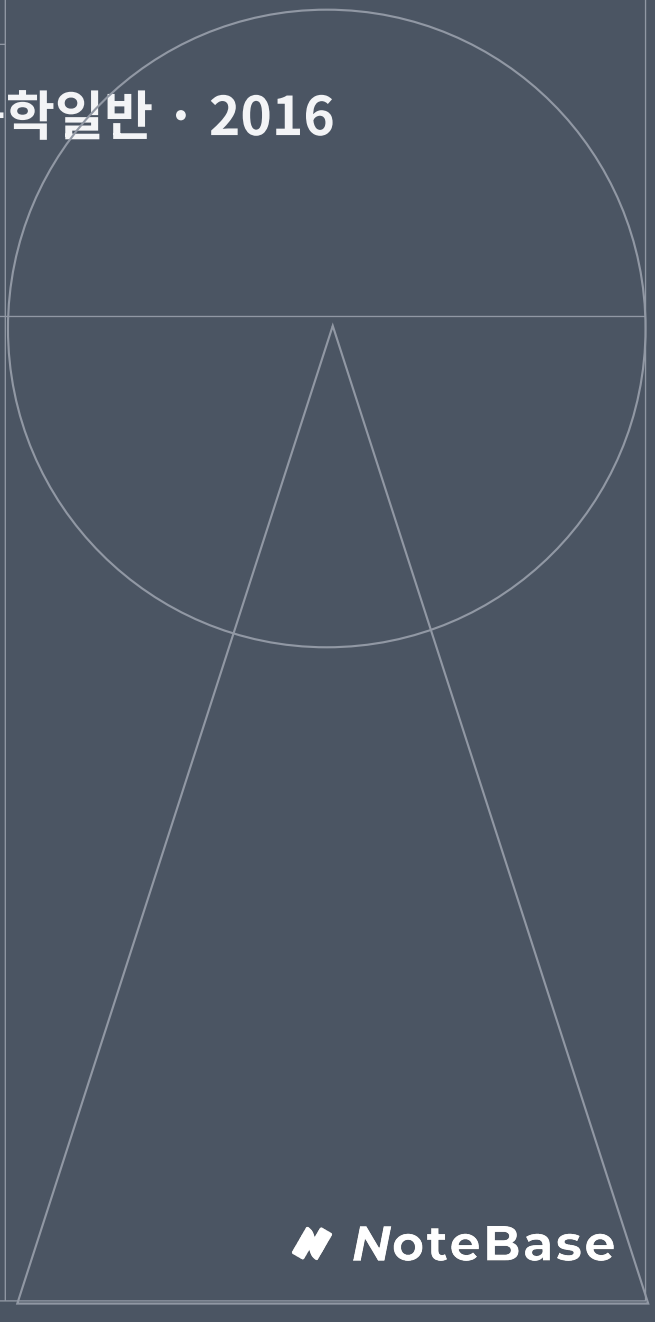
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2016



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2016

공무원/국가직/9급 · 화학공학일반 · 2016

문 1. 같은 질량의 물과 에탄올을 혼합한 용액에서 에탄올의 몰분율은? (단, 물과 에탄올의 분자량은 각각 18과 46이다)

① 0.18

② 0.28

③ 0.36

④ 0.72

정답 2번

간단한 해설

몰분율은 질량의 비가 아니라 **전체 몰수에 대한 성분 몰수의 비**이다. 같은 질량에서는 분자량이 큰 에탄올의 몰수가 더 적으며, 에탄올의 몰분율은 약 0.28이다.

계산 과정

몰분율은 혼합물의 전체 몰수 중 특정 성분의 몰수가 차지하는 비율이다. 물과 에탄올의 몰수를 각각 n_w, n_e라 하면 에탄올의 몰분율은 $x_e = \frac{n_e}{n_w + n_e}$이다. 분모에는 **물과 에탄올의 몰수를 모두 더한다**.

두 성분의 질량을 각각 m g으로 두면, 몰수는 질량을 몰질량으로 나누어 구한다. 주어진 분자량에 대응하는 몰질량은 물이 18 g/mol, 에탄올이 46 g/mol이므로, 물의 몰수는 $n_w = \frac{m}{18}$ mol, 에탄올의 몰수는 $n_e = \frac{m}{46}$ mol이다. **질량이 같아도 몰수는 같지 않다**.

에탄올의 몰분율에 대입하면 $x_e = \frac{m/46}{m/18 + m/46}$이다. 공통 질량 m을 약분하고 분자와 분모에 18과 46의 곱을 곱하면 $x_e = \frac{18}{18 + 46} = 0.28125$가 된다. 몰분율은 단위가 없는 비율이며, 소수 둘째 자리까지 나타내면 0.28로 ②와 일치한다.

NoteBase

문 2. 이상기체 거동을 보이는 단원자 기체의 비열비(γ)는? (단, $\gamma = C_P/C_V$로 C_P는 정압비열, C_V는 정적비열을 나타내며, $C_V = \frac{3}{2}R$, R은 기체상수이다)

① 1.33

② 1.40

③ 1.67

④ 2.12

정답 3번

간단한 해설

이상기체의 정압비열은 정적비열보다 **기체상수만큼 크다**. 따라서 단원자 기체의 비열비는 $\gamma = \frac{5}{3} \approx 1.67$이다.

계산 과정

정압비열 구하기: 이상기체를 정압에서 가열하면 온도 상승뿐 아니라 팽창하면서 외부에 하는 일에도 열이 필요하다. 따라서 몰비열 사이에는 **정압비열이 정적비열보다 기체상수만큼 큰** 관계 $C_P - C_V = R$가 성립한다. 주어진 $C_V = \frac{3}{2}R$를 대입하면 $C_P = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$이다.

비열비 계산하기: 비열비는 정압비열을 정적비열로 나눈 값이므로 $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{(5/2)R}{(3/2)R} = \frac{5}{3}$이다. 분자와 분모의 기체상수와 단위가 약분되어 비열비에는 단위가 없으며, 소수 둘째 자리까지 나타내면 1.67로 ③과 일치한다.

NoteBase

문 3. 점도(viscosity)의 단위는?

① $\frac{g}{cm \cdot sec}$
② $\frac{dyne}{cm^2 \cdot sec}$
③ $\frac{g \cdot cm^2}{sec}$
④ $\frac{dyne \cdot sec}{cm}$

정답 1번

간단한 해설

점도는 **전단응력을 속도기울기로 나눈 값**이므로, CGS 단위는 g/(cm · sec)이다. 이 단위를 푸아즈(P)라고 한다.

공통 해설

여기서 점도는 유체가 전단 변형에 저항하는 정도를 나타내는 점성계수 μ이다. 뉴턴 유체에서는 전단응력 τ와 속도기울기 사이에 $\tau = \mu \frac{du}{dy}$가 성립한다. u는 유속, y는 흐름에 수직인 방향의 거리이므로, 속도기울기의 단위는 $\frac{\text{cm/sec}}{\text{cm}} = \frac{1}{\text{sec}}$이다.

전단응력은 단위 면적당 힘이므로 CGS 단위는 dyne/cm^{2}이다. 따라서 점도의 단위는 **전단응력의 단위를 속도기울기의 단위로 나누어** 구한다. 즉, $\frac{\text{dyne/cm}^2}{1/\text{sec}} = \frac{\text{dyne} \cdot \text{sec}}{\text{cm}^2}$이다.

힘의 단위 관계 1dyne = 1g · cm/sec^{2}를 대입하면, 점도의 단위는 $\frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{sec}}$가 된다. 이는 질량을 길이와 시간의 곱으로 나눈 차원이며, 푸아즈(P)라고 부른다.

NoteBase

문 4. 어떤 순물질 100 g을 −30 °C의 고체 상태에서 액체 상태를 거쳐 150 °C의 기체 상태로 변환하는 데 필요한 열량을 계산할 때, 필요한 자료가 아닌 것은?

① 기체상수
② 용융잠열
③ 증발잠열
④ 비열

정답 1번

간단한 해설

필요한 열량은 **온도를 높이는 현열과 상태를 바꾸는 잠열의 합**으로 구한다. 이 계산에는 비열과 잠열이 필요하며, 기체상수는 필요하지 않다.

공통 해설

고체를 가열하여 액체를 거쳐 기체로 만드는 데 필요한 열량은 **각 상태에서 온도를 높이는 열량과 상변화에 필요한 열량을 합한 것**이다. 순물질 100 g을 −30 °C의 고체에서 150 °C의 기체로 만들 때에는 녹는점과 끓는점을 경계로 가열 구간과 상변화 구간을 나누어 생각한다.

고체를 −30 °C에서 녹는점까지, 액체를 녹는점에서 끓는점까지, 기체를 끓는점에서 150 °C까지 가열하는 열량에는 각 상태의 비열이 필요하다. 비열은 단위 질량의 온도를 1 °C 높이는 데 필요한 열량이다. 고체가 액체로 변할 때에는 용융잠열, 액체가 기체로 변할 때에는 증발잠열이 필요하다. 잠열이 단위 질량당 값으로 주어지면 물질의 질량을 곱하여 해당 상변화의 열량을 구한다.

이처럼 비열·용융잠열·증발잠열은 온도 변화나 상변화에 필요한 열량을 정하는 자료이다. **기체상수는 이 열량 계산에 필요한 자료가 아니다**.

NoteBase

문 5. 주위의 온도가 30°C이고 온도수준이 0°C인 냉동에 대하여 Carnot 냉동기의 성능계수(coefficient of performance)는?

① 0

② 0.48

③ 9.10

④ 11.13

정답 3번

간단한 해설

Carnot 냉동기의 성능계수는 **저온부의 절대온도**를 두 열원의 온도차로 나눈 값이다. 0°C를 약 273 K로 환산하면 성능계수는 9.10이다.

계산 과정

온도 환산: 냉동 대상이 저온부, 주위가 고온부이다. 저온부의 온도는 T_L, 고온부의 온도는 T_H로 나타낸다. 성능계수 공식에는 **절대온도(K)**를 사용하므로, 0°C는 약 273 K, 30°C는 약 303 K로 환산한다. 두 열원의 온도차는 30 K이다.

공식 적용: 냉동기의 성능계수는 투입한 일에 대한 **저온부에서 흡수한 열량의 비**이다. 저온부에서 흡수한 열량을 Q_L, 고온부로 방출한 열량을 Q_H, 투입한 일을 W라 하면 $W = Q_H - Q_L$이다. Carnot 냉동기는 두 열원 사이에서 가역적으로 작동하므로 $\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$가 성립한다. 이를 성능계수의 정의에 적용하면 $\mathrm{COP} = \frac{Q_L}{W} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$이다.

수치 대입: $\mathrm{COP} = \frac{273}{303 - 273} = \frac{273}{30} = 9.10$이다. 성능계수는 열량과 일의 비이므로 단위가 없는 값이며, 투입한 일의 약 9.10배에 해당하는 열을 저온부에서 흡수한다는 뜻이다. 계산값 9.10은 ③과 일치한다.

NoteBase

문 6. 탄소, 수소, 산소만으로 구성된 유기화합물의 연소 생성물이 $CO_2(g)$와 $H_2O(l)$일 때, n-부탄(C_4H_{10}) 가스의 표준생성열(kJ/mol)은? (단, $CO_2(g)$, $H_2O(l)$의 표준생성열은 각각 −393 및 −285 kJ/mol이며, n-부탄(C_4H_{10}) 가스의 연소열은 −2,877 kJ/mol이다)

① −80

② −100

③ −120

④ −140

정답 3번

간단한 해설

연소열은 **생성물의 표준생성열 합에서 반응물의 표준생성열 합을 뺀 값**이다. n-부탄 1 mol에서 생기는 이산화탄소 4 mol과 액체 물 5 mol을 반영하면, n-부탄의 표준생성열은 −120 kJ/mol이다.

계산 과정

연소의 몰수 관계: n-부탄 $C_4H_{10}(g)$ 1 mol이 완전연소하면 탄소 원자 4개에 대응하여 $CO_2(g)$ 4 mol, 수소 원자 10개에 대응하여 $H_2O(l)$ 5 mol이 생성된다. 생성물에 필요한 산소 원자는 총 13개이므로 $O_2(g)$는 $\frac{13}{2}$ mol이 필요하다. 물은 문제에서 지정한 **액체 상태**의 표준생성열을 사용한다.

생성열과 연소열의 관계: 엔탈피는 상태함수이므로 헤스의 법칙에 따라 반응열은 '생성물의 표준생성열 합 − 반응물의 표준생성열 합'으로 계산한다. 각 물질의 표준생성열에는 반응식의 몰수 계수를 곱한다. 구하려는 n-부탄의 표준생성열을 x kJ/mol이라 두면, 반응물 쪽에서는 n-부탄의 값만 남는다. **표준상태의 원소인 산소 기체의 표준생성열은 0**이기 때문이다.

생성물의 표준생성열 합: n-부탄 1 mol을 기준으로 $4 \times (-393) + 5 \times (-285) = -2997$ kJ/mol이다. 이 값은 생성물을 각각 원소로부터 만들 때의 생성열 합이며, 연소열을 얻으려면 여기서 반응물의 생성열을 빼야 한다.

n-부탄의 표준생성열: 주어진 연소열을 대입하면 $-2877 = -2997 - x$이다. 이를 정리하면 $x = -2997 + 2877 = -120$ kJ/mol이다. 따라서 n-부탄 가스의 표준생성열은 −120 kJ/mol이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 기체 흡수에 적용되는 헨리의 법칙에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 기체의 압력과 액체에 대한 용해도와의 관계를 나타낸 식

② 기체의 온도와 액체의 비열과의 관계를 나타낸 식

③ 기체의 온도와 기체의 증기압과의 관계를 나타낸 식

④ 기체의 온도와 액체에 대한 확산속도와의 관계를 나타낸 식

정답 1번

간단한 해설

헨리의 법칙에 따르면 일정한 온도에서 액체에 녹는 기체의 평형농도는 액체와 접하는 기체의 **분압에 비례한다**. 즉, 기체의 압력과 액체에 대한 용해도의 관계를 나타낸다.

공통 해설

기체 흡수는 기체 성분이 액체에 녹아 들어가는 과정이다. 헨리의 법칙은 온도가 일정하고 용액이 충분히 묽어 이 법칙을 적용할 수 있을 때, 액체에 녹은 기체의 평형농도와 기체상에서 그 성분의 분압 사이의 관계를 나타낸다. 농도로 표현하면 $c_A = k_H p_A$이며, c_A는 액체에 녹은 성분 A의 평형농도, p_A는 기체상 성분 A의 분압, k_H는 이 표기에서의 헨리 상수이다. 상수는 기체와 용매의 종류 및 온도에 따라 달라진다.

같은 기체·용매와 온도에서 분압을 2배로 높이면 평형농도도 2배가 된다. 따라서 이 법칙이 연결하는 두 양은 **기체의 분압과 액체에 대한 용해도**이다. 온도는 상수의 값에 영향을 주지만, 헨리의 법칙 자체가 온도와 비열·증기압·확산속도의 관계를 나타내는 것은 아니다. 특히 평형농도는 얼마나 녹을 수 있는지를 나타내며, 얼마나 빨리 이동하는지를 나타내는 확산속도와 구별된다.

NoteBase

문 8. 몰조성이 벤젠(A) 70%, 톨루엔(B) 30%인 80.1 °C의 혼합용액과 평형을 이루는 벤젠과 톨루엔의 증기조성(y_A, y_B)은? (단, 기상은 이상기체, 액상은 이상용액의 거동을 보이며, 80.1 °C에서 순수 벤젠 및 순수 톨루엔의 증기압은 각각 1.01, 0.39 bar이다)

① $y_A = 0.73,\ y_B = 0.27$

② $y_A = 0.78,\ y_B = 0.22$

③ $y_A = 0.86,\ y_B = 0.14$

④ $y_A = 0.93,\ y_B = 0.07$

정답 3번

간단한 해설

이상용액에서는 **라울의 법칙**으로 각 성분의 분압을 구하고, 이를 전체 압력으로 나누어 증기 몰분율을 구한다. 계산하면 $y_A \approx 0.86$, $y_B \approx 0.14$이며, 순수 증기압이 더 큰 벤젠은 액상보다 증기에서 몰분율이 높다.

계산 과정

1. 조건과 적용 법칙: 액상 몰분율은 $x_A = 0.70$, $x_B = 0.30$이다. 80.1 °C에서 순수 성분의 증기압은 $P_A^{\text{sat}} = 1.01$ bar, $P_B^{\text{sat}} = 0.39$ bar이다. 액상이 이상용액이므로 라울의 법칙 $p_i = x_i P_i^{\text{sat}}$을 적용한다. 여기서 p_i는 혼합 증기 중 성분 i의 분압이다. 기상이 이상기체이므로 돌턴의 법칙에 따라 $p_i = y_i P$이며, P는 전체 압력이다.

2. 성분별 분압: 벤젠은 $p_A = 0.70 \cdot 1.01 = 0.707$ bar, 톨루엔은 $p_B = 0.30 \cdot 0.39 = 0.117$ bar이다. 순수 성분의 증기압에 **액상 몰분율을 곱한 값**이 각 성분의 평형 분압이다.

3. 전체 압력: 두 성분의 분압을 합하면 $P = p_A + p_B$이므로 P = 0.707 + 0.117 = 0.824 bar이다. 이는 주어진 온도와 액상 조성에서 혼합용액과 증기가 평형을 이루는 압력이며, 증기 몰분율을 계산할 때의 **분모**가 된다.

4. 증기 몰분율: 각 성분의 분압을 전체 압력으로 나누면 $y_A = \frac{0.707}{0.824} \approx 0.8580$, $y_B = \frac{0.117}{0.824} \approx 0.1420$이다. 몰분율은 단위가 없으며 두 값의 합은 1이다. 벤젠은 같은 온도에서 톨루엔보다 순수 증기압이 커 더 쉽게 기화하므로, 증기 중 벤젠 몰분율은 액상의 0.70보다 높다.

소수 둘째 자리까지 반올림한 $y_A = 0.86$, $y_B = 0.14$는 ③의 증기조성과 일치한다.

NoteBase

문 9. 분쇄 조작에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 제트밀은 3~4개의 롤러를 원판 위에 눌러대서 자전시키는 동시에 전체를 공전시켜 압축, 마찰, 전단 작용에 의해 분쇄한다.

② 자이러토리 크러셔(gyratory crusher)는 조 크러셔(jaw crusher)보다 연속 작업이 가능하고 분쇄 재료를 고정한 자켓의 콘케이브와 편심 회전 운동을 하는 자켓의 맨틀 사이에 삽입하여 압축 분쇄한다.

③ 볼밀은 볼을 분쇄 매체로 하는 회전 원통 분쇄기로 건식, 습식 공용으로 사용되며 조작, 조업에 유연성을 갖는다.

④ 습식 분쇄는 물이나 액체를 이용하여 분쇄하는 방식이다.

정답 1번

간단한 해설

①의 롤러를 원판에 눌러 분쇄하는 설명은 **롤러밀**에 해당한다. 제트밀은 **고속 기체 흐름으로 가속한 입자들의 충돌**을 이용하여 분쇄한다.

선지별 해설

① X: 제트밀은 노즐에서 분출되는 압축 공기나 증기 등의 고속 흐름으로 입자를 가속하고, 주로 **입자끼리의 충돌**로 재료를 미세하게 분쇄한다. 선지처럼 롤러를 원판에 눌러 압축·마찰·전단 작용으로 분쇄하는 것은 롤러밀의 방식이므로, 이를 제트밀의 원리로 설명한 부분이 잘못되었다.

② O: 자이러토리 크러셔는 바깥쪽의 고정된 콘케이브와 안쪽에서 편심 운동을 하는 맨틀 사이에 재료를 넣어 압축한다. 맨틀이 한쪽 콘케이브에 가까워져 재료를 누르는 동안 반대쪽 간격은 벌어져 분쇄물이 배출되므로 **연속적인 분쇄와 배출**이 가능하다. 조 크러셔는 가동 조가 왕복하면서 압축과 배출을 번갈아 수행한다.

③ O: 볼밀은 회전 원통 안에 볼을 넣어 사용하는 분쇄기이다. 원통이 회전하면 볼이 들어 올려졌다가 떨어지거나 굴러가면서 재료에 충격과 마찰을 가한다. 액체 없이 분쇄하는 **건식과 액체를 넣는 습식에 모두 사용**할 수 있으며, 회전 속도·볼 충전량·분쇄 시간 등을 조절하여 운전 조건을 바꿀 수 있다.

④ O: 습식 분쇄는 재료에 **물이나 다른 액체를 함께 넣어** 분쇄하는 방식이다. 액체 속에 고체 입자가 분산된 상태로 분쇄하며, 액체를 분쇄 매질로 넣지 않는 건식 분쇄와 구분된다.

NoteBase

문 10. 물질의 상태에 따른 열전도도에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 열전도도의 크기는 기체 > 액체 > 고체 순서이다.

② 액체의 열전도도는 온도 상승에 의하여 증가한다.

③ 기체의 열전도도는 온도 상승에 의하여 감소한다.

④ 고체상의 순수 금속은 전기전도도가 증가할수록 열전도도는 높아진다.

정답 4번

간단한 해설

순수 금속에서는 **자유전자가 전하와 열을 함께 운반**한다. 따라서 같은 온도에서 비교하면 전기전도도가 큰 금속일수록 열전도도도 대체로 크다.

선지별 해설

① X: 열전도도는 같은 온도 기울기에서 물질이 열을 얼마나 잘 전달하는지를 나타낸다. 일반적인 크기 순서는 **고체 > 액체 > 기체**이다. 고체에서는 격자진동으로 에너지가 전달되고 금속에서는 자유전자도 열전달에 기여하지만, 기체에서는 서로 멀리 떨어진 분자들의 운동과 충돌로 열이 전달된다. 다만 물질의 종류에 따른 예외가 있으므로 모든 물질에 적용되는 절대적인 순서는 아니다.

② X: 대부분의 비금속 액체는 온도가 상승하면 열팽창으로 분자 사이의 거리가 커져 에너지 전달이 어려워지므로 열전도도가 **감소하는 경향**이 있다. 따라서 액체의 열전도도가 일반적으로 증가한다는 설명은 부적절하다. 물처럼 상온 부근에서 온도 상승에 따라 열전도도가 증가하는 예외도 있다.

③ X: 보통의 저밀도 기체에서는 온도가 상승하면 분자의 평균 운동속도가 커져 분자 운동에 의한 에너지 전달이 활발해지므로 열전도도가 **증가하는 경향**이 있다. 선지의 '감소한다'를 '증가한다'로 고쳐야 한다.

④ O: 고체상의 순수 금속은 자유전자가 전하와 열을 모두 운반하므로 전기전도도와 열전도도가 밀접하게 연결된다. 이를 나타내는 비데만·프란츠 법칙은 $k \approx L\sigma T$이다. 여기서 k는 열전도도, σ는 전기전도도, T는 절대온도, L은 로렌츠 수이다. 이 관계가 근사적으로 성립하는 범위에서 **같은 온도**의 금속들을 비교하면 전기전도도가 클수록 열전도도도 크다.

NoteBase

문 11. 실제기체 상태를 나타내는 식으로 다음과 같은 반데르발스식이 널리 사용된다.
$\left(P+\frac{a}{V_m^2}\right)(V_m-b)=RT$
이때, $\frac{a}{V_m^2}$와 b는 이상기체상태식 $PV_m=RT$로부터 무엇을 보정해 주는 인자인가? (단, V_m은 몰부피이다)

① $\frac{a}{V_m^2}$: 분자 간 인력, b: 분자 간 척력
② $\frac{a}{V_m^2}$: 분자 간 척력, b: 분자 간 인력
③ $\frac{a}{V_m^2}$: 분자 간 인력, b: 분자 간 인력
④ $\frac{a}{V_m^2}$: 분자 간 척력, b: 분자 간 척력

정답 1번

간단한 해설

분자 간 인력으로 실제 압력이 낮아지는 효과는 $\frac{a}{V_m^2}$를 더해 보정한다. b는 분자가 서로 겹칠 수 없게 하는 **짧은 거리의 척력과 분자 크기**를 반영하여, 분자가 운동할 수 있는 부피를 줄이는 보정값이다.

대응 관계 해설

$\frac{a}{V_m^2}$ — 분자 간 인력: 용기 벽에 접근하는 분자는 다른 분자들에게 안쪽으로 끌리므로 벽에 전달하는 운동량이 줄어든다. 이에 따라 실제 압력 P가 인력을 무시했을 때보다 낮아지므로, **인력으로 감소한 압력을 더해** $P+\frac{a}{V_m^2}$로 보정한다.

b — 분자 간 척력: 실제 분자는 크기가 있고, 너무 가까이 접근하면 강한 척력이 작용하여 서로 겹칠 수 없다. 따라서 분자가 자유롭게 운동할 수 있는 공간은 용기의 전체 공간보다 작다. b는 이러한 **배제부피**를 몰부피와 같은 단위로 반영한 상수이며, V_m에서 빼어 V_m-b로 보정한다.

따라서 $\frac{a}{V_m^2}$는 분자 간 인력에 따른 압력 보정, b는 분자 간 척력에 따른 부피 보정에 대응하며, 이 연결은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 12. 기체 흡수 공정에 사용되는 흡수액의 필요 성질이 아닌 것은?

① 원하는 기체에 대한 선택적 흡수능

② 용이한 흡수와 탈리

③ 가격의 경제성

④ 높은 증기압

정답 4번

간단한 해설

흡수액의 증기압이 높으면 흡수액 자체가 기화하여 배출 기체에 섞이고 손실도 커진다. 따라서 흡수액은 조작 온도에서 **증기압이 낮아야** 한다.

선지별 해설

① O: 흡수액은 혼합 기체 중 **제거하려는 성분을 선택적으로 잘 흡수**해야 한다. 다른 성분까지 많이 흡수하면 목적 성분의 분리가 어려워지고 후속 분리 부담이 커진다.

② O: 목적 기체를 쉽게 흡수하고, 흡수 후에는 그 기체를 쉽게 내보낼 수 있어야 한다. 탈리는 **흡수된 기체를 액체에서 분리하는 과정**이며, 흡수액을 재생하여 반복 사용하는 데 필요하다. 재생이 쉬우면 필요한 에너지와 운전 비용을 줄일 수 있다.

③ O: 흡수액의 구입과 보충에 드는 비용은 공정의 경제성에 영향을 준다. 따라서 필요한 흡수 성능을 만족하면서 **가격이 저렴한 흡수액**이 유리하다.

④ X: 흡수액에는 높은 증기압이 아니라 **조작 온도에서 낮은 증기압**이 요구된다. 증기압이 높으면 흡수액 자체가 쉽게 기화하여 배출 기체에 섞이므로 흡수액 손실과 기체 오염이 커진다. 흡수된 기체가 빠져나오는 탈리와 흡수액 자체가 기화하는 현상은 구별해야 한다.

NoteBase

문 13. 안지름이 5 cm인 원형관을 통하여 비중 0.8, 점도 50 cP(centipoise)의 기름이 2 m/s로 이동할 때, 레이놀즈(Reynolds) 수에 기초하여 계산된 흐름의 영역은?

① 플러그 흐름(plug flow) 영역

② 층류(laminar flow) 영역

③ 전이(transition) 영역

④ 난류(turbulent flow) 영역

정답 2번

간단한 해설

레이놀즈 수가 1,600으로, 원형관의 층류 판정 기준인 약 2,100보다 작으므로 **층류 영역**에 해당한다.

계산 과정

주어진 값의 단위 환산: 비중은 물의 밀도에 대한 비이므로, 물의 밀도를 1,000 kg/m^{3}로 두면 기름의 밀도는 ρ = 0.8 × 1,000 = 800 kg/m^{3}이다. 관의 안지름은 D = 5 cm = 0.05 m이고, 평균 유속은 u = 2 m/s이다. 주어진 점도는 **동점도가 아니라 점성계수**이며, 1 cP = 0.001 Pa·s이므로 μ = 50 cP = 0.05 Pa·s이다.

적용 공식: 레이놀즈 수는 관성력과 점성력의 상대적 크기를 나타내는 무차원 수이다. 원형관에서는 특성 길이로 **관의 안지름**을 사용하므로 $Re = \frac{\rho u D}{\mu}$로 계산한다. 여기서 ρ는 밀도, u는 평균 유속, D는 안지름, μ는 점성계수이다.

계산: 환산한 SI 단위의 값을 대입하면 $Re = \frac{800 \cdot 2 \cdot 0.05}{0.05} = 1{,}600$이다. 분자와 분모의 단위가 소거되므로 레이놀즈 수에는 단위를 붙이지 않는다.

흐름 영역 판정: 원형관 내 유동은 레이놀즈 수가 약 2,100보다 작으면 일반적으로 층류로 판정한다. 계산값 1,600은 이 기준보다 작으므로, 유체가 층을 이루어 규칙적으로 흐르는 **②의 층류 영역**에 해당한다.

NoteBase

문 14. 화학공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물의 삼중점에서 자유도 값은 0이다.

② 상태함수는 계의 주어진 상태에 의해서 결정되며, 그 상태에 도달하기까지의 과정에 따라 값이 달라진다.

③ 물의 점도는 온도가 증가하면 감소한다.

④ 임의 크기의 균질계에 대한 전체 부피는 크기성질(extensive property)이다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '과정에 따라 값이 달라진다'는 설명이 잘못되었다. 상태함수는 **현재 상태만으로 결정**되므로, 같은 상태에 도달했다면 거쳐 온 과정이 달라도 값이 같다.

선지별 해설

① O: 삼중점에서는 순수한 물의 고체·액체·기체 세 상이 평형을 이루며 공존한다. 깁스의 상률은 $F = C - P + 2$이며, F는 자유도, C는 성분 수, P는 상의 수이다. 물은 1성분이고 세 상이 공존하므로 $F = 1 - 3 + 2 = 0$이다. 이는 세 상의 공존을 유지하면서 **온도나 압력을 독립적으로 바꿀 수 없다**는 뜻이다.

② X: 상태함수는 계의 상태가 정해지면 값이 정해지는 물리량이다. 따라서 '그 상태에 도달하기까지의 과정에 따라 값이 달라진다'는 부분을 **'그 상태에 도달한 과정과 무관하다'**로 고쳐야 한다. 예를 들어 내부에너지는 같은 초기 상태와 최종 상태 사이에서 어떤 과정을 거쳐도 변화량이 같다. 반면 열과 일은 과정에 따라 달라지는 경로함수이다.

③ O: 점도는 유체가 흐를 때 내부 마찰로 변형에 저항하는 정도이다. 액체 상태의 물은 통상적인 조건에서 온도가 높아지면 분자들이 서로의 인력을 극복하며 더 쉽게 이동하므로 **점도가 감소**한다.

④ O: 크기성질은 계에 포함된 물질의 양이나 계의 크기에 따라 달라지는 성질이다. 같은 온도·압력·조성의 균질계를 두 배로 늘리면 전체 부피도 두 배가 되므로, **전체 부피는 크기성질**이다. 반면 단위 질량당 부피인 비체적은 같은 상태에서 계의 크기를 늘려도 변하지 않는 세기성질이다.

NoteBase

문 15. 냉매 및 냉동 장치에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 냉매의 증발잠열은 작아야 한다.

② 증발기 온도에서 냉매의 증기압은 대기압보다 높아야 한다.

③ 응축기는 압축기에 의하여 고온, 고압으로 된 냉매를 증발시키는 장치이다.

④ 응축기 온도에서 증기압은 높을수록 좋다.

정답 2번

간단한 해설

증발기 내부 압력이 **대기압보다 높으면** 누설 부위를 통해 외부의 공기나 수분이 유입되는 것을 막을 수 있다.
따라서 냉매를 선정할 때는 증발기 온도에서의 증기압이 대기압보다 높은 것이 바람직하다.

선지별 해설

① X: 증발잠열은 액체 냉매가 증발할 때 단위 질량당 흡수하는 열량이다. 증발잠열이 **커야** 같은 질량의 냉매로 더 많은 열을 흡수할 수 있고, 같은 냉동 부하를 처리하는 데 필요한 냉매 순환량을 줄일 수 있다.

② O: 증발기에서 냉매가 증발할 때의 압력은 해당 온도에서의 포화증기압에 대응한다. 이 압력이 대기압보다 낮으면 누설 부위를 통해 공기와 수분이 장치 안으로 들어올 수 있다. 이를 방지하려면 증발기 온도에서 냉매의 증기압이 **대기압보다 높은 것**이 바람직하다.

③ X: 응축기는 압축기에서 나온 고온·고압의 냉매 증기가 외부로 열을 방출하여 **액체로 응축되는** 장치이다. 냉매가 주변의 열을 흡수하며 증발하는 장치는 증발기이다.

④ X: 주어진 응축기 온도에서 냉매의 증기압은 응축 압력에 대응하며, 높을수록 좋은 것이 아니다. 응축 압력이 지나치게 높으면 압축기와 응축기에 더 높은 내압 성능이 필요하고, 같은 증발 압력에서는 압축에 필요한 일도 커진다. 따라서 냉매는 필요한 온도에서 응축할 수 있으면서 **응축 압력이 비교적 낮은 것**이 바람직하다.

NoteBase

문 16. 다음 중 임펠러를 이용한 교반에 사용되는 레이놀즈(Reynolds) 수는? (단, μ : 점도, D : 임펠러의 지름, n : 회전수 (rpm), ρ : 유체의 밀도이다)

① $\frac{\rho \cdot n \cdot D^2}{\mu}$
② $\frac{\rho \cdot n \cdot D}{\mu^2}$
③ $\frac{\rho^2 \cdot n^2 \cdot D}{\mu}$
④ $\frac{\rho^2 \cdot n^2 \cdot D^2}{\mu}$

정답 1번

간단한 해설

임펠러 교반에서는 대표 속도 척도로 nD, 대표 길이로 D를 사용하므로 레이놀즈 수는 $\mathrm{Re} = \frac{\rho \cdot n \cdot D^2}{\mu}$이다. 따라서 **임펠러 지름의 제곱**이 분자에 들어간다.

공통 해설

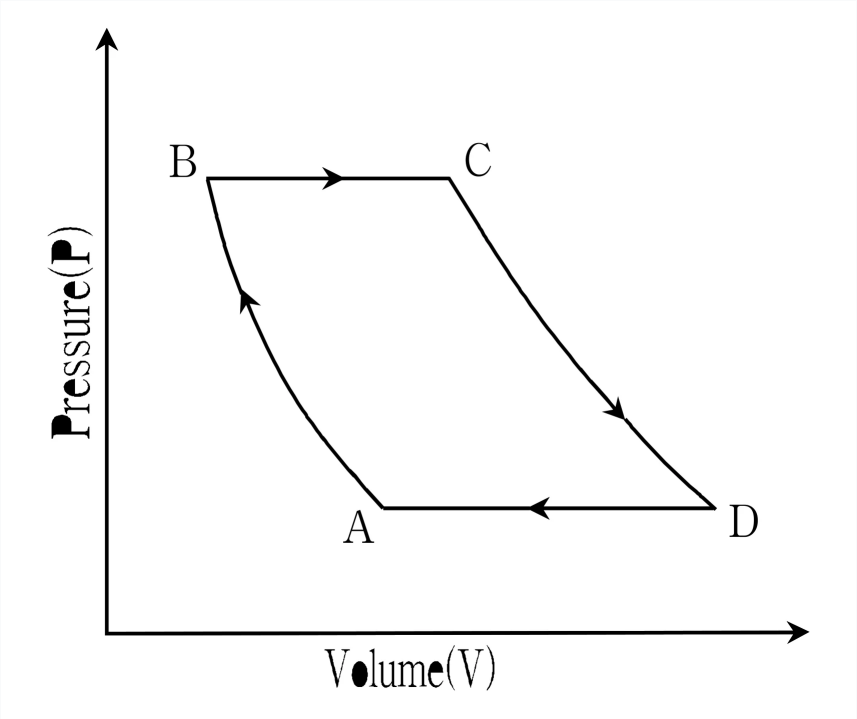
레이놀즈 수는 유체 흐름에서 관성력과 점성력의 상대적 크기를 나타내는 무차원수이다. 밀도 ρ, 점도 μ, 대표 속도 U, 대표 길이 L에 대해 $\mathrm{Re} = \frac{\rho \cdot U \cdot L}{\mu}$로 정의한다.

임펠러를 이용한 교반에서는 대표 속도 척도를 nD, 대표 길이를 D로 잡아 $\mathrm{Re} = \frac{\rho \cdot (nD) \cdot D}{\mu} = \frac{\rho \cdot n \cdot D^2}{\mu}$로 정의한다. 지름은 속도 척도와 길이 척도에 각각 한 번씩 들어가므로 제곱이 된다. 즉, **밀도와 회전수에 1차, 지름에 2차로 비례하고 점도에 반비례**하는 관계이다. 다른 후보들은 이 지수 관계와 다르며, 물리량의 차원도 소거되지 않아 레이놀즈 수가 될 수 없다.

이 식은 **시간 단위를 일치**시켜 사용해야 한다. 밀도를 $\mathrm{kg/m^3}$, 지름을 m, 점도를 $\mathrm{Pa \cdot s}$로 넣는다면 회전수는 초당 회전수로 환산한다. 문제의 rpm은 분당 회전수이므로 수치 계산에서는 rpm 값을 60으로 나누어 넣는다.

NoteBase

문 17. 다음 그림은 공기를 사용한 이상적인 기체터빈기관(Brayton 사이클)의 *P-V* 선도를 나타낸다. 공정이 압력비(P_B/P_A) 4에서 가역적으로 운전될 때, 사이클의 효율은? (단, 공기는 일정한 비열을 갖는 이상기체이며, 공기의 정압비열/정적비열 = 2 로 가정한다)



① 0.3

② 0.4

③ 0.5

④ 0.6

정답 3번

간단한 해설

이상적인 Brayton 사이클의 효율은 **압력비와 비열비**로 결정된다. 압력비 4와 비열비 2를 적용하면 $\eta = 1 - 4^{-(2-1)/2} = 0.5$이므로, 공급받은 열의 50%가 순일로 전환된다.

NoteBase

계산 과정

과정과 조건: 그림에서 A → B는 등엔트로피 압축, B → C는 정압 열공급, C → D는 등엔트로피 팽창, D → A는 정압 열방출이다. 이상적인 사이클의 압축·팽창은 **가역 단열 과정**이므로 등엔트로피 관계를 적용한다. 압력비를 $r_p = P_B/P_A = 4$, 비열비를 $k = c_p/c_v = 2$로 두며, T는 각 상태의 절대온도이다.

온도비: 비열이 일정한 이상기체의 등엔트로피 관계는 $T_B/T_A = r_p^{(k-1)/k}$이다. 위아래 정압 구간에서 $P_B = P_C$, $P_A = P_D$이므로 팽창 과정에도 같은 압력비가 적용된다. 따라서 $T_B/T_A = T_C/T_D = 4^{1/2} = 2$이다. 즉, $T_B = 2T_A$, $T_C = 2T_D$이며, 이는 압축 후 온도가 압축 전의 두 배이고 팽창 전 온도가 팽창 후의 두 배라는 뜻이다.

열량비: 정압 과정에서 단위 질량당 열량은 정압비열과 온도 변화의 곱이다. 공급열은 $q_{\text{in}} = c_p(T_C - T_B)$, 방출열의 크기는 $q_{\text{out}} = c_p(T_D - T_A)$이다. 앞의 온도비를 대입하면 $T_C - T_B = 2(T_D - T_A)$이므로 **방출열은 공급열의 절반**이다. 따라서 $q_{\text{out}}/q_{\text{in}} = 1/2$이다.

효율: 한 사이클의 순일은 공급열에서 방출열을 뺀 값이므로 $\eta = 1 - \frac{q_{\text{out}}}{q_{\text{in}}}$이다. 계산하면 $\eta = 1 - \frac{1}{2} = 0.5$이다. 열효율은 단위가 없는 비율이며 50%를 뜻한다. 이는 ③의 0.5와 일치한다.

NoteBase

문 18. 원통 축에 수직 방향으로 유체가 원통 외부를 지나가는 경우, 다음 중 옳지 않은 것은?

① 난류 경계층 유동인 경우, 항력 계수는 표면 거칠기에 영향을 받지 않는다.

② 레이놀즈(Reynolds) 수가 1 미만인 영역은 점성력이 지배적이다.

③ 점성이 0인 이상적인 유체는 마찰항력과 압력항력이 0이다.

④ 항력과 양력은 서로 수직 방향이다.

정답 1번

간단한 해설

난류 경계층에서도 항력 계수는 **표면 거칠기의 영향을 받을 수 있다**. 거칠기는 벽면의 마찰과 유동이 표면에서 떨어지는 박리 특성을 바꾸므로, 거칠기와 무관하다는 설명은 잘못이다.

선지별 해설

① X: 난류 경계층에서도 항력 계수는 **표면 거칠기의 영향을 받을 수 있다**. 거칠기는 벽면 전단응력에 영향을 주고 경계층의 천이·박리 특성도 바꿀 수 있어, 마찰항력과 압력항력에 영향을 미친다. 따라서 '영향을 받지 않는다'를 '영향을 받을 수 있다'로 고쳐야 한다.

② O: 레이놀즈 수는 **점성력에 대한 관성력의 비**를 나타내며, 원통의 지름 D를 기준으로 $Re = \frac{\rho U D}{\mu}$로 쓴다. 여기서 ρ는 유체 밀도, U는 접근 유속, μ는 점성계수이다. Re가 1 미만이면 관성력보다 점성력의 영향이 크며, 특히 1보다 매우 작을수록 점성력이 지배하는 저속 유동에 해당한다.

③ O: 원통 주위의 이상유체 유동을 정상·비압축성 퍼텐셜 유동으로 해석하면, 점성이 0이므로 표면에 점성 전단응력이 작용하지 않아 마찰항력이 0이다. 또한 원통 앞뒤의 압력 분포가 대칭이어서 **압력에 의한 유동 방향 힘이 서로 상쇄**되므로 압력항력도 0이다. 이는 압력 자체가 0이라는 뜻이 아니며, 이러한 항력 예측을 달랑베르의 역설이라고 한다.

④ O: 물체에 작용하는 유체력 중 접근 유동 방향에 평행한 성분을 항력, **접근 유동 방향에 수직인 성분**을 양력이라고 한다. 같은 유체력을 서로 직교하는 방향으로 나눈 것이므로 항력과 양력의 방향은 서로 수직이다.

NoteBase

문 19. 10 cm의 지름을 가지는 원통형 반응기에서 1 m/s의 유속으로 기체 A가 주입될 때의 레이놀즈(Reynolds) 수를 N_{Re1}이라고 하자. 같은 기체가 1 m의 지름을 가지는 원통형 반응기로 0.1 m/s의 유속으로 주입될 때의 레이놀즈(Reynolds) 수를 N_{Re2}라고 할 때, 두 레이놀즈(Reynolds) 수의 비(N_{Re1}/N_{Re2})는? (단, 기체 A는 뉴턴 유체이다)

① 0.1

② 1.0

③ 2.0

④ 10.0

정답 2번

간단한 해설

같은 물성에서 레이놀즈 수는 **유속과 지름의 곱에 비례**한다. 지름이 10배가 되는 동안 유속은 1/10로 줄어 두 레이놀즈 수가 같으므로, 그 비는 1.0이다.

계산 과정

원통형 반응기에서 뉴턴 유체의 레이놀즈 수는 지름을 특성길이로 하여 $N_{Re} = \frac{\rho u D}{\mu}$로 구한다. 여기서 ρ는 밀도, u는 유속, D는 반응기 지름, μ는 점도이다. 같은 기체이고 온도·압력 등 물성 변화 조건이 제시되지 않았으므로, 두 경우의 **밀도와 점도는 동일하게 두고** 비교한다.

지름의 단위를 통일하면 첫 반응기의 지름은 10 cm = 0.1 m이고, 둘째 반응기의 지름은 1 m이다. 각 경우의 유속과 지름의 곱은 $u_1 D_1 = 1 \cdot 0.1 = 0.1\,\mathrm{m^2/s}$, $u_2 D_2 = 0.1 \cdot 1 = 0.1\,\mathrm{m^2/s}$이다. 지름의 증가와 유속의 감소가 상쇄되어 두 곱이 같다.

두 레이놀즈 수의 비를 구하면 공통 물성인 밀도와 점도가 약분되므로 $\frac{N_{Re1}}{N_{Re2}} = \frac{u_1 D_1}{u_2 D_2} = \frac{0.1}{0.1} = 1.0$이다. 레이놀즈 수와 그 비는 모두 무차원이며, 계산한 비 1.0은 ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 20. 고압의 질소가스가 298 K에서 두께가 3 cm인 천연고무로 된 2 m × 2 m × 2 m의 정육면체 용기에 담겨 있다. 고무의 내면과 외면에서 질소의 농도는 각각 0.067 kg/m^{3}과 0.007 kg/m^{3}이다. 이 용기로부터 6개의 고무 면을 통하여 확산되어 나오는 질소 가스의 물질전달속도(kg/s)는? (단, 고무를 통한 질소의 확산계수는 1.5×10^{-10} m^2/s이다)

① 2.2×10^{-10}

② 4.2×10^{-10}

③ 6.2×10^{-9}

④ 7.2×10^{-9}

정답 4번

간단한 해설

고무벽을 통한 확산속도는 농도 차에 비례하고 벽 두께에 반비례한다. Fick의 제1법칙으로 구한 단위 면적당 확산속도에 **여섯 면의 전체 면적 24 m^2**를 곱하면, 전체 물질전달속도는 7.2×10^{-9} kg/s이다.

계산 과정

1. 확산식과 조건: 각 고무 면을 평판으로 보고, 주어진 내·외면 농도가 유지되는 정상상태 확산을 적용한다. 확산계수 D가 일정하면 고무벽 내부의 농도 분포가 선형이므로, 바깥 방향의 질량 플럭스는 $J = D\frac{C_i - C_o}{L}$이다. 여기서 J는 단위 면적·단위 시간당 통과하는 질소의 질량, C_i와 C_o는 각각 내면과 외면의 질량농도, L은 벽 두께이다. 298 K에서 주어진 D는 1.5×10^{-10} m^2/s이고, **벽 두께는 3 cm = 0.03 m**로 환산한다.

2. 전체 확산 면적: 한 면의 넓이는 $2 \times 2 = 4$ m^{2}이다. 질소는 **여섯 면을 모두 통과**하므로 전체 면적 $A = 6 \times 4 = 24$ m^{2}를 사용한다.

3. 질량 플럭스: 내면 농도 0.067 kg/m^{3}이 외면 농도 0.007 kg/m^{3}보다 크므로 질소는 바깥으로 확산한다. 농도차는 $0.067 - 0.007 = 0.060$ kg/m^{3}이다. 이를 확산식에 대입하면 $J = (1.5 \times 10^{-10}) \cdot \frac{0.060}{0.03} = 3.0 \times 10^{-10}$ kg/(m^2·s)이다. 이는 고무 면적 1 m^{2}를 통해 1초 동안 빠져나오는 질소의 질량이다.

4. 전체 물질전달속도: 여섯 면의 질량 플럭스가 같으므로 전체 질량유량은 $\dot{m} = JA$이다. 따라서 $\dot{m} = (3.0 \times 10^{-10}) \cdot 24 = 7.2 \times 10^{-9}$ kg/s이며, ④의 값에 해당한다.

NoteBase