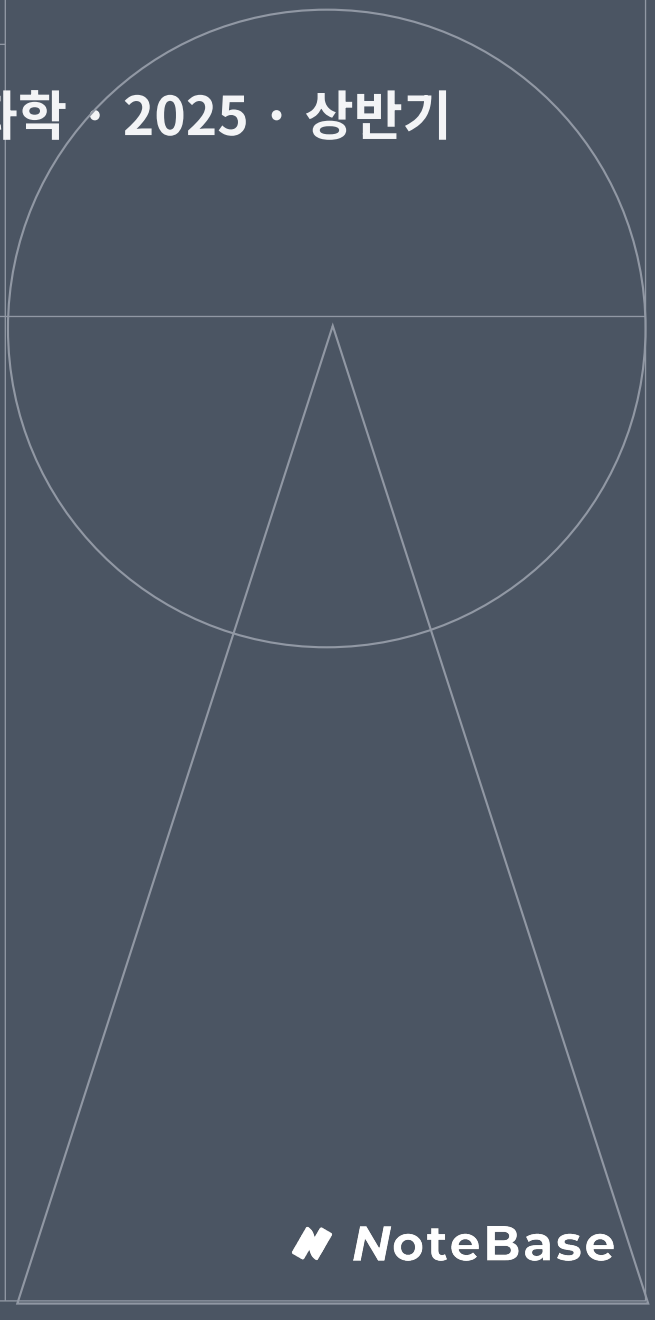
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2025 · 상반기



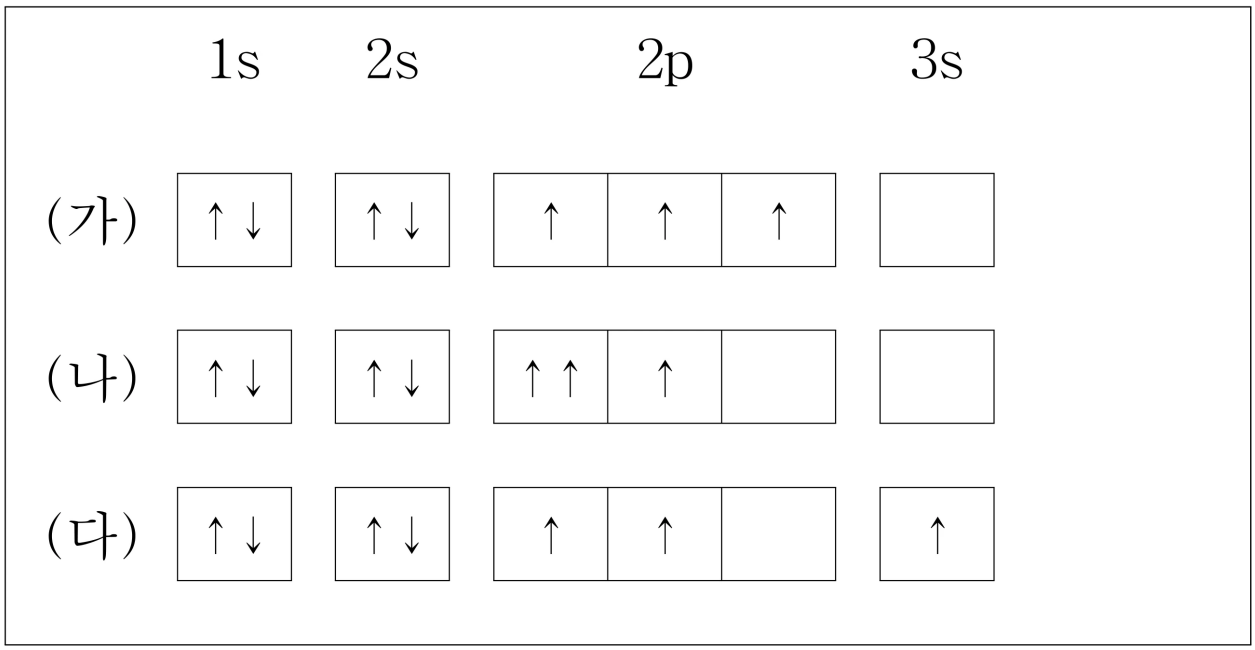
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2025 · 상반기

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2025 · 상반기

문 1. 그림 (가) ~ (다)는 질소 원자의 전자 배치를 나타낸 것이다. 다음 <보기> 중 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?



<보기>

㉠ (가)는 훈트(Hund)의 규칙에 어긋난다.

㉡ (나)는 파울리(Pauli)의 배타 원리에 어긋난다.

㉢ (다)에서 (가)로 될 때 에너지를 흡수한다.

① ㉠

② ㉡

③ ㉠, ㉡

④ ㉡, ㉢

정답 2번

NoteBase

출제 포인트

질소 원자의 오비탈 상자 그림에서 훈트의 규칙과 파울리 배타 원리의 위반 여부를 구별하고, 바닥상태와 들뜬상태 사이의 전이에서 에너지의 흡수·방출을 판단하는 문제이다. 질소의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$ 이며, 세 개의 $2p$ 오비탈에 전자가 같은 방향의 스핀으로 하나씩 들어간다.

선지별 해설

① X
- ㉠만 옳다고 한 선택지이지만, (가)의 세 $2p$ 전자는 에너지가 같은 세 오비탈에 같은 방향의 스핀으로 하나씩 배치되어 훈트의 규칙을 따른다.
- 틀린 표현 '(가)는 훈트의 규칙에 어긋난다' → 올바르게는 '(가)는 훈트의 규칙을 따른다'이다.

② O
- ㉡만 옳다. (나)의 첫 번째 $2p$ 오비탈에는 같은 방향의 스핀을 가진 전자 두 개가 함께 들어 있으므로, 한 오비탈의 두 전자는 반대 방향의 스핀을 가져야 한다는 파울리 배타 원리에 어긋난다.

③ X
- ㉠과 ㉡이 모두 옳다고 한 선택지이지만, ㉡만 옳고 ㉠은 틀리다.
- 틀린 표현 '㉠, ㉡' → 올바르게는 '㉡'만 해당한다.

④ X
- ㉡과 ㉢이 모두 옳다고 한 선택지이지만, ㉡만 옳고 ㉢은 틀리다. (다)는 $2p$ 전자 하나가 더 높은 에너지의 $3s$ 오비탈로 들뜬 상태이므로, (다)에서 더 낮은 에너지의 바닥상태 (가)로 전이할 때에는 에너지를 방출한다.
- 틀린 표현 '(다)에서 (가)로 될 때 에너지를 흡수한다' → 올바르게는 '(다)에서 (가)로 될 때 에너지를 방출한다'이다.

오답 포인트

훈트의 규칙과 파울리 배타 원리를 혼동하기 쉽다. 훈트의 규칙은 에너지가 같은 여러 오비탈 사이의 배치 원칙이고, 파울리 배타 원리는 한 오비탈 안의 두 전자 스핀이 서로 반대여야 한다는 원칙이다. 또한 높은 에너지 상태인 (다)에서 낮은 에너지 상태인 (가)로 내려갈 때는 에너지를 흡수하는 것이 아니라 방출한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 한 상자 안의 전자 두 개가 반대 스핀인지 확인하여 파울리 배타 원리를 판단한다. 다음으로 에너지가 같은 여러 상자에 전자가 하나씩 같은 방향의 스핀으로 먼저 채워졌는지 확인하여 훈트의 규칙을 판단한다.
마지막으로 낮은 준위에서 높은 준위로 이동하면 에너지 흡수, 높은 준위에서 낮은 준위로 이동하면 에너지 방출로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

한 오비탈에서는 반대 스핀(파울리), 같은 에너지의 여러 오비탈에는 하나씩 같은 스핀부터(훈트), 위로 가면 흡수하고 아래로 오면 방출한다.

NoteBase

문 2. <보기 1>은 X와 Y로 이루어진 화합물 A, B에 대한 설명이다. 다음 <보기 2> 중 <보기 1>에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면? (단, X, Y는 임의의 원소 기호이다)

<보기 1>
◯ A와 B의 분자당 구성 원자 수는 A는 2, B는 3이다.
◯ 같은 질량의 A와 B에 들어있는 원소 Y의 질량비는 7:9이다.
<보기 2>
㉠ A는 2원자 화합물이다.
㉡ B는 XY_2이다.
㉢ 각 화합물 1 g당 원소 X의 질량은 B가 A보다 크다.

① ㉠
② ㉠, ㉡
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 2번

출제 포인트

분자당 구성 원자 수로 화학식을 정하고, 같은 질량의 시료에서는 원소의 질량이 그 원소의 질량 백분율에 비례한다는 점을 이용해 옳은 진술을 판별하는 문제이다.

조건 정리

원소 X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 한다. A는 X와 Y로 이루어지고 분자당 원자 수가 2이므로 XY이다. B는 분자당 원자 수가 3이므로 가능한 화학식은 X_2Y 또는 XY_2이다. 같은 질량의 A와 B에 들어 있는 Y의 질량비 7:9는 두 화합물에서 Y의 질량 분율의 비와 같다.

사용할 공식

화합물에서 Y의 질량 분율은 한 분자에 포함된 Y의 총질량화합물의 분자량이다. 같은 질량의 두 시료에서는 Y의 질량비=Y의 질량 분율의 비가 성립한다.

NoteBase

계산 과정

1. A가 XY이므로 Y의 질량 분율은 $\frac{y}{x+y}$이다.
2. B가 X_2Y라면 Y의 질량 분율은 $\frac{y}{2x+y}$이다. 이때 A:B의 Y 질량비는 $\frac{2x+y}{x+y} > 1$인데, 주어진 비 $\frac{7}{9} < 1$과 모순이다. 따라서 B는 XY_2이다.
3. B가 XY_2일 때 $\frac{y}{x+y} : \frac{2y}{x+2y} = 7 : 9$이므로 $9(x+2y) = 14(x+y)$, 즉 $4y = 5x$이다. 따라서 $x : y = 4 : 5$이다.
4. X의 질량 분율은 A에서 $\frac{x}{x+y} = \frac{4}{9}$, B에서 $\frac{x}{x+2y} = \frac{2}{7}$이다. 그러므로 화합물 1 g에 들어 있는 X의 질량은 A가 B보다 크다.

따라서 ㉠과 ㉡은 옳고 ㉢은 옳지 않다.

선지 판단

① X — '㉠만 옳다'는 틀렸다. ㉠뿐 아니라 ㉡도 옳으므로, 올바르게는 '㉠, ㉡'이다.
② O — ㉠과 ㉡은 옳고 ㉢은 옳지 않으므로 옳은 진술의 조합은 '㉠, ㉡'이다.
③ X — '㉡, ㉢'은 틀렸다. ㉢과 달리 ㉠이 옳으므로, 올바르게는 '㉠, ㉡'이다.
④ X — '㉠, ㉡, ㉢'은 틀렸다. ㉢은 B의 X 질량 분율 $\frac{2}{7}$이 A의 $\frac{4}{9}$보다 작다는 점에 어긋난다. 올바르게는 '㉠, ㉡'이다.

오답 포인트

Y의 질량비 7:9를 원자 수의 비로 바로 해석하면 안 된다. 같은 질량의 화합물을 비교하므로 먼저 각 화합물에서 Y의 질량 분율을 구해야 한다. 또한 ㉢은 Y가 아니라 X의 질량을 묻기 때문에, 결정된 원자량비로 X의 질량 분율을 별도로 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

분자당 원자 수로 가능한 화학식을 먼저 좁힌 뒤, 같은 질량 조건을 질량 분율의 비로 바꾸어 화학식과 원자량비를 결정한다. 마지막에는 문제에서 묻는 원소의 질량 분율을 각 화합물에서 직접 비교한다.

암기 포인트

같은 질량의 화합물에서 특정 원소의 질량비는 그 원소의 질량 분율의 비와 같다.

NoteBase

문 3. 부피가 48 L인 용기 속에 어떤 기체 4 g이 들어 있다. 용기 안의 온도는 27 ℃이고 내부 압력은 760 mmHg이다. 용기 안에 들어있는 기체로 가장 타당한 것은? (단, 기체 상수는 0.08 atm · L/mol · K이고 기체는 이상기체로 가정한다)

① H_2

② He

③ N_2

④ O_2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$로 기체의 몰수를 구한 뒤, 질량을 몰수로 나누어 몰 질량을 판별하는 문제이다.

조건 정리

압력: $760 mmHg = 1 atm$

부피: $48 L$

온도: $27\,^\circ C = 300 K$

질량: $4 g$

기체 상수: $R = 0.08 atm \cdot L mol^{-1} K^{-1}$

구해야 할 값은 기체의 몰 질량이다. 이상기체 상태방정식에는 섭씨온도가 아니라 절대온도인 켈빈을 사용한다.

사용할 공식

이상기체 상태방정식은 $PV = nRT$이고, 몰수는 $n = PV/(RT)$이다. 몰 질량 M은 $M = m/n$으로 구한다. 용기 속 기체가 이상기체라는 조건이 주어졌으므로 압력·부피·온도로 몰수를 계산할 수 있다.

계산 과정

먼저 기체의 몰수를 구한다.

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1 atm)(48 L)}{(0.08 atm \cdot L mol^{-1} K^{-1})(300 K)} = 2 mol$$

따라서 몰 질량은 다음과 같다.

$$M = \frac{m}{n} = \frac{4 g}{2 mol} = 2 g/mol$$

몰 질량이 $2 g/mol$인 기체는 H_2이다.

NoteBase

선지 판단

① O — H_2의 몰 질량은 $2g/mol$이므로 계산 결과와 일치한다.
② X — He의 몰 질량은 $4g/mol$이므로 계산 결과인 $2g/mol$과 다르다. 틀린 선택지를 올바르게 고치면 기체는 He가 아니라 H_2이다.
③ X — N_2의 몰 질량은 $28g/mol$이므로 계산 결과와 다르다. 틀린 선택지를 올바르게 고치면 기체는 N_2가 아니라 H_2이다.
④ X — O_2의 몰 질량은 $32g/mol$이므로 계산 결과와 다르다. 틀린 선택지를 올바르게 고치면 기체는 O_2가 아니라 H_2이다.

오답 포인트

온도 27을 그대로 $PV = nRT$에 넣거나 $760mmHg$를 $1atm$으로 바꾸지 않으면 몰수가 틀어진다. 또한 계산으로 얻은 $2g/mol$은 용기 속 전체 질량이 아니라 기체 1몰의 질량인 몰 질량이라는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

압력과 온도를 기체 상수의 단위에 맞춘 뒤 $PV = nRT$로 몰수 n을 구하고, $M = m/n$으로 몰 질량을 계산하여 후보 기체와 비교한다.

암기 포인트

기체의 정체는 $PV = nRT$로 몰수를 구한 뒤 $M = m/n$으로 판별한다. 섭씨온도에는 273을 더해 켈빈으로 바꾼다.

NoteBase

문 4. 0 ℃, 1 atm에서 메탄올 64 g을 완전히 연소시켰을 때 생성되는 이산화탄소의 부피는 몇 L인가? (단, 모든 기체는 이상기체이며 C, H, O의 원자량은 각각 12, 1, 16으로 가정한다)

① 11.2 L

② 22.4 L

③ 44.8 L

④ 67.2 L

정답 3번

출제 포인트

메탄올의 몰수를 구한 뒤 연소 반응식의 몰비와 표준 상태의 기체 몰 부피를 이용하여 생성되는 이산화탄소의 부피를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 메탄올의 질량은 $64g$이고, 온도와 압력은 $0^\circ C$, $1atm$이다.
구해야 할 값: 완전 연소로 생성되는 이산화탄소의 부피이다.
주의할 조건: $0^\circ C$, $1atm$에서 이상기체 $1mol$의 부피는 $22.4L$이다.

사용할 공식

메탄올의 몰질량은
$M_{CH_3OH} = 12 + 4 \times 1 + 16 = 32g/mol$
이고, 몰수와 기체 부피는 각각
$n = \frac{m}{M}, \qquad V = n \times 22.4L/mol$
로 구한다. 질량으로 주어진 메탄올을 몰수로 바꾸고, 반응식에서 메탄올과 이산화탄소의 몰비가 1:1임을 적용해야 하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 메탄올의 몰수를 구한다.
$n_{CH_3OH} = \frac{64g}{32g/mol} = 2mol$
2. 완전 연소 반응식은 다음과 같다.
$2CH_3OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 4H_2O$
메탄올과 이산화탄소의 계수비가 2:2, 즉 1:1이므로 이산화탄소는 $2mol$ 생성된다.
3. 표준 상태에서 이산화탄소의 부피를 구한다.
$V_{CO_2} = 2mol \times 22.4L/mol = 44.8L$

NoteBase

선지 판단

① X — 11.2L는 계산 결과인 44.8L의 4분의 1이므로 옳지 않다. '11.2L'는 '44.8L'로 고쳐야 한다.
② X — 22.4L는 표준 상태에서 기체 1mol의 부피이지만, 생성된 이산화탄소는 2mol이므로 옳지 않다. '22.4L'는 '44.8L'로 고쳐야 한다.
③ O — 이산화탄소 2mol에 몰 부피 22.4L/mol을 곱하면 44.8L이므로 옳다.
④ X — 67.2L는 이산화탄소를 3mol로 잘못 본 값이다. 반응식에서 메탄올과 이산화탄소의 몰비는 1:1이므로 '67.2L'는 '44.8L'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

메탄올 64g을 곧바로 기체 부피로 바꾸거나, 반응식의 산소 계수 3을 이산화탄소의 몰수로 착각하기 쉽다. 먼저 메탄올의 몰질량 32g/mol로 몰수를 구한 뒤, 메탄올과 이산화탄소의 1:1 몰비를 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소 기체 부피 문제는 '연료의 질량을 몰수로 변환 → 반응식의 계수비 적용 → 주어진 온도와 압력에서의 몰 부피 적용' 순서로 판단한다.

암기 포인트

CH_3OH 1mol이 완전 연소하면 CO_2 1mol이 생성되며, 0 °C, 1atm에서 이상기체 1mol은 22.4L이다.

NoteBase

문 5. 다음은 주기율표의 일부를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, A~G는 임의의 원소 기호이다)

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17	18
2	A		C		D	E	G	
3	B					F		

① 원자 반지름은 A가 B보다 크다.

② 1차 이온화에너지는 E가 F보다 크다.

③ 전기음성도는 C가 G보다 크다.

④ 원자의 바닥상태에서 홀전자 수는 A와 D가 같다.

정답 2번

출제 포인트

도식의 주기와 족으로 A~G의 위치를 확인한 뒤, 원자 반지름·1차 이온화에너지·전기음성도의 주기적 경향과 바닥상태 전자 배치를 적용하는 문제이다. A는 2주기 1족, B는 3주기 1족, C는 2주기 13족, D는 2주기 15족, E는 2주기 16족, F는 3주기 16족, G는 2주기 17족에 해당한다.

선지별 해설

① X — A와 B는 같은 1족이며 B가 A보다 한 주기 아래에 있다. 같은 족에서는 아래로 갈수록 전자껍질 수가 늘어 원자 반지름이 커지므로 A의 원자 반지름은 B보다 작다. 틀린 표현 ‘A가 B보다 크다’는 ‘B가 A보다 크다’로 고쳐야 한다.

② O — E와 F는 같은 16족이며 E가 F보다 위에 있다. 같은 족에서는 위로 갈수록 원자가전자가 원자핵에 더 강하게 끌리므로 1차 이온화에너지가 대체로 커진다. 따라서 E의 1차 이온화에너지는 F보다 크다.

③ X — C와 G는 모두 2주기에 있고 G가 C보다 오른쪽에 있다. 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 유효 핵전하가 커져 전기음성도가 증가하므로 C의 전기음성도는 G보다 작다. 틀린 표현 ‘C가 G보다 크다’는 ‘G가 C보다 크다’로 고쳐야 한다.

④ X — A의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^1$이므로 홀전자가 1개이고, D의 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$이므로 훈트 규칙에 따라 홀전자가 3개이다. 틀린 표현 ‘A와 D가 같다’는 ‘A는 1개, D는 3개로 서로 다르다’로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

①과 ②는 같은 족의 위아래 경향을 서로 반대로 기억하기 쉽다. 같은 족에서 아래로 갈수록 원자 반지름은 커지지만 1차 이온화에너지는 대체로 작아진다. 또한 ④는 족 번호만 비교하지 않고 실제 전자 배치에서 홀전자를 세어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 기호의 주기와 족을 표시한다. 같은 족에서는 아래로 갈수록 원자 반지름이 커지고 이온화에너지와 전기음성도는 대체로 작아지며, 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 원자 반지름이 작아지고 이온화에너지와 전기음성도는 대체로 커진다. 홀전자 수는 바닥상태 전자 배치를 쓴 뒤 훈트 규칙으로 판단한다.

암기 포인트

주기율표에서 아래로 갈수록 반지름은 커지고, 오른쪽·위쪽으로 갈수록 이온화에너지와 전기음성도는 대체로 커진다.

NoteBase

문 6. 다음 <보기> 중 옳은 것을 모두 고르면?

<보기>
㉠ ${}_{1}^{3}\mathrm{H}$ 중성자 수와 ${}_{6}^{14}\mathrm{C}$ 중성자 수의 합은 9이다.
㉡ ${}_{6}^{14}\mathrm{C}$ 중성자 수와 ${}_{7}^{15}\mathrm{N}$ 중성자 수는 같다.
㉢ ${}_{1}^{3}\mathrm{H}$ 전자 수와 ${}_{7}^{15}\mathrm{N}$ 전자 수의 합은 ${}_{8}^{17}\mathrm{O}$ 전자 수와 같다.

① ㉠, ㉡
② ㉠, ㉢
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 동위원소 표기에서 원자번호와 질량수를 읽어 중성자 수와 전자 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

핵종 기호 ${}_{Z}^{A}X$에서 A는 질량수, Z는 원자번호이다. 제시된 입자들은 전하 표시가 없는 중성 원자이므로 전자 수는 원자번호와 같다.

사용할 공식

중성자 수=A-Z
중성 원자의 전자 수=Z
질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이고, 원자번호는 양성자 수이므로 두 관계를 사용한다.

계산 과정

1. ${}_{1}^{3}\mathrm{H}$: 중성자 수는 $3-1=2$, 전자 수는 1이다.
2. ${}_{6}^{14}\mathrm{C}$: 중성자 수는 $14-6=8$, 전자 수는 6이다.
3. ${}_{7}^{15}\mathrm{N}$: 중성자 수는 $15-7=8$, 전자 수는 7이다.
4. ${}_{8}^{17}\mathrm{O}$: 중성자 수는 $17-8=9$, 전자 수는 8이다.

따라서 ㉠은 $2+8=10$이므로 틀리고, ㉡은 $8=8$이므로 옳으며, ㉢은 $1+7=8$이므로 옳다.

NoteBase

선지 판단

① X — ㉠은 중성자 수의 합이 9라는 부분이 틀리며, 올바른 합은 10이다. 또한 옳은 ㉢이 빠져 있다. 올바른 조합은 ㉡, ㉢이다.
② X — ㉠은 틀리고 ㉡은 옳으므로, '㉠, ㉢'이 아니라 '㉡, ㉢'이 올바르다.
③ O — ㉡에서 탄소-14와 질소-15의 중성자 수는 각각 8로 같고, ㉢에서 삼중수소와 질소-15의 전자 수의 합은 $1 + 7 = 8$로 산소-17의 전자 수와 같다.
④ X — ㉡과 ㉢은 옳지만 ㉠이 틀렸으므로 세 문장이 모두 옳은 것은 아니다. 올바른 조합은 ㉡, ㉢이다.

오답 포인트

㉠에서 질량수 3과 14를 중성자 수로 그대로 쓰거나, 질량수에서 원자번호를 빼는 과정에서 $3 - 1 = 2$를 놓치면 합을 9로 오인하기 쉽다. 또한 ㉢은 이온이 아니라 중성 원자이므로 전자 수를 원자번호와 같게 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

핵종 기호의 위 숫자는 질량수, 아래 숫자는 원자번호로 구분한 뒤 중성자 수는 '위−아래', 중성 원자의 전자 수는 '아래'로 계산하고 각 진술의 참·거짓을 먼저 확정한다.

암기 포인트

중성 원자에서 양성자 수와 전자 수는 Z, 중성자 수는 $A - Z$이다.

NoteBase

문 7. 25 °C 표준상태에서 다음의 두 반쪽 반응으로 구성된 전지의 반응에 대한 ΔG° (J)는? (단, G°는 표준상태의 Gibbs 에너지, E°는 표준환원전위값이고 Faraday 상수는 1.00×10^5 C/mol이다)

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \quad E^\circ = 0.34V$
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe \quad E^\circ = -0.44V$

① -2.00×10^3
② -7.80×10^4
③ -1.56×10^5
④ -1.00×10^6

정답 3번

출제 포인트

표준환원전위로 전지의 표준 기전력을 구한 뒤, $\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = 0.34V$, $E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0.44V$, $F = 1.00 \times 10^5 C/mol$이다.
구해야 할 값: 전체 전지 반응의 ΔG°이다.
주의할 조건: 전위가 큰 구리 반쪽 반응이 환원극이고, 철 반쪽 반응은 역반응인 산화 반응으로 진행한다. 이동 전자 수는 $n = 2$이다.

사용할 공식

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$
$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$
표준 전지 전위와 표준 Gibbs 에너지 변화의 관계를 묻고 있으므로 두 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 구리가 환원되고 철이 산화되므로 전체 반응은 $Cu^{2+} + Fe \rightarrow Cu + Fe^{2+}$이다.
2. 표준 전지 전위는 $E^\circ_{cell} = 0.34 - (-0.44) = 0.78V$이다.
3. 전자 2개가 이동하므로 $\Delta G^\circ = -(2)(1.00 \times 10^5 C/mol)(0.78V) = -1.56 \times 10^5 J$이다. 따라서 해당 값은 3번이다.

NoteBase

선지 판단

① X — -2.00×10^3은 $-nFE^\circ_{cell}$로 계산한 값이 아니다. 올바른 값은 -1.56×10^5이다.
② X — -7.80×10^4은 이동 전자 수 $n = 2$를 반영하지 않고 $-FE^\circ_{cell}$만 계산한 값이다. 올바르게는 $-2FE^\circ_{cell} = -1.56 \times 10^5$이다.
③ O — $E^\circ_{cell} = 0.78\text{V}$와 $n = 2$를 공식에 대입하면 $\Delta G^\circ = -1.56 \times 10^5$이 된다.
④ X — -1.00×10^6은 주어진 n, F, E°_{cell}를 곱한 값과 일치하지 않는다. 올바른 값은 -1.56×10^5이다.

오답 포인트

②는 전자 수 $n = 2$를 빠뜨리면 나오는 값이다. 또한 표준환원전위가 음수인 철 반쪽 반응을 산화 반응으로 뒤집을 때, $E^\circ_{cell} = 0.34 - (-0.44)$로 계산해야 한다. 자발적인 표준 전지 반응에서는 $E^\circ_{cell} > 0$이고 $\Delta G^\circ < 0$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

표준환원전위가 큰 반쪽 반응을 환원극으로 정하고, E^_cell=E^_환원극-E^_산화극을 구한 다음 전자 수 n을 확인하여 $\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$에 대입한다. 마지막으로 C · V = J와 부호를 검산한다.

암기 포인트

전지에서는 큰 환원전위가 환원극이며, $E^\circ_{cell} > 0$이면 $\Delta G^\circ < 0$이다. $\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$에서 전자 수 n을 빠뜨리지 않는다.

NoteBase

문 8. 다음 중 농도를 구하는 식으로 가장 옳지 않은 것은?

① 몰농도 M=용질의 몰수용액 1L

② 몰랄농도 m=용질의 몰수용매 1kg

③ 특정 성분의 몰분율 =특정 성분의 몰수모든 성분의 총몰수

④ 성분의 십억분율 (ppb)=용액속 성분의 질량용액의 총 질량× 10^12

정답 4번

출제 포인트

몰농도·몰랄농도·몰분율·십억분율의 정의와 각 농도 단위에 맞는 분모 및 배수를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

몰농도는 용액의 부피당 용질의 몰수이며, 몰랄농도는 용매의 질량당 용질의 몰수이다. 몰분율은 혼합물 전체 몰수 중 특정 성분의 몰수가 차지하는 비율이다. 십억분율(ppb)은 질량비 또는 부피비와 같은 성분비에 10^9을 곱해 나타낸 값이다.

선지별 해설

① O — 몰농도는 용액 1L에 들어 있는 용질의 몰수이므로 M=용질의 몰수용액의 부피(L)이다.
② O — 몰랄농도는 용매 1kg당 용질의 몰수이므로 m=용질의 몰수용매의 질량(kg)이다. 분모가 용액이 아니라 용매라는 점이 핵심이다.
③ O — 특정 성분의 몰분율은 그 성분의 몰수를 혼합물을 이루는 모든 성분의 총몰수로 나눈 값이다.
④ X — 틀린 부분은 질량비에 10^{12}을 곱한 것이다. 십억분율(ppb)은 용액 속 성분의 질량용액의 총질량× 10^9으로 나타낸다. 10^{12}을 곱하는 것은 일조분율(ppt)에 해당한다.

오답 포인트

④는 '십억'이라는 명칭과 지수의 대응을 묻는 함정이다. ppb의 b는 billion이므로 배수는 10^9이며, 10^{12}은 trillion에 대응하는 ppt이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 농도식의 분모를 확인한다. 몰농도는 용액의 부피, 몰랄농도는 용매의 질량, 몰분율은 모든 성분의 총몰수가 분모이다. 미량 농도는 ppm 10^6, ppb 10^9, ppt 10^{12}의 순서로 판별한다.

암기 포인트

몰농도는 용액 L, 몰랄농도는 용매 kg, 몰분율은 전체 몰수, ppb는 10^9이다.

NoteBase

문 9. 다음 중 몰 (mol) 수가 가장 큰 것은?

① 순수한 물 9 g 안에 포함된 모든 원자

② 상온에서 염화나트륨 1몰을 물에 완전히 녹였을 때 생성되는 나트륨 이온

③ 순수한 다이아몬드 12 g 중의 탄소 원자

④ 질소 기체 14 g 중의 질소 분자

정답 1번

출제 포인트

질량으로부터 물질의 몰수를 구한 뒤, 문제에서 세려는 입자(원자·이온·분자)의 몰수로 환산하는 문제이다.

조건 정리

물의 몰질량은 $18 g/mol$이고 물 분자 1개에는 원자 3개가 들어 있다. 염화나트륨은 물에서 Na^{+}와 Cl^{-}로 1:1 해리한다. 탄소의 몰질량은 $12 g/mol$, 질소 분자 N_2의 몰질량은 $28 g/mol$이다.

사용할 공식

질량으로부터 구하는 물질의 몰수는 $n = m/M$이다. 한 분자나 화학식 단위에서 특정 입자가 여러 개 생기면, 입자의 몰수는 물질의 몰수에 그 개수를 곱한다.

계산 과정

① 물: $9/18 = 0.5 mol$의 물 분자에 원자가 분자당 3개이므로 모든 원자는 $0.5 \times 3 = 1.5 mol$이다.
② 염화나트륨: $1 mol$의 $NaCl$에서 Na^{+}가 1:1로 생성되므로 나트륨 이온은 $1 mol$이다.
③ 다이아몬드: 탄소 $12 g$은 $12/12 = 1 mol$이므로 탄소 원자는 $1 mol$이다.
④ 질소 기체: $14/28 = 0.5 mol$이므로 질소 분자는 $0.5 mol$이다.
따라서 $1.5 > 1 = 1 > 0.5$이므로 ①의 몰수가 가장 크다.

선지 판단

① O — 순수한 물 $9 g$에는 물 분자가 $0.5 mol$ 있고, 모든 원자는 그 3배인 $1.5 mol$이므로 가장 크다.
② X — 생성되는 나트륨 이온은 $1 mol$이다. '가장 큰 몰수'가 아니라 ①의 $1.5 mol$보다 작다는 것이 올바른 판단이다.
③ X — 다이아몬드 $12 g$의 탄소 원자는 $1 mol$이다. '가장 큰 몰수'가 아니라 ①의 $1.5 mol$보다 작다는 것이 올바른 판단이다.
④ X — 질소 기체 $14 g$의 질소 분자는 $0.5 mol$이다. 질소 원자의 몰수가 아니라 질소 분자의 몰수를 묻고 있으므로, 올바른 값은 $0.5 mol$이며 가장 작다.

NoteBase

오답 포인트

①에서 물의 몰수인 $0.5mol$만 구하고 멈추면 모든 원자의 몰수를 놓친다. 반대로 ④에서는 N_2 한 분자에 원자가 2개라는 이유로 2배 하면 안 된다. 문항이 세는 대상이 ①은 '모든 원자', ④는 '질소 분자'라는 차이가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $n = m/M$으로 물질의 몰수를 구한 다음, 문제에서 요구한 대상이 원자·분자·이온 중 무엇인지 확인하고 화학식의 계수나 아래첨자만큼 환산한다.

암기 포인트

몰수 계산은 '질량을 몰질량으로 나누기 → 세는 입자 확인 → 입자 수비 적용'의 순서이다.

NoteBase

문 10. 다음 <보기> 중 CO_2, SO_2, I_3^-에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?

<보기>
㉠ 중심원자가 한 쌍의 비공유 전자쌍을 가진 분자는 2개이다.
㉡ 분자 모양이 직선형인 분자는 2개이다.
㉢ SO_2 내 원자 간 결합 길이는 동일하다.

① ㉠
② ㉠, ㉡
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 3번

출제 포인트

루이스 구조에서 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 확인하고, VSEPR 모형으로 분자 모양을 판단하며, 공명에 따른 결합 길이의 동일성까지 구분하는 문제이다.

핵심 개념

CO_2: 중심 C에 비공유 전자쌍이 없는 AX_2형이므로 직선형이다.
SO_2: 중심 S에 비공유 전자쌍이 한 쌍 있는 AX_2E형이므로 굽은형이다. 두 S-O 결합은 등가인 공명 구조에 의해 실제 결합 길이가 서로 같다.
I_3^-: 중심 I에 비공유 전자쌍이 세 쌍 있는 AX_2E_3형이다. 전자 영역 배열은 삼각쌍뿔형이고 두 결합 전자쌍이 축 방향에 놓이므로 분자 모양은 직선형이다.
따라서 ㉠은 거짓이고, ㉡과 ㉢은 참이다.

선지별 해설

① X — ㉠만을 옳다고 한 선택지이다. 중심 원자가 비공유 전자쌍을 정확히 한 쌍 가지는 것은 SO_2 하나뿐이므로 ㉠은 거짓이다. 올바른 선택은 ㉡, ㉢이다.
② X — ㉠은 거짓이고 ㉡만 참이므로 ㉠, ㉡이라는 조합은 틀리다. CO_2와 I_3^-가 직선형이어서 ㉡은 참이며, 올바른 선택은 ㉡, ㉢이다.
③ O — ㉡과 ㉢이 모두 참이다. 직선형 분자는 CO_2와 I_3^-의 두 개이고, SO_2의 두 S-O 결합은 공명으로 서로 등가이므로 결합 길이가 같다.
④ X — ㉡과 ㉢은 참이지만 ㉠이 거짓이므로 세 진술을 모두 고른 것은 틀리다. ㉠의 '2개'는 '1개'로 고쳐야 하며, 올바른 선택은 ㉡, ㉢이다.

NoteBase

오답 포인트

㉠에서는 비공유 전자쌍이 '있는' 분자가 아니라 정확히 '한 쌍을 가진' 분자의 수를 묻는다. I_3^-의 중심 I에는 비공유 전자쌍이 세 쌍이므로 ㉠의 개수에 포함되지 않는다. 또한 SO_2를 하나의 루이스 구조로만 보면 두 결합이 달라 보일 수 있지만, 실제 분자에서는 공명으로 두 S-O 결합이 등가이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 분자의 총 원자가전자를 배치해 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 먼저 센다. 이어서 결합 영역과 비공유 전자쌍을 함께 세어 VSEPR 표기와 분자 모양을 정하고, 여러 등가 공명 구조가 있으면 실제 결합의 차수와 길이가 평균화되는지 확인한다.

암기 포인트

$CO_2 : AX_2$ 직선형, $SO_2 : AX_2E$ 굽은형·두 결합 등가, I_3^- : AX_2E_3 직선형이다.

NoteBase

문 11. $pK_a = 4$ ($pK_{a(HA)}$)**인 산 HA와** $pK_a = 5$ ($pK_{a(HB)}$)**인 산 HB에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?**

① HA가 HB에 비해 더 강한 산이다.

② $K_{a(HA)} = 10K_{a(HB)}$이다.

③ HA의 짝염기는 HB의 짝염기에 비해 더 약한 염기이다.

④ $[A^-] < [B^-]$이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 산의 pK_a와 K_a의 관계, 산과 짝염기의 세기 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

$pK_a = -\log K_a$이므로 pK_a가 작을수록 K_a가 크고 산의 세기가 강하다. 또한 $K_aK_b = K_w$이므로 강한 산의 짝염기는 약한 염기이다. $pK_{a(HA)} = 4$, $pK_{a(HB)} = 5$이므로 HA는 HB보다 10배 큰 K_a를 갖는다.

선지별 해설

① O — HA의 pK_a가 HB보다 1 작으므로 HA의 K_a가 더 크다. 따라서 HA가 HB보다 더 강한 산이다.
② O — $K_{a(HA)} = 10^{-4}$, $K_{a(HB)} = 10^{-5}$이므로 $K_{a(HA)} = 10K_{a(HB)}$이다.
③ O — HA가 더 강한 산이므로 그 짝염기 A^-는 HB의 짝염기 B^-보다 더 약한 염기이다. 이는 $K_b = K_w/K_a$의 관계와도 일치한다.
④ X — 틀린 표현은 $[A^-] < [B^-]$이다. 동일한 초기 농도의 수용액을 비교하면 더 강한 산인 HA가 더 많이 해리하므로 올바르게는 $[A^-] > [B^-]$이다. 초기 농도 조건이 다르면 pK_a만으로 실제 이온 농도의 대소를 단정할 수 없다.

오답 포인트

④에서 짝염기의 염기 세기와 산이 해리하여 생성하는 짝염기의 농도를 혼동하기 쉽다. A^-는 더 약한 염기이지만, 동일한 초기 농도에서는 더 강한 산 HA가 더 많이 해리하므로 생성되는 A^-의 농도는 더 크다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 pK_a가 작은 산을 더 강한 산으로 판단하고, pK_a 차이 1은 K_a의 10배 차이로 바꾼다. 이어서 산의 세기와 짝염기의 염기 세기는 반대이며, 이온 농도 비교에는 초기 농도와 용액 조건이 필요하다는 점을 구분한다.

암기 포인트

작은 pK_a → 큰 K_a → 강한 산 → 약한 짝염기이며, pK_a가 1 차이면 K_a는 10배 차이이다.

NoteBase

문 12. 1 atm에서 어떤 포도당 수용액의 끓는점이 101 °C일 때, 이 수용액의 몰랄 농도 m는 얼마인가? (단, 물의 몰랄 오름 상수는 0.5 °C·kg/mol로 가정한다)

① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 3번

출제 포인트

비휘발성 비전해질인 포도당 수용액의 끓는점 오름을 이용해 몰랄 농도 m를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수용액의 끓는점은 $101\,^\circ C$, 1 atm에서 순수한 물의 끓는점은 $100\,^\circ C$, 물의 몰랄 오름 상수는 $K_b = 0.5\,^\circ C \cdot kg/mol$이다.
구해야 할 값: 몰랄 농도 m이다.
주의할 조건: 포도당은 물에서 이온으로 해리되지 않는 비전해질이므로 반트호프 인자는 $i = 1$이다.

사용할 공식

끓는점 오름은 $\Delta T_b = iK_bm$이다. 포도당은 비휘발성 비전해질이고, 용액의 끓는점이 순수한 용매보다 높아진 정도가 주어졌으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 끓는점 오름은 $\Delta T_b = 101 - 100 = 1\,^\circ C$이다.
2. $i = 1$을 대입하면 $1 = (1)(0.5)m$이다.
3. 따라서 $m = 1/0.5 = 2mol/kg$이다.

선지 판단

① X — 0.5가 아니라 2이다. 0.5는 몰랄 농도가 아니라 문제에서 준 몰랄 오름 상수의 수치이다.
② X — 1이 아니라 2이다. 끓는점 오름 $1\,^\circ C$를 몰랄 오름 상수 $0.5\,^\circ C \cdot kg/mol$로 나누어야 한다.
③ O — $m = \Delta T_b/K_b = 1/0.5 = 2mol/kg$이므로 옳다.
④ X — 4가 아니라 2이다. 1/0.5를 잘못 계산하거나 몰랄 오름 상수를 중복 적용하면 안 된다.
계산 결과 몰랄 농도는 $2mol/kg$이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

오답 포인트

용액의 끓는점 $101\,^\circ C$ 자체를 공식에 넣는 것이 아니라, 순수한 물의 끓는점과의 차이인 $1\,^\circ C$를 사용해야 한다. 또한 선지 ①의 0.5는 농도가 아니라 몰랄 오름 상수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 용액과 순수한 용매의 끓는점 차이로 ΔT_b를 구한 뒤, 용질의 해리 여부로 i를 정하고 $m = \Delta T_b / (iK_b)$를 적용한다.

암기 포인트

끓는점 오름은 $\Delta T_b = iK_b m$이며, 포도당과 같은 비전해질은 $i = 1$이다.

NoteBase

문 13. 25 ℃, 부피가 일정한 용기 내에서 다음 반응의 평형상수 K_P 값이 0.25 atm이고 평형에서 N_2O_4의 부분압력이 1.0 atm으로 측정되었다. (단, 기체상수는 0.08 atm·L/mol·K이고 모든 기체는 이상기체로 가정한다)
이 반응에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) \qquad \Delta H > 0$

① NO_2의 부분압력은 0.5 atm이다.

② 온도가 증가하면 NO_2의 부분압력은 감소한다.

③ Ar 기체를 첨가하면 NO_2의 부분압력은 변화없다.

④ 평형상수 $K \neq K_P$이다.

정답 2번

출제 포인트

기체 평형에서 K_P로 부분압력을 계산하고, 온도 변화와 불활성 기체 첨가가 평형에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

반응식: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$
주어진 값: $K_P = 0.25atm$, $P_{N_2O_4} = 1.0atm$, $T = 298K$
주의할 조건: 용기의 부피가 일정하며 정반응은 흡열 반응이다.

사용할 공식

$K_P = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}}$
기체 반응의 압력 평형상수는 각 기체의 평형 부분압력을 화학 반응식의 계수만큼 거듭제곱하여 나타낸다. 또한 $K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$이고, 이 반응에서는 $\Delta n = 2 - 1 = 1$이다.

계산 과정

$0.25 = \frac{(P_{NO_2})^2}{1.0}$
$(P_{NO_2})^2 = 0.25$
부분압력은 음수가 될 수 없으므로 $P_{NO_2} = 0.5atm$이다.
또한 $K_c = \frac{K_P}{RT} = \frac{0.25}{0.08 \times 298} \approx 0.0105mol/L$이므로 K_c와 K_P의 수치는 같지 않다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과 $P_{NO_2} = 0.5atm$이므로 옳다.
② X — 정반응의 $\Delta H > 0$이므로 온도를 높이면 흡열 방향인 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 NO_2가 증가한다. '부분압력은 감소한다'가 틀렸으며, 올바르게는 '온도가 증가하면 NO_2의 부분압력은 증가한다'이다.
③ O — 일정한 온도와 부피에서 Ar을 넣어도 $P_i = n_iRT/V$에 따라 기존 반응 기체의 부분압력은 변하지 않는다. 따라서 반응지수도 변하지 않아 평형이 이동하지 않고 NO_2의 부분압력도 그대로이다.
④ O — 이 문맥의 K를 농도 평형상수 K_c로 보면 $K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$이다. 이 반응은 $\Delta n = 1$이므로 $K_c \neq K_P$이다.

오답 포인트

②에서는 발열 반응과 흡열 반응의 온도 효과를 반대로 판단하기 쉽다. 열을 반응물로 보는 흡열 반응은 온도가 높아지면 생성물 쪽으로 이동한다. ③에서는 전체 압력 증가와 각 성분의 부분압력 변화를 혼동하기 쉽지만, 일정한 온도와 부피에서 Ar만 추가하면 기존 기체의 몰수는 그대로이므로 기존 기체의 부분압력은 변하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반응식으로 K_P 식을 세워 평형 부분압력을 구한다. 온도 변화는 ΔH의 부호로 평형 이동 방향을 판단하고, 불활성 기체 첨가는 온도와 부피가 일정한지 확인하여 $P_i = n_iRT/V$로 판단한다. 마지막으로 K_P와 K_c는 Δn을 계산해 비교한다.

암기 포인트

흡열 반응은 온도 상승 시 생성물 쪽으로 이동한다. 일정한 온도·부피에서 불활성 기체를 넣어도 기존 기체의 부분압력은 변하지 않으며, $K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$이다.

NoteBase

문 14. 25 ℃, 표준상태에서 메테인($CH_4(g)$)의 연소열이 $\Delta H^\circ = -890$ kJ/mol일 때, CH_4의 연소에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, 모든 기체는 이상기체이며 C, H, O의 원자량은 각각 12, 1, 16으로 가정한다)

① 생성물의 엔탈피 총합은 반응물의 엔탈피 총합보다 작다.

② CH_4 1몰의 완전한 연소를 위해서는 890 kJ이 필요하다.

③ CH_4 1몰의 완전한 연소를 위해서는 O_2 1몰이 필요하다.

④ CO_2 44 g이 생성되려면 CH_4 1.5몰이 필요하다.

정답 1번

출제 포인트

메테인의 완전 연소 반응식과 반응 엔탈피의 부호를 이용하여 에너지의 출입과 물질의 몰비를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 메테인 1몰의 표준 연소 엔탈피는 $\Delta H^\circ = -890$kJ/mol이다.
완전 연소 반응식: $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$
주의할 조건: $\Delta H^\circ < 0$이면 발열 반응이며, 반응식의 계수비가 곧 몰비이다.

사용할 공식

Δ H^=H^_생성물-H^_반응물
$\Delta H^\circ = -890$kJ/mol이므로 메테인 1몰이 완전 연소할 때 890kJ의 열을 방출한다. 또한 반응식에서 $CH_4 : O_2 : CO_2 = 1 : 2 : 1$이다. 반응 엔탈피의 부호는 열의 출입을, 반응식의 계수는 반응물과 생성물의 양적 관계를 나타내므로 이 공식과 몰비를 사용한다.

계산 과정

1. $\Delta H^\circ < 0$이므로 H^_생성물<H^_반응물이다.
2. 반응식에 따라 CH_4 1몰의 완전 연소에는 O_2 2몰이 필요하고 CO_2 1몰이 생성된다.
3. CO_2의 몰질량은 $12 + 2 \times 16 = 44$g/mol이므로 CO_2 44 g은 1몰이고, 이를 생성하는 데 필요한 CH_4도 1몰이다.

NoteBase

선지 판단

① O. Δ H^=H^_생성물-H^_반응물=-890 kJ/mol이므로 생성물의 엔탈피 총합이 반응물의 엔탈피 총합보다 작다.
② X. ‘890 kJ이 필요하다’는 열의 출입 방향이 반대이다. 올바르게는 CH_4 1몰이 완전 연소할 때 890kJ의 열을 방출한다.
③ X. ‘O_2 1몰’은 반응식의 계수비와 맞지 않는다. 올바르게는 CH_4 1몰의 완전 연소에 O_2 2몰이 필요하다.
④ X. ‘CH_4 1.5몰’은 CH_4와 CO_2의 1:1 몰비와 맞지 않는다. 올바르게는 CO_2 44 g, 즉 1몰을 생성하는 데 CH_4 1몰이 필요하다.

오답 포인트

②는 연소에 점화 에너지가 필요하다는 사실과 전체 반응에서 방출되는 연소열을 혼동하게 한다. 연소 엔탈피가 음수이면 전체 과정은 흡열이 아니라 발열이다. ③과 ④는 반응식을 맞추지 않고 몰수를 추정할 때 생기는 오류이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 완전 연소 반응식을 맞춘 뒤, 엔탈피의 부호로 발열·흡열을 구분하고, 계수비로 필요한 몰수와 생성 몰수를 판단한다. 질량이 주어지면 몰질량으로 나누어 몰수로 바꾼다.

암기 포인트

연소 엔탈피가 음수이면 열을 방출하며 생성물의 엔탈피가 더 낮다. 메테인의 완전 연소 몰비는 $CH_4 : O_2 : CO_2 = 1 : 2 : 1$이다.

NoteBase

문 15. 다음 <보기> 중 끓는점에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?

<보기>
㉠ NH_3의 끓는점이 PH_3의 끓는점보다 높은 이유는 분산력으로 설명할 수 있다.
㉡ HF의 끓는점이 HCl보다 높은 이유는 수소 결합으로 설명할 수 있다.
㉢ 끓는점이 $Cl_2 < Br_2 < I_2$의 순서로 높아지는 이유는 분산력이 증가하기 때문이다.

① ㉠
② ㉠, ㉡
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 분자 사이에 작용하는 수소 결합과 분산력이 물질의 끓는점에 미치는 영향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

수소 결합: 수소가 전기음성도가 큰 F, O, N에 결합한 분자 사이에서 나타나는 강한 분자 간 인력이다.
분산력: 전자 분포의 순간적인 치우침으로 생기는 분자 간 인력이며, 대체로 전자 수와 전자구름의 크기·분극성이 커질수록 강해진다.
분자 간 인력이 강할수록 액체 분자를 기체로 분리하는 데 더 많은 에너지가 필요하므로 끓는점이 높아진다.

NoteBase

선지별 해설

① X
㉠은 틀렸다. NH_3의 끓는점이 PH_3보다 높은 핵심 이유는 분산력이 아니라 NH_3 분자 사이의 수소 결합이다. 올바르게는 'NH_3의 끓는점이 PH_3보다 높은 이유는 수소 결합으로 설명할 수 있다'이다. 따라서 ㉠만 고른 ①은 옳지 않다.

② X
㉡은 옳지만 ㉠이 틀렸으므로 ②는 옳지 않다. 틀린 부분은 ㉠의 '분산력'이며, 올바르게는 '수소 결합'이다.

③ O
㉡과 ㉢은 모두 옳다. HF는 분자 사이에 수소 결합이 형성되어 HCl보다 끓는점이 높다. 또한 Cl_2, Br_2, I_2는 비극성 분자이므로 주된 분자 간 힘이 분산력이고, 아래로 갈수록 전자 수와 분극성이 커져 분산력이 강해지므로 끓는점은 $Cl_2 < Br_2 < I_2$ 순으로 높아진다.

④ X
㉡과 ㉢은 옳지만 ㉠이 틀렸으므로 세 진술을 모두 고른 ④는 옳지 않다. 틀린 부분은 ㉠의 '분산력'이며, 올바르게는 '수소 결합'이다.

오답 포인트

PH_3가 NH_3보다 전자 수가 많아 분산력은 더 클 수 있지만, 이 비교에서 끓는점을 결정적으로 높이는 요인은 NH_3의 수소 결합이다. 분자량이 큰 물질의 끓는점이 언제나 더 높다고 판단하면 ㉠을 옳다고 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

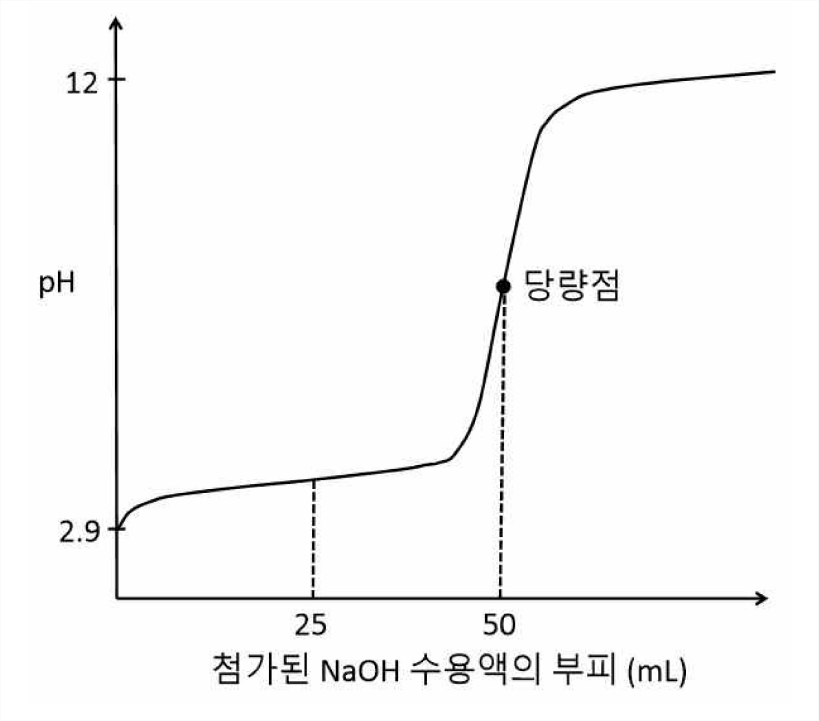
먼저 H가 F, O, N에 직접 결합했는지 확인하여 수소 결합 가능성을 판단한다. 수소 결합 조건이 없다면 같은 계열에서 전자 수와 분극성이 커질수록 분산력이 강해져 끓는점이 높아지는지를 판단한다.

암기 포인트

H-F · H-O · H-N은 수소 결합, 비극성 분자의 크기 증가는 분산력 증가로 연결된다.

NoteBase

문 16. 다음 그림은 0.10 M 일양성자산 HA ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$) 수용액 50 mL를 0.10 M NaOH 수용액으로 적정한 pH 곡선이다. NaOH 수용액 50 mL를 가했을 때 당량점에 도달하였다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고르면?



<보기>

㉠ HA는 약산이다.

㉡ 당량점에서의 pH는 7보다 크다.

㉢ NaOH 수용액 25 mL를 가한 후의 pH는 HA의 pK_a와 같다.

① ㉠

② ㉡

③ ㉠, ㉢

④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 4번

출제 포인트

약산을 강염기로 적정할 때 산의 세기, 당량점의 pH, 반당량점에서의 pH 관계를 판단하는 문제이다.

NoteBase

핵심 개념

약산: 물에서 일부만 이온화하는 산이며, HA의 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$는 1보다 매우 작으므로 HA는 약산이다.
당량점: 첨가한 OH^-의 몰수가 처음 HA의 몰수와 같아지는 지점이다. 이때 생성된 짝염기 A^-가 가수 분해하여 OH^-를 만들므로 pH는 7보다 크다.
반당량점: HA의 절반이 A^-로 바뀌어 $[HA] = [A^-]$가 되는 지점이다. 따라서 Henderson–Hasselbalch 식 $pH = pK_a + \log([A^-]/[HA])$에 의해 $pH = pK_a$이다.

선지별 해설

① X — ㉠은 옳지만 ㉡과 ㉢도 모두 옳으므로 '㉠만 옳다'는 구성이 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳다.
② X — ㉡은 옳지만 ㉠과 ㉢도 모두 옳으므로 '㉡만 옳다'는 구성이 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳다.
③ X — ㉠과 ㉢은 옳지만 ㉡도 옳으므로 '㉠, ㉢만 옳다'는 구성이 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳다.
④ O — ㉠ $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$이므로 HA는 약산이다. ㉡ 50 mL의 NaOH를 가한 당량점에서는 A^-의 가수 분해로 pH가 7보다 크다. ㉢ 당량점 부피가 50 mL이므로 25 mL는 반당량점이고, 이때 $[HA] = [A^-]$이므로 $pH = pK_a$이다.

오답 포인트

강염기 NaOH로 적정한다는 사실만 보고 당량점의 pH를 7로 판단하기 쉽다. 약산–강염기 적정의 당량점에는 약산의 짝염기 A^-가 남아 가수 분해하므로 pH가 7보다 크다. 또한 $pH = pK_a$가 되는 지점은 당량점이 아니라 반당량점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 산과 염기의 강약을 확인한다. 다음으로 당량점에서는 남은 염의 가수 분해를 판단하고, 첨가 부피가 당량점 부피의 절반이면 $[HA] = [A^-]$를 적용하여 $pH = pK_a$로 판단한다.

암기 포인트

약산–강염기 적정은 '당량점 pH > 7, 반당량점 pH = pK_a'이다.

NoteBase

문 17. 다음 <보기> 중 용액의 총괄성 (colligative property)에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?

<보기>
㉠ 삼투현상은 묽은 용액에서 용매 분자가 반투막을 통해 진한 용액으로 이동하는 과정이다.
㉡ 순수한 용매의 어는점은 용액의 어는점보다 높다.
㉢ 이상 용액에서 끓는점 오름은 용질의 종류에는 무관하고 용질의 입자 수에 반비례한다.

① ㉠, ㉡
② ㉠, ㉢
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 1번

출제 포인트

용액의 총괄성은 용질의 종류가 아니라 용액 속 용질 입자의 수에 따라 달라지는 성질이다. 삼투, 어는점 내림, 끓는점 오름의 방향과 입자 수의 관계를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

삼투: 반투막을 사이에 두고 용매가 묽은 용액 쪽에서 진한 용액 쪽으로 이동하는 현상이다.
어는점 내림: 비휘발성 용질이 녹으면 용액의 어는점이 순수한 용매보다 낮아진다.
끓는점 오름: 비휘발성 용질이 녹으면 용액의 끓는점이 높아지며, 이상적인 묽은 용액에서는 그 크기가 용질 입자 수에 비례한다.

선지별 해설

① O — ㉠과 ㉡은 모두 옳다. 삼투에서는 용매가 묽은 용액에서 진한 용액으로 이동하고, 용액은 어는점 내림을 나타내므로 순수한 용매의 어는점이 더 높다.
② X — ㉢을 옳은 설명으로 포함한 것이 틀렸다. 끓는점 오름은 용질의 종류 자체와는 무관하지만 용질 입자 수에 반비례하는 것이 아니라 비례한다. 따라서 옳은 조합은 ㉠, ㉡이다.
③ X — ㉢을 포함하고 옳은 ㉠을 제외한 것이 틀렸다. 실제로 ㉠은 옳고 ㉢은 '용질 입자 수에 비례한다'로 고쳐야 하므로 옳은 조합은 ㉠, ㉡이다.
④ X — ㉢까지 모두 옳다고 본 것이 틀렸다. ㉠과 ㉡만 옳으며, ㉢의 '반비례한다'는 '비례한다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

㉢은 '용질의 종류에는 무관하다'는 앞부분이 맞아 전체 문장을 옳다고 판단하기 쉽다. 그러나 총괄성의 크기는 용질 입자 수가 많을수록 커지므로 '반비례'가 결정적인 오답 표현이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

총괄성 문장에서는 먼저 변화의 방향을 확인한 뒤 입자 수와의 관계를 확인한다. 용질 입자 수가 많아질수록 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압의 크기는 커진다.

암기 포인트

총괄성은 용질의 정체가 아니라 입자 수가 좌우하며, 입자 수가 많을수록 총괄성의 효과가 커진다.

NoteBase

문 18. 오존 (O_3)이 산소 (O_2)로 분해되는 반응 메커니즘이 다음과 같을 때 전체 반응의 속도법칙은? (단, k_1, k_2, k_{-1}은 속도 상수이다)

$$O_3(g) \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} O_2(g) + O(g) \text{ (빠름)}$$

$$O_3(g) + O(g) \xrightarrow{k_2} 2O_2(g) \text{ (느림)}$$

① $\frac{k_1 k_2}{k_{-1}}[O_3]^2[O_2]^{-1}$
② $\frac{k_{-1} k_1}{k_2}[O_3][O_2]^{-2}$
③ $\frac{k_2 k_{-1}}{k_1}[O_3][O_2]^{-1}$
④ $k_1 k_{-1} k_2[O_3]^3[O_2]^{-2}$

정답 1번

출제 포인트

빠른 평형 단계에서 중간체 O의 농도를 반응물 농도로 나타낸 뒤, 느린 단계의 속도식에 대입하여 전체 반응의 속도법칙을 구하는 문제이다.

조건 정리

첫 단계는 빠른 평형이고, 둘째 단계는 느린 속도 결정 단계이다. 중간체 O는 전체 속도법칙에 남길 수 없으므로 $[O_3]$와 $[O_2]$로 바꾸어야 한다.

사용할 공식

빠른 평형에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로
$k_1[O_3] = k_{-1}[O_2][O]$
따라서
$[O] = \frac{k_1}{k_{-1}}[O_3][O_2]^{-1}$
느린 단계가 속도 결정 단계이므로 전체 반응 속도는 $v = k_2[O_3][O]$로 둔다.

NoteBase

계산 과정

중간체 농도를 느린 단계의 속도식에 대입하면
$v = k_2[O_3]\left(\frac{k_1}{k_{-1}}[O_3][O_2]^{-1}\right)$
$v = \frac{k_1 k_2}{k_{-1}}[O_3]^2[O_2]^{-1}$
이므로 1번의 식과 일치한다.

선지 판단

① O — 빠른 평형식으로 구한 [O]를 느린 단계 속도식에 대입한 결과와 정확히 일치한다.
② X — k_2를 분모에, k_{-1}을 분자에 둔 부분과 $[O_3][O_2]^{-2}$의 농도 차수가 틀렸다. 올바르게는 $\frac{k_1 k_2}{k_{-1}}[O_3]^2[O_2]^{-1}$이다.
③ X — k_1과 k_{-1}의 위치가 뒤바뀌었고 $[O_3]$의 제곱이 빠졌다. 올바르게는 $\frac{k_1 k_2}{k_{-1}}[O_3]^2[O_2]^{-1}$이다.
④ X — 평형식에서 k_{-1}은 분모에 들어가며, 대입 후 농도 차수도 $[O_3]^2[O_2]^{-1}$이어야 한다. 올바르게는 $\frac{k_1 k_2}{k_{-1}}[O_3]^2[O_2]^{-1}$이다.

오답 포인트

빠른 단계의 정반응식만 보고 속도를 정하거나 중간체 [O]를 그대로 남기는 것이 핵심 함정이다. 또한 평형식을 정리할 때 k_{-1}과 $[O_2]$가 분모로 이동한다는 점을 놓치면 상수의 위치나 농도 지수가 뒤바뀐다.

다시 나오면 이렇게 판단

빠른 평형 단계에서 중간체 농도를 먼저 구하고, 그 식을 느린 단계의 속도식에 대입한 뒤, 최종식에 중간체가 남아 있지 않은지 확인한다.

암기 포인트

빠른 평형으로 중간체를 제거하고, 느린 단계로 속도를 결정한다. 이 문항에서는 $[O] = \frac{k_1[O_3]}{k_{-1}[O_2]}$이다.

NoteBase

문 19. 25 °C, 1 atm에서 $2AB_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB_3(g)$ 반응에 대한 설명 중 옳은 것을 <보기>에서 모두 고르면?
(단, A, B는 임의의 원소이고 H_f°는 표준 생성 엔탈피, S°는 표준 엔트로피이며 모든 기체는 이상기체로 가정한다)

물질	H_f° (kJ/mol)	S° (J/K · mol)
$AB_2(g)$	−300	250
$AB_3(g)$	−400	260
$B_2(g)$	0	200

<보기>
㉠ 이 반응은 발열 반응이다.
㉡ 반응 후의 엔트로피는 반응 전의 엔트로피에 비해 감소한다.
㉢ 이 반응은 자발적으로 진행된다.

① ㉠
② ㉡
③ ㉠, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 4번

출제 포인트

표준 생성 엔탈피와 표준 엔트로피로 반응의 ΔH°, ΔS°, ΔG°를 차례로 계산하여 발열성, 엔트로피 변화, 자발성을 판단하는 문제이다.

조건 정리

반응식은 $2AB_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB_3(g)$이다. 표의 값은 H_ f^[AB_2]=-300 kJ/mol, H_ f^[AB_3]=-400 kJ/mol, H_ f^[B_2]=0 kJ/mol이고, $S^\circ[AB_2] = 250 J/(K \cdot mol)$, $S^\circ[AB_3] = 260 J/(K \cdot mol)$, $S^\circ[B_2] = 200 J/(K \cdot mol)$이다. 온도는 $25^\circ C = 298 K$이다.

NoteBase

사용할 공식

Δ H^=Σ ν H_ f^(생성물)-Σ ν H_ f^(반응물)
Δ S^=Σ ν S^(생성물)-Σ ν S^(반응물)
$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$
생성물의 합에서 반응물의 합을 빼면 반응 엔탈피와 반응 엔트로피를 구할 수 있다. 일정한 온도와 압력에서 $\Delta G^\circ < 0$이면 정반응이 자발적이다.

계산 과정

1. 반응 엔탈피는 $2(-400) - [2(-300) + 0] = -200kJ$이다. 따라서 $\Delta H^\circ < 0$이므로 발열 반응이다.
2. 반응 엔트로피는 $2(260) - [2(250) + 200] = -180J/K = -0.180kJ/K$이다. 따라서 반응 후 계의 엔트로피는 감소한다.
3. $298K$에서 $\Delta G^\circ = -200 - 298(-0.180) = -146.36kJ$이다. $\Delta G^\circ < 0$이므로 주어진 표준 상태에서 정반응은 자발적으로 진행된다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳다.

선지 판단

① X — ㉠은 옳지만 ㉡과 ㉢도 옳으므로 ㉠만 고른 것은 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 골라야 한다.
② X — ㉡은 옳지만 ㉠과 ㉢도 옳으므로 ㉡만 고른 것은 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 골라야 한다.
③ X — ㉠과 ㉢은 옳지만 ㉡도 옳으므로 ㉡을 제외한 것이 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 골라야 한다.
④ O — $\Delta H^\circ = -200kJ$, $\Delta S^\circ = -180J/K$, $\Delta G^\circ = -146.36kJ$이므로 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳다.

오답 포인트

기체 몰수가 3몰에서 2몰로 줄어드는 모습만으로 엔트로피 감소를 추정하고 계산을 생략하거나, ΔS°의 J를 kJ로 바꾸지 않은 채 $T\Delta S^\circ$를 계산하기 쉽다. 특히 $\Delta S^\circ < 0$이라고 해서 곧바로 비자발적이라고 판단하면 안 된다. 이 문항에서는 음의 ΔH°가 $T\Delta S^\circ$의 불리한 효과보다 커서 $\Delta G^\circ < 0$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반응식의 계수를 반영하여 생성물 합에서 반응물 합을 빼고 ΔH°와 ΔS°를 구한다. 그다음 ΔS°의 단위를 kJ/K로 맞춘 뒤 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$의 부호로 자발성을 판단한다.

암기 포인트

발열 여부는 ΔH, 계의 엔트로피 증감은 ΔS, 일정한 온도와 압력에서의 자발성은 ΔG의 부호로 판단한다.

NoteBase

문 20. 25 ℃에서 $Zn(OH)_2$의 용해도곱 상수(K_{sp})가 4.5×10^{-17}이라면, pH 9.5로 완충된 용액에서 $Zn(OH)_2(s)$의 용해도로 가장 가까운 값은?

① 6.7×10^{-8} M

② 9.0×10^{-8} M

③ 4.5×10^{-8} M

④ 3.4×10^{-8} M

정답 3번

출제 포인트

pH로부터 수산화 이온 농도를 구한 뒤, 용해도곱 식에 대입하여 완충용액에서의 몰 용해도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 25 ℃, $K_{sp} = 4.5 \times 10^{-17}$, pH = 9.5이다.
구해야 할 값: $Zn(OH)_2$의 몰 용해도 s이다.
주의할 조건: 용액이 pH 9.5로 완충되어 있으므로, 용해로 생성되는 양과 별개로 $[OH^-]$는 완충용액의 pH로 결정된 값으로 본다.

사용할 공식

25 ℃에서 $pOH = 14.0 - pH$, $[OH^-] = 10^{-pOH}$이다.
$Zn(OH)_2(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$이므로 $K_{sp} = [Zn^{2+}][OH^-]^2$이다. 몰 용해도를 s라 하면 $[Zn^{2+}] = s$이므로 $s = K_{sp}/[OH^-]^2$를 사용한다.

계산 과정

1. $pOH = 14.0 - 9.5 = 4.5$이다.
2. $[OH^-] = 10^{-4.5}$M이므로 $[OH^-]^2 = 10^{-9}M^2$이다.
3. $s = \frac{4.5 \times 10^{-17}}{10^{-9}} = 4.5 \times 10^{-8}$M

따라서 가장 가까운 값은 4.5×10^{-8}M이다.

선지 판단

① X — 6.7×10^{-8}M은 계산값과 일치하지 않는다. 올바르게는 4.5×10^{-8}M이다.
② X — 9.0×10^{-8}M은 계산값의 2배로, 용해 반응식의 계수 2를 몰 용해도에 잘못 곱한 값이다. 올바르게는 4.5×10^{-8}M이다.
③ O — $K_{sp}/[OH^-]^2$로 계산한 4.5×10^{-8}M과 일치한다.
④ X — 3.4×10^{-8}M은 계산값과 일치하지 않는다. 올바르게는 4.5×10^{-8}M이다.

NoteBase

오답 포인트

핵심 함정은 $Zn(OH)_2$가 녹을 때 OH^-가 2배 생성된다는 사실만 보고 $[OH^-] = 2s$로 두는 것이다. 이 용액은 pH가 9.5로 완충되어 있으므로 $[OH^-] = 10^{-4.5}$M을 먼저 정하고 용해도곱 식에 넣어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

25 °C에서 pH를 pOH로 바꾸고, $[OH^-]$를 구한 다음, 고체의 해리식에서 용해도곱 식을 세워 몰 용해도 s를 분리한다. pH가 완충되어 있다는 조건이 있으면 $[OH^-]$를 $2s$로 두지 않는다.

암기 포인트

완충된 pH에서는 $[OH^-]$가 먼저 고정된다. $Zn(OH)_2$의 용해도는 $s = K_{sp}/[OH^-]^2$이다.