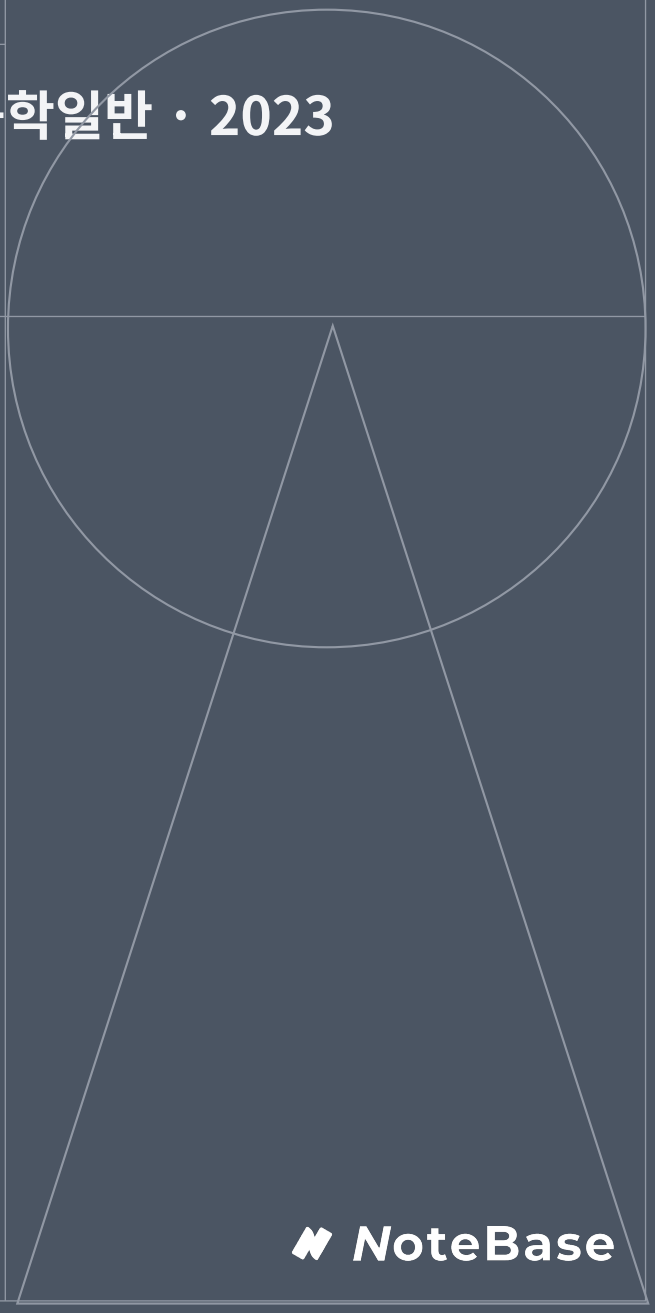
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2023

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2023

문 1. 화합물 A, B, C가 섞여 있는 혼합물에서 A와 B의 질량분율이 각각 0.1과 0.3일 때, C의 몰분율은? (단, A, B, C의 몰질량은 각각 20 g mol^{-1}, 60 g mol^{-1}, 40 g mol^{-1}이다)

① 0.2

② 0.4

③ 0.5

④ 0.6

정답 4번

간단한 해설

몰분율은 **전체 물질량 중 해당 성분의 물질량 비율**이다. 혼합물 100 g을 기준으로 C는 1.5 mol, 전체는 2.5 mol이므로 C의 몰분율은 0.6이다.

계산 과정

질량분율은 전체 질량에 대한 각 성분 질량의 비율이다. A, B, C만 섞여 있으므로 C의 질량분율은 1 − 0.1 − 0.3 = 0.6이다. 계산 기준을 혼합물 100 g으로 잡으면 A는 10 g, B는 30 g, C는 60 g이다. 혼합물의 양을 바꾸어도 각 성분의 비율은 같으므로 이 기준을 사용할 수 있다.

몰분율을 구하려면 각 성분의 **질량을 물질량으로 환산**해야 한다. 물질량을 n, 질량을 m, 몰질량을 M이라 하면 $n = \frac{m}{M}$이다. 각 성분의 질량을 주어진 몰질량 20, 60, 40 g mol^{-1}로 각각 나누면 다음과 같다.
$n_A = \frac{10}{20} = 0.5\text{mol}$
$n_B = \frac{30}{60} = 0.5\text{mol}$
$n_C = \frac{60}{40} = 1.5\text{mol}$

전체 물질량은 각 성분 물질량의 합이므로 0.5 + 0.5 + 1.5 = 2.5 mol이다. 이 값이 몰분율을 계산할 때의 **분모**가 된다.

C의 몰분율은 C의 물질량을 전체 물질량으로 나눈 값이므로 $x_C = \frac{n_C}{n_A + n_B + n_C} = \frac{1.5}{2.5} = 0.6$이다. 몰분율은 mol끼리 나눈 비율이므로 단위가 없으며, 계산값은 ④의 0.6과 일치한다.

NoteBase

문 2. 유체의 흐름을 층류와 난류로 구분하는 데 사용하는 무차원 수는?

① Reynolds수

② Biot수

③ Nusselt수

④ Sherwood수

정답 1번

간단한 해설

유체의 층류·난류를 구분할 때는 **관성력과 점성력의 비**인 Reynolds수를 사용한다. 점성력의 영향이 상대적으로 크면 흐름의 교란이 억제되고, 관성력의 영향이 커지면 난류가 발생하기 쉬워진다.

개념 구분

Reynolds수: $Re = \frac{\rho v L}{\mu}$로 정의한다. 여기서 ρ는 유체의 밀도, v는 대표 유속, L은 특성 길이, μ는 점성계수이다. 이 수는 **관성력의 크기를 점성력과 비교**한 값이다. Reynolds수가 작으면 점성의 작용으로 교란이 억제되어 층류가 유지되기 쉽고, 커지면 관성의 영향이 상대적으로 커져 난류로 전이하기 쉬워진다. 따라서 문제의 층류·난류 구분에 대응하는 개념은 Reynolds수이다. 다만 전이가 일어나는 기준값은 유로의 형상과 유동 조건에 따라 달라진다.

Biot수: 물체 내부의 전도 열저항과 표면의 대류 열저항을 비교한다. **물체 내부의 온도 차이를 무시할 수 있는지** 판단하는 데 사용하며, 유동의 층류·난류를 직접 구분하는 수는 아니다.

Nusselt수: 유체의 전도에 의한 열전달을 기준으로 **대류 열전달의 상대적 크기**를 나타낸다. 흐름의 형태 자체보다 열전달 특성을 나타내는 수이다.

Sherwood수: 분자확산을 기준으로 **대류 물질전달의 상대적 크기**를 나타낸다. 열전달을 다루는 Nusselt수에 대응하는 물질전달의 무차원 수이다.

NoteBase

문 3. 단열면으로부터 수직인 x 방향으로의 정상상태 1차원 열전도에서 단열면에서의 경계조건은? (단, T는 온도이다)

① $\frac{dT}{dx} < 0$
② $\frac{dT}{dx} = 0$
③ $\frac{dT}{dx} > 0$
④ $\frac{dT}{dx} = 1$

정답 2번

간단한 해설

단열면에서는 면에 수직인 방향으로 **열이 통과하지 않으므로** 열유속이 0이다. 푸리에 법칙에 따라 단열면에서의 온도 기울기도 $\frac{dT}{dx} = 0$이다.

공통 해설

단열면은 열이 통과하지 않는 경계면이다. x가 이 면에 수직인 방향이므로 단열 경계조건은 x 방향 열유속이 0이라는 뜻이다. 1차원 열전도에 대한 푸리에 법칙은 $q_x = -k\frac{dT}{dx}$이며, 여기서 q_x는 x 방향의 단위면적당 열전달률, k는 양의 열전도율이다.

단열면에서 $q_x = 0$이므로 $\frac{dT}{dx} = 0$이어야 한다. 즉, 이 경계조건은 **단열면에 수직인 온도 기울기가 0**이라는 뜻이다. 온도 기울기가 음수나 양수이거나 1이면 열유속이 0이 아니므로 단열 조건을 만족하지 않는다.

NoteBase

문 4. 화학공정의 자본비용인 것은?

① 가열 및 냉각 비용

② 원료 비용

③ 실험실 유지 비용

④ 배관 비용

정답 4번

간단한 해설

배관은 공정 장치 사이에서 물질을 이송하는 설비이므로, 배관의 구입·설치비는 **생산설비를 갖추는 자본비용**에 해당한다.

개념 구분

자본비용은 공장을 건설하고 생산설비를 갖추는 데 투입되는 비용이다. 배관은 원료·중간제품 등을 장치 사이로 이송하는 설비이므로, ④의 배관 비용은 **배관의 구입·설치에 드는 설비 투자비**로 분류한다.

운전비용은 갖추어진 설비를 가동하고 생산활동을 유지하는 데 드는 비용이다. ①의 가열 및 냉각 비용은 운전에 필요한 열과 냉각 등 유틸리티 사용 비용이고, ②의 원료 비용은 제품 생산에 투입하는 원료의 비용이다. ③의 실험실 유지 비용도 실험실을 계속 운영·유지하는 비용이다. 이들은 시설 자체를 마련하는 비용과 구별되는 **생산·운영 과정의 경상적 비용**이다.

NoteBase

문 5. 바이오에탄올(C_2H_5OH)로 움직이는 자동차를 바이오에탄올 46 kg을 모두 완전연소하여 주행하였을 때 발생하는 이산화탄소와 물의 양[kg]을 바르게 연결한 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다)

① 이산화탄소: 44, 물: 18

② 이산화탄소: 46, 물: 48

③ 이산화탄소: 46, 물: 54

④ 이산화탄소: 88, 물: 54

정답 4번

간단한 해설

에탄올의 완전연소에서 에탄올·이산화탄소·물의 **몰수비는 1 : 2 : 3**이다. 에탄올 46 kg은 1 kmol이므로 이산화탄소 88 kg과 물 54 kg이 생성된다.

계산 과정

완전연소 반응식: 에탄올의 탄소는 이산화탄소로, 수소는 물로 전환된다. 에탄올 한 분자에 탄소 원자 2개와 수소 원자 6개가 있으므로 이산화탄소 2분자와 물 3분자가 생성된다. 산소 원자 수도 맞추면 $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$이다. 반응식의 계수는 **질량비가 아니라 몰수비**를 나타낸다.

에탄올의 물질량: 에탄올의 몰질량은 $2 \times 12 + 6 \times 1 + 16 = 46$ kg/kmol이다. 물질량은 질량을 몰질량으로 나눈 값이므로 $n = \frac{46\text{kg}}{46\text{kg/kmol}} = 1\text{kmol}$이다. 따라서 주어진 에탄올 46 kg은 반응식의 에탄올 1 kmol에 해당한다.

이산화탄소의 질량: 에탄올 1 kmol이 모두 연소하면 이산화탄소 2 kmol이 생성된다. 이산화탄소의 몰질량은 $12 + 2 \times 16 = 44$ kg/kmol이므로 생성 질량은 $2 \times 44 = 88$ kg이다.

물의 질량: 에탄올 1 kmol이 모두 연소하면 물 3 kmol이 생성된다. 물의 몰질량은 $2 \times 1 + 16 = 18$ kg/kmol이므로 생성 질량은 $3 \times 18 = 54$ kg이다.

생성되는 이산화탄소는 88 kg, 물은 54 kg이므로 ④의 연결과 일치한다.

NoteBase

문 6. 유체의 성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 요변성(thixotropic) 유체는 시간에 따라 겉보기 점도(apparent viscosity)가 감소한다.

② 유사가소성(pseudoplastic) 유체는 시간에 따라 전단응력(shear stress)이 감소한다.

③ 팽창성(dilatant) 유체는 전단농화(shear thickening) 거동을 나타낸다.

④ 뉴턴(Newton) 유체는 점도의 시간 의존성이 없다.

정답 2번

간단한 해설

②의 유사가소성은 시간이 지남에 따라 전단응력이 감소하는 성질이 아니라, **전단속도가 증가할수록 겉보기 점도가 감소**하는 성질이다. 일정한 전단속도로 전단을 가할 때 시간에 따라 점도가 감소하는 성질은 요변성이다.

선지별 해설

① O: 요변성은 일정한 전단속도로 전단을 계속 가할 때 **시간에 따라 겉보기 점도가 감소**하는 성질이다. 전단에 의해 유체 내부 구조가 점차 무너지기 때문이며, 전단을 제거하고 쉬게 하면 구조가 회복되면서 점도도 다시 증가한다.

② X: 유사가소성은 **전단속도가 증가할수록 겉보기 점도가 감소**하는 전단박화 거동이다. 유사가소성의 판별 기준은 시간의 경과가 아니라 전단속도의 변화이다. 따라서 '시간에 따라 전단응력이 감소한다'를 '전단속도가 증가함에 따라 겉보기 점도가 감소한다'로 고쳐야 한다. 일정한 전단속도에서 시간에 따라 점도와 전단응력이 감소하는 것은 요변성의 특징이다.

③ O: 팽창성 유체는 **전단속도가 증가할수록 겉보기 점도가 증가**하는 전단농화 거동을 보인다. 더 빠르게 변형시키려 할수록 흐름에 대한 저항이 커지므로, 점도가 감소하는 유사가소성 유체와 구별된다.

④ O: 뉴턴 유체는 온도와 압력 등 다른 조건이 일정하면 전단응력이 전단속도에 비례하며, 그 비례계수인 **점도는 전단속도와 전단 지속시간에 의존하지 않는다**. 따라서 전단을 계속 가한다는 이유만으로 점도가 시간에 따라 변하지 않는다. 다만 온도나 압력이 달라지면 뉴턴 유체의 점도도 달라질 수 있다.

NoteBase

문 7. 유체역학과 관련된 물리량에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동력(power)은 단위 시간에 하는 일의 양이다.

② 1 N은 1 kg의 질량이 $1\mathrm{ms}^{-2}$의 가속도를 가지게 하는 힘이다.

③ 압력은 단위 면적에 수직으로 작용하는 힘으로 1 atm은 760 N m^{-2}이다.

④ 점도의 SI 단위는 Pa · s이다.

정답 3번

간단한 해설

③의 760은 **수은주 압력 단위 mmHg**와 연결되는 수치이다. 1 atm은 **101325 Pa**이며, Pa는 단위 면적당 힘을 나타내는 압력 단위이다.

선지별 해설

① O: 동력은 **단위 시간에 하는 일의 양**으로, 같은 일을 더 짧은 시간에 할수록 동력이 크다. SI 단위는 와트(W)이며, 1초에 1 J의 일을 하면 동력은 1 W이다.

② O: 뉴턴의 운동 법칙 $F = ma$에 따라 힘은 질량과 가속도의 곱이다. 따라서 **질량 1 kg에 가속도 1 $\mathrm{m/s}^2$를 주는 힘**이 1 N이다. 단위 관계는 $1\mathrm{N} = 1\mathrm{kg} \cdot \mathrm{ms}^{-2}$이다.

③ X: 압력은 면에 수직으로 작용하는 힘을 그 면적으로 나눈 값으로, $p = \frac{F_{\perp}}{A}$이다. 따라서 압력의 정의는 맞지만, **1 atm은 760 Pa가 아니라 101325 Pa**이다. $1\mathrm{Pa} = 1\mathrm{Nm}^{-2}$이므로 선지의 760 N m^{-2}는 760 Pa를 뜻한다. 1 atm은 수은주 높이로 나타내면 약 760 mmHg에 해당한다.

④ O: 여기서 점도는 유체의 점성계수이다. 뉴턴 유체에서는 전단응력과 속도 기울기 사이에 $\tau = \mu\frac{du}{dy}$의 관계가 성립한다. 전단응력의 단위는 Pa, 속도 기울기의 단위는 s^{-1}이므로, 점성계수의 SI 단위는 **Pa·s**이다.

NoteBase

문 8. Hagen-Poiseuille식을 이용하여 구할 수 있는 유체의 물성은?

① 부피

② 비열

③ 점도

④ 밀도

정답 3번

간단한 해설

Hagen–Poiseuille식은 원관의 층류에서 압력차와 체적유량을 연결하는 식이다. 관의 크기와 압력차, 유량을 알면 유체의 흐름 저항을 나타내는 **점도**를 구할 수 있다.

핵심 풀이

Hagen–Poiseuille식은 비압축성 뉴턴 유체가 곧은 원관 안에서 정상 상태의 완전히 발달한 층류로 흐를 때 적용한다. 관 양끝의 압력차를 ΔP, 관의 반지름을 r, 길이를 L, 체적유량을 Q, 점도를 μ라 하면 $Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \mu L}$이다.

이를 점도에 대해 정리하면 $\mu = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 L Q}$이다. 따라서 관의 치수와 압력차를 알고 체적유량을 측정하면 **점도인 점성계수**를 구할 수 있다. 점도의 SI 단위는 Pa·s이며, 같은 관과 압력차에서는 점도가 클수록 유량이 작아진다.

식의 Q는 부피 자체가 아니라 **단위 시간에 흐르는 부피인 체적유량**이다. 비열은 온도 변화에 필요한 열량과 관련되고, 밀도는 단위 부피당 질량을 뜻하므로 이 식으로 직접 구하는 물성이 아니다.

NoteBase

문 9. 비구형 고체입자의 구형도(sphericity)를 구하는 식은? (단, D_p는 입자의 공칭(nominal) 직경, s_p와 v_p는 각각 입자 한 개의 표면적과 부피를 나타낸다)

① $\frac{6v_p}{s_pD_p}$
② $\frac{6D_p}{s_pv_p}$
③ $\frac{12v_p}{s_pD_p}$
④ $\frac{12D_p}{s_pv_p}$

정답 1번

간단한 해설

구형도는 **입자와 같은 부피를 가진 구의 표면적을 실제 입자의 표면적으로 나눈 비**이다. 구의 부피와 표면적 관계를 적용하면 $\frac{6v_p}{s_pD_p}$가 된다.

공통 해설

구형도 ϕ는 입자가 구에 얼마나 가까운 모양인지를 나타내며, **같은 부피인 구의 표면적을 실제 입자의 표면적으로 나눈 비**로 정의한다. 여기서 공칭 직경 D_p는 입자와 같은 부피를 가진 구의 직경으로 사용한다.

이 구의 부피는 $v_p = \frac{\pi D_p^3}{6}$, 표면적은 πD_p^2이다. 부피 관계를 정리하면 구의 표면적은 $\pi D_p^2 = \frac{6v_p}{D_p}$로 쓸 수 있다. 이를 실제 입자 한 개의 표면적 s_p로 나누면 $\phi = \frac{\pi D_p^2}{s_p} = \frac{6v_p}{s_pD_p}$가 된다.

따라서 부피 v_p가 분자에, 표면적 s_p와 직경 D_p가 분모에 놓이며 계수는 6이다. 이 비는 무차원이고, 입자가 구이면 1이 된다. 직경과 부피의 위치를 바꾼 식은 무차원이 되지 않으며, 같은 식에서 계수를 12로 바꾸면 구에서도 2가 되어 정의에 맞지 않는다.

NoteBase

문 10. 기체 유동층 반응기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 반응기의 온도 제어가 용이하다.

② 기체의 대부분은 기포의 형태로 층을 통과한다.

③ 기체와 고체의 균일한 접촉이 장점이다.

④ 고체의 유동성을 이용하여 반응기로부터 고체 제거가 용이하다.

정답 3번

간단한 해설

기체 유동층에서는 기포가 고체 입자와 충분히 접촉하지 않은 채 빠르게 상승할 수 있어 **기체와 고체의 접촉이 불균일하다**. 고체가 활발히 섞여 온도가 고르게 유지되는 것과 기체·고체가 균일하게 접촉하는 것은 구별해야 한다.

선지별 해설

① O: 고체 입자가 활발히 움직이고 섞이므로 층 내부의 열이 잘 전달되어 국부적인 온도 차이가 줄어든다. 따라서 **층의 온도를 비교적 균일하게 유지**하기 쉽고, 반응열의 공급·제거와 온도 제어가 용이하다.

② O: 일반적인 기포 유동층에서는 최소 유동화에 필요한 유량을 넘는 기체가 주로 **기포를 형성하여 상승**한다. 충분한 기체 유량으로 운전하면 기체의 대부분이 이러한 기포 형태로 층을 통과하며, 모든 기체가 입자 사이에 고르게 분산되어 흐르는 것은 아니다.

③ X: 기체 유동층은 고체 입자가 적은 기포 부분과 고체 입자가 밀집한 부분이 함께 존재한다. 기포 속 기체는 고체 입자와 충분히 접촉하지 않은 채 빠르게 층을 통과할 수 있으므로, **기체와 고체의 불균일한 접촉은 단점**이다. 고체의 활발한 혼합과 균일한 온도 분포를 기체·고체의 균일한 접촉으로 혼동해서는 안 된다.

④ O: 유동화된 고체층은 액체처럼 흐르는 성질을 나타낸다. 따라서 고체를 고정해 둔 충전층과 달리 **고체의 연속적인 배출과 보충**이 쉬워, 반응기로부터 고체를 제거하거나 촉매를 교체·재생하기에 유리하다.

NoteBase

문 11. 가로 8 m, 세로 5 m, 두께 0.2 m인 벽의 열전도도가 10 W m^{-1} K^{-1}이다. 이 벽의 양 표면의 온도가 각각 10°C, 5°C로 유지되고 있다. 벽의 두께 방향으로의 열전도만을 고려할 때, 벽을 통한 열전달 속도[kW]는?

① 5

② 10

③ 20

④ 40

정답 2번

간단한 해설

평판 벽의 열전달 속도는 열전도도와 벽면적, **두께당 온도차**의 곱이다. 면적 40 m^2, 두께 0.2 m, 양 표면의 온도차 5 K를 적용하면 10 kW이다.

계산 과정

양 표면의 온도가 일정하게 유지되고 두께 방향의 열전도만 고려하므로, 평판 벽의 정상상태 1차원 열전도에 대한 푸리에 법칙을 적용한다. 열전달 속도의 크기는 $\dot{Q} = kA\frac{\Delta T}{L}$이다. 여기서 k는 열전도도, A는 열이 흐르는 방향에 수직인 면적, L은 벽의 두께, ΔT는 양 표면의 온도차이다.

열이 두께 방향으로 흐르므로 **전열면적은 가로와 세로의 곱**이다. 따라서 $A = 8 \times 5 = 40\ m^2$이며, $L = 0.2\ m$, $k = 10\ W\ m^{-1}\ K^{-1}$이다.

양 표면의 온도차는 $10 - 5 = 5°C$이며, **섭씨 온도차와 켈빈 온도차의 수치는 같으므로** $\Delta T = 5K$이다. 두께당 온도차 $\frac{\Delta T}{L} = \frac{5}{0.2} = 25K/m$는 벽의 두께 방향으로 온도가 얼마나 빠르게 변하는지를 나타낸다.

이를 대입하면 $\dot{Q} = 10 \cdot 40 \cdot 25 = 10000W$이다. 1 kW = 1000 W이므로 벽을 통한 열전달 속도는 10 kW이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 병류형(parallel-current) 이중관 열교환기를 이용하여 뜨거운 기름을 차가운 물로 냉각하고자 한다. 300 K의 물이 4,000 kg h^{-1}로 유입되어 2,000 kg h^{-1}로 유입된 450 K의 기름을 350 K까지 냉각시킬 때, 출구에서의 물의 온도[K]는? (단, 기름과 물의 상변화는 없고, 기름과 물의 비열은 각각 2.0 kJ kg^{-1} K^{-1}, 4.0 kJ kg^{-1} K^{-1}이다)

① 310

② 320

③ 325

④ 340

정답 3번

간단한 해설

기름이 잃은 열량을 물이 얻는다는 열수지를 적용하면 물의 온도 상승은 25 K이다. 따라서 300 K로 들어온 물의 출구 온도는 325 K이다.

계산 과정

외부로의 열손실이 없는 정상상태로 가정하면, 기름의 방출 열량률과 물의 흡수 열량률이 같다. 상변화가 없고 주어진 비열을 일정하게 적용하므로 $\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T$를 쓴다. 여기서 $\dot{Q}$는 단위 시간당 전달되는 열량, $\dot{m}$은 질량유량, c_p는 비열이다. 병류는 두 유체가 같은 방향으로 흐르는 방식이며, 이 문제에서는 **두 유체 사이의 열수지**로 물의 출구 온도를 구한다.

기름의 온도 하강은 450 − 350 = 100 K이다. 기름의 질량유량은 2,000 kg/h, 비열은 2.0 kJ/(kg·K)이므로, 방출 열량률은 2,000 × 2.0 × 100 = 400,000 kJ/h이다. 이는 물이 매시간 흡수하는 열량이기도 하다.

물의 질량유량은 4,000 kg/h, 비열은 4.0 kJ/(kg·K)이다. 둘을 곱한 16,000 kJ/(h·K)는 **물의 온도를 1 K 높이는 데 필요한 시간당 열량**이다. 따라서 물의 온도 상승은 Δ T_물=400,0004,000·4.0=25 K이다. 양쪽 유량이 모두 kg/h로 주어졌으므로 시간 단위를 따로 바꿀 필요는 없다.

물은 300 K로 들어와 25 K 상승하므로 출구 온도는 300 + 25 = 325 K이다. 이는 ③의 325 K와 일치한다.

NoteBase

문 13. 극저온 상태의 두 흑체 표면인 '표면1'과 '표면2'가 서로에 대해 복사열을 교환하고 있다. '표면1'의 온도는 3 K이고 '표면2'의 온도는 2 K일 때, 두 표면 사이의 순 열전달속도[W]는? (단, Stefan-Boltzmann 상수는 σ W m^{-2} K^{-4}이고, '표면1'에 대한 '표면2'의 보기 인자(view factor)는 0.5, '표면1'의 면적은 2 m^2이다)

① 25σ

② 32.5σ

③ 65σ

④ 130σ

정답 3번

간단한 해설

흑체 사이의 순 복사열 전달은 **절대온도의 네제곱 차**에 비례한다. 면적과 보기 인자를 함께 반영하면 표면1에서 표면2로 전달되는 순 열전달속도는 65σ W이다.

계산 과정

주어진 값은 $T_1 = 3\ \mathrm{K}$, $T_2 = 2\ \mathrm{K}$, $A_1 = 2\ \mathrm{m}^2$, $F_{12} = 0.5$이다. 보기 인자 F_{12}는 표면1이 방출한 복사에너지 중 **표면2에 직접 도달하는 비율**이다.

흑체의 단위 면적당 복사 방출률은 Stefan–Boltzmann 법칙에 따라 σT^4이다. 두 방향의 복사 전달량을 빼야 순 열전달속도를 얻는다. 보기 인자의 상반관계 $A_1F_{12} = A_2F_{21}$를 적용하면 $\dot{Q}_{12} = A_1F_{12}\sigma(T_1^4 - T_2^4)$가 된다. 두 표면이 **흑체이므로 방사율은 모두 1**이다.

면적과 보기 인자의 곱은 $A_1F_{12} = 2 \cdot 0.5 = 1\ \mathrm{m}^2$이다. 온도는 이미 절대온도 K로 주어졌으므로 그대로 사용하며, 온도항은 $T_1^4 - T_2^4 = 3^4 - 2^4 = 81 - 16 = 65\ \mathrm{K}^4$이다. **온도차를 먼저 구해 네제곱하는 것이 아니라, 각 온도의 네제곱을 뺀다.**

따라서 $\dot{Q}_{12} = 1 \cdot \sigma \cdot 65 = 65\sigma$ W이다. 양의 값이므로 순 열전달 방향은 온도가 높은 표면1에서 낮은 표면2로 향한다. 이 값은 ③의 65σ에 해당한다.

NoteBase

문 14. 용질 A가 녹아 있는 수용액 100 L로부터 A를 추출하기 위해 5 L의 순수한 용매 S를 사용한다. 한 개의 이상단(ideal stage)에서 추출 후, S 상에서 A의 질량농도물 상에서 A의 질량농도=60일 때, 초기 수용액에 녹아 있는 A의 양 중에서 용매 S로 추출되는 A의 양의 질량분율[%]은? (단, 물과 용매 S는 서로 불용성이고, 추출 전후의 물 상과 용매 S 상의 부피변화는 없다)

① 60

② 65

③ 70

④ 75

정답 4번

간단한 해설

추출된 A의 양은 **농도와 부피를 함께 고려**해야 한다. 용매 S 상의 농도는 물 상의 60배이지만 부피는 5 L이므로, 두 상에 들어 있는 A의 질량비는 3 : 1이고 초기 A의 75%가 추출된다.

계산 과정

이상단에서는 추출 후 두 상이 **평형에 도달**한다. 물 상과 용매 S 상에서 A의 질량농도를 각각 C_W, C_S(g/L)라 두면, 주어진 농도비에 따라 $C_S = 60C_W$이다. 물과 용매 S는 서로 불용성이고 각 상의 부피가 변하지 않으므로, 추출 후에도 물 상은 100 L, 용매 S 상은 5 L이다.

각 상에 들어 있는 A의 질량은 **질량농도 × 상의 부피**이다. 물 상과 용매 S 상의 A 질량을 각각 m_W, m_S라 하면 $m_W = C_W \times 100$, $m_S = C_S \times 5$이며, 농도를 g/L로 두었으므로 질량 단위는 g이다. 따라서 $\frac{m_S}{m_W} = \frac{60 \times 5}{100} = 3$이다. 이는 추출 후 용매 S 상에 들어 있는 A의 질량이 물 상에 남은 A의 질량의 3배라는 뜻이다.

처음 사용한 용매 S는 순수하므로 A를 포함하지 않는다. 따라서 초기 수용액에 있던 A의 질량 m_0는 추출 후 두 상에 있는 A의 질량의 합이다. $m_0 = m_W + m_S = 4m_W$이므로, **초기 A의 질량을 기준**으로 한 추출 질량분율은 $\frac{m_S}{m_0} \times 100 = \frac{3}{4} \times 100 = 75\%$이다. 이 값은 ④의 75에 해당한다.

NoteBase

문 15. 상온, 상압에서 수소(H_2) 기체의 분출(effusion) 속도는 메테인(CH_4) 기체의 분출 속도의 몇 배인가? (단, 분출은 Graham의 분출 법칙을 따르며, 수소와 메테인의 몰질량은 각각 2 g mol^{-1}, 16 g mol^{-1}이다)

① $\frac{1}{\sqrt{8}}$
② $\frac{1}{8}$
③ $\sqrt{8}$
④ 8

정답 3번

간단한 해설

같은 온도와 압력에서 분출 속도는 **몰질량의 제곱근에 반비례**한다. 수소의 몰질량이 메테인의 1/8이므로 수소의 분출 속도는 메테인의 $\sqrt{8}$배이다.

계산 과정

수소와 메테인의 분출 속도를 각각 r_1, r_2, 몰질량을 각각 M_1, M_2라 한다. 주어진 몰질량은 수소가 2 g mol^{-1}, 메테인이 16 g mol^{-1}이며, 구할 값은 r_1/r_2이다.

두 기체는 같은 온도와 압력에 있고 Graham의 분출 법칙을 따르므로, 분출 속도는 몰질량의 제곱근에 반비례한다. 따라서 $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ 이다. 속도비를 수소/메테인으로 잡으면 **몰질량비는 메테인/수소**로 넣는다.

몰질량을 대입하면 $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{16}{2}} = \sqrt{8}$ 이다. 몰질량비 8에 제곱근을 취한 값이 분출 속도비이며, 같은 단위끼리 나누므로 단위는 소거된다. 수소의 분출 속도는 메테인의 $\sqrt{8}$배로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 25 °C에서 성분 A와 성분 B로 구성된 혼합물이 라울(Raoult)의 법칙과 돌턴(Dalton)의 부분 압력 법칙을 따르며 기-액 평형을 이루고 있다. 액상에서 A의 몰분율이 0.6일 때 기상에서 A의 몰분율은? (단, 25 °C에서 A, B의 증기압은 각각 100 kPa, 50 kPa이다)

① 0.25

② 0.5

③ 0.75

④ 0.8

정답 3번

간단한 해설

라울의 법칙으로 구한 A와 B의 부분 압력은 각각 60 kPa와 20 kPa이다. 기상에서 A의 몰분율은 **A의 부분 압력을 전체 압력으로 나눈 값**이므로 $\frac{60}{60+20} = 0.75$이다.

계산 과정

액상 조성: A와 B만으로 이루어진 혼합물이므로 두 성분의 액상 몰분율 합은 1이다. 따라서 $x_A = 0.6$, $x_B = 1 - 0.6 = 0.4$이다. 25 °C에서 순수 성분 A와 B의 증기압은 각각 100 kPa와 50 kPa이다.

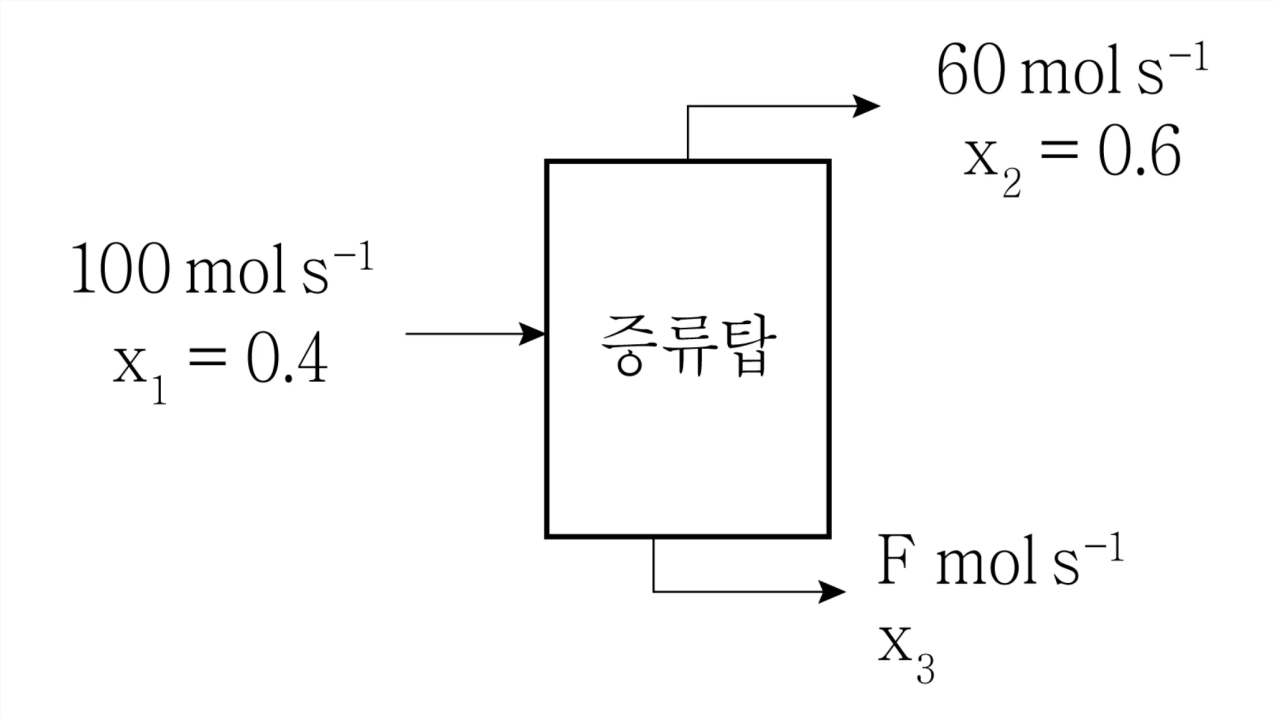
부분 압력: 라울의 법칙에 따르면 각 성분의 부분 압력은 **액상 몰분율과 같은 온도에서의 순수 성분 증기압의 곱**이다. 따라서 A의 부분 압력은 $p_A = 0.6 \cdot 100 = 60\text{kPa}$, B의 부분 압력은 $p_B = 0.4 \cdot 50 = 20\text{kPa}$이다. 이 값들은 각 성분이 기상 전체 압력에 기여하는 압력이다.

전체 압력: 돌턴의 부분 압력 법칙에 따라 기상 전체 압력은 각 성분의 부분 압력의 합이다. 따라서 $P = p_A + p_B$이고, 전체 압력은 60 + 20 = 80 kPa이다.

기상 몰분율: 돌턴의 법칙에서 $p_A = y_A P$이므로, A의 기상 몰분율은 **A의 부분 압력을 전체 압력으로 나누어** 구한다. 따라서 $y_A = \frac{p_A}{P} = \frac{60}{80} = 0.75$이다. 압력 단위가 약분되어 몰분율에는 단위가 없으며, 계산값 0.75는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 17. 정상상태에서 헥세인과 옥테인의 혼합물이 100 mol s^{-1}의 유속으로 증류탑으로 유입되어 기체 흐름으로 60 mol s^{-1}, 액체 흐름으로 F mol s^{-1}의 유속으로 유출된다. 유입 흐름에서 헥세인의 몰분율(x_1)은 0.4, 기체 흐름에서 헥세인의 몰분율(x_2)은 0.6이다. 증류탑으로 유입되는 옥테인 중 액체 흐름에서 회수되는 옥테인의 몰분율[%]은? (단, 반응은 일어나지 않고, x_3는 액체 흐름에서 헥세인의 몰분율이다.)



① 60

② 75

③ 80

④ 90

정답 1번

간단한 해설

유입된 옥테인 60 mol s^{-1} 중 기체로 빠져나가는 양은 24 mol s^{-1}이므로 액체에서 회수되는 양은 36 mol s^{-1}이다. **유입 옥테인량을 기준**으로 한 회수 비율은 $\frac{36}{60} \times 100 = 60\%$이다.

NoteBase

계산 과정

정상상태에서는 증류탑 내부의 물질 축적이 없고, 반응도 일어나지 않으므로 각 성분에 대해 **유입량 = 기체 유출량 + 액체 유출량**의 몰수지가 성립한다. 각 흐름의 성분 몰유량은 전체 몰유량에 그 성분의 몰분율을 곱하여 구한다.

유입·기체 흐름의 옥테인량: 혼합물은 헥세인과 옥테인으로 이루어지므로 옥테인의 몰분율은 헥세인의 몰분율을 1에서 뺀 값이다. 유입 흐름에서는 $1 - x_1 = 1 - 0.4 = 0.6$이므로 옥테인 몰유량은 $100 \times 0.6 = 60$ mol s^{-1}이다. 기체 흐름에서는 $1 - x_2 = 1 - 0.6 = 0.4$이므로 옥테인 몰유량은 $60 \times 0.4 = 24$ mol s^{-1}이다.

액체에서 회수되는 옥테인량: 유입 옥테인 중 기체로 나간 양을 빼면 액체로 나간 옥테인 몰유량이 된다. 따라서 $60 - 24 = 36$ mol s^{-1}이다.

회수 비율: 문제는 **유입된 옥테인 중 액체로 회수된 비율**을 묻는다. 분모는 유입 옥테인 몰유량 60 mol s^{-1}이고, 분자는 액체로 나간 옥테인 몰유량 36 mol s^{-1}이다. 따라서 $\frac{36}{60} \times 100 = 60\%$로, ①의 60에 해당한다.

NoteBase

문 18. 유체가 한 방향으로만 흐를 수 있도록 목표 방향으로 흐르는 유체의 압력에 의해서만 열리는 것은?

① 게이트(gate) 밸브
② 스윙 체크(swing check) 밸브
③ 글로브(globe) 밸브
④ 플러그 콕(plug cock)

정답 2번

간단한 해설

스윙 체크 밸브는 **순방향 유체의 압력으로 열리고 역류할 때 닫히는** 밸브이다. 외부에서 개폐 조작을 하지 않아도 한 방향의 흐름만 허용한다.

핵심 풀이

스윙 체크 밸브는 유체의 흐름에 따라 자동으로 작동하여 역류를 막는다. 경첩에 연결된 밸브판이 순방향 유체의 압력에 밀려 회전하면 유로가 열린다. 반대 방향으로 흐르려 하면 밸브판이 밸브 시트에 밀착하여 유로를 닫는다. 따라서 문제의 '한 방향으로만 흐름'과 '유체의 압력에 의해서만 열림'은 **스윙 체크 밸브의 자동 역류 방지 기능**을 나타낸다.

게이트 밸브·글로브 밸브·플러그 콕은 손잡이나 구동장치로 개폐부를 움직여 유로를 열고 닫는다. 이들과 구별되는 체크 밸브의 특징은 **유체의 압력에 반응하여 별도의 외부 조작 없이 작동한다**는 점이다.

NoteBase

문 19. 기체 흡수탑에 사용되는 충전물의 조건으로 적합하지 않은 것은?

① 공극률(porosity)이 클 것

② 충전 시 단위체적당 유효표면적이 작을 것

③ 기계적 강도가 높을 것

④ 단위체적당 무게가 가벼울 것

정답 2번

간단한 해설

②의 '유효표면적이 작을 것'은 '유효표면적이 클 것'으로 고쳐야 한다. 충전물은 같은 충전층 체적에서 **기체와 액체가 실제로 접촉하는 면적**을 크게 하여 흡수에 필요한 물질전달을 촉진해야 한다.

선지별 해설

① O: 공극률은 충전층 전체 체적 중 충전물 사이의 빈 공간이 차지하는 비율이다. 공극률이 크면 기체와 액체가 흐를 통로가 넓어져 **흐름 저항과 압력손실을 줄이는 데 유리**하다.

② X: 기체 흡수는 기체와 액체의 접촉면을 통해 흡수 대상 성분이 액체로 이동하는 과정이다. 따라서 충전 시 단위체적당 유효표면적은 **작아야 하는 것이 아니라 커야 한다**. 유효표면적이 크면 같은 충전층 체적에서도 물질전달에 이용되는 기체·액체 접촉면을 넓게 확보할 수 있다.

③ O: 충전물은 쌓인 충전층의 하중과 취급 중의 충격을 견뎌야 하므로 **기계적 강도가 높아야 한다**. 쉽게 파손되거나 변형되면 충전층의 빈 공간과 유로가 달라져 기체와 액체의 흐름을 방해할 수 있다.

④ O: 같은 체적의 충전층을 구성할 때 충전물의 무게가 가벼우면 **지지판과 탑 구조물에 작용하는 하중**이 줄어든다. 따라서 필요한 강도를 갖추면서 단위체적당 무게가 가벼운 충전물이 유리하다.

NoteBase

문 20. 화학공정 플랜트(plant)의 비용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 제품생산량에 비례하여 고정비용도 증가한다.

② 감가상각방법 중 정액법은 감가상각대상금액을 내용연수로 나눈 금액을 각 연도의 감가상각액으로 상정한다.

③ 손익분기점에서 제품의 총원가와 총매출액이 같다.

④ 플랜트의 운전비용은 제품생산량에 따라 영향을 받는다.

정답 1번

간단한 해설

고정비용은 **일정한 조업 범위에서 생산량이 달라져도 총액이 일정한 비용**이다. 생산량에 비례하여 증가하는 비용은 변동비용에 해당한다.

선지별 해설

① X: 고정비용은 일정 기간과 조업 범위에서 **생산량과 관계없이 총액이 일정**하다. 공장 임차료가 대표적인 예이다. 따라서 '제품생산량에 비례하여 고정비용도 증가한다'는 설명은 고정비용을 변동비용과 혼동한 것이다. 생산량에 비례하여 증가하는 것은 단위당 변동비가 일정할 때의 총변동비용이다.

② O: 정액법은 자산의 취득원가에서 잔존가치를 뺀 **감가상각대상금액을 내용연수에 걸쳐 균등하게 배분**하는 방법이다. 감가상각대상금액을 내용연수로 나누므로 각 연도의 감가상각액이 같다.

③ O: 손익분기점은 **총매출액과 총원가가 같아 이익도 손실도 없는 지점**이다. 총원가는 고정비용과 변동비용의 합이므로, 이 지점에서는 제품 판매로 얻은 매출액이 두 비용을 모두 충당한다.

④ O: 플랜트의 운전비용에는 원료비와 연료비·전력비 등 생산량에 따라 달라지는 비용이 포함된다. 생산량이 변하면 이러한 투입물의 사용량도 변하므로 **운전비용은 생산량의 영향을 받는다**. 다만 운전비용의 모든 항목이 생산량에 비례하는 것은 아니다.

NoteBase