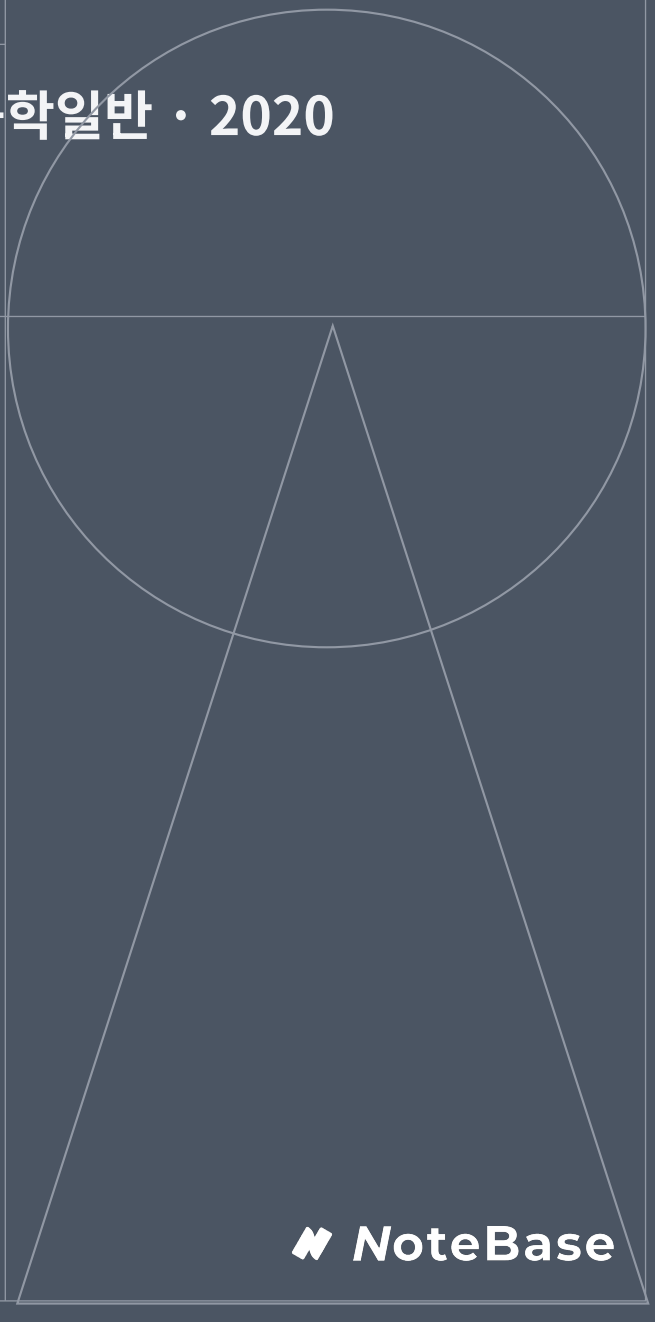
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2020

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2020

문 1. 농도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 질량농도는 단위 부피의 용액에 들어있는 용질의 질량이다.

② 1 ppb는 1000 ppm이다.

③ 몰농도는 용액 1 L에 들어있는 용질의 몰수다.

④ 몰랄농도는 용매 1 kg당 용질의 몰수다.

정답 2번

간단한 해설

②의 단위 환산은 크기 관계를 거꾸로 나타냈다. 같은 기준의 농도에서 **1 ppb는 0.001 ppm**이며, 1 ppm이 1000 ppb이다.

선지별 해설

① O: 질량농도는 용질의 질량을 **용액의 부피**로 나눈 값이다. 따라서 단위 부피의 용액에 들어 있는 용질의 질량을 뜻하며, g/L 등으로 나타낸다.

② X: ppm은 백만 분의 1, ppb는 십억 분의 1을 나타낸다. 같은 기준에서 ppb는 ppm의 1000분의 1에 해당하므로, '1 ppb는 1000 ppm이다'를 **'1 ppb는 0.001 ppm이다'**로 고쳐야 한다. 반대로 1 ppm은 1000 ppb이다.

③ O: 몰농도는 용질의 몰수를 **용액의 부피**로 나눈 값으로, 단위는 mol/L이다. 분모는 용매만의 부피가 아니라 용질과 용매가 섞인 전체 용액의 부피이므로, 용액 1 L에 들어 있는 용질의 몰수라는 설명이 성립한다.

④ O: 몰랄농도는 용질의 몰수를 **용매의 질량**으로 나눈 값으로, 단위는 mol/kg이다. 기준은 용액 전체의 질량이 아니라 용매 1 kg이며, 부피를 기준으로 하는 몰농도와 구별된다.

NoteBase

문 2. 유체에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 전단응력(shear stress)은 전단력(shear force)과 전단면적을 곱한 값이다.

② 동점도(kinematic viscosity)는 유체의 밀도를 절대점도로 나눈 값이다.

③ 뉴튼 유체(Newtonian fluid)의 점도는 전단변형률 크기에 무관하다.

④ 뉴튼 유체가 원관 속을 흐를 때 레이놀즈(Reynolds) 수가 2000 이하면 난류(turbulent flow)이다.

정답 3번

간단한 해설

뉴튼 유체는 온도와 압력이 일정할 때 **전단변형에 따라 점도가 달라지지 않는다**. 전단응력은 전단변형속도에 비례하며, 그 비례계수가 점도이다.

선지별 해설

① X: 전단응력은 면에 평행하게 작용하는 전단력을 **그 힘이 작용하는 면적으로 나눈 값**이다. 전단력을 F, 전단면적을 A라 하면 $\tau = \frac{F}{A}$이며, 단위는 Pa이다. 면적을 곱하는 것은 전단응력의 정의가 아니다.

② X: 동점도는 **절대점도를 밀도로 나눈 값**이다. 절대점도를 μ, 밀도를 ρ, 동점도를 ν라 하면 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$이다. 선지는 분자와 분모를 거꾸로 설명했다.

③ O: 뉴튼 유체는 **온도와 압력이 일정하면** 전단변형의 크기에 따라 점도가 변하지 않는다. 단순 전단에서는 $\tau = \mu\dot{\gamma}$가 성립한다. 여기서 $\dot{\gamma}$는 전단변형률이 시간에 따라 변하는 빠르기인 전단변형속도이다. 전단변형속도가 커지면 전단응력이 같은 비율로 커지므로, 두 값의 비인 점도 μ는 일정하다.

④ X: 원관 내 유동에서 레이놀즈 수가 2000 이하이면 일반적인 유동 판별 기준상 **난류가 아니라 층류**이다. 레이놀즈 수는 관성력과 점성력의 상대적 크기를 나타낸다. 이 값이 작은 영역에서는 점성력이 유동의 교란을 억제하여 유체가 층을 이루며 흐른다.

NoteBase

문 3. 연속식 반응기와 비교할 때 회분식 반응기의 특징으로 옳지 않은 것은?

① 소량 다품종 제품의 생산에 적합하다.

② 반응기가 닫혀 있어 운전 중에는 유입과 유출 흐름이 없다.

③ 장치비가 적게 들고 조업에 융통성이 있다.

④ 운전정지 시간이 짧다.

정답 4번

간단한 해설

회분식 반응기는 한 배치의 반응이 끝날 때마다 제품을 배출하고 장치를 세척한 뒤 원료를 다시 투입해야 하므로 **운전정지 시간이 길다**. 연속식처럼 원료 공급과 제품 배출을 계속하면서 생산하지 못한다.

선지별 해설

① O: 회분식은 원료를 한꺼번에 넣고 일정 시간 반응시킨 뒤 제품을 꺼내는 방식이다. 배치마다 원료와 운전 조건을 바꾸기 쉬워 **소량 다품종 생산**에 적합하다.

② O: 원료 투입과 제품 배출은 반응 전후에 이루어지며, **반응이 진행되는 동안에는 물질의 유입·유출이 없다**. 다만 반응 온도를 조절하기 위한 가열이나 냉각은 가능하므로, 닫힌 반응기라는 말이 열의 출입까지 없다는 뜻은 아니다.

③ O: 일반적인 소규모 생산에서는 장치 구성이 비교적 단순하고 연속 공급·배출을 위한 설비 부담이 작아 초기 장치비가 적게 든다. 또한 **같은 장치에서 원료와 운전 조건을 바꾸어** 여러 제품을 생산할 수 있어 조업에 융통성이 있다.

④ X: 한 배치가 끝나면 제품 배출, 세척, 원료 재투입 등의 준비를 거쳐야 다음 반응을 시작할 수 있다. 이때는 반응에 의한 생산이 중단되므로 연속식과 비교하여 **운전정지 시간이 길다**. 따라서 '운전정지 시간이 짧다'는 '운전정지 시간이 길다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 4. 증류탑의 총괄효율이 50%이고, 이상단의 수가 12일 때 실제단의 수는?

① 6

② 12

③ 18

④ 24

정답 4번

간단한 해설

총괄효율은 **실제단 수에 대한 이상단 수의 비**이다. 효율이 50%이면 같은 분리에 필요한 실제단 수는 이상단 수의 두 배이므로 24단이다.

계산 과정

이상단은 그 단을 나가는 기체와 액체가 평형에 도달한다고 가정한 단이다. 실제단에서는 평형에 충분히 도달하지 못하므로 같은 분리를 위해 더 많은 단이 필요하다. 이상단 수를 N_i, 실제단 수를 N_a, 총괄효율을 E_o로 둔다.

총괄효율의 정의는 $E_o = \frac{N_i}{N_a}$이다. 주어진 50%를 비율로 바꾸면 0.50이며, 이는 **실제단 2개가 이상단 1개에 해당하는 분리 성능**을 낸다는 뜻이다.

따라서 실제단 수는 $N_a = \frac{N_i}{E_o} = \frac{12}{0.50} = 24$이다. 필요한 실제단 수는 24단으로, ④의 24에 해당한다.

NoteBase

문 5. 기체 중에 부유하고 있는 고체나 액체 미립자를 포집하는 집진장치에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 스크러버(scrubber)는 공기를 이용한 건식 집진장치다.

② 사이클론(cyclone)은 원심력을 이용한 집진장치다.

③ 코트렐(Cottrell) 집진기는 전기집진장치다.

④ 백필터(bag filter)는 여과포를 이용한 집진장치다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '공기를 이용한 건식 집진장치'라는 설명이 잘못되었다. 집진에 사용하는 스크러버는 **물 등의 액체로 미립자를 포집하는 습식 집진장치**이다.

선지별 해설

① X: 스크러버는 먼지를 포함한 기체를 물 등의 세정액과 접촉시켜 미립자를 액체에 포집한다. 따라서 '공기를 이용한 건식 집진장치'가 아니라 **액체를 이용한 습식 집진장치**로 고쳐야 한다.

② O: 사이클론은 기체를 장치 안에서 회전시켜 **원심력으로 입자를 벽 쪽으로 분리**하는 집진장치이다. 벽 쪽으로 이동한 입자는 아래의 집진부에 모이고, 입자가 분리된 기체는 배출된다.

③ O: 코트렐 집진기는 미립자를 대전시킨 뒤 **전기력으로 집진전극에 포집**하는 전기집진장치이다. 기체 속 입자에 전하를 주고 전기장에서 이동시키는 원리를 이용한다.

④ O: 백필터는 먼지가 포함된 기체를 **여과포에 통과시켜 입자를 포집**하는 여과집진장치이다. 기체는 여과포를 통과하고 먼지는 여과포에 걸러져 분리된다.

NoteBase

문 6. 벤젠 60 wt%, 톨루엔 40 wt%의 혼합액이 1000 kg h^{-1}의 질량 유속으로 증류탑에 공급된다. 탑상제품에서 톨루엔의 질량유속은 100 kg h^{-1}고 벤젠의 조성은 80 wt%일 때, 탑저제품에서 벤젠의 질량유속[kg h^{-1}]은?

① 100

② 200

③ 300

④ 400

정답 2번

간단한 해설

벤젠의 **성분별 물질수지**를 적용하면, 공급되는 벤젠에서 탑상으로 나가는 벤젠을 뺀 양이 탑저로 나간다. 공급 벤젠은 600 kg h^{-1}, 탑상 벤젠은 400 kg h^{-1}이므로 탑저 벤젠은 200 kg h^{-1}이다.

계산 과정

증류는 혼합물을 분리하는 조작이므로 벤젠이 반응으로 생성되거나 소모되지 않는다. 정상상태이고 별도의 손실이 없다고 가정하면 **벤젠 유입량 = 탑상 벤젠 유출량 + 탑저 벤젠 유출량**의 성분별 물질수지가 성립한다.

공급 벤젠의 질량유속: 60 wt%는 공급 혼합물 전체 질량 중 벤젠이 차지하는 비율이 0.60이라는 뜻이다. 따라서 공급 벤젠은 $1000 \times 0.60 = 600$ kg h^{-1}이다.

탑상 벤젠의 질량유속: 벤젠과 톨루엔만 있으므로, 탑상 벤젠이 80 wt%이면 **탑상 톨루엔은 20 wt%**이다. 탑상제품 전체의 질량유속을 D라 하면 톨루엔 100 kg h^{-1}은 전체의 0.20에 해당하므로 $D = \frac{100}{0.20} = 500$ kg h^{-1}이다. 이 500 kg h^{-1}은 탑상제품 전체의 양이며, 그중 벤젠은 $500 \times 0.80 = 400$ kg h^{-1}이다.

탑저 벤젠의 질량유속: 벤젠 물질수지에 따라 $600 - 400 = 200$ kg h^{-1}이다. 이는 선택지 ②의 200에 해당한다.

NoteBase

문 7. 수직으로 놓인 지름 1m의 원통형 탱크에 높이 1.8m까지 물이 채워져 있다. 탱크 바닥에 내경 5cm의 관을 연결하여 1.2m s^{-1}의 일정한 관내 평균유속으로 물을 배출한다면, 탱크의 물이 모두 배출되는데 걸리는 시간[min]은?

① 10

② 20

③ 40

④ 60

정답 1번

간단한 해설

관내 평균유속과 관의 단면적이 일정하므로 **단위 시간당 배출되는 물의 부피가 일정하다**. 탱크의 물 부피를 이 체적유량으로 나누면 배출 시간은 600초, 즉 10분이다.

계산 과정

주어진 조건: 탱크 지름 D = 1 m, 초기 물 높이 h = 1.8 m, 관 내경 d = 5 cm = 0.05 m, 관내 평균유속 v = 1.2 m/s이다. **관내 평균유속이 일정하다**는 조건에 따라 배출 체적유량 Q도 일정하므로, 물의 부피 V를 Q로 나누어 전체 배출 시간을 구한다.

물의 부피: 원통의 부피는 밑면적에 높이를 곱한 값이다. 따라서 $V = \frac{\pi D^2}{4}h$이고, 주어진 값을 대입하면 $V = \frac{\pi \cdot 1^2 \cdot 1.8}{4} = 0.45\pi \mathrm{m}^3$이다.

배출 체적유량: 관 단면적 A는 $A = \frac{\pi d^2}{4}$이므로 $A = \frac{\pi \cdot 0.05^2}{4} = 0.000625\pi \mathrm{m}^2$이다. 체적유량은 **관 단면적과 관내 평균유속의 곱**인 $Q = Av$이다. 따라서 $Q = 0.00075\pi \mathrm{m}^3/\mathrm{s}$이며, 이는 매초 배출되는 물의 부피를 뜻한다.

배출 시간: $t = \frac{V}{Q}$에 따라 $t = \frac{0.45\pi}{0.00075\pi} = 600\mathrm{s}$이다. 분으로 환산하면 $\frac{600}{60} = 10$분이므로 ①의 10에 해당한다.

NoteBase

문 8. 차원(dimension)이 다른 것은? (단, ν는 동점도, μ는 절대점도, α는 열확산계수, k는 열전도도, ρ는 밀도, D는 물질확산계수, c_p는 비열을 의미한다)

① $\frac{\nu}{\alpha}$
② $\frac{\mu}{\rho \cdot D}$
③ $\frac{D}{\alpha}$
④ $\frac{\rho \cdot c_p}{k \cdot \mu}$

정답 4번

간단한 해설

④는 열확산계수의 관계 $\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c_p}$를 이용하면 $\frac{1}{\alpha \cdot \mu}$가 된다. 이 식은 **차원이 남는 양**으로, 나머지의 무차원 비와 다르다.

선지별 해설

차원은 물리량을 질량 M, 길이 L, 시간 T 등의 기본량으로 나타낸 것이다. 동점도 ν, 열확산계수 α, 물질확산계수 D의 차원은 모두 L^2T^{-1}이다. 분자와 분모의 차원이 완전히 소거된 양을 **무차원량**이라고 한다.

① $\frac{\nu}{\alpha}$: 동점도와 열확산계수의 차원이 같으므로 차원의 비는 $\frac{L^2T^{-1}}{L^2T^{-1}} = 1$이다. 따라서 무차원이다.

② $\frac{\mu}{\rho \cdot D}$: 동점도는 절대점도를 밀도로 나눈 값으로, $\nu = \frac{\mu}{\rho}$이다. 따라서 주어진 식은 $\frac{\nu}{D}$이며, 동점도와 물질확산계수의 차원이 같으므로 무차원이다.

③ $\frac{D}{\alpha}$: 물질확산계수와 열확산계수는 모두 면적을 시간으로 나눈 차원을 갖는다. 차원의 비는 $\frac{L^2T^{-1}}{L^2T^{-1}} = 1$이므로 무차원이다.

④ $\frac{\rho \cdot c_p}{k \cdot \mu}$: 열확산계수의 정의는 $\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c_p}$이므로, 주어진 식은 $\frac{1}{\alpha \cdot \mu}$로 바뀐다. 절대점도의 차원은 $ML^{-1}T^{-1}$이므로 분모의 차원은 $L^2T^{-1} \cdot ML^{-1}T^{-1} = MLT^{-2}$이다. 따라서 전체 차원은 $\frac{T^2}{ML}$로, **무차원이 아니다**.

①·②·③은 모두 무차원이고, ④만 질량·길이·시간의 차원이 남는다. 따라서 차원이 다른 것은 ④이다.

NoteBase

문 9. 액-액 추출에서 추제가 가져야 할 성질로 옳은 것은?

① 추질과 밀도 차이가 작아야 한다.

② 추질에 대한 선택도가 추잔상에 대한 선택도보다 커야 한다.

③ 추질과 휘발도의 차이가 작아야 한다.

④ 추잔상에 대한 용해도가 커야 한다.

정답 2번

간단한 해설

추제는 추잔상을 이루는 원용매보다 **추질을 선택적으로 더 잘 녹여야** 한다. 그래야 원용매는 주로 추잔상에 남고, 분리하려는 추질은 추제 쪽으로 이동한다.

선지별 해설

액-액 추출은 액체 혼합물에 다른 액체인 추제를 접촉시켜, 분리하려는 성분인 추질을 추제 쪽으로 옮기는 조작이다. 추제를 주성분으로 하여 추질을 받아들인 액상을 추출상, 추질을 빼앗기고 남은 액상을 추잔상이라고 한다.

① X: 층 분리를 쉽게 하려면 **추출상과 추잔상 사이의 밀도 차이가 충분히 커야** 한다. 밀도 차이가 작으면 두 액상의 중력에 의한 침강·분리가 느려진다. 추질과의 밀도 차이를 작게 하는 것은 추제 선정의 바람직한 기준이 아니다.

② O: 추제는 추잔상을 이루는 원용매보다 **추질을 우선적으로 녹이는 성질**이 커야 한다. 이 선택성이 커야 원용매가 함께 추출되는 정도를 줄이면서 추질을 추출상에 농축할 수 있다.

③ X: 추출 후 증류로 추제를 회수하려면 **추제와 추질의 휘발도 차이가 충분히 커야** 한다. 휘발도가 비슷하면 두 성분이 함께 기화하기 쉬워 분리·회수가 어려워진다.

④ X: 추제는 **추잔상에 대한 용해도가 작아야** 한다. 추제가 추잔상에 많이 녹으면 추제 손실이 커지고, 추잔상에 남은 추제를 회수하는 부담도 증가한다.

NoteBase

문 10. 5°C의 공기가 1 kg s^{-1}의 일정한 질량유속으로 관에 들어가서 50°C로 관을 나간다. 공기의 비열을 0.3 kcal kg^{-1} $°C^{-1}$라고 할 때, 단위시간당 공기로 전달된 열량[kcal s^{-1}]은?

① 10.5

② 11.5

③ 12.5

④ 13.5

정답 4번

간단한 해설

공기에 전달되는 열량은 **질량유량 × 비열 × 온도 상승**으로 구한다. 1초에 1 kg의 공기가 45°C만큼 가열되므로 전달 열량은 13.5 kcal s^{-1}이다.

계산 과정

주어진 비열을 일정하게 적용하고, 축일과 운동·위치에너지 변화는 무시하여 열수지를 세운다. 단위시간당 전달 열량은 $\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T$이다. 여기서 $\dot{m}$은 질량유량, c_p는 비열, ΔT는 출구와 입구의 온도 차이다.

온도 상승은 50 − 5 = 45°C이다. 비열이 0.3 kcal kg^{-1} $°C^{-1}$이므로 공기 1 kg을 45°C 높이는 데 필요한 열량은 0.3 × 45 = 13.5 kcal이다. 이는 **공기 1 kg당 필요한 열량**이다.

질량유량이 1 kg s^{-1}이므로 매초 공기 1 kg에 이 열량을 공급해야 한다. 따라서 $\dot{Q} = 1 \cdot 0.3 \cdot 45 = 13.5$ kcal s^{-1}이며, ④의 13.5에 해당한다.

NoteBase

문 11. 화학공장의 화재 발생 요인 3요소가 아닌 것은?

① 환원제

② 산소

③ 점화원

④ 가연성 물질

정답 1번

간단한 해설

화재 발생의 3요소는 **가연성 물질·산소·점화원**이다. 환원제는 이와 별도로 요구되는 구성 요소가 아니다.

선지별 해설

① X: 환원제는 다른 물질을 환원시키고 자신은 산화되는 물질을 뜻하며, 화재의 3요소를 구분하는 독립 항목은 아니다. 화재의 3요소는 **가연성 물질·산소·점화원**이다. 가연성 환원제가 연료로 작용할 수는 있지만, 이때는 가연성 물질에 해당한다.

② O: 산소는 가연성 물질의 연소를 돕는 **산화제**로 작용한다. 화재의 3요소 중 산소 공급에 해당하며, 일반적으로 공기 중의 산소가 이 역할을 한다.

③ O: 점화원은 가연성 물질이 **연소를 시작하는 데 필요한 에너지**를 공급한다. 불꽃, 전기 스파크, 고온의 표면 등이 점화원이 될 수 있다.

④ O: 가연성 물질은 산소와 반응하여 열을 내며 타는 **연료**이다. 가연성 가스나 인화성 액체의 증기 등이 이에 해당한다.

NoteBase

문 12. 두께가 1 cm인 은 평판과 단위면적당 정상상태 열전달 속도가 같은 철 평판의 두께[cm]는? (단, 은의 열전도도는 450 W m^{-1} K^{-1}, 철의 열전도도는 15 W m^{-1} K^{-1}이며, 열전달 조건은 동일하다)

① $\frac{1}{60}$
② $\frac{1}{30}$
③ 30
④ 60

정답 2번

간단한 해설

같은 온도차에서 단위면적당 열전달 속도가 같으려면 **평판 두께가 열전도도에 비례**해야 한다. 철의 열전도도는 은의 $\frac{1}{30}$이므로 철 평판의 두께는 $\frac{1}{30}$cm이다.

계산 과정

평판 두께 방향의 정상상태 열전도에는 푸리에 법칙을 적용한다. 단위면적당 열전달 속도인 열유속의 크기는 $q'' = \frac{k\Delta T}{L}$이다. 여기서 k는 열전도도, ΔT는 평판 양면의 온도차, L은 두께이다. 열전도도의 단위가 W m^{-1} K^{-1}이므로 L을 m로 넣으면 열유속의 단위는 W/m^2이다.

두 평판은 **온도차와 열유속이 모두 같으므로** $\frac{k_{Ag}}{L_{Ag}} = \frac{k_{Fe}}{L_{Fe}}$이다. 이를 두께의 비로 정리하면 $\frac{L_{Fe}}{L_{Ag}} = \frac{k_{Fe}}{k_{Ag}}$이다. 즉, 열전도도가 작은 철은 그만큼 얇아야 은과 같은 열유속을 얻는다.

은과 철의 열전도도는 각각 450 W m^{-1} K^{-1}, 15 W m^{-1} K^{-1}이므로 열전도도 비는 $\frac{15}{450} = \frac{1}{30}$이다. 두께의 비에서도 길이 단위가 소거되므로 은의 두께 1 cm를 그대로 사용하면 $L_{Fe} = \frac{1}{30} \cdot 1\text{cm} = \frac{1}{30}$cm이다. 이는 ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 13. 기체 A가 기체 B로 전환되는 아래 반응식에 의해 A의 20%가 B로 전환된다면, 반응 후 얻게 되는 기체 혼합물 중 A의 몰분율은? (단, 초기에는 A만 반응기에 존재한다)

$A(g) \rightarrow 4B(g)$

① 0.1

② 0.2

③ 0.5

④ 0.8

정답 3번

간단한 해설

A 1 mol이 반응하면 B 4 mol이 생성되므로, **반응 후 전체 몰수**를 기준으로 몰분율을 구해야 한다. 초기 A를 1 mol로 잡으면 반응 후 A는 0.8 mol, B는 0.8 mol이므로 A의 몰분율은 $\frac{0.8}{1.6} = 0.5$이다.

계산 과정

초기 몰수 설정: 몰분율은 전체 몰수에 대한 성분 몰수의 비이므로, 계산 기준을 초기 A 1 mol로 잡아도 결과는 같다. 초기에는 A만 존재하므로 B는 0 mol이다.

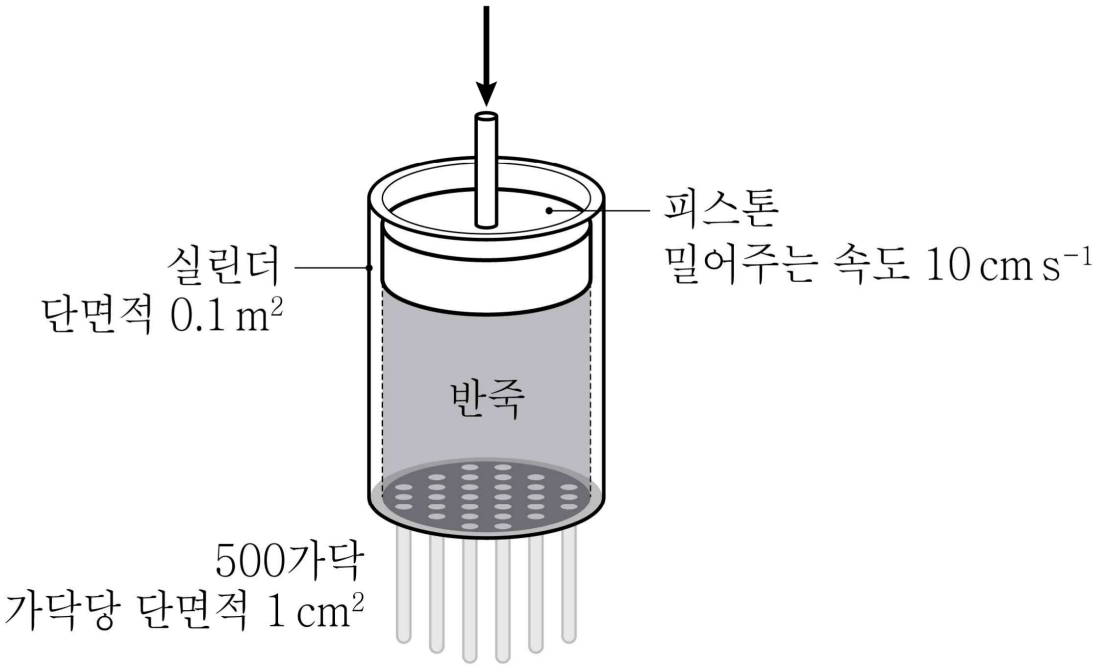
반응 후 성분 몰수: A의 전환율이 20%이므로 소비된 A는 $1 \times 0.20 = 0.2$ mol이고, 남은 A는 $1 - 0.2 = 0.8$ mol이다. 반응식 A(g) → 4B(g)에 따라 **소비된 A의 4배 몰수**만큼 B가 생성되므로, B는 $4 \times 0.2 = 0.8$ mol이다.

반응 후 전체 몰수: 혼합물에는 남은 A와 생성된 B가 함께 존재하므로 전체 몰수는 $0.8 + 0.8 = 1.6$ mol이다. A 1 mol이 반응할 때 B 4 mol이 생성되므로 전체 몰수는 초기보다 증가한다.

A의 몰분율: A의 몰수 n_A를 **반응 후 전체 몰수**로 나누면 $y_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{0.8}{1.6} = 0.5$이다. 몰분율은 mol끼리 나눈 값이므로 단위가 없으며, 이 값은 ③의 0.5에 해당한다.

NoteBase

문 14. 압출 방향에 대해 수직으로 자른 실린더 내부 단면적이 0.1 m^2인 압출 장비로 국수를 뽑고 있다. 피스톤이 10 cm s^{-1}의 속도로 반죽을 밀어 단면적이 1 cm^2인 국수가 500 가닥 압출되고 있다면, 국수의 압출 속도[cm s^{-1}]는? (단, 실린더 내부는 국수 반죽으로 가득 차 있고 공극은 없으며 국수 반죽은 밀도가 일정한 비압축성 유체이고 국수 압출 시 실린더 내에서 동일한 압력을 받는다)



① 0.2

② 2

③ 20

④ 200

정답 3번

간단한 해설

비압축성 반죽은 피스톤이 밀어낸 부피만큼 밖으로 나오므로 **체적유량이 보존**된다. 국수 500가닥의 전체 단면적은 실린더 단면적의 절반이어서 압출 속도는 피스톤 속도의 2배인 20 cm s^{-1}이다.

NoteBase

계산 과정

반죽은 밀도가 일정한 비압축성 유체이고 실린더 내부에 공극이 없으므로, 피스톤이 단위 시간에 밀어낸 부피와 국수가 되어 나오는 부피가 같다. 체적유량 Q는 단면적 A와 그 단면을 통과하는 평균 속도 u의 곱인 $Q = Au$로 나타낸다. 따라서 **피스톤이 밀어내는 체적유량과 500가닥의 총 압출 체적유량**을 같게 놓는다.

실린더 단면적을 cm^2로 바꾸면 1 m^2 = 10,000 cm^2이므로 0.1 m^2 = 1,000 cm^2이다. 여기에 피스톤 속도 10 cm s^{-1}를 곱하면 체적유량은 1,000 × 10 = 10,000 cm^3 s^{-1}이다. 이는 1초마다 반죽 10,000 cm^3가 밀려 나간다는 뜻이다.

국수 한 가닥의 단면적은 1 cm^2이고 500가닥이 나오므로, **전체 출구 단면적**은 500 × 1 = 500 cm^2이다. 같은 단면적과 압출 조건을 갖는 각 가닥의 압출 속도를 v라 하면, 총 압출 체적유량은 이 전체 단면적에 v를 곱한 값이다.

체적유량을 전체 출구 단면적으로 나누면 $v = \frac{10000}{500} = 20$ cm s^{-1}이다. 따라서 국수의 압출 속도는 20 cm s^{-1}이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 입도 측정법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 체질법은 체를 사용하여 질량 분포 및 입도를 측정한다.

② 현미경 측정법은 광학현미경과 전자현미경을 주로 사용한다.

③ 침강법은 입자의 침강 속도를 토대로 현탁액의 밀도를 측정하여 입도를 계산하는 분석법이다.

④ 레이저 회절법은 현탁액을 통과하는 빛의 회절각이 입도에 비례한다는 것을 이용한 분석법이다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '회절각이 입도에 비례한다'는 표현이 틀렸다. 같은 파장의 빛을 사용할 때 **큰 입자는 작은 각도에서, 작은 입자는 큰 각도에서** 회절·산란되는 특성을 이용해 입도를 구한다.

선지별 해설

① O: 체질법은 눈금 크기가 다른 체로 입자를 크기별로 분리한 뒤, 각 체에 남은 입자의 질량을 측정한다. 체의 눈금으로 입도 구간을 정하고, 구간별 질량이 전체 시료 질량에서 차지하는 비율로 **질량 기준 입도 분포**를 구한다.

② O: 현미경 측정법은 입자를 확대하여 크기와 형상을 직접 관찰하는 방법으로, 광학현미경과 전자현미경을 사용한다. 광학현미경으로 구별하기 어려운 미세 입자는 **분해능이 높은 전자현미경**으로 관찰할 수 있다.

③ O: 침강법은 액체 속에서 입자가 가라앉는 속도와 입도 사이의 관계를 이용한다. 서로 간섭하지 않는 구형 입자가 느리게 침강하는 등 스토크스 법칙의 적용 조건에서는, 입자 밀도와 액체의 밀도·점도가 같을 때 큰 입자가 더 빨리 가라앉는다. 비중계를 이용하는 침강 분석에서는 시간에 따른 **현탁액 밀도로 남아 있는 입자의 농도**를 파악하고, 침강 깊이와 경과 시간으로 구한 속도를 입도와 연결하여 입도 분포를 구한다.

④ X: 레이저 회절법은 분산된 입자에 레이저를 비추고 각도에 따른 빛의 세기 분포를 분석하여 입도를 구한다. 같은 파장의 빛에서 큰 입자는 주로 작은 각도로, 작은 입자는 상대적으로 큰 각도로 빛을 회절·산란시킨다. 따라서 '회절각이 입도에 비례한다'는 표현은 **'입도가 클수록 회절각이 작아진다'**로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 16. 체크 밸브(check valve)가 필요한 펌프는?

① 원심 펌프(centrifugal pump)

② 피스톤 펌프(piston pump)

③ 스크류 펌프(screw pump)

④ 기어 펌프(gear pump)

정답 2번

간단한 해설

피스톤 펌프는 왕복 운동으로 흡입과 토출을 반복하므로, 유체가 한 방향으로 흐르도록 **체크 밸브로 역류를 막아야 한다**.

개념 구분

체크 밸브는 유체를 한 방향으로 통과시키고 반대 방향의 흐름을 막는 밸브이다. 이 문항은 펌프의 흡입·토출 작동에 이러한 밸브가 필요한지를 묻는다.

피스톤 펌프: 피스톤이 왕복하면서 실린더 내부의 부피를 늘리거나 줄이는 왕복동식 용적형 펌프이다. 흡입 행정에서는 내부 압력이 낮아져 흡입 체크 밸브가 열리고 토출 체크 밸브가 닫힌다. 토출 행정에서는 내부 압력이 높아져 흡입 체크 밸브가 닫히고 토출 체크 밸브가 열린다. 이처럼 **두 밸브가 번갈아 열리고 닫혀야** 흡입한 유체가 흡입관으로 되돌아가지 않고 토출관으로 나간다.

다른 펌프와의 구분: 원심 펌프는 회전하는 임펠러가 유체에 에너지를 전달하여 흐름을 만든다. 스크류 펌프와 기어 펌프는 각각 나사와 기어의 회전으로 유체를 가두어 흡입측에서 토출측으로 옮기는 회전식 용적형 펌프이다. 이들은 피스톤 펌프처럼 흡입·토출 체크 밸브를 번갈아 여닫아 유체를 이송하는 구조가 아니다. 배관의 역류 방지를 위해 별도로 체크 밸브를 설치하는 경우와, **펌핑 작동 자체에 체크 밸브가 필요한 경우**를 구별해야 한다.

NoteBase

문 17. 전도에 의한 열전달 현상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 열전달은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 일어난다.

② 열전달 속도는 온도 차에 비례한다.

③ 열전달 속도는 열전도도에 비례한다.

④ 열전달 속도는 비열에 비례한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '비열에 비례한다'는 설명은 열전달 속도와 온도 변화에 필요한 열량을 혼동한 것이다. 전도 열전달 속도는 같은 형상과 온도 차에서 **열전도도에 비례**하며, 비열은 물질의 온도를 높이는 데 필요한 열량과 관련된다.

선지별 해설

두께가 L, 열전달 면적이 A인 평판에서 열이 한 방향으로 정상 전도되고 열전도도 k가 일정하면, 열전달 속도의 크기는 푸리에 법칙 $\dot{Q} = kA\frac{T_h - T_c}{L}$로 나타낸다. 여기서 정상 상태는 시간에 따라 온도 분포가 변하지 않는 상태이며, T_h와 T_c는 각각 고온 면과 저온 면의 온도이다. 열전달 속도는 단위 시간당 전달되는 열량으로 단위는 W이다.

① O: 외부에서 일을 가하지 않을 때 열은 **고온부에서 저온부로** 순이동한다. 푸리에 법칙에서 열이 이동하는 방향은 온도가 낮아지는 방향이다.

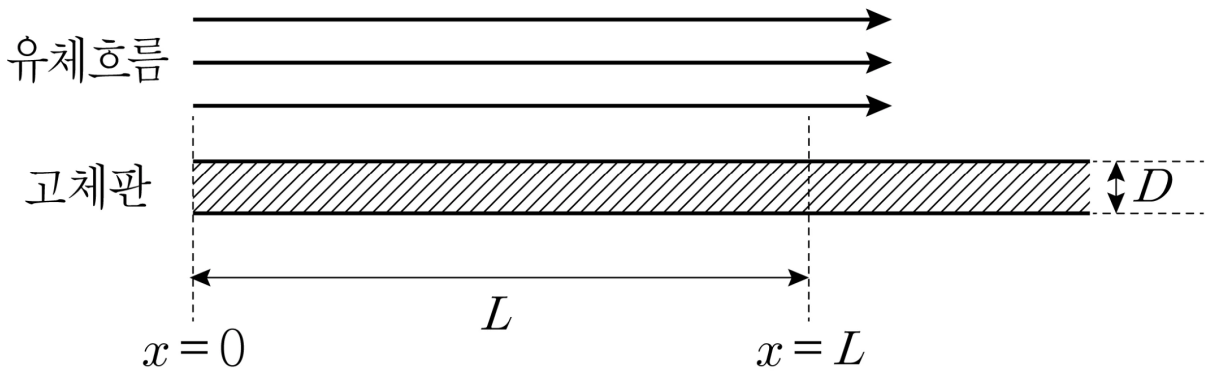
② O: 열전도도, 면적, 두께가 같으면 전도 열전달 속도는 **양쪽 면의 온도 차에 비례**한다. 온도 차가 커질수록 같은 거리에서의 온도 변화가 커져 단위 시간당 더 많은 열이 전달된다.

③ O: 면적, 두께, 온도 차가 같으면 열전달 속도는 열전도도 k에 비례한다. **열전도도가 큰 물질**은 같은 온도 기울기에서 열을 더 빠르게 전달한다.

④ X: 비열은 물질 단위 질량의 온도를 1 K 높이는 데 필요한 열량이며, **전도 열전달 속도에 직접 비례하는 물성이 아니다**. 상변화 없이 질량 m인 물체의 온도를 바꾸고 비열 c를 일정하게 볼 수 있을 때, 필요한 열량은 $Q = mc\Delta T$이다. 이 식은 온도 변화에 필요한 열량을 나타내며, 단위 시간당 전달되는 열량을 나타내는 푸리에 법칙과 구별한다. 전도 열전달 속도에 비례하는 물성은 비열이 아니라 열전도도이다.

NoteBase

문 18. 다음 그림과 같이 두께 D의 차가운 고체 평판(빗금친 부분) 위로 뜨거운 유체가 $x = 0$부터 평행하게 흐르고 있다. 유체의 열전달계수와 열전도도를 각각 h와 k_f라고 하고, 고체의 열전도도를 k_s라고 할 때 $x = L$에서 고체 평판 표면의 수직방향으로의 열전달에 대한 Nusselt 수는?



① $\frac{h \cdot L}{k_f}$
② $\frac{h \cdot L}{k_s}$
③ $\frac{h \cdot D}{k_f}$
④ $\frac{h \cdot D}{k_s}$

정답 1번

간단한 해설

평판 위 유동의 Nusselt 수는 **앞전부터의 거리와 유체의 열전도도**를 기준으로 정의한다. 따라서 $x = L$에서는 $\mathrm{Nu}_L = \frac{h \cdot L}{k_f}$이다.

공통 해설

Nusselt 수는 대류 열전달의 크기를 유체의 열전도를 기준으로 나타내는 무차원수이다. 평판 위를 평행하게 흐르는 유체의 경우, 앞전에서 거리 x인 지점의 국소 Nusselt 수는 $\mathrm{Nu}_x = \frac{h_x \cdot x}{k_f}$로 정의한다. 여기서 h_x는 그 지점의 국소 열전달계수이고, k_f는 유체의 열전도도이다.

그림의 L은 유체가 평판과 접하기 시작하는 $x = 0$부터 관심 지점까지의 거리이다. 따라서 $x = L$에서 주어진 열전달계수 h를 사용하면 $\mathrm{Nu}_L = \frac{h \cdot L}{k_f}$가 된다.

열이 표면에 수직으로 전달되더라도, 이 평판 유동에서 Nusselt 수의 특성길이는 **유동 방향으로 경계층이 발달한 거리**이다. 고체의 두께 D는 그 거리를 나타내지 않는다. 또한 분모에는 고체의 열전도도 k_s가 아니라 유체의 열전도도 k_f를 사용한다.

NoteBase

문 19. 구형 수박 A의 반지름은 구형 수박 B의 반지름의 3배이다. 수박 A, B를 냉장고에 넣어 25 °C에서 15 °C로 냉각하는 데 걸리는 시간을 각각 t_A, t_B라 할 때 $\frac{t_A}{t_B}$ 값은? (단, 냉장고 내부 온도와 수박 표면에서의 열전달계수는 일정하고, 수박 내부 열전달 저항은 무시한다.)

① $\frac{1}{9}$

② $\frac{1}{3}$

③ 3

④ 9

정답 3번

간단한 해설

수박 내부의 열전달 저항을 무시하면, 같은 조건에서 같은 온도 범위만큼 냉각하는 데 걸리는 시간은 **부피를 표면적으로 나눈 값**에 비례한다. 구에서는 이 값이 반지름에 비례하므로, 반지름이 3배인 A의 냉각 시간도 B의 3배이다.

계산 과정

수박 내부의 열전달 저항을 무시하므로 **내부 온도가 균일한 집중용량계**로 다룬다. 두 수박의 밀도와 비열은 같다고 보고 각각 ρ, c라 하며, 공통 열전달계수를 h, 냉장고 내부 온도를 T_∞라 한다. 수박의 부피를 V, 표면적을 S라 하면 저장된 열량의 변화는 ρcV에, 표면을 통한 방열 속도는 hS에 비례한다.

냉장고 내부 온도와 열전달계수가 일정할 때, 뉴턴의 냉각 법칙을 적분하면 25 °C에서 15 °C까지의 냉각 시간은 $t = \frac{\rho cV}{hS} \ln \frac{25 - T_\infty}{15 - T_\infty}$이다. 두 수박의 시작·도달 온도와 냉장고 온도가 같으므로 로그항이 같고, 물성과 h도 공통이다. 따라서 시간비에서는 이 인자들이 소거되어 **부피와 표면적의 비**만 남는다.

반지름이 r인 구의 부피와 표면적은 각각 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, $S = 4\pi r^2$이므로 $\frac{V}{S} = \frac{r}{3}$이다. 반지름이 3배이면 냉각해야 할 열량은 27배이지만, 같은 온도차에서 열을 내보내는 표면적도 9배가 된다. 따라서 냉각 시간은 27배가 아니라 3배가 된다.

주어진 반지름 관계 $r_A = 3r_B$를 적용하면 $\frac{t_A}{t_B} = \frac{r_A}{r_B} = 3$이다. 이는 단위가 없는 시간비이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 자본비용(capital cost)으로 분류되지 않는 것은?

① 노무 및 복지 비용

② 장치 구입 및 설치 비용

③ 배관(piping) 비용

④ 토지 및 건물 비용

정답 1번

간단한 해설

노무 및 복지 비용은 공장 운영 중 지급하는 임금·복리후생비로, **운전비용**에 속한다. 생산 기반을 갖추기 위한 **자본비용**과 구분한다.

선지별 해설

자본비용은 공장을 건설하고 생산설비를 갖추는 데 투입하는 투자비용이다. 공장을 가동하면서 반복적으로 드는 운전비용과 구분한다.

① X: 노무 및 복지 비용은 공장 운영 인력에게 지급하는 임금과 복리후생비로, **운전비용에 해당한다**. 다만 설비 건설·설치에 직접 드는 인건비는 설치비의 일부로 자본비용에 포함되므로 운영 인력의 노무비와 구분해야 한다.

② O: 장치를 구입하고 현장에 설치하는 비용은 **생산설비를 확보하는 투자비용**이다. 장치 가격뿐 아니라 장치를 사용할 수 있도록 설치하는 데 드는 비용도 자본비용에 포함된다.

③ O: 배관은 원료나 중간제품 등의 유체를 공정 내에서 이송하기 위한 설비이다. 배관 구입·설치 비용은 **공정설비를 구축하는 비용**이므로 자본비용에 포함된다.

④ O: 토지와 건물은 공장 부지와 생산 공간을 제공하는 자산이다. **토지 취득과 건물 확보에 드는 비용**은 생산 기반을 마련하는 투자비용이므로 자본비용에 포함된다.

NoteBase