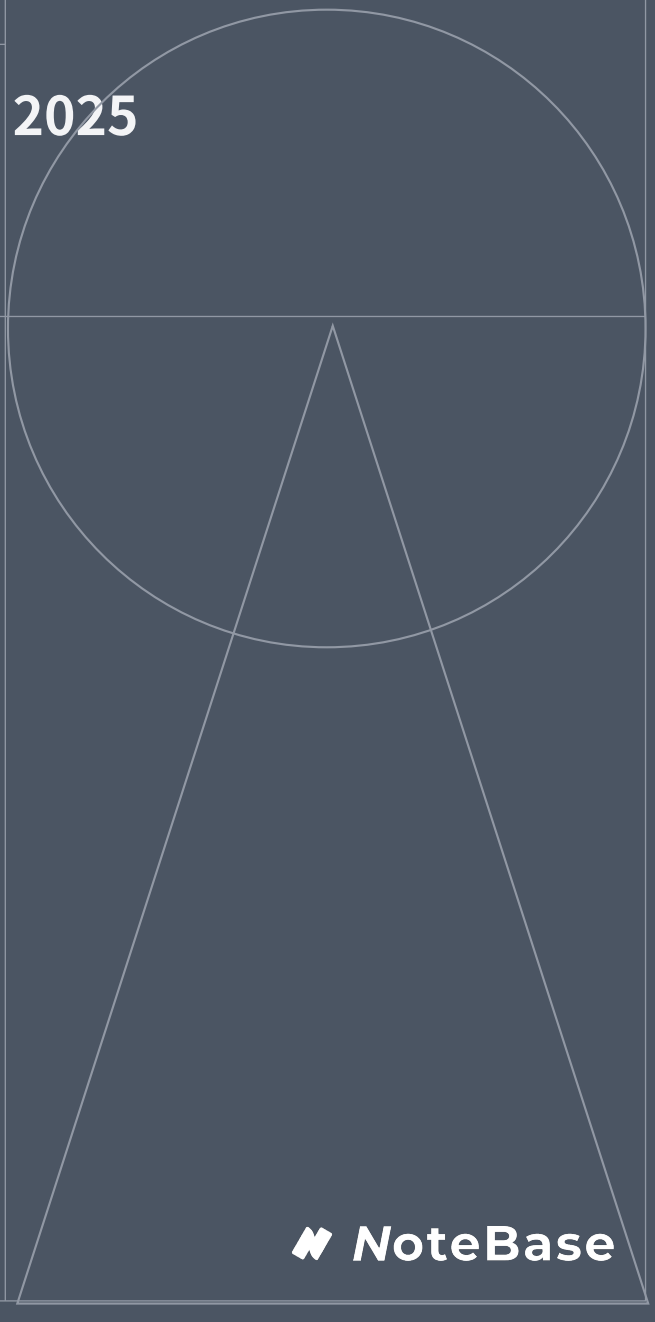
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2025

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2025

문 1. 철(Fe) 56 g에 420 J의 열에너지를 가하였더니 온도가 25 °C에서 40 °C로 상승하였다. 철의 비열 [J g^{-1} °C^{-1}]은? (단, 열에너지는 철의 온도 변화를 일으키는 데만 사용된다)

① 0.25

② 0.50

③ 1.0

④ 2.0

정답 2번

간단한 해설

가한 열량을 **질량과 온도 변화량의 곱**으로 나누면 비열을 구할 수 있다. 철의 온도는 15 °C 상승했으므로 비열은 0.50 J g^{-1} °C^{-1}이다.

계산 과정

비열 c는 물질 1 g의 온도를 1 °C 높이는 데 필요한 열량이다. 열에너지가 **철의 온도 변화에만 사용**되므로, 가한 열량 Q와 질량 m, 온도 변화량 ΔT 사이에 $Q = mc\Delta T$가 성립한다. 주어진 열량은 Q = 420 J, 질량은 m = 56 g이다.

온도 변화량은 최종 온도에서 처음 온도를 뺀 값이다. 따라서 ΔT = 40 − 25 = 15 °C이다. 공식에는 최종 온도 40 °C가 아니라 **상승한 온도 15 °C**를 넣는다.

비열을 구하도록 식을 정리하면 $c = \frac{Q}{m\Delta T}$이다. 수치를 대입하면 $c = \frac{420}{56 \cdot 15} = 0.50$ J g^{-1} °C^{-1}이다. 이는 철 1 g의 온도를 1 °C 높이는 데 0.50 J이 필요하다는 뜻이며, 선택지 ②의 0.50에 해당한다.

NoteBase

문 2. 2주기 원소인 붕소(B), 탄소(C), 질소(N), 산소(O)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 원자 반지름의 크기는 $B < C < N < O$ 순이다.

② 전기음성도의 크기는 $B < C < N < O$ 순이다.

③ 유효 핵전하의 크기는 $B < C < N < O$ 순이다.

④ 1차 이온화 에너지의 크기는 $B < C < O < N$ 순이다.

정답 1번

간단한 해설

같은 2주기에서 B에서 O로 갈수록 유효 핵전하가 커져 전자가 핵에 더 강하게 끌린다. 따라서 원자 반지름은 **B > C > N > O** 순으로 작아진다.

선지별 해설

① X: B, C, N, O는 모두 최외각 전자가 두 번째 전자껍질에 있다. B에서 O로 갈수록 핵의 양성자 수가 증가하지만, 같은 전자껍질에 추가되는 전자는 핵전하의 증가를 완전히 가려 주지 못한다. 따라서 전자가 받는 인력이 커져 **원자 반지름은 B > C > N > O** 순으로 작아진다. 선지는 이 순서를 반대로 제시했다.

② O: 전기음성도는 원자가 공유 결합에서 공유 전자쌍을 끌어당기는 정도이다. 같은 주기에서는 대체로 유효 핵전하가 커지고 원자 반지름이 작아질수록 **공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다**. 따라서 전기음성도는 B < C < N < O 순이다.

③ O: 유효 핵전하는 다른 전자들의 가림 효과를 고려했을 때 한 전자가 실제로 느끼는 핵의 양전하이다. B에서 O로 갈수록 핵전하는 증가하지만, 같은 전자껍질에 추가되는 전자의 가림 효과는 그 증가를 완전히 상쇄하지 못한다. 따라서 **최외각 전자가 느끼는 유효 핵전하**는 B < C < N < O 순으로 커진다.

④ O: 1차 이온화 에너지는 기체 상태의 중성 원자에서 전자 하나를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. 같은 주기에서는 대체로 유효 핵전하가 커질수록 증가하지만, N과 O 사이에는 전자 배치에 따른 예외가 있다. N은 $2p^3$ 배치로 세 p 오비탈에 전자가 하나씩 들어 있고, O는 $2p^4$ 배치로 한 오비탈에 전자 두 개가 짝을 이룬다. O에서는 **짝지어진 전자 사이의 반발** 때문에 그중 하나를 N의 홀전자보다 쉽게 떼어 낼 수 있다. 따라서 N의 1차 이온화 에너지가 O보다 크며, 전체 순서는 B < C < O < N이다.

NoteBase

문 3. 원자의 바닥 상태 전자 배치로 옳지 않은 것은?

① $_{24}Cr$: [Ar] $4s^1\,3d^5$

② $_{26}Fe$: [Ar] $4s^2\,3d^6$

③ $_{29}Cu$: [Ar] $4s^2\,3d^9$

④ $_{30}Zn$: [Ar] $4s^2\,3d^{10}$

정답 3번

간단한 해설

Cu의 바닥 상태 전자 배치는 [Ar]$4s^2 3d^9$가 아니라 [Ar]$4s^1 3d^{10}$이다. 4s와 3d의 에너지가 가까워, **3d 부껍질이 완전히 채워진 배치**에서 원자 전체의 에너지가 더 낮다.

선지별 해설

바닥 상태는 원자 전체의 에너지가 가장 낮은 상태이다. [Ar]은 전자 18개를 가진 아르곤의 전자 배치를 뜻하며, 중성 원자의 전체 전자 수는 원자 번호와 같다. s 부껍질에는 최대 2개, 5개의 오비탈로 이루어진 d 부껍질에는 최대 10개의 전자가 들어간다.

① O: Cr의 전자는 24개이므로 [Ar] 바깥에 전자 6개가 있다. 단순한 채움 순서로 예상한 [Ar]$4s^2 3d^4$와 달리, 실제 바닥 상태는 [Ar]$4s^1 3d^5$이다. 3d의 5개 오비탈에 전자가 하나씩 들어가 **3d 부껍질이 반쯤 채워진 배치**에서 전체 에너지가 더 낮다.

② O: Fe의 전자는 26개이므로 [Ar] 바깥에 전자 8개가 있다. 바닥 상태에서 4s에 2개, 3d에 6개가 들어가 [Ar]$4s^2 3d^6$가 된다. 3d의 전자들은 훈트 규칙에 따라 5개 오비탈에 하나씩 들어간 뒤, 여섯 번째 전자가 한 오비탈에서 짝을 이룬다.

③ X: Cu의 전자는 29개이므로 [Ar] 바깥에 전자 11개가 있다. 선지의 [Ar]$4s^2 3d^9$도 전체 전자 수는 맞지만, **전자 수가 맞는 것만으로 바닥 상태가 되는 것은 아니다**. 4s와 3d의 에너지 차이가 작아, 4s에 1개와 3d에 10개가 있는 배치의 전체 에너지가 더 낮다. 따라서 바닥 상태 전자 배치는 [Ar]$4s^1 3d^{10}$으로 고쳐야 한다.

④ O: Zn의 전자는 30개이므로 [Ar] 바깥에 전자 12개가 있다. 바닥 상태에서 3d에 10개, 4s에 2개가 들어가 [Ar]$4s^2 3d^{10}$이 된다. 이는 **3d와 4s 부껍질이 모두 완전히 채워진 배치**이다.

NoteBase

문 4. 0.1 M $H_2SO_4(aq)$ **10 mL를 완전히 중화하는 데 필요한** 0.1 M $NaOH(aq)$**의 부피[mL]는? (단,** H_2SO_4**는 물에서 완전히 해리된다)**

① 5

② 10

③ 20

④ 30

정답 3번

간단한 해설

황산은 완전히 해리될 때 1 mol당 수소 이온 2 mol을 내놓으므로, 완전 중화에는 **황산의 2배 몰수인 수산화 나트륨**이 필요하다. 두 용액의 몰 농도가 같으므로 필요한 수산화 나트륨 용액의 부피는 황산 용액 10 mL의 2배인 20 mL이다.

계산 과정

중화의 몰수 관계: 완전히 해리되는 황산 H_2SO_4 1 mol은 수소 이온 2 mol을 내놓고, 수산화 나트륨 NaOH 1 mol은 수산화 이온 1 mol을 내놓는다. 수소 이온과 수산화 이온은 1:1로 반응하므로 **황산과 수산화 나트륨의 반응 몰수비는 1:2**이다. 이를 반응식으로 나타내면 $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$이다.

황산의 몰수: 몰 농도는 용액 1 L에 들어 있는 용질의 몰수이므로, 용질의 몰수는 몰 농도와 용액 부피의 곱이다. 10 mL = 0.010 L이므로 황산의 몰수는 0.1 mol/L × 0.010 L = 0.001 mol이다.

필요한 수산화 나트륨의 몰수: 황산 1 mol에 수산화 나트륨 2 mol이 반응하므로, 0.001 mol의 황산을 완전히 중화하려면 수산화 나트륨 2 × 0.001 = 0.002 mol이 필요하다.

수산화 나트륨 용액의 부피: 용질의 몰수를 몰 농도로 나누면 용액의 부피를 얻는다. 따라서 필요한 부피는 $V = \frac{0.002\ \text{mol}}{0.1\ \text{mol/L}} = 0.020\ \text{L}$이다. 이를 mL로 바꾸면 20 mL이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 탄소(C) 72 g, 수소(H) 12 g, 산소(O) 96 g으로 구성된 화합물의 화학식으로 옳은 것은? (단, C, H, O의 원자량은 각각 12, 1, 16이다)

① CH_4O

② $C_2H_6O_2$

③ C_3H_8O

④ $C_6H_{12}O_6$

정답 4번

간단한 해설

각 원소의 질량을 몰질량으로 나누면 **C:H:O의 원자 수 비는 1:2:1**이다. $C_6H_{12}O_6$는 이 비를 만족한다.

계산 과정

원소별 몰수: 화학식의 아래첨자는 원자 수의 비를 나타내므로, 먼저 주어진 질량을 **각 원소의 몰수로 환산**한다. 몰수는 $n = \frac{m}{M}$으로 구하며, m은 질량, M은 몰질량이다. 주어진 원자량에 대응하는 C, H, O의 몰질량은 각각 12 g/mol, 1 g/mol, 16 g/mol이다. 탄소는 $\frac{72\text{g}}{12\text{g/mol}} = 6\text{mol}$, 수소는 $\frac{12\text{g}}{1\text{g/mol}} = 12\text{mol}$, 산소는 $\frac{96\text{g}}{16\text{g/mol}} = 6\text{mol}$이다.

원자 수의 비: 같은 몰수에는 같은 수의 원자가 있으므로 C:H:O의 원자 수 비는 몰수비와 같은 6:12:6이다. 이를 6으로 나누면 1:2:1이므로 가장 간단한 정수비를 나타내는 실험식은 CH_2O이다. **질량 조성만으로는 분자식의 배수를 정할 수 없으므로**, 선택지에서 이 원자 수 비를 만족하는 화학식을 찾는다.

선택지와의 대응: ④의 $C_6H_{12}O_6$는 C:H:O의 아래첨자 비가 6:12:6, 즉 1:2:1이므로 계산한 원자 수 비와 일치한다.

NoteBase

문 6. 분자의 기하 구조로 옳지 않은 것은?

① 분자: XeF_2, 기하 구조: 선형

② 분자: SF_6, 기하 구조: 정팔면체

③ 분자: SF_4, 기하 구조: 사각뿔

④ 분자: XeF_4, 기하 구조: 평면 사각형

정답 3번

간단한 해설

SF_4는 중심 S 원자에 결합 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 1개가 있어, 분자 기하 구조가 사각뿔이 아니라 **시소형**이다. 비공유 전자쌍은 삼각쌍뿔 배열의 적도 자리를 차지한다.

선지별 해설

원자가 껍질 전자쌍 반발 이론(VSEPR)에 따르면 중심 원자 주위의 전자쌍은 서로의 반발을 줄이는 방향으로 배열된다. 전자쌍 배열에는 결합 전자쌍과 비공유 전자쌍을 모두 포함하지만, 분자 기하 구조는 원자들의 위치로 정한다.

① O: XeF_2의 중심 Xe 원자에는 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 3개가 있다. 총 5개의 전자쌍은 삼각쌍뿔 배열을 이루며, 비공유 전자쌍 3개는 반발을 줄일 수 있는 적도 자리를 차지한다. 두 F 원자는 서로 마주 보는 축 자리에 놓이므로 분자는 **선형**이다.

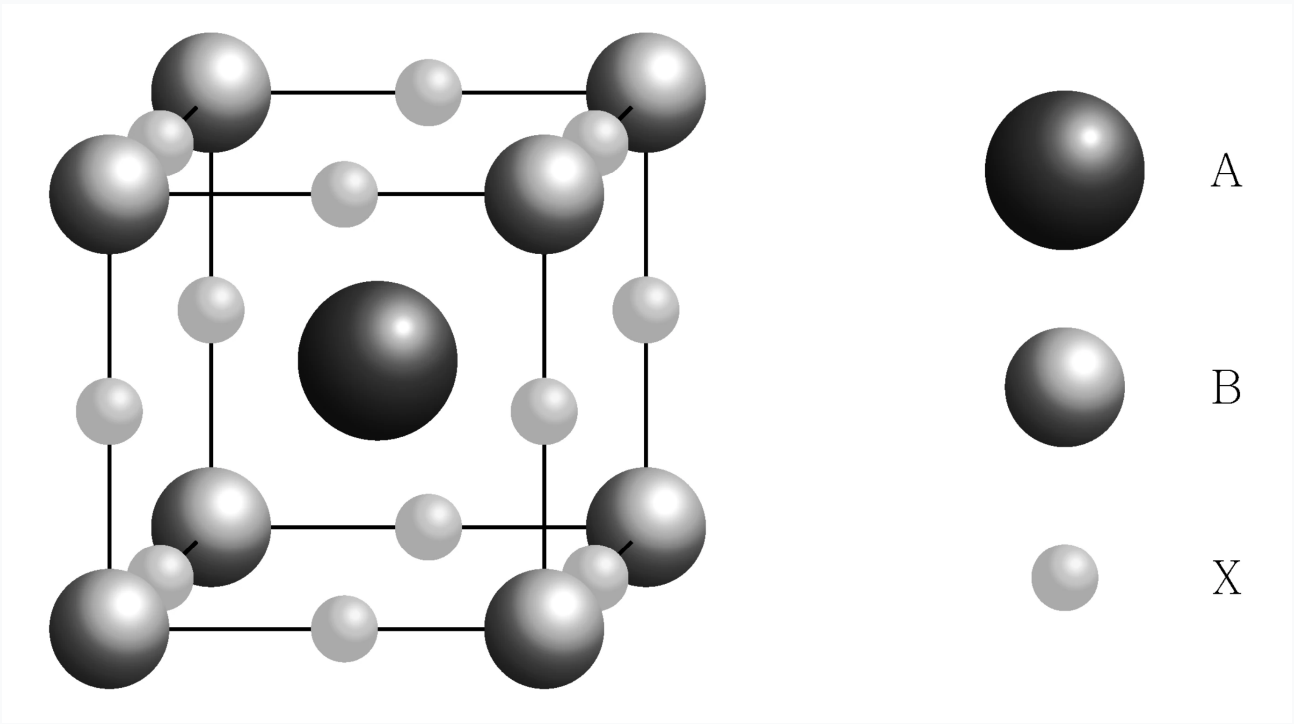
② O: SF_6의 중심 S 원자에는 결합 전자쌍 6개가 있고 비공유 전자쌍은 없다. 여섯 결합 전자쌍이 서로의 반발을 줄이도록 배열되므로 전자쌍 배열과 분자 기하 구조가 모두 **정팔면체**이다.

③ X: SF_4의 중심 S 원자에는 결합 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 1개가 있다. 전자쌍 배열은 삼각쌍뿔이며, 비공유 전자쌍이 적도 자리 하나를 차지한다. 나머지 두 축 자리와 두 적도 자리에 F 원자가 놓이므로 분자 기하 구조는 **사각뿔이 아니라 시소형**이다. 사각뿔형은 정팔면체 전자쌍 배열에서 결합 전자쌍 5개와 비공유 전자쌍 1개가 있을 때 나타난다.

④ O: XeF_4의 중심 Xe 원자에는 결합 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 2개가 있다. 총 6개의 전자쌍은 정팔면체 배열을 이루며, 비공유 전자쌍 2개는 반발을 줄이도록 서로 마주 보는 자리를 차지한다. 남은 네 자리에 놓인 F 원자는 모두 같은 평면에서 정사각형을 이루므로 분자 기하 구조는 **평면 사각형**이다.

NoteBase

문 7. 다음은 양이온 A, B 및 음이온 X로 이루어진 페로브스카이트(perovskite)의 단위 세포를 나타낸 것이다. 이 페로브스카이트의 화학식으로 옳은 것은?



① ABX_3
② ABX_6
③ A_2BX_3
④ A_8BX_{12}

정답 1번

간단한 해설

단위 세포 경계의 이온은 이웃 세포와 **공유하는 비율**을 반영해 센다. 중심의 A는 1개, 꼭짓점의 B는 합계 1개, 모서리의 X는 합계 3개이므로 A : B : X = 1 : 1 : 3이며, 화학식은 ABX_3이다.

NoteBase

계산 과정

화학식은 단위 세포에 실제로 속하는 각 이온의 개수를 구한 뒤, 그 개수의 가장 간단한 정수비로 나타낸다. 그림에서 A는 세포 중심, B는 8개 꼭짓점, X는 12개 모서리의 중심에 놓여 있다.

A의 개수: 세포 중심의 A는 **한 단위 세포 안에 완전히 포함**되므로 1개로 센다.

B의 개수: 꼭짓점 하나는 **8개의 단위 세포가 공유**하므로 B 하나의 기여분은 1/8이다. 따라서 한 단위 세포에 속하는 B의 개수는 $8 \cdot \frac{1}{8} = 1$개이다.

X의 개수: 모서리 하나는 **4개의 단위 세포가 공유**하므로 X 하나의 기여분은 1/4이다. 따라서 한 단위 세포에 속하는 X의 개수는 $12 \cdot \frac{1}{4} = 3$개이다.

화학식: 단위 세포당 이온 수의 비가 A : B : X = 1 : 1 : 3이므로 화학식은 ABX_3이며, ①에 해당한다.

NoteBase

문 8. 2.0 L 용기에서 $H_2(g)$ 0.01 mol, $I_2(g)$ 0.04 mol, $HI(g)$ 0.02 mol로 다음 반응을 시작할 때, 반응 지수(Q)는?

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

간단한 해설

HI의 반응 계수가 2이므로 **HI 농도를 제곱**하여 두 반응물 농도의 곱으로 나눈다. 주어진 초기 농도로 계산한 반응 지수는 Q = 1이다.

계산 과정

반응 지수의 식: 반응 지수는 평형 여부와 관계없이 그 시점의 조성으로 계산한다. 농도로 나타내면 생성물의 농도 곱을 반응물의 농도 곱으로 나누고, **각 농도의 지수는 반응식의 계수**로 정한다. 따라서 이 반응에서는 $Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$ 이다. 대괄호는 각 물질의 몰 농도를 뜻한다.

초기 농도: 각 물질의 몰수를 용기 부피 2.0 L로 나눈다. 반응을 시작할 때의 반응 지수를 구하므로 **주어진 초기 몰수**를 사용한다.
$[H_2] = \frac{0.01}{2.0} = 0.005\text{mol/L}$
$[I_2] = \frac{0.04}{2.0} = 0.020\text{mol/L}$
$[HI] = \frac{0.02}{2.0} = 0.010\text{mol/L}$

반응 지수 계산: 초기 농도를 대입하면 $Q = \frac{(0.010)^2}{0.005 \cdot 0.020} = 1$이다. 분자의 HI 농도 제곱과 분모의 두 반응물 농도 곱이 같아 반응 지수는 1이며, 이는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 300 K에서 다음 반응의 ΔG°[kJ]는?

$$CO(NH_2)_2(s) + H_2O(l) \rightarrow CO_2(g) + 2NH_3(g)$$
$$\Delta H^\circ = 130\ \text{kJ}, \quad \Delta S^\circ = 420\ \text{J K}^{-1}$$

① −126

② 4

③ 126

④ 256

정답 2번

간단한 해설

표준 깁스 자유 에너지 변화는 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$로 구한다. 엔트로피 변화의 **J를 kJ로 통일**하면 300 K에서 $T\Delta S^\circ$는 126 kJ이므로, ΔG°는 130 − 126 = 4 kJ이다.

계산 과정

300 K에서 주어진 반응의 표준 깁스 자유 에너지 변화 ΔG°를 구한다. 깁스 자유 에너지는 $G = H - TS$로 정의되므로, 같은 온도에서 반응 전후의 변화량에는 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$가 성립한다. 여기서 ΔH°는 표준 엔탈피 변화, ΔS°는 표준 엔트로피 변화이며, T에는 절대온도 300 K를 넣는다.

엔탈피 변화가 130 kJ이므로 엔트로피 변화도 **에너지 단위를 kJ로 맞춘다**. $\Delta S^\circ = 420\ \text{JK}^{-1} = 0.420\ \text{kJK}^{-1}$이다. 따라서 $T\Delta S^\circ = (300\ \text{K}) \cdot (0.420\ \text{kJK}^{-1}) = 126\ \text{kJ}$이다. 이는 엔트로피 증가로 인해 깁스 자유 에너지 변화에서 빼 주는 항의 크기이다.

따라서 ΔG°는 130 − 126 = 4 kJ이다. 구한 값은 ②의 4에 해당한다.

NoteBase

문 10. 25 °C에서 측정한 수용액의 H^+ 농도가 1.0×10^{-10}M일 때, 이 용액의 pOH는?

① 2.0

② 4.0

③ 6.0

④ 8.0

정답 2번

간단한 해설

25 °C에서는 **pH와 pOH의 합이 14.0**이다. 주어진 수소 이온 농도에 해당하는 pH가 10.0이므로 pOH는 4.0이다.

계산 과정

pH와 pOH는 각각 수소 이온과 수산화 이온의 몰 농도에 음의 상용로그를 취한 값이다. 주어진 수소 이온 농도를 대입하면 $\mathrm{pH} = -\log_{10}(1.0 \times 10^{-10}) = 10.0$이다.

25 °C에서 물의 이온곱은 $K_w = [\mathrm{H}^+][\mathrm{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$이다. 양변에 음의 상용로그를 취하면 곱의 로그가 두 로그의 합으로 나뉘므로 $\mathrm{pH} + \mathrm{pOH} = 14.0$이 성립한다.

따라서 $\mathrm{pOH} = 14.0 - 10.0 = 4.0$이며, 이는 ②의 4.0에 해당한다. pH와 pOH는 로그로 나타낸 값이므로 단위를 붙이지 않는다.

NoteBase

문 11. 20 °C에서 비휘발성 비전해질 $A(s)$ 0.05 mol이 물(H_2O) 4.95 mol에 녹아 있는 이상 용액(ideal solution)에서 물의 증기 압력[mmHg]은? (단, 20 °C에서 순수한 물의 증기 압력은 20 mmHg이다)

① 19.0

② 19.4

③ 19.8

④ 20.2

정답 3번

간단한 해설

이상 용액에서 물의 증기 압력은 **물의 몰분율**에 같은 온도에서 순수한 물의 증기 압력을 곱한 값이다. 물의 몰분율이 0.99이므로 증기 압력은 19.8 mmHg이다.

계산 과정

비휘발성 용질 A는 증기 압력에 기여하지 않으며, 이상 용액에서는 **라울의 법칙**을 적용한다. 물의 증기 압력을 P, 물의 몰분율을 x, 같은 온도에서 순수한 물의 증기 압력을 P^0라 하면 $P = xP^0$이다. 이 문제에서 20 °C의 P^0는 20 mmHg이다.

A는 비전해질이므로 해리로 용질 입자 수가 늘어나지 않는다. 전체 물질량은 4.95 + 0.05 = 5.00 mol이며, **물의 몰분율은 전체 물질량 중 물이 차지하는 비율**이다. 따라서 $x = \frac{4.95}{4.95 + 0.05} = 0.99$이다.

물의 증기 압력은 $0.99 \times 20 = 19.8$ mmHg이다. 순수한 물의 증기 압력보다 낮아지며, 계산값은 ③의 19.8에 해당한다.

NoteBase

문 12. 사이클로헥세인(C_6H_{12})과 벤젠(C_6H_6)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 벤젠은 평면 구조이다.

② 벤젠에서 탄소의 혼성 오비탈은 sp^3이다.

③ 사이클로헥세인의 결합각은 120 °이다.

④ 사이클로헥세인은 불포화 탄화수소이다.

정답 1번

간단한 해설

벤젠의 각 탄소는 sp^2 혼성을 하여 세 결합이 한 평면에 약 120°로 배열된다. 이웃한 탄소의 p 오비탈이 나란히 겹쳐 π 결합을 이루므로 벤젠은 **평면 구조**를 갖는다.

선지별 해설

① O: 벤젠의 탄소 6개는 각각 sp^2 혼성 상태이며, 각 탄소 주위의 세 σ 결합은 평면 삼각형으로 배열된다. 혼성에 참여하지 않은 p 오비탈들이 고리 평면에 수직으로 나란히 겹쳐 π 전자가 고리 전체에 퍼진다. 따라서 탄소와 수소 원자는 모두 **같은 평면 위**에 놓인다.

② X: 벤젠에서 탄소의 혼성 오비탈은 sp^2이다. 각 탄소는 두 탄소 및 한 수소와 총 세 개의 σ 결합을 형성하고, 남은 p 오비탈은 π 결합에 참여한다. 네 개의 σ 결합을 형성하는 사이클로헥세인의 탄소가 sp^3 혼성 상태이다.

③ X: 사이클로헥세인의 탄소는 sp^3 혼성 상태이므로 안정한 의자형 구조에서 결합각은 **약 109.5°**이다. 여섯 탄소가 평면 정육각형을 이루면 결합각이 120°가 되어 각도 변형이 생기므로, 고리가 평면에서 굽어진 구조를 취한다. 약 120°의 결합각을 갖는 것은 벤젠이다.

④ X: 사이클로헥세인은 탄소 사이의 결합이 모두 단일 결합인 **포화 탄화수소**이다. 분자식이 C_6H_{12}인 것은 고리를 형성하여 같은 탄소 수의 사슬형 알케인보다 수소가 두 개 적기 때문이다. 이중 결합이나 삼중 결합을 갖는 불포화 탄화수소와 구별한다.

NoteBase

문 13. 강철 용기에서 A → B 반응은 반응물 A에 대해 2차 반응이고, 온도 T K에서 속도 상수는 0.05 L mol^{-1} s^{-1}이다. A의 초기 농도가 0.10 M일 때, 200초에서 A의 농도 [M]는? (단, 반응 온도는 T K으로 일정하다)

① $\frac{1}{10}$
② $\frac{1}{20}$
③ $\frac{1}{30}$
④ $\frac{1}{40}$

정답 2번

간단한 해설

A에 대한 2차 반응에서는 **농도의 역수**가 시간에 따라 일정하게 증가한다. 200초에서 농도의 역수가 20 M^{-1}이므로 A의 농도는 $\frac{1}{20}$ M이다.

계산 과정

반응 조건: 초기 농도는 $[A]_0 = 0.10$ M, 경과 시간은 200초이다. 온도가 일정하므로 속도 상수 k는 0.05 L mol^{-1} s^{-1}로 일정하다. A에 대한 **2차 반응**이므로 A의 소모 속도는 $-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$로 나타낸다.

적분 속도식: 위 속도식을 초기 상태부터 시간 t까지 적분하면 $\frac{1}{[A]_t} = \frac{1}{[A]_0} + kt$이다. 여기서 $[A]_t$는 시간 t에서의 A의 농도이다. 이 식은 농도 자체가 아니라 **농도의 역수가 kt만큼 증가**한다는 뜻이다.

200초에서의 농도 역수: $\frac{1}{[A]_{200}} = \frac{1}{0.10} + 0.05 \cdot 200 = 20$이다. 초기 농도의 역수 10 M^{-1}에 반응이 진행되는 동안의 증가량 10 M^{-1}을 더한 값이므로, 200초에서 농도의 역수는 20 M^{-1}이다.

농도 계산: 역수를 취하면 $[A]_{200} = \frac{1}{20}$ M = 0.050 M이다. 이는 초기 농도 0.10 M의 절반이며, 선택지 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 다음 중 계산 결과의 크기가 큰 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은? (단, N, O, K의 원자량은 각각 14, 16, 39이다)

(가) $Na_2CO_3(s)$ 2 mol이 물에서 완전히 해리되었을 때의 총 이온수
(나) $KNO_3(s)$ 101 g의 총 원자수
(다) $N_2(g)$ 2 mol과 $H_2(g)$ 3 mol이 완전히 반응한 후, 생성된 $NH_3(g)$의 총 분자수

① (가), (나), (다)
② (가), (다), (나)
③ (다), (가), (나)
④ (다), (나), (가)

정답 1번

간단한 해설

물질의 양이 같아도 **세는 입자의 종류**에 따라 총수가 달라진다. 특히 (다)는 **수소가 한계 반응물**이므로 암모니아가 2 mol만 생성된다.

올바른 순서

(가) → (나) → (다)

(가): 아보가드로 상수를 N_A라 하면 입자 1 mol에는 N_A개의 입자가 있다. 탄산 나트륨은 $Na_2CO_3 \rightarrow 2Na^+ + CO_3^{2-}$와 같이 완전히 해리된다. 화학식 단위 하나에서 **나트륨 이온 2개와 탄산 이온 1개**가 생기므로, 탄산 나트륨 2 mol에서 생기는 이온은 총 $2 \times 3 = 6$ mol이다. 따라서 총 이온 수는 $6N_A$개이다.

(나): 질산 칼륨의 몰 질량은 $39 + 14 + 16 \times 3 = 101$ g/mol이므로, 101 g의 물질의 양은 $\frac{101\text{g}}{101\text{g/mol}} = 1\text{mol}$이다. KNO_3의 화학식 단위 하나에는 K 원자 1개, N 원자 1개, O 원자 3개로 **총 5개의 원자**가 들어 있다. 따라서 원자는 총 5 mol이고 총 원자 수는 $5N_A$개로, (가)의 총 이온 수보다 작다.

(다): 반응식은 $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$이며, 반응하는 질소와 수소의 몰비는 1 : 3이다. 수소 3 mol은 질소 1 mol과 반응하므로, 주어진 질소 2 mol 중 1 mol만 반응하고 1 mol은 남는다. 따라서 **수소가 한계 반응물**이며, 수소 3 mol이 모두 반응하면 암모니아 2 mol이 생성된다. 구하는 것은 생성된 암모니아의 분자 수이므로 $2N_A$개이며, (나)의 총 원자 수보다 작다.

NoteBase

문 15. $3d_{xy}$ **오비탈에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?**

ㄱ. 각 운동량 양자수(l)는 2이다.
ㄴ. 4개의 로브(lobe)가 x 축과 y 축을 따라 배향한다.
ㄷ. 마디 면(nodal plane)의 수는 2이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

$3d_{xy}$ 오비탈의 네 로브는 xy 평면에서 **두 축 사이 방향**으로 뻗는다. xz 평면과 yz 평면은 전자를 발견할 확률이 0인 **두 마디 면**이다.

보기별 해설

ㄱ. O: 각 운동량 양자수 l은 부껍질의 종류를 구분하며, s·p·d·f에 각각 0·1·2·3이 대응한다. 따라서 d 오비탈은 **각 운동량 양자수가 2**이다. 앞의 숫자 3은 주양자수 n을 뜻한다.

ㄴ. X: $3d_{xy}$ 오비탈의 네 로브는 xy 평면에 놓이지만, x 축과 y 축을 따라 뻗지 않고 **두 축 사이 방향으로 배향**한다. 두 축을 따라 네 로브가 배향하는 것은 $d_{x^2-y^2}$ 오비탈이다.

ㄷ. O: 마디 면은 파동함수가 0이어서 전자를 발견할 확률도 0인 평면이다. $3d_{xy}$ 오비탈에서는 $x=0$인 yz 평면과 $y=0$인 xz 평면이 마디 면이므로, **마디 면의 수는 2**이다.

옳은 보기는 ㄱ과 ㄷ이며, 이 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 16. 다음은 이산화 질소(NO_2)로부터 오존(O_3)이 생성되는 반응 메커니즘이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

1단계: $NO_2(g) \rightarrow NO(g) + O(g)$
2단계: $O(g) + O_2(g) \rightarrow O_3(g)$

ㄱ. $O(g)$는 반응 중간체이다.
ㄴ. 1단계 반응에서 엔트로피(S)는 증가한다.
ㄷ. 전체 반응식은 $NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g) + O_3(g)$이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

1단계에서는 기체 1 mol이 기체 2 mol로 분해되어 **기체 입자 수가 증가한다**. 입자가 분포할 수 있는 미시상태가 많아지므로 엔트로피가 증가한다.

보기별 해설

ㄱ. O: 반응 중간체는 한 단계에서 생성된 뒤 다른 단계에서 소모되어 전체 반응식에는 나타나지 않는 물질이다. $O(g)$는 **1단계에서 생성되고 2단계에서 소모**되므로 반응 중간체이다.

ㄴ. O: 엔트로피는 계가 가질 수 있는 미시상태의 수와 관련되며, 가능한 미시상태가 많을수록 커진다. 1단계에서는 $NO_2(g)$ 1 mol이 분해되어 $NO(g)$ 1 mol과 $O(g)$ 1 mol을 만든다. 기체의 양이 **1 mol에서 2 mol로 증가**하여 입자가 분포할 수 있는 미시상태가 많아지므로 엔트로피가 증가한다.

ㄷ. O: 전체 반응식은 각 단계의 반응식을 더한 뒤 양변에 공통으로 나타나는 물질을 소거하여 구한다. 1단계 생성물과 2단계 반응물에 있는 $O(g)$를 **같은 양만큼 소거**하면 $NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g) + O_3(g)$가 된다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 이들을 모두 포함하는 조합인 ④에 해당한다.

NoteBase

문 17. 대기오염에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 산성비는 대리석으로 된 조각상을 부식시킨다.

② 질소 산화물은 태양광을 흡수하여 광화학 스모그를 일으킨다.

③ 산성비의 원인 물질인 이산화 황(SO_2)은 물에 잘 녹는다.

④ 자동차에 부착된 촉매 변환기는 질소 산화물을 산화시켜 배출한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '질소 산화물을 산화시켜'는 **'질소 산화물을 질소로 환원시켜'**로 고쳐야 한다. 자동차의 촉매 변환기는 질소 산화물을 환원하고, 일산화 탄소와 미연소 탄화수소를 산화하여 유해 배출물을 줄인다.

선지별 해설

① O: 대리석의 주성분인 탄산 칼슘은 **산과 반응하여 녹으면서** 이산화 탄소를 발생시킨다. 따라서 산성비에 노출되면 조각상의 표면이 손상된다.

② O: 질소 산화물 중 이산화 질소는 **태양광을 흡수하여 광분해**된다. 이때 생성된 산소 원자가 산소 분자와 결합하여 오존을 만들고, 휘발성 유기 화합물이 관여하는 광화학 반응을 통해 오존 등의 산화성 물질이 축적되면서 광화학 스모그가 발생한다.

③ O: 이산화 황(SO_2)은 **물에 잘 녹는 기체**이다. 대기 중 물방울에 녹아 산성을 나타내며, 산화되어 황산을 형성하므로 산성비의 원인 물질이 된다.

④ X: 자동차의 촉매 변환기는 질소 산화물을 **환원하여 질소로 전환**한다. 반면 일산화 탄소는 이산화 탄소로, 미연소 탄화수소는 이산화 탄소와 물로 산화한다. 선지는 질소 산화물의 처리 과정에서 산화와 환원을 바꾸어 설명했다.

NoteBase

문 18. 분자 오비탈 이론에 근거하여, 다음 화학종을 결합 차수가 큰 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

B_2, O_2^+, NO^+

① B_2, O_2^+, NO^+
② B_2, NO^+, O_2^+
③ O_2^+, B_2, NO^+
④ NO^+, O_2^+, B_2

정답 4번

간단한 해설

NO^+와 O_2^+는 결합성 원자가 전자가 각각 8개로 같지만, **반결합성 원자가 전자 수**가 각각 2개와 3개로 다르다. 결합 차수는 두 전자 수의 차를 2로 나눈 값이므로, 두 종의 결합 차수는 각각 3과 2.5이다.

올바른 순서

$NO^+ \rightarrow O_2^+ \rightarrow B_2$

결합성 오비탈의 전자는 결합을 강화하고, 반결합성 오비탈의 전자는 그 효과를 상쇄한다. 결합성 전자 수를 N_b, 반결합성 전자 수를 N_a라 하면 결합 차수는 $\frac{N_b - N_a}{2}$이다. 이들 화학종의 1s 전자는 결합성과 반결합성 오비탈에 같은 수로 채워져 서로 상쇄되므로, 원자가 전자만 세어도 된다.

NO^+: 원자가 전자 수는 5 + 6 − 1 = 10개이다. 2s에서 생긴 결합성·반결합성 오비탈에 각각 2개씩 들어가고, 나머지 6개는 2p에서 생긴 결합성 오비탈에 들어간다. **2p 반결합성 오비탈은 비어 있으므로** 결합성 전자는 8개, 반결합성 전자는 2개이다. 결합 차수는 $\frac{8-2}{2} = 3$으로 세 종 중 가장 크다.

O_2^+: 원자가 전자 수는 6 + 6 − 1 = 11개이다. 결합성 오비탈에 8개, 2s 반결합성 오비탈에 2개가 채워지고, 남은 전자 1개는 2p 반결합성 오비탈에 들어간다. 즉, NO^+보다 **반결합성 전자가 1개 더 많아** 결합 차수는 $\frac{8-3}{2} = 2.5$로 작아진다. 중성 O_2에서 2p 반결합성 전자 하나를 제거한 것으로 보아도 같은 결과를 얻는다.

B_2: 원자가 전자 수는 3 + 3 = 6개이다. 2s에서 생긴 결합성·반결합성 오비탈에 각각 2개씩 들어가므로 이 전자들의 결합 효과는 상쇄된다. 나머지 2개는 서로 다른 π_{2p} 결합성 오비탈에 하나씩 들어간다. 따라서 결합성 전자는 4개, 반결합성 전자는 2개이며, 결합 차수는 $\frac{4-2}{2} = 1$로 세 종 중 가장 작다.

NoteBase

문 19. 첨가 중합(addition polymerization)반응이 주된 합성법인 고분자는?

① 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)

② 나일론(nylon)

③ 폴리스타이렌(polystyrene)

④ 페놀 수지(phenol resin)

정답 3번

간단한 해설

폴리스타이렌은 스타이렌의 **탄소–탄소 이중 결합이 열리면서** 단위체들이 연속적으로 연결되어 만들어진다. 이때 물 같은 작은 분자가 빠져나오지 않으므로 첨가 중합에 해당한다.

개념 구분

첨가 중합은 단위체의 이중 결합 등이 열리면서 단위체들이 연결되는 반응으로, 중합 과정에서 물 같은 작은 분자가 떨어져 나오지 않는다. 폴리스타이렌은 스타이렌의 탄소–탄소 이중 결합이 단일 결합으로 바뀌며 긴 탄소 사슬을 형성한다. 이때 벤젠 고리는 사슬의 곁가지로 남으므로, 중합에 참여하는 부분은 **벤젠 고리가 아니라 곁사슬의 이중 결합**이다.

PET와 대표적인 나일론의 합성은 **작용기 사이의 축합 반응**으로 구분한다. PET는 테레프탈산과 에틸렌글리콜이 반응하여 에스터 결합을 형성하며 물을 내놓는다. 나일론 6,6은 다이카복실산과 다이아민이 반응하여 아마이드 결합을 형성하며 물을 내놓는다.

페놀 수지는 페놀과 폼알데하이드의 축합 반응으로 합성한다. 축합 과정에서 물이 빠져나오며 페놀 고리들이 연결되므로, 스타이렌의 이중 결합이 열려 사슬을 이루는 첨가 중합과 구별된다.

NoteBase

문 20. 볼타 전지(voltaic cell)와 전해 전지(electrolytic cell)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 볼타 전지에서는 자발적 산화－환원반응이 일어난다.

② 볼타 전지는 갈바니 전지의 일종이다.

③ 전해 전지에서 기전력은 양의 값을 갖는다.

④ 전해 전지에서 전자는 산화 전극에서 환원 전극으로 이동한다.

정답 3번

간단한 해설

전해 전지에서는 외부 전기 에너지를 공급하여 **비자발적 반응**을 진행시킨다. 따라서 진행시키려는 반응 자체의 기전력은 양수가 아니라 **음수**이다.

선지별 해설

① O: 볼타 전지는 **자발적 산화·환원 반응**에서 방출되는 화학 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치이다. 산화 전극에서 나온 전자가 외부 회로를 통해 환원 전극으로 이동하면서 전류가 흐른다.

② O: 갈바니 전지는 자발적 산화·환원 반응으로 전기를 생산하는 전지이며, 볼타 전지가 이에 해당한다. 일반화학에서 '볼타 전지'와 '갈바니 전지'는 **같은 유형의 전지를 가리키는 명칭**으로 사용된다.

③ X: 전해 전지에서 진행시키려는 반응은 비자발적이므로 **반응 자체의 기전력은 음수**이다. 전지 반응의 깁스 자유 에너지 변화와 전지 전위의 관계는 $\Delta G = -nFE$이다. 여기서 n은 반응에서 이동하는 전자의 몰수, F는 패러데이 상수이며 둘 다 양수이다. 비자발적 반응은 $\Delta G > 0$이므로 $E < 0$이다. 이 반응을 진행시키려면 외부 전원으로 전기 에너지를 공급해야 하며, 외부에서 가하는 전압을 반응 자체의 기전력과 혼동하면 안 된다.

④ O: 전해 전지에서도 산화는 전자를 내놓는 과정이고 환원은 전자를 받는 과정이다. 외부 전원은 산화 전극에서 전자를 받아들이고 환원 전극으로 전자를 공급하므로, 전자는 **외부 전원을 거쳐 산화 전극에서 환원 전극으로** 전달된다. 전자는 전해질 내부를 통과하는 것이 아니라 외부 회로를 통해 전달되며, 전해질 내부에서는 이온이 이동하여 전하를 운반한다.

NoteBase