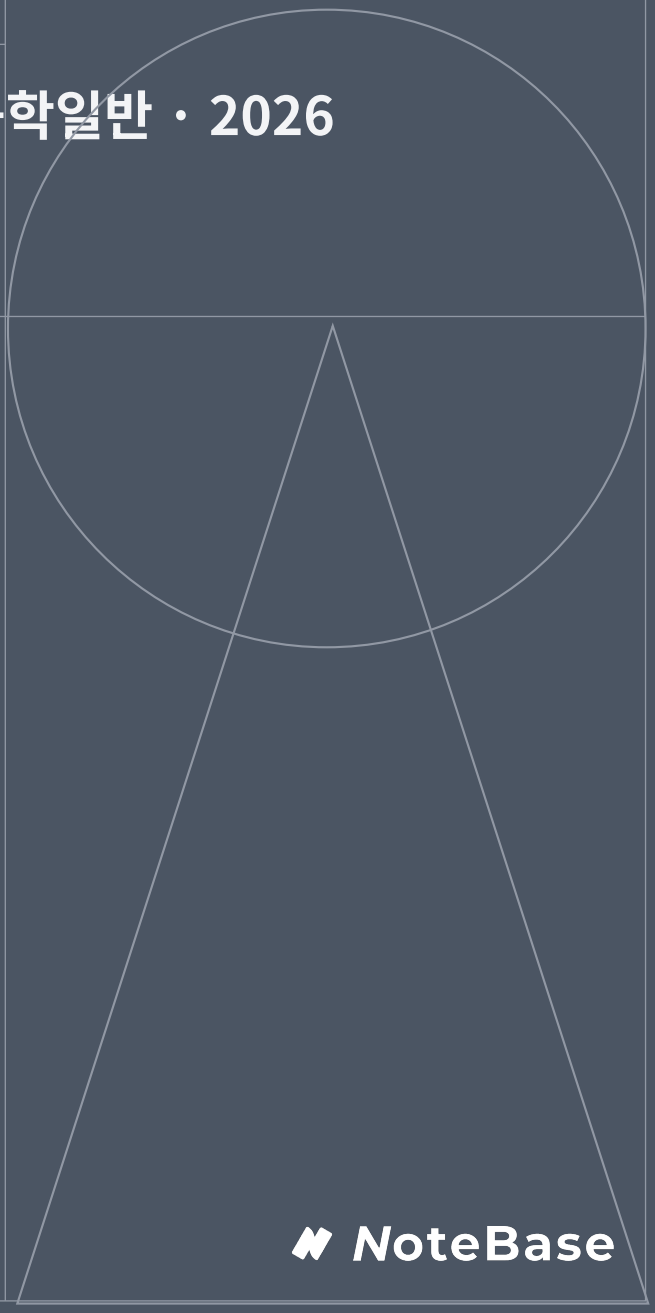
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2026

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2026

문 1. 상용 폴리에틸렌의 결정화도(crystallinity) 증가와 함께 나타나는 변화로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 밀도 증가
ㄴ. 녹는점 상승
ㄷ. 인장강도 감소

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

결정화도가 커지면 분자 사슬이 규칙적이고 촘촘하게 배열되어 **밀도와 녹는점이 높아지는** 경향이 있다. 사슬의 이동도 제한되므로 인장강도는 감소하기보다 **증가하는** 경향이 있다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 결정화도는 고분자에서 규칙적으로 배열된 결정 영역이 차지하는 비율이다. 결정 영역은 사슬이 불규칙하게 배열된 비결정 영역보다 **사슬이 촘촘하게 채워져** 있다. 따라서 결정 영역의 비율이 커지면 같은 질량이 차지하는 부피가 줄어 밀도가 증가한다.

ㄴ. O: 상용 폴리에틸렌은 결정화도가 높을수록 일반적으로 **녹는점이 높아지는 경향**이 있다. 결정성이 높은 상용 제품에서는 사슬이 더 규칙적이고 안정적으로 배열되며, 이러한 결정 구조를 열로 흐트러뜨리려면 더 높은 온도가 필요하다.

ㄷ. X: 인장강도는 재료가 잡아당기는 힘에 견디는 강도이다. 결정 영역은 사슬의 이동과 미끄러짐을 억제하므로, 결정화도가 증가하면 일반적으로 **인장강도도 증가**한다. 따라서 보기의 '인장강도 감소'는 '인장강도 증가'로 고쳐야 한다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, 이를 모두 포함한 조합은 ①이다.

NoteBase

문 2. 아레니우스(Arrhenius) 법칙에 근거하여, 서로 직선형 비례관계인 두 인자를 바르게 나열한 것은? (단, k와 T는 각각 속도 상수, 절대 온도이다)

① $k,\ \frac{1}{T}$
② $k,\ \ln\frac{1}{T}$
③ $\ln k,\ \frac{1}{T}$
④ $\ln k,\ \ln\frac{1}{T}$

정답 3번

간단한 해설

아레니우스 식에 자연로그를 취하면 $\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R}\frac{1}{T}$가 된다. 따라서 **속도 상수의 자연로그와 절대 온도의 역수**가 직선 관계를 이룬다.

공통 해설

아레니우스 법칙은 $k = A\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$로 나타낸다. 여기서 A는 빈도 인자, E_a는 활성화 에너지, R은 기체 상수이며, 절대 온도 T의 단위는 K이다. 기본 아레니우스 식에서는 다루는 온도 범위에서 **빈도 인자와 활성화 에너지를 일정하게** 취급한다.

양변에 자연로그를 취하면 지수 부분이 곱셈항으로 내려와 $\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R}\frac{1}{T}$가 된다. 이를 직선식 $y = mx + b$와 비교하면 $y = \ln k$, $x = \frac{1}{T}$, 기울기는 $-\frac{E_a}{R}$, 절편은 $\ln A$이다.

따라서 직선 관계에 있는 두 인자는 $\ln k$와 $\frac{1}{T}$이다. 속도 상수에는 자연로그를 취하고, 절대 온도는 역수로 사용해야 한다. k를 그대로 두거나 온도의 역수에 다시 자연로그를 취한 조합은 이 직선식의 두 변수에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 3. 반응기 내 위치에 따라 반응물 농도가 달라지는 것만을 고르면? (단, 반응기는 이상적 반응기로 운전된다)

ㄱ. 충전층반응기(PBR)
ㄴ. 회분식반응기(BR)
ㄷ. 플러그흐름반응기(PFR)
ㄹ. 연속교반탱크반응기(CSTR)

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 1번

간단한 해설

이상적인 충전층반응기와 플러그흐름반응기에서는 유체가 흐르면서 반응물이 소모되므로 **흐름 방향에 따라 농도가 달라진다**. 회분식반응기에서 나타나는 시간에 따른 농도 변화는 위치에 따른 농도 차이와 구별한다.

보기별 해설

위치에 따른 농도 차이는 같은 시각에 반응기 내부의 서로 다른 지점을 비교하는 것이다.

ㄱ. 위치에 따라 달라짐: 충전층반응기(PBR)에서는 유체가 고체 입자로 채워진 층을 통과하면서 반응이 진행된다. 흐름을 따라 반응물이 소모되므로 **층의 입구와 출구 쪽의 반응물 농도가 다르다**.

ㄴ. 위치에 따라 일정함: 이상적인 회분식반응기(BR)는 내용물이 완전히 혼합되어 같은 시각에는 반응기 내부 어디서나 농도가 같다. 반응이 진행되면서 농도가 변하지만, 이는 **시간에 따른 변화**이다.

ㄷ. 위치에 따라 달라짐: 이상적인 플러그흐름반응기(PFR)는 흐름 방향으로는 혼합이 없고, 흐름에 수직인 단면에서는 농도가 균일하다. 유체가 입구에서 출구로 이동하는 동안 반응물이 소모되므로 **축 방향 위치에 따라 농도가 달라진다**.

ㄹ. 위치에 따라 일정함: 이상적인 연속교반탱크반응기(CSTR)는 유입된 물질이 즉시 완전히 혼합된다. 따라서 **반응기 내부의 농도는 모든 위치에서 같고**, 유출액의 농도도 반응기 내부 농도와 같다.

위치에 따라 반응물 농도가 달라지는 반응기는 ㄱ과 ㄷ이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 4. 주위 온도가 27 °C, 냉동 온도가 −33 °C인 카르노(Carnot) 냉동기의 성능계수는? (단, 0 °C는 273 K이다)

① 0.2

② 0.25

③ 4

④ 5

정답 3번

간단한 해설

카르노 냉동기의 성능계수는 **냉동 온도의 절대온도**를 두 열원 사이의 온도차로 나눈 값이다. 냉동 온도는 240 K, 온도차는 60 K이므로 성능계수는 4이다.

계산 과정

온도 환산: 주위는 고온 열원, 냉동 공간은 저온 열원이다. 고온 열원의 절대온도를 T_H, 저온 열원의 절대온도를 T_L이라 하면, 주위는 27 + 273 = 300 K이고 냉동 공간은 −33 + 273 = 240 K이다. 카르노 관계식에는 **절대온도**를 사용해야 한다.

성능계수 관계식: 냉동기는 일을 공급받아 저온 열원에서 열을 흡수하고 고온 열원으로 방출한다. 흡수 열량을 Q_L, 방출 열량을 Q_H, 투입 일을 W라 하면, 냉동기의 성능계수는 $\mathrm{COP}_R = \frac{Q_L}{W}$이다. 에너지 보존에 따라 $W = Q_H - Q_L$이고, **가역적으로 작동하는 카르노 냉동기**에서는 $\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H}$가 성립한다. 두 관계를 결합하면 $\mathrm{COP}_R = \frac{T_L}{T_H - T_L}$을 얻는다.

수치 대입: 두 열원의 온도차는 300 − 240 = 60 K이다. 따라서 $\mathrm{COP}_R = \frac{240}{300 - 240} = \frac{240}{60} = 4$이다.

결과의 의미: 성능계수 4는 일 1 J을 투입할 때 냉동 공간에서 열 4 J을 흡수한다는 뜻이다. 열량과 일의 비이므로 단위가 없으며, ③의 4에 해당한다.

NoteBase

문 5. 과포화 소금물을 밀폐 용기에 장시간 보관한 후 소금 결정, 소금물, 증기가 평형을 이루었을 때, 계의 자유도는?

① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 2번

간단한 해설

물과 소금의 **2성분**이 고체·액체·기체의 **3개 상**으로 공존하므로, 깁스 상률에 따른 자유도는 2 − 3 + 2 = 1이다.

계산 과정

자유도 F는 상평형을 유지하면서 독립적으로 정할 수 있는 온도·압력·조성 등의 강도변수 수이다. 깁스 상률은 $F = C - P + 2$이며, C는 독립 성분 수, P는 공존하는 상의 수이다. 밀폐는 물질의 출입을 막는 조건이며, **온도나 압력이 일정하게 지정된 조건은 아니다**. 따라서 온도나 압력의 고정을 전제로 자유도를 추가로 줄이지 않는다.

성분 수: 계를 구성하는 독립 성분은 **물과 소금**이므로 $C = 2$이다. 소금물은 두 성분의 혼합물이며, 증기는 물이 기체 상태로 존재하는 것이므로 별도의 성분을 추가하지 않는다.

상 수: 소금 결정은 고체상, 소금물은 액체상, 증기는 기체상이다. 소금물이 물과 소금을 포함하더라도 균일한 용액이므로 **하나의 액체상**으로 센다. 따라서 $P = 3$이다. 과포화 상태에서 여분의 소금이 석출되고 평형에 도달하면, 남은 소금물은 결정과 평형을 이루는 포화용액이다.

자유도 계산: $F = 2 - 3 + 2 = 1$이다. 이는 세 상이 공존하는 범위에서 온도 하나를 정하면 포화용액의 조성과 평형 증기압이 함께 결정되어, 이들을 각각 독립적으로 정할 수 없다는 뜻이다. 자유도는 단위가 없는 수이며, 계산값 1은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 부피와 온도가 일정한 조건에서, 반응물의 반감기가 초기 농도에 반비례할 때, 반응 차수는?

① 0

② 0.5

③ 1

④ 2

정답 4번

간단한 해설

2차 반응의 반감기는 $t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$이므로, 속도상수 k가 일정하면 **초기 농도에 반비례**한다.

공통 해설

반감기는 반응물의 농도가 초기 농도의 절반으로 감소하는 데 걸리는 시간이다. 반응물의 농도를 C, 초기 농도를 C_0, 반응 차수를 n이라 할 때, 속도식이 $-\frac{dC}{dt} = kC^n$인 반응의 반감기는 $t_{1/2} \propto C_0^{1-n}$의 관계를 갖는다. 온도가 일정하면 속도상수 k도 일정하므로, 이 관계로 초기 농도에 따른 반감기 변화를 판단한다.

초기 농도에 반비례하는 반감기는 2차 반응에 해당한다. 2차 반응에서는 $t_{1/2} = \frac{1}{kC_0}$이므로, 초기 농도가 2배가 되면 반감기는 절반이 된다.

NoteBase

문 7. 5 wt%의 식염수를 100 kg h^{-1}의 유속으로 증발기에 공급하여 20 wt%로 농축할 때, 증발수와 농축액 각각의 배출속도 [kg h^{-1}]는?

① 증발수: 55, 농축액: 45

② 증발수: 65, 농축액: 35

③ 증발수: 75, 농축액: 25

④ 증발수: 85, 농축액: 15

정답 3번

간단한 해설

증발 과정에서 **식염은 농축액에 남으므로 식염의 질량유량이 보존**된다. 유입 식염 5 kg h^{-1}이 농축액의 20 wt%이므로 농축액은 25 kg h^{-1}이고, 나머지 75 kg h^{-1}이 증발수로 배출된다.

계산 과정

조건과 변수: 공급액의 질량유량을 F, 농축액을 L, 증발수를 V라 하며 단위는 모두 kg h^{-1}이다. 정상상태로 운전하여 물질의 축적이 없고, **식염은 증발하지 않아 농축액으로만 배출**된다고 본다. wt%는 용액 전체 질량에 대한 식염 질량의 백분율이므로 공급액과 농축액의 식염 질량분율은 각각 0.05와 0.20이다.

유입 식염량: 공급액 100 kg h^{-1} 중 식염은 5 wt%이므로 식염의 질량유량은 $100 \times 0.05 = 5$ kg h^{-1}이다. 이 값은 공급액 전체가 아니라 **매시간 유입되는 식염만의 질량**이다.

농축액의 배출속도: 유입된 식염이 모두 농축액에 남으므로 식염 수지는 $0.05F = 0.20L$이다. 따라서 $L = \frac{0.05 \times 100}{0.20} = 25$ kg h^{-1}이다. 농축액 25 kg h^{-1}에는 식염 5 kg h^{-1}과 물 20 kg h^{-1}이 포함된다.

증발수의 배출속도: 전체 질량수지는 $F = L + V$이므로 $V = F - L$이다. 따라서 증발수는 $100 - 25 = 75$ kg h^{-1}이다. 증발수 75 kg h^{-1}, 농축액 25 kg h^{-1}로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 다음 전달함수 $G(s)$의 시간상수(time constant, τ)와 제동비(damping factor, ζ)는?

$G(s) = \frac{6}{s^2 + 2s + 4}$

① τ: 0.5, ζ: 0.25

② τ: 0.5, ζ: 0.5

③ τ: 1, ζ: 0.25

④ τ: 1, ζ: 0.5

정답 2번

간단한 해설

2차계 전달함수의 분모를 **상수항이 1인 표준형**으로 바꾸면 $0.25s^2 + 0.5s + 1$이다. 이를 $\tau^2 s^2 + 2\zeta\tau s + 1$과 비교하면 시간상수 τ = 0.5, 제동비 ζ = 0.5가 된다.

계산 과정

2차계 전달함수의 표준형은 $G(s) = \frac{K}{\tau^2 s^2 + 2\zeta\tau s + 1}$이다. 여기서 K는 정상상태 이득, τ는 양의 시간상수, ζ는 제동비이다. 시간상수와 제동비를 구하려면 **분모의 상수항을 1로 맞춘 뒤** 각 항의 계수를 비교한다.

표준형으로 변환: 주어진 전달함수의 분자와 분모를 모두 4로 나누면 $G(s) = \frac{1.5}{0.25s^2 + 0.5s + 1}$이다. 분자의 1.5는 이득 K이며, 시간상수와 제동비는 분모의 계수에서 구한다.

시간상수 τ: 이차항의 계수는 $\tau^2 = 0.25$이다. τ는 양수이므로 $\tau = \sqrt{0.25} = 0.5$이다. 이차항의 계수 0.25 자체가 시간상수가 아니라 **시간상수의 제곱**이라는 점에 유의한다.

제동비 ζ: 일차항의 계수는 $2\zeta\tau = 0.5$이다. 앞에서 구한 τ = 0.5를 대입하면 $\zeta = \frac{0.5}{2 \cdot 0.5} = 0.5$이다. 제동비는 단위가 없는 비이다.

따라서 시간상수 τ = 0.5, 제동비 ζ = 0.5로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. Prandtl수가 1보다 매우 클 때, 속도경계층과 열경계층의 두께에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 속도경계층이 열경계층보다 두껍다.

② 열경계층이 속도경계층보다 두껍다.

③ 속도경계층과 열경계층의 두께가 서로 동일하다.

④ Prandtl수와 경계층 두께는 무관하다.

정답 1번

간단한 해설

Prandtl수가 1보다 매우 크면 운동량이 열보다 상대적으로 잘 확산된다. 따라서 **속도경계층이 열경계층보다 두껍다**.

공통 해설

Prandtl수는 운동량확산계수인 동점성계수 ν를 열확산계수 α로 나눈 무차원수로, $Pr = \frac{\nu}{\alpha}$이다. 이는 유체에서 **운동량과 열이 확산되는 정도의 상대적인 비**를 나타낸다.

속도경계층은 벽면의 영향으로 유속이 주류 유속과 달라지는 영역이고, 열경계층은 벽면과 유체의 온도 차이로 온도가 주류 온도와 달라지는 영역이다. Prandtl수가 1보다 매우 크면 동점성계수가 열확산계수보다 매우 크므로, 벽면의 운동량 영향이 열의 영향보다 유체 내부로 더 넓게 퍼진다. 따라서 **속도경계층이 열경계층보다 두껍다**. 두 경계층의 두께가 같거나 열경계층이 더 두껍다는 설명은 이 조건에 맞지 않으며, Prandtl수는 두 경계층의 상대적인 두께와 관련이 있다.

NoteBase

문 10. 물리량의 SI 단위 표현에서 시간 차원의 차수가 나머지 셋과 다른 것은?

① 힘

② 동력

③ 압력

④ 표면장력

정답 2번

간단한 해설

동력은 단위 시간당 한 일이므로, 일의 단위를 시간으로 한 번 더 나눈다. 따라서 시간 차원의 차수는 **동력에서 −3**이고, 나머지 세 물리량에서는 −2이다.

선지별 해설

시간 차원의 차수는 SI 기본단위로 나타냈을 때 초(s)에 붙는 지수이다. 예를 들어 s^{-2}이면 시간 차원의 차수는 −2이다.

① 힘: 질량과 가속도의 곱이다. 가속도의 단위가 $m \cdot s^{-2}$이므로 힘의 SI 단위는 $N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$이다. 시간 차원의 차수는 −2이다.

② 동력: **단위 시간당 한 일**이다. 일은 힘과 힘 방향 변위의 곱이므로 단위가 $J = N \cdot m$이고, 동력의 단위는 $W = J/s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$이다. 시간을 한 번 더 나누므로 시간 차원의 차수는 −3이다.

③ 압력: **단위 면적당 수직으로 작용하는 힘**이다. 힘을 면적으로 나누면 SI 단위는 $Pa = N/m^2 = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$이다. 면적에는 시간 차원이 없으므로 시간 차원의 차수는 힘과 같은 −2이다.

④ 표면장력: 액체 표면에서 경계선의 **단위 길이당 작용하는 힘**이다. SI 단위는 $N/m = kg \cdot s^{-2}$이다. 길이로 나누어도 시간 차원은 변하지 않으므로 시간 차원의 차수는 −2이다.

힘·압력·표면장력은 시간 차원의 차수가 모두 −2이고, ② **동력만 −3**으로 다르다.

NoteBase

문 11. 25 °C에서 n-$C_4H_{10}(g)$, $CO_2(g)$, $H_2O(l)$의 표준생성열 [kJ mol^{-1}]은 각각 −120, −390, −280이다. 25 °C에서 1몰의 n-$C_4H_{10}(g)$이 연소되어 $CO_2(g)$와 $H_2O(l)$이 생성되는 반응의 표준반응열 [kJ]은?

① −770

② −1,540

③ −2,840

④ −5,680

정답 3번

간단한 해설

표준반응열은 **생성물의 표준생성열 합에서 반응물의 표준생성열 합을 뺀 값**이다. 부테인 1몰에서 이산화탄소 4몰과 액체 물 5몰이 생성되므로, 주어진 생성열을 적용하면 반응열은 −2,840 kJ이다.

계산 과정

25 °C에서 기체 부테인 n-$C_4H_{10}(g)$ 1몰이 연소하는 경우를 기준으로 한다. 탄소와 수소의 원자수를 맞추면 $CO_2(g)$ 4몰과 $H_2O(l)$ 5몰이 생성된다. 필요한 산소는 $\frac{13}{2}$몰이며, 물은 문제에 주어진 **액체 상태**의 생성열을 사용한다.

헤스의 법칙에 따라 반응열은 **생성물의 생성열 합 − 반응물의 생성열 합**으로 구한다. 엔탈피는 상태함수이므로 반응 경로와 관계없이 처음과 마지막 상태의 차이로 계산할 수 있다. 각 물질의 표준생성열에 반응에 참여하는 몰수를 곱하며, 표준상태의 원소인 $O_2(g)$의 표준생성열은 0이다.

생성물의 생성열 합은 $4 \times (-390) + 5 \times (-280) = -2{,}960$ kJ이다. 반응물의 생성열 합은 부테인 1몰의 −120 kJ이며, 산소의 기여는 0이다.

따라서 표준반응열은 $-2{,}960 - (-120) = -2{,}840$ kJ로, ③의 값과 일치한다. 음의 부호는 부테인 1몰이 연소할 때 2,840 kJ의 열을 방출한다는 뜻이다.

NoteBase

문 12. 서로 동일한 등온 연속교반탱크반응기(CSTR) 2개를 직렬로 연결하여 액상 비가역 1차 반응 A→B를 진행할 때, 첫 번째 반응기의 출구에서 전환율이 0.60이면 두 번째 반응기의 출구에서 최종 전환율은? (단, 반응기는 정상상태로 운전된다)

① 0.60

② 0.72

③ 0.80

④ 0.84

정답 4번

간단한 해설

동일한 조건의 1차 CSTR에서는 각 반응기를 통과한 뒤 **유입된 A 중 남는 비율이 같다**. 첫 번째에서 0.40이 남으므로 두 번째까지 거치면 $0.40 \times 0.40 = 0.16$이 남고, 최종 전환율은 0.84(84%)이다.

계산 과정

1. 정상상태 물질수지: 액상 반응에서 밀도 변화를 무시하여 체적유량 v를 일정하게 둔다. 각 반응기의 부피를 V, 속도상수를 k, 유입·유출 A 농도를 각각 C_{in}, C_{out}이라 하자. CSTR는 완전혼합되므로 **반응속도는 출구 농도**로 계산한다. 정상상태에서는 축적이 없어 $v(C_{\text{in}} - C_{\text{out}}) = VkC_{\text{out}}$이다. 체류시간을 $\tau = V/v$로 두면 $\frac{C_{\text{out}}}{C_{\text{in}}} = \frac{1}{1+k\tau}$를 얻는다.

2. 첫 번째 반응기의 잔존비: 최초 유입 농도를 C_{A0}, 첫 번째 출구 농도를 C_{A1}이라 하면, 전환율 0.60은 최초 A의 60%가 반응했다는 뜻이다. 따라서 $\frac{C_{A1}}{C_{A0}} = 1 - 0.60 = 0.40$이다. 두 반응기는 동일한 부피와 온도에서 같은 체적유량으로 운전되므로 $k\tau$가 같아, 두 번째 반응기에서도 **자기 유입량의 40%가 남는다**.

3. 최종 전환율: 두 번째 출구 농도를 C_{A2}라 하면 $\frac{C_{A2}}{C_{A1}} = 0.40$이므로, 최초 유입량을 기준으로 남은 비율은 $\frac{C_{A2}}{C_{A0}} = 0.40 \cdot 0.40 = 0.16$이다. 최종 전환율은 $X_2 = 1 - \frac{C_{A2}}{C_{A0}} = 1 - 0.16 = 0.84$이다. 이는 최초 A의 84%가 반응했다는 뜻이며, 단위가 없는 값으로 ④의 0.84에 해당한다.

NoteBase

문 13. 2몰의 이상기체가 600 K, 5 atm, V_1 L의 초기 상태로부터 240 K, 1 atm, V_2 L의 최종 상태로 냉각되었을 때, $\frac{V_2}{V_1}$는?

① 2.0

② 2.4

③ 3.0

④ 3.2

정답 1번

간단한 해설

몰수가 일정한 이상기체의 부피는 **절대온도에 비례하고 압력에 반비례**한다. 따라서 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{240}{600} \cdot \frac{5}{1} = 2.0$으로, 냉각되더라도 압력 감소의 영향으로 부피는 처음의 2배가 된다.

계산 과정

기체의 몰수는 처음과 끝 모두 2몰이다. 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$에서 P는 압력, V는 부피, T는 절대온도, n은 몰수, R은 기체상수이다. **몰수가 일정하므로** $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$가 성립한다.

초기 조건은 600 K와 5 atm, 최종 조건은 240 K와 1 atm이다. 온도는 이미 절대온도 K로 주어졌으므로 변환할 필요가 없다. 부피비를 구하도록 식을 정리하면 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2}$이다. 온도 감소에 따른 부피 변화 배율은 $\frac{240}{600} = 0.4$, 압력 감소에 따른 부피 변화 배율은 $\frac{5}{1} = 5$이다.

두 효과를 함께 반영하면 $\frac{V_2}{V_1} = 0.4 \cdot 5 = 2.0$이다. 즉, 최종 부피는 초기 부피의 2배이다. **같은 단위의 부피끼리 나눈 비이므로 단위가 없으며**, 계산값 2.0은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 14. t °C에서 순수한 $A(l)$와 $B(l)$의 증기압이 각각 100 mmHg, 50 mmHg이고, $A(l)$와 $B(l)$로 만든 용액의 전체 증기압이 85 mmHg일 때, 용액 속 A의 몰분율은? (단, 용액은 이상용액이고, 기체는 이상기체이다)

① 0.4

② 0.5

③ 0.6

④ 0.7

정답 4번

간단한 해설

이상용액의 전체 증기압은 각 성분의 순수한 액체 증기압을 **액상 몰분율로 가중하여 더한 값**이다. A와 B의 몰분율 합이 1이라는 조건을 적용하면, 전체 증기압 85 mmHg에 해당하는 A의 몰분율은 0.7이다.

계산 과정

액체 용액 속 A와 B의 몰분율을 각각 x_A, x_B라 두면, 두 성분만 있으므로 $x_B = 1 - x_A$이다. 순수한 A와 B의 증기압은 같은 온도 t °C에서 각각 100 mmHg, 50 mmHg이다.

이상용액에는 라울의 법칙이 적용되어 각 성분의 분압은 액상 몰분율과 순수한 액체 증기압의 곱이다. 따라서 $p_A = 100x_A$, $p_B = 50(1 - x_A)$이며, 이때 분압의 단위는 mmHg이다. 기체가 이상기체이므로 전체 압력은 두 분압의 합 $P = p_A + p_B$이다.

전체 증기압 85 mmHg를 대입하면 $85 = 100x_A + 50(1 - x_A)$이다. 이를 정리하면 $35 = 50x_A$이므로 $x_A = \frac{85 - 50}{100 - 50} = 0.7$이다. 이는 용액 속 전체 몰수에서 A가 차지하는 비율이 70%라는 뜻이며, 몰분율은 무차원이다.

계산한 A의 몰분율 0.7은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 15. 3차원 결정성 골격과 규칙적으로 배열된 미세 기공을 갖는 촉매 지지체 소재는?

① 활성탄(activated carbon)

② 에어로젤(aerogel)

③ α-알루미나(α-alumina)

④ 제올라이트(zeolite)

정답 4번

간단한 해설

제올라이트는 **3차원 결정성 골격 안에 미세 기공이 규칙적으로 배열**된 소재이다. 단순히 기공이 많다는 점보다 결정 구조에 따라 기공의 크기와 배열이 정해진다는 점이 핵심이다.

핵심 풀이

제올라이트: 규소 또는 알루미늄 원자 주위를 산소 원자 네 개가 둘러싼 사면체들이 산소를 공유하며 연결되어 3차원 골격을 이룬다. 이 골격이 주기적으로 반복되면서 분자 크기의 통로와 공동이 형성되므로, **결정성과 규칙적인 미세 기공**이라는 두 조건을 함께 만족한다. 기공에 들어갈 수 있는 분자의 크기가 제한되어 분자체로도 작용한다.

다른 소재와의 구분: 활성탄과 에어로젤도 다공성 소재이지만, **다공성이라는 사실만으로 기공의 규칙적인 결정 배열을 뜻하지는 않는다**. α-알루미나는 결정성 소재이지만, 제올라이트처럼 결정 골격 자체에 분자 크기의 기공이 규칙적으로 형성된 구조는 아니다. 따라서 문제의 두 구조적 특징을 함께 나타내는 소재는 제올라이트이다.

NoteBase

문 16. 저분자량 용질이 농도 구배에 의해 확산함으로써 용매로부터 제거되는 분리공정은?

① 추출

② 흡착

③ 투석

④ 역삼투

정답 3번

간단한 해설

투석은 **농도 구배를 구동력**으로 저분자량 용질을 막 너머로 확산시켜 제거하는 공정이다. 역삼투는 압력을 가해 용매를 이동시킨다는 점에서 다르다.

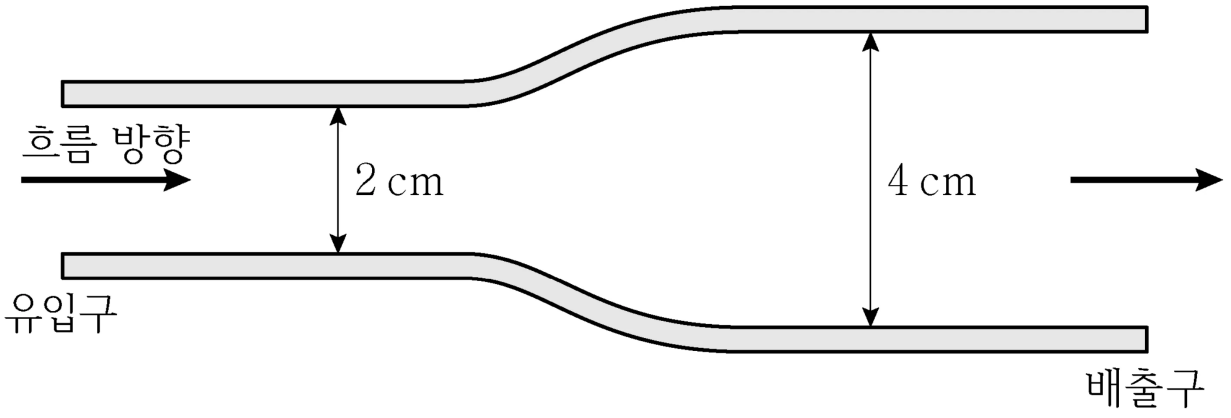
개념 구분

투석: 저분자량 용질이 통과할 수 있는 막을 사이에 두면, 용질은 **농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 확산**한다. 막 반대편의 용질 농도를 낮게 유지하면 용질이 계속 이동하여 원래 용액에서 제거된다. 따라서 문제의 '저분자량 용질'과 '농도 구배에 의한 확산'은 투석을 가리킨다.

역삼투와의 구분: 역삼투는 용액 쪽에 삼투압보다 큰 압력을 가해 **용매를 막 반대편으로 이동**시키는 공정이다. 용질의 농도 차에 따른 확산으로 분리하는 투석과 달리, 압력을 이용해 용매를 통과시키고 용질을 남긴다.

NoteBase

문 17. 유입구와 배출구의 내경이 각각 2 cm, 4 cm인 원통형 연결관에서 비압축성 뉴턴유체(Newtonian fluid)가 정상상태로 흐를 때, 배출구 평균유속 [m s^{-1}] / 유입구 평균유속 [m s^{-1}]은?



① $\frac{1}{16}$
② $\frac{1}{4}$
③ $\frac{9}{16}$
④ $\frac{3}{4}$

정답 2번

간단한 해설

비압축성 유체가 정상상태로 흐르면 **체적유량이 일정**하므로 평균유속은 관의 단면적에 반비례한다. 배출구 내경이 유입구의 2배이면 단면적은 4배이므로 배출구 평균유속은 유입구의 $\frac{1}{4}$이다.

계산 과정

1. 연속방정식 적용: 유입구를 1, 배출구를 2로 두고, 단면적을 A, 내경을 D, 평균유속을 $\bar{v}$라 하자.
정상상태에서는 관 안에 질량이 축적되지 않으므로 유입 질량유량과 배출 질량유량이 같다. 비압축성 유체는 밀도가 일정하므로 **체적유량도 동일**하여 $Q = A_1\bar{v}_1 = A_2\bar{v}_2$가 성립한다.

2. 단면적 비 계산: 그림에서 유입구 내경은 2 cm, 배출구 내경은 4 cm이다. 원형 단면의 넓이는 $A = \frac{\pi D^2}{4}$이므로 **내경의 제곱에 비례**한다. 따라서 $\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{4}{2}\right)^2 = 4$로, 배출구 단면적은 유입구의 4배이다. 두 내경의 단위가 같으므로 비를 구할 때 cm를 m로 바꿀 필요는 없다.

3. 평균유속 비 계산: 같은 체적유량이 4배 넓은 단면을 지나므로 배출구 평균유속은 유입구의 4분의 1로 줄어든다. 연속방정식을 정리하면 $\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{4}$이다. 두 평균유속의 단위가 모두 m/s이므로 그 비는 무차원이며, 이 값은 ②와 일치한다.

NoteBase

문 18. 25 °C, 1 atm의 공기에 대한 물질 A의 확산도가 0.2 $cm^2\ s^{-1}$일 때, Schmidt수는? (단, 공기의 밀도와 점도는 각각 1.2×10^{-3} g cm^{-3}, 1.8×10^{-4} g $cm^{-1}\ s^{-1}$이다)

① 0.60

② 0.75

③ 0.90

④ 1.0

정답 2번

간단한 해설

Schmidt수는 **동점도를 물질 확산도로 나눈 무차원수**이다. 주어진 공기의 동점도는 0.15 cm^2/s이므로, $Sc = \frac{0.15}{0.2} = 0.75$이다.

계산 과정

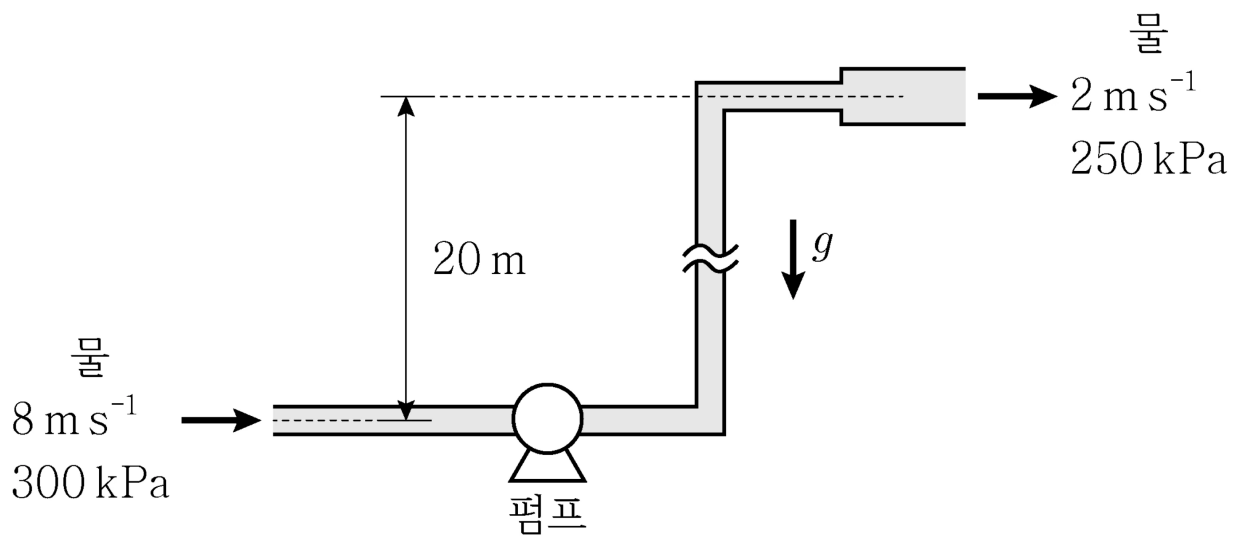
Schmidt수는 운동량 확산도인 동점도와 물질 확산도의 비로 정의한다. 공기의 점도를 μ, 밀도를 ρ, 물질 A의 공기 중 확산도를 D라 하면, 동점도는 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$이고 Schmidt수는 $Sc = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho D}$이다. 25 °C, 1 atm에서 주어진 물성값을 그대로 적용한다.

먼저 **점도를 밀도로 나누어 동점도**를 구한다. $\mu = 1.8 \times 10^{-4} \mathrm{g cm^{-1} s^{-1}}$, $\rho = 1.2 \times 10^{-3} \mathrm{g cm^{-3}}$이므로 $\nu = \frac{1.8 \times 10^{-4}}{1.2 \times 10^{-3}} = 0.15 \mathrm{cm^2/s}$이다. 이 값은 공기에서 운동량이 확산되는 정도를 나타내며, 주어진 물질 확산도와 단위가 같으므로 별도의 단위 환산은 필요 없다.

이 동점도를 물질 확산도 0.2 cm^2/s로 나누면 $Sc = \frac{0.15}{0.2} = 0.75$이다. 분자와 분모의 단위가 소거되어 단위가 없는 값이 되며, 선택지 ②의 0.75에 해당한다.

NoteBase

문 19. 물이 8 m s^{-1}의 유속으로 펌프에 공급되어 20 m 위의 높이에서 2 m s^{-1}의 유속으로 배출된다. 물의 절대압력은 유입구와 배출구에서 각각 300 kPa, 250 kPa이다. 물 1 kg당 펌프로 공급해야 하는 에너지[J]는? (단, 물의 흐름은 마찰손실이 없는 플러그 유동으로 베르누이(Bernoulli)식을 만족한다. 물의 밀도는 1,000 kg m^{-3}이고, 중력가속도 g는 10 m s^{-2}이다)



① 120
② 180
③ 220
④ 280

정답 1번

간단한 해설

마찰손실이 없으므로 펌프가 공급할 에너지는 물의 압력·운동·위치에너지 변화의 합이다. 물 1 kg의 위치에너지는 200 J 증가하지만 압력에너지는 50 J, 운동에너지는 30 J 감소하므로, 필요한 공급 에너지는 **120 J**이다.

NoteBase

계산 과정

에너지 수지: 유입구를 1, 배출구를 2로 두고, 변화량은 모두 배출구 값에서 유입구 값을 뺀 것으로 정의한다. 마찰손실이 없고 단면 내 속도가 균일한 플러그 유동이므로, 펌프가 물에 공급하는 단위 질량당 에너지 w_p는 $w_p = \frac{\Delta p}{\rho} + \frac{\Delta(v^2)}{2} + g\Delta z$이다. 여기서 p는 압력, ρ는 밀도, v는 유속, z는 높이이며, 각 항의 단위는 J/kg이다. **공급 에너지를 양수**로 잡으면 물의 기계적 에너지 증가량과 같다.

압력에너지 변화: 압력은 300 kPa에서 250 kPa로 낮아지므로 압력 차는 −50,000 Pa이다. 따라서 $\frac{\Delta p}{\rho} = \frac{-50{,}000}{1{,}000} = -50\,\text{J/kg}$이다. 압력을 밀도로 나누면 단위 질량당 압력에너지가 된다.

운동에너지 변화: 유속이 8 m/s에서 2 m/s로 줄어들므로 $\frac{\Delta(v^2)}{2} = \frac{2^2 - 8^2}{2} = -30\,\text{J/kg}$이다. **속도 자체의 차가 아니라 속도 제곱의 차**를 사용한다.

위치에너지 변화: 그림에서 배출구는 유입구보다 20 m 높다. 따라서 $g\Delta z = 10 \times 20 = 200\,\text{J/kg}$이며, 물을 위로 올리므로 양수이다.

공급 에너지: 세 변화량을 더하면 $w_p = -50 - 30 + 200 = 120\,\text{J/kg}$이다. 압력에너지와 운동에너지의 감소분이 높이를 올리는 데 필요한 에너지 일부를 충당한다. 물 1 kg에 필요한 에너지는 120 J로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 흡착에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 고정층 흡착장치에서 빠른 속도의 상향흐름은 유동화를 억제할 수 있다.

② 흡착제는 기공이 많은 물질이며, 흡착은 주로 흡착제의 기공벽이나 입자 내부 특정 장소에서 일어난다.

③ 압력－교대(pressure-swing) 흡착은 벌크 분리공정으로서 공정흐름 중의 수소 농축에 이용된다.

④ 흡착 등온선은 주어진 온도에서 유체상의 흡착질 농도와 흡착량 간의 평형관계를 나타낸다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '유동화를 억제'한다는 설명이 반대이다. 상향흐름의 속도가 **최소 유동화 속도에 도달하면** 흡착제 입자가 들떠 움직이기 시작하므로, 고정층을 유지하려면 상향 유속을 그보다 낮게 제한해야 한다.

선지별 해설

① X: 상향흐름의 속도가 증가하면 유체가 흡착제 입자를 위로 미는 항력이 커진다. 이 힘이 부력을 제외한 입자층의 무게와 같아지는 최소 유동화 조건에 이르면 입자들이 들떠 층이 유동화되기 시작한다. 따라서 빠른 상향흐름은 유동화를 억제하는 것이 아니라 **유동화를 일으킬 수 있다**. 고정층으로 운전하려면 상향 유속을 최소 유동화 속도보다 낮게 유지해야 한다.

② O: 공업용 흡착제는 일반적으로 기공이 발달하여 단위 질량당 표면적이 크다. 흡착질은 기공 안으로 이동하여 **기공벽의 내부 표면이나 특정 흡착 자리**에 붙는다. 입자 내부에서 일어난다는 말도 고체 전체에 균일하게 녹아드는 흡수를 뜻하는 것이 아니라, 내부 표면에서 일어나는 흡착을 가리킨다.

③ O: 압력－교대 흡착은 압력에 따른 흡착량 차이를 이용하여 혼합기체를 분리하는 공정이다. 수소 농축에서는 고압에서 불순물을 선택적으로 흡착시키고, 상대적으로 잘 흡착되지 않는 **수소를 통과시켜 회수**한다. 이후 압력을 낮춰 흡착된 불순물을 탈착시키고 흡착제를 재생한다. 이 과정을 반복하여 공정흐름에서 불순물을 제거하고 수소 농도를 높이는 벌크 분리에 이용한다.

④ O: 흡착 등온선은 **온도가 일정하고 흡착평형에 도달한 상태**에서 유체상의 흡착질 농도와 흡착제의 흡착량 사이의 관계를 나타낸다. 흡착량은 보통 흡착제 단위 질량당 흡착된 양으로 표시하며, 액체에서는 평형농도를, 기체에서는 흡착질의 평형 분압을 기준으로 나타낼 수 있다. 시간에 따른 흡착속도를 나타내는 관계는 아니다.

NoteBase