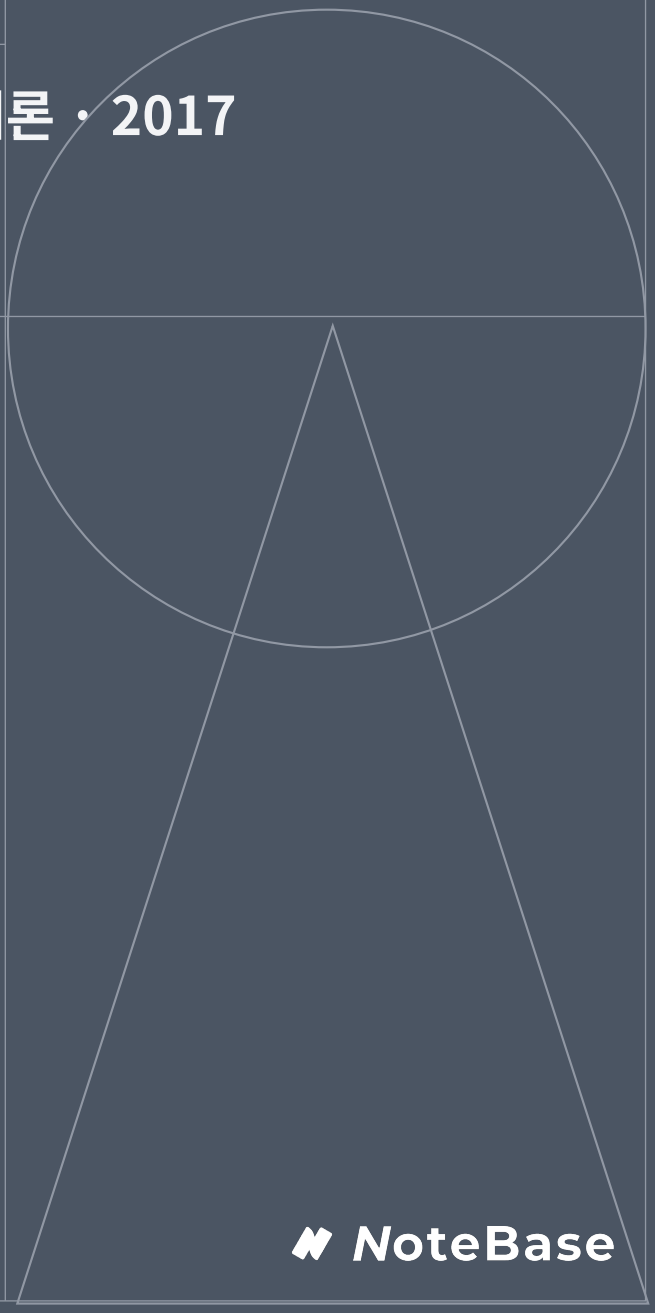
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2017

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2017

문 1. 알칼리 금속에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① $Cl_2(g)$와의 반응성은 Na이 Li보다 크다.

② 원자번호가 커질수록 녹는점은 감소한다.

③ 물과 반응 시 Li이 Na보다 더 센 환원제이다.

④ 원자 반지름이 커질수록 일차 이온화 에너지 값은 커진다.

정답 4번

출제 포인트

알칼리 금속에서 원자번호가 증가할 때 원자 반지름, 이온화 에너지, 끓는점, 반응성이 어떻게 변하는지와 수용액에서의 환원력을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

알칼리 금속은 최외각 전자 1개를 잃어 +1가 양이온이 되기 쉬운 1족 금속이다. 족 아래로 갈수록 전자껍질 수와 원자 반지름이 커져 최외각 전자를 잡아당기는 힘이 약해지므로 제1 이온화 에너지는 작아지고 일반적인 화학 반응성은 커진다. 또한 원자가 커지면서 금속 결합이 약해져 녹는점과 끓는점은 대체로 낮아진다. 다만 물에서의 환원력은 반응의 격렬함만이 아니라 금속의 이온화와 생성 이온의 수화까지 포함한 전극 전위로 판단한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
Na은 Li보다 아래 주기에 있어 최외각 전자를 더 쉽게 잃으므로 일반적인 반응성이 더 크다. 따라서 $Cl_2(g)$와도 Na이 Li보다 더 활발하게 반응한다.

② O
원자번호가 커져 족 아래로 갈수록 원자 반지름이 커지고 금속 결합이 약해지므로 끓는점은 대체로 감소한다.

③ O
수용액에서 Li^+는 크기가 작아 수화가 매우 강하며, Li^+/Li의 표준 환원 전위는 Na^+/Na보다 더 작다. 따라서 Li은 물속에서 Na보다 전자를 내놓으려는 경향이 큰, 더 센 환원제로 판단한다. 이는 Na이 물과 더 격렬하게 반응한다는 반응 속도상의 사실과 구분해야 한다.

④ X
틀린 표현은 '원자 반지름이 커질수록 일차 이온화 에너지 값은 커진다'이다. 실제로는 원자 반지름이 커질수록 최외각 전자와 원자핵 사이의 거리가 멀어지고 차폐 효과가 커지므로 일차 이온화 에너지는 작아진다.

오답 포인트

③에서 물과 반응하는 격렬함을 곧바로 환원력과 같다고 보면 틀리기 쉽다. Na의 물과의 반응은 Li보다 격렬하지만, 수용액에서의 열역학적 환원력은 강한 수화 효과 때문에 Li이 더 크다. ④에서는 원자 반지름과 이온화 에너지의 관계를 같은 방향으로 착각하기 쉽지만 두 값은 반대 방향으로 변한다.

다시 나오면 이렇게 판단

알칼리 금속에서 족 아래로 갈수록 '반지름·일반 반응성은 증가, 이온화 에너지·녹는점·끓는점은 감소'로 판단한다. 물속 환원력은 반응 속도가 아니라 수화 효과가 반영된 전극 전위까지 확인한다.

암기 포인트

알칼리 금속은 아래로 갈수록 커지고 잘 반응하며, 이온화 에너지와 끓는점은 낮아진다. 수용액 환원력은 Li이 Na보다 크다.

NoteBase

문 2. NO_3^-**의 Lewis 구조에서 공명구조는 모두 몇 개인가?**

① 0

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

출제 포인트

질산 이온 NO_3^-에서 이중 결합의 위치만 달라지는 동등한 공명구조의 수를 묻는 문제이다.

핵심 개념

공명구조는 원자의 배열은 그대로 두고 전자의 배치만 다르게 나타낸 여러 Lewis 구조이다. NO_3^-에서는 중심 N이 옥텟을 만족하도록 N=O 이중 결합 1개와 N-O 단일 결합 2개를 두며, 이중 결합이 세 O 중 어느 O에 놓이는지에 따라 동등한 구조가 3개 생긴다. 실제 질산 이온은 이 세 구조의 공명 혼성체이므로 세 N-O 결합은 서로 동등하다.

선지별 해설

① X — 공명구조가 0개라는 표현이 틀리다. 올바르게는 N=O 이중 결합의 위치가 달라지는 공명구조가 3개이다.
② X — 공명구조가 2개라는 표현이 틀리다. O 원자가 3개이고 각 O가 한 번씩 이중 결합 위치가 될 수 있으므로 3개이다.
③ O — 세 O 중 하나를 N=O 이중 결합의 O로 선택하는 경우가 각각 하나씩 있어 공명구조는 모두 3개이다.
④ X — 공명구조가 4개라는 표현이 틀리다. 원자 배열을 바꾸지 않고 옥텟을 만족시키는 동등한 이중 결합 위치는 세 곳뿐이므로 올바른 개수는 3개이다.

오답 포인트

단일 결합과 이중 결합의 개수를 더해 3개 또는 4개로 세는 것이 아니라, 이중 결합을 어느 O에 둘 수 있는지를 센다. 또한 실제 구조에서 N-O 결합이 모두 동등하다는 사실이 공명구조가 없다는 뜻은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 옥텟과 전체 전하를 만족하는 Lewis 구조 하나를 그린 뒤, 원자 위치는 고정하고 다중 결합이나 비공유 전자쌍의 위치만 옮겨 서로 다른 유효 구조의 수를 센다. NO_3^-처럼 동일한 말단 원자가 3개이고 이중 결합이 하나이면 이중 결합의 가능한 위치가 3개이다.

NoteBase

암기 포인트

질산 이온은 O 3개 사이에서 N=O 위치가 바뀌므로 동등한 공명구조가 3개이다.

NoteBase

문 3. 다음과 같은 평형상태를 이루고 있는 혼합물에서 평형의 이동 방향이 다른 반응 조건은?

$PCl_3(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons PCl_5(g) \qquad \Delta H^\circ = -92.5\text{kJ}$

① 압력을 감소시킨다.

② 반응의 온도를 올린다.

③ $PCl_3(g)$를 소량 제거한다.

④ 염소 기체를 첨가한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 압력, 온도, 농도 변화에 따른 평형 이동 방향을 르샤틀리에 원리로 판단하는 문제이다.

핵심 개념

르샤틀리에 원리는 평형 상태의 계에 변화를 가하면 그 변화를 줄이는 방향으로 평형이 이동한다는 원리이다.
압력: 압력이 감소하면 기체 몰수가 많은 쪽으로 이동한다. 이 반응은 왼쪽이 기체 2몰, 오른쪽이 기체 1몰이므로 왼쪽으로 이동한다.
온도: 정반응의 $\Delta H^\circ = -92.5kJ$이므로 정반응은 발열 반응이다. 온도를 올리면 열을 흡수하는 역반응, 즉 왼쪽으로 이동한다.
농도: 반응물을 제거하면 그 반응물을 보충하는 쪽으로, 반응물을 첨가하면 그 반응물을 소비하는 쪽으로 이동한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
압력을 감소시키면 기체 몰수가 더 많은 왼쪽, 즉 $PCl_3(g) + Cl_2(g)$ 쪽으로 이동한다. 정답 후보로는 틀리며, 올바른 판단은 '압력 감소 → 왼쪽 이동'이다.

② X
정반응은 발열 반응이므로 온도를 올리면 가해진 열을 줄이기 위해 흡열 방향인 역반응이 유리해져 왼쪽으로 이동한다. 정답 후보로는 틀리며, 올바른 판단은 '온도 상승 → 왼쪽 이동'이다.

③ X
$PCl_3(g)$를 제거하면 감소한 PCl_3를 보충하는 역반응이 유리해져 왼쪽으로 이동한다. 정답 후보로는 틀리며, 올바른 판단은 '반응물 제거 → 그 반응물이 생성되는 쪽'이다.

④ O
염소 기체 $Cl_2(g)$를 첨가하면 증가한 반응물을 소비하는 정반응이 유리해져 오른쪽의 $PCl_5(g)$ 생성 방향으로 이동한다. ①~③과 이동 방향이 반대이므로 정답이다.

오답 포인트

'압력 감소'와 '반응물 제거'를 정반응 촉진으로 착각하기 쉽다. 압력 감소는 기체 몰수가 많은 왼쪽을 유리하게 하고, 반응물 제거는 제거된 물질을 다시 만드는 왼쪽을 유리하게 한다. 반면 ④의 반응물 첨가만 오른쪽 이동을 일으킨다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반응식 양쪽의 기체 몰수를 세고, ΔH의 부호로 정반응의 발열·흡열 여부를 정한다. 그다음 압력 변화는 기체 몰수, 온도 변화는 열의 출입, 농도 변화는 첨가된 물질의 소비 또는 제거된 물질의 보충 방향으로 각각 판단한다.

암기 포인트

압력 감소는 기체 몰수가 많은 쪽, 온도 상승은 흡열 쪽, 반응물 첨가는 생성물 쪽으로 평형을 이동시킨다.

NoteBase

문 4. 환원 반응이 아닌 것은?

① Fe^{3+}가 Fe^{2+}로 되었다.

② 이황화물($R-S-S-R$)이 두 개의 싸이올($R-SH$)로 되었다.

③ 메탄이 이산화탄소로 되었다.

④ $SnO_2(s)$가 $Sn(s)$으로 되었다.

정답 3번

출제 포인트

환원과 산화를 전자 이동 또는 산화수 변화로 구별하는 문제이다. 특히 '환원 반응이 아닌 것'이라는 부정형 물음을 정확히 확인해야 한다.

핵심 개념

환원은 전자를 얻어 산화수가 감소하는 변화이고, 산화는 전자를 잃어 산화수가 증가하는 변화이다.
판단 기준: 산화수가 감소하면 환원, 증가하면 산화이다.

선지별 해설

① X
Fe^{3+}가 전자 1개를 얻어 Fe^{2+}가 되므로 철의 산화수가 +3에서 +2로 감소한 환원이다. 틀린 판단은 이 변화를 환원이 아니라고 보는 것이며, 올바르게는 환원 반응이다.

② X
이황화물 $R-S-S-R$의 각 황은 산화수가 -1이고, 싸이올 $R-SH$의 황은 -2이다. 황의 산화수가 -1에서 -2로 감소하므로 환원이다. 틀린 판단은 이 변화를 환원이 아니라고 보는 것이며, 올바르게는 이황화물의 환원 반응이다.

③ O
메탄 CH_4에서 탄소의 산화수는 -4이고, 이산화탄소 CO_2에서 탄소의 산화수는 +4이다. 탄소의 산화수가 -4에서 +4로 증가하므로 이 변화는 환원이 아니라 산화이다.

④ X
SnO_2에서 주석의 산화수는 +4이고 $Sn(s)$에서는 0이다. 주석의 산화수가 +4에서 0으로 감소하므로 환원이다. 틀린 판단은 이 변화를 환원이 아니라고 보는 것이며, 올바르게는 주석(IV)의 환원 반응이다.

NoteBase

오답 포인트

③의 '메탄이 이산화탄소로 되었다'를 산소가 관여했다는 표현만으로 막연히 판단하면 혼동하기 쉽다. 탄소의 산화수가 -4에서 +4로 증가했으므로 명확한 산화이며, 문제는 환원이 '아닌' 것을 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

변화 전후에서 실제로 산화수가 달라지는 원소를 찾고 그 값을 비교한다. 산화수 감소는 환원, 산화수 증가는 산화로 판정한 뒤, 문제의 '아닌 것' 여부를 마지막에 적용한다.

암기 포인트

산화수 감소는 환원, 산화수 증가는 산화이다. 메탄의 탄소 -4 → 이산화탄소의 탄소 +4는 산화이다.

NoteBase

문 5. 0.10M **질산(**HNO_3**) 용액** 400mL**를 완전히 중화시키려면 몇** g**의 강염기** $M(OH)_2$**가 필요한가? (단,** $M(OH)_2$**의 몰질량은** 60g/mol**이다)**

① 0.4

② 0.6

③ 1.2

④ 2.4

정답 3번

출제 포인트

질산의 몰수와 강염기 1몰이 내놓는 수산화 이온의 몰수를 이용하여 완전 중화에 필요한 강염기의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질산의 농도는 $0.10mol/L$, 부피는 $400mL = 0.400L$, $M(OH)_2$의 몰질량은 $60g/mol$이다.
구해야 할 값: 질산을 완전히 중화하는 데 필요한 $M(OH)_2$의 질량이다.
주의할 조건: HNO_3 1몰은 수소 이온 1몰을, $M(OH)_2$ 1몰은 수산화 이온 2몰을 내놓으므로 산과 염기의 몰수비는 2 : 1이다.

사용할 공식

중화 반응식은 $M(OH)_2 + 2HNO_3 \rightarrow M(NO_3)_2 + 2H_2O$이다.
$n(HNO_3) = C \times V$
$n(M(OH)_2) = \frac{n(HNO_3)}{2}$
$m = n \times M_r$
질산과 $M(OH)_2$가 반응식의 계수비 2 : 1로 반응하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 질산의 몰수는 $0.10mol/L \times 0.400L = 0.040mol$이다.
2. 필요한 $M(OH)_2$의 몰수는 $0.040mol \div 2 = 0.020mol$이다.
3. 필요한 질량은 $0.020mol \times 60g/mol = 1.2g$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $0.4g$은 계산 결과 $1.2g$보다 작아 질산을 완전히 중화하지 못한다. 틀린 값 $0.4g$ → 올바른 필요 질량은 $1.2g$이다.
② X — $0.6g$은 $0.010mol$의 $M(OH)_2$에 해당하여 $0.020mol$의 질산만 중화하므로 필요한 양의 절반이다. 틀린 값 $0.6g$ → 올바른 필요 질량은 $1.2g$이다.
③ O — 계산한 필요 질량 $1.2g$과 일치하며, 이 양의 $M(OH)_2$가 내놓는 수산화 이온은 $0.040mol$로 질산의 수소 이온과 정확히 같다.
④ X — $2.4g$은 $0.040mol$의 $M(OH)_2$에 해당하여 필요한 염기 몰수의 두 배이므로 염기가 남는다. 틀린 값 $2.4g$ → 올바른 필요 질량은 $1.2g$이다.

오답 포인트

질산의 몰수 $0.040mol$을 그대로 $M(OH)_2$의 몰수로 잡으면 ④의 $2.4g$이 나온다. $M(OH)_2$ 1몰이 수산화 이온 2몰을 내놓는다는 점을 반영하여 염기의 몰수를 2로 나누어야 한다. 또한 $400mL$는 계산 전에 $0.400L$로 바꾸어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

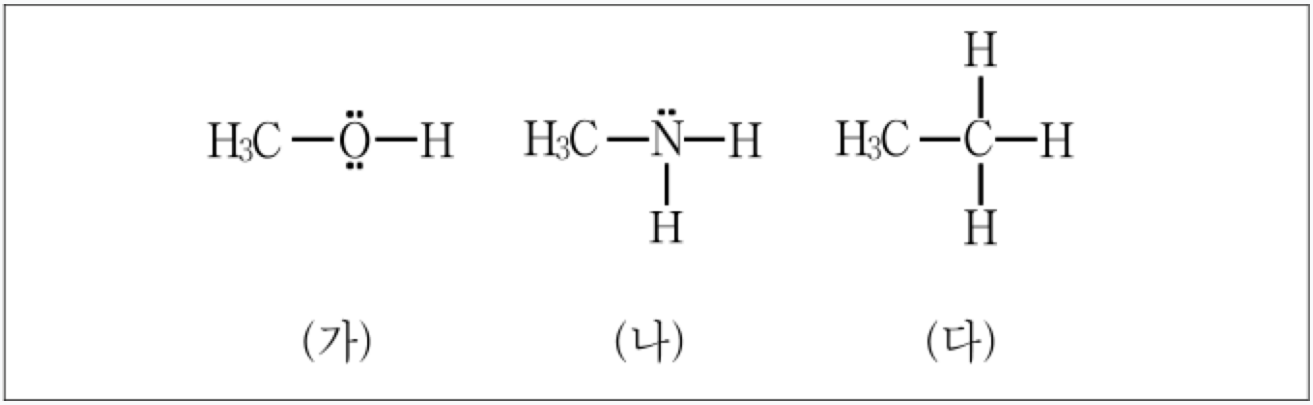
산과 염기의 몰수를 바로 같게 두지 않고, 먼저 각각 1몰이 내놓는 H^+와 OH^-의 수를 확인한다. 이후 부피를 리터로 환산하고, 산의 몰수 계산 → 반응 계수비 적용 → 염기의 몰수에 몰질량을 곱하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

완전 중화에서는 H^+의 몰수와 OH^-의 몰수가 같다. $HNO_3 : M(OH)_2 = 2 : 1$이다.

NoteBase

문 6. (가) ~ (다)의 산도(acidity) 세기를 옳게 비교한 것은?



① (가) > (나) > (다)

② (나) > (가) > (다)

③ (나) > (다) > (가)

④ (다) > (나) > (가)

정답 1번

출제 포인트

메탄올, 메틸아민, 에테인이 수소 이온을 내놓은 뒤 생기는 짝염기의 안정성을 비교하여 산의 세기를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

산은 수소 이온을 내놓는 물질이며, 수소 이온을 내놓은 뒤의 짝염기가 안정할수록 산성이 강하다.
(가) 메탄올 CH_3OH의 짝염기는 CH_3O^-, (나) 메틸아민 CH_3NH_2의 짝염기는 CH_3NH^-, (다) 에테인 CH_3CH_3의 짝염기는 $CH_3CH_2^-$이다. 같은 주기의 원소에서는 전기음성도가 큰 원자가 음전하를 더 안정하게 수용하므로 짝염기의 안정성은 산소 음이온 > 질소 음이온 > 탄소 음이온 순이다. 따라서 산도는 (가) > (나) > (다)이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — (가)의 짝염기는 음전하가 산소에, (나)는 질소에, (다)는 탄소에 놓인다. 산소가 질소보다, 질소가 탄소보다 음전하를 더 안정화하므로 산도는 (가) > (나) > (다)이다.
② X — 틀린 부분은 '(나) > (가)'이다. 산소에 음전하가 놓이는 (가)의 짝염기가 질소에 음전하가 놓이는 (나)의 짝염기보다 안정하므로, 올바른 순서는 (가) > (나) > (다)이다.
③ X — 틀린 부분은 '(나) > (다) > (가)'이다. (가)가 가장 강한 산이고 (다)가 가장 약한 산이므로, 올바른 순서는 (가) > (나) > (다)이다.
④ X — 틀린 부분은 '(다) > (나) > (가)'이다. 탄소 음이온인 $CH_3CH_2^-$는 세 짝염기 중 가장 불안정하므로 (다)가 가장 약한 산이다. 올바른 순서는 (가) > (나) > (다)이다.

오답 포인트

분자에서 수소가 몇 개인지나 비공유 전자쌍이 있는지만 보고 판단하면 순서를 뒤집기 쉽다. 이 문항의 핵심은 수소 이온이 떨어진 뒤 음전하를 직접 띠는 원자가 O, N, C 중 무엇인지 비교하는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 물질에서 수소 이온을 하나 제거하여 짝염기를 그린 뒤, 음전하를 띠는 원자의 전기음성도를 비교한다. 같은 주기에서는 전기음성도가 클수록 짝염기가 안정하고 원래 산은 강하다.

암기 포인트

짝염기 안정성은 $O^- > N^- > C^-$, 산도는 메탄올 > 메틸아민 > 에테인이다.

NoteBase

문 7. 동일한 질량의 질소($^{14}_{7}N$) 원소와 규소($^{28}_{14}Si$) 원소에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 질소 원소의 총 원자 수와 규소 원소의 총 원자 수는 동일하다.

② 질소 원소의 총 양성자 수는 규소 원소의 총 양성자 수의 절반이다.

③ 질소 원소의 총 전자 수는 규소 원소의 총 전자 수와 동일하다.

④ 질소 원소의 총 중성자 수는 규소 원소의 총 중성자 수의 두 배이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 질량의 서로 다른 동위원소에서 원자 수와 양성자·전자·중성자의 총수를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

같은 질량에서는 원자 1개의 질량이 작은 쪽, 즉 질량수가 작은 쪽의 원자 수가 더 많다. 따라서 질량수가 14인 질소의 원자 수는 질량수가 28인 규소의 원자 수의 2배이다.
질소 원자 1개는 양성자 7개, 전자 7개, 중성자 7개이고, 규소 원자 1개는 양성자 14개, 전자 14개, 중성자 14개이다.

선지별 해설

① X: 같은 질량에서 질소 원자 1개는 규소 원자 1개보다 질량이 절반이므로 질소의 총 원자 수가 2배이다. 틀린 표현은 '동일하다'이며, 올바르게는 '질소 원소의 총 원자 수는 규소 원소의 2배이다'이다.
② X: 질소의 원자 수를 2배로 두면 총 양성자 수는 $2 \times 7 = 14$에 비례하고, 규소의 총 양성자 수는 $1 \times 14 = 14$에 비례한다. 두 원소의 총 양성자 수는 같다. 틀린 표현은 '절반'이며, 올바르게는 '동일하다'이다.
③ O: 중성 원자에서 전자 수는 양성자 수와 같다. 두 원소의 총 양성자 수가 같으므로 총 전자 수도 같다.
④ X: 질소의 총 중성자 수는 $2 \times 7 = 14$에 비례하고, 규소의 총 중성자 수는 $1 \times 14 = 14$에 비례한다. 두 원소의 총 중성자 수는 같다. 틀린 표현은 '두 배'이며, 올바르게는 '동일하다'이다.

오답 포인트

원자 한 개의 양성자·전자·중성자 수만 비교하면 규소가 모두 더 많아 보인다. 그러나 문제는 '동일한 질량'이므로 질소 원자가 2배 많다는 점까지 함께 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 같은 질량에서 원자 수의 비를 질량수의 역비로 구한다. 이어서 그 원자 수에 원자 1개당 양성자 수, 전자 수 또는 중성자 수를 각각 곱하여 총수를 비교한다.

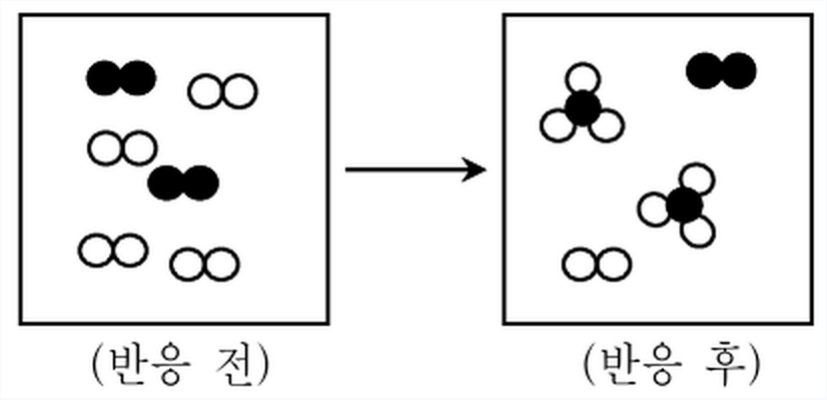
NoteBase

암기 포인트

같은 질량: 원자 수는 질량수에 반비례한다. 총 입자 수는 원자 수 × 원자 1개당 입자 수이다.

NoteBase

문 8. 다음은 기체 A_2(●●)와 B_2(○○)의 반응을 모형으로 나타낸 것이다. A_2 1mol과 B_2 2mol이 충분히 반응하였을 때, 생성물은 몇 몰(mol)인가? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 일정하다)



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

정답 4번

출제 포인트

반응 모형에서 반응식의 계수비를 찾고, 한계 반응물을 기준으로 생성물의 몰수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

반응 전에는 A_2 2개와 B_2 4개가 있고, 반응 후에는 AB_3 2개와 반응하지 않은 A_2, B_2가 각각 1개씩 있다. 따라서 실제로 반응한 입자 수의 비는 $A_2 : B_2 : AB_3 = 1 : 3 : 2$이다.
주어진 양은 A_2 1 mol, B_2 2 mol이며, 구해야 할 값은 생성물 AB_3의 몰수이다.

사용할 공식

반응식은 다음과 같다.

$$A_2 + 3B_2 \rightarrow 2AB_3$$

반응물과 생성물의 몰수비는 반응식의 계수비와 같으므로 이 비를 사용한다. A_2 1 mol을 모두 반응시키려면 B_2 3 mol이 필요하지만 실제로는 2 mol뿐이므로, B_2가 한계 반응물이다.

NoteBase

계산 과정

1. B_2 3 mol이 반응하면 AB_3 2 mol이 생성된다.
2. B_2 2 mol로 생성되는 AB_3의 몰수는 다음과 같다.

$$2mol \times \frac{2}{3} = \frac{4}{3}mol$$

3. 따라서 생성물은 $\frac{4}{3}$ mol이다. 이때 반응한 A_2는 $\frac{2}{3}$ mol이고, 남은 A_2는 $\frac{1}{3}$ mol이다.

선지 판단

① X — $\frac{1}{3}$ mol은 생성물의 양이 아니라 반응 후 남는 A_2의 양이다. 올바른 생성물의 양은 $\frac{4}{3}$ mol이다.
② X — $\frac{2}{3}$ mol은 B_2 2 mol과 반응하는 A_2의 양이다. 생성물은 반응한 A_2의 2배이므로 $\frac{4}{3}$ mol이다.
③ X — 1 mol은 A_2의 처음 양을 그대로 생성물의 양으로 본 값이다. B_2가 부족하여 A_2 1 mol이 모두 반응할 수 없으므로, 올바른 생성물의 양은 $\frac{4}{3}$ mol이다.
④ O — 한계 반응물인 B_2 2 mol에 계수비 $AB_3 : B_2 = 2 : 3$을 적용하면 생성물은 $\frac{4}{3}$ mol이다.

오답 포인트

모형에 표시된 전체 입자 수가 아니라 반응 전후에 실제로 줄어든 입자 수로 반응식의 계수비를 정해야 한다. 또한 두 반응물 중 먼저 소모되는 B_2를 기준으로 계산해야 하며, 남은 A_2의 양 $\frac{1}{3}$ mol이나 반응한 A_2의 양 $\frac{2}{3}$ mol을 생성물의 양과 혼동하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응 모형에서는 먼저 반응 전후의 입자 수 변화를 세어 반응식의 최소 정수비를 구한다. 그다음 각 반응물의 양을 계수로 나눈 값을 비교하여 더 작은 쪽을 한계 반응물로 정하고, 그 물질과 생성물의 계수비로 생성량을 계산한다.

암기 포인트

입자 수 변화로 계수비를 찾고, 주어진 몰수를 계수로 나눈 값이 더 작은 반응물이 생성량을 결정한다.

NoteBase

문 9. 1.1mol**의 아세트산(**CH_3COOH**)을 포함한 수용액** 0.9L**에** 1M **NaOH 수용액** 0.1L**를 첨가하여 완충 용액을 제조하였다. 이 완충 용액의 수소이온 농도(pH)는? (단, 두 용액을 합친 전체 용액의 부피는 정확히** 1.0L**이고, 아세트산의** $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$**,** $pK_a = 4.74$**이다)**

① 3.74

② 4.74

③ 5.74

④ 6.74

정답 1번

출제 포인트

강염기와 약산의 중화 반응 후 남은 약산과 생성된 짝염기의 양을 구하고, Henderson–Hasselbalch 식으로 완충 용액의 pH를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 아세트산의 양: 1.1 mol
첨가한 NaOH의 양: $1mol/L \times 0.1L = 0.1mol$
전체 부피: 정확히 $1.0L$
구해야 할 값: 완충 용액의 pH
주의할 조건: OH^-는 아세트산과 1:1로 완전히 반응하므로, 중화 반응 후의 아세트산과 아세트산 이온의 양을 사용한다.

사용할 공식

중화 반응은 $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$이다.
완충 용액에는 Henderson–Hasselbalch 식을 사용한다.
$\mathrm{pH} = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$
중화 뒤 약산과 그 짝염기가 함께 존재하므로 이 공식을 사용한다. 두 물질이 같은 전체 부피에 들어 있으므로 농도비는 몰수비와 같다.

계산 과정

1. NaOH 0.1 mol이 아세트산 0.1 mol을 중화한다.
2. 중화 후 CH_3COOH는 $1.1 - 0.1 = 1.0mol$ 남고, CH_3COO^-는 0.1 mol 생성된다. 전체 부피가 $1.0L$이므로 각각의 농도는 $1.0M$, $0.1M$이다.
3. 이를 공식에 대입한다.
$\mathrm{pH} = 4.74 + \log \frac{0.1}{1.0} = 4.74 - 1 = 3.74$

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과 pH는 3.74이므로 옳다.
② X — 4.74는 pH = pK_a, 즉 약산과 짝염기의 양이 같을 때의 값이다. 이 문항의 짝염기/약산 비는 0.1이므로 올바른 값은 3.74이다.
③ X — 5.74는 짝염기/약산 비가 10일 때 나오는 값이다. 이 문항에서는 그 비가 0.1이므로 올바른 값은 3.74이다.
④ X — 6.74는 짝염기/약산 비가 100일 때 나오는 값이다. 이 문항에서는 그 비가 0.1이므로 올바른 값은 3.74이다.

오답 포인트

NaOH 0.1 mol을 첨가했다는 사실만 보고 산과 염기의 양이 같아졌다고 판단하면 ②의 4.74를 고르게 된다. 실제로는 처음 아세트산이 1.1 mol이므로 중화 후에도 아세트산 1.0 mol이 남는다. 또한 Henderson–Hasselbalch 식의 비는 짝염기/약산 순서이므로 이를 거꾸로 쓰면 pH가 5.74로 잘못 계산된다.

다시 나오면 이렇게 판단

약산에 강염기를 넣는 문제는 먼저 1:1 중화 반응으로 약산의 잔량과 짝염기의 생성량을 구한 뒤, 두 물질이 모두 남아 있으면 pH=pK_a+(짝염기/약산)을 적용한다. 같은 용액 안의 비이므로 몰수비를 바로 사용할 수 있다.

암기 포인트

완충 용액에서 짝염기/약산 비가 0.1이면 pH = pK_a − 1이다.

NoteBase

문 10. 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 이론에 근거할 때, 분자의 기하학적 구조가 서로 다른 것은?

① BF_3, BrF_3

② CH_4, PO_4^{3-}

③ NH_3, ClO_3^-

④ SF_6, $Mo(CO)_6$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 VSEPR 이론에 따라 중심 원자 주위의 결합 영역 수와 비공유 전자쌍 수를 세어 분자 기하 구조를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

VSEPR 이론에서는 중심 원자 주위의 전자 영역들이 반발을 최소화하도록 배열된다. 분자 기하 구조는 결합 원자의 위치로 나타내므로, 전자 영역의 배열이 같더라도 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 다르면 분자 구조가 달라질 수 있다.
AX_3: 비공유 전자쌍이 없는 삼각 평면형이다.
AX_3E: 삼각뿔형이다.
AX_3E_2: T자형이다.
AX_4: 정사면체형이고, AX_6: 정팔면체형이다.

선지별 해설

① O — BF_3는 중심 B에 결합 영역 3개와 비공유 전자쌍 0개가 있는 AX_3로서 삼각 평면형이다. BrF_3는 중심 Br에 결합 영역 3개와 비공유 전자쌍 2개가 있는 AX_3E_2로서 T자형이다. 따라서 두 분자의 기하 구조는 서로 다르다.
② X — CH_4와 PO_4^{3-}는 모두 중심 원자 주위에 결합 방향 4개가 배치된 정사면체형이다. 틀린 판단은 두 구조가 서로 다르다고 보는 것이며, 올바르게는 두 구조가 모두 정사면체형으로 서로 같다.
③ X — NH_3는 중심 N에 결합 영역 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있는 AX_3E로서 삼각뿔형이다. ClO_3^-도 중심 Cl 주위에 세 O와의 결합 영역 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있어 삼각뿔형이다. 틀린 판단은 두 구조가 서로 다르다고 보는 것이며, 올바르게는 두 구조가 모두 삼각뿔형으로 서로 같다.
④ X — SF_6와 $Mo(CO)_6$는 모두 중심 원자 주위에 리간드가 6개 배치된 정팔면체형이다. 틀린 판단은 두 구조가 서로 다르다고 보는 것이며, 올바르게는 두 구조가 모두 정팔면체형으로 서로 같다.

NoteBase

오답 포인트

①에서 두 물질 모두 F가 3개 결합했다는 점만 보고 같은 구조라고 판단하기 쉽다. 그러나 BrF_3의 중심 Br에는 비공유 전자쌍이 2개 있으므로 BF_3의 삼각 평면형과 달리 T자형이 된다. 또한 다중 결합은 VSEPR에서 하나의 결합 영역으로 센다.

다시 나오면 이렇게 판단

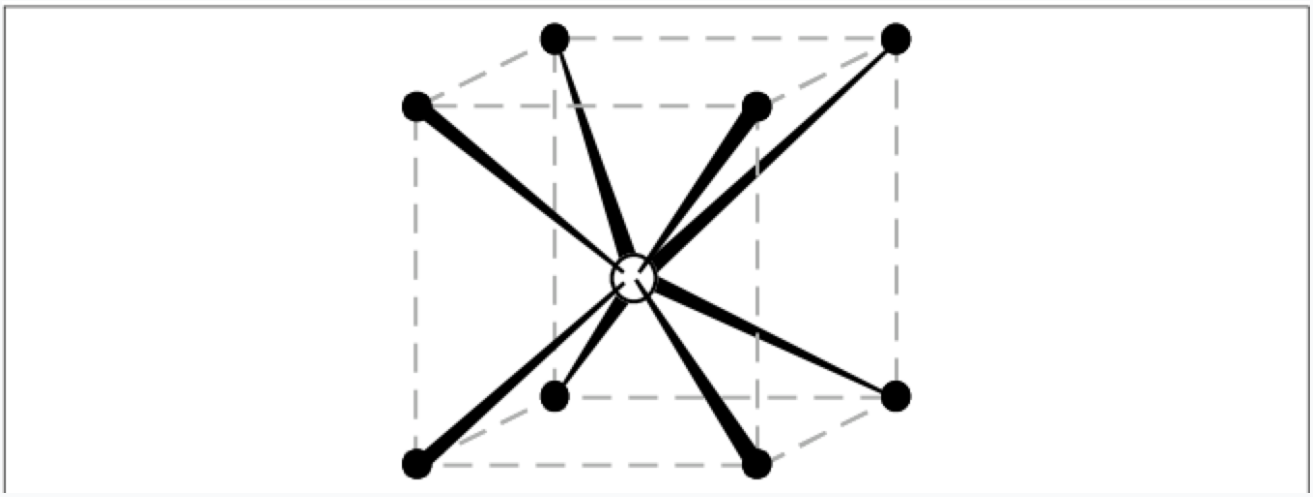
먼저 중심 원자를 정하고, 중심 원자 주위의 결합 영역 수와 비공유 전자쌍 수를 센다. 그 결과를 AX_mE_n으로 나타낸 뒤 전자 영역 배열이 아니라 실제 결합 원자의 배치인 분자 기하 구조를 비교한다.

암기 포인트

BF_3는 삼각 평면형, BrF_3는 비공유 전자쌍 2개 때문에 T자형이다.

NoteBase

문 11. 다음은 어떤 결정의 단위 세포(unit cell)이다. 각 꼭짓점과 중심에 있는 원자 수로부터 이 화합물의 화학식을 A_xB_y로 나타낼 수 있다. 이때 x + y의 값은? (단, ○은 양이온 A, ●은 음이온 B를 나타낸다)



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 1번

출제 포인트

단위 세포에서 꼭짓점 원자와 체심 원자가 한 단위 세포에 기여하는 유효 원자 수를 계산하여 화학식의 아래첨자 합을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 배치: 양이온 A는 단위 세포의 중심에 1개 있고, 음이온 B는 8개의 꼭짓점에 있다.
구해야 할 값: 화학식 A_xB_y에서 $x + y$이다.
주의할 조건: 꼭짓점 원자 하나는 8개의 단위 세포가 공유하므로 한 단위 세포에는 1/8개만 기여한다. 중심 원자는 해당 단위 세포에 완전히 포함되어 1개를 기여한다.

사용할 공식

한 단위 세포에 포함되는 유효 원자 수는 '해당 위치의 원자 수 × 한 원자가 그 단위 세포에 기여하는 비율'로 계산한다.
N_꼭짓점=8×(1)/(8), N_중심=1×1
꼭짓점 원자는 여러 단위 세포가 공유하지만 중심 원자는 공유되지 않으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 중심의 A 원자 수는 $1 \times 1 = 1$이므로 $x = 1$이다.
2. 8개 꼭짓점의 B 원자 수는 $8 \times \frac{1}{8} = 1$이므로 $y = 1$이다.
3. 따라서 화학식은 AB이고, $x + y = 1 + 1 = 2$이다.

선지 판단

① O — 유효 원자 수가 A 1개, B 1개이므로 $x + y = 2$와 일치한다.
② X — 3은 계산 결과와 다르다. 틀린 값 3이 아니라, 꼭짓점 B의 공유 비율을 반영하면 올바른 값은 $x + y = 2$이다.
③ X — 4는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 4가 아니라, $x = 1$, $y = 1$이므로 올바른 값은 $x + y = 2$이다.
④ X — 5는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 5가 아니라, 중심 A와 꼭짓점 B의 유효 원자 수를 더한 올바른 값은 $x + y = 2$이다.

오답 포인트

도식에 보이는 꼭짓점의 B 원자 8개를 모두 한 단위 세포의 원자로 세면 안 된다. 꼭짓점 원자는 8개 단위 세포가 공유하므로 각 원자의 기여분은 1/8이고, 8개의 총기여분은 1개이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 원자의 위치별 공유 비율을 적용해 유효 원자 수를 계산하고, 그 비를 가장 간단한 정수비로 나타내어 화학식의 아래첨자를 정한다.

암기 포인트

꼭짓점은 1/8, 체심은 1만큼 한 단위 세포에 기여한다.

NoteBase

문 12. 배위 화합물 $[Rh(NH_3)_5I]Br_2$에서 Rh와 I의 산화수는?

① Rh: +2, I: 0

② Rh: +2, I: -1

③ Rh: +3, I: 0

④ Rh: +3, I: -1

정답 4번

출제 포인트

착화합물 전체의 전하와 각 리간드의 전하를 이용하여 중심 금속과 배위된 원자의 산화수를 구하는 문제이다.

조건 정리

화합물 $[Rh(NH_3)_5I]Br_2$는 전기적으로 중성이다. 바깥쪽의 두 Br^-가 총 -2의 전하를 가지므로 착이온 $[Rh(NH_3)_5I]$의 전하는 $+2$이다. NH_3는 중성 리간드이고, 배위된 I는 아이오딘화물 리간드 I^-이므로 산화수는 -1이다.

사용할 공식

착이온에서 각 원자와 리간드의 산화수 합은 착이온의 전하와 같다. 따라서 Rh의 산화수를 x라 하면

$x + 5(0) + (-1) = +2$

이다. 이 식은 중성인 NH_3와 음이온 리간드인 I^-의 전하를 착이온 전체 전하에 맞추기 위해 사용한다.

계산 과정

1. 두 Br^-가 착이온 밖에 있으므로 $[Rh(NH_3)_5I]^{2+}$이다.
2. NH_3의 산화수 기여는 0이고, I^-의 산화수는 -1이다.
3. $x - 1 = +2$에서 $x = +3$이다. 따라서 Rh의 산화수는 $+3$, I의 산화수는 -1이다.

선지 판단

① X — Rh를 $+2$, I를 0으로 제시한 것이 모두 틀리다. 올바르게는 Rh가 $+3$, I가 -1이다.

② X — I의 -1은 맞지만 Rh의 $+2$가 틀리다. 올바르게는 Rh가 $+3$이다.

③ X — Rh의 $+3$은 맞지만 I의 0이 틀리다. 배위된 I는 중성 원자가 아니라 I^- 리간드이므로 올바르게는 -1이다.

④ O — Rh가 $+3$, I가 -1로 계산 결과와 모두 일치한다.

오답 포인트

바깥쪽 Br^- 두 개를 보고 Rh의 산화수를 바로 $+2$로 정하면 안 된다. $+2$는 Rh 자체가 아니라 착이온 전체의 전하이다. 또한 배위결합을 했더라도 I는 I^- 리간드이므로 산화수를 0으로 바꾸지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 착이온 밖의 상대 이온으로 착이온 전하를 구한 뒤, 중성 리간드와 음이온 리간드의 전하를 합하여 중심 금속의 산화수를 계산한다.

암기 포인트

NH_3는 0, 할로젠화물 리간드는 -1, 산화수의 합은 착이온 전하이다.

문 13. 다음 반응에서 반응속도는 $k[A]^m[B]^n$이다. B의 농도가 일정하고 A의 농도가 2배 증가할 때, 반응속도는 2배 감소하였다. m의 값으로 옳은 것은?

aA + bB → 생성물

① -2

② -1

③ 1

④ 2

정답 2번

출제 포인트

농도 변화에 따른 반응속도의 배수 관계를 이용하여 반응차수 m을 구하는 문제이다.

조건 정리

반응속도식은 $v = k[A]^m[B]^n$이다. $[B]$는 일정하고 $[A]$만 2배가 되므로, 속도 변화에는 $[A]^m$만 영향을 준다. 반응속도는 2배 감소하였으므로 처음의 1/2배가 된다.

사용할 공식

$\frac{v'}{v} = \left(\frac{[A]'}{[A]}\right)^m$

농도 변화 전후의 속도식을 나누면 변하지 않은 k와 $[B]^n$이 소거되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

$[A]' = 2[A]$, $v' = v/2$를 대입한다.

$\frac{1}{2} = 2^m$

$2^{-1} = 1/2$이므로 $m = -1$이다. 음의 반응차수에서는 반응물 농도가 증가할 때 반응속도가 감소할 수 있다.

선지 판단

① X — $m = -2$이면 $2^m = 1/4$이므로 속도는 4배 감소한다. '$m = -2$'가 틀렸으며, 올바르게는 '$m = -1$'이다.

② O — $m = -1$이면 $2^m = 1/2$이므로 A의 농도가 2배일 때 속도가 처음의 절반이 된다.

③ X — $m = 1$이면 $2^m = 2$이므로 속도는 2배 증가한다. '$m = 1$'이 틀렸으며, 올바르게는 '$m = -1$'이다.

④ X — $m = 2$이면 $2^m = 4$이므로 속도는 4배 증가한다. '$m = 2$'가 틀렸으며, 올바르게는 '$m = -1$'이다.

NoteBase

오답 포인트

‘2배 감소’를 변화량이 -2라는 뜻으로 보고 곧바로 $m = -2$로 정하면 안 된다. 반응속도의 최종 비는 $v'/v = 1/2$이고, 농도의 배수 2를 지수 m만큼 거듭제곱한 값과 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

한 반응물의 농도만 변하면 ‘속도비 = 농도비의 반응차수 제곱’, 즉 $v'/v = ([A]'/[A])^m$을 세운 뒤 두 비를 같은 밑의 거듭제곱으로 바꾸어 지수를 비교한다.

암기 포인트

농도 2배에 속도 절반이면 $2^m = 1/2 = 2^{-1}$, 따라서 반응차수는 -1이다.

NoteBase

문 14. 다음 염의 수용액이 염기성인 것은?

① NH_4Cl

② NaF

③ CH_3NH_3Br

④ $Al(ClO_4)_3$

정답 2번

출제 포인트

염을 구성하는 양이온과 음이온이 물에서 가수분해되는지를 판단하여 수용액의 산성·중성·염기성을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

강산과 강염기에서 유래한 이온은 대체로 물과 거의 반응하지 않는다. 약산의 짝염기인 음이온은 물에서 OH^-를 만들어 수용액을 염기성으로 하고, 약염기의 짝산인 양이온이나 전하 밀도가 큰 금속 양이온은 물과 반응하여 H_3O^+를 만들어 수용액을 산성으로 한다.

선지별 해설

① X — NH_4Cl의 NH_4^+는 약염기 NH_3의 짝산이므로 물에 양성자를 주어 H_3O^+를 생성한다. Cl^-는 강산 HCl에서 유래하여 거의 가수분해되지 않으므로, '염기성'이 아니라 '산성 수용액을 만든다'가 올바른 설명이다.
② O — Na^+는 강염기 $NaOH$에서 유래하여 거의 가수분해되지 않지만, F^-는 약산 HF의 짝염기이므로 $F^- + H_2O \rightleftharpoons HF + OH^-$와 같이 반응한다. 따라서 NaF 수용액은 염기성이다.
③ X — CH_3NH_3Br의 $CH_3NH_3^+$는 약염기 CH_3NH_2의 짝산이므로 물에 양성자를 주어 H_3O^+를 생성한다. Br^-는 강산 HBr에서 유래하여 거의 가수분해되지 않으므로, '염기성'이 아니라 '산성 수용액을 만든다'가 올바른 설명이다.
④ X — $Al(ClO_4)_3$의 Al^{3+}는 전하 밀도가 커서 수화된 물 분자의 산소를 강하게 끌어당기며 가수분해를 일으켜 H_3O^+를 생성한다. ClO_4^-는 강산 $HClO_4$에서 유래하여 거의 가수분해되지 않으므로, '염기성'이 아니라 '산성 수용액을 만든다'가 올바른 설명이다.

오답 포인트

①과 ③의 염에는 수소를 포함한 양이온이 있지만, 이것이 곧 염기성을 뜻하지 않는다. NH_4^+와 $CH_3NH_3^+$는 각각 약염기의 짝산이어서 오히려 산성을 나타낸다. ④에서는 ClO_4^-만 보고 중성으로 판단하기 쉽지만, Al^{3+}의 가수분해에 따른 산성을 함께 고려해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

염을 양이온과 음이온으로 나눈 뒤 각 이온의 출처를 확인한다. 약산의 짝염기만 가수분해하면 염기성, 약염기의 짝산이나 전하 밀도가 큰 금속 양이온이 가수분해하면 산성으로 판단한다. 양쪽 모두 거의 가수분해되지 않으면 중성으로 판단한다.

암기 포인트

약산의 짝염기는 염기성, 약염기의 짝산은 산성이다. F^-는 약산 HF의 짝염기이므로 NaF 수용액은 염기성이다.

NoteBase

문 15. 대표적인 항암제인 시스플라틴(cisplatin)의 화학식과 중심 금속인 백금(Pt)의 산화상태는?

① $Pt(NH_3)_2Cl_2$, Pt(II)

② $Pt(NH_2)_2Cl_2$, Pt(IV)

③ $Pt(NH_3)_4Cl_2$, Pt(II)

④ $Pt(NH_2)_2(NH_3)_2Cl_2$, Pt(IV)

정답 1번

출제 포인트

시스플라틴의 화학식과 리간드의 전하를 이용해 중심 금속 Pt의 산화수를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

시스플라틴은 cis-$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$이다. 여기서 암민 리간드 NH_3는 중성이고, 클로로 리간드 Cl^-는 각각 -1의 전하를 띤다. 착물이 중성이므로 $x + 2(0) + 2(-1) = 0$에서 Pt의 산화수는 +2, 즉 Pt(II)이다. 반면 NH_2^-는 -1의 전하를 띠는 아미도 리간드로서 NH_3와 다르다.

선지별 해설

① O — $Pt(NH_3)_2Cl_2$는 시스플라틴의 조성이며, 중성 NH_3 2개와 -1가 Cl^- 2개가 있으므로 Pt는 +2이다. 따라서 Pt(II)가 맞다.
② X — NH_2를 사용한 부분이 틀려 시스플라틴의 화학식이 아니다. 이 조성을 중성으로 보면 NH_2^- 2개와 Cl^- 2개의 총전하가 -4이므로 Pt(IV) 계산 자체는 맞지만, 올바른 시스플라틴 표기는 $Pt(NH_3)_2Cl_2$, Pt(II)이다.
③ X — NH_3를 4개로 쓴 부분이 틀렸다. 이 화학식에서 Pt(II) 계산은 가능하지만 시스플라틴에는 NH_3가 2개만 있다. 올바른 조성은 $Pt(NH_3)_2Cl_2$, Pt(II)이다.
④ X — NH_2 2개와 NH_3 2개를 함께 둔 화학식이 시스플라틴과 다르다. 중성 화학종으로 계산하면 음전하가 총 -4이므로 Pt(IV)이지만, 올바른 시스플라틴은 $Pt(NH_3)_2Cl_2$, Pt(II)이다.

오답 포인트

함정은 NH_3와 NH_2^-를 비슷한 표기로 보고 같은 리간드처럼 처리하는 데 있다. 시스플라틴의 암민은 중성 NH_3이며, 분자식의 리간드 개수와 산화수를 모두 만족해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 시스플라틴의 조성을 cis-$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$로 확인한 뒤, 전체 전하가 0이 되도록 산화수의 합을 계산한다. 중성 NH_3는 산화수 계산에 기여하지 않고 Cl^- 2개가 -2이므로 Pt는 +2이다.

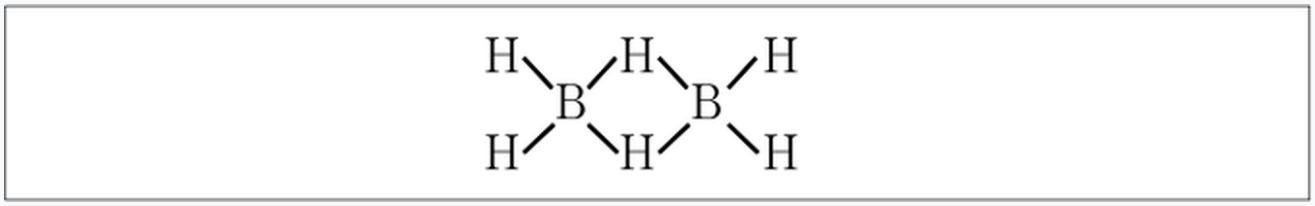
NoteBase

암기 포인트

시스플라틴은 cis-$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$, 중심 금속은 Pt(II)이다.

NoteBase

문 16. 보레인(BH_3)의 이합체인 디보레인(diborane)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 입체이성질체가 있다.

② 공기 중의 산소와 반응하여 열이 발생된다.

③ 삼중심 이전자 결합이 있다.

④ 길이가 다른 두 종류의 B-H 결합이 있다.

정답 1번

출제 포인트

다이보레인 B_2H_6의 도식에서 말단 수소 4개와 두 붕소 사이를 잇는 가교 수소 2개를 구별하고, 전자 부족 결합과 분자 성질을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① X — 다이보레인은 이 구조에서 서로 구별되는 입체 배열을 갖지 않으므로 입체이성질체가 없다. 틀린 표현인 '입체이성질체가 있다'는 '입체이성질체가 없다'로 고쳐야 한다.
② O — 다이보레인은 공기 중 산소와 반응하여 산화되며 많은 열을 방출한다. 따라서 '열이 발생된다'는 옳은 설명이다.
③ O — 도식의 위아래 가교 수소에서는 붕소–수소–붕소가 전자 2개를 함께 공유하는 삼중심 이전자 결합을 이룬다. 이는 전자 부족 화합물인 다이보레인의 대표적 결합이다.
④ O — 바깥쪽 말단 $B-H$ 결합은 보통의 이중심 이전자 결합이고, 가교 $B-H$ 결합은 삼중심 이전자 결합의 일부이므로 두 결합의 길이가 다르다. 가교 $B-H$ 결합이 말단 $B-H$ 결합보다 더 길다.

오답 포인트

도식의 모든 선을 같은 종류의 보통 공유 결합으로 보면 ③과 ④를 놓치기 쉽다. 가운데 위아래 수소는 각각 두 붕소를 잇는 가교 수소이며, 이 부분이 삼중심 이전자 결합과 더 긴 가교 $B-H$ 결합을 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

다이보레인 구조에서는 먼저 말단 수소 4개와 가교 수소 2개를 나눈다. 이어서 가교 부분은 $B-H-B$ 삼중심 이전자 결합이고, 가교 $B-H$ 결합이 말단 $B-H$ 결합보다 길다는 기준으로 선지를 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

다이보레인은 ‘말단 H 4개, 가교 H 2개, $B-H-B$ 삼중심 이전자 결합 2개’로 기억한다.

NoteBase

문 17. 다음은 중성 원자 A와 B의 전자 배치를 나타낸 것이다. B가 A보다 큰 것은? (단, A, B는 임의의 원소 기호이다)

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

① 홀전자 수
② 일차 이온화 에너지
③ 원자 반지름
④ 원자가 전자의 유효 핵전하

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 같은 2주기 원소인 A와 B의 전자 배치로부터 홀전자 수, 일차 이온화 에너지, 원자 반지름, 유효 핵전하를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

A는 전자 배치가 $1s^2 2s^2 2p^3$인 질소형 원자이고, B는 $1s^2 2s^2 2p^4$인 산소형 원자이다. 같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 핵전하는 증가하지만 속껍질 전자의 차폐는 거의 같으므로 유효 핵전하는 커지고 원자 반지름은 작아진다. 다만 일차 이온화 에너지는 반쯤 채워진 $2p^3$ 배치가 안정하므로 A가 B보다 크다.

선지별 해설

① X — A의 $2p^3$에서는 세 전자가 각각 다른 p 오비탈에 들어가 홀전자가 3개이고, B의 $2p^4$에서는 한 오비탈에 전자쌍이 생겨 홀전자가 2개이다. 따라서 ‘B의 홀전자 수가 더 크다’는 표현이 틀리며, 올바르게는 A의 홀전자 수가 B보다 크다.
② X — A의 $2p^3$는 반쯤 채워진 안정한 배치이고, B의 $2p^4$에서는 같은 오비탈의 전자쌍 사이 반발 때문에 전자 하나를 떼기 더 쉽다. 따라서 ‘B의 일차 이온화 에너지가 더 크다’는 표현이 틀리며, 올바르게는 A의 일차 이온화 에너지가 B보다 크다.
③ X — A와 B는 같은 2주기 원소이며 B가 A보다 오른쪽에 있어 유효 핵전하가 더 크고 전자구름을 더 강하게 끌어당긴다. 따라서 ‘B의 원자 반지름이 더 크다’는 표현이 틀리며, 올바르게는 A의 원자 반지름이 B보다 크다.
④ O — B는 A보다 양성자가 하나 더 많지만 차폐 효과의 차이는 작으므로 최외각 전자가 느끼는 유효 핵전하가 더 크다.

NoteBase

오답 포인트

같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 일차 이온화 에너지가 대체로 증가한다는 경향만 적용하면 ②를 고르기 쉽다. 이 문항에서는 $2p^3$의 반채움 안정성과 $2p^4$의 전자쌍 반발 때문에 질소형 A의 일차 이온화 에너지가 산소형 B보다 크다는 예외가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 p 오비탈 세 칸에 훈트 규칙에 따라 전자를 배치하여 홀전자 수를 센다. 그다음 같은 주기에서는 오른쪽 원소일수록 유효 핵전하가 크고 원자 반지름이 작다는 경향을 적용하되, 일차 이온화 에너지는 반채움 p^3 배치의 안정성을 별도로 확인한다.

암기 포인트

2주기에서 N형 $2p^3$은 홀전자 3개·반채움 안정, O형 $2p^4$은 홀전자 2개·전자쌍 반발이다. 따라서 N형은 이온화 에너지가 더 크고, O형은 유효 핵전하가 더 크다.

NoteBase

문 18. C_4H_8의 분자식을 가지는 알켄(alkene)의 이성질체는 모두 몇 개인가?

① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 2번

출제 포인트

분자식 C_4H_8을 갖는 알켄의 구조 이성질체를 빠짐없이 나열하고, 2-뷰텐의 기하 이성질체인 cis형과 trans형을 각각 세는 문제이다.

조건 정리

주어진 분자식: C_4H_8
구해야 할 값: 이 분자식을 갖는 알켄 이성질체의 총개수
주의할 조건: 고리 화합물은 알켄이 아니므로 제외하고, 이중 결합 양쪽 탄소에 서로 다른 두 치환기가 결합한 2-뷰텐은 cis형과 trans형을 구분한다.

사용할 원리

먼저 탄소 골격과 이중 결합 위치가 다른 구조 이성질체를 나열한 뒤, 각 구조가 기하 이성질체를 갖는지 확인한다. 알켄에서 이중 결합의 각 탄소가 서로 다른 두 치환기를 가져야 cis-trans 이성질체가 존재한다.

계산 과정

1. 직쇄 골격에서는 1-뷰텐과 2-뷰텐이 가능하다.
2. 1-뷰텐은 말단 이중 결합 탄소에 수소가 두 개 있으므로 cis-trans 이성질체가 없다.
3. 2-뷰텐은 cis-2-뷰텐과 trans-2-뷰텐의 두 가지로 나뉜다.
4. 가지 친 골격에서는 2-메틸프로펜 한 가지가 가능하며 cis-trans 이성질체는 없다.

따라서 1-뷰텐 1개, cis-2-뷰텐 1개, trans-2-뷰텐 1개, 2-메틸프로펜 1개로 모두 $1 + 1 + 1 + 1 = 4$개이다.

NoteBase

선지 판단

① X — ‘3개’는 2-뷰텐의 cis형과 trans형을 하나로 세어 구조 이성질체만 센 값이다. 기하 이성질체까지 구분하면 올바른 값은 4개이다.
② O — 1-뷰텐, cis-2-뷰텐, trans-2-뷰텐, 2-메틸프로펜의 총 4개이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — ‘5개’는 실제 목록보다 하나를 더 센 값이다. C_4H_8인 알켄 가운데 서로 다른 이성질체는 위 네 가지뿐이므로 올바른 값은 4개이다.
④ X — ‘6개’는 실제 목록보다 두 개를 더 센 값이다. 고리 화합물을 포함하거나 cis-trans가 불가능한 알켄을 중복 계산하면 안 되며, 올바른 값은 4개이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 ‘구조 이성질체가 3개’라는 데서 계산을 끝내는 것이다. 2-뷰텐은 이중 결합의 각 탄소에 수소와 메틸기가 하나씩 결합하므로 cis형과 trans형이 모두 존재한다. 반면 1-뷰텐과 2-메틸프로펜은 이중 결합 탄소 하나에 같은 치환기가 두 개 있어 cis-trans 이성질체가 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

알켄 이성질체 수는 ‘탄소 골격 변화 → 이중 결합 위치 변화 → 각 구조의 cis-trans 가능 여부’ 순서로 판단한다. 이때 문제에서 알켄을 요구하면 같은 분자식의 사이클로알케인은 제외한다.

암기 포인트

C_4H_8 알켄은 1-뷰텐, cis-2-뷰텐, trans-2-뷰텐, 2-메틸프로펜으로 총 4개이다.

NoteBase

문 19. 알케인(alkane)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 뷰테인(butane)은 2개의 구조이성질체를 갖는다.

② 프로페인(propane)은 뷰테인(butane) 보다 낮은 온도에서 끓는다.

③ 2,2-다이메틸프로페인(2,2-dimethylpropane)에는 카이랄(chiral) 중심이 있다.

④ 2,2-다이메틸프로페인(2,2-dimethylpropane)이 n-펜테인(n-pentane) 보다 낮은 온도에서 끓는다.

정답 3번

출제 포인트

알케인의 구조 이성질체, 분자 간 힘에 따른 끓는점, 카이랄 중심의 성립 조건을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

구조 이성질체는 분자식은 같지만 원자들의 연결 순서가 다른 화합물이다.
알케인은 탄소 수가 많아질수록 분산력이 커져 대체로 끓는점이 높아지고, 탄소 수가 같으면 가지가 많을수록 분자 사이의 접촉 면적이 작아져 끓는점이 낮아진다.
카이랄 중심은 일반적으로 서로 다른 네 치환기가 결합한 정사면체 탄소 원자이다.

선지별 해설

① O — 부테인에는 직선형인 노말부테인과 가지형인 2-메틸프로페인이 있으므로 구조 이성질체가 2개이다.
② O — 프로페인은 부테인보다 탄소 수와 전자 수가 적어 분산력이 약하므로 더 낮은 온도에서 끓는다.
③ X — 틀린 표현은 '카이랄 중심이 있다'이다. 2,2-다이메틸프로페인의 중심 탄소에는 동일한 메틸기 4개가 결합하므로 서로 다른 네 치환기를 갖지 않는다. 올바르게는 '2,2-다이메틸프로페인에는 카이랄 중심이 없다'이다.
④ O — 두 물질은 모두 펜테인의 구조 이성질체이지만, 2,2-다이메틸프로페인은 가지가 가장 많아 노말펜테인보다 분자 사이의 접촉 면적과 분산력이 작으므로 더 낮은 온도에서 끓는다.

오답 포인트

③에서 중심 탄소가 탄소 원자 네 개와 결합했다는 사실만 보고 카이랄 중심으로 오인하기 쉽다. 카이랄 중심의 핵심은 결합한 원자의 개수가 아니라 네 치환기가 서로 달라야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

구조 이성질체는 탄소 골격의 연결 차이를 확인하고, 끓는점은 먼저 탄소 수를 비교한 뒤 같은 분자식에서는 가지가 많을수록 낮다고 판단한다. 카이랄 중심은 해당 탄소에 결합한 네 치환기를 하나씩 비교하여 모두 다른지 확인한다.

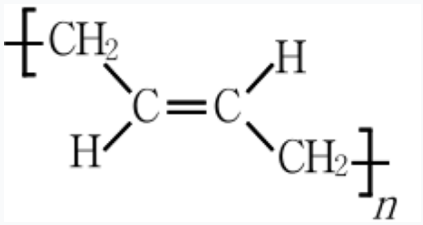
NoteBase

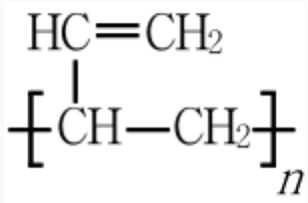
암기 포인트

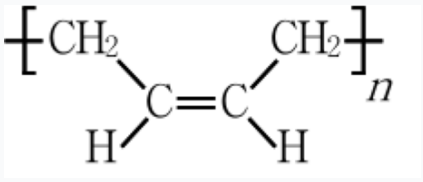
같은 탄소 수에서는 가지가 많을수록 끓는점이 낮고, 동일한 치환기가 하나라도 겹치면 카이랄 중심이 아니다.

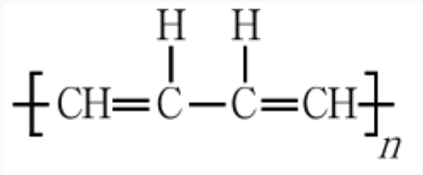
NoteBase

문 20. 1,3-부타디엔(1,3-butadiene) 단량체를 이용하여 제조할 수 있는 고분자의 이성질체가 아닌 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

출제 포인트

1,3-부타디엔의 부가중합에서는 1,2-첨가 또는 1,4-첨가가 일어나며, 단량체의 두 이중결합 중 하나가 중합에 사용된다. 따라서 생성된 반복단위에는 단량체당 이중결합 하나가 남아야 한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
사슬이 이중결합 양쪽의 서로 반대편에 놓인 trans-1,4-폴리부타디엔 구조이다. 1,4-첨가로 생길 수 있으므로 가능한 이성질체이다.

② O
주사슬이 $-CH-CH_2-$로 이루어지고 곁사슬에 비닐기 $-CH=CH_2$가 남은 1,2-폴리부타디엔 구조이다. 1,2-첨가로 생길 수 있으므로 가능한 이성질체이다.

③ O
사슬이 이중결합 양쪽의 같은 편에 놓인 cis-1,4-폴리부타디엔 구조이다. 1,4-첨가로 생길 수 있으므로 가능한 이성질체이다.

④ X
반복단위 $-CH=CH-CH=CH-$에는 이중결합이 두 개 모두 남아 있어 부타디엔의 부가중합 과정에서 새로운 주사슬 단일결합이 형성되었다고 볼 수 없다. 또한 이 구조의 반복단위는 C_4H_4이므로 단량체 C_4H_6의 원자 조성도 보존하지 못한다. 1,4-첨가 생성물로 고치면 반복단위는 $-CH_2-CH=CH-CH_2-$처럼 이중결합 하나와 CH_2 두 개를 가져야 한다.

오답 포인트

①과 ③은 그림이 비슷하지만 각각 trans형과 cis형이며 둘 다 가능한 1,4-첨가 구조이다. 함정은 ④의 공액 이중결합 모양을 부타디엔의 반복으로만 보는 데 있다. 부가중합 여부는 반복단위의 이중결합 수와 수소 수까지 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반복단위의 탄소 4개와 수소 6개가 보존되는지 확인한다. 이어서 1,4-첨가이면 주사슬에 이중결합 하나가 남고, 1,2-첨가이면 포화 주사슬에 비닐 곁사슬이 남는지를 확인한다.

암기 포인트

부타디엔 부가중합은 '이중결합 하나를 쓰고 하나를 남긴다': 1,4-첨가는 cis·trans, 1,2-첨가는 비닐 곁사슬이다.

NoteBase