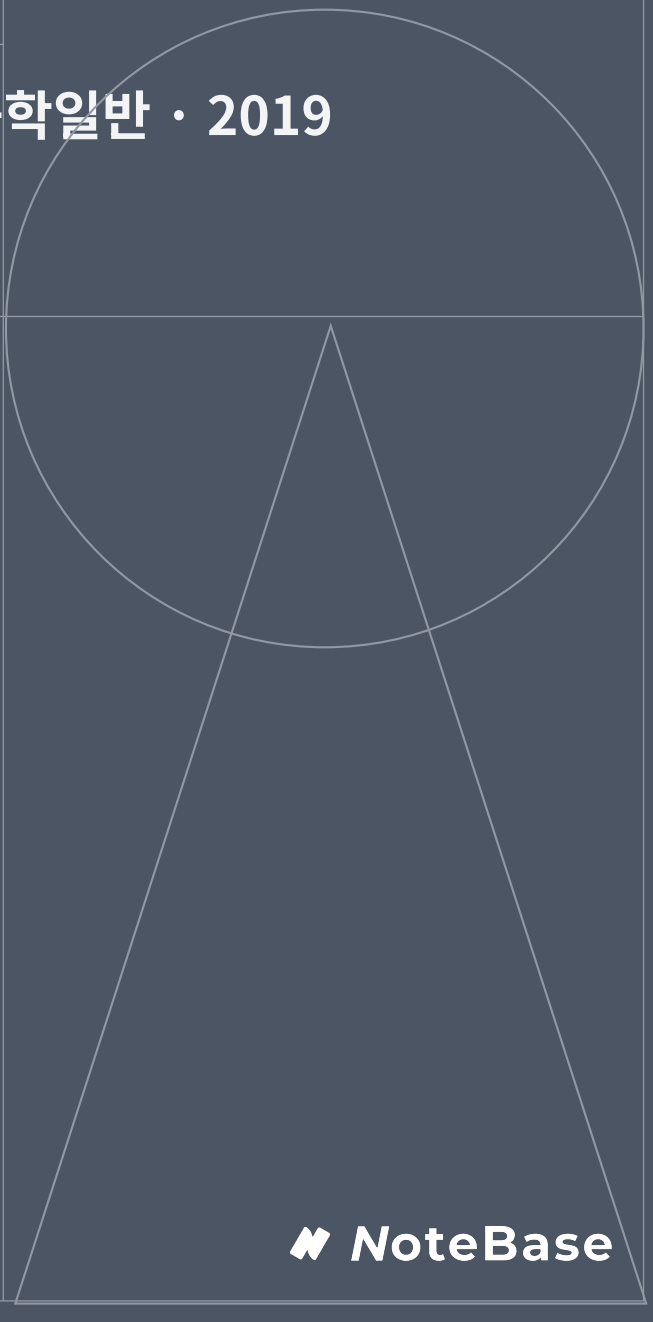
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2019

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2019

문 1. 표면장력(surface tension)의 단위는?

① Pa

② N

③ $J \cdot m^{-2}$

④ $Btu \cdot ft^{-1}$

정답 3번

간단한 해설

표면장력은 **단위 면적당 표면을 늘리는 데 필요한 에너지**로 나타낼 수 있으므로 단위는 $J \cdot m^{-2}$이다. 이는 단위 길이당 힘인 $N \cdot m^{-1}$과 같다.

공통 해설

표면장력은 표면의 경계선에 작용하는 **단위 길이당 힘**이므로 단위는 $N \cdot m^{-1}$이다. 표면을 넓히려면 표면장력에 대항하여 일을 해야 하므로, 표면장력을 단위 면적의 표면을 늘리는 데 필요한 에너지로도 나타낼 수 있다.

일의 단위는 $J = N \cdot m$이므로 $J \cdot m^{-2} = N \cdot m^{-1}$이다. 따라서 $J \cdot m^{-2}$는 표면장력의 단위에 해당한다.

같은 차원 기준으로 보면 N은 힘 자체이고, Pa은 $N \cdot m^{-2}$이므로 단위 길이당 힘과 다르다. Btu는 에너지 단위이므로 $Btu \cdot ft^{-1}$은 에너지를 길이로 나눈 단위이다. 표면장력을 에너지로 표현할 때는 **길이가 아니라 면적으로 나누어야** 한다.

NoteBase

문 2. 여과에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 여과란 고체입자를 포함하는 유체가 여과매체(filtering medium)를 통과하게 하여 고체를 퇴적시킴으로써 유체로부터 고체입자를 분리하는 조작이다.

② 여과기는 여과매체 상류측의 압력을 대기압보다 낮게 하여 조작하거나 하류측을 가압하여 조작한다.

③ 셀룰로스, 규조토와 같은 여과조제(filter aid)를 첨가하는 방식으로 급송물을 처리하여 여과속도를 개선한다.

④ 여과 중에 여과매체가 막히거나 케이크가 형성됨에 따라 시간이 지날수록 흐름에 대한 저항이 증가하게 된다.

정답 2번

간단한 해설

②는 감압하는 쪽과 가압하는 쪽을 반대로 설명했다. 여과액이 흐르게 하려면 **상류측을 가압**하거나 **하류측의 압력을 대기압보다 낮춰** 상류측 압력이 하류측보다 높아지게 해야 한다.

선지별 해설

① O: 여과는 고체입자가 섞인 유체를 다공성 여과매체에 통과시켜 고체와 유체를 분리하는 조작이다. 유체는 매체를 통과하여 여과액이 되고, **통과하지 못한 고체입자**는 매체에 남아 퇴적층인 케이크를 형성한다.

② X: 상류측은 여과할 유체가 들어오는 쪽이고, 하류측은 여과액이 나가는 쪽이다. 유체를 상류에서 하류로 흐르게 하는 구동력은 두 쪽의 압력차이므로 **상류측 압력이 하류측보다 높아야 한다**. 따라서 가압여과는 상류측을 가압하고, 진공여과는 하류측의 압력을 대기압보다 낮춰 조작한다. 선지는 이 두 조작의 위치를 반대로 제시했다.

③ O: 셀룰로스나 규조토 같은 여과조제는 고체입자가 치밀하게 쌓여 유체의 통로를 막는 것을 줄인다. 급송물에 조제를 첨가하면 **투과성이 좋은 다공성 케이크**가 형성되어 흐름 저항을 줄이고 여과속도를 개선할 수 있다.

④ O: 여과매체의 구멍이 막히거나 고체가 계속 쌓여 케이크가 두꺼워지면 유체가 통과하기 어려워진다. 따라서 여과가 진행될수록 **흐름에 대한 저항이 증가**하며, 압력차 등 다른 조건이 같다면 여과속도는 감소한다.

NoteBase

문 3. 매 분기 일정한 금액을 상각하여 감가상각 기초가액을 내용연수 동안 균등하게 할당하는 감가상각방법은?

① 정액법

② 생산량 비례법

③ 정률법

④ 연수합계법

정답 1번

간단한 해설

같은 길이의 기간마다 **일정한 금액을 균등하게 배분**하는 감가상각방법이 정액법이다. 분기별로 상각하더라도 기간마다 상각액이 같다는 기준은 동일하다.

공통 해설

정액법은 취득원가에서 잔존가치를 뺀 감가상각 대상 금액을 내용연수 동안 균등하게 배분하는 방법이다. 같은 길이의 기간을 기준으로 **기간별 감가상각액이 일정**하므로, 문제의 '매 분기 일정한 금액'을 상각한다는 설명에 해당한다.

예를 들어 감가상각 대상 금액이 400만 원이고 내용연수가 4년이라면 매년 100만 원씩 배분한다. 이를 분기별로 나누면 매 분기 25만 원씩 상각하며, 4년 동안 총 400만 원을 배분하게 된다.

NoteBase

문 4. 이상용액에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 라울(Raoult)의 법칙이 적용된다.
ㄴ. 용매와 용질 간의 인력이 없다고 가정한다.
ㄷ. 활동도계수(activity coefficient)가 1이다.
ㄹ. 물과 헥세인(hexane) 혼합물은 이상용액에 가깝다.

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 1번

간단한 해설

이상용액은 서로 다른 분자 사이의 인력이 같은 종류의 분자 사이의 인력과 비슷하여 **라울의 법칙**을 따르고, **활동도계수가 1**인 용액이다. 분자 사이의 인력이 없다고 가정하는 것은 아니다.

보기별 해설

ㄱ. O: 이상용액의 각 휘발성 성분은 **전체 조성 범위에서 라울의 법칙**을 따른다. 성분 i의 평형 분압을 p_i, 액상 몰분율을 x_i, 같은 온도에서 순수한 성분 i의 증기압을 p_i^{sat}라 하면 $p_i = x_i p_i^{\mathrm{sat}}$이다. 즉, 액상에서 그 성분의 몰분율이 작아지면 그에 비례하여 분압도 작아진다.

ㄴ. X: 이상용액에서도 용매와 용질 사이의 인력은 존재한다. 이상성은 인력이 없다는 뜻이 아니라, **서로 다른 분자 사이의 인력이 같은 종류의 분자 사이의 인력과 비슷하다**는 뜻이다. 따라서 혼합할 때 분자 사이 상호작용의 차이로 생기는 에너지 변화가 없다고 본다.

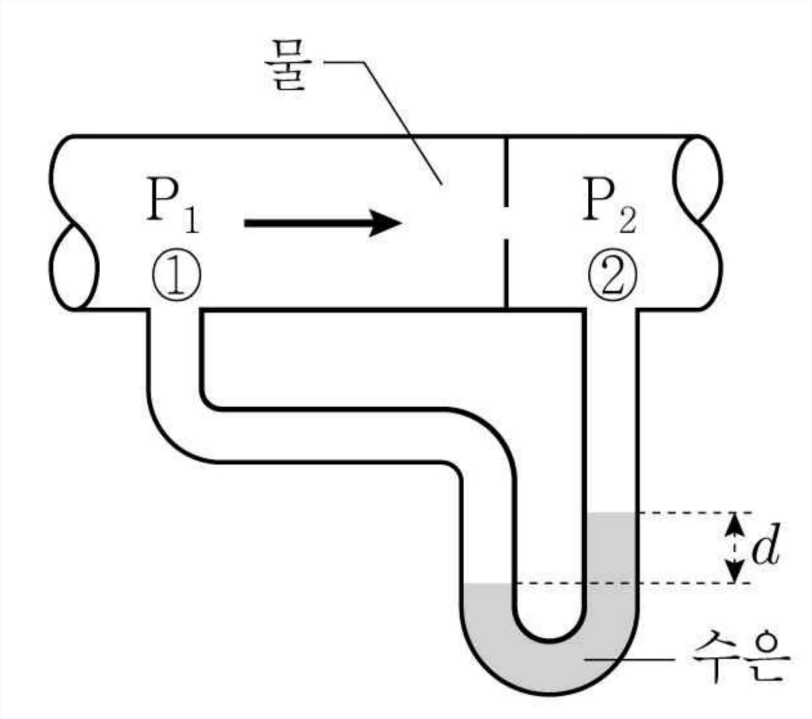
ㄷ. O: 라울의 법칙을 기준으로 성분 i의 활동도는 $a_i = \gamma_i x_i$로 나타낸다. 여기서 γ_i는 실제 용액이 이상용액에서 얼마나 벗어나는지를 나타내는 활동도계수이다. 이상용액에서는 **활동도가 액상 몰분율과 같으므로** $\gamma_i = 1$이다.

ㄹ. X: 물은 극성 분자로 물 분자끼리 수소 결합을 형성하지만, 헥세인은 비극성 분자이다. 물과 헥세인 사이의 인력은 물 분자 사이의 인력과 크게 달라 **서로 잘 섞이지 않는 비이상계**를 이룬다. 따라서 물과 헥세인 혼합물을 이상용액에 가깝다고 볼 수 없다.

옳은 보기는 ㄱ과 ㄷ이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 오리피스와 마노미터가 설치된 수평 원형관 내로 물이 흐른다. 유체의 압력차($P_1 - P_2$)가 0.441 kgf · cm^{-2}일 때 마노미터 읽음(d)[cm]은? (단, 물의 밀도는 1 g · cm^{-3}, 마노미터 유체인 수은의 밀도는 13.6 g · cm^{-3}, P_1은 지점 ①에서의 압력, P_2는 지점 ②에서의 압력, 1 kgf = 9.8N이다)



① 25

② 30

③ 35

④ 40

정답 3번

간단한 해설

수평관의 차압 마노미터에서는 **수은과 물의 밀도 차**를 사용하여 $P_1 - P_2 = (\rho_{Hg} - \rho_w)gd$로 계산한다. 주어진 압력차를 대입하면 수은면의 높이 차 d는 35 cm이다.

NoteBase

계산 과정

차압과 액면 높이 차의 관계: 그림에서 두 압력 측정점은 같은 높이에 있고, 수은면은 왼쪽이 오른쪽보다 낮다. 마노미터 안의 유체는 정지해 있으므로 같은 높이의 연결된 수은 내부 압력은 같다. 양쪽 물기둥의 압력도 함께 고려하면, 높이 차 d에 해당하는 수은기둥의 압력에서 같은 높이의 물기둥 압력을 뺀 값이 두 측정점의 압력차가 된다. 따라서 **수은 밀도만이 아니라 수은과 물의 밀도 차**를 사용하며, $P_1 - P_2 = (\rho_{Hg} - \rho_w)gd$이다. 여기서 ρ_{Hg}는 수은 밀도, ρ_w는 물의 밀도, g는 중력가속도이다.

단위 환산: 물과 수은의 밀도는 각각 1,000 kg/m^3, 13,600 kg/m^{3}이므로 밀도 차는 12,600 kg/m^{3}이다. 1 kgf = 9.8 N이고 1 cm^2 = 10^{-4} m^{2}이므로 1 kgf/cm^2 = 98,000 Pa이다. 따라서 주어진 압력차는 0.441 × 98,000 = 43,218 Pa이다. 주어진 kgf 환산에 맞추어 g = 9.8 m/s^{2}를 사용한다.

높이 차 계산: 위 관계식을 d에 대해 풀면 $d = \frac{P_1 - P_2}{(\rho_{Hg} - \rho_w)g}$이다. 분모는 12,600 × 9.8 = 123,480 Pa/m로, 수은면 높이 차 1 m당 발생하는 차압을 뜻한다. 따라서 $d = \frac{43218}{123480}$ m = 0.35 m이다. 이를 cm로 바꾸면 35 cm이므로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 정상상태에서 운전되는 이상적인 연속교반탱크형 반응기(Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 원료가 반응기에서 완전 혼합되어 균일한 상태를 갖는다.

② 반응기에서 나가는 흐름은 반응기 내의 유체와 동일한 조성을 갖는다.

③ 반응기 내의 위치에 따른 농도 변화는 없다.

④ 반응기 내의 농도가 배출 흐름의 농도보다 높게 유지된다.

정답 4번

간단한 해설

이상적인 CSTR에서는 **완전혼합**으로 내부 농도가 균일하며, 배출되는 유체도 그 혼합물의 일부이므로 **내부와 배출 흐름의 농도가 같다**. 따라서 내부 농도가 배출 흐름보다 높게 유지된다는 설명은 완전혼합 가정에 어긋난다.

공통 해설

이상적인 연속교반탱크형 반응기(CSTR)는 유입된 원료가 반응기 내 유체와 즉시 완전히 혼합된다고 가정한다. 따라서 반응기 안에서는 위치에 따른 조성·농도 차이가 없으며, 어느 위치의 유체를 보아도 동일한 상태이다. 배출 흐름은 이 균일한 혼합물에서 빠져나오므로 **출구 조성·농도는 반응기 내부와 같다**.

그러므로 '반응기 내의 농도가 배출 흐름의 농도보다 높게 유지된다'는 표현은 '반응기 내의 농도는 배출 흐름의 농도와 같다'로 고쳐야 한다. 여기서 **완전혼합은 위치에 따른 차이가 없음**을, 정상상태는 시간에 따른 상태 변화가 없음을 뜻한다. 정상상태라는 조건이 내부와 출구 사이에 농도 차이를 만드는 것은 아니다.

NoteBase

문 7. 미지의 금속 이온 M^{2+}를 전기화학공정을 이용하여 도금하고자 한다. 10 A의 전류를 9,650초 동안 흘려주었을 때 100 g이 도금되었다면 금속의 원자량은? (단, 1 F(패러데이) = 96,500 C이다)

① 50

② 100

③ 150

④ 200

정답 4번

간단한 해설

흘린 전하량은 96,500 C로 전자 1 mol에 해당한다. M^{2+}는 **금속 1 mol이 석출될 때 전자 2 mol**이 필요하므로, 도금된 금속 100 g은 0.5 mol이고 원자량은 200이다.

계산 과정

금속 이온의 환원 반응은 $M^{2+} + 2e^- \rightarrow M$이다. 따라서 **금속의 몰수는 반응한 전자 몰수의 절반**이다. 전류 효율이 따로 주어지지 않았으므로 흘린 전하가 모두 금속 석출에 사용된 것으로 계산한다.

전하량: 전류는 단위 시간당 흐르는 전하량이므로 전하량 Q는 전류 I와 시간 t의 곱이다. $Q = It = 10 \times 9{,}650 = 96{,}500$ C이다. 1 A = 1 C/s이므로 시간을 초 단위로 대입하면 전하량은 C 단위가 된다.

금속의 몰수: 1 F는 전자 1 mol에 해당하는 전하량이다. 전자 몰수는 $n_e = \frac{Q}{F} = \frac{96{,}500}{96{,}500} = 1\text{mol}$이다. 환원 반응의 계수비에 따라 석출된 금속은 $n_M = \frac{n_e}{2} = 0.5\text{mol}$이다.

원자량: 금속 0.5 mol의 질량이 100 g이므로 몰질량은 $\frac{100}{0.5} = 200\text{g/mol}$이다. 원자량은 몰질량을 g/mol로 나타낸 수치와 같고 단위가 없으므로 200이며, ④에 해당한다.

NoteBase

문 8. 단면이 원형인 매끈한 배관에서 뉴튼 유체(Newtonian fluid)가 흐를 때, 레이놀즈(Reynolds) 수의 증가와 관련하여 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 관성력에 비해 점성력이 상대적으로 증가한다.
ㄴ. 유체의 평균 유속, 밀도, 관의 지름이 같다면 점도가 감소할수록 레이놀즈 수가 증가한다.
ㄷ. 난류에서 층류로 전이가 일어남에 따라 레이놀즈 수가 증가한다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

레이놀즈 수는 점성력에 대한 관성력의 상대적 크기를 나타낸다. 평균 유속·밀도·관 지름이 같으면 레이놀즈 수는 **점도에 반비례**하므로, 점도가 감소할수록 증가한다.

보기별 해설

원형 관에서 레이놀즈 수는 $\mathrm{Re} = \frac{\rho u D}{\mu}$이다. 여기서 ρ는 유체 밀도, u는 평균 유속, D는 관의 지름, μ는 점도이며, 레이놀즈 수는 관성력과 점성력의 비를 나타내는 무차원수이다.

ㄱ. X: 레이놀즈 수가 증가하면 점성력에 비해 **관성력이 상대적으로 커진다**. 따라서 보기의 관계는 반대이며, 관성력에 비해 점성력이 상대적으로 증가하면 레이놀즈 수는 감소한다.

ㄴ. O: 평균 유속·밀도·관 지름이 같으면 식의 분자 ρuD는 일정하고 분모의 점도 μ만 변한다. 따라서 **점도가 감소하면 레이놀즈 수는 증가한다**.

ㄷ. X: 관내 유동은 일반적으로 레이놀즈 수가 작을 때 층류, 클 때 난류가 나타난다. 따라서 난류에서 층류로의 전이는 레이놀즈 수가 **감소하는 방향**과 관련된다. 레이놀즈 수가 증가하면 반대로 층류에서 난류로 전이하는 방향이다.

따라서 옳은 보기는 ㄴ만이며, 이에 해당하는 선택지는 ②이다.

NoteBase

문 9. 반응 $A + 3B \rightarrow C$가 기초반응(elementary reaction)이라고 할 때, A의 반응속도는 다음과 같이 표시된다. 농도의 단위가 $mol \cdot L^{-1}$일 때, 반응속도상수 k의 단위는? (단, $f(C_A, C_B)$은 A와 B의 농도의 함수이다)

$$-r_A = k \cdot f(C_A, C_B)$$

① $\frac{mol}{L \cdot s}$
② $\frac{L^2}{mol^2 \cdot s}$
③ $\frac{mol^3}{L^3 \cdot s}$
④ $\frac{L^3}{mol^3 \cdot s}$

정답 4번

간단한 해설

기초반응에서는 반응물의 계수가 속도식의 농도 지수가 되므로, 이 반응은 **전체 4차 반응**이다. 반응속도의 단위를 농도의 4제곱 단위로 나누면 속도상수의 단위는 $\frac{L^3}{mol^3 \cdot s}$가 된다.

계산 과정

1. 속도식과 반응차수: C_A, C_B는 각각 A와 B의 농도이다. **기초반응에서는 반응물의 계수를 농도 지수로 적용**하므로 $f(C_A, C_B) = C_A C_B^3$이고, 속도식은 $-r_A = kC_A C_B^3$이다. A에 대해 1차, B에 대해 3차이므로 전체 반응차수는 1 + 3 = 4이다.

2. 반응속도와 농도항의 단위: $-r_A$는 단위 부피·단위 시간당 A가 소모되는 몰수이므로, 시간을 s로 나타내면 단위는 $\frac{mol}{L \cdot s}$이다. 농도항 $C_A C_B^3$에는 농도가 총 네 번 곱해지므로 그 단위는 $\left(\frac{mol}{L}\right)^4$이다.

3. 속도상수의 단위: 속도식 양변의 단위가 같아야 하므로, **반응속도의 단위를 농도항의 단위로 나눈다**. 대괄호를 단위 표시로 쓰면 $[k] = \frac{mol/(L \cdot s)}{(mol/L)^4}$이다. 몰수의 지수는 1 − 4 = −3, 부피의 지수는 −1 − (−4) = 3이므로 $[k] = \frac{L^3}{mol^3 \cdot s}$가 된다. 이는 ④의 단위와 일치한다.

NoteBase

문 10. 메탄올과 에탄올의 혼합물이 기-액평형 상태에 있다. 특정 온도에서 메탄올의 증기압은 780 mmHg이고, 에탄올의 증기압은 480 mmHg이다. 같은 온도에서 혼합물의 전압이 660 mmHg일 때, 액상에 존재하는 에탄올의 몰분율은? (단, 기상은 이상기체이고 액상은 이상용액이다)

① 0.4

② 0.5

③ 0.6

④ 0.7

정답 1번

간단한 해설

이상용액의 전압은 순수 성분의 증기압을 **액상 몰분율로 가중하여 더한 값**이다. 전압 660 mmHg를 적용하면 에탄올의 액상 몰분율은 0.4이다.

계산 과정

기상은 이상기체이고 액상은 이상용액이므로 라울의 법칙을 적용한다. 각 성분의 분압은 그 성분의 **액상 몰분율과 순수 성분 증기압의 곱**이며, 혼합물의 전압은 두 성분의 분압을 더한 값이다.

에탄올의 액상 몰분율을 x라 두면 메탄올의 액상 몰분율은 $1 - x$이다. 따라서 주어진 증기압과 전압을 대입하면 $660 = 780(1 - x) + 480x$이다. 이 식의 각 항은 mmHg 단위의 압력이며, 몰분율은 단위가 없다.

전압식을 정리하면 $660 = 780 - 300x$, 즉 $300x = 120$이다. 여기서 120 mmHg는 순수 메탄올의 증기압과 혼합물 전압의 차이이고, 300 mmHg는 두 순수 성분의 증기압 차이이다. 따라서 $x = \frac{780 - 660}{780 - 480} = \frac{120}{300} = 0.4$이다.

에탄올의 액상 몰분율은 0.4이므로 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 피스톤/실린더 장치 내에서 1 mol의 공기가 1 m^3의 초기부피로부터 5 m^3의 최종상태로 가역팽창 할 때, 공기에 의해 행해진 일의 절대값[J]은? (단, P는 압력, V는 몰부피일 때, 공기는 $PV = 5\ J \cdot mol^{-1}$의 관계를 만족하며 변한다)

① 4

② 20

③ 5ln 5

④ 10ln 5

정답 3번

간단한 해설

가역팽창의 일은 **변화하는 압력을 부피에 대해 적분**하여 구한다. 주어진 관계에서 압력이 몰부피에 반비례하므로, 일의 절댓값은 5ln 5J이다.

계산 과정

조건과 변수: 공기의 양은 n = 1 mol이고, 문제의 V는 전체 부피가 아니라 **몰부피**이다. 몰부피는 전체 부피를 몰수로 나눈 값이므로, 초기 몰부피는 $V_1 = 1 m^3 mol^{-1}$, 최종 몰부피는 $V_2 = 5 m^3 mol^{-1}$이다.

일의 식: 가역팽창에서는 외부 압력과 기체 압력의 차이가 무한소이므로 기체 압력 P로 팽창 일을 계산할 수 있다. 공기가 외부에 한 일을 양수로 두면 $W = n\int_{V_1}^{V_2} P dV$이다. 여기서 n을 곱하는 이유는 전체 부피의 변화가 몰부피 변화의 n배이기 때문이다.

압력 관계의 적분: 주어진 일정한 값을 $C = PV = 5 J mol^{-1}$로 두면 $P = \frac{C}{V}$이다. 압력이 팽창 중 감소하므로 **일정한 압력에 부피 변화량을 곱하는 식을 적용할 수 없다**. 이를 적분하면 $W = nC\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$, 즉 $W = nC\ln\frac{V_2}{V_1}$이다.

값의 대입과 결과: nC = 5 J이고 몰부피 비는 $\frac{V_2}{V_1} = 5$이다. 따라서 $W = 5\ln 5 J$이다. 팽창하면서 공기가 외부에 일을 하므로 이 값은 양수이며, 요구한 일의 절댓값도 5ln 5J로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 물, 얼음, 수증기가 동시에 공존하는 계의 자유도는?

① 0

② 1

③ 3

④ 4

정답 1번

간단한 해설

물·얼음·수증기가 평형으로 공존하면 온도와 압력이 삼중점 값으로 정해지므로 **자유도는 0**이다.

계산 과정

성분과 상: 물·얼음·수증기는 모두 같은 물질이므로 **성분 수는 1**이다. 반면 액체·고체·기체는 서로 다른 상이므로 상의 수는 3이다.

상률 적용: 상평형을 이루는 계의 자유도는 깁스 상률 $F = C - P + 2$로 구한다. F는 자유도, C는 성분 수, P는 상의 수이며, 2는 온도와 압력에 해당한다. 따라서 $F = 1 - 3 + 2 = 0$이다.

결과의 의미: 자유도는 현재의 상평형을 유지하면서 독립적으로 바꿀 수 있는 세기변수의 수이다. 자유도가 0이면 세 상의 공존을 유지한 채 **온도나 압력을 임의로 바꿀 수 없다**. 이 상태가 삼중점이며, 계산한 자유도 0은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 13. 비열이 일정한 이상기체의 엔트로피 변화에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 등온과정에서 엔트로피 변화는 압력이 증가함에 따라 증가한다.

② 정압과정에서 엔트로피 변화는 온도가 증가함에 따라 증가한다.

③ 정적과정에서 엔트로피 변화는 압력이 증가함에 따라 증가한다.

④ 정적과정에서 엔트로피 변화는 온도가 증가함에 따라 증가한다.

정답 1번

간단한 해설

이상기체를 등온 압축하면 부피가 줄어들면서 **엔트로피가 감소한다**. 따라서 등온과정에서는 압력이 증가할수록 엔트로피 변화가 증가하는 것이 아니라 감소한다.

선지별 해설

물질량이 일정한 이상기체에서 $\Delta s = s_2 - s_1$은 몰 엔트로피 변화이다. C_p와 C_v는 각각 일정한 정압·정적 몰비열이며, R은 기체상수이다. 두 비열과 R은 양수이다. T는 절대온도, P는 압력이며 아래첨자 1과 2는 각각 처음과 나중 상태를 나타낸다.

① X: 등온과정에서는 온도가 일정하므로 몰 엔트로피 변화는 $\Delta s = -R\ln\frac{P_2}{P_1}$이다. 압력이 증가하면 압력비가 1보다 커져 로그값이 양수가 되지만, 앞의 음의 부호 때문에 엔트로피 변화는 음수가 된다. 따라서 '압력이 증가함에 따라 증가한다'는 **'압력이 증가함에 따라 감소한다'**로 고쳐야 한다.

② O: 정압과정에서는 몰 엔트로피 변화가 $\Delta s = C_p\ln\frac{T_2}{T_1}$이다. 정압 몰비열이 양수이므로 **온도가 증가하면 엔트로피도 증가한다**. 압력이 일정하여 압력 변화에 따른 항은 없다.

③ O: 정적과정은 부피가 일정한 과정이다. 물질량과 부피가 일정한 이상기체에서는 **압력이 절대온도에 비례**하므로 압력 증가는 온도 증가를 뜻한다. 따라서 몰 엔트로피 변화는 $\Delta s = C_v\ln\frac{P_2}{P_1}$로 나타낼 수 있고, 압력이 증가하면 엔트로피가 증가한다.

④ O: 정적과정에서는 몰 엔트로피 변화가 $\Delta s = C_v\ln\frac{T_2}{T_1}$이다. 정적 몰비열이 양수이므로 온도가 증가하면 로그값이 양수가 되어 엔트로피가 증가한다. **부피가 일정해도 엔트로피는 변할 수 있다**.

NoteBase

문 14. 물질 X는 질량비로 48%의 C, 8%의 H, 28%의 N, 16%의 O를 포함하며, 몰질량은 200 g · mol^{-1}이다. X의 분자식은? (단, C, H, N, O의 원자량은 각각 12, 1, 14, 16이다)

① $C_4H_8N_2O$

② $C_8H_{16}N_4O_2$

③ $C_{12}H_{24}N_6O_3$

④ $C_{16}H_{32}N_8O_4$

정답 2번

간단한 해설

질량 백분율을 각 원자량으로 나누면 원자 수비가 4 : 8 : 2 : 1이므로 실험식은 $C_4H_8N_2O$이다. 주어진 몰질량 200 g/mol은 실험식에 해당하는 몰질량 100 g/mol의 **2배**이므로, 분자식은 $C_8H_{16}N_4O_2$이다.

계산 과정

1. 질량 기준 설정: 질량 백분율은 물질 100 g에 포함된 각 원소의 질량을 뜻한다. 따라서 X를 100 g으로 잡으면 C 48 g, H 8 g, N 28 g, O 16 g이 포함된다. 시료의 양을 이렇게 정해도 원소 사이의 비율은 변하지 않는다.

2. 원소별 몰수와 실험식: 원자의 개수는 몰수에 비례하므로, **질량을 원자량에 해당하는 몰질량으로 나누어** 원소별 몰수를 구한다.
C: $\frac{48\ \text{g}}{12\ \text{g/mol}} = 4\ \text{mol}$
H: $\frac{8\ \text{g}}{1\ \text{g/mol}} = 8\ \text{mol}$
N: $\frac{28\ \text{g}}{14\ \text{g/mol}} = 2\ \text{mol}$
O: $\frac{16\ \text{g}}{16\ \text{g/mol}} = 1\ \text{mol}$
몰수비 4 : 8 : 2 : 1이 이미 가장 간단한 정수비이므로, 원자 수의 최소 정수비를 나타내는 실험식은 $C_4H_8N_2O$이다.

3. 분자식의 배수 결정: 실험식에 해당하는 몰질량은 $4 \times 12 + 8 \times 1 + 2 \times 14 + 16 = 100$ g/mol이다.
분자식은 실험식의 원자 수비를 유지하는 정수배이므로, **실제 몰질량을 실험식에 해당하는 몰질량으로 나누어** 그 배수를 구한다. 그 값은 $\frac{200\ \text{g/mol}}{100\ \text{g/mol}} = 2$이다.

4. 분자식 확정: 실험식의 각 원자 수에 2를 곱하면 C 8개, H 16개, N 4개, O 2개가 된다. 따라서 분자식은 $C_8H_{16}N_4O_2$이며, ②와 일치한다.

NoteBase

문 15. 수평 원형관을 통한 유체흐름이 Hagen-Poiseuille식을 만족할 때 관의 반지름이 2배로 커지면 부피유량의 변화는? (단, 흐름은 정상 상태이며 유체의 점도와 단위 길이당 압력강하는 일정하다)

① 4배 커진다.

② 8배 커진다.

③ 16배 커진다.

④ 32배 커진다.

정답 3번

간단한 해설

점도와 단위 길이당 압력강하가 일정하면 부피유량은 **관 반지름의 네제곱에 비례**한다. 반지름이 2배가 되면 부피유량은 16배가 된다.

계산 과정

주어진 흐름은 Hagen-Poiseuille식을 만족하므로 부피유량은 $Q = \frac{\pi R^4}{8\mu}\frac{\Delta P}{L}$로 나타낸다. 여기서 Q는 부피유량, R은 관의 반지름, μ는 유체의 점도이며, $\Delta P/L$은 단위 길이당 압력강하이다. 문제에서 **점도와 단위 길이당 압력강하가 일정**하므로 반지름 이외의 인자는 변하지 않는다.

변화 전후의 반지름을 각각 R_1, R_2, 부피유량을 각각 Q_1, Q_2라 하면, $R_2 = 2R_1$이므로 $\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^4 = 2^4 = 16$이다. 이 비는 **변화 후 부피유량이 변화 전의 몇 배인지**를 나타내는 무차원 값이다.

따라서 부피유량은 처음의 16배가 되며, 이는 ③의 '16배 커진다'에 해당한다.

NoteBase

문 16. 다음 화합물 중 물에 녹지 않는 염은?

① $PbSO_4$

② $(NH_4)_3PO_4$

③ $Ba(OH)_2$

④ Li_2CO_3

정답 1번

간단한 해설

황산염은 대체로 물에 녹지만, 납(II) 이온과 결합한 $PbSO_4$는 **불용성 황산염**에 해당한다. 여기서 불용성은 용해량이 매우 작다는 뜻이며, 전혀 녹지 않는다는 뜻은 아니다.

선지별 해설

물에 대한 용해성은 양이온과 음이온의 조합으로 판단한다. 일반적인 용해도 규칙에는 예외가 있으며, '불용성'은 물에 녹는 양이 매우 작다는 분류이다.

① $PbSO_4$: 황산납(II)이다. 황산염은 대체로 수용성이지만, **납(II)의 황산염은 예외**로 물에 거의 녹지 않는다. 따라서 불용성으로 분류한다.

② $(NH_4)_3PO_4$: 인산암모늄이다. 인산염은 대체로 불용성이지만, **암모늄 이온을 포함한 염은 수용성**이라는 예외를 적용한다. 따라서 인산염이라는 이유만으로 불용성으로 판단하면 안 된다.

③ $Ba(OH)_2$: 수산화바륨이다. 금속 수산화물은 대체로 물에 잘 녹지 않지만, **수산화바륨은 수용성으로 분류되는 예외**이다. 물에 녹아 바륨 이온과 수산화 이온을 내놓는다.

④ Li_2CO_3: 탄산리튬이다. 탄산염은 대체로 불용성이지만, 일반적인 용해도 규칙에서는 **알칼리 금속의 탄산염을 예외**로 둔다. 탄산리튬의 실제 용해도는 크지 않으므로 잘 녹는다고 단정해서는 안 되지만, 이 문항에서는 황산납과 구별하여 판단한다.

이 용해도 분류에서 물에 녹지 않는 염에 해당하는 것은 ①의 $PbSO_4$이다.

NoteBase

문 17. 물이 관 내부를 흐르고 SI단위계(m, kg, s)로 계산한 레이놀즈 (Reynolds) 수가 100일 때, 영국단위계(ft, lb, s)로 계산한 레이놀즈 수는? (단, 1 ft = 0.3048 m, 1 lb = 0.4536 kg이다)

① 100

② 387

③ 1,800

④ 3,217

정답 1번

간단한 해설

레이놀즈 수는 관성력과 점성력의 비를 나타내는 **무차원수**이다. 같은 흐름에서는 단위계를 바꾸어도 값이 변하지 않으므로 100으로 유지된다.

공통 해설

관 내 흐름의 레이놀즈 수는 $\mathrm{Re} = \frac{\rho v D}{\mu}$로 나타낸다. 여기서 ρ는 유체의 밀도, v는 평균 유속, D는 관의 안지름, μ는 점성계수이다. SI단위계에서 분자 ρvD와 분모 μ의 단위는 모두 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m \cdot s}}$이므로, 나누면 단위가 소거된다.

같은 물의 흐름을 영국단위계로 나타낼 때는 **밀도·유속·관경·점성계수를 모두 일관되게 환산**해야 한다. 이때 분자와 분모에 적용되는 환산 효과가 상쇄되어 레이놀즈 수는 변하지 않는다. 따라서 주어진 길이·질량 환산계수를 레이놀즈 수 자체에 곱할 필요가 없으며, 영국단위계에서도 레이놀즈 수는 100이다.

NoteBase

문 18. 1×10^6 **kW 용량으로 건설된 발전소에서 스팀은 600 K에서 생산되며, 발생되는 열은 300 K인 강물로 제거되고 있다. 만약 발전소의 실제 열효율이 도달 가능한 최대 열효율 값의 80%라면 강물로 제거되는 열[kW]은?**

① 5×10^5

② 5.5×10^5

③ 1.0×10^6

④ 1.5×10^6

정답 4번

간단한 해설

실제 열효율은 카르노 최대 열효율 50%의 80%인 **40%**이다. 공급 열량률의 나머지 **60%가 강물로 방출**되므로, 제거되는 열량률은 1.5×10^6 kW이다.

계산 과정

발전소 용량은 발전출력 $P = 1.0 \times 10^6$ kW이다. 공급받는 열량률을 $\dot{Q}_H$, 강물로 방출하는 열량률을 $\dot{Q}_C$라 두며, 모두 단위는 kW이다. kW는 단위 시간당 에너지이므로 이 문제에서는 열량률을 구한다.

고온부 온도는 600 K, 저온부 온도는 300 K이다. 두 온도 사이에서 작동하는 열기관의 최대 열효율은 **가역 열기관의 카르노 효율**로 주어진다. 절대온도를 사용하면 $\eta_{\max} = 1 - \frac{300}{600} = 0.50$이다.

실제 열효율은 최대값의 80%이므로 $\eta = 0.80 \times 0.50 = 0.40$이다. 열효율은 **공급 열량률 중 발전출력으로 전환되는 비율**이므로 $\eta = \frac{P}{\dot{Q}_H}$이다. 따라서 $\dot{Q}_H = \frac{1.0 \times 10^6}{0.40} = 2.5 \times 10^6$ kW이다. 이는 발전출력을 얻기 위해 공급해야 하는 열량률이다.

발전소를 정상적으로 작동하는 순환 열기관으로 보면 에너지 보존에 따라 $\dot{Q}_C = \dot{Q}_H - P$이다. 즉, **공급 열량률에서 발전출력을 뺀 나머지**가 강물로 방출된다. 계산하면 $(2.5 - 1.0) \times 10^6 = 1.5 \times 10^6$ kW이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 기체의 압축인자 Z에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, V^r는 실제 기체의 몰부피, V^{ig}는 이상기체의 몰부피이다)

① 이상기체의 압축인자는 1이다.

② 압력이 0에 수렴할수록 Z의 값은 1에 가까워진다.

③ $Z = \frac{V^{ig}}{V^r}$으로 정의된다.

④ Z의 1로부터의 벗어남은 이상적 행동으로부터 벗어나는 정도의 척도가 된다.

정답 3번

간단한 해설

③은 몰부피의 비를 거꾸로 제시했다. 압축인자 Z는 **같은 온도·압력에서 이상기체의 몰부피에 대한 실제 기체의 몰부피의 비**이므로, $Z = \frac{V^r}{V^{ig}}$이다.

선지별 해설

압축인자 Z는 실제 기체의 압력·부피·온도 관계가 이상기체 관계에서 벗어나는 정도를 나타내는 무차원 값이다. P는 압력, T는 절대온도, R은 기체상수이며, V^r와 V^{ig}는 각각 실제 기체와 이상기체의 몰부피이다.

① O: 이상기체는 몰부피에 대해 $PV^{ig} = RT$를 만족한다. 따라서 $Z = \frac{PV^{ig}}{RT} = 1$이며, 온도와 압력이 달라져도 이상기체의 압축인자는 1이다.

② O: 일정한 온도에서 압력이 0에 가까워지면 기체의 밀도가 낮아져 분자 사이의 거리가 커진다. 이에 따라 분자 간 상호작용과 분자 자체 부피의 영향이 상대적으로 작아져 **이상기체의 거동에 가까워지므로** Z는 1에 수렴한다.

③ X: 압축인자의 정의는 $Z = \frac{PV^r}{RT}$이다. 같은 온도·압력에서 이상기체의 몰부피는 $V^{ig} = \frac{RT}{P}$이므로, $Z = \frac{V^r}{V^{ig}}$이다. 즉, **분자에 실제 기체의 몰부피**가 와야 하며, 선지의 비는 압축인자의 역수이다.

④ O: 이상기체의 기준값은 Z = 1이므로, **1에서 벗어난 크기**는 실제 기체가 이상기체의 압력·부피·온도 관계에서 얼마나 벗어나는지 나타낸다. 같은 온도·압력에서 Z > 1이면 실제 몰부피가 이상기체의 몰부피보다 크고, Z < 1이면 더 작다.

NoteBase

문 20. 세 층의 단열재로 보온한 벽이 있다. 내부로부터 두께가 각각 150 mm, 60 mm, 400 mm이고, 열전도도(thermal conductivity)는 $0.15\ \mathrm{kcal \cdot m^{-1} \cdot h^{-1} \cdot {}^\circ C^{-1}}$, $0.03\ \mathrm{kcal \cdot m^{-1} \cdot h^{-1} \cdot {}^\circ C^{-1}}$, $8\ \mathrm{kcal \cdot m^{-1} \cdot h^{-1} \cdot {}^\circ C^{-1}}$이다. 안쪽면의 온도가 640 °C이고, 바깥면의 온도는 30 °C일 때 단위면적당 열손실[$\mathrm{kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}}$]은? (단, 각 층간에는 열적 접촉이 잘 되어 있어 각 층 사이의 계면에서는 온도강하가 없다.)

① 100

② 200

③ 300

④ 400

정답 2번

간단한 해설

세 층을 차례로 통과하는 열전도에서는 **각 층의 두께를 열전도도로 나눈 열저항을 더한다**. 전체 온도차 610 °C를 합성 열저항으로 나누면 단위면적당 열손실은 200 kcal/($\mathrm{m^2 \cdot h}$)이다.

계산 과정

정상상태의 1차원 평판 열전도로 해석하면 각 층을 통과하는 단위면적당 열전달률은 같다. 층의 두께를 L_i, 열전도도를 k_i라 하면 면적 기준 열저항은 $r_i = \frac{L_i}{k_i}$이다. 각 층의 온도강하를 더하면 양쪽 면의 온도차가 되므로 열저항도 **직렬로 합산**한다. 계면에서 온도강하가 없으므로 접촉 열저항은 더하지 않는다.

열전도도의 길이 단위가 m이므로 두께도 m로 바꾼다. 내부부터 $L_1 = 0.150\ \mathrm{m}$, $L_2 = 0.060\ \mathrm{m}$, $L_3 = 0.400\ \mathrm{m}$이다.

각 층의 면적 기준 열저항은 $r_1 = \frac{0.150}{0.15} = 1.00$, $r_2 = \frac{0.060}{0.03} = 2.00$, $r_3 = \frac{0.400}{8} = 0.05$이다. 단위는 모두 $\mathrm{m^2 \cdot h \cdot {}^\circ C/kcal}$이며, 합성 열저항은 $r_{\mathrm{tot}} = 1.00 + 2.00 + 0.05 = 3.05$이다. 이는 단위면적당 열전달률 1 kcal/($\mathrm{m^2 \cdot h}$)마다 벽 전체에 3.05 °C의 온도차가 필요하다는 뜻이다.

벽 양쪽 면의 온도차는 640 − 30 = 610 °C이다. 단위면적당 열손실을 q라 하면 $q = \frac{\Delta T}{r_{\mathrm{tot}}}$이므로, $q = \frac{610}{3.05} = 200\ \mathrm{kcal/(m^2 \cdot h)}$이다. 열은 온도가 높은 안쪽에서 바깥쪽으로 흐르며, 계산값 200은 ②에 해당한다.

NoteBase