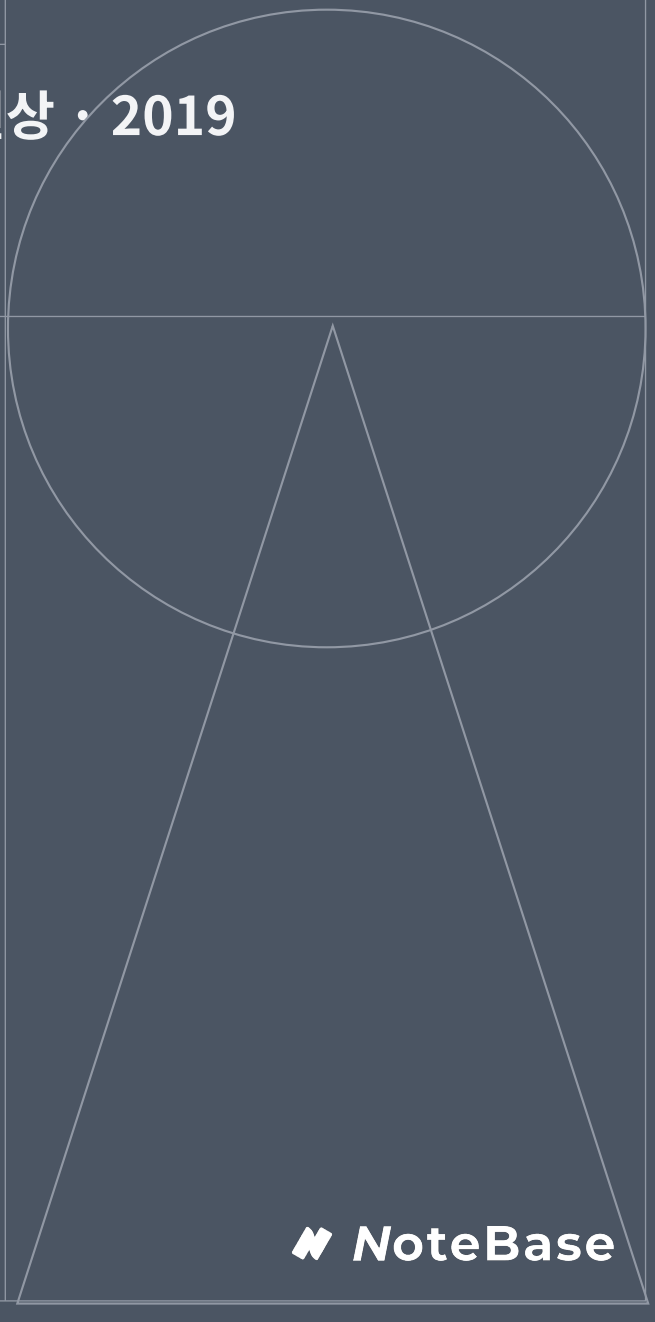
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전달현상 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전달현상 · 2019

공무원/국가직/7급 · 전달현상 · 2019

문 1. 부피 1L인 어떤 유체의 무게가 10 N일 때, 이 유체의 밀도 $[kgm^{-3}]$는? (단, 중력가속도는 $10ms^{-2}$ 이다)

① 100

② 200

③ 1,000

④ 2,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 무게 W에서 질량 m을 구한 뒤, 부피 V로 나누어 밀도 ρ를 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 부피 $V = 1L = 10^{-3}m^3$, 무게 $W = 10N$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
- 구해야 할 값: 밀도 ρ이다.
- 주의할 조건: 무게는 질량이 아니므로 먼저 $W = mg$에서 질량을 구해야 한다.

사용할 공식

$W = mg, \quad \rho = \frac{m}{V}$

이 문제는 무게와 중력가속도가 주어졌으므로 먼저 $W = mg$로 질량을 구하고, 그 질량을 부피로 나누어 밀도를 구하는 상황에 해당한다.

계산 과정

1. 무게식에서 질량을 구하면 $m = \frac{W}{g} = \frac{10}{10} = 1kg$ 이다.
2. 부피 $1L$를 SI 단위로 바꾸면 $1L = 10^{-3}m^3$ 이다.
3. 밀도는 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{10^{-3}} = 10^3 = 1000kg/m^3$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과와 다르다. 올바르게는 밀도는 $1000kg/m^3$이다. 이 값은 $1L$의 단위 변환을 잘못하거나 밀도 공식을 잘못 적용하면 나올 수 있다.
② X: 계산 결과와 다르다. 올바르게는 밀도는 $1000kg/m^3$이다. 무게 $10N$만 보고 질량이나 부피를 임의로 잘못 잡으면 $200kg/m^3$ 같은 값이 나오지만 문제 조건과 맞지 않는다.
③ O: 질량은 $1kg$, 부피는 $10^{-3}m^3$이므로 밀도는 $1000kg/m^3$이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
④ X: 계산 결과와 다르다. 올바르게는 밀도는 $1000kg/m^3$이다. 질량이나 부피를 두 배로 착각하면 $2000kg/m^3$처럼 보일 수 있으나 주어진 조건에서는 성립하지 않는다.

오답 포인트

무게와 질량을 같은 것으로 보는 실수가 가장 흔하다. 또한 $1L = 10^{-3}m^3$ 변환을 놓치면 정답보다 10배 또는 그 이상 어긋난 값을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 유체 문제는 주어진 양이 무게인지 질량인지 먼저 구분하고, 단위를 SI로 통일한 뒤 $W = mg \rightarrow \rho = m/V$ 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

밀도는 질량 나누기 부피이고, $1L = 10^{-3}m^3$이다.

NoteBase

문 2. 내부 반지름 r_i, 외부 반지름 r_o, 길이 L, 열전도도 k인 원통형 관의 반지름 방향 열전달 저항은?

① $\frac{2\pi kL}{\ln(r_o/r_i)}$
② $\frac{4\pi kL}{(1/r_i)-(1/r_o)}$
③ $\frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL}$
④ $\frac{(1/r_i)-(1/r_o)}{4\pi kL}$

정답 3번

출제 포인트

중공 원통의 반지름 방향 정상 열전도에서 열전달 저항과 열전달 컨덕턴스의 역수 관계를 구분하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 내부 반지름 r_i, 외부 반지름 r_o, 길이 L, 열전도도 k이다.
구해야 할 값: 원통관의 반지름 방향 열전달 저항 R_{cond}이다.
주의할 조건: 원통 좌표계의 반지름 방향 전도이므로 전도 면적이 r에 따라 바뀌고, 결과식에 $\ln(r_o/r_i)$가 들어간다.

사용할 공식

$R_{cond}=\frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL}$
원통벽의 전도 면적은 $A=2\pi rL$로 반지름에 따라 달라지므로 평판처럼 두께를 면적으로 단순히 나눌 수 없고, 적분하면 로그식이 나온다.

계산 과정

1. 푸리에 법칙을 원통 좌표계에 적용하면 $q_r=-k(2\pi rL)dT/dr$이다.
2. r_i에서 r_o까지 적분하면 $\Delta T=q\ln(r_o/r_i)/(2\pi kL)$가 된다.
3. 따라서 $R_{cond}=\Delta T/q=\ln(r_o/r_i)/(2\pi kL)$이므로 3번 식이 맞다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{2\pi kL}{\ln(r_o/r_i)}$는 저항이 아니라 원통관의 반지름 방향 열전달 컨덕턴스 $1/R_{cond}$이다. 틀린 표현은 분자와 분모가 뒤집힌 점이며, 올바르게는 $R_{cond} = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL}$이다.

② X: $(1/r_i) - (1/r_o)$ 꼴은 구형 껍질 전도식에서 나오는 형태이고 원통관 저항식은 아니다. 4π와 L를 붙여도 원통관의 반지름 방향 열전달 저항이 되지 않으며, 올바르게는 $R_{cond} = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL}$이다.

③ O: 원통관의 반지름 방향 열전달 저항은 $\ln(r_o/r_i)/(2\pi kL)$로 표현된다. 반지름에 따라 전도 면적이 변하는 원통 좌표계 적분 결과와 일치하므로 옳다.

④ X: 이 식은 구형 껍질 저항식처럼 보이지만 불필요한 L이 들어가 있고, 원통관 저항식의 핵심인 로그항도 없다. 틀린 표현은 로그항 대신 $(1/r_i) - (1/r_o)$를 사용한 점이며, 올바르게는 $R_{cond} = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL}$이다.

오답 포인트

원통관의 반지름 방향 전도는 평판식이 아니라 적분식으로 처리해야 한다는 점이 핵심이다. ①처럼 저항과 컨덕턴스를 뒤집거나, ②·④처럼 구형 껍질의 $(1/r)$ 형태를 원통에 잘못 가져오면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

반지름 방향 전도 문제가 나오면 먼저 형상을 구분한다. 원통이면 $\ln(r_o/r_i)$, 구이면 $(1/r_i) - (1/r_o)$ 형태를 떠올리고, 마지막에 저항인지 컨덕턴스인지 역수 관계를 한 번 더 점검하면 된다.

암기 포인트

원통 저항은 로그, 구 저항은 $1/r$, 컨덕턴스는 저항의 역수이다.

NoteBase

문 3. 비압축성 유체가 원통형 수평관 내에서 완전발달된 층류로 흐르고 있다. 관 중심에서의 유속이 $10ms^{-1}$ 라면, 이 유체의 평균 유속 $[ms^{-1}]$은?

① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원통형 관 내 완전발달 층류에서 평균 유속이 중심선의 최대 유속의 절반이라는 관계를 이용해 평균 유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 관 중심 유속 $= 10m/s$이다.
구해야 할 값: 관 단면 평균 유속이다.
주의할 조건: 원통형 수평관 내 비압축성 유체의 완전발달 층류이므로 중심 유속은 최대 유속과 같고, 평균 유속과는 다르다.

사용할 공식

완전발달 층류의 속도분포는 포물선형이므로 평균 유속은 최대 유속의 절반이다.
$\bar{u} = \frac{u_{max}}{2}$
이 공식을 쓰는 이유: 원형관 내 완전발달 층류는 하겐-포아죄유 유동으로 속도분포가 중심에서 최대, 벽면에서 0이 되는 포물선형이기 때문이다.

계산 과정

1. 관 중심에서의 유속은 최대 유속이므로 $u_{max} = 10m/s$이다.
2. 평균 유속은 $\bar{u} = u_{max}/2$를 적용한다.
3. 따라서 $\bar{u} = \frac{10}{2} = 5m/s$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 제시값 $2m/s$는 계산 결과와 다르다. 평균 유속은 $10m/s$의 절반인 $5m/s$이므로, 올바르게는 "평균 유속은 $5m/s$이다"가 된다.
② X: 제시값 $3m/s$는 계산 결과와 다르다. 완전발달 층류에서는 평균 유속이 최대 유속의 절반이므로, 올바르게는 "평균 유속은 $5m/s$이다"가 된다.
③ X: 제시값 $4m/s$는 계산 결과와 다르다. 중심 유속과 평균 유속의 비를 임의로 추정하면 안 되며, 올바르게는 "평균 유속은 $5m/s$이다"가 된다.
④ O: $\bar{u} = u_{max}/2 = 10/2 = 5m/s$이므로 옳다.

오답 포인트

관 중심 유속을 평균 유속으로 그대로 보는 실수가 가장 흔하다. 이 문항은 완전발달 층류라는 조건을 보고 중심 유속이 최대 유속이라는 점, 그리고 평균 유속은 그 절반이라는 점을 연결하는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

원형관 완전발달 층류가 보이면 먼저 중심 유속이 최대 유속인지 확인하고, 바로 평균 유속 = 최대 유속의 1/2 관계를 적용해 판단한다.

암기 포인트

원형관 완전발달 층류는 $u_{max} = 2\bar{u}$이다.

NoteBase

문 4. 이성분계 혼합물 분리를 위한 증류탑에서 환류비(reflux ratio, R_D)가 4일 때, McCabe-Thiele 선도에서 정류부(rectifying section)의 조작선 기울기는?

① 0.2

② 0.25

③ 0.8

④ 1.25

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 McCabe-Thiele 선도에서 정류부 조작선의 기울기 공식을 이용해 환류비로부터 기울기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 환류비 $R_D = 4$
구해야 할 값: 정류부 조작선의 기울기
주의할 조건: 정류부 조작선의 기울기는 $R_D/(R_D + 1)$이며, $1/(R_D + 1)$는 절편 항의 계수이다.

사용할 공식

정류부 조작선은 $y = \frac{R_D}{R_D+1}x + \frac{x_D}{R_D+1}$ 이다.
이 식에서 기울기는 $\frac{R_D}{R_D+1}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 McCabe-Thiele 선도의 정류부 조작선 기울기를 직접 묻고 있으므로, 정류부 조작선의 표준식에서 기울기 항만 읽으면 된다.

계산 과정

1. 기울기 식에 $R_D = 4$를 대입한다.
2. $\frac{R_D}{R_D+1} = \frac{4}{4+1} = \frac{4}{5}$ 이다.
3. $\frac{4}{5} = 0.8$ 이므로 정류부 조작선의 기울기는 0.8이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 0.2는 $\frac{1}{R_D+1}=\frac{1}{5}$에 해당하는 값이다. 이는 절편 항의 계수이지 기울기가 아니다. 올바르게는 기울기는 $\frac{R_D}{R_D+1}=0.8$ 이다.
② X: 0.25는 $\frac{1}{R_D}=\frac{1}{4}$로 계산한 값이다. 환류비의 역수를 기울기로 착각한 경우이다. 올바르게는 $\frac{R_D}{R_D+1}=\frac{4}{5}=0.8$ 이다.
③ O: 정류부 조작선의 기울기는 $\frac{R_D}{R_D+1}$ 이므로 $R_D=4$일 때 $\frac{4}{5}=0.8$ 이다. 따라서 옳다.
④ X: 1.25는 $\frac{R_D+1}{R_D}=\frac{5}{4}$로 기울기의 역수에 해당한다. 정류부 조작선 기울기는 $\frac{R_D}{R_D+1}$ 이므로 1보다 작은 0.8이 맞다. 올바르게는 0.8이다.

오답 포인트

정류부 조작선 식에서 기울기 $\frac{R_D}{R_D+1}$와 절편 계수 $\frac{1}{R_D+1}$를 뒤섞으면 0.2를 고르게 된다. 또 환류비의 역수 $1/R_D$나 기울기의 역수 $(R_D+1)/R_D$를 계산하면 0.25, 1.25 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

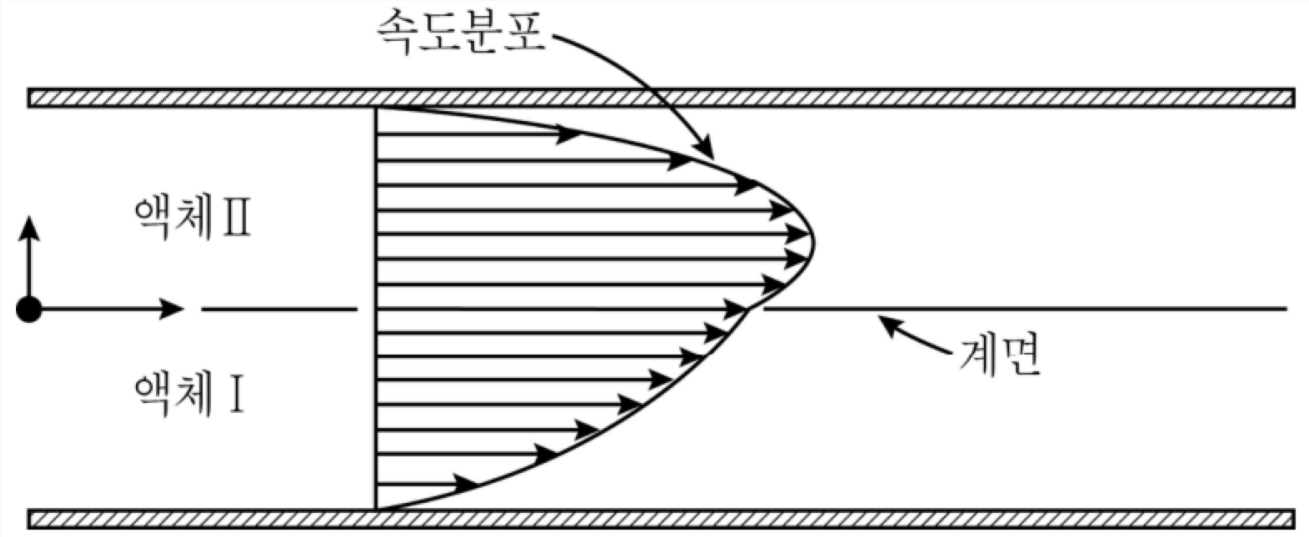
McCabe-Thiele 정류부 문제는 먼저 조작선 표준식 $y=\frac{R_D}{R_D+1}x+\frac{x_D}{R_D+1}$을 떠올리고, 기울기와 절편 항을 분리해서 본다. 기울기는 항상 $R_D/(R_D+1)$ 이므로 환류비보다 약간 작은 1 미만의 값인지까지 함께 점검한다.

암기 포인트

정류부 조작선 기울기 = $R/(R+1)$, 절편 계수 = $1/(R+1)$ 이다.

NoteBase

문 5. 고정된 수평 평판 사이에서 서로 섞이지 않는 두 종류의 비압축성 뉴튼 액체가 흐르고 있다. 두 액체는 매우 천천히 흐르기 때문에 액체가 접한 계면은 안정적인 수평면을 이룬다. 평판 사이의 속도분포가 그림과 같을 때, 두 액체의 밀도와 점도를 각각 비교한 것으로 옳은 것은? (단, 액체 I과 액체 II는 각각 아래와 위에서 흐르고 있으며 ρ_I과 μ_I은 액체 I의 밀도와 점도이고, ρ_{II}와 μ_{II}는 액체 II의 밀도와 점도이다)



① $\rho_I < \rho_{II}$, $\mu_I < \mu_{II}$

② $\rho_I > \rho_{II}$, $\mu_I > \mu_{II}$

③ $\rho_I < \rho_{II}$, $\mu_I > \mu_{II}$

④ $\rho_I > \rho_{II}$, $\mu_I < \mu_{II}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 안정한 수평 계면으로 두 액체의 밀도 크기를 판단하고, 계면에서의 전단응력 연속 조건($\tau_I = \tau_{II}$)과 속도분포의 최대점 위치로 점도 크기를 판단하는 문제이다. 계면에서 전단응력이 같으므로 $\tau = \mu du/dy$에서 속도구배가 더 완만한 쪽이 점도가 큰 쪽이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

밀도 관계부터 틀리다. 계면이 안정한 수평면을 이루려면 아래층 액체 I가 위층 액체 II보다 무거워야 하므로 $\rho_I < \rho_{II}$는 틀리다. 올바르게는 $\rho_I > \rho_{II}$이다.

점도 관계도 틀리다. 그림에서 속도 최대점이 계면보다 위쪽 액체 II 쪽에 있으므로 아래쪽 액체 I의 속도구배가 더 완만한 경우이고, $\tau = \mu du/dy$에서 같은 전단응력에 대해 구배가 작을수록 점도가 크므로 $\mu_I < \mu_{II}$는 틀리다. 올바르게는 $\mu_I > \mu_{II}$이다.

② O

아래층 액체 I, 위층 액체 II가 서로 섞이지 않고 계면이 안정하므로 밀도는 $\rho_I > \rho_{II}$가 맞다.

점도는 계면에서의 전단응력 연속 조건으로 판단한다. 계면에서 두 액체의 전단응력은 같아야 하므로 $\tau_I = \tau_{II}$, 즉 $\mu_I(du/dy)_I = \mu_{II}(du/dy)_{II}$가 성립한다. 그림에서 속도 최대점이 계면보다 위쪽 액체 II 영역에 치우쳐 있어 계면 부근에서 아래쪽 액체 I의 속도구배가 더 완만하다. 같은 전단응력에서 구배가 작을수록 점도가 크므로 점성이 큰 쪽은 아래의 액체 I이다. 따라서 $\mu_I > \mu_{II}$가 맞다.

③ X

점도 관계 $\mu_I > \mu_{II}$는 맞지만 밀도 관계가 틀리다. 안정한 수평 계면에서는 무거운 액체가 아래에 있어야 하므로 $\rho_I < \rho_{II}$는 틀리고, 올바르게는 $\rho_I > \rho_{II}$이다.

④ X

밀도 관계 $\rho_I > \rho_{II}$는 맞지만 점도 관계가 틀리다. 그림은 아래쪽 액체 I의 속도구배가 더 완만하고 속도 최대점이 위쪽 액체 II에 치우친 경우이므로 $\mu_I < \mu_{II}$는 틀리다. 올바르게는 $\mu_I > \mu_{II}$이다.

오답 포인트

이 문항은 밀도 판단 기준과 점도 판단 기준을 분리해서 봐야 한다. 계면이 안정하다는 말은 바로 $\rho_I > \rho_{II}$를 뜻하고, 속도분포의 최대점이 어느 액체 쪽으로 치우치는지는 점도 비교 단서이다. 계면이 가운데에 가깝게 그려졌다는 인상만 보고 점도까지 대칭이라고 판단하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

서로 섞이지 않는 두 액체의 수평 계면이 안정하면 먼저 아래층의 밀도가 더 크다고 본다. 그다음 계면에서 전단응력이 연속($\tau_I = \tau_{II}$)이라는 조건을 떠올리고 속도 최대점이 치우친 방향을 본다. 속도 최대점이 있는 쪽은 그 부근에서 속도구배가 크므로 상대적으로 점도가 작은 쪽이고, 속도구배가 더 완만한 반대쪽이 점도가 큰 쪽이다. 이 그림에서는 최대점이 계면 위쪽 액체 II에 있으므로 II가 점도가 작은 쪽, 아래쪽 액체 I이 점도가 큰 쪽이다.

NoteBase

암기 포인트

안정한 계면은 무거운 액체가 아래에 있고, 점성이 큰 액체 쪽은 속도분포가 더 완만하게 변한다.

NoteBase

문 6. 30 wt% A와 70 wt% B로 이루어진 혼합물이 증류탑에서 분리되고 있다. 혼합물의 유입속도는 $10{,}000\mathrm{kgh}^{-1}$이며 탑위 제품(overhead product)에서 A의 질량분율이 0.9, 탑밑 제품(bottom product)에서 B의 질량분율은 0.9이다. 이때 탑위 제품의 유출속도$[\mathrm{kgh}^{-1}]$는?

① 2,500

② 3,000

③ 5,500

④ 7,500

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 총질량수지와 성분질량수지를 함께 세워 탑위 제품의 유출속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 공급량 $F = 10{,}000kg/h$, 공급물의 A 질량분율 $x_{F,A} = 0.3$, 탑위 제품의 A 질량분율 $x_{D,A} = 0.9$, 탑밑 제품의 B 질량분율 0.9
- 구해야 할 값: 탑위 제품 유출속도 $D(kg/h)$
- 주의할 조건: 탑밑 제품의 B 질량분율이 0.9이므로 탑밑 제품의 A 질량분율은 $x_{W,A} = 0.1$이다.

사용할 공식

총질량수지와 A 성분질량수지를 사용한다.

$F = D + W$

$Fx_{F,A} = Dx_{D,A} + Wx_{W,A}$

이 공식을 쓰는 이유는 공급물과 두 제품의 유량, 그리고 A 조성이 모두 주어져 있어 미지수 D, W를 수지식 두 개로 결정할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 총질량수지에서 $W = 10{,}000 - D$이다.
2. A 성분질량수지에 대입하면
$10{,}000 \times 0.3 = 0.9D + 0.1W$
$3{,}000 = 0.9D + 0.1(10{,}000 - D)$
3. 정리하면
$3{,}000 = 0.8D + 1{,}000$
$2{,}000 = 0.8D$
$D = 2{,}500 kg/h$
따라서 탑위 제품의 유출속도는 $2{,}500 kg/h$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 탑위 제품 유출속도는 $2{,}500 kg/h$이므로 옳다.

② X
- $3{,}000 kg/h$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 수치 3,000이며, 올바르게는 $2{,}500 kg/h$이다.
- 이 값은 공급물 속 A의 양 $3{,}000 kg/h$를 그대로 탑위 제품 유량으로 착각하면 나올 수 있다. 탑위 제품은 A만으로 이루어지지 않으므로 조성 0.9를 반영해야 한다.

③ X
- $5{,}500 kg/h$는 총질량수지와 A 성분질량수지를 동시에 만족하지 못한다. 틀린 표현은 수치 5,500이며, 올바르게는 $2{,}500 kg/h$이다.
- 성분질량수지 없이 막연히 중간값을 고르면 이런 오답이 나온다.

④ X
- $7{,}500 kg/h$는 탑위 제품이 아니라 탑밑 제품 유량 W에 해당한다. 틀린 표현은 수치 7,500을 탑위 제품 유량으로 본 점이며, 올바르게는 탑위 제품은 $2{,}500 kg/h$, 탑밑 제품은 $7{,}500 kg/h$이다.
- 총질량수지에서 $W = 10{,}000 - 2{,}500 = 7{,}500 kg/h$가 되어 탑위와 탑밑을 바꾸어 읽는 함정을 보여준다.

오답 포인트

탑밑 제품의 B 질량분율이 0.9라는 조건을 보고 바로 탑밑 제품 유량 $7{,}500 kg/h$를 구한 뒤, 문제에서 묻는 대상이 탑위 제품인지 탑밑 제품인지 확인하지 않으면 ④에 걸리기 쉽다. 또한 공급물 속 A의 양 $3{,}000 kg/h$를 탑위 유량으로 오해하면 ②에 걸리기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

분리 공정 계산형 문제는 먼저 무엇의 유량을 묻는지 확인한 뒤, 총질량수지 1개와 성분질량수지 1개를 세워 미지수를 구하면 된다. 조성이 주어지면 그 성분의 반대 성분 질량분율까지 바로 환산해 두는 방식이 안정적이다.

암기 포인트

증류 계산은 총수지 $F = D + W$와 성분수지 $Fx_F = Dx_D + Wx_W$를 함께 세우면 풀린다.

NoteBase

문 7. 10 mm의 간격으로 떨어져 있는 수평 평판 사이에 뉴튼 유체가 채워져 있다. 아래 평판은 정지되어 있고, 위 평판은 $0.4\mathrm{ms}^{-1}$의 일정한 속도로 수평 방향으로 움직인다. 정상상태에서 $0.02\mathrm{Nm}^{-2}$의 전단응력이 유체에 가해질 때, 이 유체의 점도[cP]는?

① 0.25

② 0.50

③ 2.5

④ 5.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 평행판 사이의 뉴턴 유체 단순 전단유동에서 전단응력식 $\tau = \mu\frac{U}{h}$를 사용해 점도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 평판 간격: $h = 10mm = 0.01m$
- 위 평판 속도: $U = 0.4m/s$
- 전단응력: $\tau = 0.02N/m^2$

구해야 할 값:
- 점도 μ를 cP 단위로 구한다.

주의할 조건:
- $10mm$를 $0.01m$로 바꿔야 한다.
- $1Pa \cdot s = 1000cP$이다.

사용할 공식

$\tau = \mu\frac{U}{h}$

따라서

$\mu = \tau\frac{h}{U}$

이 공식을 쓰는 이유:

뉴턴 유체가 두 평행판 사이에서 선형 속도분포를 가지는 Couette 유동이므로 속도구배를 $\frac{du}{dy} = \frac{U}{h}$로 둘 수 있다.

계산 과정

1. 속도구배는 $\frac{U}{h} = \frac{0.4}{0.01} = 40s^{-1}$이다.
2. 점도는 $\mu = \frac{\tau}{du/dy} = \frac{0.02}{40} = 0.0005Pa \cdot s$이다.
3. 이를 cP로 바꾸면 $0.0005 \times 1000 = 0.50cP$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 계산 결과는 $0.50cP$이므로 $0.25cP$는 맞지 않는다. 전단응력을 절반으로 잘못 두면 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현은 '점도는 0.25이다'이고, 올바르게는 '점도는 $0.50cP$이다'이다.

② O

- 계산 결과가 정확히 $0.50cP$이므로 옳다.

③ X

- 계산 결과는 $0.50cP$이므로 $2.5cP$는 맞지 않는다. $Pa \cdot s$에서 cP로 바꾸는 환산을 잘못하면 과대값이 나온다. 틀린 표현은 '점도는 2.5이다'이고, 올바르게는 '점도는 $0.50cP$이다'이다.

④ X

- 계산 결과는 $0.50cP$이므로 $5.0cP$는 맞지 않는다. $10mm$를 $0.1m$로 잘못 바꾸면 10배 큰 오답이 나온다. 틀린 표현은 '점도는 5.0이다'이고, 올바르게는 '점도는 $0.50cP$이다'이다.

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 간격 단위 환산과 점도 단위 환산이다. $10mm \rightarrow 0.01m$를 놓치거나 $0.0005Pa \cdot s$를 $0.50cP$로 바꾸지 못하면 오답에 빠진다. 속도구배를 $\frac{U}{h}$가 아니라 $\frac{h}{U}$로 뒤집는 실수도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

평행판 전단 문제는 먼저 길이 단위를 m로 통일하고, $\tau = \mu\frac{U}{h}$에서 속도구배 $\frac{U}{h}$를 구한 뒤, 마지막에 점도 단위를 원하는 단위로 검산하면 된다.

암기 포인트

뉴턴 유체의 평행판 전단은 $\tau = \mu\frac{U}{h}$이다. 전단응력은 점도와 속도구배의 곱이라는 점을 기억하면 된다.

NoteBase

문 8. 유체에 잠겨 냉각되는 고체의 비정상상태 열전달 해석에 사용되는 Biot 수(Bi)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① Biot 수가 작아지면 고체 내부의 온도 구배는 커진다.

② Biot 수가 작은 경우($Bi \ll 0.1$), 고체 내부의 전도 저항이 유체의 대류 저항에 비해 작다.

③ Biot 수가 큰 경우($Bi \gg 50$), 표면에서 대류에 의해 나갈 수 있는 열의 양이 전도에 의해 표면에 도달하는 열의 양보다 큰 것을 의미한다.

④ Biot 수는 고체 내부와 유체 경계층의 온도 분포에 영향을 준다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 Biot 수가 고체 내부 전도 저항과 표면 대류 저항의 상대적 크기를 어떻게 나타내는지, 그리고 그에 따라 고체 내부 온도 구배가 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

Biot 수는 $Bi = \frac{hL_c}{k}$로 정의되며, 고체 내부의 전도 저항이 표면의 대류 저항에 비해 얼마나 큰지를 나타내는 무차원수이다.
Bi가 매우 작으면 고체 내부 전도 저항이 매우 작아서 내부 온도는 거의 균일해지고 온도 구배도 작아진다.
Bi가 매우 크면 내부 전도 저항이 상대적으로 커서 고체 내부 온도 구배가 커지고, 표면에서 열을 빼앗는 속도를 내부 전도가 충분히 따라가지 못하는 상태가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
Biot 수가 작아질수록 고체 내부 전도 저항이 더 작다는 뜻이므로 내부 온도는 더 균일해진다.
틀린 부분은 "고체 내부의 온도 구배는 커진다"이다.
올바르게는 "Biot 수가 작아지면 고체 내부의 온도 구배는 작아진다"이다.

② O
$Bi \ll 0.1$이면 고체 내부 전도 저항이 유체의 대류 저항보다 충분히 작아서 집중용량계 해석이 가능하다. 따라서 이 선지는 Biot 수가 작은 경우의 의미를 바르게 설명한다.

③ O
Biot 수가 매우 크면 표면은 열을 잘 빼앗지만 고체 내부에서 표면까지 열이 전달되는 전도가 상대적으로 느리다. 따라서 표면에서 대류로 빠져나가려는 열전달 능력이 내부 전도로 표면에 도달하는 열전달 능력보다 큰 상태라는 설명은 타당하다.

④ O
Biot 수는 고체 내부 온도 분포가 균일한지, 경계층과 고체 내부 사이에 큰 온도차가 형성되는지에 직접 영향을 준다. 따라서 고체 내부와 유체 경계층의 온도 분포 해석에 중요한 척도이다.

오답 포인트

작은 Biot 수를 "열전달이 작다"로 막연히 이해하면 ①처럼 내부 온도 구배가 커진다고 거꾸로 판단하기 쉽다. 이 문제의 핵심은 열전달량의 절대 크기가 아니라 내부 전도 저항과 외부 대류 저항의 상대 비교라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

Biot 수를 보면 먼저 "작다 = 내부 전도 저항이 더 작다 = 내부 온도 거의 균일"로 판단한다. 반대로 Biot 수가 크면 내부 전도가 병목이 되어 고체 내부 온도 구배가 커진다고 연결하면 된다.

암기 포인트

작은 Bi는 덩어리 전체가 거의 같은 온도이고, 큰 Bi는 내부 온도차가 크다.

NoteBase

문 9. 열전도도 $20 W m^{-1} K^{-1}$이고 두께 50 cm인 벽 A의 양쪽 표면 온도차가 10°C일 때의 열손실[W]과 두께 10 cm인 벽 B를 통한 열손실[W]이 같다. 벽 B의 양쪽 표면 온도차가 40°C일 때, 벽 B의 열전도도[$W m^{-1} K^{-1}$]는? (단, 정상상태 열전달을 가정하며 벽 A와 벽 B의 열흐름 수직면적은 동일하다)

① 1

② 2

③ 4

④ 5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정상상태 평판벽 전도식 $Q = kA\Delta T/L$를 이용해 같은 열손실 조건에서 벽 B의 열전도도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 벽 A: 열전도도 $20 W m^{-1} K^{-1}$, 두께 $0.5 m$, 표면 온도차 $10\,^{\circ} C$
- 벽 B: 두께 $0.1 m$, 표면 온도차 $40\,^{\circ} C$
- 벽 A와 벽 B의 열흐름 수직면적은 동일하다.

구해야 할 값:
- 벽 B의 열전도도 k_B

주의할 조건:
- 두 벽의 열손실 Q가 서로 같다.

사용할 공식

사용 공식은 $Q = kA\Delta T/L$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
- 문제에서 정상상태 열전달과 평판벽의 양쪽 표면 온도차가 주어졌으므로 1차원 정상 전도식을 적용할 수 있다.
- 두 벽의 면적이 같고 열손실이 같으므로 $k\Delta T/L$ 값을 서로 비교하면 된다.

계산 과정

1. 벽 A의 열손실은 $Q_A = 20 \cdot A \cdot 10/0.5 = 400A$이다.
2. 벽 B의 열손실은 $Q_B = k_B \cdot A \cdot 40/0.1 = 400 k_B A$이다.
3. 두 열손실이 같으므로 $400A = 400 k_B A$이다.
4. 따라서 $k_B = 1$이고, 단위는 $W m^{-1} K^{-1}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $k_B = 1$이므로 옳다.
- 벽 B는 온도차가 더 크고 두께가 더 얇으므로, 같은 열손실이 되려면 열전도도가 그만큼 작아져야 한다.

② X
- 계산 결과는 2가 아니라 1이다.
- 벽 B의 $\Delta T/L$ 값은 벽 A보다 (40/0.1)/(10/0.5) = 20배 크므로, 같은 열손실을 만들려면 열전도도는 벽 A의 1/20이어야 한다.
- 틀린 표현은 '열전도도가 2'이고, 올바르게는 '열전도도는 1 $Wm^{-1}K^{-1}$이다.'이다.

③ X
- 계산 결과는 4가 아니라 1이다.
- 4는 온도차가 10 °C에서 40 °C로 4배라는 점만 보고 두께 차이를 빠뜨릴 때 고르기 쉬운 값이다.
- 틀린 표현은 '열전도도가 4'이고, 올바르게는 '온도차와 두께를 함께 반영하면 열전도도는 1이다.'이다.

④ X
- 계산 결과는 5가 아니라 1이다.
- 5는 두께비 0.5/0.1 = 5만 보고 온도차 차이를 반영하지 않을 때 나오는 오답이다.
- 틀린 표현은 '열전도도가 5'이고, 올바르게는 '온도차와 두께를 함께 반영하면 열전도도는 1이다.'이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 온도차와 두께 중 한 가지만 보고 비례관계를 판단하는 데 있다. 정상 전도에서는 $Q \propto k\Delta T/L$이므로, 온도차가 커지면 Q가 커지고 두께가 얇아져도 Q가 커진다는 두 요소를 동시에 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 면적에서 열손실이 같은 전도 문제는 먼저 $Q = kA\Delta T/L$를 세운다. 그다음 공통인 Q와 A를 약분하고, 남는 $k\Delta T/L$만 비교하면 빠르게 정답에 도달할 수 있다.

암기 포인트

정상 전도는 $Q \propto k\Delta T/L$이다. 같은 Q, 같은 A이면 $k \propto L/\Delta T$로 바로 바꿔 볼 수 있다.

NoteBase

문 10. 향류 추출탑에서 4wt% A와 96wt% B로 이루어진 혼합물로부터 순수한 용매를 이용하여 A를 분리한다. 용매의 질량 유량은 혼합물의 질량 유량의 두 배이고, 각 흐름 방향으로 유량은 변하지 않는다. 한 개의 이상단을 사용할 때 추출액(extract)에서 A의 농도[wt%]는? (단, 추출액과 추잔액(raffinate) 사이에서 A의 질량기준 분배계수는 2이다)

① 0.8

② 1.2

③ 1.6

④ 2.0

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 한 개의 이상단에서 분배계수와 A 성분 물질수지를 함께 써서 추출액의 A 농도를 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값
- 원료 혼합물 유량을 100이라고 두면 A는 4, B는 96이다.
- 순수 용매 유량은 그 두 배이므로 200이다.
- 추출액의 A 질량분율을 y, 추잔액의 A 질량분율을 x라 둔다.
- 각 흐름 방향으로 유량이 일정하므로 추잔액 유량은 100, 추출액 유량은 200으로 두고 A만 수지식에 넣으면 된다.
- 질량기준 분배계수는 $K = y/x = 2$이다.

사용할 공식

A 성분 물질수지와 평형식을 같이 쓴다.

$100 \times 0.04 = 100x + 200y$

$y = 2x$

이 공식을 쓰는 이유는 한 개의 이상단에서는 출구 두 상이 평형에 있고, 문제에서 각 상의 유량이 일정하다고 주어졌기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 원료 속 A의 유량은 $100 \times 0.04 = 4$이다.
2. A 물질수지는 $4 = 100x + 200y$이다.
3. 평형식 $y = 2x$를 대입하면 $4 = 100x + 400x = 500x$이므로 $x = 0.008$이다.
4. 따라서 $y = 2x = 0.016$이다.
5. 추출액의 A 농도는 $0.016 = 1.6wt\%$이다.

선지별 해설

① X

- 0.8 wt%는 계산 중 얻는 $x = 0.008$을 추잔액이 아니라 추출액 농도로 잘못 읽은 값이다.
- 틀린 표현은 "추출액의 A 농도는 0.8 wt%이다"이다. 올바르게는 "추잔액의 A 농도는 0.8 wt%이고, 추출액의 A 농도는 1.6 wt%이다"이다.

② X

- 1.2 wt%는 물질수지와 평형식을 동시에 만족하지 않는다. $y = 0.012$이면 분배계수 2에서 $x = 0.006$이어야 하고, 이때 $100x + 200y = 0.6 + 2.4 = 3.0$으로 공급 A 4와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "추출액의 A 농도는 1.2 wt%이다"이다. 올바르게는 "물질수지 $4 = 100x + 200y$와 평형식 $y = 2x$를 함께 풀어 1.6 wt%가 된다"이다.

③ O

- $y = 1.6wt\%$이면 $x = 0.8wt\%$이고, $100x + 200y = 0.8 + 3.2 = 4.0$으로 A 물질수지를 정확히 만족한다.
- 따라서 추출액에서 A의 농도는 1.6 wt%가 맞다.

④ X

- 2.0 wt%는 평형식을 적용하면 $x = 1.0wt\%$가 되는데, 이 경우 $100x + 200y = 1.0 + 4.0 = 5.0$이 되어 공급 A 4보다 커지므로 불가능하다.
- 틀린 표현은 "추출액의 A 농도는 2.0 wt%이다"이다. 올바르게는 "분배계수와 물질수지를 동시에 만족하는 값은 1.6 wt%이다"이다.

오답 포인트

분배계수로 연결되는 x와 y를 뒤바꾸거나, 평형식만 보고 끝내고 A 물질수지를 함께 쓰지 않으면 0.8 wt% 같은 오답이 나온다. 이 문제는 반드시 "물질수지 1개 + 평형식 1개"를 동시에 써야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

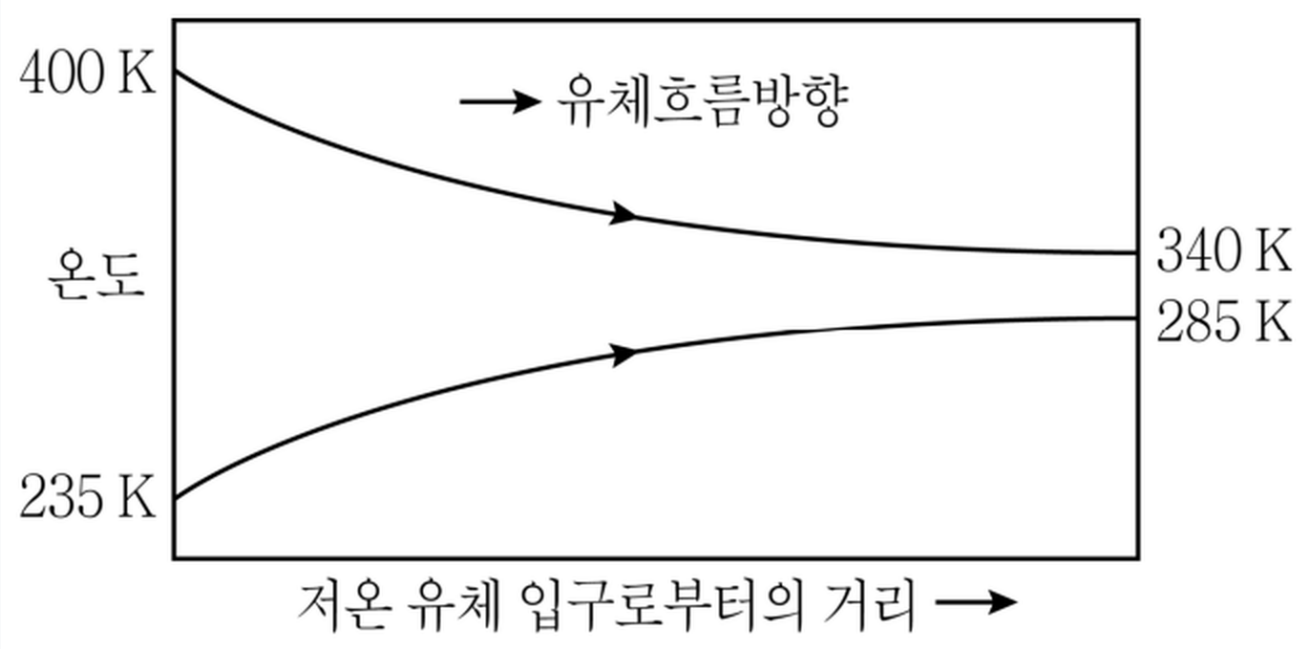
단일 이상단 추출 문제는 먼저 기준 유량을 임의로 잡아 A 성분 물질수지를 세우고, 다음에 분배계수 $y = Kx$를 대입해 두 식을 함께 푼다. 계산이 끝나면 얻은 x, y가 물질수지를 다시 만족하는지 검산하면 된다.

암기 포인트

단일 이상단 추출은 "A 물질수지 + 분배계수 $y = Kx$"의 연립으로 정리되며, 이 문제의 결과는 추잔액 0.8 wt%, 추출액 1.6 wt%이다.

NoteBase

문 11. 병류의 이중관 열교환기에서 두 흐름의 온도분포가 그림과 같다. 총괄열전달계수는 $250 W m^{-2} K^{-1}$로 일정하고 열흐름 속도가 $25 kW$일 때, 이 열교환기의 전열 면적$[m^2]$은? (단, $\ln 3 = 1.1$로 한다)



① 1.0

② 1.5

③ 2.0

④ 2.5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 병류 열교환기의 대수평균온도차 ΔT_{lm}를 구한 뒤 $\dot{Q} = UA\Delta T_{lm}$를 적용하여 전열면적을 계산하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 총괄열전달계수 $U = 250 W/(m^2 \cdot K)$이다.
- 열흐름 속도 $\dot{Q} = 25 kW = 25{,}000 W$이다.
- 입구 쪽 온도차는 $400 - 235 = 165 K$이다.
- 출구 쪽 온도차는 $340 - 285 = 55 K$이다.

구해야 할 값:
- 전열면적 A이다.

주의할 조건:
- 병류이므로 두 유체가 같은 방향으로 흐르며, 양 끝 온도차 $165 K$와 $55 K$로 대수평균온도차를 구한다.

사용할 공식

$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$

$\dot{Q} = UA\Delta T_{lm}$

이 공식을 쓰는 이유는 병류 열교환기에서 위치에 따라 온도차가 달라지므로 일정한 온도차 대신 대수평균온도차를 써야 전체 열전달량과 전열면적이 정확히 연결되기 때문이다.

계산 과정

1. 양 끝 온도차를 잡으면 $\Delta T_1 = 400 - 235 = 165 K$, $\Delta T_2 = 340 - 285 = 55 K$이다.
2. 대수평균온도차는 $\Delta T_{lm} = \frac{165 - 55}{\ln(165/55)} = \frac{110}{\ln 3} = \frac{110}{1.1} = 100 K$ 이다.
3. 전열면적은 $A = \frac{\dot{Q}}{U\Delta T_{lm}} = \frac{25{,}000}{250 \times 100} = 1.0 m^2$ 이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 전열면적은 정확히 $1.0 m^2$이므로 옳다.

② X: 틀린 표현은 "전열면적이 $1.5 m^2$이다"라는 수치이다. $A = 1.5 m^2$라면 필요한 평균 온도차는 $\dot{Q}/(UA) = 25{,}000/(250 \times 1.5) \approx 66.7 K$가 되어 실제 $\Delta T_{lm} = 100 K$와 맞지 않는다. 올바르게는 전열면적이 $1.0 m^2$이다.

③ X: 틀린 표현은 "전열면적이 $2.0 m^2$이다"라는 수치이다. $A = 2.0 m^2$라면 필요한 평균 온도차는 $50 K$인데, 그림에서 구한 병류 대수평균온도차는 $100 K$이다. 올바르게는 전열면적이 $1.0 m^2$이다.

④ X: 틀린 표현은 "전열면적이 $2.5 m^2$이다"라는 수치이다. $A = 2.5 m^2$라면 필요한 평균 온도차는 $40 K$가 되어 실제 조건보다 지나치게 작다. 올바르게는 전열면적이 $1.0 m^2$이다.

오답 포인트

병류와 향류를 구분하지 않거나, 한쪽 끝 온도차 하나만 대입하거나, 대수평균온도차 대신 임의의 평균 온도차를 넣으면 오답이 된다. 이 문제는 $165 K$와 $55 K$의 비가 3이므로 $\ln 3$를 바로 사용해야 한다는 점이 핵심 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

열교환기 면적 계산 문제는 먼저 유동형태가 병류인지 향류인지 확인한다. 다음으로 양 끝 온도차 두 개를 정확히 읽는다. 그 뒤 ΔT_{lm}를 계산하고 마지막에 $\dot{Q} = UA\Delta T_{lm}$에 대입하면 된다.

암기 포인트

병류 열교환기는 입구 온도차와 출구 온도차로 ΔT_{lm}를 구하며, $A = \dot{Q}/(U\Delta T_{lm})$이므로 평균 온도차가 클수록 필요한 면적은 작아진다.

NoteBase

문 12. 물질전달에서 확산계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 길이 차원과 시간 차원을 각각 L과 t로 표기할 때 확산계수는 L^2t^{-1}의 차원을 갖는다.

② 희석용액에서 구형 액체 분자의 반경이 커질 경우 Stokes-Einstein 식으로부터 예측한 확산계수는 증가한다.

③ 난류의 중심에서는 와류 확산계수가 분자 확산계수보다 크다.

④ 온도가 증가하면 일반적으로 기체의 확산계수는 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 확산계수의 차원, Stokes-Einstein 식, 난류 확산과 분자 확산의 상대적 크기, 기체 확산계수의 온도 의존성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

분자 확산계수는 농도구배에 의해 분자가 스스로 퍼지는 정도를 나타내는 물성치이며 차원은 L^2t^{-1}이다.
Stokes-Einstein 식은 희석용액에서 구형 입자의 확산계수를 $D = \frac{kT}{6\pi\mu r}$로 나타내며, 온도 T에 비례하고 점도 μ, 입자 반경 r에 반비례한다.
난류 확산계수는 와류 혼합에 의한 겉보기 확산 효과이므로 일반적으로 분자 확산계수보다 훨씬 크다.
기체의 확산계수는 일반적으로 온도가 올라가면 증가한다.

선지별 해설

① O: 확산계수는 Fick 법칙에서 물질유속을 농도구배로 나눈 값이므로 차원은 길이의 제곱을 시간으로 나눈 L^2t^{-1}이다.
② X: 틀린 부분은 "반경이 커질 경우 ... 확산계수는 증가한다"이다. Stokes-Einstein 식 $D = \frac{kT}{6\pi\mu r}$에서 확산계수는 반경 r에 반비례하므로 반경이 커질수록 확산계수는 감소한다.
③ O: 난류 중심부에서는 와류에 의한 혼합이 활발하여 와류 확산계수가 분자 확산계수보다 크게 나타난다.
④ O: 기체 분자의 열운동이 온도 상승과 함께 활발해지므로 일반적으로 기체의 확산계수는 증가한다.

오답 포인트

②는 Stokes-Einstein 식의 비례관계를 반대로 바꿔 놓은 선지이다. 온도에는 비례하고 반경과 점도에는 반비례한다는 방향을 혼동하면 쉽게 속는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

확산계수 문제가 나오면 먼저 차원이 L^2t^{-1}인지 확인하고, 액상 희석용액에서는 Stokes-Einstein 식에서 분모에 들어가는 항이 무엇인지 본다. 반경이나 점도가 커지면 감소, 온도가 커지면 증가라는 방향만 잡아도 정답을 빠르게 고를 수 있다.

암기 포인트

Stokes-Einstein에서는 $D \propto T$, $D \propto 1/(\mu r)$이고, 난류 확산은 분자 확산보다 크다.

NoteBase

문 13. 물질 A로 입사된 복사 에너지의 투과율이 0.3, 반사율이 0.6일 때 이 물질의 흡수율은?

① 0.1

② 0.3

③ 0.5

④ 0.6

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 복사 에너지의 보존관계인 흡수율, 반사율, 투과율의 합이 1이라는 원리로 흡수율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 투과율은 0.3이다.
- 반사율은 0.6이다.

구해야 할 값:
- 흡수율이다.

주의할 조건:
- 흡수율, 반사율, 투과율은 전체 입사 에너지에 대한 비율이므로 세 값의 합은 1이다.

사용할 공식

사용 공식은 $\alpha + \rho + \tau = 1$이다.
이 식에서 α는 흡수율, ρ는 반사율, τ는 투과율이다.
이 공식을 쓰는 이유는 입사된 복사 에너지가 흡수, 반사, 투과의 세 경로로만 나뉘기 때문이다.

계산 과정

1. 보존식에 주어진 값을 대입하면 $\alpha + 0.6 + 0.3 = 1$이다.
2. $0.6 + 0.3 = 0.9$이다.
3. 따라서 $\alpha = 1 - 0.9 = 0.1$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 흡수율은 0.1이므로 옳다.

② X
- 0.3은 문제에서 이미 주어진 투과율 값이므로 흡수율이 아니다.
- 틀린 표현은 "흡수율이 0.3이다"이다. 올바르게는 "투과율이 0.3이고 흡수율은 0.1이다"이다.

③ X
- 0.5는 보존식 $\alpha = 1 - \rho - \tau$를 적용했을 때 나오지 않는 값이므로 틀리다.
- 틀린 표현은 "흡수율이 0.5이다"이다. 올바르게는 "흡수율은 0.1이다"이다.

④ X
- 0.6은 반사율 값이므로 흡수율로 볼 수 없다.
- 틀린 표현은 "흡수율이 0.6이다"이다. 올바르게는 "반사율이 0.6이고 흡수율은 0.1이다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 주어진 투과율 0.3과 반사율 0.6을 그대로 흡수율 후보와 혼동하는 점이다. 흡수율을 따로 구하지 않고 보기에 있는 수치를 그대로 고르면 ②나 ④로 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

복사 에너지 비율 문제는 먼저 $\alpha + \rho + \tau = 1$의 보존식을 떠올리고, 문제에서 주어진 두 비율을 더한 뒤 1에서 빼서 남는 값을 구하면 된다.

암기 포인트

복사율의 기본 관계는 흡수율 + 반사율 + 투과율 = 1이다.

NoteBase

문 14. 유체 A가 $5Lh^{-1}$의 부피유량으로 원통형 수평관을 통해 이송되고 있다. 관의 지름과 단위 길이당 압력차가 각각 두 배가 될 때, 이 유체의 부피유량$[Lh^{-1}]$은? (단, 유체의 점도는 일정하고 흐름은 Hagen-Poiseuille 관계식을 만족한다)

① 20

② 40

③ 80

④ 160

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Hagen-Poiseuille 관계식에서 체적유량 Q가 압력구배 $\Delta P/L$에 비례하고 관 지름의 4제곱에 비례한다는 비례관계를 이용해 새로운 부피유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

초기 부피유량은 $5Lh^{-1}$이다. 관의 지름은 2배가 되고 단위 길이당 압력차 ($\Delta P/L$)도 2배가 된다. 점도는 일정하므로 비례식에서 변하지 않는 항으로 본다.

사용할 공식

Hagen-Poiseuille 관계식은 $Q \propto (\Delta P/L) r^4$이다. 지름 $D = 2r$이므로 $Q \propto (\Delta P/L) D^4$로 보아도 같은 결론이 나온다. 이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 점도는 일정하고 관 지름과 단위 길이당 압력차의 변화만 제시되었기 때문이다.

계산 과정

지름이 2배이면 D^4 항 때문에 유량은 $2^4 = 16$배가 된다. 단위 길이당 압력차가 2배이면 유량은 다시 2배가 된다. 따라서 최종 유량은 $5 \times 16 \times 2 = 160Lh^{-1}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $20 L h^{-1}$는 지름 2배 효과를 단면적 4배 정도로만 보고 압력구배 2배도 제대로 반영하지 못한 값이다. 올바르게는 체적유량이 지름의 4제곱에 비례하므로 지름 변화만으로 16배가 된다.
② X: $40 L h^{-1}$는 지름 2배를 4배 증가로 잘못 처리한 뒤 압력구배 2배를 곱한 값에 해당한다. 올바르게는 지름 2배 효과는 4배가 아니라 16배이다.
③ X: $80 L h^{-1}$는 지름 2배에 따른 16배 증가는 반영했지만 압력구배 2배를 빠뜨린 값이다. 올바르게는 여기에 압력구배 2배를 추가로 곱해야 하므로 $160 L h^{-1}$가 된다.
④ O: Hagen-Poiseuille 관계식에 따라 유량은 압력구배 2배와 지름 2배에 따른 16배가 함께 반영되어 $5 \times 2 \times 16 = 160 L h^{-1}$가 된다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 유량이 지름의 2제곱이나 단면적에 비례한다고 착각하는 점이다. 이 문항은 ③처럼 지름의 4제곱 효과만 보고 압력구배 2배를 누락하거나, ②처럼 지름 2배를 4배 증가로 잘못 계산하는 실수를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

Poiseuille형 계산문제는 먼저 $Q \propto (\Delta P/L) r^4$ 또는 $Q \propto (\Delta P/L) D^4$의 비례식을 적고, 바뀐 항의 배수를 각각 곱해 최종 배수를 구하면 된다. 지름이 바뀌면 반드시 4제곱으로 반영하는지 확인한다.

암기 포인트

Poiseuille 유량은 압력구배 1차, 반지름 4차 비례이다. 지름 2배는 유량 16배로 연결된다.

NoteBase

문 15. 2차원 비회전, 비압축성 흐름 장(field)에 대한 속도 퍼텐셜(velocity potential)이 $\phi = x^2 - 2x - y^2$으로 주어질 때, 흐름의 x방향 속도 성분(v_x)과 y방향 속도 성분(v_y)은?

① v_x: $2x - 2$, v_y: $-2y$

② v_x: $-2y$, v_y: $2x - 2$

③ v_x: $-2x + 2$, v_y: $2y$

④ v_x: $2y$, v_y: $-2x + 2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 속도 퍼텐셜 ϕ를 각 좌표로 편미분하여 속도 성분 v_x, v_y를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $\phi = x^2 - 2x - y^2$이다.
구해야 할 값은 x방향 속도 성분 v_x와 y방향 속도 성분 v_y이다.
비회전, 비압축성 퍼텐셜 유동에서는 속도 성분이 속도 퍼텐셜의 각 방향 편미분으로 주어진다.

사용할 공식

$v_x = \frac{\partial \phi}{\partial x}$, $v_y = \frac{\partial \phi}{\partial y}$이다.
속도 퍼텐셜이 주어지면 각 좌표 방향 속도는 그 좌표에 대한 편미분값으로 바로 결정된다.

계산 과정

1. x에 대해 편미분하면 $v_x = \frac{\partial}{\partial x}(x^2 - 2x - y^2) = 2x - 2$이다.
2. y에 대해 편미분하면 $v_y = \frac{\partial}{\partial y}(x^2 - 2x - y^2) = -2y$이다.
3. 따라서 $(v_x, v_y) = (2x - 2,\ -2y)$이다.

선지별 해설

① O: $v_x = 2x - 2$, $v_y = -2y$로 계산 결과와 일치한다.
② X: 틀린 표현은 $v_x = -2y$, $v_y = 2x - 2$이다. x에 대한 편미분값과 y에 대한 편미분값을 서로 바꾸었고, 올바르게는 $v_x = 2x - 2$, $v_y = -2y$이다.
③ X: 틀린 표현은 $v_x = -2x + 2$와 $v_y = 2y$이다. 두 성분 모두 부호가 반대로 적혔고, 올바르게는 $v_x = 2x - 2$, $v_y = -2y$이다.
④ X: 틀린 표현은 $v_x = 2y$, $v_y = -2x + 2$이다. 각 성분이 자기 방향 변수로 미분되지 않았고 위치도 서로 어긋났다. 올바르게는 $v_x = 2x - 2$, $v_y = -2y$이다.

NoteBase

오답 포인트

②는 v_x와 v_y의 자리를 바꾸는 실수를 노린 선지이다. ③은 미분은 했지만 부호를 뒤집는 실수를 노린 선지이고, ④는 어떤 변수를 기준으로 편미분하는지 자체를 혼동한 경우에 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

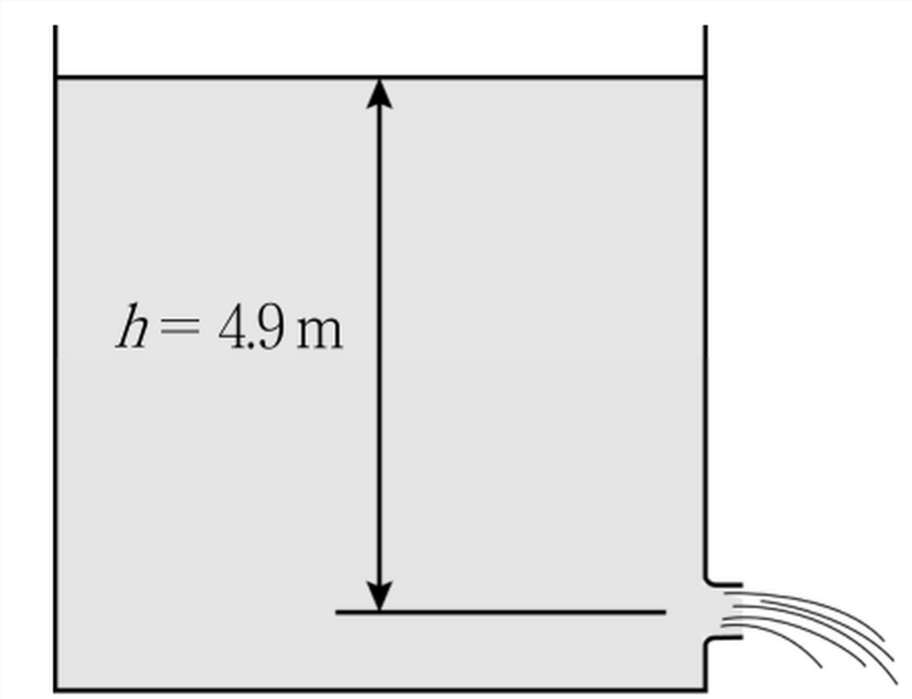
퍼텐셜 유동 문제는 먼저 $v_x = \partial\phi/\partial x$, $v_y = \partial\phi/\partial y$를 적은 뒤, 다른 변수는 상수로 두고 각각 따로 편미분하면 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

속도 퍼텐셜은 x로 미분하면 v_x, y로 미분하면 v_y가 된다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 에탄올이 들어 있는 개방형 탱크 하부에 마찰을 무시할 수 있는 짧은 배출 파이프가 연결되어 있다. 파이프의 지름은 탱크의 지름에 비해 매우 작으며 탱크 상부의 자유 액면으로부터 배출 파이프 중심까지의 높이 차이 h는 4.9m이다. 이때 파이프 중심에서 에탄올의 배출 유속 [ms^{-1}]은? (단, 중력가속도는 9.8ms^{-2}이다)



① 2.4

② 9.8

③ 24

④ 49

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 개방형 탱크의 자유액면과 출구 사이 높이차에 대해 토리첼리 정리 $v = \sqrt{2gh}$를 적용해 배출 유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자유액면과 배출 파이프 중심의 높이차는 $h = 4.9m$이고, 중력가속도는 $g = 9.8m/s^2$이다.
구해야 할 값: 파이프 중심에서의 배출 유속 v이다.
주의할 조건: 개방형 탱크이므로 자유액면과 출구의 압력은 모두 대기압이고, 탱크 단면이 매우 커 자유액면 속도는 0으로 본다. 마찰도 무시한다.

NoteBase

사용할 공식

$v = \sqrt{2gh}$
이 식은 베르누이식에서 자유액면과 출구의 압력항이 서로 없어지고, 자유액면 속도를 무시할 수 있을 때 남는 위치에너지 차가 속도에너지로 바뀌는 경우이기 때문에 사용한다.

계산 과정

$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 4.9} = \sqrt{96.04} = 9.8 m/s$
따라서 파이프 중심에서의 에탄올 배출 유속은 $9.8 m/s$이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 $9.8 m/s$이므로 틀리다. $2.4 m/s$는 높이차를 속도로 직접 옮기거나 제곱근 계산을 잘못한 값이다. 틀린 표현은 '유속이 2.4'이고, 올바르게는 '유속은 $9.8 m/s$'이다.
2번 O: 토리첼리 정리로 계산한 배출 유속이 정확히 $9.8 m/s$이므로 맞다.
3번 X: $24 m/s$는 계산 결과보다 과도하게 큰 값이므로 틀리다. $2gh$를 제곱근 없이 다루거나 수치를 잘못 곱한 실수에서 나온 값이다. 틀린 표현은 '유속이 24'이고, 올바르게는 '유속은 $9.8 m/s$'이다.
4번 X: $49 m/s$는 gh 또는 h와 속도를 혼동한 값에 가깝다. 속도는 높이차 자체가 아니라 $2gh$에 제곱근을 취해 구하므로 틀리다. 틀린 표현은 '유속이 49'이고, 올바르게는 '유속은 $9.8 m/s$'이다.

오답 포인트

개방형 탱크 배출 문제에서 가장 흔한 실수는 압력항이 이미 서로 같아 소거된다는 점을 놓치고 밀도나 압력을 추가로 넣는 것이다. 또 $2gh$를 구한 뒤 반드시 제곱근을 취해야 하는데, 이 단계를 빼먹으면 3번이나 4번처럼 큰 오답으로 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

개방형 큰 탱크와 짧은 배출구가 보이면 먼저 자유액면과 출구의 압력이 같은지 확인한다. 다음으로 탱크 단면이 충분히 커서 자유액면 속도를 0으로 둘 수 있는지 본다. 이 조건이 맞으면 높이차 h만 남겨 $v = \sqrt{2gh}$로 바로 계산한다.

암기 포인트

개방형 큰 탱크의 무마찰 짧은 출구 유속은 높이차만으로 정해지며 $v = \sqrt{2gh}$이다.

NoteBase

문 17. 유량 $200 mol h^{-1}$의 액체 혼합물 원료(feed)가 $90^{\circ}C$ 단열조건에서 운전되는 플래시(flash) 증류 장치로 유입된다. 증류 후 액체 생성물의 유량이 $120 mol h^{-1}$일 때, 주입되는 원료의 온도[$^{\circ}C$]는? (단, 원료의 열용량은 $30 cal mol^{-1} {}^{\circ}C^{-1}$이고 증류 조건에서 기화열은 $6,000 cal mol^{-1}$이다)

① 110

② 130

③ 150

④ 170

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단열 플래시에서 원료의 현열이 일부 액체를 기화시키는 에너지수지로 주입 원료 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 원료 유량은 $200 mol h^{-1}$이다.
- 플래시 운전 온도는 90°C이다.
- 증류 후 액체 생성물 유량은 $120 mol h^{-1}$이다.
- 원료의 열용량은 30 cal mol^-1 °C^-1이다.
- 증류 조건에서 기화열은 6,000 cal mol^-1이다.

구해야 할 값:
- 주입 원료의 온도이다.

주의할 조건:
- 단열조건이므로 외부와의 열교환은 없고, 원료가 90°C까지 냉각되며 잃는 현열이 기화에만 쓰인다.

사용할 공식

증발한 몰수는 $V = F - L = 200 - 120 = 80 mol h^{-1}$이다.
단열 에너지수지는
$FC_p(T_F - 90) = V\lambda$
이다.
이 공식을 쓰는 이유:
플래시가 90°C 단열조건에서 운전되므로 원료가 90°C까지 내려오며 내놓는 현열이 같은 장치 안에서 $80 mol h^{-1}$를 증발시키는 잠열과 같아야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 액체 생성물이 $120 \mathrm{mol h^{-1}}$이므로 기화한 양은 $200 - 120 = 80 mol h^{-1}$이다.
2. 기화에 필요한 열량은 $80 \times 6{,}000 = 480{,}000 cal h^{-1}$이다.
3. 원료가 90°C까지 냉각되며 잃는 열량은 $200 \times 30 \times (T_F - 90)$이다.
4. 단열수지로
$200 \times 30 \times (T_F - 90) = 80 \times 6{,}000$
이므로
$6{,}000(T_F - 90) = 480{,}000$
$T_F - 90 = 80$
$T_F = 170^\circ C$
이다.

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 $170^\circ C$이므로 110°C는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 온도값 110이다. 올바르게는 170이다.
- 110°C는 기화량 $80 \mathrm{mol h^{-1}}$를 무시하고 현열을 과소평가한 값에 가깝다.

② X
- 계산 결과는 $170^\circ C$이므로 130°C는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 온도값 130이다. 올바르게는 170이다.
- 130°C는 잠열 항을 충분히 반영하지 않거나 증발 몰수를 작게 잡으면 나올 수 있는 오답이다.

③ X
- 계산 결과는 $170^\circ C$이므로 150°C는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 온도값 150이다. 올바르게는 170이다.
- 150°C는 온도차 $(T_F - 90)$를 60으로 잘못 계산한 경우의 오답이다.

④ O
- 단열수지 $200 \times 30 \times (T_F - 90) = 80 \times 6{,}000$를 풀면 $T_F = 170^\circ C$가 되어 맞다.
- 원료는 플래시 온도 90°C보다 높은 170°C로 들어와야 $80 \mathrm{mol h^{-1}}$가 증발할 수 있다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 액체 생성물 유량 $120 \mathrm{mol h^{-1}}$를 그대로 기화량으로 착각하는 점이다. 이 문제의 실제 기화량은 $200 - 120 = 80$이다. 또 플래시 운전 온도 90°C를 최종 액체의 기준온도로 두지 않고 원료의 절대온도만 바로 대입하면 현열 항을 잘못 세우게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

단열 플래시 계산형은 먼저 전체수지로 증발 몰수 $V = F - L$를 구한 뒤, 현열 $FC_p(T_F - T_{flash})$과 잠열 $V\lambda$를 같게 두는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

단열 플래시는 먼저 $V = F - L$, 다음은 현열 = 잠열이다.

NoteBase

문 18. 2차원 고체 열전달 미분방정식을 다음과 같이 나타낼 수 있는 조건은? (단, T는 온도를 의미한다)

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$$

① 열원이 있는 비정상상태

② 열원이 있는 정상상태

③ 열원이 없는 비정상상태

④ 열원이 없는 정상상태

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 2차원 고체 열전달의 지배방정식에서 정상상태 여부와 열원 유무를 식의 항으로 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

정상상태는 시간에 따라 온도가 변하지 않아 $\partial T/\partial t = 0$인 상태이다. 비정상상태는 시간항이 남는 상태이다.
열원이 없는 경우는 내부발열항 $\dot{q}/k$가 0인 상태이고, 열원이 있는 경우는 이 항이 남는다.
따라서 2차원 열전달의 일반식 $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$에서 시간항과 열원항이 모두 0일 때만 $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$이 된다.

선지별 해설

① X: 비정상상태이면 $\partial T/\partial t$ 항이 남고, 열원이 있으면 $\dot{q}/k$ 항도 남는다. 제시식처럼 0으로만 정리되지 않는다. 틀린 표현은 '열원이 있는 비정상상태'이고, 올바르게는 '열원이 없는 정상상태'이다.
② X: 정상상태이면 시간항은 사라지지만, 열원이 있으면 $\dot{q}/k$ 항이 남아 $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = -\dot{q}/k$ 꼴이 된다. 틀린 표현은 '열원이 있는'이고, 올바르게는 '열원이 없는 정상상태'이다.
③ X: 열원이 없더라도 비정상상태이면 시간항 $\frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$가 남는다. 틀린 표현은 '비정상상태'이고, 올바르게는 '정상상태'이다.
④ O: 열원이 없고 정상상태이면 내부발열항과 시간항이 모두 0이 되어 제시된 식이 그대로 성립한다. 이 식은 2차원 정상 열전도에서의 라플라스 방정식이다.

오답 포인트

정상상태와 열원 유무를 한 덩어리로 외우면 ②와 ③에서 흔들리기 쉽다. 정상상태는 시간항을 없애는 조건이고, 열원 없음은 내부발열항을 없애는 조건이라는 점을 따로 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

열전달 미분방정식이 나오면 먼저 시간미분항이 있는지 보고 정상상태인지 판단하고, 다음에 내부발열항이 있는지 보고 열원 유무를 판단한다. 두 항이 모두 사라질 때 라플라스 방정식이 된다.

암기 포인트

푸아송 방정식은 열원 있음, 라플라스 방정식은 열원 없음이다. 여기에 정상상태가 겹치면 시간항까지 사라진다.

NoteBase

문 19. 밀도 $1{,}500 kg m^{-3}$, 반지름 1 cm인 구형 고체입자 A를 용매에 녹이고자 한다. 입자 표면에서 A의 질량농도는 $1{,}000 kg m^{-3}$으로 일정하며, 물질전달계수는 $5 \times 10^{-5} m s^{-1}$이다. 이 조건에서 입자의 반지름이 0.5 cm가 될 때까지 걸리는 시간$[s]$은? (단, 용액 벌크에서 A의 농도는 무시한다)

① 50

② 100

③ 150

④ 200

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 구형 입자의 용해에서 질량감소 속도와 반지름 감소 속도의 관계를 이용해 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입자 밀도 $\rho_p = 1500 kg/m^3$, 초기 반지름 $r_0 = 1cm = 0.01m$, 최종 반지름 $r = 0.5cm = 0.005m$, 표면 농도 $C_s = 1000 kg/m^3$, 물질전달계수 $k = 5 \times 10^{-5} m/s$이다.
구해야 할 값: 반지름이 $0.01m$에서 $0.005m$로 줄어드는 시간이다.
주의할 조건: 벌크에서 A의 농도를 무시하므로 $C_b = 0$이고, 농도차는 $C_s - C_b = 1000 kg/m^3$이다.

사용할 공식

구형 입자의 질량은 $m = \rho_p \frac{4}{3} \pi r^3$이고, 용해 속도는 $-\frac{dm}{dt} = 4\pi r^2 k(C_s - C_b)$이다.
따라서
$\rho_p 4\pi r^2 \frac{dr}{dt} = -4\pi r^2 k(C_s - C_b)$
이므로
$\frac{dr}{dt} = -\frac{k(C_s - C_b)}{\rho_p}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 표면 농도와 벌크 농도 차가 일정하므로 반지름 감소 속도를 일정하게 둘 수 있는 구형 입자 용해 문제이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 벌크 농도를 무시하면 $C_b = 0$이므로 농도차는 $1000 kg/m^3$이다.
2. 반지름 감소 속도는
$-\frac{dr}{dt} = \frac{5 \times 10^{-5} \times 1000}{1500} = 3.33 \times 10^{-5} m/s$
이다.
3. 반지름 변화량은 $\Delta r = 0.01 - 0.005 = 0.005 m$이다.
4. 걸리는 시간은
$t = \frac{\Delta r}{-dr/dt} = \frac{0.005}{3.33 \times 10^{-5}} \approx 150 s$
이다.

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 $150 s$이므로 50은 맞지 않는다. 반지름 감소량이나 감소 속도를 잘못 잡은 값이다.
- 틀린 표현은 '50 s'이고, 올바르게는 '150 s'이다.

② X
- 계산 결과는 $150 s$이므로 100은 맞지 않는다. $r_0 - r$ 또는 kC_s/ρ_p 계산을 중간에 잘못 처리한 값이다.
- 틀린 표현은 '100 s'이고, 올바르게는 '150 s'이다.

③ O
- 반지름 감소 속도가 $3.33 \times 10^{-5} m/s$로 일정하고, 총 감소량이 $0.005 m$이므로 시간은 $150 s$이다.
- 따라서 ③은 옳다.

④ X
- 계산 결과는 $150 s$이므로 200은 맞지 않는다. 단위 변환이나 나눗셈을 잘못해 시간을 크게 잡은 값이다.
- 틀린 표현은 '200 s'이고, 올바르게는 '150 s'이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 질량을 바로 시간에 연결하지 않고 반지름 감소 속도로 바꾸어야 한다는 점이다. 구형 입자에서는 $m \propto r^3$이지만 미분하면 r^2가 소거되어 dr/dt가 일정해진다. 또 $1 cm$와 $0.5 cm$를 반드시 m로 바꾸고, 줄어든 길이가 $0.5 cm$ 즉 $0.005 m$임을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

구형 입자 용해 계산형은 먼저 $m = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$와 $-dm/dt = 4\pi r^2 k \Delta C$를 연결해 dr/dt를 만든 뒤, 반지름 변화량을 속도로 나누는 순서로 판단한다. 마지막에는 길이 단위를 m로 통일했는지 다시 확인한다.

암기 포인트

구형 입자 용해에서 C_s와 k가 일정하면 $dr/dt = -k\Delta C/\rho$이므로 반지름은 시간에 대해 선형으로 감소한다.

NoteBase

문 20. 온도 $400K$에서 기체 분자 A가 촉매 기공을 통해 Knudsen 확산을 하고 있고 이때 A의 Knudsen 확산계수는 $D_{k,A}$이다. 동일한 촉매 기공에서 분자량이 A의 두 배인 기체 분자 B의 Knudsen 확산계수 $D_{k,B}$가 $D_{k,A}$와 같아지는 온도[K]는?

① 200

② $400\sqrt{2}$

③ 800

④ $800\sqrt{2}$

정답 3번

출제 포인트

Knudsen 확산계수의 비례식 $D_k \propto \sqrt{T/M}$를 이용해 분자량이 달라질 때 같은 확산계수를 만드는 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- A의 온도는 400 K이다.
- B의 분자량은 A의 2배이다.
- 두 기체는 동일한 촉매 기공을 지난다.

구해야 할 값:
- $D_{k,B} = D_{k,A}$가 되는 B의 온도이다.

주의할 조건:
- 동일 기공이므로 기공 반지름 r_p와 상수항은 서로 같아져 약분된다.

사용할 공식

Knudsen 확산계수는
$D_k = \frac{2}{3} r_p \left(\frac{8RT}{\pi M}\right)^{1/2}$
이다.

이 공식을 쓰는 이유:
동일한 기공에서는 r_p와 상수 R, π가 같으므로, 확산계수 비교는 $D_k \propto \sqrt{T/M}$만 보면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 같은 확산계수 조건을 세우면
$D_{k,A} = D_{k,B} \Rightarrow \sqrt{\frac{T_A}{M_A}} = \sqrt{\frac{T_B}{M_B}}$
이다.
2. $T_A = 400$, $M_B = 2M_A$를 대입하면
$\sqrt{\frac{400}{M_A}} = \sqrt{\frac{T_B}{2M_A}}$
이다.
3. 양변을 제곱하면
$\frac{400}{M_A} = \frac{T_B}{2M_A}$
이다.
4. M_A를 약분하면
$400 = \frac{T_B}{2}$
이므로
$T_B = 800K$
이다.

선지별 해설

① X
- 200 K이면 $\sqrt{200/(2M_A)} = \sqrt{100/M_A}$가 되어 $\sqrt{400/M_A}$인 A보다 작다.
- 틀린 표현은 제시 온도 200 K가 같은 확산계수를 만든다는 판단이다.
- 올바르게는 같은 확산계수를 만들려면 800 K가 되어야 한다.

② X
- $400\sqrt{2}K$이면 $T_B/(2M_A) = 200\sqrt{2}/M_A$가 되어 400에 미치지 못하므로 $D_{k,B} < D_{k,A}$이다.
- 틀린 표현은 제곱근 관계를 보고 온도를 $\sqrt{2}$배만 하면 된다고 본 점이다.
- 올바르게는 제곱근을 없애기 위해 제곱해서 비교하므로 온도는 정확히 2배인 800 K가 되어야 한다.

③ O
- $800K$이면 $T_B/M_B = 800/(2M_A) = 400/M_A$가 되어 $D_{k,B} = D_{k,A}$를 만족한다.
- 같은 기공에서 같은 Knudsen 확산계수를 만들려면 T/M 비가 같아야 하므로 이 선택지만 맞다.

④ X
- $800\sqrt{2}K$이면 $T_B/(2M_A) = 400\sqrt{2}/M_A$가 되어 A보다 더 큰 확산계수를 준다.
- 틀린 표현은 800 K에 다시 $\sqrt{2}$를 한 번 더 곱해야 한다고 본 점이다.
- 올바르게는 분자량이 2배일 때 같은 D_k 조건은 온도 2배까지만 필요하므로 800 K가 맞다.

오답 포인트

제곱근이 T에만 걸린다고 착각하면 $400\sqrt{2}$나 $800\sqrt{2}$ 같은 오답으로 간다. 같은 기공의 Knudsen 확산 비교에서는 전체 비례식이 $\sqrt{T/M}$라는 점을 먼저 잡아야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

같은 기공에서 Knudsen 확산계수를 비교하는 문제는 $D_k \propto \sqrt{T/M}$만 남긴 뒤, 같은 확산계수 조건이면 먼저 양변을 제곱해서 T/M가 같아지는지 확인하면 된다.

암기 포인트

Knudsen 확산은 같은 기공이면 $D_k \sim \sqrt{T/M}$이고, 같은 D_k 조건은 T/M 일정이다.

NoteBase