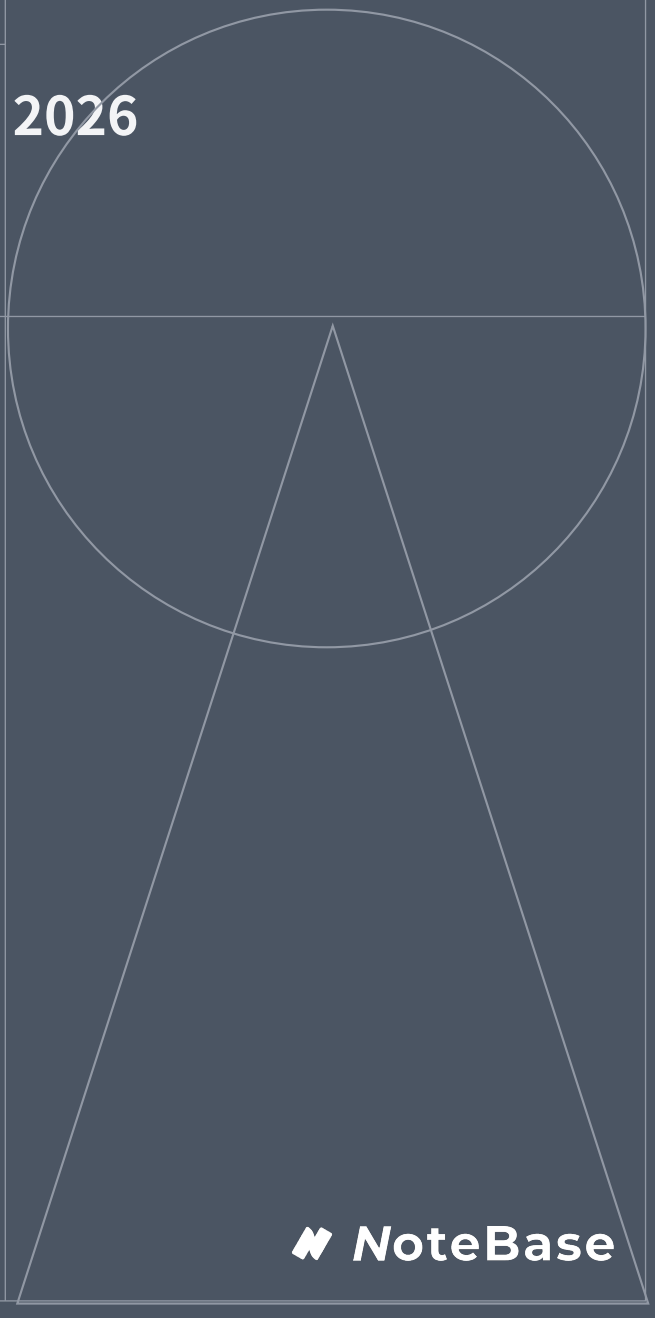
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2026

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2026

문 1. 폴링(Pauling)의 전기음성도와 결합의 극성에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 전기음성도가 작은 원자일수록 전자를 강하게 끌어당긴다.
ㄴ. H-F의 결합 에너지는 H-Br의 결합 에너지보다 크다.
ㄷ. HCl에서 H와 Cl의 결합은 무극성 공유결합이다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

H-F는 H-Br보다 결합 길이가 짧고 결합이 강하므로, 결합을 끊는 데 필요한 **결합 에너지가 더 크다**.

보기별 해설

ㄱ. X: 전기음성도는 공유결합을 이루는 원자가 공유 전자쌍을 끌어당기는 상대적인 능력이다. 전기음성도가 **큰 원자일수록** 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다.

ㄴ. O: 결합 에너지는 기체 상태에서 결합 1몰을 끊어 각각의 원자로 분리하는 데 필요한 에너지이다. F 원자는 Br 원자보다 작아 H-F의 결합 길이가 H-Br보다 짧고 결합이 더 강하다. 따라서 H-F의 결합을 끊는 데 **더 많은 에너지**가 필요하므로, H-F의 결합 에너지가 H-Br보다 크다.

ㄷ. X: HCl에서 Cl은 H보다 전기음성도가 커서 공유 전자쌍을 더 강하게 끌어당긴다. 이에 따라 Cl 쪽에는 부분적인 음전하가, H 쪽에는 부분적인 양전하가 생긴다. 따라서 H와 Cl의 결합은 무극성 공유결합이 아니라 **극성 공유결합**이다.

옳은 보기는 ㄴ만이므로, 이에 해당하는 선택지는 ②이다.

NoteBase

문 2. 0.3 mol의 $O_2(g)$와 0.7 mol의 $N_2(g)$만으로 구성된 혼합기체의 전체 압력이 2.0 atm일 때, $O_2(g)$의 부분 압력[atm]은? (단, 모든 기체는 이상기체이고 반응하지 않는다)

① 0.6

② 1.0

③ 1.4

④ 2.0

정답 1번

간단한 해설

서로 반응하지 않는 이상기체 혼합물에서 부분 압력은 **전체 압력에 해당 기체의 몰분율을 곱한 값**이다. 산소의 몰분율이 0.3이므로 산소의 부분 압력은 0.6 atm이다.

계산 과정

부분 압력은 혼합물 속 한 성분 기체가 같은 온도에서 용기 전체를 홀로 채울 때 나타내는 압력이다. 서로 반응하지 않는 이상기체는 돌턴의 부분 압력 법칙을 따르므로, 성분 기체의 부분 압력은 $p_i = x_i P$이다. 여기서 x_i는 해당 기체의 몰분율, P는 혼합기체의 전체 압력이다. 같은 온도와 부피에서 이상기체의 압력은 **몰수에 비례**하기 때문이다.

전체 몰수: 산소와 질소만 있으므로 전체 몰수는 0.3 + 0.7 = 1.0 mol이다. 반응이 일어나지 않으므로 주어진 각 기체의 몰수를 그대로 합한다.

산소의 몰분율: 몰분율은 **전체 몰수 중 해당 기체가 차지하는 비율**이다. 따라서 $x_{O_2} = \frac{0.3}{1.0} = 0.3$이며, 산소가 전체 몰수의 30%를 차지한다는 뜻이다.

산소의 부분 압력: 전체 압력이 2.0 atm이므로 $p_{O_2} = 0.3 \cdot 2.0 = 0.6\text{atm}$이다. 이는 선택지 ①의 0.6 atm에 해당한다.

NoteBase

문 3. 다음 중 이온 반지름이 가장 작은 것은?

① F^-

② O^{2-}

③ Na^+

④ Al^{3+}

정답 4번

간단한 해설

네 이온은 모두 전자가 10개이므로 **양성자 수가 많을수록 이온 반지름이 작다**. Al^{3+}는 양성자가 13개로 가장 많아 전자를 가장 강하게 끌어당긴다.

선지별 해설

네 이온은 모두 전자가 10개인 등전자 이온으로, 전자 껍질의 배열이 같다. 이처럼 전자 수와 전자 배치가 같으면 **양성자 수가 많을수록** 원자핵이 전자를 더 강하게 끌어당겨 이온 반지름이 작아진다.

① F^-: 원자번호가 9이므로 양성자는 9개이다. 중성 F 원자가 전자 1개를 얻어 전자가 10개가 된다. 양성자가 8개인 O^{2-}보다 반지름이 작지만, 양성자가 11개인 Na^+보다는 크다.

② O^{2-}: 원자번호가 8이므로 양성자는 8개이다. 중성 O 원자가 전자 2개를 얻어 전자가 10개가 된다. 네 이온 중 **양성자 수가 가장 적어** 전자를 끌어당기는 힘이 가장 약하므로 이온 반지름이 가장 크다.

③ Na^+: 원자번호가 11이므로 양성자는 11개이다. 중성 Na 원자가 전자 1개를 잃어 전자가 10개가 된다. O^{2-}와 F^-보다 양성자가 많아 반지름이 작지만, 양성자가 13개인 Al^{3+}보다는 크다.

④ Al^{3+}: 원자번호가 13이므로 양성자는 13개이다. 중성 Al 원자가 전자 3개를 잃어 전자가 10개가 된다. 네 이온 중 **양성자 수가 가장 많아** 전자를 가장 강하게 끌어당기므로 이온 반지름이 가장 작다.

이온 반지름은 $O^{2-} > F^- > Na^+ > Al^{3+}$ 순이므로, 가장 작은 것은 ④의 Al^{3+}이다.

NoteBase

문 4. 2 mol의 C_2H_4와 3 mol의 O_2를 반응물로 이용하여, CO_2와 H_2O가 생성되는 완전 연소 반응을 진행한다. 한계반응물이 모두 반응할 때, 생성되는 CO_2의 양[mol]은?

① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 3번

간단한 해설

완전 연소에서 O_2와 CO_2의 몰비는 3 : 2이다. **산소가 한계반응물**이므로 산소 3 mol이 모두 반응하면 이산화 탄소 2 mol이 생성된다.

계산 과정

반응식 세우기: 완전 연소에서 탄소는 이산화 탄소로, 수소는 물로 바뀐다. 각 원자의 수를 맞추면 $C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$이다. 반응식의 **계수비는 반응하거나 생성되는 물질의 몰비**를 뜻하므로, 에틸렌 1 mol에 산소 3 mol이 필요하고 이산화 탄소 2 mol이 생성된다.

한계반응물 확인: 에틸렌 2 mol이 모두 반응하려면 산소가 $2 \times 3 = 6$ mol 필요하다. 주어진 산소는 3 mol뿐이므로 **산소가 먼저 소모되어 반응량을 제한**한다. 산소 3 mol과 반응하는 에틸렌은 1 mol이며, 나머지 에틸렌 1 mol은 반응하지 않고 남는다.

이산화 탄소 생성량: 반응식에서 산소 3 mol당 이산화 탄소 2 mol이 생성되므로, 생성량은 $3\text{mol} \times \frac{2}{3} = 2\text{mol}$이다. 따라서 생성되는 이산화 탄소의 양은 2 mol이며, ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 5. 용액의 총괄성에 해당하지 않는 것은?

① 삼투압

② 용해도

③ 증기압 내림

④ 끓는점 오름

정답 2번

간단한 해설

용해도는 **용질과 용매의 종류 및 상호작용**에 따라 달라진다. 용질 입자의 수에 의해 결정되는 총괄성에 해당하지 않는다.

선지별 해설

① O: 삼투압은 반투막을 사이에 둔 용매가 용질 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 이동하는 삼투를 막는 데 필요한 압력이다. 묽은 이상 용액에서는 같은 온도에서 **용질 입자의 몰농도**에 비례하므로 총괄성에 해당한다.

② X: 용해도는 일정한 온도에서 일정량의 용매에 최대로 녹을 수 있는 용질의 양이다. **용질과 용매 사이의 상호작용** 등 물질의 종류에 따라 달라지므로 총괄성에 해당하지 않는다. 총괄성은 같은 용매를 기준으로 묽은 이상 용액에서 용질의 화학적 종류가 아니라 용질 입자의 수에 의해 결정되는 성질이다.

③ O: 비휘발성 용질을 녹이면 같은 온도에서 순수한 용매보다 용매의 증기압이 낮아진다. 이상 용액에서 이 증기압 내림은 **용질 입자의 몰분율**에 비례하므로 총괄성에 해당한다.

④ O: 비휘발성 용질을 녹이면 용매의 증기압이 낮아져, 같은 외부 압력에서 끓으려면 순수한 용매보다 더 높은 온도가 필요하다. 묽은 이상 용액에서 끓는점 오름은 **용질 입자의 몰랄농도**에 비례하므로 총괄성에 해당한다.

NoteBase

문 6. 150 K, 1 atm에서 이상기체 A의 부피가 10 L일 때, 300 K, 2 atm에서 A의 부피[L]는?

① 5

② 10

③ 20

④ 40

정답 2번

간단한 해설

같은 양의 이상기체는 부피가 **절대온도에 비례하고 압력에 반비례**한다. 온도와 압력이 모두 2배가 되므로 두 효과가 상쇄되어 부피는 10 L로 유지된다.

계산 과정

같은 양의 이상기체 A가 상태를 바꾸므로 기체의 몰수는 일정하다. 압력을 P, 부피를 V, 절대온도를 T라 하면, 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$에서 n과 R이 일정하므로 $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$가 성립한다. 아래첨자 1과 2는 각각 처음과 나중 상태를 나타낸다.

처음 상태는 $P_1 = 1$ atm, $V_1 = 10$ L, $T_1 = 150$ K이고, 나중 상태는 $P_2 = 2$ atm, $T_2 = 300$ K이다. 온도가 이미 **절대온도 K**로 주어졌으므로 온도 단위를 변환할 필요가 없다.

나중 부피에 대해 정리하면 $V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2}$이다. 값을 대입하면 $V_2 = 10 \cdot \frac{300}{150} \cdot \frac{1}{2} = 10$ L이다. 온도비는 부피를 2배로 늘리는 효과를, 압력의 역비는 부피를 절반으로 줄이는 효과를 나타내므로 최종 부피는 처음과 같다.

따라서 나중 부피는 10 L이며, ②의 10에 해당한다.

NoteBase

문 7. 평면 구조를 갖는 분자는?

① 에틸렌(C_2H_4)

② 에테인(C_2H_6)

③ 암모니아(NH_3)

④ 사이클로헥세인(C_6H_{12})

정답 1번

간단한 해설

에틸렌의 두 탄소는 각각 세 방향으로 결합하는 평면 삼각형 구조를 이루며, 이중 결합의 π 결합이 유지되도록 **모든 원자가 같은 평면에 놓인다**.

선지별 해설

평면 분자는 분자를 구성하는 모든 원자가 하나의 평면에 놓이는 분자이다. 중심 원자 주위의 결합 방향과 비공유 전자쌍의 유무를 함께 살핀다.

① O: 에틸렌(C_2H_4)의 각 탄소는 sp^2 혼성화되어 주변의 탄소 1개와 수소 2개를 약 120°의 결합각으로 연결한다. 두 탄소에 남은 p 오비탈이 서로 평행하게 겹쳐 π 결합을 형성하므로, **탄소 2개와 수소 4개가 모두 같은 평면**에 놓인다.

② X: 에테인(C_2H_6)의 각 탄소는 sp^3 혼성화되어 다른 탄소 1개와 수소 3개에 정사면체 방향으로 결합한다. 각 탄소 주위의 결합각은 약 109.5°이며, **분자 전체의 원자가 한 평면에 놓이지 않는다**.

③ X: 암모니아(NH_3)의 질소 주위에는 결합 전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있다. 전자쌍은 정사면체 방향으로 배치되지만, 원자의 위치로 판단한 분자 구조는 **삼각뿔형**이다. 수소 3개가 이루는 평면에서 질소가 벗어나 있으므로 평면 분자가 아니다.

④ X: 사이클로헥세인(C_6H_{12})의 탄소는 sp^3 혼성화되어 정사면체에 가까운 결합각을 선호한다. 고리가 평면이면 결합각의 변형과 결합 사이의 비틀림에 따른 불안정성이 커지므로, 안정한 형태는 고리가 굽은 **의자형 구조**이다. 따라서 고리의 탄소 6개도 모두 같은 평면에 놓이지 않는다.

NoteBase

문 8. 극성 분자가 아닌 것은?

① H_2O

② H_2S

③ CO_2

④ NH_3

정답 3번

간단한 해설

CO_2는 **대칭인 직선형** 분자여서 두 C=O 결합의 쌍극자가 서로 상쇄된다. 따라서 극성 결합을 포함하지만 분자 전체는 **무극성**이다.

선지별 해설

분자의 극성은 각 결합의 전하 치우침을 나타내는 결합 쌍극자를 방향까지 고려하여 합한 결과로 판단한다. 그 합인 분자 전체의 쌍극자 모멘트가 0이 아니면 극성 분자이고, 0이면 무극성 분자이다. 아래 O/X는 각 물질이 극성 분자인지를 나타낸다.

① O: H_2O는 산소 원자에 비공유 전자쌍 2개가 있어 **굽은형** 구조를 이룬다. 산소가 수소보다 전기음성도가 커서 각 O–H 결합의 전자 분포가 산소 쪽으로 치우친다. 두 결합 쌍극자가 일직선에서 반대 방향을 향하지 않아 상쇄되지 않으므로 극성 분자이다.

② O: H_2S도 황 원자에 비공유 전자쌍 2개가 있는 굽은형 분자이다. 황이 수소보다 전기음성도가 커서 H–S 결합에 극성이 생기며, 굽은 구조 때문에 두 결합 쌍극자가 **완전히 상쇄되지 않는다**. 따라서 극성 분자이다.

③ X: CO_2는 O=C=O의 직선형 구조이며, 두 C=O 결합이 이루는 각은 180°이다. 각각의 결합은 산소 쪽으로 전자가 치우친 극성 결합이지만, 두 결합 쌍극자의 **크기가 같고 방향이 반대**여서 합이 0이다. 따라서 극성 분자가 아니라 무극성 분자이다.

④ O: NH_3는 질소 원자에 비공유 전자쌍 1개가 있어 **삼각뿔형** 구조를 이룬다. 질소가 수소보다 전기음성도가 커서 세 N–H 결합의 전자 분포가 질소 쪽으로 치우친다. 세 결합이 평면에 놓이지 않고 삼각뿔을 이루므로 결합 쌍극자의 합이 0이 되지 않아 극성 분자이다.

NoteBase

문 9. 산과 염기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 순수한 물의 $[H_3O^+]$와 $[OH^-]$는 같다.

② pOH의 정의는 $\log[H_3O^+]$이다.

③ 물은 브뢴스테드-로우리 산으로 작용할 수 있다.

④ 물은 브뢴스테드-로우리 염기로 작용할 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

pOH는 **수산화 이온 농도의 상용로그에 음의 부호를 붙인 값**으로, $pOH = -\log[OH^-]$이다. ②는 대상 이온과 로그 앞의 부호를 잘못 제시했다.

선지별 해설

① O: 순수한 물에서는 물 분자 사이에 양성자가 이동하는 자동 이온화가 일어난다. 반응식은 $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$이다. 다른 용질이 없는 순수한 물에서는 두 이온이 **1 : 1로 생성**되므로 $[H_3O^+] = [OH^-]$이다.

② X: pOH는 **수산화 이온 농도의 음의 상용로그**로 정의되므로 $pOH = -\log[OH^-]$로 고쳐야 한다. 여기서 log의 밑은 10이다. 하이드로늄 이온 농도를 사용하는 것은 $pH = -\log[H_3O^+]$이며, 이때도 로그 앞에 음의 부호가 붙는다.

③ O: 브뢴스테드-로우리 산은 **양성자를 주는 물질**이다. 예를 들어 $H_2O + NH_3 \rightleftharpoons OH^- + NH_4^+$에서 물은 암모니아에 양성자를 주고 수산화 이온이 되므로 산으로 작용한다.

④ O: 브뢴스테드-로우리 염기는 **양성자를 받는 물질**이다. 예를 들어 $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$에서 물은 염화수소로부터 양성자를 받아 하이드로늄 이온이 되므로 염기로 작용한다. 이처럼 물은 반응 상대에 따라 산과 염기로 모두 작용할 수 있다.

NoteBase

문 10. 다음 측정값 중 유효 숫자가 3개인 것은?

① 0.003

② 1.352

③ 0.4405

④ 0.00800

정답 4번

간단한 해설

0.00800에서 8 앞의 0은 자릿수를 나타내므로 세지 않지만, **소수에서 0이 아닌 숫자 뒤에 붙은 끝자리 0**은 유효 숫자에 포함한다. 따라서 8과 그 뒤의 0 두 개를 합쳐 유효 숫자는 3개이다.

선지별 해설

유효 숫자는 측정값에서 의미 있게 기록한 숫자이다. 0이 아닌 숫자는 모두 세며, 0은 숫자 안에서의 위치에 따라 포함 여부가 달라진다.

① X: 0.003에서 3 앞에 있는 0은 모두 **소수점의 위치를 나타내는 0**이므로 유효 숫자에 포함하지 않는다. 유효 숫자는 3 하나뿐이므로 3개가 아니라 1개이다.

② X: 1.352는 0이 아닌 숫자 1, 3, 5, 2가 모두 유효 숫자이다. 따라서 유효 숫자는 3개가 아니라 4개이다.

③ X: 0.4405에서 맨 앞의 0은 세지 않지만, **0이 아닌 숫자 사이에 있는 0**은 유효 숫자이다. 따라서 4, 4, 0, 5를 세어 유효 숫자는 3개가 아니라 4개이다.

④ O: 0.00800에서 8 앞의 0은 유효 숫자가 아니다. 반면 **소수에서 0이 아닌 숫자 뒤의 끝자리 0**은 측정값을 어느 자리까지 기록했는지 나타내므로 유효 숫자에 포함한다. 따라서 8, 0, 0을 세어 유효 숫자는 3개이다.

NoteBase

문 11. 다음 균형 반응식에서 반응 계수의 합 $a+b+c$는?

$C_5H_{12}(g) + aH_2O(g) \rightarrow bH_2(g) + cCO(g)$

① 15

② 17

③ 19

④ 21

정답 4번

간단한 해설

반응 전후 **각 원소의 원자 수가 보존**되도록 맞추면 $a=5$, $b=11$, $c=5$이다. 따라서 세 계수의 합은 21이다.

계산 과정

균형 반응식에서는 반응 전후 각 원소의 원자 수가 같아야 한다. 주어진 C_5H_{12}의 계수는 1로 고정되어 있으므로, 이를 기준으로 나머지 계수 a, b, c를 구한다. 반응 계수에는 단위가 없다.

탄소 원자 수: C_5H_{12} 1분자에는 탄소 원자가 5개이고, CO 1분자에는 탄소 원자가 1개이다. 따라서 탄소 원자 수를 맞추면 $c=5$이다.

산소 원자 수: 산소는 반응물의 H_2O와 생성물의 CO에 각각 1개씩 들어 있다. 따라서 $a=c=5$이다.

수소 원자 수: 반응물의 수소는 **펜테인과 물 양쪽에서** 공급된다. C_5H_{12}에서 12개, 물 5분자에서 10개가 공급되어 총 22개이다. 생성물 H_2 1분자에 수소 원자가 2개이므로 $12+2a=2b$이고, $b=\frac{12+2\cdot5}{2}=11$이다.

계수의 합은 $a+b+c=5+11+5=21$로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 중심 원자가 sp^2 혼성궤도함수를 갖는 화합물은?

① BF_3

② NH_3

③ NH_4^+

④ $BeCl_2$

정답 1번

간단한 해설

BF_3의 중심 B 원자는 결합 전자쌍이 3개이고 비공유 전자쌍이 없어 **전자 영역이 3개**이다. 따라서 sp^2 혼성궤도함수로 결합하며 평면 삼각형 구조를 이룬다.

선지별 해설

중심 원자의 σ 결합 수와 비공유 전자쌍 수를 더하여 전자 영역 수를 구한다. 전자 영역이 2개이면 sp, 3개이면 sp^2, 4개이면 sp^3 혼성으로 설명한다.

① O: BF_3에서 B는 F 원자 3개와 각각 σ 결합을 형성하고 비공유 전자쌍은 없다. **전자 영역이 3개**이므로 s 궤도함수 1개와 p 궤도함수 2개가 혼성하여 sp^2 혼성궤도함수 3개를 만든다. 이들은 같은 평면에서 120° 간격으로 배치되어 평면 삼각형 구조를 이룬다.

② X: NH_3에서 N은 N–H σ 결합 3개와 **비공유 전자쌍 1개**를 가져 전자 영역이 총 4개이다. 따라서 sp^2가 아니라 sp^3 혼성이다. 전자 영역의 배치는 정사면체형이지만, 원자의 위치로 나타낸 분자 구조는 삼각뿔형이다.

③ X: NH_4^+에서 N은 N–H σ 결합 4개를 형성하며 비공유 전자쌍은 없다. 전자 영역이 4개이므로 sp^3 **혼성**이고, 이온의 구조는 정사면체형이다.

④ X: 분자 상태의 $BeCl_2$에서 Be는 Be–Cl σ 결합 2개를 형성하고 비공유 전자쌍은 없다. 전자 영역이 2개이므로 s 궤도함수 1개와 p 궤도함수 1개가 혼성한 sp **혼성**이다. 두 결합은 180°를 이루며 직선형으로 배치된다.

NoteBase

문 13. 주어진 엔탈피 변화(ΔH°)를 고려할 때, $3C(s) + 4H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g)$의 ΔH°[kJ]는? (단, 온도는 25 °C이다)

$$
\begin{array}{ll}
\mathrm{C_3H_8}(g) + 5\mathrm{O_2}(g) \rightarrow 3\mathrm{CO_2}(g) + 4\mathrm{H_2O}(g) & \Delta H^\circ = -2{,}000\ \mathrm{kJ} \\
\mathrm{C}(s) + \mathrm{O_2}(g) \rightarrow \mathrm{CO_2}(g) & \Delta H^\circ = -400\ \mathrm{kJ} \\
2\mathrm{H_2}(g) + \mathrm{O_2}(g) \rightarrow 2\mathrm{H_2O}(g) & \Delta H^\circ = -500\ \mathrm{kJ} \\
\mathrm{H_2O}(l) \rightarrow \mathrm{H_2O}(g) & \Delta H^\circ = 40\ \mathrm{kJ}
\end{array}
$$

① −40

② −200

③ −360

④ −2860

정답 2번

간단한 해설

헤스의 법칙에 따라 탄소의 연소 반응을 3배, 수소의 연소 반응을 2배 한 뒤 프로페인의 연소 반응을 거꾸로 더한다. 중간 물질이 소거되므로 구하는 엔탈피 변화는 −1200 − 1000 + 2000 = **−200 kJ**이다.

NoteBase

계산 과정

엔탈피는 상태함수이므로 처음과 끝의 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 엔탈피 변화가 같다. 이를 이용하는 **헤스의 법칙**에 따라, 25 °C에서 주어진 반응식들을 조합하여 프로페인 생성 반응을 만든다. 반응식을 일정 배수로 늘리면 엔탈피 변화도 같은 배수가 되고, 반응 방향을 뒤집으면 부호가 바뀐다.

탄소의 연소: 탄소 3 mol이 필요하므로 두 번째 반응식을 3배 한다. $3C(s) + 3O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g)$이며, 엔탈피 변화는 $3 \times (-400) = -1200$ kJ이다.

수소의 연소: 수소 4 mol이 필요하므로 세 번째 반응식을 2배 한다. $4H_2(g) + 2O_2(g) \rightarrow 4H_2O(g)$이며, 엔탈피 변화는 $2 \times (-500) = -1000$ kJ이다. 두 연소 반응을 합하면 탄소 3 mol과 수소 4 mol이 산소 5 mol과 반응하여 이산화 탄소 3 mol과 수증기 4 mol을 만드는 과정이 된다.

프로페인 연소의 역반응: 프로페인을 생성물 쪽에 놓기 위해 첫 번째 반응을 거꾸로 한다. 이산화 탄소 3 mol과 수증기 4 mol로부터 프로페인 1 mol과 산소 5 mol이 생기며, **엔탈피 변화의 부호가 반대**가 되어 +2000 kJ이다.

반응식과 엔탈피의 합: 위 세 반응을 더하면 양쪽의 $3CO_2(g)$, $4H_2O(g)$, $5O_2(g)$가 소거되어 $3C(s) + 4H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g)$만 남는다. 따라서 $\Delta H^\circ = -1200 - 1000 + 2000 = -200$ kJ이며, ②의 값과 일치한다.

물의 상태 확인: 연소 반응에 나오는 물이 모두 **기체 상태**이므로 그대로 소거된다. 따라서 $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$의 엔탈피 변화 40 kJ는 이 계산에 사용하지 않는다.

NoteBase

문 14. 공명 구조(resonance structure)를 갖지 않는 화합물은?

① 벤젠(C_6H_6)

② 메탄올(CH_3OH)

③ 탄산 이온(CO_3^{2-})

④ 아세트산 이온(CH_3COO^-)

정답 2번

간단한 해설

메탄올은 탄소가 수소 및 산소와 단일 결합만 이루어, 산소의 비공유 전자쌍이 인접한 π 결합과 함께 **비편재화될 구조가 없다**. 따라서 원자 배열을 그대로 둔 채 전자 배치만 달리하는 공명 구조로 나타내지 않는다.

선지별 해설

공명 구조는 원자의 배열과 연결 관계는 그대로 두고 π 전자나 비공유 전자쌍의 배치만 달리하여 그린 루이스 구조들이다. 실제 분자나 이온은 이 구조들 사이를 오가는 것이 아니라, 전자가 여러 원자에 걸쳐 퍼져 있는 공명 혼성체로 존재한다.

① 공명 있음: 벤젠(C_6H_6)은 고리에서 단일 결합과 이중 결합의 위치를 바꾸어 그린 두 개의 대표적인 공명 구조를 가진다. 여섯 탄소의 p 오비탈이 연속적으로 겹쳐 **π 전자가 고리 전체에 비편재화**되므로, 실제 탄소 사이의 결합 길이는 모두 같다. 따라서 공명 구조를 갖지 않는 물질에 해당하지 않는다.

② 공명 없음: 메탄올(CH_3OH)의 탄소는 수소 세 개 및 산소와 네 개의 단일 결합을 이루며, 산소도 탄소 및 수소와 단일 결합을 이룬다. 산소에 비공유 전자쌍이 있어도 이를 받아 비편재화시킬 **인접한 π 결합이나 빈 p 오비탈이 없다**. 따라서 공명 구조를 갖지 않는다.

③ 공명 있음: 탄산 이온(CO_3^{2-})은 탄소와 이중 결합을 이루는 산소의 위치가 서로 다른 **세 개의 동등한 공명 구조**를 가진다. 각 구조에서는 나머지 두 산소가 단일 결합을 이루고 각각 음의 형식 전하를 갖는다. 실제로는 π 전자와 음전하가 세 산소에 걸쳐 비편재화되어 세 탄소–산소 결합이 동등하므로, 공명 구조를 가진다.

④ 공명 있음: 아세트산 이온(CH_3COO^-)은 카복실산 이온 부분에서 탄소–산소 이중 결합과 음전하의 위치를 바꾸어 그린 두 개의 동등한 공명 구조를 가진다. π 전자와 음전하가 **두 산소에 걸쳐 비편재화**되어 두 탄소–산소 결합이 동등하므로, 공명 구조를 갖지 않는 물질에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 15. 묽게 희석된 HCl(aq)과 NaOH(aq)가 반응하여 H_2O와 NaCl이 생성되는 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 중화 반응이다.
ㄴ. 침전 반응이다.
ㄷ. 산화-환원 반응이다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

HCl의 수소 이온과 NaOH의 수산화 이온이 결합하여 **물을 만드는 중화 반응**이다. 생성된 NaCl은 묽은 수용액에서 이온으로 존재한다.

보기별 해설

ㄱ. O: 중화 반응은 산과 염기가 반응하는 것으로, 이 반응에서는 HCl이 제공한 수소 이온과 NaOH가 제공한 수산화 이온이 결합하여 물을 만든다. 알짜 이온 반응식은 $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$이며, **물의 생성**이 반응의 핵심이다.

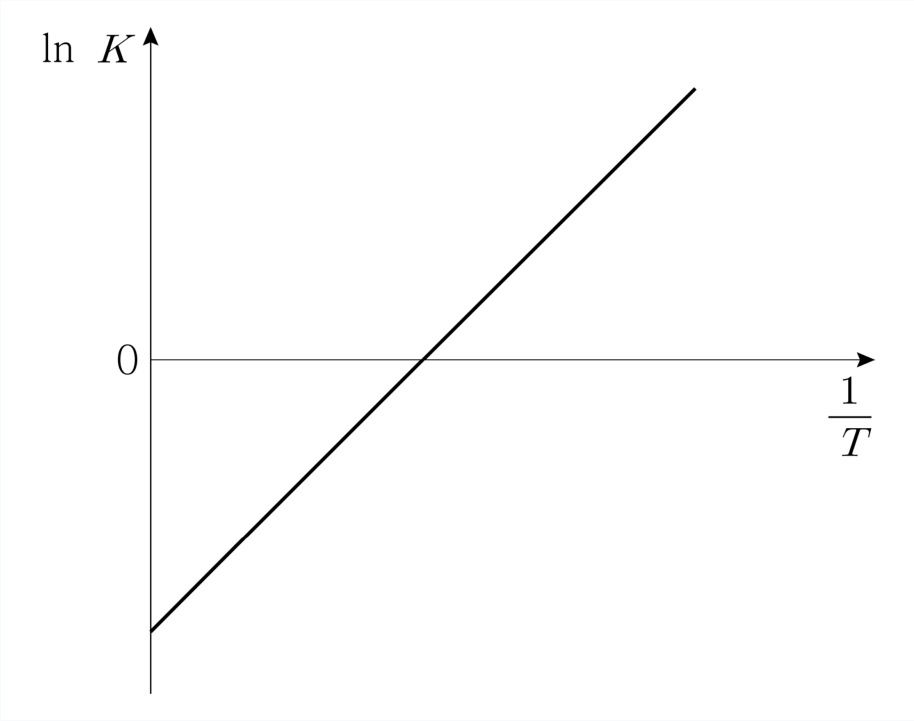
ㄴ. X: 침전 반응은 수용액 속 이온들이 결합하여 물에 잘 녹지 않는 고체를 만드는 반응이다. NaCl은 물에 잘 녹으므로, 주어진 묽은 수용액에서는 **Na^+와 Cl^-로 존재하며 침전을 만들지 않는다**. 따라서 이 반응은 침전 반응이 아니라 중화 반응이다.

ㄷ. X: 산화·환원 반응에서는 전자의 이동에 따라 원소의 산화수가 변한다. 이 반응에서는 반응 전후에 H는 +1, O는 −2, Na는 +1, Cl은 −1로 **모든 원소의 산화수가 변하지 않는다**. 따라서 산화·환원 반응이 아니라 산·염기 중화 반응이다.

옳은 보기는 ㄱ만이므로, ㄱ만 제시한 ①에 해당한다.

NoteBase

문 16. 다음 평형 상수(K)의 온도(T) 의존성을 고려할 때, 정반응의 표준 반응 엔탈피(ΔH°)와 표준 반응 엔트로피(ΔS°)의 부호가 옳은 것은?



① $\Delta H^\circ < 0, \Delta S^\circ < 0$

② $\Delta H^\circ < 0, \Delta S^\circ > 0$

③ $\Delta H^\circ > 0, \Delta S^\circ < 0$

④ $\Delta H^\circ > 0, \Delta S^\circ > 0$

정답 1번

간단한 해설

$\ln K$ 대 $1/T$ 그래프의 **양의 기울기**는 $\Delta H^\circ < 0$, **음의 세로축 절편**은 $\Delta S^\circ < 0$을 뜻한다.

NoteBase

공통 해설

평형 상수와 표준 반응 깁스 에너지의 관계는 $\Delta G^\circ = -RT\ln K$이고, $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$이다. 두 관계를 연결하면 $\ln K = -\frac{\Delta H^\circ}{R}\frac{1}{T} + \frac{\Delta S^\circ}{R}$이다. 여기서 R은 양수인 기체 상수이고 T는 절대 온도이다. 그림처럼 직선으로 나타내는 온도 범위에서는 표준 반응 엔탈피와 엔트로피를 일정하게 취급한다.

가로축이 T가 아니라 $1/T$이므로, 직선의 기울기는 $-\Delta H^\circ/R$이다. 그림의 직선은 오른쪽으로 갈수록 높아져 기울기가 양수이므로 $\Delta H^\circ < 0$이다. 즉, 정반응은 발열 반응이다.

세로축 절편은 $\Delta S^\circ/R$이다. 직선이 세로축과 만나는 점이 0보다 아래에 있으므로 $\Delta S^\circ < 0$이다. 따라서 정반응의 표준 반응 엔탈피와 표준 반응 엔트로피는 모두 음수이다.

NoteBase

문 17. (가), (나)에 들어갈 입자를 바르게 연결한 것은?

$^{59}_{26}\mathrm{Fe} \rightarrow {}^{59}_{27}\mathrm{Co} + (\text{가})$
$^{59}_{27}\mathrm{Co} + (\text{나}) \rightarrow {}^{60}_{27}\mathrm{Co}$

① (가): 전자, (나): 중성자

② (가): 전자, (나): 양성자

③ (가): 양전자, (나): 중성자

④ (가): 양전자, (나): 양성자

정답 1번

간단한 해설

첫 반응은 질량수가 그대로이고 원자번호가 1 증가하므로 **전자를 방출하는 베타 마이너스 붕괴**이다. 둘째 반응은 원자번호가 그대로이고 질량수만 1 증가하므로 **중성자를 흡수**하는 반응이다.

빈칸별 해설

핵반응식에서는 양변의 질량수 합과 원자번호 합이 각각 같아야 한다. 핵종 기호의 왼쪽 위 숫자는 질량수, 왼쪽 아래 숫자는 원자번호이다. 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이고 원자번호는 양성자 수이다.

(가) 전자: 첫 반응에서 질량수는 59로 같고 원자번호는 26에서 27로 증가한다. 양변의 합을 맞추려면 방출 입자의 질량수는 $59 - 59 = 0$, 원자번호는 $26 - 27 = -1$이어야 하므로 전자 $^{0}_{-1}\mathrm{e}$가 들어간다. 이는 핵 안의 **중성자가 양성자로 바뀌면서 전자를 방출**하는 베타 마이너스 붕괴이다. 양전자는 $^{0}_{+1}\mathrm{e}$로 나타내므로 이 반응의 원자번호 합을 맞출 수 없다.

(나) 중성자: 둘째 반응에서 흡수되는 입자의 질량수는 $60 - 59 = 1$, 원자번호는 $27 - 27 = 0$이어야 한다. 따라서 $^{1}_{0}\mathrm{n}$으로 나타내는 중성자가 들어간다. **중성자가 하나 늘어나면 질량수는 1 증가하지만 원자번호는 변하지 않는다.** 양성자 $^{1}_{1}\mathrm{p}$를 흡수한다면 원자번호도 1 증가해야 하므로 주어진 반응과 맞지 않는다.

따라서 (가)는 전자, (나)는 중성자이며, 이 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 18. 475 °C, 1 atm에서 $KClO_3$ 0.4 g이 KCl과 O_2만으로 완전히 열분해될 때, 생성되는 O_2의 부피[mL]는? (단, 475 °C, 1 atm에서 O_2 1 mol의 부피는 61.3 L, $KClO_3$의 분자량은 122.6, 온도와 압력은 일정하다)

① 100

② 200

③ 300

④ 400

정답 3번

간단한 해설

$KClO_3$와 O_2의 반응 몰비는 **2 : 3**이다. $KClO_3$ 0.4 g에서 생성되는 O_2의 몰수에 주어진 몰 부피 61.3 L/mol을 곱하면 부피는 300 mL이다.

계산 과정

1. 반응식과 몰비: $KClO_3$가 KCl과 O_2만으로 완전히 분해되므로, 원자 수를 맞춘 반응식은 $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$이다. 반응식의 계수는 **물질량의 비**를 나타내므로 $KClO_3$ 2 mol이 분해될 때 O_2 3 mol이 생성된다.

2. $KClO_3$의 물질량: 주어진 분자량 122.6에 대응하는 몰 질량은 122.6 g/mol이다. 물질량은 질량을 몰 질량으로 나눈 값이므로, $KClO_3$의 물질량은 $\frac{0.4}{122.6}$mol이다.

3. O_2의 물질량: 완전 분해되므로 $KClO_3$의 물질량에 몰비 $\frac{3}{2}$를 곱한다. 생성되는 O_2의 물질량은 $\frac{0.4}{122.6} \cdot \frac{3}{2} = \frac{0.6}{122.6}$mol이다. 이는 다음 단계에서 기체 부피로 환산할 O_2의 양이다.

4. O_2의 부피: **475 °C, 1 atm에서 주어진 몰 부피** 61.3 L/mol을 사용한다. 온도와 압력이 일정하므로 기체 부피는 물질량에 몰 부피를 곱하여 구한다. 따라서 $V = \frac{0.6}{122.6} \cdot 61.3 = 0.300\text{L}$이다. 1 L = 1000 mL이므로 0.300 L = 300 mL이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 다음 반응 후 남아있는 K^+의 양[mol]은? (단, 한계반응물은 모두 반응한다)

$$3K^+(aq) + PO_4^{3-}(aq) + 3Ag^+(aq) + 3NO_3^-(aq)$$
$$\rightarrow Ag_3PO_4(s) + 3K^+(aq) + 3NO_3^-(aq)$$

	K^+	PO_4^{3-}	Ag^+	NO_3^-
초기 양[mol]	6	2	2	2

① 0
② 2
③ 4
④ 6

정답 4번

간단한 해설

K^+는 침전 반응에 참여하지 않는 **구경꾼 이온**이므로 소모되지 않는다. 따라서 반응 후에도 초기 양인 6 mol이 그대로 남는다.

공통 해설

이온 반응식의 양쪽에 같은 형태와 계수로 나타나며 실제 반응에 참여하지 않는 이온을 '구경꾼 이온'이라고 한다. 주어진 반응식에서 K^+는 양쪽에 모두 $3K^+(aq)$로 표시되어 있다. 실제로 침전을 만드는 이온은 Ag^+와 PO_4^{3-}이며, K^+는 **수용액 속에 그대로 남는다**.

표의 '초기 양[mol]'에서 K^+의 양은 6 mol이다. 반응으로 소모되는 K^+가 없으므로 반응 후 남는 양도 6 mol이다. 한계반응물이 모두 반응한다는 조건은 침전 생성에 참여하는 반응물에 적용되며, 구경꾼 이온인 K^+가 모두 소모된다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 20. 수소(H)의 동위원소에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 중수소 원자의 중성자 개수는 1개이다.
ㄴ. 수소의 동위원소는 양성자 개수가 1개이다.
ㄷ. 2개의 중성자를 갖는 수소 원자의 질량수는 2이다.

① ㄱ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

수소의 동위원소는 모두 **양성자가 1개**이고 중성자 수가 다르다. 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이므로, 중성자가 2개인 수소 원자의 **질량수는 3**이다.

보기별 해설

ㄱ. O: 중수소는 질량수가 2인 수소의 동위원소이다. 수소의 양성자는 1개이므로, 중성자 수는 2 − 1 = 1개이다.

ㄴ. O: 동위원소는 **양성자 수가 같고 중성자 수가 다른** 원자들이다. 수소의 원자번호는 1이며 원자번호는 양성자 수와 같으므로, 수소의 동위원소는 모두 양성자를 1개 갖는다.

ㄷ. X: 질량수는 **양성자 수와 중성자 수의 합**이다. 양성자가 1개이고 중성자가 2개인 수소 원자의 질량수는 1 + 2 = 3이다. 따라서 질량수는 2가 아니라 3으로 고쳐야 한다.

옳은 보기는 ㄱ과 ㄴ이며, 이 조합에 해당하는 선택지는 ③이다.

NoteBase