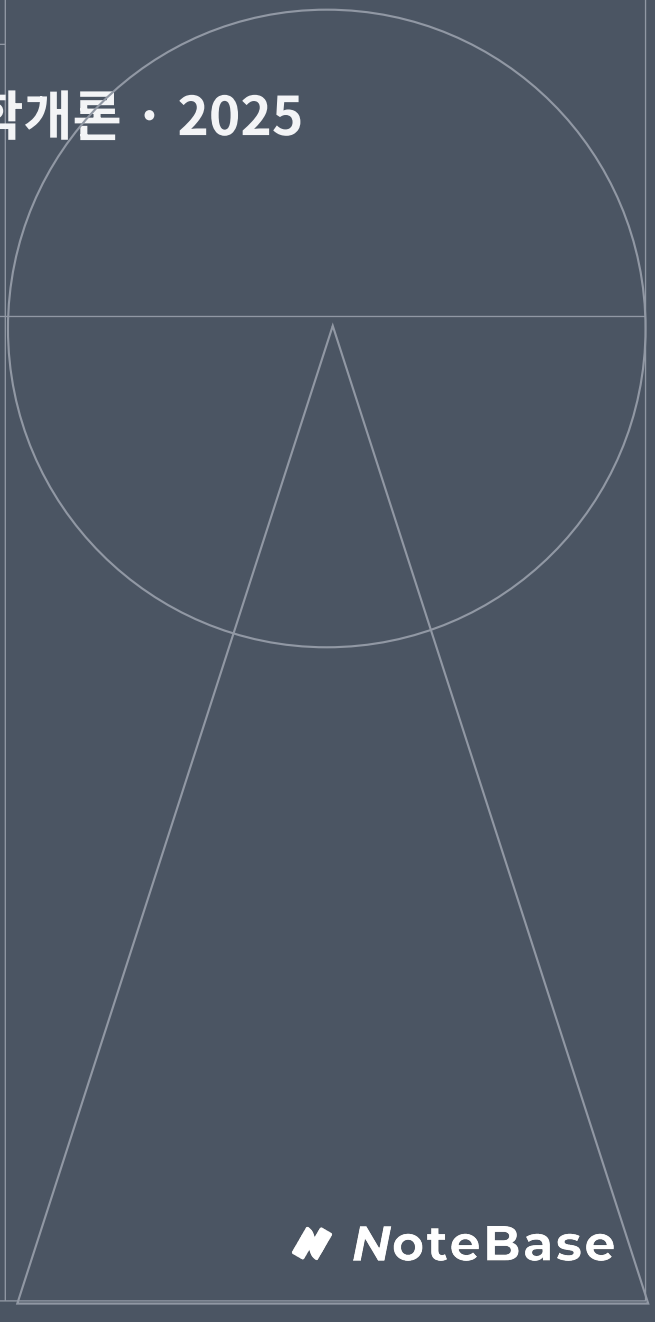
기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 화학개론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 화학개론 · 2025

공무원/소방/간부후보 · 화학개론 · 2025

문 1. 자연에서 발견되는 수소 원자의 동위원소로는 경수소(H), 중수소(D), 삼중수소(T)가 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

ㄱ. 중수소(D)의 양성자 수는 1이다.

ㄴ. 1기압에서 경수(H_2O)와 중수(D_2O)는 끓는점이 같다.

ㄷ. 삼중수소(T)의 중성자 수는 2이다.

ㄹ. 25°C, 1기압에서 경수소 기체(H_2)는 중수소 기체(D_2)보다 평균 분자 속력이 더 빠르다.

① ㄱ, ㄷ

② ㄴ, ㄹ

③ ㄱ, ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄷ, ㄹ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 수소의 동위원소인 경수소, 중수소, 삼중수소의 원자 구성과 동위원소에 따른 물리적 성질 차이를 묻는 문제이다.

핵심 개념

동위원소는 양성자 수가 같고 중성자 수가 달라 질량수가 다른 원자이다.

경수소 *H*: 양성자 1개, 중성자 0개인 수소이다.

중수소 *D*: 양성자 1개, 중성자 1개인 수소이다.

삼중수소 *T*: 양성자 1개, 중성자 2개인 수소이다.

같은 온도에서 기체 분자의 평균 속도는 몰질량이 작을수록 크므로 H_2가 D_2보다 빠르다.

NoteBase

보기 판단

ㄱ. O - 중수소 D도 수소의 동위원소이므로 원자번호가 1이고 양성자 수는 1이다.
ㄴ. X - 틀린 표현은 "끓는점이 같다"이다. 실제로는 D_2O가 H_2O보다 질량이 크고 동위원소 효과가 나타나 끓는점이 더 높다.
ㄷ. O - 삼중수소 T는 질량수 3, 양성자 수 1이므로 중성자 수는 2이다.
ㄹ. O - 같은 온도에서 평균 분자 속도는 몰질량의 제곱근에 반비례하므로, 몰질량이 작은 H_2가 D_2보다 평균 분자 속력이 더 빠르다.

선지별 해설

① X - ㄱ, ㄷ은 옳지만 ㄹ도 옳다. 틀린 부분은 ㄹ을 제외한 조합이며, 올바르게는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이다.
② X - ㄴ은 틀리고 ㄹ은 옳다. 틀린 부분은 ㄴ을 포함한 점이며, 올바르게는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이다.
③ X - ㄱ, ㄷ은 옳지만 ㄴ은 틀리고 ㄹ은 옳다. 틀린 부분은 ㄴ을 포함하고 ㄹ을 제외한 점이며, 올바르게는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이다.
④ O - 옳은 보기는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이므로 정답 조합과 일치한다.
⑤ X - ㄱ, ㄷ, ㄹ은 옳지만 ㄴ은 틀리다. 틀린 부분은 ㄴ을 포함한 점이며, 올바르게는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이다.

오답 포인트

동위원소는 화학적 성질이 비슷하다는 점 때문에 H_2O와 D_2O의 끓는점까지 같다고 착각하기 쉽다. 그러나 동위원소는 질량이 다르므로 끓는점이나 기체 분자 속도 같은 물리적 성질에는 차이가 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

동위원소 문제에서는 먼저 양성자 수는 같고 중성자 수만 다르다는 기준으로 원자 구성을 판단한다. 물리적 성질 비교에서는 질량 차이가 영향을 주며, 같은 온도의 기체 속도는 몰질량이 작을수록 빠르다고 판단한다.

암기 포인트

수소 동위원소는 H-중성자 0개, D-중성자 1개, T-중성자 2개이다. 같은 온도에서는 가벼운 기체일수록 더 빠르다.

NoteBase

문 2. 용어에 해당하는 단위가 ( ) 안에 알맞게 짝지어진 것은?

용어	단위
파장	(ㄱ)
볼츠만 상수	(ㄴ)
쌍극자 모멘트	(ㄷ)
압력	(ㄹ)

① ㄱ: m, ㄴ: J/K, ㄷ: N, ㄹ: N/m^2

② ㄱ: m, ㄴ: J/K, ㄷ: D, ㄹ: N/m^2

③ ㄱ: m, ㄴ: $J \cdot K$, ㄷ: D, ㄹ: $N \cdot m^2$

④ ㄱ: m^{-1}, ㄴ: $J \cdot K$, ㄷ: N, ㄹ: N/m^2

⑤ ㄱ: m^{-1}, ㄴ: $J \cdot K$, ㄷ: D, ㄹ: $N \cdot m^2$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 화학에서 자주 쓰는 물리량의 정의식과 차원을 이용해 단위를 짝짓는 문제이다.

조건 정리

주어진 용어: 파장, 볼츠만 상수, 쌍극자 모멘트, 압력

구해야 할 것: 각 용어에 대응하는 단위

주의할 조건: 파수의 단위 m^{-1}와 파장의 단위 m, $J \cdot K$와 J/K, 힘의 단위 N과 압력의 단위 N/m^2를 구분해야 한다.

NoteBase

사용할 공식

파장 λ는 길이이므로 단위가 m이다.
볼츠만 상수 k는 $E = kT$에서 $k = E/T$이므로 단위가 J/K이다.
쌍극자 모멘트는 전하와 거리의 곱이며, 분자 쌍극자 모멘트의 관용 단위로 D(Debye)를 쓴다.
압력은 $P = F/A$이므로 단위가 N/m^2이다.

계산 과정

1. 파장은 한 주기의 공간적 길이이므로 m가 맞다.
2. $E = kT$에서 에너지 E의 단위는 J, 온도 T의 단위는 K이므로 k의 단위는 J/K이다.
3. 쌍극자 모멘트는 분자 단위에서 D로 자주 표시한다.
4. 압력은 단위 면적당 힘이므로 N/m^2이다.

따라서 ㄱ=m, ㄴ=J/K, ㄷ=D, ㄹ=N/m^2이다.

선지 판단

① X
- ㄱ m, ㄴ J/K, ㄹ N/m^2는 맞지만, ㄷ의 N이 틀리다. N은 힘의 단위이고, 쌍극자 모멘트의 단위는 D이다. 틀린 표현 N → 올바르게는 D이다.

② O
- ㄱ m, ㄴ J/K, ㄷ D, ㄹ N/m^2가 모두 맞다. 파장, 볼츠만 상수, 쌍극자 모멘트, 압력의 단위가 순서대로 정확히 대응한다.

③ X
- ㄱ m, ㄷ D는 맞지만, ㄴ의 $J \cdot K$와 ㄹ의 $N \cdot m^2$가 틀리다. 볼츠만 상수는 에너지를 온도로 나눈 값이므로 J/K이고, 압력은 힘을 면적으로 나눈 값이므로 N/m^2이다. 틀린 표현 $J \cdot K$, $N \cdot m^2$ → 올바르게는 J/K, N/m^2이다.

④ X
- ㄹ N/m^2는 맞지만, ㄱ의 m^{-1}, ㄴ의 $J \cdot K$, ㄷ의 N이 틀리다. m^{-1}은 파수가 가질 수 있는 단위이고 파장은 m이다. 볼츠만 상수는 J/K, 쌍극자 모멘트는 D이다. 틀린 표현 m^{-1}, $J \cdot K$, N → 올바르게는 m, J/K, D이다.

⑤ X
- ㄷ D는 맞지만, ㄱ의 m^{-1}, ㄴ의 $J \cdot K$, ㄹ의 $N \cdot m^2$가 틀리다. 파장은 m, 볼츠만 상수는 J/K, 압력은 N/m^2이다. 틀린 표현 m^{-1}, $J \cdot K$, $N \cdot m^2$ → 올바르게는 m, J/K, N/m^2이다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 역수 단위와 곱셈 단위를 섞어 놓은 점이다. 파장은 길이 m이고 파수가 m^{-1}이다. 볼츠만 상수는 $E = kT$에서 온도를 나누는 단위 J/K이지 $J \cdot K$가 아니다. 압력은 힘 자체 N도 아니고 힘과 면적의 곱 $N \cdot m^2$도 아니라 힘을 면적으로 나눈 N/m^2이다.

다시 나오면 이렇게 판단

단위 매칭 문제는 정의식에서 분자와 분모를 먼저 확인한다. 파장처럼 길이를 나타내면 m, 에너지를 온도로 나누면 J/K, 압력처럼 힘을 면적으로 나누면 N/m^2로 판단한다.

암기 포인트

파장 m, 볼츠만 상수 J/K, 쌍극자 모멘트 D, 압력 N/m^2로 연결한다.

NoteBase

문 3. 원자 혹은 이온의 바닥 상태 전자배치 중, 3d 오비탈 홀전자 수가 많은 순서대로 나열한 것은?

① $Cu^+ > Cr > Ti > V$

② $Cr > Cu^+ > V > Ti$

③ $Cr > V > Cu^+ > Ti$

④ $Cr > V > Ti > Cu^+$

⑤ $V > Ti > Cu^+ > Cr$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 바닥 상태 전자배치에서 3d 오비탈에 들어 있는 홀전자 수를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

홀전자는 한 오비탈에 짝을 이루지 않고 혼자 들어 있는 전자이다.
3d 오비탈은 5개이므로 Hund 규칙에 따라 먼저 하나씩 채워진 뒤 짝을 이룬다.
Ti는 [Ar] 3d2 4s2이므로 3d 홀전자 수가 2개이다.
V는 [Ar] 3d3 4s2이므로 3d 홀전자 수가 3개이다.
Cr은 예외적으로 [Ar] 3d5 4s1이므로 3d 홀전자 수가 5개이다.
Cu+는 Cu의 [Ar] 3d10 4s1에서 4s 전자 1개가 먼저 빠진 [Ar] 3d10이므로 3d 홀전자 수가 0개이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
Cr의 3d 홀전자 수는 5개, Ti의 3d 홀전자 수는 2개, V의 3d 홀전자 수는 3개이다. 따라서 Ti > V가 틀린 표현이다. 올바르게는 Cr > V > Ti > Cu+이다.

② X
Cr은 5개, Cu+는 0개, V는 3개, Ti는 2개이다. 따라서 Cu+ > V가 틀린 표현이다. 올바르게는 Cr > V > Ti > Cu+이다.

③ X
Cr은 5개, V는 3개, Cu+는 0개, Ti는 2개이다. 따라서 Cu+ > Ti가 틀린 표현이다. 올바르게는 Cr > V > Ti > Cu+이다.

④ O
Cr은 [Ar] 3d5 4s1로 3d 홀전자 5개, V는 [Ar] 3d3 4s2로 3개, Ti는 [Ar] 3d2 4s2로 2개, Cu+는 [Ar] 3d10으로 0개이다. 따라서 3d 오비탈 홀전자 수가 많은 순서는 Cr > V > Ti > Cu+가 맞다.

⑤ X
V는 3개, Ti는 2개, Cu+는 0개, Cr은 5개이다. 따라서 Cu+ > Cr이 틀린 표현이다. 올바르게는 Cr > V > Ti > Cu+이다.

오답 포인트

Cu+를 중성 Cu처럼 보거나, Cu+에서 3d 전자가 빠진다고 생각하면 순서가 틀린다. 전이금속 양이온은 보통 4s 전자가 먼저 빠지므로 Cu+는 3d10이 되어 3d 홀전자가 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 바닥 상태 전자배치를 쓴 뒤, 이온은 4s 전자를 먼저 제거한다. 그다음 3d 전자 수만 보고 3d1부터 3d5까지는 홀전자 수가 증가하고, 3d6부터 3d10까지는 짝지어지며 홀전자 수가 감소한다고 판단한다.

암기 포인트

Cr은 3d5라 3d 홀전자 5개, Cu+는 3d10이라 3d 홀전자 0개이다.

NoteBase

문 4. 25°C **증류수에 넣으면 산성 용액이 되는 물질을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,** 25°C**에서 물의** $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$**이고,** HF**의** $pK_a = 3.2$**,** NH_4^+**의** $pK_a = 9.2$**이다)**

<보기>

ㄱ. NH_3

ㄴ. $(NH_4)_2SO_4$

ㄷ. NH_4F

ㄹ. Na_2CO_3

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 약산의 짝염기와 약염기의 짝산이 물에서 만드는 산성·염기성을 K_a, K_b 비교로 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$, $pK_a(HF) = 3.2$, $pK_a(NH_4^+) = 9.2$이다.
구해야 할 값: 증류수에 넣었을 때 산성 용액이 되는 물질이다.
주의할 조건: 염은 양이온의 산성 효과와 음이온의 염기성 효과를 비교해야 한다.

사용할 공식

짝산·짝염기의 관계는 $K_aK_b = K_w$이다.
$K_b(F^-) = \frac{K_w}{K_a(HF)}$
$K_a(NH_4^+) = 10^{-9.2}$
이 공식을 쓰는 이유: NH_4^+는 약염기 NH_3의 짝산이고, F^-는 약산 HF의 짝염기이므로 물속에서 각각 산 또는 염기로 작용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. NH_4^+의 산성 세기는 $K_a(NH_4^+) = 10^{-9.2}$이다.
2. F^-의 염기성 세기는 $K_b(F^-) = 10^{-14}/10^{-3.2} = 10^{-10.8}$이다.
3. NH_4F에서는 $10^{-9.2} > 10^{-10.8}$이므로 NH_4^+의 산성 효과가 F^-의 염기성 효과보다 커서 산성 용액이 된다.
4. $(NH_4)_2SO_4$는 NH_4^+가 산으로 작용하고, SO_4^{2-}의 염기성은 매우 약하므로 산성 용액이 된다.

선지 판단

① ㄱ X
- NH_3는 약염기이므로 물에서 OH^-를 만들어 염기성 용액이 된다. 틀린 표현은 "NH_3가 산성 용액이 된다"이며, 올바르게는 "NH_3는 염기성 용액이 된다"이다.

② ㄴ O
- $(NH_4)_2SO_4$에는 산으로 작용하는 NH_4^+가 들어 있다. NH_4^+의 가수분해로 H_3O^+가 생기므로 산성 용액이 된다.

③ ㄷ O
- NH_4F에서는 NH_4^+의 산성 세기 $10^{-9.2}$가 F^-의 염기성 세기 $10^{-10.8}$보다 크다. 따라서 전체 용액은 산성이다.

④ ㄴ, ㄷ O
- 산성 용액이 되는 물질은 $(NH_4)_2SO_4$와 NH_4F이므로 ㄴ, ㄷ만 고른 ④가 정답이다.

⑤ ㄷ, ㄹ X
- ㄷ은 맞지만 ㄹ의 Na_2CO_3는 강염기 $NaOH$와 약산 H_2CO_3에서 온 염으로, CO_3^{2-}가 물에서 염기로 작용해 염기성 용액이 된다. 틀린 표현은 "Na_2CO_3가 산성 용액이 된다"이며, 올바르게는 "Na_2CO_3는 염기성 용액이 된다"이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 NH_4F를 단순히 약산과 약염기의 염으로만 보고 중성처럼 처리하는 것이다. 이런 염은 중성으로 외우는 것이 아니라 NH_4^+의 K_a와 F^-의 K_b를 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

약산·약염기 관련 염은 이온으로 나눈 뒤 산성 이온의 K_a와 염기성 이온의 K_b를 비교한다. $K_a > K_b$이면 산성, $K_a < K_b$이면 염기성, 크기가 같으면 거의 중성으로 판단한다.

암기 포인트

NH_4^+는 산성, F^-와 CO_3^{2-}는 염기성이다. 함께 있으면 외우기보다 K_a와 K_b의 크기를 비교한다.

문 5. 표는 바닥 상태 전자배치에서, 2주기 원소 동핵 이원자 분자의 결합차수와 자기적 성질을 나타낸 것이다. ( ) 안에 옳게 짝지어진 것은?

이원자 분자	결합차수	자기적 성질
Li_2	1	(ㄱ)
C_2	(ㄴ)	반자기성
B_2	1	(ㄷ)
F_2	(ㄹ)	반자기성

① ㄱ: 상자기성, ㄴ: 2, ㄷ: 상자기성, ㄹ: 1

② ㄱ: 반자기성, ㄴ: 2, ㄷ: 상자기성, ㄹ: 1

③ ㄱ: 반자기성, ㄴ: 1, ㄷ: 상자기성, ㄹ: 1

④ ㄱ: 반자기성, ㄴ: 2, ㄷ: 반자기성, ㄹ: 2

⑤ ㄱ: 상자기성, ㄴ: 1, ㄷ: 반자기성, ㄹ: 2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 2주기 동핵 이원자 분자의 분자 오비탈 전자배치에서 결합차수와 자기적 성질을 함께 판정하는 문제이다.

핵심 개념

결합차수: 결합성 오비탈 전자 수에서 반결합성 오비탈 전자 수를 뺀 뒤 2로 나눈 값이다.
자기적 성질: 홀전자가 있으면 상자기성, 모든 전자가 짝지어져 있으면 반자기성이다.
2주기 동핵 이원자 중 B_2, C_2, N_2는 $\pi 2p$ 오비탈이 $\sigma 2p$ 오비탈보다 먼저 채워지는 순서를 사용한다.
Li_2: 결합차수 1, 홀전자 없음, 반자기성이다.
C_2: 결합차수 2, 홀전자 없음, 반자기성이다.
B_2: 결합차수 1, 홀전자 2개, 상자기성이다.
F_2: 결합차수 1, 홀전자 없음, 반자기성이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 틀린 부분은 ㄱ을 상자기성, ㄹ을 1로 둔 조합 중 ㄱ이다.
- Li_2는 $\sigma 2s$에 전자 2개가 짝지어 들어가므로 홀전자가 없고 반자기성이다. 올바르게는 ㄱ = 반자기성이다.

② O
- ㄱ = 반자기성: Li_2는 홀전자가 없다.
- ㄴ = 2: C_2는 결합성 전자가 반결합성 전자보다 4개 많아 결합차수가 2이다.
- ㄷ = 상자기성: B_2는 두 $\pi 2p$ 오비탈에 홀전자가 하나씩 있어 상자기성이다.
- ㄹ = 1: F_2는 결합차수가 1이고 전자는 모두 짝지어져 반자기성이다.

③ X
- 틀린 부분은 ㄴ = 1이다.
- C_2는 $\pi 2p$ 결합성 오비탈까지 채워져 결합차수가 2이다. 올바르게는 ㄴ = 2이다.

④ X
- 틀린 부분은 ㄷ = 반자기성, ㄹ = 2이다.
- B_2는 홀전자가 있으므로 상자기성이다. 올바르게는 ㄷ = 상자기성이다.
- F_2는 결합차수가 1이다. 올바르게는 ㄹ = 1이다.

⑤ X
- 틀린 부분은 ㄱ = 상자기성, ㄴ = 1, ㄷ = 반자기성, ㄹ = 2이다.
- Li_2는 반자기성, C_2의 결합차수는 2, B_2는 상자기성, F_2의 결합차수는 1이다.

오답 포인트

B_2와 C_2의 2p 오비탈 채움 순서를 O_2, F_2와 같은 순서로 착각하면 ㄴ과 ㄷ을 틀리기 쉽다. 또한 결합차수만 보고 자기성을 판단하면 안 되고, 홀전자 존재 여부를 따로 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 분자의 원자가전자 수를 세고, 2주기 동핵 이원자 분자의 오비탈 채움 순서에 따라 전자를 배치한다. 그다음 결합차수는 결합성 전자와 반결합성 전자의 차이로 계산하고, 자기성은 홀전자가 있는지로 판단한다.

암기 포인트

Li_2는 반자기성, B_2는 상자기성, C_2는 결합차수 2의 반자기성, F_2는 결합차수 1의 반자기성이다.

NoteBase

문 6. 원자가 껍질 전자쌍 반발(valence-shell electron-pair repulsion, VSEPR) 모형을 이용하여, <보기>에 제시된 분자 혹은 이온의 결합각이 큰 순서대로 나열한 것은?

<보 기>

ㄱ. BrF_5

ㄴ. XeF_2

ㄷ. SF_6

ㄹ. NO_3^-

① ㄱ > ㄷ > ㄹ > ㄴ

② ㄱ > ㄹ > ㄷ > ㄴ

③ ㄴ > ㄷ > ㄹ > ㄱ

④ ㄴ > ㄹ > ㄷ > ㄱ

⑤ ㄹ > ㄷ > ㄴ > ㄱ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 VSEPR 모형에서 중심 원자의 전자쌍 배열과 분자 구조에 따라 대표 결합각을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

XeF2: AX2E3형으로 세 개의 고립전자쌍이 적도 방향을 차지하고 두 결합쌍이 서로 마주 보는 선형 구조이므로 결합각은 180도이다.
NO3-: 중심 N 주위에 결합 영역 3개가 있는 평면삼각형 구조이므로 결합각은 120도이다.
SF6: AX6형 정팔면체 구조이므로 인접한 F-S-F 결합각은 90도이다.
BrF5: AX5E형 정사각뿔형 구조이며 고립전자쌍-결합전자쌍 반발 때문에 F-Br-F 결합각은 90도보다 약간 작다.
따라서 결합각이 큰 순서는 ㄴ XeF2 > ㄹ NO3- > ㄷ SF6 > ㄱ BrF5이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ㄱ BrF5를 가장 크게 둔 부분이 틀리다. BrF5는 정사각뿔형으로 결합각이 90도보다 작아 네 물질 중 가장 작다. 올바르게는 ㄴ > ㄹ > ㄷ > ㄱ이다.

② X
- ㄱ BrF5를 ㄹ NO3-와 ㄷ SF6보다 크게 둔 부분이 틀리다. NO3-는 120도, SF6는 90도, BrF5는 90도보다 작으므로 올바르게는 ㄹ > ㄷ > ㄱ이다. 전체 순서는 ㄴ > ㄹ > ㄷ > ㄱ이다.

③ X
- ㄷ SF6와 ㄹ NO3-의 순서가 틀리다. SF6의 인접 결합각은 90도이고 NO3-의 결합각은 120도이므로 NO3-가 SF6보다 크다. 올바르게는 ㄴ > ㄹ > ㄷ > ㄱ이다.

④ O
- XeF2는 선형 180도, NO3-는 평면삼각형 120도, SF6는 정팔면체 90도, BrF5는 정사각뿔형으로 90도보다 작다. 따라서 ㄴ > ㄹ > ㄷ > ㄱ이 맞다.

⑤ X
- ㄹ NO3-를 ㄴ XeF2보다 크게 둔 부분과 ㄷ SF6를 ㄴ XeF2보다 크게 둔 부분이 틀리다. XeF2는 선형이라 180도로 가장 크다. 올바르게는 ㄴ > ㄹ > ㄷ > ㄱ이다.

오답 포인트

BrF5와 SF6는 모두 중심 원자 주위에 전자 영역이 6개라 기본 전자쌍 배열은 팔면체 계열이지만, BrF5에는 고립전자쌍 1개가 있어 정사각뿔형이 되고 결합각이 90도보다 작아진다. 또한 XeF2는 고립전자쌍이 많아도 결합쌍 두 개가 서로 반대 방향에 놓이므로 180도 선형 구조가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자의 AXmEn 형태를 정한 뒤, 선형 180도, 평면삼각형 120도, 정팔면체 인접각 90도, 고립전자쌍으로 눌린 구조는 90도보다 작다는 기준으로 비교한다.

암기 포인트

VSEPR 결합각 비교는 선형 180도 > 평면삼각형 120도 > 정팔면체 90도 > 고립전자쌍으로 눌린 정사각뿔형 90도 미만으로 정리된다.

NoteBase

문 7. 1기압에서 <보기>에 제시된 분자들의 끓는점이 큰 순서대로 나열한 것은?

<보기>

ㄱ. NH_3

ㄴ. HF

ㄷ. CCl_4

ㄹ. CH_3F

① ㄴ > ㄱ > ㄹ > ㄷ

② ㄴ > ㄱ > ㄷ > ㄹ

③ ㄷ > ㄴ > ㄱ > ㄹ

④ ㄷ > ㄹ > ㄱ > ㄴ

⑤ ㄴ > ㄹ > ㄱ > ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 1기압에서 분자의 끓는점을 분자 간 힘의 종류와 분자량의 크기로 비교하는 문제이다.

핵심 개념

끓는점은 분자 사이의 인력이 클수록 높아진다.
수소 결합은 H가 F, O, N에 결합한 분자 사이에서 강하게 작용하는 인력이다.
분산력은 모든 분자에 존재하며, 보통 분자량과 전자 수가 클수록 커진다.
CCl4는 무극성 분자이지만 분자량과 전자 수가 매우 커서 분산력이 크고, HF와 NH3는 수소 결합을 하지만 HF의 수소 결합이 더 강하다. CH3F는 극성 분자이나 수소 결합을 주고받는 분자가 아니므로 끓는점이 가장 낮다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ㄴ > ㄱ > ㄹ > ㄷ은 CCl4를 가장 낮게 둔 점이 틀리다.
- CCl4는 무극성이지만 분자량이 커서 분산력이 매우 크므로 네 물질 중 끓는점이 가장 높다.
- 틀린 표현: ㄷ이 가장 낮다. 올바르게는 ㄷ > ㄴ > ㄱ > ㄹ이다.

② X
- ㄴ > ㄱ > ㄷ > ㄹ은 HF와 NH3를 CCl4보다 높게 둔 점이 틀리다.
- HF와 NH3는 수소 결합을 하지만, CCl4는 큰 분자량에 따른 분산력이 커서 끓는점이 더 높다.
- 틀린 표현: ㄴ > ㄱ > ㄷ. 올바르게는 ㄷ > ㄴ > ㄱ이다.

③ O
- ㄷ > ㄴ > ㄱ > ㄹ은 CCl4 > HF > NH3 > CH3F의 순서이다.
- CCl4는 큰 분산력 때문에 가장 높고, HF는 강한 수소 결합으로 NH3보다 높으며, CH3F는 수소 결합을 형성하지 못해 가장 낮다.

④ X
- ㄷ > ㄹ > ㄱ > ㄴ은 CH3F를 NH3와 HF보다 높게 둔 점이 틀리다.
- CH3F는 극성이지만 분자 사이에 수소 결합을 만들 수 없고, HF와 NH3는 수소 결합을 하므로 끓는점이 CH3F보다 높다.
- 틀린 표현: ㄹ > ㄱ > ㄴ. 올바르게는 ㄴ > ㄱ > ㄹ이다.

⑤ X
- ㄴ > ㄹ > ㄱ > ㄷ은 CCl4를 가장 낮게 두고 CH3F를 NH3보다 높게 둔 점이 틀리다.
- 실제로 CCl4는 큰 분산력으로 가장 높고, NH3는 수소 결합을 하므로 CH3F보다 높다.
- 틀린 표현: ㄴ > ㄹ > ㄱ > ㄷ. 올바르게는 ㄷ > ㄴ > ㄱ > ㄹ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 수소 결합이 있으면 무조건 가장 끓는점이 높다고 판단하는 점이다. CCl4처럼 분자량과 전자 수가 매우 큰 분자는 무극성이어도 분산력이 커서 HF보다 끓는점이 높을 수 있다. 또 CH3F는 F를 포함하지만 H가 F에 직접 결합한 구조가 아니므로 분자 사이 수소 결합 물질로 보지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 수소 결합 가능 여부를 확인하고, 그다음 분자량과 분산력을 비교한다. H-F, H-O, H-N 결합이 있어야 수소 결합 물질로 판단한다. 무극성이라도 분자량이 큰 물질은 분산력이 커져 끓는점이 크게 올라갈 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

끓는점 비교는 수소 결합만 보지 않고 분산력까지 본다. 이 문항의 순서는 CCl4 > HF > NH3 > CH3F이다.

NoteBase

문 8. 화학 반응 속도론에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 둘 이상의 단일 단계 반응을 포함하는 전체 반응에서, 가장 빠른 단일 단계가 속도 결정 단계이다.

② 아레니우스 식에 따르면, 활성화 에너지가 증가하면 반응 속도 상수는 증가한다.

③ 1차 반응에서 반응 속도 상수의 단위는 s^{-1}이다.

④ (속도)= k[A][B]^{2}의 반응 차수는, 반응물 B에 대해서 2차 반응이고, 전체 반응물 A와 B에 대해서도 2차 반응이다.

⑤ 반응 차수는 화학 반응식의 화학량론 계수로 결정한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반응 속도식에서 반응 차수, 속도상수의 단위, Arrhenius 식의 의미를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 속도식 $v = k[A][B]^2$, 1차 반응, Arrhenius 식이 제시되어 있다.
구해야 할 값: 각 설명이 반응속도론의 기본 원리에 맞는지 판단한다.
주의할 조건: 전체 반응 차수는 속도식의 지수 합으로 정하고, 다단계 반응의 속도 결정 단계는 가장 느린 단일 단계이다.

사용할 공식

반응 차수: $v = k[A]^m[B]^n$이면 A에 대해 m차, B에 대해 n차, 전체 반응 차수는 $m + n$차이다.
속도상수 단위: 전체 반응 차수가 N차이면 k의 단위는 보통 $M^{1-N}s^{-1}$이다. 따라서 1차 반응에서는 s^{-1}이다.
Arrhenius 식: $k = Ae^{-E_a/(RT)}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 선지들이 반응 차수, 속도상수 단위, 활성화 에너지와 k의 관계를 직접 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

1. 1차 반응은 전체 차수 $N = 1$이므로 속도상수 단위는 $M^{1-1}s^{-1} = s^{-1}$이다.
2. $v = k[A][B]^2$에서는 A의 지수가 1, B의 지수가 2이므로 A에 대해 1차, B에 대해 2차이다.
3. 같은 온도에서 Arrhenius 식 $k = Ae^{-E_a/(RT)}$를 보면 E_a가 커질수록 지수항이 작아져 k는 감소한다.
4. 다단계 반응에서는 전체 반응 속도가 가장 느린 단일 단계에 의해 제한된다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 틀린 표현: "가장 빠른 단일 단계가 속도 결정 단계"이다.
- 올바르게는 둘 이상의 단일 단계 반응을 포함하는 전체 반응에서 가장 느린 단일 단계가 속도 결정 단계이다. 빠른 단계는 전체 속도를 제한하지 않는다.

② X
- 틀린 표현: "활성화 에너지가 증가하면 반응 속도 상수는 증가한다"이다.
- 올바르게는 같은 온도와 같은 빈도인자 조건에서 E_a가 증가하면 $e^{-E_a/(RT)}$가 작아져 속도상수 k는 감소한다.

③ O
- 1차 반응에서는 속도 v의 단위가 M/s, 농도 $[A]$의 단위가 M이므로 $v = k[A]$에서 k의 단위는 $(M/s)/M = s^{-1}$이다.

④ X
- 틀린 표현: "전체 반응물 A와 B에 대해서도 2차 반응"이다.
- 올바르게는 $v = k[A][B]^2$에서 B에 대해서는 2차가 맞지만, 전체 반응 차수는 $1 + 2 = 3$차이다. A에 대해서는 1차이다.

⑤ X
- 틀린 표현: "반응 차수는 화학 반응식의 화학량론 계수로 결정한다"이다.
- 올바르게는 반응 차수는 일반적으로 실험으로 얻은 속도식의 지수로 결정한다. 단일 단계 반응에서는 계수와 차수가 일치할 수 있지만, 전체 반응식의 계수만으로 일반화할 수 없다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '빠른 단계'와 '느린 단계'를 뒤집는 것, Arrhenius 식의 음의 지수를 놓치는 것, 부분 차수와 전체 차수를 혼동하는 것이다. 특히 ④는 B에 대한 2차라는 말은 맞지만 전체 차수를 2차라고 한 부분이 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응속도론 문제는 속도식의 지수를 먼저 확인하고, 부분 차수와 전체 차수를 분리한다. 다단계 반응은 가장 느린 단계가 속도를 결정하며, Arrhenius 식에서는 E_a가 커질수록 같은 조건의 k가 작아진다고 판단한다.

암기 포인트

1차 반응의 k 단위는 s^{-1}이다. 속도 결정 단계는 가장 느린 단계이고, 전체 차수는 속도식 지수의 합이다.

NoteBase

문 9. 바닥 상태 전자배치에서, <보기>의 착이온 중 중심 금속 $3d$ 오비탈의 홀전자 수가 많은 순서대로 나열한 것은? (단, Cr과 Fe의 원자번호는 각각 24, 26이며, en은 ethylenediamine이다)

<보기>

ㄱ. $[CrF_6]^{3-}$

ㄴ. $[Cr(en)_3]^{2+}$

ㄷ. $[Fe(CN)_6]^{3-}$

ㄹ. $[FeF_6]^{3-}$

① ㄱ > ㄴ > ㄷ > ㄹ

② ㄱ > ㄹ > ㄷ > ㄴ

③ ㄴ > ㄷ > ㄹ > ㄱ

④ ㄷ > ㄴ > ㄱ > ㄹ

⑤ ㄹ > ㄱ > ㄴ > ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 착이온의 중심 금속 산화수, 금속 이온의 $3d$ 전자 수, 리간드장의 세기에 따른 고스핀/저스핀 배치를 이용해 홀전자 수를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

산화수: 리간드 전하와 착이온 전체 전하로 중심 금속의 전하를 구한다.
$3d$ 전자 수: 중성 원자의 $4s$ 전자를 먼저 잃고, 남은 $3d$ 전자 수로 판단한다.
리간드장 세기: F^-는 약한 장 리간드라 고스핀을 만들기 쉽고, CN^-, en은 강한 장 리간드라 저스핀 배치를 만들기 쉽다.
각 보기의 홀전자 수는 ㄱ $[CrF_6]^{3-}$: Cr(III), d^3, 홀전자 3개이다. ㄴ $[Cr(en)_3]^{2+}$: Cr(II), d^4, 저스핀으로 홀전자 2개이다. ㄷ $[Fe(CN)_6]^{3-}$: Fe(III), d^5, 저스핀으로 홀전자 1개이다. ㄹ $[FeF_6]^{3-}$: Fe(III), d^5, 고스핀으로 홀전자 5개이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ①은 ㄱ > ㄴ > ㄷ > ㄹ이라고 하여 ㄹ을 가장 작게 두었다.
- ㄹ $[FeF_6]^{3-}$는 Fe(III)의 d^5 착이온이고, F^-가 약한 장 리간드이므로 고스핀 d^5가 되어 홀전자 5개이다.
실제로는 ㄹ이 가장 크므로 올바른 순서는 ㄹ > ㄱ > ㄴ > ㄷ이다.

② X
- ②는 ㄱ > ㄹ > ㄷ > ㄴ이라고 하여 ㄱ을 ㄹ보다 크게 두었다.
- ㄱ은 Cr(III)의 d^3로 홀전자 3개이고, ㄹ은 Fe(III)의 고스핀 d^5로 홀전자 5개이다. 따라서 ㄹ이 ㄱ보다 크며, 올바른 순서는 ㄹ > ㄱ > ㄴ > ㄷ이다.

③ X
- ③은 ㄴ > ㄷ > ㄹ > ㄱ이라고 하여 ㄴ을 가장 크게 두었다.
- ㄴ은 Cr(II)의 d^4 착이온이고 en에 의해 저스핀 배치를 하면 홀전자 2개이다. ㄹ은 홀전자 5개, ㄱ은 3개이므로 ㄴ이 가장 클 수 없다. 올바른 순서는 ㄹ > ㄱ > ㄴ > ㄷ이다.

④ X
- ④는 ㄷ > ㄴ > ㄱ > ㄹ이라고 하여 ㄷ을 가장 크게 두었다.
- ㄷ $[Fe(CN)_6]^{3-}$는 Fe(III)의 d^5 착이온이지만 CN^-가 강한 장 리간드이므로 저스핀 t_{2g}^5 배치가 되어 홀전자 1개이다. ㄷ은 가장 작으며, 올바른 순서는 ㄹ > ㄱ > ㄴ > ㄷ이다.

⑤ O
- ㄹ은 Fe(III) d^5 고스핀이라 홀전자 5개, ㄱ은 Cr(III) d^3라 홀전자 3개, ㄴ은 Cr(II) d^4 저스핀이라 홀전자 2개, ㄷ은 Fe(III) d^5 저스핀이라 홀전자 1개이다.
- 따라서 홀전자 수가 많은 순서는 ㄹ > ㄱ > ㄴ > ㄷ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 금속 원자의 원자번호만 보고 홀전자 수를 바로 비교하는 것이다. 착이온에서는 먼저 산화수를 구해 금속 이온의 d 전자 수를 정하고, 그다음 F^-는 고스핀, CN^-와 en은 저스핀으로 처리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

착이온의 홀전자 수 비교 문제는 전체 전하로 산화수를 구한 뒤, 금속 이온의 d^n을 정하고, 리간드가 약한 장인지 강한 장인지에 따라 고스핀/저스핀 배치를 나누어 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

F^-는 약한 장이라 고스핀, CN^-와 en은 강한 장이라 저스핀으로 본다. 이 문항의 홀전자 수는 ㄹ 5개, ㄱ 3개, ㄴ 2개, ㄷ 1개이다.

NoteBase

문 10. 25°C에서 증류수 1.0L에 용해될 수 있는 고체 $Ca(OH)_2$의 양(g)은? (단, 이 물질의 용해는 이온곱상수(K_{sp})를 갖는 평형반응에 의해서만 결정되고, 25°C에서 $K_{sp} = 4.0 \times 10^{-6}$이다. $Ca(OH)_2$의 몰질량은 74g/mol이고, 고체의 부피는 무시한다)

① 0.74

② 1.5

③ 5.0

④ 7.4

⑤ 15

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 난용성 염기 $Ca(OH)_2$의 용해 평형식과 K_{sp}를 이용해 몰용해도를 구한 뒤, $1.0L$에 녹는 질량으로 환산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $25^\circ C$, 증류수 $1.0L$, $K_{sp} = 4.0 \times 10^{-6}$, $Ca(OH)_2$의 몰질량 $74g/mol$
구해야 할 값: 증류수 $1.0L$에 용해될 수 있는 $Ca(OH)_2$의 질량
주의할 조건: $Ca(OH)_2$ 1몰이 녹으면 Ca^{2+} 1몰과 OH^- 2몰이 생기므로, $[OH^-] = 2s$로 두어야 한다.

사용할 공식

$Ca(OH)_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$
$K_{sp} = [Ca^{2+}][OH^-]^2$
몰용해도를 s라고 하면 $[Ca^{2+}] = s$, $[OH^-] = 2s$이므로
$K_{sp} = s(2s)^2 = 4s^3$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 용해도가 오직 용해 평형반응으로 결정된다고 했으므로, 공통 이온이나 산염기 반응을 고려하지 않고 K_{sp}와 이온 농도 관계만으로 포화 용액의 몰용해도를 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. $K_{sp} = 4s^3$에 값을 대입한다.
$4.0 \times 10^{-6} = 4s^3$
2. 양변을 4로 나누어 s^3을 구한다.
$s^3 = 1.0 \times 10^{-6}$
3. 세제곱근을 취한다.
$s = 1.0 \times 10^{-2} mol/L$
4. $1.0L$에 녹는 몰수는 $1.0 \times 10^{-2} mol$이다.
$1.0 \times 10^{-2} mol/L \times 1.0L = 1.0 \times 10^{-2} mol$
5. 몰질량 $74g/mol$을 곱해 질량으로 환산한다.
$1.0 \times 10^{-2} mol \times 74g/mol = 0.74g$
따라서 녹을 수 있는 $Ca(OH)_2$의 양은 $0.74g$이다.

선지 판단

① O - 계산 결과 $0.74g$과 일치하므로 옳다.
② X - 1.5는 계산 결과의 약 2배이다. 틀린 표현은 '1.5'이고, 올바르게는 $0.74g$이다.
③ X - 5.0은 $K_{sp} = 4s^3$에서 얻은 몰용해도를 질량으로 환산한 값이 아니다. 틀린 표현은 '5.0'이고, 올바르게는 $0.74g$이다.
④ X - 7.4는 $0.10mol$이 녹는다고 볼 때의 질량에 해당하지만, 실제 몰용해도는 $1.0 \times 10^{-2} mol/L$이다. 틀린 표현은 '7.4'이고, 올바르게는 $0.74g$이다.
⑤ X - 15는 계산 결과보다 훨씬 크며, $Ca(OH)_2$의 용해도곱으로부터 가능한 질량이 아니다. 틀린 표현은 '15'이고, 올바르게는 $0.74g$이다.
계산 결과 $0.74g$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 $Ca(OH)_2$가 녹을 때 OH^-가 2배로 생긴다는 점이다. $[OH^-] = s$로 두거나, $K_{sp} = s^3$처럼 계수 4를 빠뜨리면 몰용해도와 질량이 달라진다. 또한 몰용해도 mol/L를 구한 뒤 $1.0L$와 몰질량 $74g/mol$을 곱해 g 단위로 바꾸는 환산을 빠뜨리면 선지와 비교할 수 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

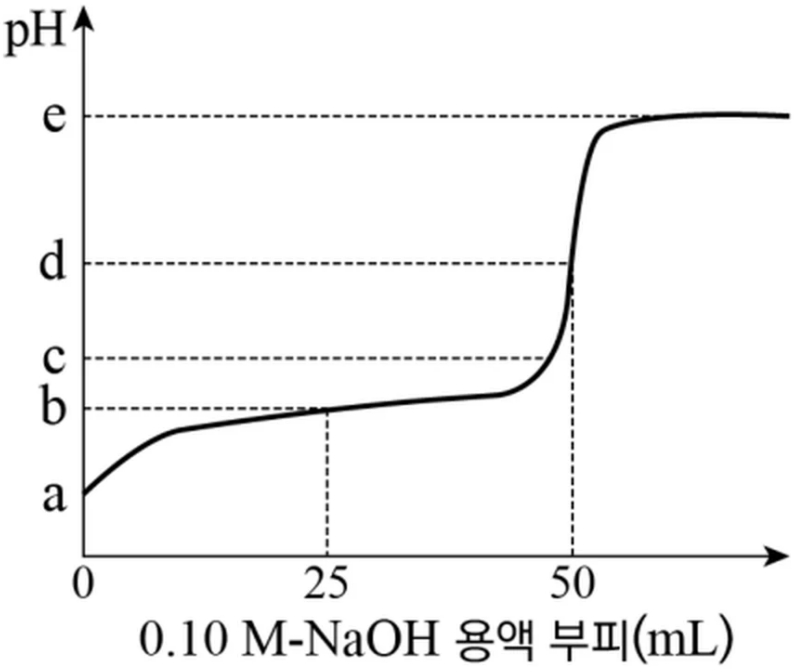
난용성 염의 K_{sp} 계산형 문제는 먼저 용해 반응식을 쓰고, 이온 계수에 맞춰 농도를 s로 표현한 뒤, K_{sp} 식에서 몰용해도를 구하고 마지막에 부피와 몰질량으로 질량을 환산한다.

암기 포인트

$Ca(OH)_2$형 물질은 $M(OH)_2 \rightarrow M^{2+} + 2OH^-$이므로 $K_{sp} = s(2s)^2 = 4s^3$이다.

NoteBase

문 11. 그림은 25°C에서 1.0M의 아세트산 수용액을 0.10M의 NaOH 표준용액으로 적정할 때의 적정곡선이고, 50mL에서 당량점에 도달하였다. 다음 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 25°C에서 아세트산의 $pK_a = 4.70$이다)



① a지점은 산성이다.

② a~d 중 완충용량이 가장 큰 지점은 b이다.

③ c지점에서 아세트산 음이온이 아세트산보다 많이 존재한다.

④ d지점은 염기성이다.

⑤ 아세트산 음이온은 물보다 약한 염기이다.

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 약산인 아세트산을 강염기 NaOH로 적정할 때 반당량점, 당량점, 짝염기의 염기성을 이용해 적정곡선의 각 지점을 판단하는 문제이다.

조건 정리

아세트산은 약산이고 NaOH는 강염기이다.
당량점은 NaOH 50 mL를 넣었을 때이다.
반당량점은 당량점 부피의 절반인 NaOH 25 mL 지점이다.
아세트산의 pK_a는 4.70이다.

NoteBase

사용할 공식

완충 구간에서는 Henderson-Hasselbalch 식을 쓴다.
$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$
반당량점에서는 $[A^-] = [HA]$이므로 $pH = pK_a$이다.
약산-강염기 적정의 당량점에서는 산이 모두 짝염기 A^-로 바뀌고, 이 짝염기가 물과 반응하여 OH^-를 만들기 때문에 용액은 염기성이다.

계산 과정

1. 당량점이 50 mL이므로 반당량점은 25 mL이다.
2. 25 mL에서는 $[CH_3COO^-] = [CH_3COOH]$이므로 $pH = pK_a = 4.70$이고, 그래프의 b 지점에 해당한다.
3. c 지점은 b보다 pH가 높고 당량점 전이므로 $pH > pK_a$이다. 따라서 $\log([A^-]/[HA]) > 0$, 즉 $[CH_3COO^-] > [CH_3COOH]$이다.
4. d 지점은 당량점이고, 용액에는 주로 CH_3COO^-가 남아 가수분해로 OH^-를 만들므로 염기성이다.

선지 판단

① O
- a 지점은 NaOH를 넣기 전의 아세트산 수용액 상태이다. 아세트산은 약산이므로 용액은 산성이다.

② O
- 완충용량은 약산 HA와 짝염기 A^-가 비슷한 양으로 있을 때 가장 크다. b는 반당량점으로 $[CH_3COOH] = [CH_3COO^-]$이므로 a~d 중 완충용량이 가장 큰 지점이다.

③ O
- c 지점은 반당량점 b 이후, 당량점 d 이전이다. 이 구간에서는 넣은 NaOH 양이 반당량보다 많아 CH_3COO^-가 CH_3COOH보다 많이 존재한다.

④ O
- d 지점은 약산-강염기 적정의 당량점이다. 당량점에서는 CH_3COO^-가 물과 반응하여 OH^-를 만들기 때문에 용액은 염기성이다.

⑤ X
- 틀린 표현은 "아세트산 음이온은 물보다 약한 염기"이다. 올바르게는 아세트산 음이온 CH_3COO^-은 물보다 강한 염기이다. 실제로 CH_3COO^-가 물에서 H^+를 받아 OH^-를 만들기 때문에 당량점 d가 염기성으로 나타난다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 약산의 짝염기라는 이유로 CH_3COO^-를 매우 약한 염기로 착각하게 하는 것이다. 약산의 짝염기는 물보다 강한 염기로 작용할 수 있고, 그 결과 약산-강염기 적정의 당량점 pH는 7보다 크다.

다시 나오면 이렇게 판단

약산-강염기 적정곡선은 당량점 부피를 먼저 찾고, 그 절반에서 $pH = pK_a$를 적용한다. 반당량점 이후 당량점 전에는 짝염기 양이 약산보다 많고, 당량점에서는 짝염기 가수분해 때문에 염기성으로 판단한다.

암기 포인트

약산-강염기 적정은 반당량점에서 $pH = pK_a$, 당량점에서 pH 7 초과이다. 약산의 짝염기는 물보다 강한 염기로 보아야 한다.

NoteBase

문 12. 25°C**에서 고체** $Mg(OH)_2$**의 용해도가 가장 낮은 용매는? (단,** 25°C**에서** $Mg(OH)_2$**의** $K_{sp} = 6 \times 10^{-10}$**이다)**

① 증류수

② 0.1M NaOH 수용액

③ 0.1M $MgCl_2$ 수용액

④ 0.1M HCl 수용액

⑤ 1.0M HCl 수용액

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 난용성 염 $Mg(OH)_2$의 K_{sp}식과 공통 이온 효과를 이용해 어느 용매에서 몰용해도가 가장 작아지는지 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $25\,^{\circ}C$에서 $Mg(OH)_2$의 $K_{sp} = 6 \times 10^{-10}$이다.
구해야 할 값: 고체 $Mg(OH)_2$의 용해도가 가장 낮은 용매이다.
주의할 조건: $Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$이므로 OH^-는 용해도곱식에서 제곱으로 들어간다.

사용할 공식

$K_{sp} = [Mg^{2+}][OH^-]^2$
이 공식을 쓰는 이유: 고체 $Mg(OH)_2$의 용해 평형에서 고체의 농도는 식에 넣지 않고, 용액 속 이온인 Mg^{2+}와 OH^-의 농도만으로 포화 상태의 용해도를 판단하기 때문이다.

계산 과정

순수한 물에서는 몰용해도를 s라 하면 $[Mg^{2+}] = s$, $[OH^-] = 2s$이므로 $K_{sp} = 4s^3$이고 $s \approx 5.3 \times 10^{-4}$이다.
$0.1M\ NaOH$ 수용액에서는 이미 $[OH^-] \approx 0.1M$이므로 $[Mg^{2+}] = \frac{6 \times 10^{-10}}{(0.1)^2} = 6 \times 10^{-8}$이다. 이때 $Mg(OH)_2$의 몰용해도도 약 6×10^{-8}이다.
$0.1M\ MgCl_2$ 수용액에서는 이미 $[Mg^{2+}] \approx 0.1M$이고 $[OH^-] = 2s$이므로 $6 \times 10^{-10} = 0.1(2s)^2$, 따라서 $s \approx 3.9 \times 10^{-5}$이다.
HCl 수용액에서는 H^+가 OH^-를 중화하므로 평형이 오른쪽으로 이동해 $Mg(OH)_2$가 더 잘 녹는다.

NoteBase

선지 판단

① X. 증류수에서는 공통 이온이 없어 $s \approx 5.3 \times 10^{-4}$로, $0.1M\ NaOH$ 수용액에서의 6×10^{-8}보다 훨씬 크다. 틀린 표현은 "증류수"이고, 올바르게는 "공통 이온 OH^-가 있는 $0.1M\ NaOH$ 수용액"이다.
② O. $0.1M\ NaOH$ 수용액은 OH^-를 많이 제공하고, $K_{sp} = [Mg^{2+}][OH^-]^2$에서 OH^-가 제곱으로 작용하므로 $[Mg^{2+}]$와 몰용해도가 약 6×10^{-8}까지 낮아진다.
③ X. $0.1M\ MgCl_2$ 수용액도 Mg^{2+} 공통 이온 효과가 있지만 계산하면 $s \approx 3.9 \times 10^{-5}$로 $0.1M\ NaOH$ 수용액보다 크다. 틀린 표현은 "$0.1M\ MgCl_2$ 수용액"이고, 올바르게는 "$0.1M\ NaOH$ 수용액"이다.
④ X. $0.1M\ HCl$ 수용액에서는 H^+가 OH^-를 제거해 용해 평형이 오른쪽으로 이동하므로 용해도가 감소하지 않고 증가한다. 틀린 표현은 "$0.1M\ HCl$ 수용액"이고, 올바르게는 "산성 용액은 $Mg(OH)_2$의 용해도를 높인다"이다.
⑤ X. $1.0M\ HCl$ 수용액은 ④보다 더 강하게 OH^-를 제거하므로 $Mg(OH)_2$를 더 잘 녹인다. 틀린 표현은 "$1.0M\ HCl$ 수용액"이고, 올바르게는 "강한 산성일수록 $Mg(OH)_2$의 용해도는 더 커진다"이다.
계산 결과 용해도가 가장 작은 용매는 $0.1M\ NaOH$ 수용액이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 Mg^{2+} 공통 이온인 ③을 고르는 것이다. 그러나 $Mg(OH)_2$의 용해도곱식에서는 OH^-가 제곱으로 들어가므로 같은 $0.1M$이라도 OH^-를 직접 넣어 주는 ②의 용해도 감소 효과가 더 크다. 산성 용액 ④, ⑤는 OH^-를 없애므로 난용성 수산화물의 용해도를 낮추는 것이 아니라 높인다.

다시 나오면 이렇게 판단

난용성 수산화물의 용해도 비교 문제는 먼저 K_{sp}식을 쓰고, 공통 이온이 식에서 몇 제곱으로 들어가는지 확인한 뒤, 산이 OH^-를 제거하는 경우와 공통 이온을 넣는 경우를 구분해 판단한다.

암기 포인트

$Mg(OH)_2$처럼 OH^-가 두 개 생기는 수산화물은 K_{sp}식에서 $[OH^-]^2$가 핵심이다. 같은 농도라면 OH^- 공통 이온이 Mg^{2+} 공통 이온보다 용해도를 더 크게 낮춘다.

NoteBase

문 13. BF_3**에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?**

① NH_3와 반응하지 않는다.

② 루이스 구조에서 B는 팔전자 규칙(octet rule)을 만족시키지 못한다.

③ 루이스 산으로 분류된다.

④ 기하학적 구조는 삼각 평면형이다.

⑤ 비공유 전자쌍을 갖는다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 BF_3의 전자 부족 구조, 루이스 산성, 분자 기하 구조를 묻는 문제이다.

핵심 개념

BF_3: 중심 원자 B가 F 세 원자와 단일 결합 3개를 만들며 중심 B 주위 전자는 6개인 전자 부족 분자이다.
루이스 산: 전자쌍을 받는 물질이다. BF_3는 빈 오비탈이 있어 NH_3의 비공유전자쌍을 받을 수 있다.
삼각 평면형: 중심 원자 주위 전자 영역이 3개이고 중심 원자에 비공유전자쌍이 없을 때 나타나는 구조이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 틀린 부분은 "NH_3와 반응하지 않는다"이다.
- 실제로 BF_3는 전자쌍을 받을 수 있는 루이스 산이고, NH_3는 비공유전자쌍을 줄 수 있는 루이스 염기이므로 $F_3B \leftarrow NH_3$ 형태의 배위 결합 생성물을 만든다.

② O
- BF_3에서 중심 B는 B-F 결합 3개만 가지므로 중심 B 주위에는 전자 6개가 있다. 따라서 중심 B는 팔전자 규칙을 만족하지 못한다.

③ O
- 루이스 산은 전자쌍 받개이다. BF_3는 중심 B가 전자 부족 상태이고 빈 오비탈로 전자쌍을 받을 수 있으므로 루이스 산으로 분류된다.

④ O
- BF_3의 중심 B 주위에는 결합 전자 영역 3개가 있고 중심 B의 비공유전자쌍은 없다. 따라서 전자쌍 반발 모형에 따라 기하학적 구조는 삼각 평면형이다.

⑤ O
- BF_3 분자 전체에는 각 F 원자에 비공유전자쌍이 있다. 다만 중심 B에는 비공유전자쌍이 없다는 점을 구별해야 한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 BF_3가 안정한 삼각 평면형 분자라는 사실을 보고 반응성이 없다고 착각하게 하는 것이다. 안정한 기하 구조를 가져도 중심 B는 전자 6개 상태라 전자쌍을 받을 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

중심 원자 주위 전자 수를 먼저 센다. BF_3처럼 중심 원자가 6전자이면 전자 부족 분자이고, 전자쌍을 받는 루이스 산으로 판단한다.

암기 포인트

BF_3는 삼각 평면형, B는 6전자, 루이스 산, NH_3와는 배위 결합 형성이다.

NoteBase

문 14. 다음 중 일차 이온화 에너지가 가장 작은 원소는?

① Cs

② Li

③ K

④ Na

⑤ Rb

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 같은 1족 알칼리 금속에서 일차 이온화 에너지가 주기율표의 아래쪽으로 갈수록 작아지는 경향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

일차 이온화 에너지는 기체 상태의 중성 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어 내는 데 필요한 에너지이다.
같은 족에서는 아래로 갈수록 전자껍질 수가 늘고 원자 반지름이 커지며 안쪽 전자의 차폐 효과도 커져, 최외각 전자가 원자핵에 덜 세게 끌린다.
따라서 1족 원소의 일차 이온화 에너지는 대체로 Li > Na > K > Rb > Cs 순서로 작아진다.

선지별 해설

① O: Cs는 제시된 1족 원소 중 가장 아래쪽에 있는 원소이다. 최외각 전자가 핵에서 가장 멀고 차폐 효과가 가장 커서 일차 이온화 에너지가 가장 작다.
② X: Li는 1족 원소 중 위쪽에 있어 원자 반지름이 작고 최외각 전자가 핵에 강하게 끌린다. 틀린 표현은 Li를 가장 작은 이온화 에너지의 원소로 보는 것이며, 올바르게는 제시된 원소 중 일차 이온화 에너지가 가장 큰 쪽에 해당한다.
③ X: K는 Na보다 아래에 있어 Na보다 일차 이온화 에너지가 작지만, Rb와 Cs보다는 위에 있다. 틀린 표현은 K가 가장 작다는 것이며, 올바르게는 K보다 아래에 있는 Rb와 Cs의 일차 이온화 에너지가 더 작다.
④ X: Na는 Li보다 아래에 있어 Li보다 일차 이온화 에너지가 작지만, K, Rb, Cs보다는 위에 있다. 틀린 표현은 Na가 가장 작다는 것이며, 올바르게는 Na보다 아래쪽 1족 원소들이 더 작은 일차 이온화 에너지를 가진다.
⑤ X: Rb는 K보다 아래에 있어 K보다 일차 이온화 에너지가 작지만, Cs보다는 위에 있다. 틀린 표현은 Rb가 가장 작다는 것이며, 올바르게는 Rb보다 아래에 있는 Cs가 더 작다.

NoteBase

오답 포인트

제시된 선택지가 모두 1족 원소라서 주기별 예외를 따지는 문제가 아니다. ② Li처럼 금속성이 큰 알칼리 금속이라는 이유만 보면 헷갈릴 수 있지만, 같은 족에서는 아래로 갈수록 전자를 떼어 내기 쉬워진다는 세로 방향 경향이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 족 원소의 일차 이온화 에너지를 비교할 때는 주기율표에서 더 아래에 있는 원소를 찾는다. 아래쪽 원소일수록 원자 반지름과 차폐 효과가 커져 최외각 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지가 작아진다.

암기 포인트

1족 일차 이온화 에너지: Li > Na > K > Rb > Cs, 아래로 갈수록 작아진다.

NoteBase

문 15. 메테인과 수증기가 일산화 탄소와 수소로 되는 기체 반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 온도에 따른 반응 엔탈피와 반응 엔트로피의 변화는 무시한다)

$CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$
$\Delta H^\circ = 260 kJ/mol$
$\Delta S^\circ = 216 J/mol \cdot K$

① 반응 온도가 증가하면 반응의 평형상수 값은 작아진다.
② $P_{CH_4}, P_{H_2O}, P_{CO}, P_{H_2}$는 평형에서 각 기체의 부분압일 때, 평형상수(K_p)는 $K_p = \frac{P_{CO} \cdot (P_{H_2})^3}{P_{CH_4} \cdot P_{H_2O}}$로 정의한다.
③ 반응 용기의 부피를 감소시켜 전체 압력을 증가시키면, 평형에서 일산화 탄소의 농도는 감소한다.
④ 촉매를 사용할 때, 촉매의 양은 평형상태 혼합물의 농도변화에 영향을 주지 않는다.
⑤ 반응 온도가 증가하면 평형에 빨리 도달한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 반응 엔탈피가 양수인 흡열 기체 반응에서 온도, 압력, 촉매가 평형상수와 평형 조성 및 도달 속도에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$이다.
$\Delta H^\circ = 260 kJ/mol$이므로 정반응은 흡열 반응이다.
기체 몰수는 반응물 쪽이 $1 + 1 = 2$몰, 생성물 쪽이 $1 + 3 = 4$몰이다.
온도에 따른 ΔH°, ΔS°의 변화는 무시한다.

사용할 공식

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$
$\Delta G^\circ = -RT\ln K$
따라서 $\ln K = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT}$이다.
이 식을 쓰는 이유는 온도 변화에 따른 평형상수의 방향을 ΔH°의 부호로 판단할 수 있기 때문이다. $\Delta H^\circ > 0$이면 온도가 증가할수록 $-\frac{\Delta H^\circ}{RT}$ 항의 음의 크기가 작아져 K는 증가한다.

계산 과정

1. 정반응의 ΔH°가 $+260 kJ/mol$이므로 정반응은 열을 흡수하는 방향이다.
2. 온도가 증가하면 흡열 방향인 생성물 쪽이 유리해진다.
3. $\ln K = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT}$에서 T가 커지면 K가 증가하므로, 온도 증가 시 평형상수 값이 작아진다는 설명은 틀리다.

NoteBase

선지 판단

① X - $\Delta H^\circ > 0$인 흡열 반응이므로 온도가 증가하면 평형상수 K는 커진다. 틀린 표현은 "평형상수 값은 작아진다"이고, 올바르게는 "평형상수 값은 커진다"이다.
② O - 기체 반응의 K_p는 생성물 부분압의 곱을 반응물 부분압의 곱으로 나눈다. 계수는 지수가 되므로 $K_p = \frac{P_{CO}(P_{H_2})^3}{P_{CH_4}P_{H_2O}}$가 맞다.
③ O - 부피를 감소시키면 압력이 증가하고, 평형은 기체 몰수가 더 적은 쪽으로 이동한다. 이 반응은 반응물 쪽이 2몰, 생성물 쪽이 4몰이므로 왼쪽으로 이동하여 생성물인 CO의 평형 농도는 감소한다.
④ O - 촉매는 정반응과 역반응의 활성화 에너지를 함께 낮추어 평형에 도달하는 속도만 바꾼다. 평형상수나 평형상태 혼합물의 농도 조성은 촉매의 양에 의해 변하지 않는다.
⑤ O - 온도가 증가하면 일반적으로 반응 속도상수가 커져 정반응과 역반응 속도가 모두 빨라진다. 따라서 평형 조성은 온도에 따라 달라질 수 있지만, 평형에는 더 빨리 도달한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 온도 증가가 항상 평형상수를 감소시킨다고 착각하게 하는 점이다. 온도 변화에 따른 K의 방향은 ΔS° 값 자체보다 ΔH°의 부호로 먼저 판단한다. 흡열 반응은 온도를 올리면 정반응이 유리해져 K가 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 문제는 먼저 ΔH의 부호로 온도 효과를 판단하고, 다음으로 기체 몰수 차이로 압력 효과를 판단하며, 촉매는 평형 조성이 아니라 도달 속도만 바꾼다고 판단한다.

암기 포인트

흡열 반응은 온도 증가 시 K 증가, 발열 반응은 온도 증가 시 K 감소이다. 압력 증가는 기체 몰수 감소 방향, 촉매는 평형 이동 없음이다.

NoteBase

문 16. 표는 결정질 고체의 세 가지 입방 세포에 대한 특성을 나타낸 것이다. 단위 세포당 원자 수, 입방체 한 변의 길이a와 원자 반지름r의 관계가 ( ) 안에 옳게 짝지어진 것은?

구 분	단순 입방 세포	체심 입방 세포	면심 입방 세포
단위 세포당 원자 수(개)	1	(ㄱ)	(ㄴ)
a와 r의 관계	$a=2r$	(ㄷ)	(ㄹ)

① ㄱ: 1, ㄴ: 2, ㄷ: $a=\sqrt{8}r$, ㄹ: $a=\frac{4}{\sqrt{3}}r$
② ㄱ: 2, ㄴ: 4, ㄷ: $a=\frac{4}{\sqrt{3}}r$, ㄹ: $a=\sqrt{8}r$
③ ㄱ: 1, ㄴ: 2, ㄷ: $a=\frac{4}{\sqrt{3}}r$, ㄹ: $a=\sqrt{8}r$
④ ㄱ: 4, ㄴ: 2, ㄷ: $a=\sqrt{8}r$, ㄹ: $a=\frac{4}{\sqrt{3}}r$
⑤ ㄱ: 2, ㄴ: 4, ㄷ: $a=\sqrt{8}r$, ㄹ: $a=\frac{4}{\sqrt{3}}r$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단순 입방, 체심 입방, 면심 입방 세포의 단위 세포당 원자 수와 입방체 한 변의 길이 a, 원자 반지름 r의 관계를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단순 입방 세포는 단위 세포당 원자 수가 1이고 $a=2r$이다.
구해야 할 값: 체심 입방 세포의 원자 수 ㄱ, 면심 입방 세포의 원자 수 ㄴ, 체심 입방 세포의 a와 r 관계 ㄷ, 면심 입방 세포의 a와 r 관계 ㄹ이다.
주의할 조건: 체심 입방은 몸대각선에서 원자가 접하고, 면심 입방은 면대각선에서 원자가 접한다.

NoteBase

사용할 공식

체심 입방 세포: 꼭짓점 원자 8개가 각각 1/8씩 기여하고 중심 원자 1개가 모두 포함되므로 원자 수는 $8 \times 1/8 + 1 = 2$이다. 몸대각선 길이는 $\sqrt{3}a$이고, 몸대각선 위에서 반지름 4개가 이어지므로 $\sqrt{3}a = 4r$, 따라서 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$이다.
면심 입방 세포: 꼭짓점 원자 8개가 각각 1/8씩, 면 중심 원자 6개가 각각 1/2씩 기여하므로 원자 수는 $8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$이다. 면대각선 길이는 $\sqrt{2}a$이고, 면대각선 위에서 반지름 4개가 이어지므로 $\sqrt{2}a = 4r$, 따라서 $a = \frac{4}{\sqrt{2}}r = \sqrt{8}r$이다.

계산 과정

1. 체심 입방 세포의 단위 세포당 원자 수는 꼭짓점 기여분 1개와 중심 원자 1개를 더해 2개이다. 따라서 ㄱ은 2이다.
2. 면심 입방 세포의 단위 세포당 원자 수는 꼭짓점 기여분 1개와 면 중심 기여분 3개를 더해 4개이다. 따라서 ㄴ은 4이다.
3. 체심 입방 세포는 몸대각선에서 원자가 접하므로 $\sqrt{3}a = 4r$, 즉 ㄷ은 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$이다.
4. 면심 입방 세포는 면대각선에서 원자가 접하므로 $\sqrt{2}a = 4r$, 즉 ㄹ은 $a = \sqrt{8}r$이다.

선지 판단

① X
- ㄱ을 1, ㄴ을 2로 둔 부분이 틀렸다. 체심 입방 세포의 원자 수는 2이고, 면심 입방 세포의 원자 수는 4이다. 또한 ㄷ과 ㄹ의 관계도 서로 바뀌어 있다. 올바르게는 ㄱ=2, ㄴ=4, ㄷ은 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$, ㄹ은 $a = \sqrt{8}r$이다.

② O
- ㄱ=2, ㄴ=4이고, 체심 입방의 몸대각선 관계에서 ㄷ은 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$, 면심 입방의 면대각선 관계에서 ㄹ은 $a = \sqrt{8}r$이므로 모두 맞다.

③ X
- ㄱ을 1, ㄴ을 2로 둔 부분이 틀렸다. ㄷ과 ㄹ의 관계는 맞지만, 단위 세포당 원자 수는 체심 입방 2개, 면심 입방 4개이다. 올바르게는 ㄱ=2, ㄴ=4이다.

④ X
- ㄱ과 ㄴ을 각각 4와 2로 둔 부분이 틀렸고, ㄷ과 ㄹ도 서로 바뀌어 있다. 체심 입방은 2개이고 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$, 면심 입방은 4개이고 $a = \sqrt{8}r$이다.

⑤ X
- ㄱ=2, ㄴ=4는 맞지만 ㄷ과 ㄹ이 서로 바뀌어 있다. 체심 입방의 관계는 몸대각선에서 나오는 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$이고, 면심 입방의 관계는 면대각선에서 나오는 $a = \sqrt{8}r$이다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 체심 입방과 면심 입방의 대각선 종류를 바꾸는 것이다. 체심 입방은 몸대각선 $\sqrt{3}a$, 면심 입방은 면대각선 $\sqrt{2}a$에서 원자가 접한다. 또 체심 입방 원자 수 2와 면심 입방 원자 수 4를 서로 바꾸면 ④처럼 틀린 조합이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

입방 세포 문제는 먼저 단위 세포당 원자 수를 계산하고, 다음으로 원자가 실제로 접하는 대각선을 찾는다. 단순 입방은 변, 체심 입방은 몸대각선, 면심 입방은 면대각선에서 $4r$ 또는 $2r$ 관계가 생긴다고 판단한다.

암기 포인트

원자 수는 단순 1, 체심 2, 면심 4이다. 반지름 관계는 단순 $a = 2r$, 체심 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$, 면심 $a = \sqrt{8}r$로 정리한다.

NoteBase

문 17. Cu는 두 가지 동위원소 ^{63}Cu와 ^{65}Cu로 구성되어 있다. ^{63}Cu의 원자량은 62.93AMU이며, ^{65}Cu는 64.93AMU이다. Cu의 평균 원자량이 63.53AMU일 때, 각 동위원소의 존재량(%)은?

① ^{63}Cu: 30, ^{65}Cu: 70

② ^{63}Cu: 60, ^{65}Cu: 40

③ ^{63}Cu: 70, ^{65}Cu: 30

④ ^{63}Cu: 80, ^{65}Cu: 20

⑤ ^{63}Cu: 90, ^{65}Cu: 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 동위원소의 평균 원자량이 각 동위원소 원자량의 가중평균이라는 원리를 이용해 ^{63}Cu와 ^{65}Cu의 존재비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: ^{63}Cu의 원자량은 $62.93AMU$, ^{65}Cu의 원자량은 $64.93AMU$, Cu의 평균 원자량은 $63.53AMU$이다.
구해야 할 값: 두 동위원소의 존재량(%)이다.
주의할 조건: 두 동위원소만 존재하므로 두 존재비의 합은 100%이다.

사용할 공식

평균 원자량 공식은 다음과 같다.
평균 원자량=m_1x+m_2(1-x)
여기서 x를 ^{63}Cu의 존재비로 두면 $1-x$는 ^{65}Cu의 존재비가 된다. 평균 원자량은 각 동위원소의 원자량에 존재비를 곱해 더한 가중평균이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. ^{63}Cu의 존재비를 x로 둔다.
2. 평균 원자량 식을 세우면 $62.93x + 64.93(1-x) = 63.53$이다.
3. 전개하면 $62.93x + 64.93 - 64.93x = 63.53$이므로 $64.93 - 2.00x = 63.53$이다.
4. $2.00x = 1.40$, 따라서 $x = 0.70$이다.
5. ^{63}Cu는 70%, ^{65}Cu는 30%이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- ^{63}Cu 30%, ^{65}Cu 70%로 계산하면 평균 원자량은 $62.93 \times 0.30 + 64.93 \times 0.70 = 64.33 AMU$이다. 문제의 $63.53 AMU$가 아니므로 틀리다. 틀린 표현은 "30, 70"이고, 올바르게는 "70, 30"이다.

② X
- ^{63}Cu 60%, ^{65}Cu 40%로 계산하면 평균 원자량은 $62.93 \times 0.60 + 64.93 \times 0.40 = 63.73 AMU$이다. 문제의 $63.53 AMU$보다 크므로 틀리다. 틀린 표현은 "60, 40"이고, 올바르게는 "70, 30"이다.

③ O
- ^{63}Cu 70%, ^{65}Cu 30%로 계산하면 $62.93 \times 0.70 + 64.93 \times 0.30 = 63.53 AMU$이다. 문제의 평균 원자량과 일치하므로 맞다.

④ X
- ^{63}Cu 80%, ^{65}Cu 20%로 계산하면 평균 원자량은 $62.93 \times 0.80 + 64.93 \times 0.20 = 63.33 AMU$이다. 문제의 $63.53 AMU$보다 작으므로 틀리다. 틀린 표현은 "80, 20"이고, 올바르게는 "70, 30"이다.

⑤ X
- ^{63}Cu 90%, ^{65}Cu 10%로 계산하면 평균 원자량은 $62.93 \times 0.90 + 64.93 \times 0.10 = 63.13 AMU$이다. 문제의 $63.53 AMU$보다 작으므로 틀리다. 틀린 표현은 "90, 10"이고, 올바르게는 "70, 30"이다.

계산 결과 ^{63}Cu 70%, ^{65}Cu 30%이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

평균 원자량 $63.53 AMU$는 $62.93 AMU$와 $64.93 AMU$ 사이에서 더 가벼운 ^{63}Cu 쪽에 가깝다. 따라서 ^{63}Cu의 존재비가 더 커야 한다. ①처럼 무거운 ^{65}Cu를 더 많게 두거나, ④·⑤처럼 ^{63}Cu를 지나치게 많이 두면 평균 원자량이 맞지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

동위원소 평균 원자량 문제는 한 동위원소의 존재비를 x로 두고, 다른 동위원소의 존재비를 $1 - x$로 둔 뒤 가중평균식을 세워 판단한다. 계산 전에는 평균값이 어느 동위원소의 원자량에 더 가까운지 확인하면 존재비의 크기 관계를 빠르게 검산할 수 있다.

암기 포인트

평균 원자량은 단순평균이 아니라 존재비를 곱한 가중평균이다. 평균값이 가까운 쪽 동위원소일수록 존재비가 더 크다.

문 18. 미지의 고체 시료 xg을 이용하여 500mL 수용액을 제조하였다. 이 중 50mL를 취해 2.0L 수용액이 되도록 희석하였을 때 최종 농도가 0.030M이라면, x는? (단, 고체 시료는 순물질이고 완전히 용해되었으며, 몰질량은 30g/mol이다)

① 1.8

② 4.5

③ 9.0

④ 18

⑤ 36

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원액에서 일부를 취해 희석할 때 용질의 몰수가 보존된다는 점을 이용해 미지 시료의 질량 x를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 고체 시료 질량 xg, 몰질량 $30g/mol$, 처음 수용액 부피 $500mL = 0.500L$, 취한 부피 $50mL = 0.050L$, 최종 부피 $2.0L$, 최종 농도 $0.030M$이다.
구해야 할 값: 처음 녹인 고체 시료의 질량 x이다.
주의할 조건: 최종 $2.0L$ 용액에는 처음 $500mL$ 전체가 아니라 그중 $50mL$에 들어 있던 용질만 들어 있다.

사용할 공식

몰수는 $n = CV$이고, 질량은 $m = nM_w$이다.
또는 희석에서는 취한 용액 속 용질 몰수와 희석 후 용질 몰수가 같으므로 $C_1V_1 = C_2V_2$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 물을 더해 희석해도 용질의 양은 변하지 않고, 농도와 부피만 달라지기 때문이다.

계산 과정

1. 최종 희석 용액에 들어 있는 용질의 몰수를 구한다.
$n = C_2V_2 = 0.030 \times 2.0 = 0.060mol$
2. 이 $0.060mol$은 처음 용액 $50mL$에 들어 있던 용질의 몰수이다.
3. 처음 전체 용액은 $500mL$이고 취한 양은 $50mL$이므로 전체 용질 몰수는 10배이다.
$0.060 \times \frac{500}{50} = 0.600mol$
4. 몰질량이 $30g/mol$이므로 질량은 다음과 같다.
$x = 0.600 \times 30 = 18g$
따라서 $x = 18$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $18g$이므로 1.8은 틀리다. 틀린 표현 1.8 → 올바르게는 18이다. 이는 $500mL$와 $50mL$의 10배 관계 또는 소수점 처리를 한 자리 잘못 적용할 때 나오는 오답이다.

② X
- 계산 결과는 $18g$이므로 4.5는 틀리다. 틀린 표현 4.5 → 올바르게는 18이다. 최종 용액의 몰수 $0.060mol$을 처음 전체 용액의 몰수로 환산하는 10배 과정을 반영해야 한다.

③ X
- 계산 결과는 $18g$이므로 9.0은 틀리다. 틀린 표현 9.0 → 올바르게는 18이다. 처음 용액 전체 $500mL$와 취한 용액 $50mL$의 비율을 정확히 반영하면 $0.600mol$이고, 질량은 $18g$이다.

④ O
- 최종 $2.0L$ 용액의 용질 몰수는 $0.030 \times 2.0 = 0.060mol$이고, 이는 처음 $50mL$에 들어 있던 양이다. 처음 $500mL$ 전체에는 그 10배인 $0.600mol$이 들어 있으므로 질량은 $0.600 \times 30 = 18g$이다.

⑤ X
- 계산 결과는 $18g$이므로 36은 틀리다. 틀린 표현 36 → 올바르게는 18이다. 최종 부피 $2.0L$와 처음 전체 부피 $500mL$를 중복해서 곱하면 실제보다 큰 값이 나온다.

계산 결과 $18g$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 최종 $2.0L$ 용액의 몰수 $0.060mol$을 바로 처음 전체 시료의 몰수로 착각하게 만드는 데 있다. $0.060mol$은 처음 $500mL$ 전체가 아니라 그중 $50mL$에 들어 있던 용질의 몰수이므로, 전체 용액 기준으로 10배 해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

희석 문제는 최종 용액의 몰수 계산 → 그 몰수가 어느 부피의 원액에서 온 것인지 확인 → 원액 전체 부피로 환산 → 몰질량을 곱해 질량 계산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

희석해도 용질 몰수는 보존된다. 일부를 취해 희석한 문제에서는 최종 몰수를 먼저 구하고, 원액 전체와 취한 부피의 비율만큼 다시 환산한다.

NoteBase

문 19. 화학 반응 속도론에서 0차, 1차, 2차 반응에 관한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 0차 반응 속도는 반응물의 농도에 무관하다.
ㄴ. 0차 반응의 반감기는 반응물의 초기 농도와 무관하다.
ㄷ. 1차 반응의 반감기는 반응물의 초기 농도와 무관하다.
ㄹ. 2차 반응의 반감기는 반응물의 초기 농도에 정비례한다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ
⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 0차, 1차, 2차 반응에서 반응 속도의 농도 의존성과 반감기의 초기 농도 의존성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

0차 반응: 속도식이 $v = k$이므로 반응물 농도와 무관하며, 반감기는 $t_{1/2} = [A]_0/(2k)$라서 초기 농도에 비례한다.
1차 반응: 속도식이 $v = k[A]$이고, 반감기는 $t_{1/2} = \ln 2/k$라서 초기 농도와 무관하다.
2차 반응: 속도식이 $v = k[A]^2$ 또는 $v = k[A][B]$ 꼴이며, 단일 반응물 2차 반응의 반감기는 $t_{1/2} = 1/(k[A]_0)$라서 초기 농도에 반비례한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ①은 ㄱ만 옳다고 본 선택지인데, ㄱ뿐 아니라 ㄷ도 옳다. 틀린 표현은 "ㄱ"만 고른 부분이다. 올바르게는 ㄱ, ㄷ을 함께 골라야 한다.

② O
- ㄱ은 0차 반응 속도 $v = k$가 반응물 농도에 무관하므로 옳다. ㄷ은 1차 반응의 반감기 $t_{1/2} = \ln 2/k$가 초기 농도와 무관하므로 옳다. 따라서 ㄱ, ㄷ 조합인 ②가 정답이다.

③ X
- ③은 ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄷ은 옳지만 ㄴ이 틀리고 ㄱ이 빠져 있다. 틀린 표현은 "ㄴ"을 포함한 부분이다. 올바르게는 ㄴ이 아니라 ㄱ을 포함하여 ㄱ, ㄷ이 된다.

④ X
- ④는 ㄴ, ㄹ을 고른 선택지인데, ㄴ과 ㄹ이 모두 틀리다. ㄴ의 틀린 표현은 "0차 반응의 반감기는 반응물의 초기 농도와 무관하다"이다. 실제로 0차 반응의 반감기는 초기 농도에 비례한다. ㄹ의 틀린 표현은 "2차 반응의 반감기는 반응물의 초기 농도에 정비례한다"이다. 실제로 2차 반응의 반감기는 초기 농도에 반비례한다.

⑤ X
- ⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ을 모두 옳다고 본 선택지이다. ㄱ과 ㄷ은 옳지만 ㄴ과 ㄹ은 틀리다. 틀린 표현은 ㄴ의 "초기 농도와 무관"과 ㄹ의 "정비례"이다. 올바르게는 0차 반감기는 초기 농도에 비례하고, 2차 반감기는 초기 농도에 반비례한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 속도식의 농도 의존성과 반감기의 농도 의존성을 섞는 데 있다. 0차 반응은 속도는 농도와 무관하지만 반감기는 초기 농도에 비례한다. 1차 반응만 반감기가 초기 농도와 무관하다.

다시 나오면 이렇게 판단

반감기 문제는 차수별 공식을 먼저 떠올린다. 0차는 $t_{1/2} \propto [A]_0$, 1차는 $t_{1/2}$가 $[A]_0$와 무관, 2차는 $t_{1/2} \propto 1/[A]_0$로 판단한다.

암기 포인트

반감기는 0차 비례, 1차 무관, 2차 반비례이다. 속도는 0차에서만 농도와 무관하다.

NoteBase

문 20. N_2 **기체** 33.6g**과** H_2 **기체** 4.8g**이 반응하여 암모니아 기체가 생성되었다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, N의 몰질량은** 14.0g/mol**, H의 몰질량은** 1.0g/mol**이다)**

① N_2와 H_2는 1:3 몰비로 반응한다.

② 한계 반응물은 H_2이다.

③ H_2가 모두 반응했을 때, 암모니아 0.8mol이 생성된다.

④ 반응이 완전히 진행될 경우, N_2 11.2g이 남는다.

⑤ 암모니아의 실제 수득량이 13.6g일 때, 수율은 50 %이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 암모니아 합성 반응식의 계수비를 이용해 한계 반응물, 남는 반응물의 양, 이론적 수득량과 수율을 판단하는 문제이다.

조건 정리

반응식: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
N_2의 몰질량은 $28.0g/mol$이므로 $33.6g \div 28.0g/mol = 1.2mol$이다.
H_2의 몰질량은 $2.0g/mol$이므로 $4.8g \div 2.0g/mol = 2.4mol$이다.
반응 계수비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 2$이다.

사용할 공식

몰수 계산은 $n = m/M$을 사용한다.
화학 반응에서 실제로 반응 가능한 양은 반응식의 계수비로 비교한다.
이 공식을 쓰는 이유는 주어진 질량을 몰수로 바꾼 뒤, 반응식의 계수비 1 : 3 : 2와 비교해야 한계 반응물과 생성물의 이론량을 정할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 초기 몰수는 $N_2 = 1.2mol$, $H_2 = 2.4mol$이다.
2. $1.2mol$의 N_2가 모두 반응하려면 H_2가 $1.2 \times 3 = 3.6mol$ 필요하다.
3. 실제 H_2는 $2.4mol$뿐이므로 H_2가 한계 반응물이다.
4. H_2 $2.4mol$이 모두 반응하면 소비되는 N_2는 $2.4 \div 3 = 0.8mol$이다.
5. 남는 N_2는 $1.2 - 0.8 = 0.4mol$, 질량은 $0.4 \times 28.0 = 11.2g$이다.
6. 생성되는 NH_3는 $H_2 : NH_3 = 3 : 2$이므로 $2.4 \times \frac{2}{3} = 1.6mol$이다.
7. NH_3의 몰질량은 $17.0g/mol$이므로 이론적 수득량은 $1.6 \times 17.0 = 27.2g$이다.
8. 실제 수득량이 $13.6g$이면 수율은 $13.6 \div 27.2 \times 100 = 50\%$이다.

NoteBase

선지 판단

① O - 반응식 $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$에서 N_2와 H_2는 계수비대로 $1:3$ 몰비로 반응한다.
② O - N_2 $1.2mol$을 모두 반응시키려면 H_2 $3.6mol$이 필요하지만 실제로는 $2.4mol$뿐이므로 한계 반응물은 H_2이다.
③ X - 틀린 표현은 "암모니아 $0.8mol$이 생성된다"이다. H_2가 모두 반응하면 NH_3는 $2.4 \times \frac{2}{3} = 1.6mol$ 생성된다. 올바르게는 "H_2가 모두 반응했을 때, 암모니아 $1.6mol$이 생성된다"이다.
④ O - H_2 $2.4mol$이 모두 반응할 때 소비되는 N_2는 $0.8mol$이므로 남는 N_2는 $0.4mol$이다. 질량은 $0.4 \times 28.0 = 11.2g$이다.
⑤ O - 이론적 NH_3 생성량은 $1.6mol \times 17.0g/mol = 27.2g$이다. 실제 수득량이 $13.6g$이면 $13.6 \div 27.2 \times 100 = 50\%$이므로 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 H_2가 한계 반응물이라는 사실을 찾은 뒤 생성물 몰수까지 계수비로 다시 바꾸어야 한다는 점이다. ③의 $0.8mol$은 소비되는 N_2의 몰수이고, 생성되는 NH_3의 몰수가 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

질량이 주어진 반응량 문제는 질량을 몰수로 바꾼 뒤, 반응식 계수비로 한계 반응물을 정하고, 그 한계 반응물 기준으로 생성물과 남는 반응물의 양을 계산한다.

암기 포인트

한계 반응물 문제에서 생성물 양은 항상 한계 반응물의 몰수와 반응식 계수비로 계산한다. 이 문제에서는 $H_2 : NH_3 = 3:2$이므로 H_2 $2.4mol$에서 NH_3 $1.6mol$이 나온다.

NoteBase

문 21. 분자의 극성 크기를 비교한 것으로 옳은 것은?

① $CH_3Cl < CHCl_3 < CCl_4$

② $SO_3 < SO_2 < CS_2$

③ $H_2S < SO_3 < SOCl_2$

④ $CH_3Cl < CH_2Cl_2 < CCl_4$

⑤ $SiH_4 < H_2S < H_2O$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 분자의 극성 크기를 분자 모양의 대칭성, 결합쌍극자의 벡터 합, 원자 간 전기음성도 차이로 비교하는 문제이다.

핵심 개념

분자의 극성은 각 결합쌍극자가 분자 전체에서 상쇄되는지, 남는 합성 쌍극자가 있는지로 결정된다.
대칭 구조인 CCl_4, SO_3, CS_2, SiH_4는 결합 자체에 극성이 있더라도 벡터 합이 0이 되어 무극성이다.
굽은형 분자인 H_2O, H_2S, 비대칭 치환 분자인 CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$, 피라미드형 계열인 $SOCl_2$는 쌍극자가 완전히 상쇄되지 않아 극성을 가진다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 부분은 CCl_4가 가장 큰 극성을 가진다는 배열이다. CCl_4는 정사면체 대칭 구조라 C-Cl 결합쌍극자가 모두 상쇄되어 무극성이다. 올바르게는 $CCl_4 < CHCl_3 < CH_3Cl$로 본다.

② X
틀린 부분은 CS_2가 SO_2보다 극성이 크다는 배열이다. CS_2는 선형 대칭 구조라 무극성이고, SO_2는 굽은형 구조라 극성을 가진다. 올바르게는 $SO_3 = CS_2 < SO_2$로 본다.

③ X
틀린 부분은 SO_3가 H_2S보다 극성이 크다는 배열이다. SO_3는 평면 삼각형 대칭 구조라 무극성이고, H_2S는 굽은형 구조라 극성을 가진다. 올바르게는 $SO_3 < H_2S < SOCl_2$로 본다.

④ X
틀린 부분은 CCl_4가 가장 큰 극성을 가진다는 배열이다. CCl_4는 대칭 구조로 무극성이고, CH_3Cl과 CH_2Cl_2는 비대칭 구조라 극성을 가진다. 올바르게는 $CCl_4 < CH_2Cl_2 < CH_3Cl$로 본다.

⑤ O
SiH_4는 정사면체 대칭 구조라 무극성이다. H_2S와 H_2O는 모두 굽은형 구조라 극성이 있지만, O-H 결합의 전기음성도 차이가 S-H 결합보다 커서 H_2O의 극성이 더 크다. 따라서 $SiH_4 < H_2S < H_2O$가 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 결합의 극성과 분자의 극성을 혼동하게 만드는 것이다. C-Cl, S-O 결합처럼 극성 결합이 있어도 CCl_4나 SO_3처럼 구조가 대칭이면 분자 전체의 극성은 0이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 분자 모양이 대칭인지 확인한다. 대칭이면 결합쌍극자가 상쇄되어 무극성으로 판단하고, 비대칭이면 남는 쌍극자의 방향과 전기음성도 차이를 비교한다.

암기 포인트

극성 비교는 전기음성도만이 아니라 모양이 먼저이다. 대칭 분자는 0, 굽은형·비대칭 분자는 쌍극자가 남는다.

NoteBase

문 22. 1,200torr, 27°C**의 이상 기체** 326mL**를** 652torr**, 영하** 23°C**로 변화시켰을 때, 이상 기체의 부피(**mL**)는? (단, 기체 상수는** 0.08L · atm/mol · K**이며,** 1atm**은** 760torr**이다)**

① 0.5

② 2

③ 500

④ 600

⑤ 2,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$와 결합 기체 법칙을 이용해 같은 몰수의 기체가 압력과 온도 변화 후 차지하는 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 압력 $P_1 = 1,200torr$, 처음 부피 $V_1 = 326mL$, 처음 온도 $T_1 = 27^\circ C = 300K$이다.
변화 후 압력은 $P_2 = 652torr$, 변화 후 온도는 $T_2 = -23^\circ C = 250K$이다.
구해야 할 값은 변화 후 부피 V_2이다.
주의할 조건은 온도를 반드시 절대온도 K로 바꾸고, 압력 단위는 양변에서 같은 $torr$를 쓰면 서로 약분된다는 점이다.

사용할 공식

몰수가 변하지 않는 이상기체는 다음 식을 사용한다.
$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$
이 공식을 쓰는 이유는 같은 이상기체의 양 n과 기체 상수 R이 일정하므로 PV/T가 일정하기 때문이다.

계산 과정

결합 기체 법칙에서 V_2를 정리한다.
$V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1}$
값을 대입한다.
$V_2 = \frac{1,200 \times 326 \times 250}{652 \times 300} mL$
계산하면 다음과 같다.
$V_2 = 500mL$
따라서 변화 후 이상기체의 부피는 500 mL이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 계산 결과는 500 mL이므로 0.5 mL는 틀리다. 틀린 표현 0.5 → 올바르게는 500 mL이다.
② X: 계산 결과는 500 mL이므로 2 mL는 틀리다. 틀린 표현 2 → 올바르게는 500 mL이다.
③ O: 결합 기체 법칙으로 계산한 변화 후 부피가 500 mL이므로 맞다.
④ X: 계산 결과는 500 mL이므로 600 mL는 틀리다. 틀린 표현 600 → 올바르게는 500 mL이다.
⑤ X: 계산 결과는 500 mL이므로 2,000 mL는 틀리다. 틀린 표현 2,000 → 올바르게는 500 mL이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 섭씨온도를 그대로 쓰거나 압력과 온도 비율을 거꾸로 곱하는 실수이다. 이 문제에서는 $27\,^\circ C$를 $300K$, $-23\,^\circ C$를 $250K$로 바꾸어야 하며, 압력이 낮아지는 효과는 부피를 키우고 온도가 낮아지는 효과는 부피를 줄인다.

다시 나오면 이렇게 판단

기체의 양이 일정한 압력·부피·온도 변화 문제는 온도를 K로 변환한 뒤 $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$에 대입하고, 최종 단위가 문제에서 묻는 부피 단위와 맞는지 확인한다.

암기 포인트

이상기체의 양이 일정하면 PV/T가 일정하고, 섭씨온도는 계산 전에 반드시 절대온도 K로 바뀐다.

NoteBase

문 23. 25°C 에서 Zn과 Cu를 전극으로 사용하는 다음 화학 전지의 이론적 기전력(V)은?

Zn(s) | Zn^2+(1.0 M 수용액) || Cu^+(1.0 M 수용액) | Cu(s)
25°C, 표준환원전위 $E^\circ_{Cu^+/Cu} = 0.52V$
$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$

① -1.28
② -0.24
③ 0
④ 0.24
⑤ 1.28

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 표준환원전위로 표준 전지의 이론적 기전력 E°_{cell}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 전지: $Zn(s) \mid Zn^{2+}(1.0M) \parallel Cu^+(1.0M) \mid Cu(s)$
주어진 표준환원전위: $E^\circ_{Cu^+/Cu} = 0.52V$, $E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$
구해야 할 값: 표준 전지 기전력 E°_{cell}
주의할 조건: 25도, 1.0 M 표준 상태이므로 농도 보정은 하지 않는다.

사용할 공식

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$
이 전지에서 오른쪽의 Cu^+/Cu 전극은 환원극, 왼쪽의 Zn^{2+}/Zn 전극은 산화극이다. 표에 주어진 값은 모두 환원전위이므로 산화극도 환원전위 값을 그대로 넣어 빼야 한다.

계산 과정

1. 환원극 전위는 $Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$ 이므로 $E^\circ_{cathode} = 0.52V$이다.
2. 산화극은 $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ 이지만, 공식에는 Zn^{2+}/Zn의 환원전위 $-0.76V$를 넣는다.
3. 따라서 $E^\circ_{cell} = 0.52 - (-0.76) = 1.28V$ 이다.
4. 반쪽 반응의 전자 수를 맞추더라도 전위는 세기 성질이므로 E° 값에 계수를 곱하지 않는다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $1.28V$이므로 $-1.28V$가 아니다. 틀린 표현 -1.28은 두 전극의 방향을 거꾸로 보아 $(-0.76) - 0.52$로 계산한 값이고, 올바르게는 $0.52 - (-0.76) = 1.28$이다.

② X
- 계산 결과는 $1.28V$이므로 $-0.24V$가 아니다. 틀린 표현 -0.24는 두 표준환원전위를 단순히 더해 $0.52 + (-0.76)$로 처리한 값이고, 올바르게는 환원극 전위에서 산화극의 환원전위를 빼야 한다.

③ X
- 서로 다른 표준환원전위의 차가 존재하므로 기전력은 0이 아니다. 틀린 표현 0은 전위차가 없다고 본 것이고, 올바르게는 두 전극 전위의 차 $1.28V$가 생긴다.

④ X
- 계산 결과는 $1.28V$이므로 $0.24V$가 아니다. 틀린 표현 0.24는 $0.76 - 0.52$처럼 절댓값 차만 취한 값이고, 올바르게는 부호가 포함된 환원전위 차 $0.52 - (-0.76)$를 계산한다.

⑤ O
- 표준 전지 기전력은 $0.52 - (-0.76) = 1.28V$이므로 ⑤의 1.28이 맞다.

계산 결과 $1.28V$이므로 정답은 5번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 산화 전극의 표준환원전위 부호 처리이다. Zn이 산화된다고 해서 공식에 넣는 값을 임의로 바꾸거나, 두 전위를 단순히 더하면 ②처럼 $-0.24V$가 나온다. 또한 전위를 반응식 계수만큼 곱하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

전지식에서 왼쪽은 산화극, 오른쪽은 환원극으로 판단한다. 표준환원전위가 주어지면 $E^\circ_{cell} = E^\circ_{right} - E^\circ_{left}$로 계산하고, 전자 수를 맞추어도 전위값에는 계수를 곱하지 않는다.

암기 포인트

표준 전지 기전력은 오른쪽 환원전위에서 왼쪽 환원전위를 뺀 값이다. 전위는 계수배하지 않는다.

NoteBase

문 24. 테르밋 반응은 발열반응이고, 다음과 같은 산화-환원 반응식으로 표현된다.

27g의 Al(*s*)과 160g의 $Fe_2O_3(s)$를 반응시킬 때 발생하는 반응열(kJ)을 표의 표준생성엔탈피(ΔH_f°)를 이용하여 계산한 것은?

$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

	$\Delta H_f^\circ\,(\mathrm{kJ/mol})$	몰질량 $(\mathrm{g/mol})$
$Fe_2O_3(s)$	−820	160
$Al_2O_3(s)$	−1,670	102
$Al(s)$	0	27
$Fe(l)$	12	56

① -413

② -826

③ -1,233

④ -1,652

⑤ -2,466

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 표준생성엔탈피로 반응엔탈피를 구한 뒤, 주어진 질량에서 제한 반응물을 반영해 실제 발생 열량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응식: $2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

주어진 질량: Al은 $27g$, Fe_2O_3는 $160g$이다.

몰질량에 따른 몰수: $Al = 27g \div 27g/mol = 1mol$, $Fe_2O_3 = 160g \div 160g/mol = 1mol$이다.

반응식 1회분에는 $2mol$의 Al과 $1mol$의 Fe_2O_3가 필요하므로, Al이 제한 반응물이고 반응은 반응식 계수의 절반만 진행된다.

NoteBase

사용할 공식

반응엔탈피는 Δ H^=Σ nΔ H_f^(생성물)-Σ nΔ H_f^(반응물)이다.
표에 표준생성엔탈피가 주어졌고 반응식이 완결되어 있으므로, 생성물의 생성엔탈피 합에서 반응물의 생성엔탈피 합을 빼서 반응식 1회분의 열량을 구한다.

계산 과정

1. 반응식 1회분의 반응엔탈피를 계산한다.
$\Delta H^\circ = \{(-1670) + 2(12)\} - \{2(0) + (-820)\}$
$\Delta H^\circ = (-1670 + 24) - (-820) = -826kJ$
2. 주어진 Al의 몰수는 $1mol$인데, 반응식 1회분은 $2mol$의 Al을 필요로 한다.
3. 따라서 실제 반응량은 반응식 1회분의 $\frac{1}{2}$이고, 발생하는 반응열은 $-826kJ \times \frac{1}{2} = -413kJ$이다.

선지 판단

① O
- 실제 반응은 반응식 1회분의 절반만 진행되므로 $-826kJ \times \frac{1}{2} = -413kJ$이다.

② X
- $-826kJ$는 반응식 그대로 $2mol$의 Al과 $1mol$의 Fe_2O_3가 모두 반응할 때의 값이다. 이 문제에서는 Al이 $1mol$뿐이므로 절반만 반응한다. 틀린 표현 $-826kJ$ → 올바르게는 $-413kJ$이다.

③ X
- $-1233kJ$는 반응식 1회분의 1.5배에 해당하는 크기이지만, 주어진 Al은 반응식 1회분의 절반만 만들 수 있다. 틀린 표현 $-1233kJ$ → 올바르게는 $-413kJ$이다.

④ X
- $-1652kJ$는 반응식 1회분의 약 2배로 계산한 값에 해당한다. 그러나 Fe_2O_3가 $1mol$ 있어도 Al이 부족하므로 2배 반응은 불가능하다. 틀린 표현 $-1652kJ$ → 올바르게는 $-413kJ$이다.

⑤ X
- $-2466kJ$는 반응식 1회분보다 훨씬 큰 반응량을 가정한 값이다. 주어진 Al 기준으로는 0.5회분만 반응하므로 이런 열량이 나올 수 없다. 틀린 표현 $-2466kJ$ → 올바르게는 $-413kJ$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 표준생성엔탈피 계산값 $-826kJ$를 그대로 답으로 고르는 것이다. $-826kJ$는 반응식 계수대로 $2mol$의 Al이 반응할 때의 값이고, 문제의 $27g$ Al은 $1mol$이므로 실제 열량은 절반이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

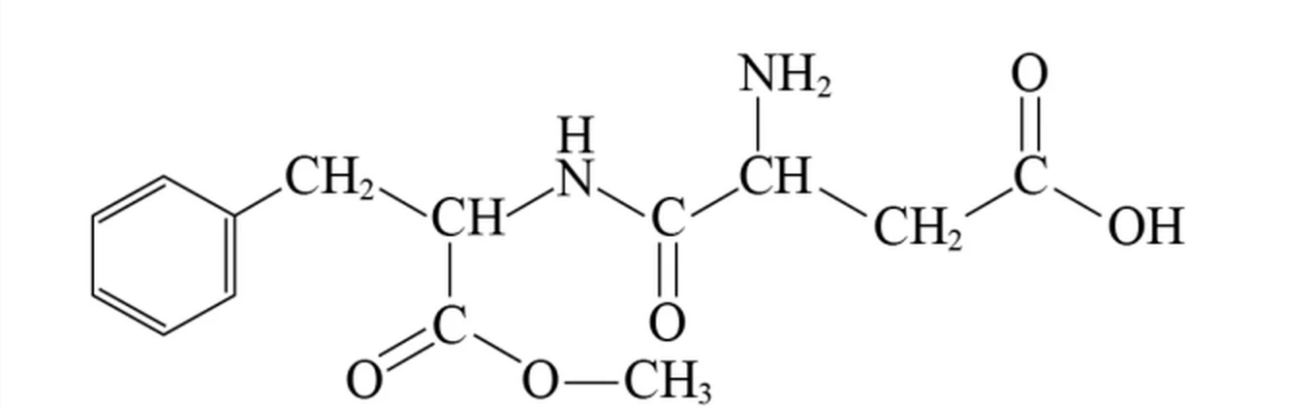
열화학 계산형 문항은 먼저 Δ H^=Σ Δ H_f^(생성물)-Σ Δ H_f^(반응물)로 반응식 1회분의 엔탈피를 구하고, 그다음 주어진 질량을 몰수로 바꾸어 제한 반응물과 반응 배수를 확인한다.

암기 포인트

생성엔탈피 계산값은 '반응식 계수대로 반응할 때'의 값이다. 실제 질량 문제가 붙으면 반드시 몰수와 제한 반응물을 한 번 더 확인한다.

NoteBase

문 25. 그림은 아스파탐의 구조식이다. 아스파탐 구조에 존재하지 않는 작용기는?



① 카복시기

② 에스터기

③ 아미노기

④ 아마이드기

⑤ 케톤기

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 아스파탐 구조식에서 작용기의 결합 형태를 보고 존재하는 작용기와 존재하지 않는 작용기를 구별하는 문제이다. 구조에는 카복시기, 에스터기, 아미노기, 아마이드기가 보이지만 케톤기는 보이지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① 카복시기 O
- 오른쪽 끝에 $-COOH$가 있으므로 카복시기가 존재한다.

② 에스터기 O
- 왼쪽 아래 곁가지에 $-COOCH_3$가 있으므로 에스터기가 존재한다. 에스터기는 카보닐 탄소가 $-OR$와 연결된 구조이다.

③ 아미노기 O
- 가운데 오른쪽 탄소 위에 $-NH_2$가 있으므로 아미노기가 존재한다.

④ 아마이드기 O
- 가운데에 $-CONH-$ 결합이 있으므로 아마이드기가 존재한다. 펩타이드 결합도 아마이드 결합에 해당한다.

⑤ 케톤기 X
- 케톤기는 카보닐 탄소가 양쪽 모두 탄소와 결합한 $R-CO-R'$ 구조이다. 그림의 카보닐기는 카복시기, 에스터기, 아마이드기에 포함되어 있으며 케톤기가 아니다. 틀린 표현은 "케톤기"이고, 올바르게는 "아스파탐 구조에는 케톤기가 존재하지 않는다"이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 카보닐기 $C=O$를 모두 케톤기로 착각하게 하는 것이다. $C=O$가 보여도 옆에 $-OH$, $-OR$, $-NH-$가 붙어 있으면 각각 카복시기, 에스터기, 아마이드기로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

구조식에서 $C=O$를 먼저 찾고, 카보닐 탄소에 붙은 원자를 확인한다. $-OH$가 붙으면 카복시기, $-OR$가 붙으면 에스터기, $-NH-$가 붙으면 아마이드기, 양쪽이 탄소이면 케톤기로 판단한다.

암기 포인트

카보닐 하나로 바로 케톤이라고 보지 않는다. 카복시기는 $-COOH$, 에스터기는 $-COOR$, 아마이드는 $-CONH-$, 케톤은 $R-CO-R'$이다.

NoteBase