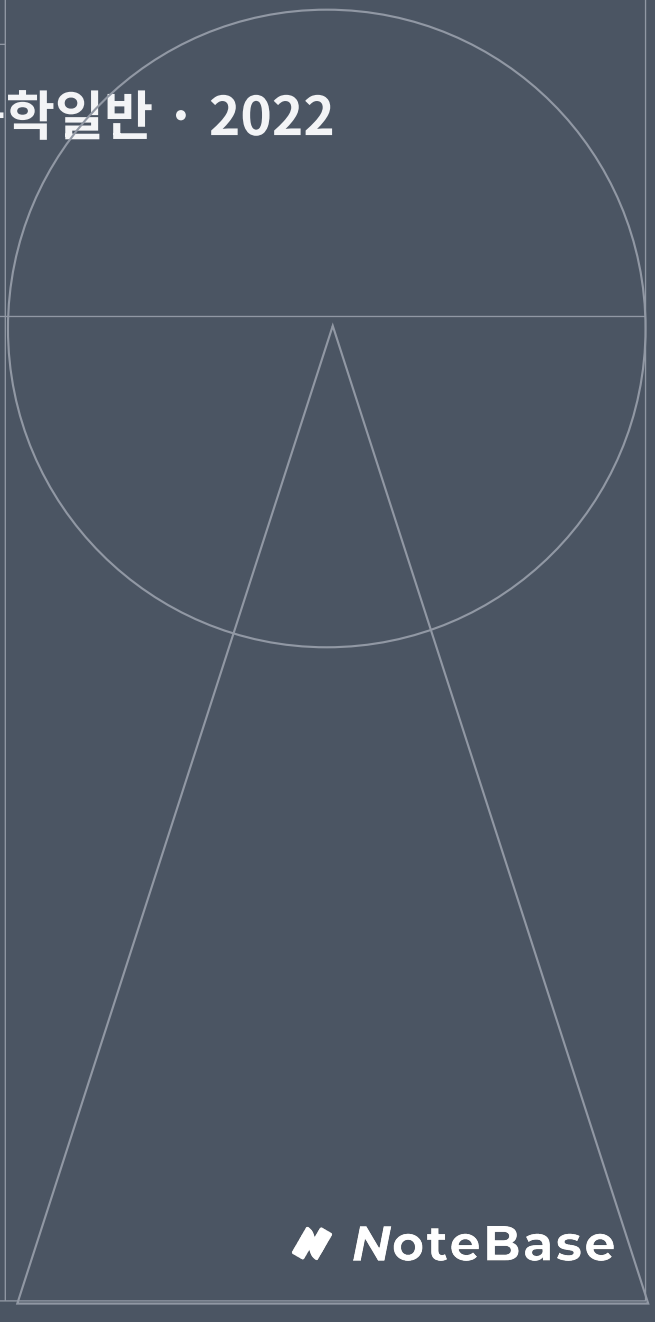
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2022

공무원/지방직/9급 · 화학공학일반 · 2022

문 1. 헵탄(C_7H_{16})의 연소 반응에서 양론 계수 a, b, c의 합은?

$C_7H_{16}(g) + aO_2(g) \rightarrow bCO_2(g) + cH_2O(g)$

① 11

② 18

③ 26

④ 27

정답 3번

간단한 해설

연소 반응에서는 **각 원소의 원자 수가 반응 전후에 같아야** 한다. 탄소와 수소를 맞추면 b = 7, c = 8이고, 생성물의 산소 원자 22개를 맞추려면 a = 11이므로 계수의 합은 26이다.

계산 과정

양론 계수는 반응에 참여하는 물질의 상대적인 몰수를 나타낸다. 주어진 반응식에서 헵탄의 계수는 1이므로, 이를 기준으로 **탄소·수소·산소 각각의 원자 수를 보존**하도록 a, b, c를 구한다.

탄소 수지: 헵탄 C_7H_{16} 1분자에는 탄소 원자가 7개 있고, CO_2 1분자에는 1개 있다. 따라서 이산화탄소의 계수는 b = 7이다.

수소 수지: 헵탄 1분자에는 수소 원자가 16개 있고, H_2O 1분자에는 2개 있다. 따라서 $2c = 16$이므로 물의 계수는 c = 8이다.

산소 수지: 생성물의 산소 원자 수는 $2b + c = 2 \times 7 + 8 = 22$이다. 산소는 **분자 하나에 산소 원자 2개**를 가지므로 $2a = 22$이고, 산소의 계수는 $a = \frac{22}{2} = 11$이다.

계수의 합: a + b + c = 11 + 7 + 8 = 26이며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 한 변의 길이가 a인 정삼각형 모양의 단면을 갖는 관의 상당지름 (equivalent diameter)은?

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

정답 1번

간단한 해설

상당지름은 **유로 단면적의 4배를 젖은 둘레로 나눈 길이**이다. 한 변이 a인 정삼각형의 단면적과 둘레를 적용하면 $D_e = \frac{\sqrt{3}}{3}a$가 된다.

계산 과정

상당지름 D_e는 비원형 관의 유동을 다룰 때 사용하는 대표 길이로, $D_e = \frac{4A}{P}$로 정의한다. A는 유로 단면적이고, P는 **유체와 접하는 단면의 둘레**인 젖은 둘레이다. 원형 관에 이 관계를 적용하면 실제 지름과 같아진다.

한 변의 길이가 a인 정삼각형의 높이는 $h = \frac{\sqrt{3}}{2}a$이므로, 단면적은 $A = \frac{ah}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}a^2$이다. 이 문항에서는 관의 전체 단면을 유로로 보므로 **세 변 모두**를 젖은 둘레에 포함하여 $P = 3a$로 계산한다.

단면적의 4배는 $4A = \sqrt{3}a^2$이므로, 상당지름은 $D_e = \frac{\sqrt{3}a^2}{3a} = \frac{\sqrt{3}}{3}a$이다. 면적을 둘레로 나누었으므로 결과는 a와 같은 길이 단위를 가지며, ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 3. 원형관에서 비압축성 유체가 정상상태 흐름일 때, 평균 유속에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 관의 지름에 정비례한다.

② 관의 지름의 제곱에 정비례한다.

③ 관의 지름의 제곱에 반비례한다.

④ 관의 지름에 관계없이 일정하다.

정답 3번

간단한 해설

비압축성 유체의 정상 흐름에서는 연속방정식에 따라 체적 유량이 일정하다. 원형관의 단면적은 지름의 제곱에 비례하므로, 평균 유속은 **지름의 제곱에 반비례**한다.

공통 해설

정상상태에서는 관 안에 유체가 시간에 따라 축적되지 않으므로, 분기나 누설이 없는 관의 각 단면을 지나는 질량 유량이 같다. 비압축성 유체는 밀도가 일정하므로 체적 유량도 같다. 체적 유량을 Q, 관의 단면적을 A, 단면 평균 유속을 $\bar{v}$라 하면 연속방정식은 $Q = A\bar{v}$로 나타낸다.

원형관의 지름을 D라 하면 단면적은 $A = \frac{\pi D^2}{4}$이므로, 평균 유속은 $\bar{v} = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2}$이다. 따라서 **체적 유량이 같을 때** 평균 유속은 관의 지름의 제곱에 반비례한다. 지름이 2배가 되면 단면적은 4배가 되고, 같은 양의 유체가 더 넓은 단면을 지나므로 평균 유속은 원래의 1/4이 된다.

NoteBase

문 4. 점토의 겉보기 밀도(apparent density)가 1.5 g · cm^{-3}이고, 진밀도(true density)가 2.0 g · cm^{-3}일 때, 공극률은?

① 0.2

② 0.25

③ 0.5

④ 0.75

정답 2번

간단한 해설

공극률은 전체 부피 중 **공극이 차지하는 비율**이므로, 1-겉보기 밀도진밀도로 구한다. 주어진 밀도를 적용하면 공극률은 0.25, 즉 25%이다.

계산 과정

공극률 ε은 공극을 포함한 전체 부피에서 공극 부피가 차지하는 비율이다. 시료의 질량을 m, 전체 부피를 V, 공극을 제외한 고체 부피를 V_s라 하면, 겉보기 밀도는 $\rho_a = \frac{m}{V}$, 진밀도는 $\rho_t = \frac{m}{V_s}$이다. 주어진 값은 각각 1.5 $g \cdot cm^{-3}$, 2.0 $g \cdot cm^{-3}$이다.

두 밀도는 **같은 질량을 서로 다른 기준 부피로 나눈 값**이므로, 전체 부피 중 고체가 차지하는 비율은 $\frac{V_s}{V} = \frac{\rho_a}{\rho_t}$이다. 따라서 $\frac{V_s}{V} = \frac{1.5}{2.0} = 0.75$이며, 이는 전체 부피의 75%가 고체라는 뜻이다. 두 밀도의 단위가 같으므로 비율을 구할 때 단위는 소거된다.

나머지 부피가 공극이므로 $\varepsilon = 1 - \frac{V_s}{V} = 1 - 0.75 = 0.25$이다. 공극률은 단위가 없는 부피비로, 0.25는 25%에 해당하며 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 300 K, 10 atm에서 2 kg의 공기가 들어있는 밀폐된 강철용기에 추가로 공기 2 kg을 넣어 450 K에 도달하였을 때, 용기 내의 압력 [atm]은? (단, 용기의 부피 변화는 없고, 공기는 이상기체이다)

① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 3번

간단한 해설

부피가 일정한 이상기체의 압력은 **기체 질량과 절대온도의 곱**에 비례한다. 공기 질량이 2배, 절대온도가 1.5배가 되므로 압력은 처음의 3배인 30 atm이다.

계산 과정

공기를 추가하기 전의 상태를 1, 추가한 뒤의 상태를 2라 하자. 초기 질량은 2 kg이고, 공기 2 kg을 더 넣었으므로 최종 질량은 2 + 2 = 4 kg이다. 초기 압력은 10 atm, 초기 절대온도는 300 K, 최종 절대온도는 450 K이다.

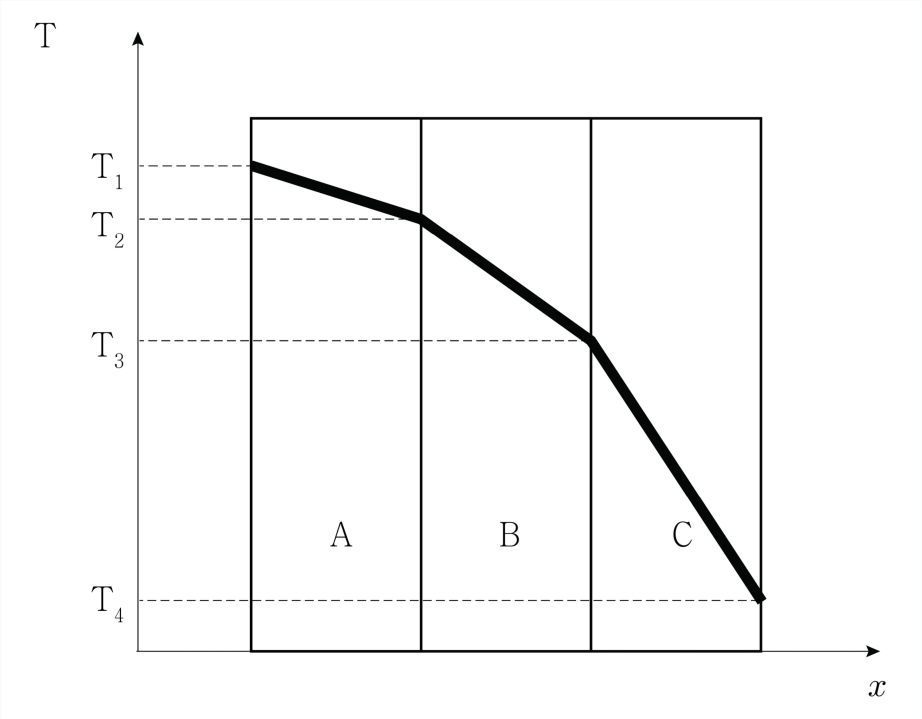
이상기체 상태방정식은 $PV = mR_aT$이다. 여기서 P는 압력, V는 부피, m은 질량, T는 절대온도이며, R_a는 공기의 비기체상수이다. **용기 부피와 기체 종류가 같으므로** 두 상태에서 V와 R_a가 일정하다. 따라서 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{m_2 T_2}{m_1 T_1}$이 성립한다.

질량비는 $\frac{m_2}{m_1} = \frac{4}{2} = 2$, 절대온도비는 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{450}{300} = 1.5$이다. 즉, 질량 증가로 압력이 2배가 되고 온도 상승으로 다시 1.5배가 되어, 최종 압력은 초기 압력의 3배가 된다. 이를 대입하면 $P_2 = 10 \times \frac{4}{2} \times \frac{450}{300} = 30\text{atm}$이다.

따라서 용기 내의 최종 압력은 30 atm이며, ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림은 서로 다른 세 가지 물질 A, B, C로 구성된 다중의 평면벽이다. 벽의 두께(x) 방향으로의 정상상태 열전도만을 고려할 때, 열전도도(thermal conductivity)가 가장 큰 물질은? (단, 물질의 두께는 서로 같고, T는 온도를 나타낸다)



① A

② B

③ C

④ 세 물질 모두 같다.

정답 1번

간단한 해설

정상상태에서는 각 층을 통과하는 열유속이 같으므로, **온도 기울기의 절댓값이 작을수록 열전도도가 크다**.
그림에서 A 구간의 온도선이 가장 완만하므로 A의 열전도도가 가장 크다.

NoteBase

선지별 해설

정상상태에서는 벽 내부에 열이 축적되지 않으므로 각 층을 통과하는 단위면적당 열전달률인 열유속이 같다. 푸리에 법칙은 $q'' = -k\frac{dT}{dx}$이며, 여기서 q''는 열유속, k는 열전도도이다. 따라서 같은 열유속에서 **온도 기울기의 절댓값이 작을수록 열전도도가 크다**. 세 층의 두께가 같으므로 각 층의 온도 강하를 비교해도 된다.

① A: 온도가 T_1에서 T_2로 내려가며, 온도 강하 $T_1 - T_2$가 세 층 중 가장 작다. 같은 두께에서 온도선이 가장 완만하므로 **열전도도가 가장 크다**.

② B: 온도 강하 $T_2 - T_3$는 A보다 크고 C보다 작다. 온도 기울기의 절댓값도 중간이므로 열전도도는 **A보다 작고 C보다 크다**.

③ C: 온도 강하 $T_3 - T_4$가 가장 크고 온도선도 가장 가파르다. 같은 열유속을 전달하는 데 가장 큰 온도 기울기가 필요하므로 **열전도도가 가장 작다**.

④ 세 물질 모두 같다: 열전도도가 같다면 같은 열유속에서 온도 기울기도 같아야 한다. 그러나 그림에서는 A, B, C의 기울기가 서로 다르므로 **세 물질의 열전도도는 같지 않다**.

열전도도는 $k_A > k_B > k_C$ 순이므로, 가장 큰 물질은 ①의 A이다.

NoteBase

문 7. 1 mol의 암모니아와 2.2 mol의 산소가 다음과 같이 반응할 때, 한계반응물의 전화율이 80%라면 반응 후 남아있는 산소의 양 [mol]은?

$NH_3(g) + 2O_2(g) \rightarrow HNO_3(g) + H_2O(g)$

① 0.2

② 0.6

③ 0.8

④ 1.0

정답 2번

간단한 해설

한계반응물인 **암모니아의 80%가 반응**하므로 암모니아 0.8 mol이 소비된다. 반응식의 몰비에 따라 산소는 1.6 mol이 소비되어, 처음의 2.2 mol 중 0.6 mol이 남는다.

계산 과정

한계반응물 판별: 반응식에서 암모니아와 산소의 소비 몰비는 1 : 2이다. 암모니아 1 mol을 모두 반응시키는 데 필요한 산소는 1 × 2 = 2 mol이며, 주어진 산소 2.2 mol은 이보다 많다. 따라서 **암모니아가 한계반응물**이고 산소는 과잉반응물이다.

암모니아 반응량: 전화율 X는 투입한 해당 반응물 중 실제로 반응한 양의 비율로, X=반응한 몰수투입 몰수이다. 여기서 80%는 **한계반응물인 암모니아를 기준으로 한 비율**이다. 따라서 암모니아의 반응량은 1 × 0.80 = 0.8 mol이다.

산소 소비량과 잔량: 암모니아 1 mol이 반응할 때마다 산소 2 mol이 소비되므로, 암모니아 0.8 mol과 반응한 산소는 2 × 0.8 = 1.6 mol이다. 반응 후 남은 산소는 처음 양에서 소비량을 빼서 2.2 − 1.6 = 0.6 mol이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 증기흡착평형에서 흡착층이 다분자층을 형성한다는 가정하에 유도된 다음 식에 해당하는 것은? (단, p는 압력, v는 p에서의 기체 흡착량, v_m은 단분자층 흡착량, p_o는 평형온도에서 증기의 포화증기압, C는 실험값이다)

$$\frac{p}{v(p_o-p)}=\frac{1}{Cv_m}+\frac{(C-1)p}{Cv_mp_o}$$

① BET 식

② Henry 식

③ Langmuir 식

④ Freundlich 식

정답 1번

간단한 해설

이미 흡착된 분자 위에 다른 분자가 쌓이는 **다분자층 흡착**을 설명하는 것이 BET 식이다. 제시식은 BET 흡착등온식을 직선 형태로 나타낸 것이다.

핵심 풀이

BET 식은 고체 표면에 붙은 첫 번째 분자층 위로도 분자가 흡착하여 여러 층을 형성할 수 있다고 가정한다. 첫 번째 층과 그 위의 층을 구분하고, 두 번째 층부터는 흡착열을 액화열과 같게 취급하여 다분자층의 흡착평형을 설명한다.

제시식에서 상대압력 p/p_o를 가로축으로, $\frac{p}{v(p_o-p)}$를 세로축으로 두면, 절편은 $\frac{1}{Cv_m}$, 기울기는 $\frac{C-1}{Cv_m}$인 직선 형태가 된다. 이처럼 **포화증기압을 이용한 상대압력**으로 표현하는 것이 제시된 BET 식의 특징이다.

Langmuir 식은 **단분자층 흡착만을 가정**한다는 점에서 구별된다. BET 식에 등장하는 v_m은 표면을 한 층으로 덮는 데 필요한 흡착량을 뜻하며, 전체 흡착량 v가 그 값에서 멈춘다는 뜻은 아니다. 따라서 v_m이 포함되어 있다는 이유로 Langmuir 식으로 판단해서는 안 된다.

NoteBase

문 9. 표준상태(0 °C, 1 atm)에서 활성탄 1 g에 질소분자 0.448 L를 흡착시켰다. 질소분자 1개가 차지하는 흡착면적이 4.0×10^{-16} cm^2일 때, 활성탄의 표면적[m^2]은? (단, 아보가드로(Avogadro) 수는 6×10^{23}이고, 표준상태에서 질소분자 1 mol이 차지하는 부피는 22.4 L이며, 질소분자는 활성탄 전체 표면에 빈틈없이 한 층으로 흡착된다)

① 80

② 120

③ 240

④ 480

정답 4번

간단한 해설

질소분자가 표면을 **빈틈없이 한 층으로 덮으므로**, 활성탄의 표면적은 흡착된 분자 수에 분자 1개의 흡착면적을 곱한 값이다. 0.448 L에 해당하는 분자 수로 계산하면 표면적은 480 m^2이다.

계산 과정

질소분자가 활성탄 전체 표면에 **빈틈없이 한 층으로 흡착**되므로, 각 분자의 흡착면적을 모두 더하면 활성탄의 표면적이 된다. 흡착된 질소의 분자 수를 N, 분자 1개의 흡착면적을 a, 활성탄 1 g의 표면적을 S라 하면 $S = Na$이다.

질소의 몰수: 주어진 표준상태(0 °C, 1 atm)에서 1 mol의 부피가 22.4 L이므로, 흡착된 질소 0.448 L의 몰수는 $n = \frac{0.448}{22.4} = 0.020$ mol이다.

질소의 분자 수: 1 mol에 질소분자가 6×10^{23}개 있으므로, $N = 0.020 \times (6 \times 10^{23})$이다. 따라서 흡착된 질소분자는 1.2×10^{22}개이다.

표면적 계산: 분자 1개의 흡착면적은 $4.0 \times 10^{-16}cm^2$이다. 따라서 $S = (1.2 \times 10^{22})(4.0 \times 10^{-16})$이며, 표면적은 $4.8 \times 10^{6}cm^2$이다.

단위 변환: 1 m = 100 cm이므로 **1 m^2 = 10,000 cm^2**이다. 따라서 구하는 표면적은 $\frac{4.8 \times 10^{6}}{10^{4}} = 480$ m^2이며, ④의 480에 해당한다.

NoteBase

문 10. 기체 반응 $A \rightarrow 3B$가 일정 온도에서 일어난다. 크기가 일정한 반응기 내의 초기 압력이 1 bar이고, A와 B의 초기 양은 각각 2 mol과 0 mol이다. 전화율(X)이 0.5와 1.0인 경우 반응기 내의 최종 압력[bar]은? (단, A와 B는 이상기체이다)

① X = 0.5: 1.5, X = 1.0: 2

② X = 0.5: 1.5, X = 1.0: 3

③ X = 0.5: 2, X = 1.0: 3

④ X = 0.5: 2.5, X = 1.0: 3

정답 3번

간단한 해설

온도와 부피가 일정한 이상기체의 압력은 **전체 몰수에 비례**한다. A 1 mol이 반응하면 B 3 mol이 생겨 전체 몰수가 2 mol 늘어나므로, 전화율이 0.5일 때 압력은 2 bar, 1.0일 때는 3 bar가 된다.

계산 과정

전화율 X는 초기 A 중 반응한 비율이다. 초기 A가 2 mol이므로 반응한 A는 $2X$ mol이고, 남은 A는 $n_A = 2(1 - X)$ mol이다. 반응식 $A \rightarrow 3B$에 따라 생성된 B는 $n_B = 6X$ mol이다. 따라서 전체 몰수는 $n = n_A + n_B = 2 + 4X$ mol이다.

이상기체 상태방정식 $PV = nRT$에서 **온도 T와 부피 V가 일정**하므로 압력 P는 전체 몰수 n에 비례한다. 초기 전체 몰수는 $n_0 = 2$ mol, 초기 압력은 $P_0 = 1$ bar이므로 $\frac{P}{P_0} = \frac{n}{n_0} = \frac{2+4X}{2} = 1 + 2X$이다. 따라서 최종 압력은 $P = (1 + 2X)$bar로 구한다.

X = 0.5: A 1 mol이 반응하여 A 1 mol과 B 3 mol이 남는다. 전체 몰수는 4 mol로 초기의 2배이므로, 압력은 $P = (1 + 2 \cdot 0.5)\text{bar} = 2\text{bar}$이다.

X = 1.0: A 2 mol이 모두 반응하여 B 6 mol이 생성된다. 전체 몰수는 6 mol로 초기의 3배이므로, 압력은 $P = (1 + 2 \cdot 1.0)\text{bar} = 3\text{bar}$이다.

두 전화율에 대한 최종 압력은 각각 2 bar와 3 bar이며, ③의 수치와 일치한다.

NoteBase

문 11. 400,000 kW 용량으로 건설된 발전소에서 스팀은 600 K에서 생산되며 발생되는 열은 300 K인 강물로 제거된다. 발전소의 열효율이 최대 가능한 열효율의 80%일 때, 강물로 제거되는 열 [kW]은?

① 300,000

② 600,000

③ 900,000

④ 1,200,000

정답 2번

간단한 해설

최대 열효율은 카르노 효율인 50%이고, 실제 열효율은 그 80%인 **40%**이다. 발전 출력 400,000 kW를 얻으려면 1,000,000 kW의 열을 공급해야 하므로, 강물로 방출되는 열은 두 값의 차인 **600,000 kW**이다.

계산 과정

1. 최대 열효율: 고온부의 온도는 $T_H = 600\text{K}$, 저온부인 강물의 온도는 $T_C = 300\text{K}$이다. 두 온도 사이에서 작동하는 열기관의 최대 열효율은 가역 열기관의 카르노 효율이며, **절대온도 비**로 계산한다. $\eta_{\max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$에 대입하면 $1 - \frac{300}{600} = 0.50$, 즉 50%이다.

2. 실제 열효율: 실제 효율은 최대 효율의 80%이므로 $\eta = 0.80 \cdot 0.50 = 0.40$이다. 이는 **공급받은 열의 40%가 순출력으로 전환**된다는 뜻이다.

3. 공급열 계산: 발전소의 출력은 $\dot{W} = 400{,}000\text{kW}$이다. 단위 시간당 공급받는 열을 $\dot{Q}_H$라 하면, 열효율의 정의는 $\eta = \frac{\dot{W}}{\dot{Q}_H}$이다. 따라서 $\dot{Q}_H = \frac{\dot{W}}{\eta}$이며, $\frac{400{,}000}{0.40} = 1{,}000{,}000$이므로 공급열은 1,000,000 kW이다. kW는 에너지 자체가 아니라 단위 시간당 에너지의 양을 나타낸다.

4. 강물로 제거되는 열: 발전소를 순환하는 열기관으로 보면 에너지 보존에 따라 **공급열에서 순출력을 뺀 나머지**가 강물로 방출된다. 단위 시간당 방출열을 $\dot{Q}_C$라 하면 $\dot{Q}_C = \dot{Q}_H - \dot{W}$이다. 따라서 1,000,000 − 400,000 = 600,000 kW이며, 선택지 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 점도가 시간 의존성을 갖는 유체로만 옳게 짝 지은 것은?

① Newtonian 유체, Pseudoplastic 유체

② Rheopectic 유체, Thixotropic 유체

③ Newtonian 유체, Thixotropic 유체

④ Pseudoplastic 유체, Rheopectic 유체

정답 2번

간단한 해설

온도와 전단속도가 일정해도 시간이 지남에 따라 점도가 변하는 것이 **시간 의존성**이다. Rheopectic 유체는 점도가 증가하고, Thixotropic 유체는 점도가 감소한다.

개념 구분

시간 의존성은 온도와 전단속도를 일정하게 유지하면서 전단을 계속 가할 때, 점도가 시간에 따라 달라지는 성질이다. 전단속도는 유체가 전단에 의해 변형되는 빠르기를 뜻하며, **전단속도의 변화와 전단을 가한 시간의 변화**를 구별해야 한다.

Rheopectic 유체: 같은 전단속도로 전단을 계속 가하면 시간이 지남에 따라 **점도가 증가**한다.

Thixotropic 유체: 같은 전단속도로 전단을 계속 가하면 시간이 지남에 따라 **점도가 감소**한다. 이를 요변성이라고 한다.

Newtonian 유체: 온도 등 물리적 조건이 같으면 전단응력이 전단속도에 비례하며 점도가 일정하다. 전단을 가한 시간이 길어진다는 이유로 점도가 변하는 유체가 아니다.

Pseudoplastic 유체: **전단속도가 커질수록 겉보기점도가 감소**하는 전단박화 특성으로 구분한다. 이 명칭 자체가 시간 의존성을 뜻하지는 않는다. 전단속도를 일정하게 둔 채 시간이 지날수록 점도가 감소하는 요변성과 구별한다.

따라서 시간 의존성을 갖는 유체끼리의 짝은 Rheopectic 유체와 Thixotropic 유체이다.

NoteBase

문 13. 차원(dimension)이 같은 것으로만 옳게 짝 지은 것은?

ㄱ. 점도(viscosity)
ㄴ. 열전도도(thermal conductivity)
ㄷ. 동점도(kinematic viscosity)
ㄹ. 확산계수(diffusion coefficient)

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

동점도는 점도를 밀도로 나눈 값으로, 확산계수와 같이 **면적을 시간으로 나눈 차원**인 L^2T^{-1}을 갖는다. 점도 자체와 동점도는 밀도만큼 차이가 나므로 차원이 다르다.

핵심 풀이

차원은 물리량을 기본량의 조합으로 나타낸 것이다. 질량을 M, 길이를 L, 시간을 T, 온도를 Θ로 두고 각 물성의 차원을 비교한다.

ㄱ. 점도: 유체의 전단응력과 속도 기울기를 연결하는 비례계수이다. 전단응력의 차원은 $ML^{-1}T^{-2}$, 속도 기울기의 차원은 T^{-1}이므로 점도의 차원은 $[\mu] = ML^{-1}T^{-1}$이다.

ㄴ. 열전도도: 전도에 의한 단위 면적당 열전달률과 온도 기울기를 연결하는 비례계수이다. 단위가 W/(m·K)이므로 차원은 $[k] = MLT^{-3}\Theta^{-1}$이다. 다른 세 물성과 달리 **온도 차원을 포함**한다.

ㄷ. 동점도: **점도를 밀도로 나눈 물성**으로, $\nu = \frac{\mu}{\rho}$이다. 밀도의 차원은 ML^{-3}이므로 $[\nu] = \frac{ML^{-1}T^{-1}}{ML^{-3}} = L^2T^{-1}$이다.

ㄹ. 확산계수: 농도 기울기에 따른 확산 물질유속을 정하는 비례계수이다. 물질유속은 단위 면적·시간당 이동량이고 농도 기울기는 단위 부피당 물질량을 길이로 나눈 값이므로, 두 양의 비에서 물질량 차원이 소거되어 $[D] = L^2T^{-1}$이 된다.

따라서 ㄷ의 동점도와 ㄹ의 확산계수는 차원이 같으며, 둘 다 SI 단위로 m^2/s를 쓴다. 이는 ④의 짝에 해당한다.

NoteBase

문 14. 감가상각비의 결정요소가 아닌 것은?

① 취득원가

② 내용연수

③ 잔존가치

④ 수리수선비

정답 4번

간단한 해설

통상적인 수리수선비는 자산의 기능을 유지하기 위한 지출로, **감가상각비의 기본 결정요소가 아니다**. 감가상각은 자산의 취득원가 중 사용에 따라 배분할 금액을 내용연수에 걸쳐 비용으로 인식하는 것이다.

선지별 해설

감가상각은 자산을 사용하는 동안 그 원가를 체계적으로 배분하는 절차이다. 감가상각대상금액과 배분 기간을 정하는 기본 요소를 구분한다.

① O: 취득원가는 자산을 취득하여 사용할 수 있는 상태로 만드는 데 든 금액이다. 감가상각은 이 원가를 배분하는 절차이므로, 다른 조건이 같다면 **취득원가가 클수록** 배분할 감가상각대상금액도 커진다.

② O: 내용연수는 자산을 사용할 수 있을 것으로 예상하는 기간이다. 감가상각대상금액을 **얼마 동안 배분할지**를 정하므로 감가상각비의 결정요소이다. 예를 들어 정액법에서는 같은 금액을 더 긴 내용연수에 걸쳐 배분하면 연간 감가상각비가 작아진다.

③ O: 잔존가치는 내용연수가 끝날 때 자산을 처분하여 회수할 것으로 예상하는 금액에서 처분비용을 뺀 금액이다. 이 금액은 사용기간에 걸쳐 비용으로 배분할 부분이 아니므로, **취득원가에서 잔존가치를 뺀 금액**이 감가상각대상금액이 된다.

④ X: 통상적인 수리수선비는 자산의 정상적인 기능을 유지하거나 회복하는 데 드는 비용이다. 이는 감가상각비의 기본 결정요소가 아니며, 기본 결정요소는 **취득원가·내용연수·잔존가치**이다. 다만 지출이 자산의 성능을 향상시키거나 내용연수를 연장하여 자산으로 인식되는 경우에는 자산 원가 등에 반영되어 이후 감가상각비에 영향을 줄 수 있다.

NoteBase

문 15. 일정 온도로 유지되는 밀폐용기에 60 mol%의 A와 40 mol%의 B가 액체혼합물로 증기와 평형을 이룰 때, 계의 전체압력[mmHg]은? (단, 해당온도에서 순수한 A와 B의 증기압은 각각 400 mmHg과 1,000 mmHg이고, 기상은 이상기체, 액상은 이상용액이다)

① 240

② 500

③ 640

④ 700

정답 3번

간단한 해설

이상용액에서는 **라울의 법칙**에 따라 각 성분의 분압을 액상 몰분율과 순수 성분 증기압의 곱으로 구한다. 두 분압을 더하면 전체압력은 240 + 400 = 640 mmHg이다.

계산 과정

액상의 몰분율은 $x_A = \frac{60}{100} = 0.60$, $x_B = \frac{40}{100} = 0.40$이다. 액상이 이상용액이고 기상이 이상기체이므로 라울의 법칙 $p_i = x_i P_i^{\text{sat}}$을 적용한다. 여기서 p_i는 성분 i의 기상 분압, x_i는 **액상 몰분율**, P_i^{sat}는 같은 온도에서 순수 성분 i의 증기압이다.

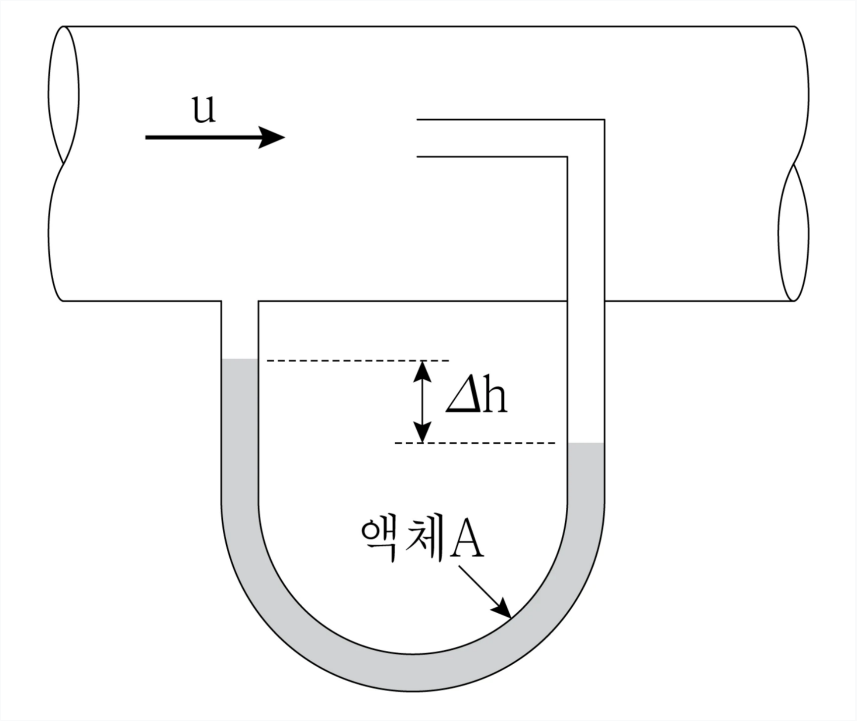
A의 분압: $p_A = 0.60 \cdot 400 = 240\text{mmHg}$이다. 이는 혼합 증기의 전체압력 중 A가 기여하는 압력이다.

B의 분압: $p_B = 0.40 \cdot 1{,}000 = 400\text{mmHg}$이다. 순수한 B의 증기압 1,000 mmHg에 B의 액상 몰분율을 곱한 값이다.

전체압력: 이상기체 혼합물의 전체압력은 **각 성분 분압의 합**이므로 $P = p_A + p_B$이다. 따라서 240 + 400 = 640 mmHg이며, ③의 640에 해당한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 직경이 일정하고 마찰이 없는 매끈한 수평관에 밀도가 1.2 kg·m^{-3}인 비압축성 기체가 유속(u) 13 m·s^{-1}로 흐를 때, 압력계의 높이차(Δh)[cm]는? (단, 점성 영향을 무시할 수 있는 정상상태 흐름이고, 액체 A의 밀도는 1,015.2 kg·m^{-3}이며, 중력가속도는 10 m·s^{-2}이다)



① 0.01

② 0.1

③ 1

④ 10

정답 3번

간단한 해설

피토관이 측정하는 **정체압과 정압의 차**는 기체의 동압인 101.4 Pa이다. 이를 액체 A와 기체의 밀도차에 의한 액주 압력과 같게 놓으면 높이차는 **1 cm**이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 왼쪽 관벽의 연결부는 흐르는 기체의 정압을 전달하고, 오른쪽의 흐름을 마주 보는 관 입구는 기체를 멈추게 하여 정체압을 전달한다. 정상·비압축성 흐름에서 점성에 의한 손실을 무시하므로 베르누이 방정식을 적용한다. 같은 높이를 기준으로 비교한 정체압과 정압의 차를 Δp라 하면, **유속이 0이 되면서 운동에너지가 압력으로 전환**되므로 $\Delta p = \frac{1}{2}\rho u^2$이다. 여기서 ρ는 기체 밀도, u는 유속이다.

기체 밀도 1.2 $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$와 유속 13 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$를 대입하면 $\Delta p = \frac{1.2 \cdot 13^2}{2} = 101.4\,\mathrm{Pa}$이다. 이 값은 U자관 압력계가 액면 높이차로 나타내는 차압이다.

액체 A의 밀도를 ρ_A, 중력가속도를 g, 두 액면의 높이차를 Δh라 한다. 정지한 액체의 같은 높이에서 압력이 같다는 조건을 적용하고 기체 기둥의 압력 변화까지 반영하면 $\Delta p = (\rho_A - \rho) g \Delta h$이다. 따라서 **액체 A와 기체의 밀도차**를 사용하며, 그 값은 1,015.2 − 1.2 = 1,014 $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$이다. 오른쪽 정체압 쪽의 압력이 더 커서 그림처럼 오른쪽 액면이 낮아진다.

중력가속도 10 $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$를 사용하여 높이차를 구하면 $\Delta h = \frac{101.4}{1{,}014 \cdot 10} = 0.01\,\mathrm{m}$이다. 문제에서 요구한 단위로 바꾸면 0.01 m = 1 cm이므로 ③의 1에 해당한다.

NoteBase

문 17. Prandtl수(N_{Pr})에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 무차원 수이다.

② 온도 변화에 관계없이 일정하다.

③ 동점도를 열확산계수로 나눈 값이다.

④ 유체역학적 경계층의 두께와 열경계층 두께의 비를 결정하는 매개변수이다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '온도 변화에 관계없이 일정하다'는 설명이 잘못되었다. Prandtl수는 동점도와 열확산계수의 비이므로, 이들 물성이 온도에 따라 변하면 **Prandtl수도 변한다**.

선지별 해설

Prandtl수는 $N_{Pr} = \frac{\nu}{\alpha}$로 정의한다. 여기서 ν는 동점도, α는 열확산계수이다.

① O: 동점도와 열확산계수의 단위는 모두 m^2/s이다. 두 값을 나누면 단위가 소거되므로 Prandtl수는 **무차원수**이다.

② X: 동점도와 열확산계수는 유체의 물성으로, 온도에 따라 변하며 두 값의 비도 일반적으로 변한다. 따라서 '온도 변화에 관계없이 일정하다'는 표현은 **'온도에 따라 달라질 수 있다'**로 고쳐야 한다. 좁은 온도 범위에서 일정한 값으로 근사할 수는 있지만, 온도와 무관한 상수는 아니다.

③ O: 정의식에서 분자는 동점도이고 분모는 열확산계수이다. 동점도는 운동량이 확산되는 빠르기를, 열확산계수는 열이 확산되는 빠르기를 나타내므로 Prandtl수는 **열확산에 대한 운동량 확산의 상대적 크기**를 뜻한다.

④ O: 유체역학적 경계층은 벽면의 영향으로 유속이 변하는 영역이고, 열경계층은 벽면과 유체 사이의 온도 차이로 온도가 변하는 영역이다. 두 경계층의 상대적 두께는 운동량과 열이 각각 얼마나 빠르게 확산되는지에 좌우되므로 Prandtl수가 그 비를 결정하는 매개변수가 된다. 예를 들어 평판 위 층류 경계층에서 Prandtl수가 1보다 크면 열확산이 상대적으로 느려 **열경계층이 유체역학적 경계층보다 얇게** 형성되고, 1보다 작으면 열이 더 멀리 확산되어 열경계층이 더 두껍게 형성된다.

NoteBase

문 18. 열전달 현상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 자연대류는 온도 차에 의해 유발되는 밀도 차에 따라 발생한다.

② 고체에서 열전도는 인접한 진동 분자 또는 원자 간의 운동량 전달이나 자유전자의 운동에 의해 일어난다.

③ 흑체에서 방출되는 복사 에너지는 표면의 절대 온도의 네제곱에 정비례한다.

④ 복사는 전자기파의 이동에 의해 일어나며, 복사 전달은 공기 중에서 가장 효과적이다.

정답 4번

간단한 해설

복사는 전자기파로 에너지를 전달하므로 **매질 없이 진공에서도 전달**된다. 공기는 복사 에너지의 일부를 흡수하거나 산란시킬 수 있으므로, '공기 중에서 가장 효과적이다'라는 설명은 틀리다.

선지별 해설

① O: 온도 차로 유체 내부에 밀도 차가 생기면 중력장에서 부력이 발생하여 유체가 움직인다. 이 유동으로 열이 전달되는 것이 자연대류이며, **밀도 차에 따른 부력**이 유동의 원인이다.

② O: 고체에서는 인접한 분자나 원자의 진동과 상호작용을 통해 열에너지가 전달된다. 금속에서는 **자유전자의 이동**도 열에너지 전달에 기여한다. 따라서 입자 사이의 상호작용과 자유전자의 운동은 고체 열전도의 주요 기구이다.

③ O: 흑체의 단위 면적당 복사 방출률은 슈테판·볼츠만 법칙 $E_b = \sigma T^4$을 따른다. 여기서 T는 켈빈 단위의 절대 온도이고, σ는 슈테판·볼츠만 상수이다. 따라서 흑체가 단위 시간에 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지는 **절대 온도의 네제곱**에 정비례한다.

④ X: 복사가 전자기파에 의해 일어난다는 부분은 맞지만, '공기 중에서 가장 효과적이다'라는 부분이 틀리다. 복사는 **물질 매질을 필요로 하지 않으며**, 진공에서는 매질에 의한 흡수나 산란 없이 전파된다. 공기는 파장에 따라 복사 에너지의 일부를 흡수하거나 산란시킬 수 있으므로, 공기가 복사 전달에 가장 유리한 매질이라고 할 수 없다.

NoteBase

문 19. $\frac{Du}{\alpha}$와 같은 것은? (단, α는 열확산계수, D는 관 지름, u는 유체의 평균 유속이다)

① Reynolds수 × Peclet수

② Nusselt수 × Schmidt수

③ Stanton수 × Schmidt수

④ Reynolds수 × Prandtl수

정답 4번

간단한 해설

Reynolds수와 Prandtl수를 곱하면 **동점성계수가 소거**되어 $\frac{Du}{\alpha}$가 된다.

공통 해설

열 Peclet수는 유동에 의한 열수송과 열확산의 상대적 크기를 나타내는 무차원수이다. 관 지름 D와 평균 유속 u를 기준으로 하면 $Pe = \frac{Du}{\alpha}$로 정의된다.

동점성계수를 v라 하면 Reynolds수는 $Re = \frac{Du}{\nu}$, Prandtl수는 $Pr = \frac{\nu}{\alpha}$이다. 같은 유체의 물성을 사용하여 두 수를 곱하면 $Re \cdot Pr = \frac{Du}{\nu} \cdot \frac{\nu}{\alpha} = \frac{Du}{\alpha}$가 된다. 따라서 주어진 식은 **Reynolds수와 Prandtl수의 곱**이며, 열 Peclet수와 같다.

NoteBase

문 20. 카르노 열펌프(Carnot heat pump)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 성능계수(coefficient of performance)는 절대온도의 함수이다.

② 성능계수는 저온에서 흡수한 열을 투입되는 일로 나눈 값이다.

③ 투입되는 일은 열을 고온의 열저장고로부터 저온의 열저장고로 이송시키는 데 사용된다.

④ 냉동기가 280 K로 유지되고 외부로의 열전달이 300 K에서 이루어진다면 카르노 성능계수는 14이다.

정답 3번

간단한 해설

③은 열을 옮기는 방향을 반대로 설명했다. 냉동기와 열펌프에 투입되는 일은 열을 **저온의 열저장고에서 고온의 열저장고로** 이송하는 데 사용된다.

선지별 해설

②와 ④는 열펌프를 냉동기로 사용할 때의 냉동 성능계수를 설명한다. 저온부와 고온부의 절대온도를 각각 T_L, T_H, 저온부에서 흡수하는 열량을 Q_L, 고온부로 방출하는 열량을 Q_H, 투입 일을 W라 하며, 열량과 일은 크기로 나타낸다.

① O: 카르노 냉동기는 가역적으로 작동하므로 냉동 성능계수는 $\mathrm{COP}_R = \frac{T_L}{T_H - T_L}$이다. 따라서 성능계수는 **두 열저장고의 절대온도**로 결정된다. 온도에는 K 단위를 사용한다.

② O: 냉동기의 목적은 저온부에서 열을 제거하는 것이므로, 냉동 성능계수는 **저온부에서 흡수한 열량을 투입 일로 나눈 값**인 $\mathrm{COP}_R = \frac{Q_L}{W}$이다. 한편 난방용 열펌프의 성능계수는 고온부에 공급한 열량을 기준으로 하는 $\mathrm{COP}_{HP} = \frac{Q_H}{W}$이므로 구별해야 한다.

③ X: 열은 자연적으로 고온부에서 저온부로 이동한다. 냉동기와 열펌프는 외부에서 일을 받아 그 반대인 **저온부에서 고온부로** 열을 옮긴다. 따라서 '고온의 열저장고로부터 저온의 열저장고로'를 '저온의 열저장고로부터 고온의 열저장고로'로 고쳐야 한다. 한 사이클의 에너지수지는 $Q_H = Q_L + W$이므로, 고온부에는 저온부에서 흡수한 열과 투입 일에 해당하는 에너지가 함께 전달된다.

④ O: 저온부는 280 K, 열을 방출하는 고온부는 300 K이므로 두 열저장고의 온도 차는 20 K이다. 카르노 냉동 성능계수는 $\mathrm{COP}_R = \frac{280}{300 - 280} = 14$이다. 이는 **일 1 J을 투입할 때 저온부에서 열 14 J을 제거**한다는 뜻이며, 성능계수 자체에는 단위가 없다.

NoteBase