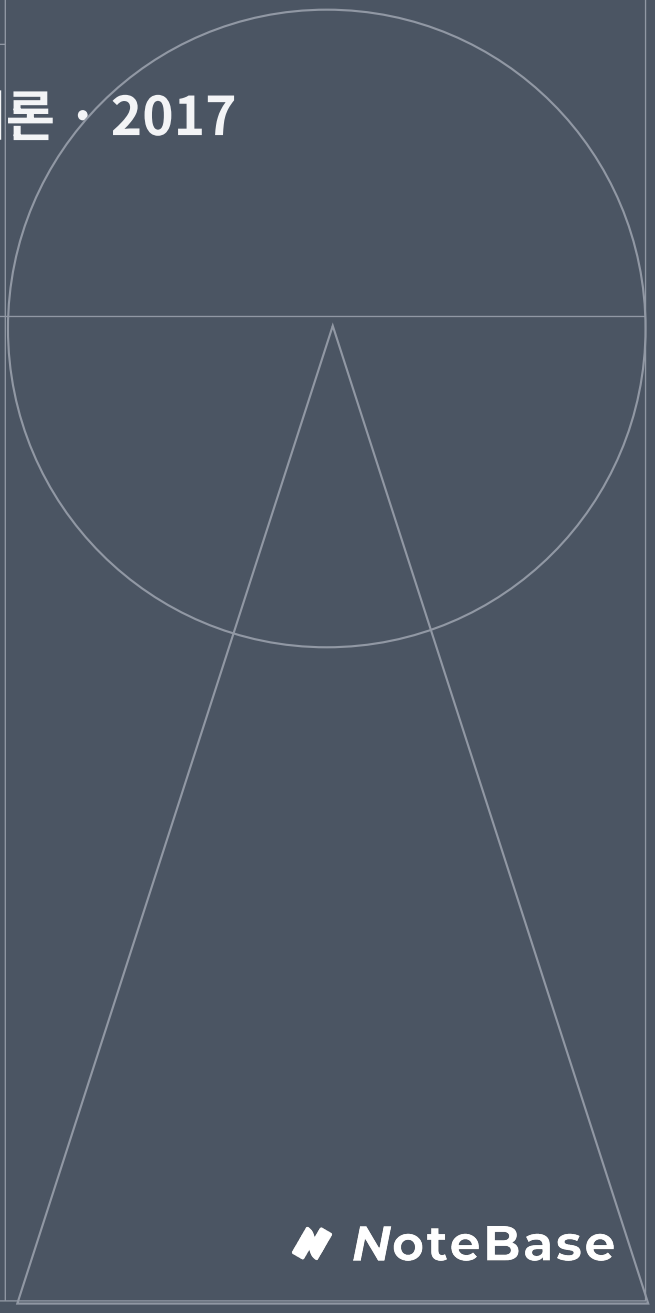
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2017

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2017

문 1. 보어의 수소 원자 이론에서 수소의 전자가 가질 수 있는 에너지는 주양자수 n에 의해 결정되며, 바닥 상태 전자의 주양자수는 1, 들뜬 상태 전자의 주양자수는 2, 3, ... 등의 정수이다. 수소 원자에서 바닥 상태의 전자를 완전히 떼어내는 데 드는 에너지를 ΔE_1이라고 하고, $n = 2$에서 $n = 4$인 상태로 전자 준위를 들뜨게 하는 데 드는 에너지를 ΔE_2라고 할 때, $\frac{\Delta E_2}{\Delta E_1}$의 값은?

① $\frac{1}{16}$
② $\frac{1}{8}$
③ $\frac{3}{16}$
④ $\frac{1}{4}$

정답 3번

출제 포인트

보어의 수소 원자 에너지 준위식 $E_n = -13.6/n^2$를 이용해 이온화 에너지와 준위 전이 에너지의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 바닥 상태는 $n = 1$이다.
- ΔE_1은 $n = 1$에서 전자를 완전히 떼어 내는 데 드는 에너지이다.
- ΔE_2는 $n = 2$에서 $n = 4$로 들뜨게 하는 데 드는 에너지이다.

구해야 할 값:
- $\Delta E_2/\Delta E_1$

주의할 조건:
- 이온화의 최종 상태 에너지는 0이다.
- 들뜸 에너지는 각 준위값 자체가 아니라 두 준위의 차이이다.

NoteBase

사용할 공식

$E_n = -13.6/n^2$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
보어 모형에서 수소 원자의 에너지는 주양자수 n에만 의존하므로, 이온화 에너지와 전이 에너지는 각 준위의 에너지 차이로 계산된다.

계산 과정

1. 바닥 상태 에너지는 $E_1 = -13.6$이다.
2. 따라서 $\Delta E_1 = 0 - E_1 = 13.6$이다.
3. $E_2 = -13.6/4 = -3.4$, $E_4 = -13.6/16 = -0.85$이다.
4. 따라서 $\Delta E_2 = E_4 - E_2 = (-0.85) - (-3.4) = 2.55$이다.
5. 비는 $\Delta E_2/\Delta E_1 = 2.55/13.6 = 3/16$이다.

선지별 해설

① X: 1/16은 $n = 4$ 준위값만 따로 본 값에 가깝고, $n = 2 \to 4$ 전이에서 필요한 에너지 차이를 반영하지 못한다. 틀린 표현은 '비가 1/16이다'이고, 올바르게는 '비는 3/16이다'이다.
② X: 1/8은 준위 차이를 계산하지 않고 분모를 임의로 단순화할 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 '비가 1/8이다'이고, 올바르게는 '전이 에너지는 $E_4 - E_2$로 구하므로 비는 3/16이다'이다.
③ O: $\Delta E_1 = 13.6$, $\Delta E_2 = 13.6(1/4 - 1/16) = 13.6 \times 3/16$이므로 $\Delta E_2/\Delta E_1 = 3/16$이다.
④ X: 1/4는 $n = 2$ 준위 에너지의 상대 크기만 본 값으로, $n = 4$ 준위를 함께 반영한 전이 에너지 차이가 아니다. 틀린 표현은 '비가 1/4이다'이고, 올바르게는 '비는 두 준위의 차이인 3/16이다'이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $1/n^2$ 형태만 보고 준위값 자체를 바로 비로 처리하는 데 있다. 특히 ①과 ④처럼 특정 준위 하나의 상대값만 가져오면 틀리고, ΔE_2는 반드시 $E_4 - E_2$처럼 차이로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

수소 원자 에너지 비 문제는 먼저 $E_n \propto -1/n^2$를 적고, 이온화는 $0 - E_{initial}$, 들뜸은 $E_{final} - E_{initial}$로 에너지 차이를 만든 뒤 마지막에 비를 취하면 된다.

암기 포인트

수소 원자 준위는 $E_n \propto -1/n^2$이고, 정답은 준위값 자체가 아니라 준위 차이로 결정된다.

NoteBase

문 2. 온도가 일정할 때 다음 반응에 대한 초기 속도가 다음과 같다. 이 반응의 속도법칙은? (단, k는 속도상수이다.)

≪ $2A(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB(g)$ ≫

실험	초기 [A] (M)	초기 [B_2] (M)	B_2 소모의 초기 속도(M/s)
1	0.13	0.20	1.0×10^{-2}
2	0.26	0.20	1.0×10^{-2}
3	0.13	0.10	5.0×10^{-3}

① $k[A]$

② $k[B_2]$

③ $k[A]^2[B_2]$

④ $k[A][B_2]^2$

정답 2번

출제 포인트

초기속도법으로 $[A]$와 $[B_2]$의 반응차수를 각각 판정해 속도법칙을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 실험 1과 2는 $[B_2]$가 같고 $[A]$만 $0.13 \rightarrow 0.26$으로 2배이다. 그런데 B_2 소모 속도는 둘 다 1.0×10^{-2}로 같다.
주어진 값: 실험 1과 3은 $[A]$가 같고 $[B_2]$만 $0.20 \rightarrow 0.10$으로 1/2배이다. 그런데 B_2 소모 속도도 $1.0 \times 10^{-2} \rightarrow 5.0 \times 10^{-3}$으로 1/2배이다.
구해야 할 값: B_2 소모의 초기 속도식이다.
주의할 조건: 반응식의 계수 $2A + B_2 \rightarrow 2AB$가 곧바로 반응차수가 되지는 않는다.

사용할 공식

$v = k[A]^m[B_2]^n$
이 공식을 쓰는 이유: 한 번에 한 농도만 바뀐 실험들을 비교하면 변화비로 m, n을 직접 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 실험 1과 2를 비교하면 $[A]$는 2배, $[B_2]$는 일정, 속도는 변화가 없다. 따라서 $2^m = 1$이므로 $m = 0$이다.
2. 실험 1과 3을 비교하면 $[B_2]$는 1/2배, $[A]$는 일정, 속도도 1/2배이다. 따라서 $(1/2)^n = 1/2$이므로 $n = 1$이다.
3. 따라서 $v = k[A]^0[B_2]^1 = k[B_2]$이다.

선지별 해설

① X: $k[A]$는 $[A]$가 1차이고 $[B_2]$가 0차라는 뜻이다. 그러나 실험 1과 2에서 $[A]$를 2배로 해도 속도가 변하지 않으므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 $[A]$에 비례한다고 본 점이며, 올바르게는 $k[B_2]$이다.
② O: 실험 1과 2로 $[A]$ 0차, 실험 1과 3으로 $[B_2]$ 1차가 확인된다. 따라서 B_2 소모의 초기 속도식은 $k[B_2]$가 맞다.
③ X: $k[A]^2[B_2]$라면 $[A]$를 2배로 할 때 속도는 4배가 되어야 한다. 실제로는 속도가 그대로이므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 $[A]$를 2차로 본 점이며, 올바르게는 $[A]^0[B_2]$, 즉 $k[B_2]$이다.
④ X: $k[A][B_2]^2$라면 $[A]$를 2배로 하면 속도는 2배, $[B_2]$를 1/2배로 하면 속도는 1/4배가 되어야 한다. 실제 데이터는 각각 변화 없음과 1/2배이므로 모두 맞지 않는다. 틀린 표현은 $[A]$ 1차, $[B_2]$ 2차로 본 점이며, 올바르게는 $k[B_2]$이다.

오답 포인트

반응식의 계수 2를 보고 $[A]^2$처럼 쓰는 실수가 가장 흔하다. 그러나 이 문항은 실험값으로 반응차수를 정하는 문제이므로 계수가 아니라 속도 변화비를 따라가야 한다. 또 실험 1과 2에서 속도가 그대로라는 사실을 놓치면 $[A]$ 0차를 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

초기속도 문제는 한 농도만 바뀐 두 실험을 먼저 잡고, 농도 변화배수와 속도 변화배수를 바로 대응시켜 차수를 정하면 된다. 농도를 바꿔도 속도가 그대로이면 0차, 농도 변화배수와 속도 변화배수가 같으면 1차로 판단할 수 있다.

암기 포인트

반응식 계수와 반응차수는 자동으로 같지 않으며, 반응차수는 초기속도 변화비로 정한다.

NoteBase

문 3. 분자 간 인력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 표면 장력이 작을수록 큰 분자 간 힘을 갖는다.

② London 분산력은 모든 분자에 존재한다.

③ 분자 간 힘이 클수록 낮은 증기압을 갖는다.

④ DNA 쌍의 이중나선구조는 수소결합 때문이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 분자 간 인력이 커질 때 함께 커지거나 작아지는 물성인 표면장력, 증기압, 수소결합, London 분산력의 관계를 묻는다.

핵심 개념

표면장력은 액체 분자들이 서로 끌어당겨 표면적을 줄이려는 성질이므로 분자 간 인력이 클수록 커진다.
London 분산력은 전자 분포의 순간적인 치우침으로 생기는 인력으로 모든 원자와 분자에 존재한다.
증기압은 액체가 기체로 빠져나가려는 경향이므로 분자 간 인력이 클수록 낮아진다.
수소결합은 *F*, *O*, *N*에 결합한 수소가 만드는 비교적 강한 분자 간 인력이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "표면 장력이 작을수록 큰 분자 간 힘을 갖는다"는 표현이다. 표면장력은 분자들이 서로 강하게 끌어당길수록 커지므로, 올바르게는 "표면 장력이 클수록 큰 분자 간 힘을 갖는다"이다.
2번: O. London 분산력은 비극성 분자에만 있는 힘이 아니라 전자구름을 가진 모든 원자와 분자에 존재하는 기본적인 분자 간 인력이다.
3번: O. 분자 간 힘이 크면 액체 분자가 기체로 빠져나가기 어려워지므로 증기압은 낮아진다.
4번: O. DNA 이중나선은 상보적 염기쌍 사이의 수소결합으로 안정화되므로 기본 설명으로 옳다.

오답 포인트

1번처럼 물성의 방향을 반대로 뒤집는 선지가 대표적인 함정이다. 표면장력은 분자 간 힘과 같은 방향으로, 증기압은 반대 방향으로 변한다는 점을 섞어 놓으면 혼동하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

분자 간 인력이 커질 때 어떤 물성이 커지는지, 작아지는지를 먼저 정리하면 된다. 표면장력과 끓는점은 같은 방향, 증기압과 휘발성은 반대 방향으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

분자 간 힘이 크면 표면장력은 크고 증기압은 낮으며, London 분산력은 모든 분자에 존재한다.

NoteBase

문 4. 다음 과정의 $\Delta H^\circ = 9.2\text{kJ/mol}$이고, $\Delta S^\circ = 43.9\text{J/mol}\cdot\text{K}$이다. 이때 고체 $CHCl_3$의 정상 녹는점은? (단, 최종 결과는 소수점 첫째 자리에서 반올림한다.)

$CHCl_3(s) \rightarrow CHCl_3(l)$

① -63°C

② 5°C

③ 63°C

④ 210°C

정답 1번

출제 포인트

상평형에서 녹는점은 고체와 액체의 깁스 자유에너지가 같아지는 온도이므로 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0$에서 T를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $\Delta H^\circ = 9.2kJ/mol = 9200J/mol$
- $\Delta S^\circ = 43.9J/(mol\cdot K)$

구해야 할 값:
- 고체 $CHCl_3$의 정상 녹는점

주의할 조건:
- 녹는점에서는 고체와 액체가 평형이므로 $\Delta G = 0$이다.
- 계산된 절대온도 K를 마지막에 $^\circ C$로 바꿔야 한다.

사용할 공식

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
평형인 녹는점에서는 $\Delta G = 0$이므로 $T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
정상 녹는점은 고체와 액체가 공존하는 온도이므로 상전이의 자유에너지 변화가 0이 되는 조건을 바로 적용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 단위를 맞춘다.

$\Delta H^\circ = 9.2kJ/mol = 9200J/mol$

2. 평형조건을 넣어 절대온도를 구한다.

$T = \frac{\Delta H^\circ}{\Delta S^\circ} = \frac{9200}{43.9} = 209.6K$

3. 섭씨온도로 변환한다.

$T = 209.6 - 273.15 = -63.6^\circ C$

따라서 정상 녹는점은 약 $-63.6^\circ C$이고, 보기에서는 1번에 해당한다.

선지 판단

① O

- 계산 결과가 약 $-63.6^\circ C$이므로 ①의 $-63^\circ C$가 가장 가깝다.

② X

- $5^\circ C$는 주어진 ΔH°와 ΔS°로 계산한 평형온도와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "$5^\circ C$"이고, 올바르게는 "정상 녹는점은 약 $-63.6^\circ C$"이다.

③ X

- $63^\circ C$는 섭씨 변환 뒤의 음수 부호를 놓친 값에 가깝다.
- 틀린 표현은 "$63^\circ C$"이고, 올바르게는 "정상 녹는점은 약 $-63.6^\circ C$"이다.

④ X

- 209.6은 절대온도 K 값인데 이를 그대로 $^\circ C$로 적으면 ④ 같은 오답이 된다.
- 틀린 표현은 "$210^\circ C$"이고, 올바르게는 "$209.6K = -63.6^\circ C$"이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 $\Delta G = 0$ 조건보다 단위 처리에 있다. ΔH°를 kJ에서 J로 맞추지 않거나, $209.6K$를 바로 $209.6^\circ C$로 읽거나, 섭씨 변환 뒤 음수 부호를 놓치면 ④나 ③ 같은 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

상변화의 정상 온도를 묻으면 먼저 해당 상평형에서 $\Delta G = 0$을 세운다. 그다음 $\Delta H/\Delta S$로 절대온도 K를 구하고, 마지막 한 단계에서만 $^\circ C$ 변환을 적용하면 된다.

암기 포인트

정상 녹는점과 정상 끓는점에서는 $\Delta G = 0$이므로 $T = \Delta H/\Delta S$이다. 계산 결과가 K인지 $^\circ C$인지 끝까지 구분하는 것이 핵심이다.

NoteBase

문 5. 고체 NH_4NO_3을 진공용기에 넣고 가열하였더니 다음과 같은 반응이 격렬하게 진행되었다. 평형에 도달한 뒤 $500\,^\circ C$에서 용기의 전체 압력은 3.00atm이었다. 이때의 K_p (부분 압력으로 나타낸 평형상수)는?

$NH_4NO_3(s) \rightleftharpoons NO_2(g) + 2H_2O(g)$

① 1.00

② 2.00

③ 3.00

④ 4.00

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 기체의 화학양론비로 부분 압력을 나눈 뒤 $K_p = P_{NO_2}(P_{H_2O})^2$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 $NH_4NO_3(s) \rightleftharpoons NO_2(g) + 2H_2O(g)$이다.
고체는 K_p 식에 들어가지 않는다.
평형에서 기체는 NO_2와 H_2O뿐이고 전체 압력은 3.00 atm이다.
기체 몰수비는 $NO_2 : H_2O = 1 : 2$이다.

사용할 공식

$K_p = P_{NO_2}(P_{H_2O})^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 반응식에서 기체 생성물만 평형식에 들어가고, 각 기체의 지수는 반응식 계수와 같기 때문이다.

계산 과정

전체 압력 3.00 atm을 몰수비 1 : 2로 나누면 $P_{NO_2} = 1.00atm$, $P_{H_2O} = 2.00atm$이다.
따라서
$K_p = P_{NO_2}(P_{H_2O})^2 = (1.00)(2.00)^2 = 4.00$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1.00은 NO_2의 부분 압력만 넣고 H_2O 항을 빠뜨린 값이다. 올바르게는 $K_p = P_{NO_2}(P_{H_2O})^2$이므로 $1.00 \times (2.00)^2$를 계산해야 한다.
② X: 2.00은 H_2O의 계수 2를 제곱 지수로 반영하지 않고 1.00×2.00으로 계산한 값이다. 올바르게는 P_{H_2O}를 한 번 더 곱해 4.00이 된다.
③ X: 3.00은 전체 압력을 그대로 K_p로 본 값이다. 올바르게는 전체 압력을 각 기체의 부분 압력으로 나눈 뒤 평형식에 대입해야 한다.
④ O: 전체 압력 3.00 atm에서 부분 압력은 NO_2가 1.00 atm, H_2O가 2.00 atm이므로 $K_p = 1.00 \times (2.00)^2 = 4.00$이다.

오답 포인트

전체 압력을 그대로 K_p로 넣거나, H_2O의 계수 2를 부분 압력 2 atm로만 보고 지수 2를 빼먹기 쉽다. 이 문항은 부분 압력과 반응식 계수를 동시에 점검하는 함정이 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

기체 평형 계산은 먼저 고체와 액체를 평형식에서 제외하고, 남은 기체의 몰수비로 부분 압력을 구한 뒤, 반응식 계수를 지수로 넣어 K_p를 계산하면 된다.

암기 포인트

평형상수는 총압이 아니라 부분 압력으로 계산하고, 지수는 반응식 계수와 같아진다.

NoteBase

문 6. 25.0°C에서 물의 증기압은 23.8torr이다. 180g의 물에 몇 g의 글루코스를 첨가하면 이 용액의 증기압이 11.9torr가 되겠는가? (단, 물과 글루코스의 분자량은 각각 18g/mol, 180g/mol이다.)

① 90g

② 180g

③ 1800g

④ 3900g

정답 3번

출제 포인트

비휘발성 용질을 녹인 용액에서 라울의 법칙 P_용액=X_물P^_물을 적용해 물의 몰분율과 글루코스 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 순수한 물의 증기압 $23.8torr$, 용액의 증기압 $11.9torr$, 물의 질량 $180g$이다.
물의 몰수는 $180/18 = 10mol$이다.
글루코스는 비휘발성 용질이므로 용액의 증기압은 물의 몰분율로만 결정된다.

사용할 공식

라울의 법칙은 P_용액=X_물P^_물이다.
이 공식을 쓰는 이유는 글루코스가 증발하지 않아 용액의 증기압이 물의 몰분율 X_물에 비례하기 때문이다.

계산 과정

1. 물의 몰분율은 X_물=P_용액/P^_물=11.9/23.8=0.5이다.
2. 또 X_물=(n_물)/(n_물+n_글루코스)=(10)/(10+n_글루코스)=0.5이다.
3. 따라서 10=0.5(10+n_글루코스)이므로 n_글루코스=10 mol이다.
4. 글루코스 질량은 $10 \times 180 = 1800g$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 90g은 0.5mol이다. 이때 물의 몰분율은 10/10.5 ≈ 0.952이므로 증기압은 $23.8 \times 0.952 \approx 22.7 torr$가 된다. 틀린 표현은 '90g'이며, 올바르게는 1800g이다.
② X: 180g은 1mol이다. 이때 물의 몰분율은 10/11 ≈ 0.909이므로 증기압은 약 21.6$torr$이다. 틀린 표현은 '180g'이며, 올바르게는 1800g이다.
③ O: 1800g은 10mol이다. 이때 물의 몰분율이 정확히 0.5가 되어 용액의 증기압은 $23.8 \times 0.5 = 11.9 torr$가 된다.
④ X: 3900g은 3900/180 ≈ 21.7mol이다. 이때 물의 몰분율은 10/(10 + 21.7) ≈ 0.316이므로 증기압은 약 7.5$torr$가 된다. 틀린 표현은 '3900g'이며, 올바르게는 1800g이다.

오답 포인트

증기압이 절반이 되었다는 사실을 질량이 절반이 되었다는 뜻으로 오해하기 쉽다. 이 문항은 질량비가 아니라 물의 몰분율이 0.5가 되도록 글루코스 몰수를 맞추는 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

비휘발성 용질의 증기압 내림 문제는 P_용액/P^_용매로 용매 몰분율을 먼저 구한 뒤, 이미 알고 있는 용매 몰수로 용질 몰수를 역산하면 된다.

암기 포인트

라울의 법칙에서는 (P_용액)/(P^_용매)=X_용매이다. 증기압이 절반이면 용매 몰분율도 절반이다.

NoteBase

문 7. Mn 원자의 바닥 상태 전자배치는 $[Ar]3d^5 4s^2$이며, 산 수용액에서 쉽게 이온화하여 착이온인 $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$를 형성한다. $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$의 구조는 정팔면체이고, H_2O는 약한장 리간드일 때, 이 착이온에서 짝지지 않은 전자의 수는?

① 2개

② 3개

③ 4개

④ 5개

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Mn^{2+}의 d전자 수와 약한장 리간드가 만드는 정팔면체 고스핀 전자배치를 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

Mn의 바닥 상태는 $[Ar]3d^5 4s^2$이다. Mn^{2+}가 될 때는 $4s$ 전자 2개가 먼저 빠져 $[Ar]3d^5$가 된다.
정팔면체 착이온에서 H_2O는 약한장 리간드이므로 고스핀 배치를 만든다. 따라서 d전자 5개는 $t_{2g}^3 e_g^2$로 들어가며 다섯 전자가 모두 홀전자로 남는다.

NoteBase

선지별 해설

① X

2개는 d^2 또는 강한장 d^4 저스핀처럼 전자쌍이 많이 생기는 경우의 값에 가깝다. 이 문항의 Mn^{2+}는 약한장 정팔면체 d^5 고스핀이라 홀전자는 2개가 아니다.
틀린 표현은 '2개'이다. 올바르게는 '5개'이다.

② X

3개는 d^3 또는 일부 d^4 계열에서 보일 수 있는 값이다. Mn^{2+}의 d^5 고스핀은 t_{2g}와 e_g에 각각 한 번씩 먼저 채워져 홀전자가 5개가 된다.
틀린 표현은 '3개'이다. 올바르게는 '5개'이다.

③ X

4개는 고스핀 d^4일 때 가능한 값이다. 이 문항의 중심 금속은 Mn^{2+}이므로 d^5이고, 약한장 리간드이므로 전자 짝지음보다 홀전자 유지가 우선되어 4개가 아니라 5개이다.
틀린 표현은 '4개'이다. 올바르게는 '5개'이다.

④ O

Mn^{2+}는 $[Ar]3d^5$이고, H_2O는 약한장 리간드이므로 정팔면체장에서 고스핀 $t_{2g}^3e_g^2$ 배치를 한다. 다섯 전자가 모두 짝지어지지 않으므로 홀전자는 5개이다.

오답 포인트

중성 Mn의 $[Ar]3d^54s^2$를 보고 $4s$ 전자를 그대로 남겨 두거나, 약한장 리간드인데도 저스핀처럼 짝지음을 먼저 떠올리면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 '이온화 순서'와 '약한장 = 고스핀'을 동시에 놓치게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

전이금속 착이온 문제는 먼저 산화수를 반영해 $4s$ 전자부터 제거한 뒤 d전자 수를 다시 센다. 그다음 리간드가 약한장이면 고스핀, 강한장이면 저스핀 가능성을 검토하면 홀전자 수를 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

Mn^{2+}는 d^5, 약한장 정팔면체 d^5는 고스핀이라 홀전자 5개이다.

NoteBase

문 8. 어떠한 화합물 A는 원자 B와 수소로 이루어져 있다. 화합물 A를 구성하는 수소의 개수는 원자 B 개수의 3배이고, 원자 B는 화합물 A 질량의 80%를 차지할 때 원자 B의 원자량은 얼마인가? (단, 수소의 원자량은 1이다.)

① 10

② 12

③ 14

④ 16

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 질량 백분율과 원자 수 비를 이용해 원자 B의 원자량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 화합물 A는 B와 H로 이루어지고, H의 개수는 B 개수의 3배이다.
구해야 할 값: 원자 B의 원자량이다.
주의할 조건: 수소의 원자량은 1이고, 원자 수 비가 $B : H = 1 : 3$이므로 화학식은 BH_3 꼴로 둘 수 있다.

사용할 공식

질량 백분율은 특정 원소의 질량을 화합물 전체 질량으로 나눈 값이다.
$\frac{M}{M+3} = 0.8$
이 공식을 쓰는 이유: B의 원자량을 M이라 두면 B 1개와 H 3개의 질량 합이 전체 질량이 되므로 질량분율 식을 바로 세울 수 있다.

계산 과정

1. 원자 B의 원자량을 M이라 두면 화합물 A의 질량은 $M + 3$이다.
2. B가 화합물 A 질량의 80%이므로 $\frac{M}{M+3} = 0.8$이다.
3. $M = 0.8(M + 3)$에서 $0.2M = 2.4$이므로 $M = 12$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 원자량이 10이면 B의 질량분율은 $\frac{10}{13}$으로 약 76.9%이므로 조건과 맞지 않는다. 틀린 표현은 원자량 10이라는 값이고 올바르게는 12이다.
2번 O: 계산 결과가 12이므로 H의 개수비와 B의 질량분율 80%를 모두 만족한다.
3번 X: 원자량이 14이면 B의 질량분율은 $\frac{14}{17}$으로 약 82.4%이므로 80%보다 크다. 틀린 표현은 원자량 14라는 값이고 올바르게는 12이다.
4번 X: 원자량이 16이면 B의 질량분율은 $\frac{16}{19}$으로 약 84.2%이므로 조건과 맞지 않는다. 틀린 표현은 원자량 16이라는 값이고 올바르게는 12이다.

오답 포인트

원자 수 비와 질량 비를 섞어 보면 틀린다. 이 문항은 H의 개수비 3을 질량식의 3으로 옮긴 뒤, 80%를 질량분율 식에 대입해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자 수 비가 주어지면 가장 단순한 화학식 꼴로 바꾸고, 각 원소의 질량을 더해 질량분율 식을 세우면 된다.

암기 포인트

원자 수 비는 화학식 아래첨자, 질량 백분율은 각 원소 질량을 전체 질량으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 9. 어떤 용액에 $0.10M\ Cl^-$과 $0.10M\ CrO_4^{2-}$이 들어있다. 이 용액에 $0.10M$ 질산은 용액을 한방울씩 첨가했을 때, 다음 중 가장 먼저 침전되는 물질은? (단, 크롬산은의 $K_{sp} = 9.0 \times 10^{-12}$이고, 염화은의 $K_{sp} = 1.6 \times 10^{-10}$이다.)

① 염화은

② 크롬산은

③ 질산은

④ 주어진 정보로는 알 수 없다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 혼합 음이온 용액에 Ag^+를 가할 때 어느 염이 먼저 침전하는지를 각 염의 침전 개시 $[Ag^+]$로 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $[Cl^-] = 0.10M$
- $[CrO_4^{2-}] = 0.10M$
- $K_{sp}(AgCl) = 1.6 \times 10^{-10}$
- $K_{sp}(Ag_2CrO_4) = 9.0 \times 10^{-12}$

구해야 할 값:
- 가장 먼저 침전이 시작되는 물질

주의할 조건:
- K_{sp}의 절대값만 바로 비교하지 않고, 각 염이 침전되기 시작하는 최소 $[Ag^+]$를 계산해야 한다.

사용할 공식

염화은: $K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$
크롬산은: $K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$
이 공식을 쓰는 이유:
- 어떤 염이 막 침전되기 시작하는 순간에는 이온곱이 K_{sp}와 같아지므로, 각 염에 필요한 최소 $[Ag^+]$를 비교하면 먼저 생기는 침전을 판단할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 염화은의 침전 시작 조건은 $[Ag^+] = K_{sp}/[Cl^-] = 1.6 \times 10^{-10}/0.10 = 1.6 \times 10^{-9} M$이다.
2. 크롬산은의 침전 시작 조건은
$[Ag^+] = \sqrt{K_{sp}/[CrO_4^{2-}]} = \sqrt{9.0 \times 10^{-12}/0.10} = \sqrt{9.0 \times 10^{-11}} \approx 9.5 \times 10^{-6} M$이다.
3. $1.6 \times 10^{-9} M < 9.5 \times 10^{-6} M$이므로 더 낮은 $[Ag^+]$에서 생성되는 염화은이 먼저 침전된다.

선지별 해설

① O
- 염화은은 $[Ag^+] = 1.6 \times 10^{-9} M$일 때부터 침전이 시작된다. 크롬산은보다 훨씬 낮은 $[Ag^+]$에서 생기므로 가장 먼저 침전된다.

② X
- 크롬산은의 K_{sp} 값이 더 작더라도 반응식에 Ag^+가 두 개 들어가므로 침전 시작 조건은 $[Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$로 잡아야 한다. 실제 침전 개시 농도는 약 $9.5 \times 10^{-6} M$이어서 염화은보다 늦다.
- 틀린 표현은 "크롬산은이 가장 먼저 침전된다"이고, 올바르게는 "크롬산은은 염화은이 먼저 침전된 뒤 더 많은 Ag^+가 쌓여야 침전된다"이다.

③ X
- 질산은은 문제에서 한 방울씩 넣는 시약이며, 질산염은 일반적으로 잘 녹는 염이므로 침전으로 석출되는 대상이 아니다.
- 틀린 표현은 "질산은이 침전된다"이고, 올바르게는 "질산은은 Ag^+를 공급하는 수용성 시약이다"이다.

④ X
- 주어진 정보만으로도 두 염의 침전 개시 $[Ag^+]$를 직접 계산할 수 있으므로 충분히 판단할 수 있다.
- 틀린 표현은 "주어진 정보로는 알 수 없다"이고, 올바르게는 "초기 농도와 K_{sp}가 주어졌으므로 먼저 침전되는 물질을 알 수 있다"이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 K_{sp}가 더 작은 크롬산은이 먼저 침전된다고 단순 비교하는 데 있다. 그러나 난용성염의 선침전은 K_{sp} 숫자만이 아니라 화학식의 계수까지 반영한 침전 개시 $[Ag^+]$로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

혼합 이온 용액에서 선침전을 묻는 문제는 각 후보 염에 대해 "침전이 막 시작될 때 필요한 금속 이온 농도"를 식으로 구해 가장 작은 값을 비교하면 된다. 화학식에 따라 $[Ag^+]$의 지수가 달라진다는 점을 먼저 확인하면 된다.

암기 포인트

선침전 판단은 K_{sp} 단순 비교가 아니라 침전 개시 이온 농도 비교이다.

NoteBase

문 10. 상온, 1기압에서 16g의 순수한 산소 기체 O_2가 포함된 풍선이 있다. 같은 온도 및 압력에서 산소 기체가 포함된 풍선의 2배 크기인 순수한 이산화탄소 기체 CO_2가 담긴 풍선이 있다. 이 풍선에 포함된 이산화탄소 기체의 질량은? (단, O_2와 CO_2의 분자량은 각각 32g/mol, 44g/mol이다.)

① 11g

② 22g

③ 44g

④ 88g

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 온도와 압력에서 기체의 부피비가 몰수비와 같다는 점을 이용해 이산화탄소의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 산소 기체의 질량은 16g, 산소의 분자량은 32g/mol, 이산화탄소의 분자량은 44g/mol이다.
구해야 할 값: 2배 크기 풍선에 들어 있는 이산화탄소의 질량이다.
주의할 조건: 같은 온도와 압력에서는 기체의 종류와 무관하게 부피가 2배이면 몰수도 2배가 된다.

사용할 공식

사용 원리는 같은 온도와 압력에서 $V \propto n$이다.
산소의 몰수는 $n = \frac{m}{M} = \frac{16}{32} = 0.5mol$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 온도와 압력이 같고, 풍선의 크기만 2배라고 주어졌기 때문이다. 이 조건에서는 부피비를 그대로 몰수비로 옮길 수 있다.

계산 과정

1. 산소 기체의 몰수는 $0.5mol$이다.
2. 이산화탄소 풍선의 부피는 산소 풍선의 2배이므로 이산화탄소의 몰수는 $0.5 \times 2 = 1.0mol$이다.
3. 이산화탄소의 질량은 $m = nM = 1.0 \times 44 = 44g$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 11g은 $0.25mol \times 44$에 해당하는 값이다. 부피가 2배인데 몰수를 절반으로 잘못 처리한 값이다. 올바르게는 이 풍선에 포함된 이산화탄소의 질량은 44g이다.
2번 X: 22g은 산소의 몰수 $0.5mol$를 그대로 이산화탄소에 적용해 0.5×44로 계산한 값이다. 부피가 2배라는 조건을 반영하지 못한 값이다. 올바르게는 이 풍선에 포함된 이산화탄소의 질량은 44g이다.
3번 O: 같은 온도와 압력에서 부피가 2배이면 몰수도 2배이므로 이산화탄소는 $1.0mol$이다. 따라서 질량은 44g이 되어 정답이다.
4번 X: 88g은 이산화탄소를 $2.0mol$로 잘못 본 값이다. 이는 16g의 산소를 1mol로 착각하거나, 부피 2배 조건을 한 번 더 과장해 적용한 경우에 나온다. 올바르게는 이 풍선에 포함된 이산화탄소의 질량은 44g이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 질량비를 바로 비교하거나, 산소의 몰수 $0.5mol$를 구해 놓고도 부피 2배 조건을 놓치는 데 있다. 같은 온도와 압력에서는 먼저 부피비를 몰수비로 바꾼 뒤 분자량을 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

기체의 온도와 압력이 같게 주어지면 먼저 주어진 기체의 몰수를 구하고, 다음에는 부피비를 몰수비로 옮긴 뒤, 마지막에 해당 기체의 분자량을 곱해 질량을 구하면 된다.

암기 포인트

같은 온도·압력의 기체는 부피비 = 몰수비이고, 질량은 몰수에 분자량을 곱해 구한다.

NoteBase

문 11. 다음 분자들 중 같은 기하구조를 갖는 것으로 옳게 짝지은 것은?

① I_3^-와 CO_2

② SF_4와 CH_4

③ BrF_5와 PF_5

④ $BeCl_2$와 H_2O

정답 1번

출제 포인트

중심 원자의 전자영역 수와 고립전자쌍 수를 기준으로 VSEPR 분자 기하구조를 판별하는 문제이다.

핵심 개념

분자 기하구조는 중심 원자 주위의 결합 전자쌍과 고립전자쌍의 배치를 함께 보아 판단한다.
같은 원자 수를 가져도 고립전자쌍 수가 다르면 실제 모양은 달라진다.
I3-와 CO2는 모두 중심 원자 기준으로 선형이고, SF4는 시소형, CH4는 정사면체형, BrF5는 사각뿔형, PF5는 삼각쌍뿔형, H2O는 굽은형이다.

선지별 해설

① O: I3-는 중심 I가 2개의 결합과 3개의 고립전자쌍을 가져 AX2E3형이므로 선형이다. CO2도 중심 C가 AX2형이므로 선형이다. 두 분자는 같은 기하구조를 가진다.
② X: SF4는 중심 S가 AX4E형이어서 시소형이다. CH4는 AX4형이어서 정사면체형이다. 틀린 표현은 같은 기하구조라는 판단이며, 올바르게는 SF4와 CH4는 서로 다른 기하구조를 가진다.
③ X: BrF5는 중심 Br이 AX5E형이어서 사각뿔형이다. PF5는 AX5형이어서 삼각쌍뿔형이다. 틀린 표현은 같은 기하구조라는 판단이며, 올바르게는 BrF5와 PF5는 서로 다른 기하구조를 가진다.
④ X: BeCl2는 중심 Be가 AX2형이어서 선형이다. H2O는 중심 O가 AX2E2형이어서 굽은형이다. 틀린 표현은 같은 기하구조라는 판단이며, 올바르게는 BeCl2와 H2O는 서로 다른 기하구조를 가진다.

오답 포인트

원자 수가 비슷하거나 결합한 원자 수가 같다는 이유만으로 같은 모양이라고 보면 틀리기 쉽다. 특히 ②의 SF4와 CH4, ④의 BeCl2와 H2O는 모두 중심 원자에 붙은 원자 수만 보면 비슷해 보이지만 고립전자쌍 유무가 구조를 바꾼다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 분자에서 먼저 중심 원자를 잡고 AXmEn 형태로 바꾼 뒤 고립전자쌍 수까지 포함해 기하구조를 정한다. 같은 구조인지 비교할 때는 결합 원자 개수보다 AXmEn이 같은지를 먼저 본다.

NoteBase

암기 포인트

선형은 AX2 또는 AX2E3, 굽은형은 AX2E2, 시소형은 AX4E, 사각뿔형은 AX5E, 삼각쌍뿔형은 AX5이다.

NoteBase

문 12. 다음 반응은 일산화탄소가 수소 또는 수증기와 반응할 때, 각 생성물 1mol에 대한 엔탈피 변화를 보여주고 있다. 이 반응을 이용하여, 다음과 같은 '석탄 가스화 반응'에 의해 메테인 1mol이 생성될 때 수반되는 엔탈피 변화는 얼마인가?

$CO(g) + H_2(g) \rightarrow C(s) + H_2O(g), \Delta H_1^\circ = -131\text{kJ}$
$CO(g) + 3H_2(g) \rightarrow CH_4(g) + H_2O(g), \Delta H_2^\circ = -206\text{kJ}$
$CO(g) + H_2O(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2(g), \Delta H_3^\circ = -41\text{kJ}$
<석탄 가스화 반응>
$2C(s) + 2H_2O(g) \rightarrow CH_4(g) + CO_2(g), \Delta H_4^\circ = ?$

① -378kJ
② -45kJ
③ 15kJ
④ 116kJ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 헤스의 법칙을 이용해 주어진 반응식들을 조합하고 목표 반응의 엔탈피 변화를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $\Delta H_1^\circ = -131kJ, \Delta H_2^\circ = -206kJ, \Delta H_3^\circ = -41kJ$이다.
구해야 할 값은 $2C(s) + 2H_2O(g) \rightarrow CH_4(g) + CO_2(g)$의 ΔH_4°이다.
주의할 조건은 목표 반응의 왼쪽에 C가 2몰 있으므로 1번 반응은 역반응으로 두 번 써야 한다는 점이다.

사용할 공식

헤스의 법칙은 여러 반응식을 더하거나 빼서 목표 반응식을 만들면 엔탈피 변화도 같은 방식으로 더하거나 뺄 수 있다는 원리이다.
이 문제에서는 목표 반응에 직접 맞추기 위해 1번 반응을 뒤집어 두 배 하고, 2번 반응과 3번 반응을 더해 중간물질 CO, H_2, H_2O를 소거한다.

NoteBase

계산 과정

1. 1번 반응을 역반응으로 바꾸면 $C(s) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + H_2(g)$, $\Delta H = +131kJ$이다.
2. 이를 두 배 하면 $2C(s) + 2H_2O(g) \rightarrow 2CO(g) + 2H_2(g)$, $\Delta H = +262kJ$이다.
3. 2번 반응과 3번 반응을 더하면 $2CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g) + CO_2(g)$, $\Delta H = -206 - 41 = -247kJ$이다.
4. 두 결과를 더하면 목표 반응 $2C(s) + 2H_2O(g) \rightarrow CH_4(g) + CO_2(g)$가 되고,
$\Delta H_4^\circ = +262 - 247 = +15kJ$이다.

선지별 해설

① X
- $-378kJ$는 주어진 ΔH_1°, ΔH_2°, ΔH_3°를 방향 조정 없이 그대로 더한 값이다.
- 목표 반응은 1번 반응을 역반응으로 두 번 써야 하므로 이런 단순 합은 성립하지 않는다. 올바르게는 $\Delta H_4^\circ = +15kJ$이다.

② X
- $-45kJ$는 반응식 계수 조정이나 중간물질 소거를 끝까지 맞추지 못하면 나오는 오답이다.
- 헤스의 법칙은 반응식 자체가 정확히 목표식과 일치해야 적용되므로, 올바르게 정리한 값은 $+15kJ$이다.

③ O
- 1번 반응을 역반응으로 두 번 쓰면 $+262kJ$, 2번과 3번을 더하면 $-247kJ$가 된다.
- 따라서 최종 엔탈피 변화는 $+262 - 247 = +15kJ$이므로 맞는 선지이다.

④ X
- $116kJ$는 1번 반응의 사용 횟수나 부호 전환을 잘못 처리했을 때 생기기 쉬운 값이다.
- 1번 반응은 한 번이 아니라 두 번 뒤집어 써야 하므로, 올바르게는 $116kJ$가 아니라 $+15kJ$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 엔탈피 수치만 더하는 것이 아니라 반응식의 방향과 계수를 먼저 맞춰야 한다는 점이다. 특히 1번 반응을 역반응으로 바꾸면 부호가 $-131kJ$에서 $+131kJ$로 바뀌고, 목표식의 $2C$에 맞게 두 번 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

헤스의 법칙 문제는 먼저 목표 반응식을 만든 뒤 각 반응의 방향을 정하고, 필요한 배수를 맞춘 다음, 마지막에 엔탈피 부호와 계수를 함께 계산하면 된다.

암기 포인트

헤스의 법칙은 반응식을 뒤집으면 부호가 바뀌고, 반응식을 n배 하면 엔탈피도 n배가 된다.

NoteBase

문 13. 납축전지 전해액의 주성분은 H_2SO_4 수용액이다. 납축전지에서 1.00 mL의 전해액을 피펫으로 취한 뒤 플라스크에 넣고 물과 페놀프탈레인 지시약을 첨가하였다. 그 용액을 0.50 M NaOH 용액으로 적정하였더니 연분홍빛으로 변하게 하는데 12.0 mL가 필요하였다. 1 L의 납축전지 전해액에 존재하는 H_2SO_4의 양은 대략 몇 g인가? (단, H_2SO_4의 분자량은 $98g/mol$이며, 최종 결과의 유효 숫자는 두 개가 되도록 반올림한다.)

① 240

② 290

③ 480

④ 580

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 황산과 수산화나트륨의 중화 반응 비를 이용해 축전지 전해액 속 H_2SO_4의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전해액 시료 1.00 mL, $NaOH$ 농도 0.50 M, 적정에 사용된 부피 12.0 mL, H_2SO_4 분자량 98g/mol이다.
구해야 할 값은 전해액 1 L에 들어 있는 H_2SO_4의 질량이다.
주의할 조건은 H_2SO_4가 2가 산이므로 $NaOH$와 1:2로 반응한다는 점과 1.00 mL 시료 결과를 1000배 하여 1 L로 환산해야 한다는 점이다.

사용할 공식

중화 반응식은 $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$이다.
따라서 $n(H_2SO_4) = \frac{n(NaOH)}{2}$이고, 질량은 $m = nM$으로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유는 페놀프탈레인 종말점까지 적정했으므로 황산의 두 개의 H^+가 모두 $NaOH$에 의해 중화되었기 때문이다.

계산 과정

1. $NaOH$ 몰수는 $0.50 \times 0.0120 = 0.00600$ mol이다.
2. H_2SO_4 몰수는 $0.00600 \div 2 = 0.00300$ mol이다. 이것이 1.00 mL 시료 속 황산의 몰수이다.
3. 1 L 전해액에는 그 1000배가 있으므로 $0.00300 \times 1000 = 3.00$ mol이다.
4. 질량은 $3.00 \times 98 = 294$ g이므로 유효 숫자 두 개로 반올림하면 290 g이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 294 g, 즉 약 290 g이므로 240 g은 맞지 않는다. 틀린 표현은 240 g이며, 올바르게는 290 g 정도이다.
2번 O: 적정으로 구한 황산의 양은 1.00 mL당 0.00300 mol이고, 이를 1 L로 환산하면 3.00 mol이다. 여기에 분자량 98g/mol을 곱하면 294 g이므로 유효 숫자 두 개로 290 g이 된다.
3번 X: 계산 결과 294 g과 다르므로 480 g은 맞지 않는다. 틀린 표현은 480 g이며, 올바르게는 290 g 정도이다.
4번 X: 580 g은 H_2SO_4와 $NaOH$의 반응비를 1:1로 잘못 본 값에 가깝다. 황산은 2가 산이므로 $n(H_2SO_4) = n(NaOH)/2$로 계산해야 하며, 올바르게는 290 g 정도이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 H_2SO_4를 1가 산처럼 보고 $NaOH$와 1:1로 계산하는 것이다. 그러면 4번처럼 약 580 g이 나온다. 또 1.00 mL 시료 결과를 1 L 전체 양으로 바꾸는 1000배 환산을 놓치면 전체 질량을 잘못 잡게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

적정 계산 문제는 먼저 중화 반응식으로 산과 염기의 몰비를 확인하고, 다음에 시료 부피와 전체 부피의 환산을 적용한 뒤, 마지막에 분자량과 유효 숫자를 반영하면 된다.

암기 포인트

H_2SO_4는 2가 산이므로 $NaOH$ 몰수의 절반이 황산 몰수이고, 적정값은 시료 기준이므로 전체 부피 환산이 반드시 따라온다.

NoteBase

문 14. $^{238}_{92}\mathrm{U}$이 일련의 붕괴과정을 거쳐 $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$로 변하였다. 이 과정에서 α 붕괴와 β^- 붕괴는 각각 몇 번씩 일어났는가?

① α 붕괴 5회, β^- 붕괴 12회

② α 붕괴 6회, β^- 붕괴 10회

③ α 붕괴 7회, β^- 붕괴 8회

④ α 붕괴 8회, β^- 붕괴 6회

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 α 붕괴와 β^- 붕괴가 질량수와 원자번호를 어떻게 바꾸는지를 이용해 붕괴 횟수를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 시작 핵종: $^{238}_{92}\mathrm{U}$
- 최종 핵종: $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$
- α 붕괴 1회마다 질량수는 4 감소하고 원자번호는 2 감소한다.
- β^- 붕괴 1회마다 질량수는 변하지 않고 원자번호는 1 증가한다.

사용할 공식

질량수 변화식은 $238 - 4a = 206$이고, 원자번호 변화식은 $92 - 2a + b = 82$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 질량수는 α 붕괴만 바꾸고, 원자번호는 α 붕괴와 β^- 붕괴가 함께 바꾸기 때문이다.

계산 과정

1. 질량수 차이는 $238 - 206 = 32$이다.
2. α 붕괴 1회마다 질량수가 4 줄어드므로 $a = 32/4 = 8$이다.
3. α 붕괴 8회 후 원자번호는 $92 - 2 \times 8 = 76$이다.
4. 최종 원자번호가 82가 되어야 하므로 β^- 붕괴 횟수는 $b = 82 - 76 = 6$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- α 붕괴 5회이면 질량수는 $238 - 4 \times 5 = 218$이 되어 206이 될 수 없다. 틀린 표현은 "α 붕괴 5회"이고, 올바르게는 "α 붕괴 8회"이다.
- β^- 붕괴 12회까지 반영하면 원자번호는 $92 - 10 + 12 = 94$가 되어 82와도 맞지 않는다. 올바르게는 "β^- 붕괴 6회"이다.

② X

- α 붕괴 6회이면 질량수는 $238 - 24 = 214$이다. 틀린 표현은 "α 붕괴 6회"이고, 올바르게는 "α 붕괴 8회"이다.
- β^- 붕괴 10회를 반영하면 원자번호는 $92 - 12 + 10 = 90$이다. 올바르게는 "β^- 붕괴 6회"이다.

③ X

- α 붕괴 7회이면 질량수는 $238 - 28 = 210$이다. 틀린 표현은 "α 붕괴 7회"이고, 올바르게는 "α 붕괴 8회"이다.
- β^- 붕괴 8회를 반영하면 원자번호는 $92 - 14 + 8 = 86$이다. 올바르게는 "β^- 붕괴 6회"이다.

④ O

- α 붕괴 8회이면 질량수는 $238 - 32 = 206$이 된다.
- 이어서 β^- 붕괴 6회를 거치면 원자번호는 $92 - 16 + 6 = 82$가 되어 $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$와 일치한다.

오답 포인트

질량수와 원자번호를 한 식으로 섞어 생각하면 오답이 나온다. 이 문항의 함정은 β^- 붕괴가 질량수에는 영향을 주지 않는데도 처음부터 두 붕괴를 동시에 세려는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

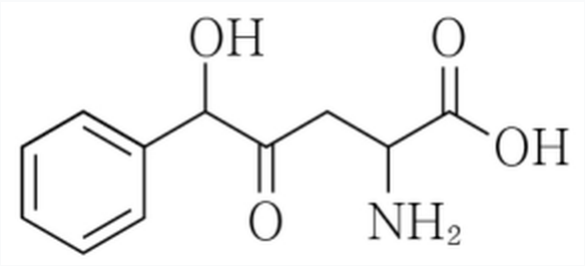
핵붕괴 횟수 문제는 먼저 질량수 변화만 보고 α 붕괴 횟수를 확정한 뒤, 그 결과로 달라진 원자번호를 기준으로 β^- 붕괴 횟수를 계산하면 된다.

암기 포인트

질량수는 α만 바꾸고, 원자번호는 α가 2 내리고 β^-가 1 올린다고 기억한다.

NoteBase

문 15. 다음과 같은 아미노산 유도체의 구조에 포함되지 않은 작용기는?



① 에터(ether)

② 아민(amine)

③ 알코올(alcohol)

④ 카복실산(carboxylic acid)

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 OH, NH2, COOH와 같은 작용기의 결합 형태를 읽고, 포함되지 않은 작용기를 가려내는 문제이다.

핵심 개념

에터는 C-O-C 형태의 단일결합 작용기이다. 아민은 NH2 같은 아미노기, 알코올은 OH, 카복실산은 COOH를 가진다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 에터는 C-O-C 형태로 산소가 두 탄소 사이에 단일결합으로 끼어 있는 작용기이다. 제시된 구조에는 이런 결합이 없고, 산소는 알코올의 OH, 카보닐기, 카복실산의 OH로만 존재한다.
- 따라서 ①은 포함되지 않는 작용기를 고른 정답이다.

② X
- 구조 오른쪽의 NH2가 아민 작용기이다.
- 틀린 표현은 '아민이 포함되지 않는다'는 취지이며, 올바르게는 '아민은 포함된다'이다.

③ X
- 벤젠고리 옆 탄소에 붙은 OH가 알코올 작용기이다.
- 틀린 표현은 '알코올이 포함되지 않는다'는 취지이며, 올바르게는 '알코올은 포함된다'이다.

④ X
- 말단의 C(=O)OH는 카복실산 작용기이다.
- 틀린 표현은 '카복실산이 포함되지 않는다'는 취지이며, 올바르게는 '카복실산은 포함된다'이다.

오답 포인트

산소가 보인다고 모두 에터로 보면 틀린다. 산소의 위치만 보지 말고 C-O-C 단일결합인지, OH인지, C=O와 함께 COOH를 이루는지까지 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

구조식에서는 헤테로원자 주변 결합 형태를 먼저 본다. C-O-C면 에터, NH2면 아민, OH면 알코올, C(=O)OH면 카복실산으로 분류하면 된다.

암기 포인트

에터는 C-O-C, 알코올은 OH, 아민은 NH2, 카복실산은 C(=O)OH로 구분한다.

NoteBase

문 16. 아래 반응에 대하여 6.02×10^{21}개의 산소 분자를 모두 반응시키기 위한 0.5M의 $FeCl_2$ 수용액의 부피로 옳은 것은? (단, 최종 결과의 유효 숫자는 세 개가 되도록 반올림한다.)

$4FeCl_2(aq) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 4Cl_2(g)$

① 0.0267mL

② 0.267mL

③ 2.67mL

④ 26.7mL

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 아보가드로 수를 이용해 산소 분자 수를 몰수로 바꾸고, 반응식의 계수비로 $FeCl_2$의 몰수를 구한 뒤 몰농도로 부피를 계산하는 화학량론 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 산소 분자 수 6.02×10^{21}개, $FeCl_2$ 수용액의 농도 $0.5M$
- 반응식: $4FeCl_2 + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 4Cl_2$
- 구해야 할 값: 산소 분자를 모두 반응시키는 데 필요한 $FeCl_2$ 수용액의 부피
- 주의할 조건: 최종 부피는 L에서 mL로 변환하고 유효 숫자 세 자리로 반올림해야 한다.

사용할 공식

사용 공식은 $n = \frac{N}{N_A}$, 반응식의 몰비, $M = \frac{n}{V}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 입자 수가 직접 주어졌으므로 먼저 몰수로 바꾸어야 하고, 반응식 계수비로 필요한 $FeCl_2$의 양을 정한 뒤, 몰농도 정의로 수용액의 부피를 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 산소의 몰수는 $\frac{6.02 \times 10^{21}}{6.02 \times 10^{23}} = 1.00 \times 10^{-2} mol$이다.
2. 반응식에서 $3mol$의 O_2에 $4mol$의 $FeCl_2$가 필요하므로, 필요한 $FeCl_2$의 몰수는 $1.00 \times 10^{-2} \times \frac{4}{3} = 1.33 \times 10^{-2} mol$이다.
3. $V = \frac{n}{M} = \frac{1.33 \times 10^{-2}}{0.5} = 2.67 \times 10^{-2} L$이다.
4. 이를 mL로 바꾸면 $2.67 \times 10^{-2} L = 26.7mL$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $0.0267mL$는 계산 결과 $26.7mL$보다 1000배 작다. 틀린 표현은 부피를 mL로 적어 놓고 실제로는 L값 $0.0267L$를 그대로 쓴 점이다. 올바르게는 $0.0267L = 26.7mL$이다.
② X: $0.267mL$는 정답보다 100배 작은 값으로 자릿수 처리가 잘못된 경우에 해당한다. 틀린 표현은 필요한 수용액의 부피가 $0.267mL$라는 점이며, 올바르게는 $26.7mL$이다.
③ X: $2.67mL$는 정답보다 10배 작은 값이다. 틀린 표현은 소수점 위치가 한 자리 잘못된 점이며, 올바르게는 $26.7mL$이다.
④ O: 산소 6.02×10^{21}개는 $1.00 \times 10^{-2} mol$이고, 계수비 $O_2 : FeCl_2 = 3 : 4$를 적용하면 필요한 $FeCl_2$는 $1.33 \times 10^{-2} mol$이다. 이를 $0.5M$로 나누면 $2.67 \times 10^{-2} L$, 즉 $26.7mL$가 되어 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 분자 수를 몰수로 바꾼 뒤 계수비는 맞게 적용하고도 마지막 $L \rightarrow mL$ 변환에서 소수점을 잘못 옮기는 점이다. 또 O_2와 $FeCl_2$의 계수비를 $3 : 4$가 아니라 $4 : 3$으로 뒤집어 읽으면 중간 몰수부터 틀어지게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

입자 수가 주어지는 계산형은 먼저 아보가드로 수로 몰수를 만든 다음, 반응식 계수비로 필요한 물질의 몰수를 구하고, 마지막에 $M = \frac{n}{V}$로 부피를 계산한 뒤 단위를 검산하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

입자 수 → 몰수 → 계수비 → 몰농도 → 부피의 순서가 화학량론 계산의 기본 흐름이다.

NoteBase

문 17. 흑연은 탄소의 동소체 중 하나이다. 다음 중 흑연에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 자연 상태에서 비교적 안정하다.

② 각 탄소 원자는 다른 탄소 원자와 정사면체 구조로 결합된다.

③ 공유성 그물 구조의 고체이다.

④ 각 탄소 원자는 sp^2 혼성 오비탈을 이용한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 흑연과 다이아몬드의 결합 구조 차이와 흑연의 sp^2 혼성, 층상 공유결합 구조를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

흑연은 각 탄소가 세 개의 탄소와 결합해 평면 육각형 층을 이루는 공유결합 결정이다. 키워드는 층상 구조, sp^2 혼성, 비편재화 전자이다.
다이아몬드는 각 탄소가 네 개의 탄소와 정사면체로 결합하는 3차원 공유결합 결정이다. 키워드는 정사면체, sp^3 혼성, 3차원 망상 구조이다.

선지별 해설

① O: 흑연은 표준 상태에서 탄소의 안정한 동소체이므로 자연 상태에서 비교적 안정하다.
② X: 틀린 부분은 "정사면체 구조"이다. 흑연에서 각 탄소 원자는 세 개의 탄소 원자와 평면 육각형 층 구조로 결합한다. 올바르게는 "각 탄소 원자는 다른 탄소 원자와 층상 평면 구조로 결합된다"이다.
③ O: 흑연은 층 내부에서 탄소 원자들이 공유결합으로 길게 연결된 공유성 그물 구조의 고체이다.
④ O: 흑연의 각 탄소 원자는 sp^2 혼성 오비탈을 사용해 세 방향으로 σ 결합을 만든다.

오답 포인트

②의 "정사면체"는 다이아몬드의 특징인데, 흑연도 같은 탄소 동소체라는 이유로 구조까지 같다고 섞어 외우면 틀리기 쉽다. 이 문항은 흑연의 층상 구조와 다이아몬드의 3차원 정사면체 구조를 뒤바꾸는 함정을 사용한 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

탄소 동소체 문제에서는 먼저 결합 수와 구조를 본다. 탄소 하나가 3개와 결합하면 흑연, 4개와 정사면체로 결합하면 다이아몬드로 판단할 수 있다.

암기 포인트

흑연은 층상 sp^2, 다이아몬드는 정사면체 sp^3이다.

NoteBase

문 18. 어떤 금속은 면심 입방 격자 형태의 결정구조를 가진다. 단위세포의 모서리 길이가 408pm일 때, 금속 원자의 직경은? (단, $\sqrt{2} = 1.414$이며, 최종 결과는 소수점 첫째 자리에서 반올림한다.)

① 144pm

② 204pm

③ 288pm

④ 408pm

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 면심 입방 격자에서 면 대각선과 원자 반지름의 관계를 이용해 금속 원자의 직경을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단위세포 모서리 길이는 408 pm이다.
구해야 할 값: 금속 원자의 직경이다.
주의할 조건: 면심 입방 격자에서는 원자가 면 대각선 방향으로 서로 맞닿는다.

사용할 공식

면심 입방 격자에서는 면 대각선의 길이가 $4r$이고, 면 대각선은 $a\sqrt{2}$이다. 따라서 $4r = a\sqrt{2}$, 직경 $2r = \frac{a\sqrt{2}}{2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 면심 입방 격자는 꼭짓점 원자와 면 중심 원자가 면 대각선 위에서 접하므로 원자 크기와 단위세포 길이를 직접 연결할 수 있다.

계산 과정

1. $4r = 408 \times 1.414 = 576.912$ pm이다.
2. $r = \frac{576.912}{4} = 144.228$ pm이다.
3. 직경은 $2r = 288.456$ pm이므로 반올림하면 288 pm이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 144 pm은 반지름에 해당하는 값에 가깝다. 직경을 묻고 있으므로 144 pm가 아니라 약 288 pm이어야 한다.
2번 X: 204 pm은 모서리 길이 408 pm를 단순히 2로 나눈 값이다. 면심 입방 격자에서는 원자가 모서리 방향이 아니라 면 대각선 방향으로 접하므로 직경은 204 pm가 아니라 약 288 pm이다.
3번 O: 면심 입방 격자에서 $2r = \frac{a\sqrt{2}}{2}$를 적용하면 직경이 288.456 pm이고, 반올림하면 288 pm이므로 옳다.
4번 X: 408 pm는 단위세포의 모서리 길이이다. 원자 직경은 모서리 길이와 같지 않으며, 올바른 직경은 약 288 pm이다.

오답 포인트

면심 입방 격자에서 원자가 어디에서 접하는지를 놓치면 204 pm처럼 모서리를 반으로 나누거나 144 pm처럼 반지름만 구하고 멈추는 실수를 하게 된다. 408 pm를 그대로 직경으로 보는 것도 단위세포 길이와 원자 크기를 혼동한 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

결정격자 계산형 문제는 먼저 원자가 접하는 방향을 찾고, 그 선분을 모서리 길이 a로 표현한 뒤 반지름 또는 직경으로 바꾸어 판단한다.

암기 포인트

면심 입방 격자는 면 대각선에서 접하므로 $4r = a\sqrt{2}$이다.

NoteBase

문 19. 다음 전지에서 주석 전극은 1.0M Sn^{2+} 용액에, 니켈 전극은 0.1M Ni^{2+} 용액에 각각 담겨 있다. 이때 아래의 두 반쪽반응을 기초로 한 전기화학 전지의 전위 E에 가장 가까운 값은? (단, 최종 결과는 소수점 셋째 자리에서 반올림한다.)

$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn \; E^\circ = -0.14V$
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni \; E^\circ = -0.23V$

① -0.37V
② 0.06V
③ 0.09V
④ 0.12V

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 표준 전지전위와 Nernst 식을 이용해 실제 전지전위 E를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 반쪽반응의 표준환원전위는 $E^\circ_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14$, $E^\circ_{Ni^{2+}/Ni} = -0.23$이다.
- $1.0M$ Sn^{2+} 용액과 $0.1M$ Ni^{2+} 용액이다.
- 더 큰 환원전위를 갖는 주석 전극이 환원극이고, 니켈 전극이 산화극이다.
- 전체 반응은 $Sn^{2+} + Ni \rightarrow Sn + Ni^{2+}$ 이므로 $Q = \frac{[Ni^{2+}]}{[Sn^{2+}]} = 0.1$ 이다.

사용할 공식

표준 전지전위는 $E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$ 이다.
실제 전지전위는 $E = E^\circ_{cell} - \frac{0.0592}{n}\log Q$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 반응이 표준상태가 아니라 Ni^{2+} 농도가 $0.1M$로 주어져 있어 농도 보정이 필요하기 때문이다.

계산 과정

1. 표준 전지전위를 구하면 $E^\circ_{cell} = -0.14 - (-0.23) = 0.09$ 이다.
2. 전자 수는 $n = 2$, 반응지수는 $Q = 0.1$ 이다.
3. Nernst 식에 대입하면 $E = 0.09 - \frac{0.0592}{2}\log(0.1)$ 이다.
4. $\log(0.1) = -1$ 이므로 $E = 0.09 - 0.0296 \times (-1) = 0.1196$ 이다.
5. 소수점 셋째 자리에서 반올림하면 $E = 0.12V$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $-0.37V$는 실제 전지전위가 아니다. 틀린 표현은 전지전위를 음수로 본 점이고, 올바르게는 주석 전극이 환원극이므로 전지전위는 양수로 계산된다.
- 올바르게는 $E^\circ_{\text{cell}} = 0.09V$이고 농도 보정까지 하면 $0.12V$가 된다.

② X

- $0.06V$는 Nernst 식의 부호를 반대로 넣으면 나오는 값이다. 틀린 표현은 $Q < 1$일 때 전지전위가 감소한다고 본 점이다.
- 올바르게는 $Q = 0.1$이므로 $-\frac{0.0592}{2}\log Q$ 항이 양수로 작용하여 E가 $0.09V$보다 커진다.

③ X

- $0.09V$는 표준 전지전위만 계산한 값이다. 틀린 표현은 실제 농도 조건을 무시한 점이다.
- 올바르게는 Ni^{2+} 농도가 $0.1M$이므로 Nernst 식으로 보정해야 하며, 그 결과는 $0.12V$이다.

④ O

- 표준 전지전위 $0.09V$에 농도 보정을 더하면 $0.1196V$가 된다.
- 반올림하면 $0.12V$이므로 ④가 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 표준 전지전위 $0.09V$만 구하고 끝내거나, $Q = 0.1$일 때 $\log Q$가 음수라는 점을 놓쳐 농도 보정 부호를 반대로 넣는 데 있다. 환원전위가 더 큰 전극이 환원극이라는 판단도 함께 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

전지전위 문제는 먼저 더 큰 표준환원전위를 가진 전극을 환원극으로 정하고, 전체 반응식을 쓴 뒤, 생성물과 반응물의 농도로 Q를 만든 다음, 마지막에 Nernst 식으로 표준값을 보정하면 된다.

암기 포인트

전지전위는 $E^\circ_{\text{cathode}} - E^\circ_{\text{anode}}$ 이고, 실제 조건에서는 $E = E^\circ - \frac{0.0592}{n}\log Q$로 농도 보정을 붙인다.

NoteBase

문 20. A, B, C의 세 원자들은 다음과 같은 바닥상태의 전자배치를 갖는다. 세 원자들의 1차 이온화 에너지E_i의 크기를 옳게 나타낸 것은?

A: $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$
B: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$
C: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

① A > B > C
② B > A > C
③ B > C > A
④ C > B > A

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 주기에서의 1차 이온화 에너지 증가 경향과 $2p^3$ 반쯤 채워진 전자배치의 예외적 안정성을 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

A는 탄소(C)로 바닥상태 전자배치가 $1s^2 2s^2 2p^2$인 원자이다.
B는 질소(N)로 $1s^2 2s^2 2p^3$인 원자이며, $2p$ 오비탈이 반쯤 채워져 상대적으로 안정하다.
C는 산소(O)로 $1s^2 2s^2 2p^4$인 원자이며, 한 $2p$ 오비탈에 전자쌍이 생겨 전자 간 반발이 커진다.
같은 주기에서는 보통 유효핵전하가 커져 이온화 에너지가 증가하지만, 질소와 산소 사이에서는 B의 반쯤 채워진 안정성 때문에 $B > C$가 된다.

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 'A>B>C'이다. 같은 2주기에서 탄소보다 질소와 산소의 이온화 에너지가 더 크고, 특히 질소는 $2p^3$의 안정성 때문에 가장 크다. 올바르게는 'B>C>A'이다.
② X: 틀린 표현은 'B>A>C'이다. B가 가장 큰 것은 맞지만, 산소 C도 탄소 A보다 유효핵전하가 커서 이온화 에너지가 더 크다. 올바르게는 'B>C>A'이다.
③ O: B는 질소로 $2p^3$ 반쯤 채워진 안정한 배치이므로 가장 큰 1차 이온화 에너지를 가진다. C는 산소로 $2p^4$에서 전자쌍 반발이 있어 B보다 작지만, A인 탄소보다는 크다. 따라서 순서는 'B>C>A'이다.
④ X: 틀린 표현은 'C>B>A'이다. 산소 C가 탄소 A보다 큰 것은 맞지만, 질소 B는 반쯤 채워진 $2p^3$ 안정성 때문에 산소 C보다 더 크다. 올바르게는 'B>C>A'이다.

NoteBase

오답 포인트

같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 이온화 에너지가 커진다는 일반 경향만 외우면 산소가 질소보다 크다고 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 B의 $2p^3$ 반쯤 채워진 안정성과 C의 전자쌍 반발을 함께 보지 않으면 ④처럼 판단하게 된다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 주기 원소의 이온화 에너지는 먼저 일반 증가 경향을 잡고, 그다음 p^3 반쯤 채워진 안정성과 p^4 전자쌍 반발 같은 예외를 확인하면 된다. $2p^2$, $2p^3$, $2p^4$가 보이면 질소형 p^3가 산소형 p^4보다 크다는 점을 바로 적용할 수 있다.

암기 포인트

이온화 에너지 예외는 '질소 p^3 안정 > 산소 p^4 전자쌍 반발'로 정리된다.

NoteBase