해야 하는 시간[s]은? (단, 열확산도는 $3 \times 10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$이며 초기온도는 25°C이다.)**

〈보기〉




① 190

② 195

③ 200

④ 205

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 비정상 열전도 도표에서 중심면의 무차원 온도와 $\alpha t/b^2$를 읽어 접착층이 165°C에 도달하는 시간을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 각 평판 두께 1cm, 가열판 온도 225°C, 초기온도 25°C, 접착제 경화온도 165°C, 열확산도 $\alpha = 3 \times 10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$이다.

구해야 할 값: 접착층이 165°C에 도달할 때까지의 시간이다.

주의할 조건: 접착층은 두 평판 사이의 중앙면이므로 <보기>에서 slab의 center 값을 읽어야 한다.

NoteBase

### 사용할 공식

무차원 온도는 $\frac{T-T_0}{T_1-T_0}=\frac{165-25}{225-25}=\frac{140}{200}=0.7$ 이다.
도표에서 중심면 $y/b=0$ 에서 $(T-T_0)/(T_1-T_0)=0.7$ 에 해당하는 값은 대략 $\alpha t/b^2\approx 0.6$ 이다.
따라서 $t=\frac{0.6b^2}{\alpha}=\frac{0.6\times(1\text{cm})^2}{3\times10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}}=200\text{s}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 직접 <보기>의 평판 비정상 열전도 도표를 사용하라고 했고, 접착층 온도는 중심면 온도에 해당하기 때문이다.

### 계산 과정

1. 접착층의 목표 무차원 온도를 $(165-25)/(225-25)=0.7$ 로 계산한다.
2. <보기>의 center of slab, 즉 $y/b=0$ 지점에서 세로값 0.7에 대응하는 곡선을 읽으면 $\alpha t/b^2\approx 0.6$ 이다.
3. $b=1\text{cm}$, $\alpha=3\times10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$ 를 대입하면 $t=0.6/0.003=200\text{s}$ 이다.

### 선지별 해설

① X
190 s는 $\alpha t/b^2=0.57$ 정도에 해당하는 값인데, 도표에서 필요한 값은 약 0.6이다. 틀린 표현은 190 s라는 시간값이고, 올바르게는 약 200 s이다.
② X
195 s는 $\alpha t/b^2=0.585$ 에 해당한다. 중심면 온도비 0.7에 대한 도표값을 0.6보다 작게 읽은 결과이므로 틀리다. 틀린 표현은 195 s라는 시간값이고, 올바르게는 약 200 s이다.
③ O
$(T-T_0)/(T_1-T_0)=0.7$, $\alpha t/b^2\approx 0.6$, $b=1\text{cm}$ 를 적용하면 $t=200\text{s}$ 이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
④ X
205 s는 $\alpha t/b^2=0.615$ 에 해당한다. 이는 도표값 0.6을 약간 크게 읽은 경우의 값이다. 틀린 표현은 205 s라는 시간값이고, 올바르게는 약 200 s이다.

### 오답 포인트

가장 흔한 실수는 접착층을 한 평판의 표면으로 잘못 보고 surface 값을 읽는 경우와, 중심면 값은 맞게 골라도 $\alpha t/b^2$ 를 0.57 또는 0.615처럼 어림읽기하는 경우이다. 이 문항에서는 접착층이 두 평판 사이 중앙에 있으므로 반드시 center of slab 축을 사용해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

비정상 열전도 도표 문제는 먼저 목표 온도를 무차원화하고, 다음으로 그 위치가 중심인지 표면인지 정한 뒤, 마지막에 $\alpha t/b^2$ 를 시간으로 환산하는 순서로 판단한다.

### 암기 포인트

평판 사이 접착층은 대칭면이므로 center 값을 읽고, 시간은 $t=(\alpha t/b^2)b^2/\alpha$ 로 환산한다.

NoteBase

**문 13. 물속에 전기 열선이 잠겨있을 때 가열 표면 온도와 포화 온도의 차이가 증가함에 따라 열유속이 감소하는 경우는?**

① 자연대류 영역
② 핵비등 영역
③ 안정된 막비등 영역
④ 전이비등 영역

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 풀비등 곡선에서 표면 과열도 $T_s - T_{sat}$가 증가할 때 각 비등 영역의 열유속 변화 방향을 구별할 수 있는지를 묻는다.

**핵심 개념**

자연대류 영역은 기포가 본격적으로 생기기 전 대류로 열이 전달되는 구간이다.
핵비등 영역은 기포 발생이 활발해지면서 열전달이 급격히 커지는 구간이다.
전이비등 영역은 임계열유속 이후 증기막이 불안정하게 형성되어 표면 과열도는 커지지만 열유속은 오히려 감소하는 구간이다.
안정된 막비등 영역은 표면이 안정한 증기막으로 덮여 열유속이 최소점을 지난 뒤 다시 증가하는 구간이다.

**선지별 해설**

① X: 틀린 부분은 "자연대류 영역"이다. 자연대류 영역에서는 표면 과열도가 증가하면 유체의 대류가 강해져 열유속이 증가한다. 올바르게는 열유속이 감소하는 구간이 아니다.
② X: 틀린 부분은 "핵비등 영역"이다. 핵비등 영역에서는 기포 생성과 이탈이 활발해져 열전달계수가 커지므로 표면 과열도가 증가할수록 열유속도 증가한다. 올바르게는 임계열유속점까지 증가하는 구간이다.
③ X: 틀린 부분은 "안정된 막비등 영역"이다. 안정된 막비등에서는 표면이 증기막으로 완전히 덮인 뒤 최소열유속점을 지나 표면 과열도가 더 커지면 열유속이 다시 증가한다. 올바르게는 감소 구간이 아니라 재상승 구간이다.
④ O: 전이비등 영역에서는 임계열유속 이후 불안정한 증기막이 생겨 액체와 가열면의 직접 접촉이 줄어든다. 그래서 표면 과열도 $T_s - T_{sat}$가 증가해도 열유속은 감소한다.

**오답 포인트**

핵비등과 전이비등을 임계열유속 전후로 나누지 않으면 헷갈리기 쉽다. "비등이 더 심해지면 열유속도 계속 증가한다"고 단순화하면 ②로 오답을 고르기 쉽지만, 실제 감소 구간은 임계열유속 이후의 전이비등이다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

풀비등 곡선은 먼저 증가, 임계열유속 이후 감소, 최소열유속 이후 다시 증가의 순서로 본다. 따라서 "표면 과열도 증가인데 열유속 감소"라는 표현이 나오면 전이비등 영역으로 판단한다.

**암기 포인트**

풀비등 곡선은 자연대류 증가, 핵비등 증가, 전이비등 감소, 막비등 재증가로 정리된다.

NoteBase

**문 14. 흡수탑 공정을 통해 $CO_2$ 40 mol%와 $CH_4$ 60 mol%로 구성된 바이오가스의 $CH_4$을 고순도화하고자 한다. 흡수탑을 떠나는 기체에서 $CH_4$의 함량이 80 mol%일 때 초기 대비 $CO_2$가 공정을 통해서 흡수되는 대략적인 비율[%]은? (단, $CH_4$은 흡수액에 흡수되지 않는다고 가정한다.)**

① 50.0

② 52.5

③ 57.5

④ 62.5

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 불흡수 성분인 CH4의 몰수 보존을 이용해 출구 총몰수와 CO2 잔류몰수를 구한 뒤, 초기 CO2 대비 흡수율을 계산하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 원료가스는 CO2 40 mol%, CH4 60 mol%이다.
구해야 할 값: 초기 CO2 중 흡수된 비율이다.
주의할 조건: CH4는 흡수액에 흡수되지 않으므로 공정 전후 CH4 몰수는 같고, 출구가스 조성은 CH4 80 mol%이다.

**사용할 공식**

기준을 원료가스 100 mol로 두면 CH4는 60 mol, CO2는 40 mol이다.
출구 총몰수 = 출구 CH4 몰수y_CH4, out
CO2 흡수율 = 초기 CO2 몰수 - 출구 CO2 몰수초기 CO2 몰수 × 100
이 공식을 쓰는 이유: CH4가 흡수되지 않으므로 출구 CH4 몰수는 그대로 60 mol이고, 출구 CH4 조성 80 mol%를 이용하면 출구 총몰수와 CO2 잔류몰수를 바로 구할 수 있다.

**계산 과정**

1. 원료가스 100 mol 기준으로 CH4는 60 mol, CO2는 40 mol이다.
2. CH4는 흡수되지 않으므로 출구 CH4도 60 mol이다. 따라서 출구 총몰수는 60/0.80 = 75 mol이다.
3. 출구 CO2 몰수는 75 − 60 = 15 mol이다.
4. 흡수된 CO2 몰수는 40 − 15 = 25 mol이다.
5. CO2 흡수율은 (25/40) × 100 = 62.5%이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X: 50.0%는 흡수된 $CO_2$를 20 mol로 잘못 계산한 값이다. 출구 $CH_4$가 60 mol이고 그 비율이 80 mol%이므로 출구 총몰수는 75 mol이어야 하며, 출구 $CO_2$는 15 mol이다. 따라서 ①의 '50.0%'가 틀렸고, 올바르게는 62.5%이다.
② X: 52.5%는 초기 $CO_2$ 40 mol에서 출구 $CO_2$를 잘못 뺀 값으로 계산 결과와 일치하지 않는다. $CH_4$ 몰수 보존을 먼저 적용하면 흡수된 $CO_2$는 25 mol이다. 따라서 ②의 '52.5%'가 틀렸고, 올바르게는 62.5%이다.
③ X: 57.5%도 출구 총몰수 또는 출구 $CO_2$ 몰수를 잘못 잡은 값이다. 출구 조성 80 mol%는 $CH_4$ 60 mol이 전체 75 mol 중 80 mol%라는 뜻이므로 $CO_2$ 잔류량은 15 mol로 정해진다. 따라서 ③의 '57.5%'가 틀렸고, 올바르게는 62.5%이다.
④ O: $CH_4$는 60 mol로 보존되고, 출구 총몰수는 75 mol이므로 $CO_2$는 15 mol 남는다. 초기 $CO_2$ 40 mol 중 25 mol이 흡수되므로 흡수율은 $(25/40) \times 100 = 62.5\%$이다.

### 오답 포인트

출구 $CH_4$ 80 mol%를 그대로 $CH_4$ 증가율처럼 읽거나, $CH_4$가 보존된다는 조건을 놓치면 오답이 나온다. 특히 $CH_4$ 몰수 60 mol을 먼저 고정하지 않고 $CO_2$ 비율만 바로 계산하면 ①~③ 같은 수치가 쉽게 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

흡수 문제에서 비흡수 성분이 주어지면 먼저 그 성분의 몰수 보존을 잡는다. 그다음 출구 조성으로 총몰수를 구하고, 마지막에 흡수된 성분의 초기량 대비 비율을 계산하면 된다.

### 암기 포인트

흡수탑 계산은 비흡수 성분 보존 → 출구 총몰수 계산 → 흡수된 성분 비율 계산의 순서이다.

NoteBase

**문 15. 일정한 물성을 갖는 어떤 액체 내에서 지름 $0.18m$인 금속구가 $0.1m/s$의 일정한 속도(종말속도)로 하강하고 있다. 금속구와 액체의 밀도차가 $1{,}000kg/m^3$일 때, 액체의 점도[Pa·s]는? (단, Reynolds수가 1보다 작은 Stokes 영역이라 가정하고, Stokes 식은 $6\pi\mu VR$이다. $\mu$는 액체의 점도, $V$는 종말속도, $R$은 금속구의 반경이며, 중력가속도는 $10m/s^2$으로 한다.)**

① 18

② 36

③ 180

④ 360

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 Stokes 영역에서 종말속도로 하강하는 구에 대해 항력과 유효중량의 평형을 이용하여 액체의 점도 $\mu$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값:
- 지름 $d = 0.18m$, 반경 $R = 0.09m$
- 종말속도 $V = 0.1m/s$
- 금속구와 액체의 밀도차 $\Delta\rho = 1000kg/m^3$
- 중력가속도 $g = 10m/s^2$

구해야 할 값:
- 액체의 점도 $\mu$

주의할 조건:
- Reynolds수가 1보다 작으므로 Stokes 식을 적용한다.
- 종말속도이므로 알짜힘이 0이다.
- 식에는 지름이 아니라 반경 $R$를 넣는다.

**사용할 공식**

$6\pi\mu VR = \Delta\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$

$\mu = \frac{\Delta\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{6\pi VR} = \frac{2\Delta\rho g R^2}{9V}$

이 공식을 쓰는 이유: Stokes 영역에서는 구에 작용하는 항력이 $6\pi\mu VR$이고, 종말속도 상태에서는 이 항력이 중력과 부력의 차이인 유효중량과 같아지기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 반경을 구하면 $R = 0.18/2 = 0.09m$이다.
2. 평형식을 점도에 대해 정리하면 $\mu = \frac{2\Delta\rho g R^2}{9V}$이다.
3. 수치를 대입하면

$\mu = \frac{2 \times 1000 \times 10 \times (0.09)^2}{9 \times 0.1} = \frac{20000 \times 0.0081}{0.9} = \frac{162}{0.9} = 180$

따라서 액체의 점도는 $180Pa \cdot s$이다.

### 선지별 해설

① X: 계산 결과는 $18Pa \cdot s$가 아니라 $180Pa \cdot s$이다. 최종값의 자릿수를 한 자리 잘못 처리한 값이므로 오답이다. 틀린 표현은 "점도가 18이다"이고, 올바르게는 "점도가 180이다"이다.

② X: 계산 결과와 일치하지 않는다. 평형식으로 구한 점도는 $36Pa \cdot s$가 아니라 $180Pa \cdot s$이다. 틀린 표현은 "점도가 36이다"이고, 올바르게는 "점도가 180이다"이다.

③ O: Stokes 식과 유효중량의 평형으로 계산하면 점도가 정확히 $180Pa \cdot s$가 되므로 옳다.

④ X: 계산 결과와 일치하지 않는다. $360Pa \cdot s$는 실제 계산값의 두 배이므로 오답이다. 틀린 표현은 "점도가 360이다"이고, 올바르게는 "점도가 180이다"이다.

### 오답 포인트

지름 $0.18m$를 그대로 식에 넣거나, 종말속도에서 항력과 유효중량이 같다는 평형 조건을 놓치면 오답이 나온다. 특히 Stokes 식의 $R$는 반경이라는 점을 놓치기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

Stokes 영역의 구 낙하 문제는 먼저 종말속도 여부를 확인하고, 다음에 힘의 평형식을 세운 뒤, 마지막으로 지름을 반경으로 바꾸어 대입하면 안정적으로 판단할 수 있다.

### 암기 포인트

Stokes 종말속도 문제는 $6\pi\mu VR = \Delta\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$에서 출발하며, 지름이 주어져도 식에는 항상 반경 $R$가 들어간다.

NoteBase

**문 16. 화학반응이 수반되지 않는 정상상태에서 $x$-방향의 1차원 등몰 상호 확산(equimolar counter-diffusion)에 대하여 위치 $x = x_1$, $x = x_2$에서 성분 A의 농도를 각각 $c_A = c_{A1}$, $c_A = c_{A2}$라고 하자. 위치 $x_1$과 $x_2$의 중간 지점에서 성분 A의 농도는?**

① $c_{A1} + c_{A2}$

② $\frac{1}{2}(c_{A1} + c_{A2})$

③ $\frac{2}{3}(c_{A1} + c_{A2})$

④ $\frac{1}{4}(c_{A1} + c_{A2})$

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 정상상태 1차원 등몰 상호 확산에서 성분 A의 농도분포가 위치에 대해 선형이라는 점을 이용해 중간 지점의 농도를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 위치 $x = x_1$에서 $c_A = c_{A1}$, 위치 $x = x_2$에서 $c_A = c_{A2}$이다.
구해야 할 값: $x_1$과 $x_2$의 중간 지점에서의 $c_A$이다.
주의할 조건: 화학반응이 없고 정상상태의 등몰 상호 확산이므로 농도분포가 직선으로 변한다.

### 사용할 공식

농도분포는 선형이므로
$c_A(x) = c_{A1} + \frac{c_{A2} - c_{A1}}{x_2 - x_1}(x - x_1)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 정상상태 1차원 등몰 상호 확산에서는 확산유속이 일정하고, 화학반응도 없으므로 성분 A의 농도는 위치에 대해 1차 함수로 변한다.

### 계산 과정

중간 지점의 위치는 $x = \frac{x_1 + x_2}{2}$이다.
이를 선형 농도식에 대입하면
$c_A\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) = c_{A1} + \frac{c_{A2} - c_{A1}}{x_2 - x_1}\left(\frac{x_2 - x_1}{2}\right)$
이다.
정리하면
$c_A\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) = c_{A1} + \frac{c_{A2} - c_{A1}}{2} = \frac{c_{A1} + c_{A2}}{2}$
이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X: $c_{A1} + c_{A2}$는 두 경계 농도의 합일 뿐 중간 지점 농도가 아니다. 중간 지점 농도는 합이 아니라 산술평균이므로 올바르게는 $\frac{c_{A1} + c_{A2}}{2}$이다.
② O: 정상상태 등몰 상호 확산에서는 농도분포가 선형이므로 중간 지점 농도는 양 끝값의 산술평균인 $\frac{c_{A1} + c_{A2}}{2}$이다.
③ X: $\frac{2}{3}(c_{A1} + c_{A2})$가 되려면 중간 지점이 아니라 특정한 다른 내분점이어야 한다. 이 문제는 정확히 중간 지점을 묻기 때문에 올바르게는 $\frac{c_{A1} + c_{A2}}{2}$이다.
④ X: $\frac{1}{4}(c_{A1} + c_{A2})$는 선형 보간 결과와 맞지 않는다. 중간 지점에서는 한쪽 값을 1/4만 반영하는 것이 아니라 두 끝값을 동일하게 반영하므로 올바르게는 $\frac{c_{A1} + c_{A2}}{2}$이다.

### 오답 포인트

중간 지점을 묻는 문제에서 선형 분포라는 조건을 놓치고 합이나 임의의 계수를 붙이면 틀린다. 이 문항의 함정은 등몰 상호 확산의 세부식을 외우지 못해도 중간점에서는 직선 보간으로 산술평균이 나온다는 점을 놓치는 데 있다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

정상상태 1차원 확산에서 양 끝 농도만 주어지고 중간점이나 내분점 농도를 묻는 경우에는 먼저 농도분포가 선형인지 확인한 뒤, 선형 보간으로 값을 구하면 된다. 정확히 중간 지점이면 항상 두 끝값의 산술평균이다.

### 암기 포인트

정상상태 무반응 1차원 등몰 상호 확산의 농도분포는 직선이고, 중간점 농도는 양 끝 농도의 산술평균이다.

NoteBase

**문 17. 한 변의 길이가 $a$인, 고온($T_0$)의 고체 정육면체 입자가 저온($T_b$)으로 일정하게 유지되는 용액 저장조 내에 잠겨 있다. 입자의 밀도는 $\rho$, 비열은 $C_P$, 외부 열전달계수는 $h$라고 할 때, 시간에 따른 입자의 온도변화를 나타내는 식으로 가장 옳은 것은? (단, 입자의 열전도도가 매우 커서 입자 내 위치에 따른 온도는 동일하다고 가정한다.)**

① $\frac{T-T_b}{T_0-T_b}=\exp\left(-\frac{h}{\rho C_P a}t\right)$
② $\frac{T-T_b}{T_0-T_b}=\exp\left(-\frac{2h}{\rho C_P a}t\right)$
③ $\frac{T-T_b}{T_0-T_b}=\exp\left(-\frac{3h}{\rho C_P a}t\right)$
④ $\frac{T-T_b}{T_0-T_b}=\exp\left(-\frac{6h}{\rho C_P a}t\right)$

**정답 4번**

### 출제 포인트

이 문제는 집중용량계 해석에서 $\frac{A}{V}$를 구해 비정상 냉각식의 지수항을 완성하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값은 한 변의 길이 $a$인 정육면체, 입자 초기온도 $T_0$, 주위 유체 온도 $T_b$, 밀도 $\rho$, 비열 $C_P$, 외부 열전달계수 $h$이다.
구해야 할 값은 시간 $t$에 따른 무차원 온도비 $\frac{T-T_b}{T_0-T_b}$이다.
입자 내부 온도가 위치와 무관하게 동일하다고 했으므로 집중용량계 가정이 성립한 경우의 식을 사용한다.

### 사용할 공식

집중용량계의 비정상 열전달식은 $\frac{T-T_b}{T_0-T_b}=\exp\left(-\frac{hA}{\rho C_P V}t\right)$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 입자 내부 온도가 균일하다고 가정했기 때문이다. 정육면체에서는 전체 표면적과 부피를 모두 반영한 $\frac{A}{V}$가 지수항을 결정한다.

### 계산 과정

1. 정육면체의 표면적은 $A=6a^2$, 부피는 $V=a^3$이다.
2. 따라서 $\frac{A}{V}=\frac{6a^2}{a^3}=\frac{6}{a}$ 이다.
3. 이를 식에 대입하면 $\frac{T-T_b}{T_0-T_b}=\exp\left(-\frac{h(6a^2)}{\rho C_P(a^3)}t\right)=\exp\left(-\frac{6h}{\rho C_P a}t\right)$ 이다.
4. 지수항의 계수는 $\frac{6h}{\rho C_P a}$ 이므로 ④와 일치한다.

NoteBase

**선지 판단**

① X: 지수항 계수가 $\frac{h}{\rho C_P a}$로 되어 있어 전체 표면적 $6a^2$를 반영하지 못했다. 틀린 표현은 계수의 6이 빠진 점이며, 올바르게는 $\exp\left(-\frac{6h}{\rho C_P a}t\right)$ 이다.
② X: 지수항 계수 $\frac{2h}{\rho C_P a}$는 두 면만 고려한 값에 해당한다. 정육면체는 여섯 면 전체를 통해 열교환하므로 올바르게는 $\frac{6h}{\rho C_P a}$가 들어가야 한다.
③ X: 지수항 계수 $\frac{3h}{\rho C_P a}$는 세 방향만 세고 맞은편 면을 누락한 값에 가깝다. 틀린 표현은 3배 계수이며, 올바른 식은 $\exp\left(-\frac{6h}{\rho C_P a}t\right)$ 이다.
④ O: 집중용량계 식의 지수항은 $\frac{hA}{\rho C_P V}$이고, 정육면체에서는 $\frac{A}{V}=\frac{6}{a}$이므로 $\exp\left(-\frac{6h}{\rho C_P a}t\right)$가 맞다.

**오답 포인트**

이 문항의 함정은 $A/V$를 한 면, 두 면, 세 면 수준으로 축소해서 세는 데 있다. 정육면체의 냉각 문제에서는 면의 개수가 그대로 지수항 계수에 들어가므로, ①~③은 모두 표면적 계산을 불완전하게 한 오답이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

집중용량계 문제는 먼저 $\frac{T-T_\infty}{T_i-T_\infty}=\exp\left(-\frac{hA}{\rho C_P V}t\right)$ 꼴을 떠올리고, 그다음 형상별로 $A/V$만 계산해서 지수항 계수를 정한다. 정답 선지는 최종 계수의 숫자가 형상의 전체 표면수를 반영하는지로 판별된다.

**암기 포인트**

집중용량계의 핵심은 $\frac{hA}{\rho C_P V}$이며, 정육면체는 $A/V=6/a$ 이다.

NoteBase

**문 18. 임의의 단위를 가지는 2차원 속도장 $V=(x^3-y^2+x)i+(xy^2+y)j$를 가지는 정상상태 유체의 흐름이 있다. $(x,y)=(1,1)$에서 가질 수 있는 최대 가속도는?**

① 5

② 7

③ 9

④ 12

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 정상상태 2차원 속도장에서 대류가속도 $\mathbf{a}=(u\partial u/\partial x+v\partial u/\partial y)\mathbf{i}+(u\partial v/\partial x+v\partial v/\partial y)\mathbf{j}$를 계산하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 속도성분은 $u=x^3-y^2+x$, $v=xy^2+y$이다.
구해야 할 값은 $(x,y)=(1,1)$에서의 가속도 크기이다.
정상상태이므로 시간에 따른 국소가속도는 0이고, 대류가속도만 계산하면 된다.

### 사용할 공식

2차원 정상유동의 가속도는
$\mathbf{a}=\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}\right)\mathbf{i}+\left(u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}\right)\mathbf{j}$
이다.
정상상태이므로 입자가 위치를 따라 이동하면서 속도장이 변하는 효과만 남으므로 물질미분의 대류항 공식을 쓴다.

### 계산 과정

먼저 $(1,1)$에서 속도성분을 구하면 $u=1^3-1^2+1=1$, $v=1\cdot 1^2+1=2$이다.
편미분은 $\partial u/\partial x=3x^2+1$, $\partial u/\partial y=-2y$, $\partial v/\partial x=y^2$, $\partial v/\partial y=2xy+1$이므로 $(1,1)$에서 각각 4, -2, 1, 3이다.
따라서
$a_x=u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}=1\cdot 4+2\cdot(-2)=0$
$a_y=u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}=1\cdot 1+2\cdot 3=7$
이다.
가속도 벡터는 $\mathbf{a}=0\mathbf{i}+7\mathbf{j}$이고, 크기는 $\sqrt{0^2+7^2}=7$이다.

NoteBase

**선지 판단**

① X: 계산된 가속도 크기는 5가 아니라 7이다. $a_x = 0$, $a_y = 7$이므로 올바르게는 "가속도의 크기는 7이다"가 된다.
② O: 정상상태에서 대류가속도를 계산하면 $\mathbf{a} = (0, 7)$이므로 가속도 크기는 7이다.
③ X: 9는 $\partial v/\partial y = 3$을 다른 값으로 잘못 미분하거나 $a_y = 1 + 2 \cdot 3$ 계산을 틀렸을 때 나오는 오답이다. 올바르게는 $a_y = 7$이므로 "가속도의 크기는 9이다"는 틀리고 "가속도의 크기는 7이다"가 맞다.
④ X: 12는 두 성분을 임의로 더하거나 크기 공식을 잘못 적용한 값이다. 실제로는 $a_x = 0$, $a_y = 7$이어서 가속도 크기는 12가 아니라 7이다.

**오답 포인트**

정상상태라는 말만 보고 가속도를 0으로 보는 실수가 잦다. 이 문항은 시간미분은 0이어도 공간적으로 속도장이 변하면 대류가속도는 남는다는 점을 묻는다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

속도장이 주어지면 먼저 $u, v$를 분리하고, 정상상태인지 확인한 뒤, $u\partial/\partial x + v\partial/\partial y$를 각 속도성분에 적용해 가속도 성분을 구하면 된다. 마지막에는 벡터 자체인지 크기인지를 확인해 선택지를 고르면 된다.

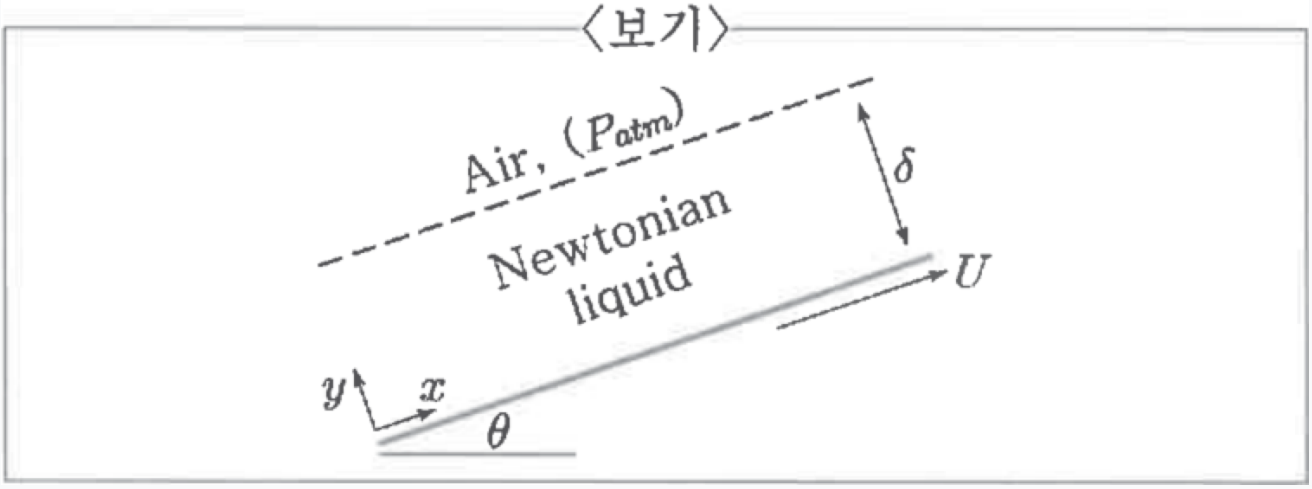
**암기 포인트**

정상상태라도 속도장이 위치에 따라 변하면 가속도는 0이 아니며, 2차원 대류가속도는 $u\partial/\partial x + v\partial/\partial y$ 연산으로 계산한다.

NoteBase

**문 19. <보기>와 같이 경사가 있는 평판이 위쪽 방향으로 움직이고 있을 때, 그 평판 위로 균일한 두께 $\delta$의 뉴튼 액체가 일정하게 흐르고 있다. 액체 윗면은 공기와 맞닿아 있는 자유계면이며, 정상상태에서 $x$방향 속도는 $v_x = \frac{\rho g}{\mu}\sin\theta\left(\frac{y^2}{2} - y\delta\right) + U$이다. 액체 필름의 유량이 0이 될 때, 액체 필름의 두께 $\delta$를 평판 속력 $U$ 및 주어진 변수들로 옳게 표현한 것은? (단, $U$는 평판의 이동속력, $\rho$는 액체의 밀도, $\mu$는 액체의 점도, $g$는 중력가속도이다.)**

〈보기〉




① $\delta = \left(\frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)^{\frac{1}{2}}$
② $\delta = \left(\frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)$
③ $\delta = \left(\frac{6U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)^{\frac{1}{2}}$
④ $\delta = \left(\frac{6U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)$

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 주어진 속도분포를 적분하여 액체 필름의 유량이 0이 되는 조건에서 막 두께 $\delta$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: $v_x = \frac{\rho g}{\mu}\sin\theta\left(\frac{y^2}{2} - y\delta\right) + U$이다.
구해야 할 값: 유량이 0일 때의 액체 필름 두께 $\delta$이다.
주의할 조건: 유량은 속도분포를 두께 방향으로 적분한 값이며, 적분구간은 $y = 0$부터 $y = \delta$까지이다.

**사용할 공식**

$q = \int_0^{\delta} v_x dy = 0$
$0 = \int_0^{\delta}\left[\frac{\rho g}{\mu}\sin\theta\left(\frac{y^2}{2} - y\delta\right) + U\right]dy$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 액체 필름의 유량이 0인 조건을 직접 주었기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

편의를 위해 $A = \frac{\rho g}{\mu}\sin\theta$라고 두면

$$0 = \int_0^{\delta}\left[A\left(\frac{y^2}{2} - y\delta\right) + U\right]dy$$
$$= A\left[\frac{y^3}{6} - \frac{\delta y^2}{2}\right]_0^{\delta} + [Uy]_0^{\delta}$$
$$= A\left(\frac{\delta^3}{6} - \frac{\delta^3}{2}\right) + U\delta$$
$$= -\frac{A\delta^3}{3} + U\delta$$
$$U\delta = \frac{A\delta^3}{3}$$
$$U = \frac{A\delta^2}{3}$$
$$\delta^2 = \frac{3U}{A} = \frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}$$

따라서

$$\delta = \left(\frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)^{1/2}$$

### 선지별 해설

① O

- 적분 결과 $\delta^2 = \frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}$가 되므로 $\delta$는 제곱근 형태이다.
- 따라서 $\delta = \left(\frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)^{1/2}$는 옳다.

② X

- $\delta^2 = \frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}$이므로 $\delta$ 자체는 제곱근을 취한 형태여야 한다.
- 틀린 표현은 제곱근이 없는 점이다. 올바르게는 $\delta = \left(\frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)^{1/2}$이다.

③ X

- 계산 결과의 계수는 6이 아니라 3이다.
- 틀린 표현은 분자 계수가 6인 점이다. 올바르게는 $\delta = \left(\frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)^{1/2}$이다.
- 이 오답값은 $-y\delta$ 항의 적분 기여를 빠뜨리거나 적분계수를 잘못 처리할 때 나오기 쉽다.

④ X

- 분자 계수가 6인 것도 틀리고, 제곱근이 없는 것도 틀리다.
- 올바르게는 $\delta = \left(\frac{3U\mu}{\rho g\sin\theta}\right)^{1/2}$이다.
- 이 식은 ③의 계수 오산에 더해 마지막 제곱근까지 누락한 형태이다.

### 오답 포인트

이 문제의 함정은 두 가지이다. 하나는 유량 조건이므로 속도분포를 반드시 $y$에 대해 적분해야 하는데, $-y\delta$ 항을 빼먹기 쉽다는 점이다. 다른 하나는 $\delta^2$를 구한 뒤 마지막에 제곱근을 취하지 않고 그대로 $\delta$라고 쓰기 쉽다는 점이다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

이동 평판 위 액막 문제는 먼저 $q = \int_0^{\delta} v_x dy$를 세우고, 주어진 유량조건을 대입해 $\delta$를 푼다. 적분 후에는 $\delta$가 일차로 남는지 제곱으로 남는지 확인하고, 마지막에 차원 검산으로 제곱근 누락 여부를 점검한다.

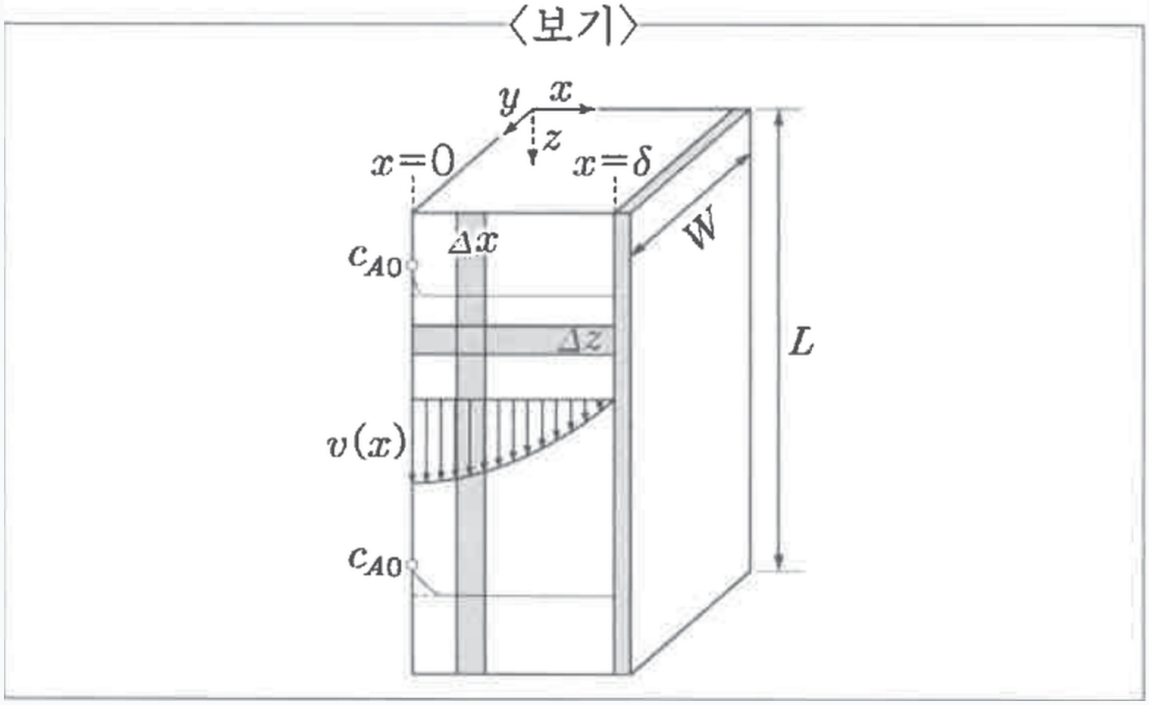
**암기 포인트**

유량 0 조건의 액막은 속도분포 적분값을 0으로 두며, 이 문제에서는 $\delta \propto \left(\frac{U\mu}{\rho g \sin\theta}\right)^{1/2}$ 꼴이 된다.

NoteBase

**문 20. <보기>와 같이 박막 두께가 $\delta$인 액체가 $x=\delta$ 지점에 위치한 폭이 $W$이고 길이가 $L$인 수직 고체 벽면을 타고 흘러내릴 때, 기체 성분 $A$가 $x=0$에 위치한 액체 표면에서 확산되고 있다. $x=0$에 위치한 기체-액체 계면에서 $A$ 물질의 총 몰 흐름량은 $WLc_{A0}\sqrt{\frac{4D_{AB}v_{max}}{\pi L}}$ 이라고 하자. Sherwood수의 정의는 $Sh=\frac{k_mL}{D_{AB}}$이라고 할 때, Sherwood수를 바르게 표현한 것은? (단, $D_{AB}$는 물질확산도, $v_{max}$는 유체의 최대 속도, $c_{A0}$는 기-액 계면에서 성분 $A$의 농도, $k_m$은 물질전달계수이며, $x=\infty$에서 $A$의 농도는 0이다.)**

〈보기〉




① $\sqrt{\frac{2D_{AB}}{\pi Lv_{max}}}$
② $\sqrt{\frac{2Lv_{max}}{\pi D_{AB}}}$
③ $\sqrt{\frac{4D_{AB}}{\pi Lv_{max}}}$
④ $\sqrt{\frac{4Lv_{max}}{\pi D_{AB}}}$

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 주어진 총 몰 흐름량 식에서 $k_m$를 뽑아낸 뒤 $Sh=\frac{k_mL}{D_{AB}}$ 정의에 대입하여 Sherwood수를 정리할 수 있는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값: $N_A = WLc_{A0}\sqrt{\frac{4D_{AB}v_{max}}{\pi L}}$, $Sh = \frac{k_m L}{D_{AB}}$
구해야 할 값: Sherwood수 $Sh$
주의할 조건: 총 몰 흐름량은 계면 면적 $WL$, 농도차 $c_{A0} - 0 = c_{A0}$에 대한 물질전달식 $N_A = WLk_m c_{A0}$와 같게 놓아야 한다.

### 사용할 공식

총 몰 흐름량은 $N_A = WLk_m c_{A0}$이고, Sherwood수는 $Sh = \frac{k_m L}{D_{AB}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 총 몰 흐름량이 이미 주어졌으므로 그 식을 물질전달계수 정의식과 직접 비교하면 $k_m$를 바로 구할 수 있고, 그 값을 다시 $Sh$ 정의에 넣으면 된다.

### 계산 과정

1. 주어진 총 몰 흐름량을 물질전달식과 같게 놓으면 $WLk_m c_{A0} = WLc_{A0}\sqrt{\frac{4D_{AB}v_{max}}{\pi L}}$ 이다.
2. 공통항 $WLc_{A0}$를 약분하면 $k_m = \sqrt{\frac{4D_{AB}v_{max}}{\pi L}}$ 이다.
3. 이를 Sherwood수 정의에 대입하면
$Sh = \frac{L}{D_{AB}}\sqrt{\frac{4D_{AB}v_{max}}{\pi L}} = \sqrt{\frac{4Lv_{max}}{\pi D_{AB}}}$
가 된다.

### 선지 판단

① X. 틀린 표현은 $\sqrt{\frac{2D_{AB}}{\pi L v_{max}}}$ 이다. $Sh = \frac{L}{D_{AB}}k_m$이므로 최종식에서는 $D_{AB}$가 분모에, $Lv_{max}$가 분자에 있어야 한다. 또한 계수도 2가 아니라 4가 되어야 하므로 올바르게는 $\sqrt{\frac{4Lv_{max}}{\pi D_{AB}}}$ 이다.
② X. 틀린 표현은 $\sqrt{\frac{2Lv_{max}}{\pi D_{AB}}}$ 이다. $L$과 $D_{AB}$의 위치는 맞지만 계수 2가 잘못되었다. 주어진 식의 4를 끝까지 유지해야 하므로 올바르게는 $\sqrt{\frac{4Lv_{max}}{\pi D_{AB}}}$ 이다.
③ X. 틀린 표현은 $\sqrt{\frac{4D_{AB}}{\pi L v_{max}}}$ 이다. 계수 4는 맞지만 $D_{AB}$와 $Lv_{max}$의 위치가 뒤집혀 있다. 올바르게는 $\sqrt{\frac{4Lv_{max}}{\pi D_{AB}}}$ 이다.
④ O. $k_m = \sqrt{\frac{4D_{AB}v_{max}}{\pi L}}$를 $Sh = \frac{k_m L}{D_{AB}}$에 대입하면 $Sh = \sqrt{\frac{4Lv_{max}}{\pi D_{AB}}}$ 가 되므로 옳다.

### 오답 포인트

②는 루트 밖으로 나온 2를 다시 루트 안에 넣는 과정에서 4를 2로 잘못 줄인 오답이다. ①과 ③은 $Sh = \frac{k_m L}{D_{AB}}$에서 $L$은 분자로, $D_{AB}$는 분모로 간다는 구조를 놓쳐 분자와 분모를 뒤집은 오답이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

물질전달 무차원수 문제는 먼저 총량식으로부터 $k_m$를 구하고, 그다음 정의식에 대입해 변수 위치를 정리하는 순서로 판단한다. 특히 $Sh = \frac{k_m L}{D}$에서는 $L$이 위로, $D$가 아래로 들어간다는 점을 끝까지 유지하면 된다.

NoteBase

**암기 포인트**

Sherwood수는 $Sh = \frac{k_m L}{D}$이므로 $k_m$를 구한 뒤 $L/D$를 곱하면 $D$는 최종식 분모에 남는다.

NoteBase