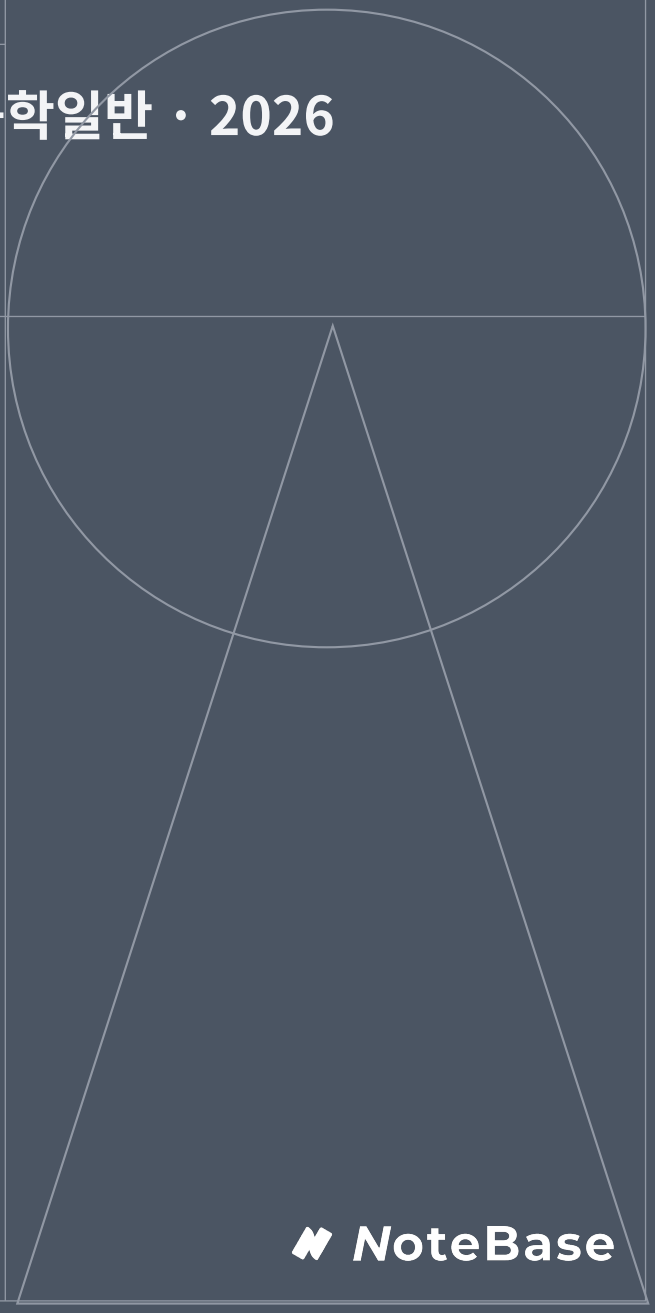
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2026

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2026

문 1. 개환중합(ring-opening polymerization)에 의해 제조되는 고분자는?

① 폴리카프로락탐(polycaprolactam)

② 폴리에틸렌(polyethylene)

③ 폴리프로필렌(polypropylene)

④ 폴리스타이렌(polystyrene)

정답 1번

간단한 해설

폴리카프로락탐은 고리형 단량체인 ε-카프로락탐의 **고리가 열리면서 사슬로 연결**되어 만들어지는 고분자이다. 나일론 6이라고도 한다.

개념 구분

개환중합은 **고리형 단량체의 고리가 열리면서** 고분자 사슬을 형성하는 중합이다. 단량체에 고리가 있다는 사실만으로 개환중합으로 분류하는 것은 아니며, 중합 과정에서 그 고리가 열리는지가 기준이다.

폴리카프로락탐: 단량체인 ε-카프로락탐은 고리 안에 아마이드 결합을 가진 화합물이다. 이 고리가 열리고 단량체들이 연결되면 주사슬에 아마이드 결합이 반복되는 폴리카프로락탐, 즉 나일론 6이 형성된다.

폴리에틸렌·폴리프로필렌·폴리스타이렌: 각각 에틸렌·프로필렌·스타이렌의 **탄소–탄소 이중결합이 반응하여** 사슬을 형성하는 첨가중합으로 제조된다. 특히 스타이렌에는 벤젠 고리가 있지만, 중합에 참여하는 부분은 비닐기의 이중결합이며 벤젠 고리는 열리지 않고 곁가지로 남는다.

NoteBase

문 2. Schmidt수의 정의에 사용되는 물성이 아닌 것은?

① 밀도

② 점도

③ 분자량

④ 물질 확산계수

정답 3번

간단한 해설

Schmidt수는 **운동량 확산계수와 물질 확산계수의 비**이며, 점도를 밀도와 물질 확산계수의 곱으로 나누어 나타낸다. **분자량은 정의식에 직접 포함되지 않는다**.

선지별 해설

Schmidt수는 운동량의 확산과 물질의 확산을 비교하는 무차원수로, $Sc = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho D}$로 정의한다. 여기서 ν는 동점도, μ는 점도, ρ는 밀도, D는 물질 확산계수이다. 동점도는 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$이며 운동량 확산계수를 뜻한다. 아래 O/X는 각 물성이 정의식에 사용되는지를 나타낸다.

① O: 밀도는 점도를 **동점도로 환산**할 때 사용된다. 따라서 점도로 Schmidt수를 나타내면 밀도가 분모에 포함된다.

② O: 점도는 유체의 점성에 따른 운동량 전달을 나타내는 물성이다. 밀도로 나누면 운동량 확산계수가 되므로 Schmidt수의 정의에 사용된다.

③ X: 분자량은 **Schmidt수의 정의에 사용되는 물성이 아니다**. 정의에 필요한 물성은 점도, 밀도, 물질 확산계수이며, 분자량을 별도의 인자로 넣지 않는다.

④ O: 물질 확산계수는 농도 차이에 따른 물질의 확산을 나타내며 정의식의 분모에 들어간다. 운동량 확산계수와 물질 확산계수는 모두 단위가 m^2/s이므로 두 값의 비인 Schmidt수에는 단위가 없다.

NoteBase

문 3. N가지 분자들의 혼합물에 포함된 성분 i의 몰분율을 구하는 식은? (단, w_i와 M_i는 각각 성분 i의 질량분율과 분자량이다)

① $\dfrac{w_i M_i}{\sum_{i=1}^{N} w_i M_i}$

② $\dfrac{w_i / M_i}{\sum_{i=1}^{N} w_i / M_i}$

③ $\dfrac{M_i / w_i}{\sum_{i=1}^{N} (M_i / w_i)}$

④ $\dfrac{1/(w_i M_i)}{\sum_{i=1}^{N} (1/(w_i M_i))}$

정답 3번

간단한 해설

몰분율은 **질량이 아니라 몰수의 비율**이다. 따라서 각 성분의 질량분율을 **분자량으로 나눈 값**을 구한 뒤, 그 값들의 합으로 나눈다.

핵심 풀이

혼합물의 전체 질량을 m, 성분 i의 질량과 몰수를 각각 m_i, n_i라 하자. 질량분율의 정의에서 $m_i = w_i m$이고, 몰수는 질량을 분자량으로 나누어 구하므로 $n_i = \frac{m_i}{M_i} = \frac{m w_i}{M_i}$이다. 즉, 같은 혼합물에서 각 성분의 몰수는 **질량분율을 분자량으로 나눈 값에 비례**한다.

몰분율 x_i는 성분 i의 몰수를 전체 몰수로 나눈 값이다. 모든 성분에 공통인 전체 질량 m이 약분되므로 $x_i = \frac{n_i}{\sum_{j=1}^{N} n_j} = \frac{w_i / M_i}{\sum_{j=1}^{N} (w_j / M_j)}$가 된다. 여기서 j는 혼합물의 모든 성분을 합산하기 위한 첨자이다. 이 식은 ③의 식과 같으며, 몰분율은 단위가 없다.

몰수로 환산할 때는 분자량을 곱하는 것이 아니라 **분자량으로 나누어야 한다**. 또한 M_i/w_i나 $1/(w_i M_i)$는 성분의 몰수에 비례하는 양이 아니므로, 각각을 그 합으로 나누어도 몰분율이 되지 않는다.

NoteBase

문 4. 다단제어(cascade control)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 외란 변화에 의한 영향을 예상하여 외란이 공정에 영향을 주기 전에 보정 작용을 한다.

② 주 루프(primary loop)의 속도가 종속 루프(secondary loop)의 속도보다 빨라야 효율적이다.

③ 종속 루프의 설정점은 주 루프와 독립적으로 결정된다.

④ 여러 개의 제어 루프를 계층적으로 구성하여 외란의 영향을 효과적으로 줄여준다.

정답 4번

간단한 해설

다단제어는 주 제어기의 출력을 **종속 제어기의 설정점**으로 사용하는 계층적 제어 방식이다. 빠른 종속 루프가 외란의 영향을 먼저 줄여 주므로 주 제어변수의 변동을 억제할 수 있다.

선지별 해설

① X: 외란을 직접 측정하고 그 영향을 예상하여 미리 보상하는 것은 **앞먹임제어(feedforward control)**의 설명이다. 다단제어는 종속 제어변수의 변화를 측정하여 피드백으로 보정하며, 외란 자체를 직접 측정할 필요는 없다.

② X: 효율적인 다단제어를 위해서는 **종속 루프가 주 루프보다 충분히 빨라야 한다**. 종속 루프가 주 제어기의 지시를 신속히 따라가고, 외란의 영향이 주 제어변수로 전달되기 전에 줄여 주어야 하기 때문이다.

③ X: 다단제어로 운전할 때 종속 루프의 설정점은 독립적으로 정해지는 것이 아니라 **주 제어기의 출력에 의해 결정된다**. 주 제어기는 주 제어변수와 목표값의 차이에 따라 종속 루프의 설정점을 조정하고, 종속 제어기는 그 설정점에 맞추어 조작변수를 조절한다.

④ O: 다단제어는 주 루프 안에 종속 루프를 두는 등 **여러 제어 루프를 계층적으로 연결**한다. 종속 루프에서 감지할 수 있는 외란의 영향을 빠르게 보정하므로, 그 영향이 주 제어변수로 전달되는 것을 줄여 제어 성능을 높인다.

NoteBase

문 5. 레이놀즈(Reynolds)수의 주용도로 옳은 것은?

① 유체의 층류와 난류 판단

② 열전달 효율 판단

③ 물질전달 속도 판단

④ 화학반응 속도 판단

정답 1번

간단한 해설

레이놀즈수는 유체 흐름에서 **관성력과 점성력의 상대적 크기**를 나타내는 무차원수로, **층류와 난류를 판단**하는 데 주로 사용한다.

개념 구분

레이놀즈수는 $Re = \frac{\rho v L}{\mu}$로 나타낸다. 여기서 ρ는 유체의 밀도, v는 대표 유속, L은 특성 길이, μ는 점성계수이다. 관내 흐름에서는 보통 평균 유속과 관의 지름을 사용한다. 이 수는 **점성력에 대한 관성력의 비**를 뜻한다.

레이놀즈수가 작으면 점성력의 영향이 상대적으로 커서 유체가 층을 이루며 규칙적으로 흐르는 층류가 유지되기 쉽다. 커지면 관성력의 영향이 상대적으로 커져 불규칙한 속도 변동과 혼합이 나타나는 난류로 전이하기 쉽다. 따라서 주용도는 **유체의 층류와 난류 판단**이다. 전이가 일어나는 기준값은 유동 형상과 조건에 따라 달라진다.

유동 상태가 달라지면 열전달과 물질전달도 영향을 받을 수 있다. 그러나 레이놀즈수 자체가 열전달 효율이나 물질전달 속도, 화학반응 속도를 직접 나타내는 수는 아니다. 이들을 평가하려면 온도차, 농도차, 반응속도식 등 각 현상에 필요한 조건을 추가로 고려해야 한다.

NoteBase

문 6. 불포화탄화수소가 아닌 것은? (단, 모두 선형 화합물이다)

① C_2H_4

② C_4H_8

③ C_5H_{10}

④ C_6H_{14}

정답 4번

간단한 해설

선형 탄화수소에서 C_6H_{14}는 알케인의 일반식 C_nH_{2n+2}를 만족하므로, 탄소 사이에 **단일결합만 있는 포화탄화수소**이다. 불포화탄화수소는 탄소 사이에 이중결합이나 삼중결합을 포함한다.

선지별 해설

포화탄화수소는 탄소 사이에 단일결합만 있고, 불포화탄화수소는 이중결합이나 삼중결합을 포함한다. 문제의 선형 조건에서는 고리 구조를 제외하므로, 포화탄화수소인 알케인의 일반식은 C_nH_{2n+2}이다. 이보다 수소가 2개 적은 C_nH_{2n}이면 탄소 사이에 이중결합이 하나 있는 알켄이다.

① O: C_2H_4는 탄소가 2개인 알케인 C_2H_6보다 수소가 2개 적다. 구조가 $CH_2=CH_2$인 에텐으로, **탄소 사이에 이중결합이 하나** 있으므로 불포화탄화수소이다.

② O: C_4H_8은 탄소가 4개인 알케인 C_4H_{10}보다 수소가 2개 적다. **선형 화합물이라는 조건**에 따라 고리형인 사이클로알케인은 제외되므로, 이중결합이 하나 있는 뷰텐에 해당하는 불포화탄화수소이다.

③ O: C_5H_{10}은 탄소가 5개인 알케인 C_5H_{12}보다 수소가 2개 적다. 선형 조건에서 **이중결합이 하나 있는 알켄**인 펜텐에 해당하므로 불포화탄화수소이다.

④ X: C_6H_{14}는 탄소가 6개일 때 알케인 일반식의 수소 수인 $2\times6+2=14$를 만족한다. 헥세인으로, 탄소 사이에 단일결합만 있으므로 불포화탄화수소가 아니라 **포화탄화수소**이다.

NoteBase

문 7. 물질의 열전도도에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 일반적으로 액체가 고체보다 크다.

② 건물의 단열재로 열전도도가 큰 재료가 사용된다.

③ 모든 물질의 열전도도는 온도가 변해도 변하지 않는다.

④ 상온, 상압에서 구리의 열전도도는 철의 열전도도보다 크다.

정답 4번

간단한 해설

상온·상압에서 구리는 철보다 **열전도도가 크다**. 따라서 같은 크기와 온도 차 조건에서는 구리를 통해 전도로 전달되는 열량이 더 많다.

선지별 해설

① X: 일반적으로 열전도도는 **고체가 액체보다 크다**. 고체에서는 입자 사이의 상호작용으로 열이 전달되며, 특히 금속에서는 자유전자의 이동도 열전달에 기여한다. 다만 물질에 따른 예외가 있으므로 모든 고체가 모든 액체보다 크다는 뜻은 아니다.

② X: 건물의 단열재에는 **열전도도가 작은 재료**를 사용한다. 열전도도가 작을수록 같은 두께와 온도 차에서 전도로 전달되는 열이 적어 실내외의 열 이동을 줄일 수 있다.

③ X: 열전도도는 물질의 종류뿐 아니라 **온도에 따라서도 달라진다**. 온도가 변하면 열을 운반하는 입자나 자유전자의 운동 및 상호작용이 달라지기 때문이다. 온도 범위가 좁으면 계산의 편의를 위해 일정한 값으로 근사할 수 있지만, 모든 물질에서 온도와 무관한 상수인 것은 아니다.

④ O: 열전도도는 물질이 열을 전도로 전달하는 정도를 나타내는 물성이다. **상온·상압에서 구리의 열전도도는 철보다 크다**. 따라서 두 재료의 단면적과 길이, 양 끝의 온도 차가 같다면 같은 시간 동안 구리를 통해 더 많은 열이 전달된다.

NoteBase

문 8. 온도 60 °C에서 A와 B로 이뤄진 혼합물이 이상용액과 이상기체로 평형을 유지하고 있고, 액상에서 A의 몰분율이 0.6일 때, 기상에서 A의 몰분율은? (단, 동일 온도에서 순수 성분 A와 B의 증기압은 각각 600 mmHg와 300 mmHg이다)

① 0.25

② 0.50

③ 0.75

④ 0.90

정답 3번

간단한 해설

라울의 법칙으로 구한 A의 분압은 360 mmHg이고 혼합기체의 전압은 480 mmHg이다. 기상에서 A의 몰분율은 **A의 분압을 전압으로 나눈 값**인 0.75이다.

계산 과정

액상 조성: 액상에서 성분 i의 몰분율을 x_i라 하면 $x_A = 0.6$이다. A와 B만 있으므로 $x_B = 1 - x_A = 0.4$이다. 60 °C에서 순수 성분의 증기압은 A가 600 mmHg, B가 300 mmHg이다.

성분별 분압: **이상용액과 이상기체의 기액 평형**이므로 라울의 법칙 $p_i = x_i P_i^{\text{sat}}$를 적용한다. 여기서 p_i는 기상의 성분별 분압, P_i^{sat}는 같은 온도에서 순수 성분의 증기압이다. 따라서 $p_A = 0.6 \cdot 600 = 360\text{mmHg}$, $p_B = 0.4 \cdot 300 = 120\text{mmHg}$이다.

혼합기체의 전압: 돌턴의 분압 법칙에 따라 **각 성분의 분압을 더한 값**이 전압 P이다.
$P = p_A + p_B = 360 + 120 = 480\text{mmHg}$이다.

기상 몰분율: 이상기체에서 성분의 몰분율은 그 성분의 분압이 전압에서 차지하는 비율이다. 따라서 $y_A = \frac{p_A}{P} = \frac{360}{480} = 0.75$이다. 압력 단위가 약분되어 몰분율에는 단위가 없으며, 계산값 0.75는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 9. 300 K로 유지되는 닫힌계에서 1 mol의 이상기체가 10 atm에서 1 atm으로 가역 등온 팽창할 때, 계가 한 일의 크기[kJ]는? (단, 기체상수(R) = 8.314 J mol^{-1} K^{-1}, ln10 = 2.30이고, 결과값은 소수점 둘째 자리에서 반올림한다)

① 5.7

② 6.9

③ 8.3

④ 11.4

정답 1번

간단한 해설

이상기체의 가역 등온 팽창에서 계가 한 일은 **압력비의 자연로그**를 이용해 $W = nRT\ln\frac{P_1}{P_2}$로 구한다. 주어진 조건을 대입하면 일의 크기는 약 5.7 kJ이다.

계산 과정

조건과 변수: 기체의 양 n = 1 mol, 온도 T = 300 K이며, 처음 압력은 $P_1 = 10\text{atm}$, 나중 압력은 $P_2 = 1\text{atm}$이다. 닫힌계이므로 기체의 양은 일정하고, 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$를 따른다.

부피비: **온도와 기체의 양이 일정**하므로 $P_1V_1 = P_2V_2$이다. 따라서 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{10}{1} = 10$으로, 나중 부피는 처음 부피의 10배이다. 압력은 비로 사용하므로 atm을 다른 압력 단위로 바꿀 필요가 없다.

일의 식: **가역 과정**에서는 외부 압력과 기체 압력의 차이가 무한소이므로, 계가 한 팽창 일은 $W = \int_{V_1}^{V_2} PdV$로 구한다. 여기에 $P = \frac{nRT}{V}$를 대입하고 일정한 nRT를 적분 밖으로 꺼내면 $W = nRT\ln\frac{V_2}{V_1}$이다. 따라서 이 과정에서는 $W = nRT\ln 10$을 사용한다.

수치와 단위: R = 8.314 J mol^{-1} K^{-1}와 ln10 = 2.30을 대입하면 W = 1 × 8.314 × 300 × 2.30 = 5736.66 J이다. 1 kJ = 1000 J이므로 5.73666 kJ이며, 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 5.7 kJ이다. 이는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 표준연소열이 다음과 같을 때, 25°C에서 $C_3H_8(g)$의 표준생성열 [kJ mol^{-1}]은?

$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H^\circ_{298} = -394$ kJ
$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \quad \Delta H^\circ_{298} = -286$ kJ
$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l) \quad \Delta H^\circ_{298} = -2,219$ kJ

① −1,539

② −107

③ 107

④ 1,539

정답 2번

간단한 해설

헤스의 법칙에 따라 탄소 3 mol과 수소 4 mol의 연소열 합에서 **프로페인 1 mol의 연소열을 빼면** 표준생성열을 얻는다. 따라서 −2,326 − (−2,219) = −107 kJ/mol이다.

계산 과정

표준생성열은 표준상태의 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 엔탈피 변화이다. 구할 반응은 $3C(s) + 4H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g)$이며, 주어진 25°C의 반응열을 그대로 이용한다.

탄소의 연소 반응을 3배, 수소의 연소 반응을 4배 하여 더한다. 이때 반응열도 같은 배수로 바뀌므로 3 × (−394) + 4 × (−286) = −2,326 kJ이다. 이는 탄소 3 mol과 수소 4 mol이 산소와 반응하여 이산화탄소 3 mol과 액체 물 4 mol이 될 때의 엔탈피 변화이다.

여기에 프로페인 연소 반응을 거꾸로 더한다. **반응을 역전하면 반응열의 부호도 바뀌므로** 이 반응의 엔탈피 변화는 +2,219 kJ이다. 두 반응을 더하면 이산화탄소 3 mol, 액체 물 4 mol, 산소 5 mol이 양변에서 소거되어 프로페인 1 mol의 생성 반응만 남는다.

따라서 생성 반응의 엔탈피 변화는 −2,326 + 2,219 = −107 kJ이다. 프로페인 1 mol을 생성하는 반응이므로 표준생성열은 −107 kJ/mol이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 질소 가스는 $X\mathrm{m^3s^{-1}}$, 산소 가스는 $0.002\mathrm{m^3s^{-1}}$의 유량으로 혼합기에 유입되고, 완전히 혼합되어 유출되는 혼합 가스 내 산소 가스의 함량이 0.1 vol %라면 X는? (단, 혼합기는 정상상태에서 운전되고 화학반응은 없으며, 모든 가스는 이상기체이다)

① 0.148

② 0.198

③ 1.998

④ 2.148

정답 3번

간단한 해설

산소 함량 0.1 vol %는 전체 혼합 가스에서 산소가 차지하는 **부피분율이 0.001**이라는 뜻이다. 산소 유량이 0.002 $\mathrm{m^3/s}$이므로 전체 유량은 2 $\mathrm{m^3/s}$이며, 여기서 산소 유량을 빼면 질소 유량은 1.998 $\mathrm{m^3/s}$이다.

계산 과정

유량의 기준: 이상기체는 같은 온도·압력에서 부피가 몰수에 비례하므로, 각 부피유량을 같은 온도·압력 기준으로 비교한다. 정상상태이고 화학반응이 없으므로 **각 성분의 유입량과 유출량이 같다**. 따라서 유출 가스의 산소 유량은 0.002 $\mathrm{m^3/s}$이고, 전체 유출 유량은 질소와 산소의 유입 유량을 합한 값이다.

산소 부피분율: vol %는 전체 기체 부피에 대한 해당 성분의 부피 비율에 100을 곱한 값이다. 산소의 부피분율을 y라 하면 $y = \frac{0.1}{100} = 0.001$이다. 이는 전체 부피의 1,000분의 1이 산소라는 뜻이다.

전체 유출 유량: 전체 혼합 가스의 부피유량을 Q라 하면 산소의 부피분율은 $y = \frac{0.002}{Q}$이다. 따라서 $Q = \frac{0.002}{0.001} = 2\mathrm{m^3/s}$이다. 이 값은 **질소와 산소를 합한 유량**이다.

질소 유량: 전체 유량에서 산소 유량을 빼면 $X = 2 - 0.002 = 1.998\mathrm{m^3/s}$이다. 계산한 수치 1.998은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 38 °C, 1 atm의 환경에서 공기의 절대습도는 0.008 [kg-H_2O/kg-건조공기]이고, 동일 온도에서 포화 수증기압이 50 mmHg일 때, 공기의 상대습도[%]는? (단, 건조공기와 수증기의 분자량은 각각 30, 18이며, 1 atm은 760 mmHg이다)

① 15

② 20

③ 30

④ 50

정답 2번

간단한 해설

상대습도는 **같은 온도의 포화 수증기압에 대한 실제 수증기 분압의 비**이다. 절대습도와 분자량비로 구한 수증기 분압은 10 mmHg이므로, 상대습도는 $\frac{10}{50} \times 100 = 20\%$이다.

계산 과정

1. 절대습도와 분압의 관계: 절대습도 W는 **건조공기 질량에 대한 수증기 질량의 비**이다. 습공기를 이상기체 혼합물로 보면, 같은 온도·부피에서 수증기와 건조공기의 몰수비는 분압비와 같다. 전체 압력을 P, 수증기 분압을 p_v라 하면 건조공기 분압은 $P - p_v$이다. 여기에 분자량비를 곱하면 질량비가 되므로, 주어진 분자량 18과 30을 이용하여 $W = \frac{18}{30}\frac{p_v}{P - p_v}$로 나타낸다.

2. 수증기 분압 계산: 전체 압력은 1 atm = 760 mmHg이고 W = 0.008이므로, $0.008 = 0.6\frac{p_v}{760 - p_v}$이다. 이를 풀면 $p_v = \frac{0.008 \times 760}{0.6 + 0.008} = 10\text{mmHg}$이다. 이 값은 습공기의 전체 압력 중 수증기가 차지하는 분압이다.

3. 상대습도 계산: 상대습도는 실제 수증기 분압을 **동일 온도의 포화 수증기압**으로 나눈 백분율이다. 38 °C에서 포화 수증기압이 50 mmHg이므로, 상대습도는 $\frac{10}{50} \times 100 = 20\%$이다. 이는 ②의 20에 해당한다.

NoteBase

문 13. 마이켈리스-멘텐(Michaelis-Menten)식을 따르는 효소반응이 있다. 기질(S) 농도와 반응속도($-r_S$) 데이터를 이용한 라인위버-버크 플롯(Lineweaver-Burk plot)에서 직선의 세로축$\left(\frac{1}{-r_S}\right)$ 절편과 기울기를 각각 a와 b로 표기했을 때, 마이켈리스-멘텐 상수(K_M)에 해당하는 것은?

① $\frac{a}{b}$

② $\frac{b}{a}$

③ $\frac{a}{b^2}$

④ $\frac{b}{a^2}$

정답 2번

간단한 해설

라인위버-버크 플롯의 세로축 절편은 $\frac{1}{V_{\max}}$, 기울기는 $\frac{K_M}{V_{\max}}$이다. 따라서 **기울기를 세로축 절편으로 나누면** $K_M = \frac{b}{a}$가 된다.

계산 과정

기질 농도를 $[S]$, 최대 반응속도를 $V_{\max}$라 하면, 주어진 반응은 마이켈리스-멘텐식을 따르므로 $-r_S = \frac{V_{\max}[S]}{K_M + [S]}$로 나타낸다. 여기서 $-r_S$는 양수로 나타낸 기질의 소모속도이고, K_M은 반응속도가 최대 반응속도의 절반이 될 때의 기질 농도이다.

라인위버-버크 플롯은 **기질 농도의 역수를 가로축, 반응속도의 역수를 세로축**으로 하는 그래프이다. 위 식의 양변을 역수로 바꾸고 항을 나누면 $\frac{1}{-r_S} = \frac{K_M}{V_{\max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{\max}}$가 되어 직선식으로 표현된다.

이 직선식에서 가로축 변수 $\frac{1}{[S]}$에 곱해진 계수가 기울기이고, 상수항이 세로축 절편이다. 따라서 $a = \frac{1}{V_{\max}}$, $b = \frac{K_M}{V_{\max}}$이다.

기울기를 절편으로 나누면 공통으로 포함된 $\frac{1}{V_{\max}}$가 소거되어 $\frac{b}{a} = K_M$이 된다. 따라서 구하는 상수는 $K_M = \frac{b}{a}$로, ②의 식에 해당한다. 이 값의 단위는 기질 농도 $[S]$의 단위와 같다.

NoteBase

문 14. 동일한 부피의 등온 연속교반탱크반응기(CSTR) 2개가 직렬로 연결되어 정상상태에서 운전되고 있다. 밀도 변화가 없는 액상 반응 A → B가 비가역 1차 반응으로 진행되고 첫 번째 반응기로 A만 유입되며 그때 농도와 부피유속은 각각 2 mol L^{-1}, 10 L min^{-1}일 때, 두 번째 반응기 출구에서 A의 최종 전환율이 0.9가 되기 위한 각 반응기의 부피[L]는? (단, 반응속도상수는 0.2 min^{-1}이고, $\sqrt{10}$은 3.16이다)

① 27

② 54

③ 108

④ 216

정답 3번

간단한 해설

직렬로 연결된 동일한 1차 반응 CSTR에서는 **각 단계의 농도 감소비를 곱한 값**이 최종 잔존비 0.1이 된다. 이 관계로 구한 각 반응기의 공간시간은 10.8분이므로 필요한 부피는 108 L이다.

계산 과정

조건 정리: 각 반응기의 부피를 V, 부피유속을 q, 각 반응기의 공간시간을 $\tau = V/q$로 둔다. 밀도 변화가 없으므로 두 반응기에서 q = 10 L min^{-1}로 일정하며, 부피가 같아 공간시간도 같다. 등온 조건에서 k = 0.2 min^{-1}이다. 최초 유입농도를 C_{A0}, 첫 번째와 두 번째 출구농도를 각각 C_{A1}, C_{A2}라 하면, 최종 전환율 0.9는 최초 A의 10%가 남는다는 뜻이다. 따라서 $C_{A2} = 2(1 - 0.9) = 0.2$ mol L^{-1}이다.

CSTR 물질수지: 정상상태에서는 축적이 없으므로 A의 유입량과 유출량의 차이가 반응에 의한 소모량과 같다. CSTR은 완전혼합되므로 **반응기 내부농도와 출구농도가 같으며**, 1차 반응의 소모속도는 kC_{out}이다. 따라서 $q(C_{in} - C_{out}) = VkC_{out}$이고, 정리하면 $\frac{C_{out}}{C_{in}} = \frac{1}{1+k\tau}$이다.

두 반응기의 연결: 첫 번째 출구농도가 두 번째 입구농도가 된다. 두 반응기의 k와 τ가 같으므로 각 단계에서 농도가 줄어드는 비율도 같다. 두 단계의 농도비를 곱하면 $\frac{C_{A2}}{C_{A0}} = \frac{1}{(1+k\tau)^2}$이다. 최종 잔존비를 대입하면 $\frac{1}{(1+k\tau)^2} = 0.1$이다.

공간시간과 부피 계산: k와 τ가 양수이므로 $1 + k\tau = \sqrt{10} = 3.16$이다. 따라서 각 반응기의 공간시간은 $\tau = \frac{3.16-1}{0.2} = 10.8$ min이다. 공간시간은 반응기 부피를 부피유속으로 나눈 값이므로 $V = q\tau$에서 V = 10 × 10.8 = 108 L이다. 요구한 값은 **각 반응기의 부피**이므로 108 L인 ③에 해당한다.

NoteBase

문 15. 물질 표면의 복사율(emissivity)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 비금속 표면이 금속 표면보다 높다.

② 금속 표면이 매끄러울수록 복사율이 높아진다.

③ 산화물층이 금속 표면에 형성되면 복사율이 낮아진다.

④ 모든 금속 표면의 복사율은 온도 증가에 따라 낮아진다.

정답 1번

간단한 해설

일반적으로 **비금속 표면은 깨끗한 금속 표면보다 복사율이 높다**. 특히 매끄럽게 연마한 금속은 열복사를 잘 반사하므로 복사율이 낮다.

선지별 해설

복사율은 어떤 표면이 방출하는 복사에너지와 같은 온도의 흑체가 방출하는 복사에너지의 비율이다. 값이 클수록 같은 온도에서 열복사를 더 잘 방출한다.

① O: 비금속 표면은 일반적으로 **산화되지 않은 금속 표면보다 복사율이 높다**. 금속, 특히 연마된 금속은 열복사에 대한 반사율이 커 복사율이 낮은 편이다. 다만 실제 복사율은 재료뿐 아니라 표면의 거칠기와 산화 상태 등에 따라서도 달라진다.

② X: 같은 금속에서 다른 조건이 같다면, 표면이 매끄럽게 연마될수록 열복사를 잘 반사하여 **복사율은 낮아지는 경향**이 있다. 반대로 표면을 거칠게 하면 복사율은 일반적으로 높아진다.

③ X: 금속 표면에 산화물층이 형성되면 일반적으로 **복사율이 높아진다**. 산화물층은 깨끗한 금속 표면과 달리 열복사를 더 잘 흡수하고 방출하는 경우가 많다. 따라서 '낮아진다'는 표현은 일반적인 경향과 반대이다.

④ X: 깨끗한 금속의 복사율은 대체로 **온도 상승에 따라 증가하는 경향**이 있다. 온도에 따른 변화는 금속의 종류와 표면 상태에 따라 달라지므로, 모든 금속 표면에서 온도가 오를수록 복사율이 낮아진다고 할 수 없다.

NoteBase

문 16. 액상 반응 $2A + B \rightarrow 2C$가 기초반응(elementary reaction)이라 할 때, A의 반응속도 $(-r_A)$식에서 반응속도상수 (k_A)의 단위는? (단, 농도와 시간의 단위는 각각 mol L^{-1}, min이다)

① $\text{mol L}^{-1}\text{min}^{-1}$

② min^{-1}

③ $\text{L mol}^{-1}\text{min}^{-1}$

④ $\text{L}^2\text{mol}^{-2}\text{min}^{-1}$

정답 4번

간단한 해설

기초반응이므로 A에 2차, B에 1차인 **전체 3차 반응**이다. 반응속도상수의 단위는 반응속도의 단위를 농도 단위의 세제곱으로 나누어 얻는 $\text{L}^2\text{mol}^{-2}\text{min}^{-1}$이다.

계산 과정

기초반응은 한 단계로 진행되므로 **반응물의 화학양론계수가 각 반응물에 대한 반응차수**가 된다. A와 B의 몰농도를 각각 C_A, C_B라 하면, A의 소모속도식은 $-r_A = k_A C_A^2 C_B$이다. 농도 지수의 합은 $2 + 1 = 3$이므로 전체 반응차수는 3이다.

$-r_A$는 단위 부피당 단위 시간에 소모되는 A의 양이므로 단위는 $\text{mol L}^{-1}\text{min}^{-1}$이다. 한편 $C_A^2 C_B$는 농도를 세 번 곱한 항이므로 단위가 $\text{mol}^3\text{L}^{-3}$이다.

대괄호를 각 양의 단위라는 뜻으로 쓰면, $[k_A] = \frac{[-r_A]}{[C_A]^2[C_B]}$이다. 따라서 $[k_A] = \frac{\text{mol L}^{-1}\text{min}^{-1}}{\text{mol}^3\text{L}^{-3}}$이며, 분자와 분모의 지수를 빼면 $\text{L}^2\text{mol}^{-2}\text{min}^{-1}$가 된다.

구한 반응속도상수의 단위 $\text{L}^2\text{mol}^{-2}\text{min}^{-1}$는 ④와 일치한다.

NoteBase

문 17. 정상상태로 운전되고 있는 등온 플러그흐름반응기(PFR)에서 밀도 변화가 없는 액상 연속반응 ($A \rightarrow B \rightarrow C$)이 진행된다. 각 단계는 비가역 1차 반응이며, A만 부피유속 10 L min^{-1}으로 반응기 안으로 유입된다. B의 농도가 반응기 출구에서 최대일 때, PFR의 부피[L]는? (단, $k_1 = 0.54\ \text{min}^{-1}$, $k_2 = 0.20\ \text{min}^{-1}$이며 e(자연상수)는 2.7이고, 결과값은 소수점 둘째 자리에서 반올림한다)

① 15.5

② 25.2

③ 29.4

④ 50.5

정답 3번

간단한 해설

B의 농도는 **생성속도와 소모속도가 같아지는 지점**에서 최대가 된다. 주어진 자연상수의 근삿값을 적용하면 이 지점까지의 체류시간은 약 2.94분이며, 부피유속 10 L/min을 곱한 반응기 부피는 29.4 L이다.

계산 과정

1. 체류시간과 반응 조건: 밀도 변화가 없으므로 부피유속 v_0는 반응기 전체에서 10 L/min으로 일정하다. 따라서 PFR의 체류시간은 $\tau = \frac{V}{v_0}$이다. 등온 조건에서는 두 속도상수가 일정하며, A만 유입되므로 입구에서 $C_A = C_{A0}$, $C_B = 0$이다.

2. 농도 변화식: 정상상태 PFR에서 유체가 흐름 방향으로 이동하며 겪는 농도 변화는 $\frac{dC_A}{d\tau} = -k_1 C_A$, $\frac{dC_B}{d\tau} = k_1 C_A - k_2 C_B$로 나타낸다. B는 A로부터 생성되는 동시에 C로 소모된다. 입구 조건을 적용하여 적분하면 $C_A = C_{A0} e^{-k_1 \tau}$이고, $C_B = \frac{k_1 C_{A0}}{k_1 - k_2}(e^{-k_2 \tau} - e^{-k_1 \tau})$이다.

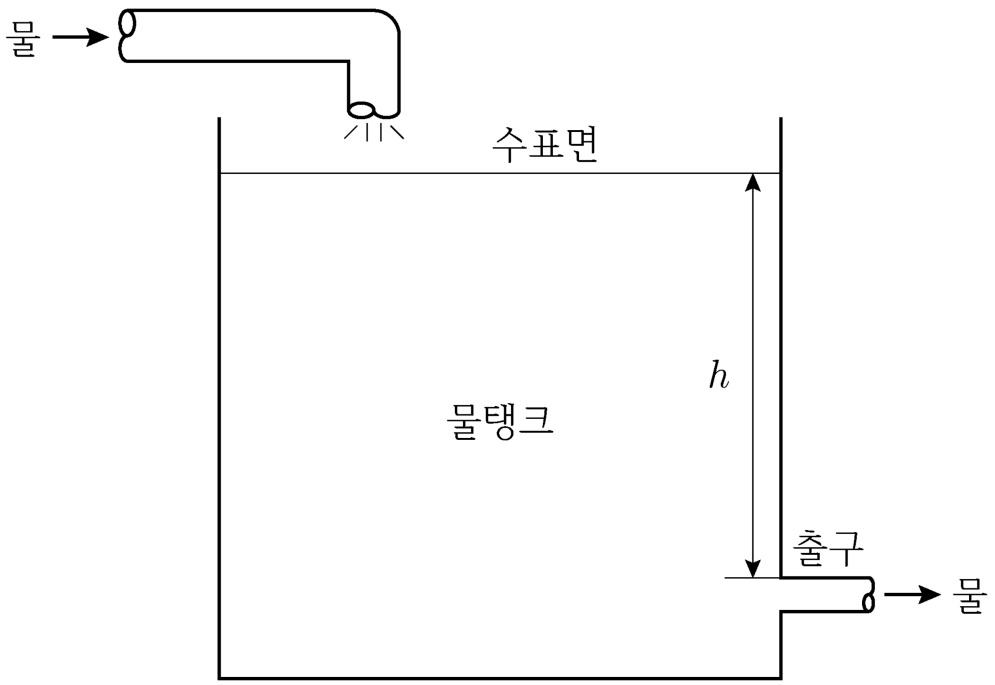
3. B 농도의 최대 조건: 처음에는 B가 생성되어 농도가 증가하지만, A가 줄어들면 B의 소모가 우세해져 농도가 감소한다. 최대점에서는 **B의 생성속도와 소모속도가 같으므로** $\frac{dC_B}{d\tau} = 0$이다. 위 농도식을 미분하면 $k_1 e^{-k_1 \tau} = k_2 e^{-k_2 \tau}$를 얻으며, 이를 정리하면 $e^{(k_1 - k_2)\tau} = \frac{k_1}{k_2}$이다.

4. 최대 농도에 도달하는 시간: 따라서 $\tau = \frac{\ln(k_1/k_2)}{k_1 - k_2}$이다. 주어진 값으로 $\frac{k_1}{k_2} = \frac{0.54}{0.20} = 2.7$이고, 속도상수의 차는 0.34 min^{-1}이다. **문제에서 e = 2.7로 주었으므로** $\ln 2.7 = 1$을 적용한다. 이에 따라 $\tau = \frac{1}{0.34}$min, 즉 약 2.94분이다.

5. 반응기 부피: 시간 계산의 반올림 전 값을 사용하면 $V = v_0 \tau = 10 \cdot \frac{1}{0.34}$L로 약 29.4118 L이다. 소수점 둘째 자리에서 반올림한 부피는 29.4 L이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 상부로부터 물이 유입되는 거대한 물탱크의 하부에 설치된 출구를 통해 물이 대기 중으로 유출되며 물탱크 내부의 물의 에너지 변화는 없고 등온, 정상상태라고 가정한다. 물탱크 내 수표면과 출구 밖의 대기압은 같고, 수표면과 출구의 높이차(h)가 10 m라면 출구를 통해 유출되는 물의 속도[m s^{-1}]는? (단, 물은 비압축성 및 비점성, 수표면에서 물의 속도는 0, 중력가속도는 9.8 m s^{-2}이고 출구의 위아래 높이차는 무시한다)



① 10

② 14

③ 18

④ 22

정답 2번

간단한 해설

수표면과 출구의 압력이 같고 마찰 손실이 없으므로, **위치에너지 감소분이 출구의 운동에너지로 전환**된다.
유출속도는 $v = \sqrt{2gh}$에 따라 14 m s^{-1}이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 수표면을 지점 1, 대기 중으로 물이 나오는 출구를 지점 2로 잡는다. 그림에서 h는 두 지점의 높이차이며 10 m이다. 정상상태의 비압축성·비점성 흐름이므로 두 지점 사이에 베르누이 방정식을 적용한다. 상부의 유입은 수위를 유지하며, 수표면의 속도는 주어진 조건대로 0으로 둔다.

두 지점의 **압력이 같으므로 압력에너지 항은 상쇄**된다. 또한 수표면의 운동에너지는 0이고 마찰 손실도 없으므로, 단위 질량당 위치에너지 감소분 gh가 출구의 운동에너지 $\frac{v^2}{2}$가 된다. 따라서 $gh = \frac{v^2}{2}$이다. 이때 g = 9.8 m s^{-2}이므로 gh = 9.8 × 10 = 98 J kg^{-1}이며, 이는 물 1 kg당 출구의 운동에너지로 바뀌는 에너지이다.

유출속도를 구하면 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 10} = 14 \mathrm{m s^{-1}}$이다. 따라서 출구에서 물의 속도는 14 m s^{-1}로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 원자가 고체 내의 한 격자 위치에서 비어 있는 이웃 격자 위치로 도약하며 확산하는 현상은?

① Knudsen 확산

② 틈새 확산

③ 빈자리 확산

④ 기공 확산

정답 3번

간단한 해설

원자가 격자 사이의 틈새가 아니라 **비어 있는 이웃 격자 위치**로 이동하므로 빈자리 확산에 해당한다.

공통 해설

빈자리는 결정에서 원자가 차지해야 할 격자 위치에 원자가 빠져 있는 결함이다. 빈자리 확산은 격자 위치를 차지한 원자가 **이웃의 빈 격자 위치로 도약**하는 방식이다. 원자가 이동하면 출발한 위치가 새 빈자리가 되므로, 원자와 빈자리가 서로 자리를 바꾼 것으로 볼 수 있다.

문항에서 원자의 출발점과 도착점은 모두 격자 위치이고 도착점만 비어 있으므로, 이 이동은 빈자리 확산의 정의에 해당한다. 이때 빈자리는 격자 사이의 틈새나 고체 내부의 기공을 뜻하는 것이 아니라, 원래 원자가 있어야 할 격자 위치가 비어 있음을 뜻한다.

NoteBase

문 20. 분리공정에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 투석(dialysis)은 용액 속 저분자량의 용질이 막을 통과하여 농도가 낮은 영역으로 확산하도록 하여 분리하는 방법이다.
ㄴ. 역삼투(reverse osmosis)는 용질의 농도가 낮은 쪽에 압력을 가해 용질의 농도가 높은 쪽으로 용매를 이동시켜 분리하는 방법이다.
ㄷ. 투과증발(pervaporation)은 압력을 낮춰 용액 속 성분들을 증발시킨 후 특정 기체 성분만 막을 통과하도록 하여 분리하는 방법이다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

역삼투는 **고농도 쪽에 압력**을 가해 용매를 저농도 쪽으로 이동시킨다. 투과증발은 **액체를 막에 공급**하고 투과한 성분을 증기로 회수하므로, 먼저 증발시킨 기체를 막에 통과시키는 방식과 구별된다.

보기별 해설

ㄱ. O: 투석은 막 양쪽의 **용질 농도 차**를 이용하는 분리공정이다. 막을 통과할 수 있는 저분자량 용질은 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 순확산하고, 막을 통과하지 못하는 큰 분자는 남아 있어 분리가 이루어진다.

ㄴ. X: 압력을 가하는 쪽과 용매의 이동 방향이 모두 반대이다. 역삼투에서는 **용질 농도가 높은 쪽**에 막 양쪽의 삼투압 차를 이길 만큼 압력을 가해, 용매를 고농도 쪽에서 저농도 쪽으로 이동시킨다. 반대로 용매가 저농도 쪽에서 고농도 쪽으로 이동하는 것은 자연적인 삼투의 방향이다.

ㄷ. X: 투과증발은 용액을 먼저 증발시킨 뒤 기체를 막에 공급하는 공정이 아니다. 공급물은 **액체 상태**로 막과 접촉하며, 성분별 막 투과성의 차이에 따라 선택적으로 분리된다. 보통 투과측 압력을 낮게 유지하여 투과한 성분이 증기로 빠져나오도록 한다. 따라서 증발과 막 투과의 관계를 뒤바꾼 설명이다.

옳은 보기는 ㄱ만이므로, ㄱ을 제시한 ①에 해당한다.

NoteBase