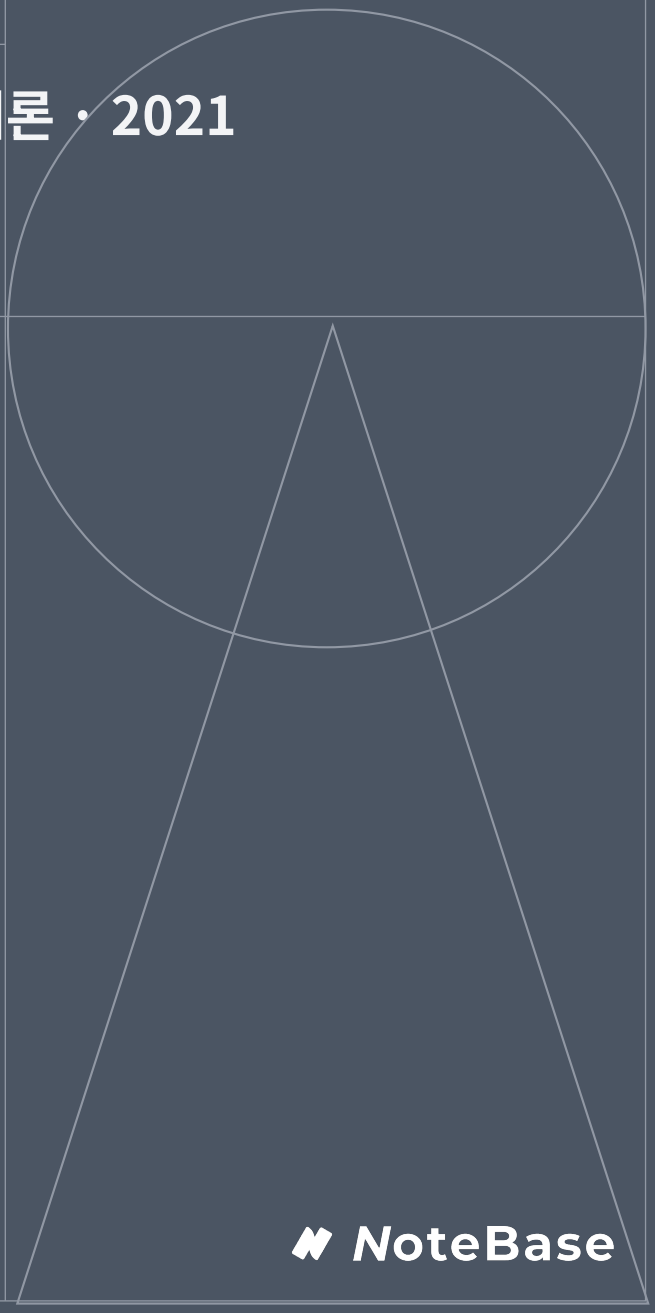
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2021

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2021

문 1. 모든 물질의 측정 가능한 성질들은 크기 성질(extensive property)과 세기 성질(intensive property)로 구분된다. <보기>에서 크기 성질에 해당하는 것을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 온도
ㄴ. 압력
ㄷ. 비열
ㄹ. 열용량
ㅁ. 엔탈피

① ㄱ, ㄴ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄷ, ㄹ
④ ㄹ, ㅁ

정답 4번

출제 포인트

크기 성질과 세기 성질을 물질의 양에 대한 의존성으로 구분하는 문제이다.

핵심 개념

크기 성질은 물질의 양이 변하면 값도 함께 변하는 성질이다. 열용량과 엔탈피가 이에 해당한다.
세기 성질은 물질의 양과 무관하게 물질의 상태를 나타내는 성질이다. 온도, 압력, 비열이 이에 해당한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: ㄱ 온도와 ㄴ 압력은 모두 세기 성질이다. 물질의 양을 늘려도 값 자체를 단순히 더하는 성질이 아니다. 틀린 부분은 두 항목을 크기 성질 조합으로 본 점이다. 올바르게는 크기 성질 조합이 아니다.
② X: ㄴ 압력과 ㄷ 비열은 모두 세기 성질이다. 비열은 단위 질량당 필요한 열량이므로 양에 비례해 커지지 않는다. 틀린 부분은 비열을 크기 성질 쪽에 포함한 점이다. 올바르게는 크기 성질 조합이 아니다.
③ X: ㄷ 비열은 세기 성질이고 ㄹ 열용량은 크기 성질이다. 틀린 부분은 비열을 크기 성질로 넣은 점이다. 올바르게는 ㄹ, ㅁ이어야 한다.
④ O: ㄹ 열용량은 계 전체의 양이 많아질수록 커지고, ㅁ 엔탈피도 계의 양에 비례하여 합산되는 크기 성질이다.

오답 포인트

비열과 열용량을 비슷한 말로 착각하면 ③을 고르기 쉽다. 비열은 단위 질량당 성질이라 세기 성질이고, 열용량은 계 전체가 가지는 총량이라 크기 성질이다.

다시 나오면 이렇게 판단

단위 질량당, 몰당처럼 기준량으로 나눈 값이면 세기 성질로 보고, 계 전체의 총량으로 더해지는 값이면 크기 성질로 판단한다.

암기 포인트

비열은 나눈 값이라 세기 성질이고, 열용량·엔탈피는 총량이라 크기 성질이다.

NoteBase

문 2. 이온 반지름이 가장 큰 것은?

① Na^{+}

② F^{-}

③ O^{2-}

④ Mg^{2+}

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 등전자종의 이온 반지름 크기 비교를 묻는 문제이다.

핵심 개념

Na+, F-, O2-, Mg2+는 모두 전자 수가 10개인 등전자종이다.
등전자종에서는 핵전하가 클수록 전자를 더 강하게 끌어당겨 반지름이 작아진다.
따라서 핵전하가 가장 작은 O2-의 반지름이 가장 크고, 핵전하가 가장 큰 Mg2+의 반지름이 가장 작다.

선지별 해설

① X: Na+는 10전자 등전자종이지만 핵전하가 11이어서 O2-보다 전자를 더 세게 끌어당긴다. 따라서 O2-보다 작다.
틀린 표현은 '가장 큰 것'이다. 올바르게는 'Na+는 O2-보다 작다'이다.
② X: F-도 10전자 등전자종이며 핵전하가 9이다. O2-(핵전하 8)보다 반지름이 작다.
틀린 표현은 '가장 큰 것'이다. 올바르게는 'F-는 O2-보다 작고 Na+보다는 크다'이다.
③ O: O2-는 네 이온 중 핵전하가 가장 작아 같은 전자 수를 가진 전자구름을 가장 느슨하게 잡는다. 따라서 반지름이 가장 크다.
④ X: Mg2+는 10전자 등전자종 중 핵전하가 12로 가장 커서 반지름이 가장 작다.
틀린 표현은 '가장 큰 것'이다. 올바르게는 'Mg2+는 가장 작은 이온 반지름을 가진다'이다.

오답 포인트

양이온과 음이온이라는 전하 부호만 보고 판단하면 흔들릴 수 있다. 이 문항은 전하 부호보다 '전자 수가 같은가'를 먼저 본 뒤, 핵전하가 작은 종일수록 반지름이 크다는 규칙으로 정리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전자 수가 같은 등전자종인지 확인한다. 등전자종이면 원자번호가 작아 핵전하가 작은 이온이 더 크다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

등전자종 반지름은 핵전하가 작을수록 크다: O2- > F- > Na+ > Mg2+이다.

NoteBase

문 3. 사이클로헥세인(cyclohexane)이 가질 수 있는 형태(conformation) 중 에너지 측면에서 가장 안정한 것은?

① 보트형(boat)

② 트위스트 보트형(twist boat)

③ 하프 체어형(half–chair)

④ 체어형(chair)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 사이클로헥세인이 가질 수 있는 여러 conformation의 상대적 안정성과, 그 차이를 만드는 비틀림 긴장 및 입체 반발을 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

체어형은 모든 C-C 결합이 거의 엇갈린 배열을 이루어 에너지가 가장 낮은 기본 형태이다.
보트형은 양 끝 탄소가 마주 보며 eclipsing strain과 flagpole repulsion이 생겨 체어형보다 불안정한 형태이다.
트위스트 보트형은 보트형이 약간 비틀어져 반발을 일부 줄인 준안정 형태이다.
하프 체어형은 체어형이 뒤집히는 과정에서 나타나는 가장 높은 에너지의 형태이다.

선지별 해설

① X: 보트형은 eclipsing strain과 flagpole repulsion 때문에 안정하지 않다. 틀린 부분은 '가장 안정한'이다. 실제로는 체어형보다 에너지가 높은 불안정 형태이다.
② X: 트위스트 보트형은 보트형보다 안정하지만 최저 에너지 형태는 아니다. 틀린 부분은 '가장 안정한'이다. 실제로는 체어형보다 높은 에너지를 가지는 준안정 형태이다.
③ X: 하프 체어형은 고리 뒤집힘 과정의 전이상태에 가까워 가장 불안정한 축에 속한다. 틀린 부분은 '안정한'이다. 실제로는 대표적인 고에너지 형태이다.
④ O: 체어형은 결합들이 거의 staggered 배열을 이루고 각도 왜곡과 비틀림 긴장이 가장 작아서 사이클로헥세인 형태 중 가장 안정하다.

오답 포인트

②의 트위스트 보트형은 보트형보다 덜 불안정하므로 더 안정해 보인다는 착각이 자주 나온다. 그러나 최저 에너지는 항상 체어형이다. ①과 ②는 모두 보트 계열이고, ③은 전이상태 성격의 고에너지 형태라는 점에서 ④와 구분된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

사이클로헥세인 안정성 문제는 먼저 체어형을 최저 에너지로 고정한 뒤, 트위스트 보트형은 그다음, 보트형은 그보다 불안정, 하프 체어형은 가장 불안정한 형태라는 순서로 판단한다.

암기 포인트

안정성 순서는 체어형 > 트위스트 보트형 > 보트형 > 하프 체어형이다.

NoteBase

문 4. 수용액에 같은 농도를 용해시켰을 때 가장 약한 산성을 나타내는 화학종은?

① HF

② HCl

③ HBr

④ HI

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 수용액에서 할로젠화 수소 HX의 산 세기를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

할로젠화 수소의 수용액 산성은 전기음성도만이 아니라 $H-X$ 결합의 세기와 해리 용이성으로 결정된다.
HF는 $H-F$ 결합이 매우 강해 물에서 완전 해리되지 않는 약산이다.
HCl, HBr, HI는 물에서 거의 완전 해리되는 강산이며, 일반적인 산 세기 순서는 HF < HCl < HBr < HI이다.

선지별 해설

1번 O: HF는 $H-F$ 결합이 강하여 수용액에서 해리가 덜 일어나므로 제시된 물질 중 가장 약한 산성을 나타낸다.
2번 X: HCl은 물에서 거의 완전 해리되는 강산이다. 틀린 표현은 "가장 약한 산성"이다. 올바르게는 HF보다 훨씬 강한 산성을 나타낸다.
3번 X: HBr도 강산이므로 가장 약한 산이 아니다. 틀린 표현은 "가장 약한 산성"이다. 올바르게는 HCl보다도 더 강한 산성을 보인다.
4번 X: HI는 제시된 할로젠화 수소 중 가장 강한 축에 속하는 강산이다. 틀린 표현은 "가장 약한 산성"이다. 올바르게는 네 물질 중 가장 강한 산성에 가깝다.

오답 포인트

플루오린의 전기음성도가 가장 크므로 HF가 가장 강산일 것이라고 오해하기 쉽다. 그러나 수용액 산 세기에서는 결합의 극성보다 $H-X$ 결합이 얼마나 쉽게 끊어지는지가 더 중요하므로 HF가 예외적으로 약산이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

수용액에서 할로젠화 수소의 산 세기를 물으면 전기음성도만 보지 않고 $H-X$ 결합 세기를 먼저 본다. 같은 족에서 아래로 갈수록 결합이 약해져 산성은 강해지고, HF는 별도로 약산으로 처리하면 된다.

암기 포인트

수용액 산 세기 순서는 HF < HCl < HBr < HI이며, HF만 약산이다.

NoteBase

문 5. <보기>의 물질들을 끓는점이 낮은 것부터 높은 순서대로 바르게 나열한 것은?

<보기>
(가) HF (나) CH_4 (다) H_2O (라) H_2S

① (나) - (라) - (다) - (가)
② (라) - (나) - (다) - (가)
③ (나) - (라) - (가) - (다)
④ (라) - (나) - (가) - (다)

정답 3번

출제 포인트

분자 간 힘의 세기와 수소 결합 형성 여부를 비교하여 끓는점의 상대적 순서를 판단하는 문제이다.

올바른 순서

1. CH4 - 비극성 분자로서 분산력만 작용하므로 끓는점이 가장 낮다.
2. H2S - 극성을 띠고 CH4보다 분자량이 커서 CH4보다 끓는점이 높다.
3. HF - 분자 사이에 수소 결합이 형성되어 H2S보다 끓는점이 높다.
4. H2O - 수소 결합이 매우 넓게 형성되어 네 물질 중 끓는점이 가장 높다.

왜 이 순서: CH4와 H2S는 수소 결합이 없고, HF와 H2O는 수소 결합이 있다. 또 H2O는 HF보다 수소 결합 네트워크가 더 발달하여 HF보다 위에 놓인다.

선지별 해설

① X: (나)-(라)까지는 맞지만 (다)를 (가)보다 앞에 둔 점이 틀리다. H2O는 HF보다 수소 결합 네트워크가 더 커서 끓는점이 더 높다. 틀린 표현은 '(다)-(가)' 부분이며, 올바르게는 '(가)-(다)'이다.
② X: (라)를 (나)보다 앞에 둔 점이 틀리다. CH4는 비극성의 작은 분자로 분산력만 작용하므로 가장 먼저 와야 한다. H2S는 극성과 더 큰 분산력 때문에 CH4보다 끓는점이 높다. 올바르게는 '(나)-(라)-(가)-(다)'이다.
③ O: CH4 < H2S < HF < H2O의 순서를 정확히 반영한 배열이다. 비수소 결합 분자인 CH4, H2S가 먼저 오고, 수소 결합을 하는 HF, H2O가 뒤에 온다. 그중 H2O가 HF보다 더 높은 끓는점을 가진다.
④ X: (라)를 (나)보다 앞에 둔 점이 틀리다. H2S는 CH4보다 분자 간 인력이 강하므로 CH4보다 뒤에 와야 한다. 뒤의 HF < H2O 관계는 맞지만 앞 순서가 틀려 전체 배열은 오답이다. 올바르게는 '(나)-(라)-(가)-(다)'이다.

NoteBase

오답 포인트

수소 결합 여부만 보고 HF를 무조건 가장 높게 두거나, 분자량만 보고 H2S와 CH4의 순서를 뒤집기 쉽다. 이 문항의 함정은 '수소 결합 유무'와 '수소 결합의 발달 정도'를 함께 보지 않으면 HF와 H2O의 순서를 잘못 잡는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 수소 결합 가능 분자와 그렇지 않은 분자를 나눈다. 그다음 수소 결합이 없는 분자끼리는 극성과 분산력 크기를 비교하고, 수소 결합이 있는 분자끼리는 결합 네트워크의 발달 정도까지 비교하면 된다.

암기 포인트

CH4는 가장 낮고, H2O는 가장 높다. 가운데는 'H2S < HF'로 정리된다.

NoteBase

문 6. 방사방향 마디(radial nodes) 개수와 각운동량 마디(angular nodes) 개수가 서로 같은 원자 오비탈은?

① $1s$

② $2p_x$

③ $3d_{xy}$

④ $4d_{xy}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 원자 오비탈에서 방사방향 마디 수와 각운동량 마디 수를 각각 어떻게 계산하는지를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

방사방향 마디 수는 핵에서 멀어지는 방향으로 전자밀도가 0이 되는 구면 마디의 개수이며 $n - l - 1$이다.
각운동량 마디 수는 오비탈의 방향성 때문에 생기는 마디면의 개수이며 l이다.
두 값이 같으려면 $n - l - 1 = l$, 즉 $n = 2l + 1$을 만족해야 한다.

선지별 해설

① O: 1 s는 $n = 1, l = 0$이다. 방사방향 마디 수는 0, 각운동량 마디 수는 0이므로 두 값이 서로 같다.
② X: 2p_x는 $n = 2, l = 1$이다. 방사방향 마디 수는 $2 - 1 - 1 = 0$, 각운동량 마디 수는 1이므로 서로 같지 않다. 틀린 표현은 '서로 같다'이며, 올바르게는 '방사방향 마디 수 0, 각운동량 마디 수 1로 서로 다르다'이다.
③ X: 3d_xy는 $n = 3, l = 2$이다. 방사방향 마디 수는 $3 - 2 - 1 = 0$, 각운동량 마디 수는 2이므로 서로 같지 않다. 틀린 표현은 '서로 같다'이며, 올바르게는 '방사방향 마디 수 0, 각운동량 마디 수 2로 서로 다르다'이다.
④ X: 4d_xy는 $n = 4, l = 2$이다. 방사방향 마디 수는 $4 - 2 - 1 = 1$, 각운동량 마디 수는 2이므로 서로 같지 않다. 틀린 표현은 '서로 같다'이며, 올바르게는 '방사방향 마디 수 1, 각운동량 마디 수 2로 서로 다르다'이다.

오답 포인트

s, p, d 오비탈 이름만 보고 마디 수를 감으로 판단하면 틀리기 쉽다. 특히 p와 d는 각운동량 마디 수가 각각 1, 2라는 점은 기억하면서도 방사방향 마디 수 $n - l - 1$ 계산을 빼먹어 ②, ③, ④를 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

오비탈이 보이면 먼저 n과 l을 정한 뒤 방사방향 마디 수는 $n - l - 1$, 각운동량 마디 수는 l로 바로 계산한다. 그다음 두 수가 같은지 숫자로 비교하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

방사방향 마디는 $n - l - 1$, 각운동량 마디는 l이다. 같아지는 조건은 $n = 2l + 1$이며 보기 중에서는 1 s만 해당한다.

NoteBase

문 7. 공명 구조를 갖지 않는 물질은?

① O_3

② NF_3

③ CO_3^{2-}

④ C_6H_6

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 분자나 이온에서 π 전자가 비편재화되어 여러 개의 루이스 구조로 나타나는 공명 구조의 유무를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

공명 구조는 하나의 구조식만으로 전자 분포를 충분히 나타내기 어려울 때, 원자 배열은 같고 전자만 다르게 배치한 여러 기여 구조로 표현하는 개념이다.
공명 구조가 성립하려면 인접한 p 오비탈이나 π 결합, 또는 비공유 전자쌍이 이어져 전자가 비편재화될 수 있어야 한다.
O_3, CO_3^{2-}, C_6H_6는 이런 비편재화가 가능하지만, NF_3는 $N-F$ 단일 결합만 있는 피라미드형 분자로 공명 구조를 만들 만한 π 전자 비편재화가 없다.

선지별 해설

1번 OX: X이다. O_3는 한쪽은 이중 결합, 다른 쪽은 단일 결합으로 그릴 수 있고 이 위치가 서로 바뀌는 두 공명 구조를 갖는다. 틀린 표현은 "공명 구조를 갖지 않는다"이다. 올바르게는 "O_3는 공명 구조를 갖는다"이다.
2번 OX: O이다. NF_3는 질소와 플루오린 사이가 모두 단일 결합이고, 공명에 참여할 수 있는 인접 π 결합망이 없어 공명 구조를 갖지 않는다.
3번 OX: X이다. CO_3^{2-}는 세 개의 $C-O$ 결합이 동등하게 보이도록 세 가지 공명 구조로 나타낸다. 틀린 표현은 "공명 구조를 갖지 않는다"이다. 올바르게는 "CO_3^{2-}는 세 개의 동등한 공명 기여 구조를 갖는다"이다.
4번 OX: X이다. 벤젠 C_6H_6는 고리 전체에 π 전자가 비편재화되어 두 개의 케쿨레형 공명 구조로 대표된다. 틀린 표현은 "공명 구조를 갖지 않는다"이다. 올바르게는 "C_6H_6는 공명 구조를 갖는다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 "이중 결합이 보이면 무조건 공명"이나 "단일 결합만 보이면 무조건 공명 없음"처럼 겉모양만 외우는 데 있다. 핵심은 실제로 전자가 옆 결합으로 이동해 여러 동등하거나 유사한 전자 배치를 만들 수 있는지이다. 1번, 3번, 4번은 대표적인 공명 종인데도 분자식만 보고 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 루이스 구조에서 인접한 π 결합, 음전하, 비공유 전자쌍이 이어져 전자 이동이 가능한지 본다. 전자만 옮겨 여러 구조를 그릴 수 있으면 공명 구조가 있고, 원자 배열은 같은데 전자 비편재화 통로가 없으면 공명 구조가 없다.

암기 포인트

오존, 탄산이온, 벤젠은 공명이고, NF_3처럼 단일 결합만 있는 분자는 보통 공명이 아니다.

NoteBase

문 8. 화학식과 화학식에 대한 화합물의 이름을 옳게 짝지은 것은?

① Na_2O_2: 과산화 소듐

② HNO: 아질산

③ H_2SO_3: 과황산

④ MgO: 과산화 마그네슘

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 화학식과 무기·산소산 화합물의 명칭을 정확히 대응시키는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

과산화물은 산소가 과산화 이온 O_2^{2-} 형태로 들어 있는 화합물이다.
아질산은 질소의 산소산 중 화학식이 HNO_2인 산이다.
아황산은 H_2SO_3, 과황산은 보통 아황산보다 산소가 더 많은 과산화성 황산 계열 화합물을 가리키므로 같은 물질이 아니다.
산화물은 보통 산화 이온 O^{2-}을 가지며, 단순 산화물과 과산화물은 화학식부터 구별된다.

선지별 해설

① O
Na2O2는 과산화 이온을 포함하는 소듐의 과산화물이다. 따라서 Na2O2-과산화 소듐의 대응은 옳다.

② X
틀린 부분은 HNO를 아질산이라고 짝지은 점이다.
실제로 아질산의 화학식은 HNO_2이다. HNO는 아질산이 아니다.

③ X
틀린 부분은 H2SO3를 과황산이라고 한 점이다.
실제로 H_2SO_3는 아황산이다. 과황산은 H_2SO_3와 같은 이름이 아니다.

④ X
틀린 부분은 MgO를 과산화 마그네슘이라고 한 점이다.
실제로 MgO는 산화 마그네슘이다. 과산화 마그네슘이라면 보통 화학식이 MgO2 형태여야 한다.

NoteBase

오답 포인트

아질산과 질산, 아황산과 황산·과황산, 산화물과 과산화물처럼 이름이 비슷한 항목을 화학식 한 글자 차이로 바꿔 놓은 함정이 핵심이다. 특히 산소 원자 수와 과산화 이온 포함 여부를 놓치면 ②, ③, ④를 헷갈리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 화학식에서 산소 수와 이온 형태를 본다. O_2^{2-}가 들어 있으면 과산화물, O^{2-} 하나면 일반 산화물로 본다. 산소산은 잘 알려진 대표식을 바로 대조하면 된다. HNO_2는 아질산, H_2SO_3는 아황산으로 판단된다.

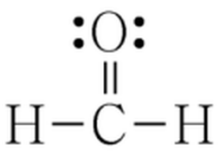
암기 포인트

Na2O2는 과산화물, MgO는 산화물, HNO_2는 아질산, H_2SO_3는 아황산이다.

NoteBase

문 9. <보기>의 루이스 구조로 나타낸 폼알데하이드(HCHO) 분자에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 비극성이다.

② 시그마(σ) 결합을 2개 갖는다.

③ C의 형식 전하는 -4이다.

④ C의 혼성 오비탈은 sp^2이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 루이스 구조에서 보이는 결합 형태와 전자영역 수를 바탕으로 분자의 극성, 시그마 결합 수, 형식 전하, 중심 원자의 혼성을 판단하는 문제이다. 폼알데하이드의 중심 C는 O와 이중결합 1개, H와 단일결합 2개를 하므로 전자영역이 3개인 sp^2 혼성이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

HCHO는 $C=O$ 결합의 극성이 크고 분자 구조가 완전히 대칭이 아니므로 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는다. 틀린 표현은 "비극성"이며, 올바르게는 "극성 분자이다"이다.

② X

폼알데하이드에는 $C-H$ 단일결합 2개와 $C=O$ 이중결합 속 시그마 결합 1개가 있어 시그마 결합은 총 3개이다. 틀린 표현은 "시그마 결합을 2개"이며, 올바르게는 "시그마 결합을 3개, 파이 결합을 1개 갖는다"이다.

③ X

C의 형식 전하는 원자가전자 수 4에서 비공유전자 0과 결합전자 절반 4를 뺀 값이므로 0이다. 틀린 표현은 "-4"이며, 올바르게는 "C의 형식 전하는 0이다"이다.

④ O

중심 C 주변에는 전자영역이 3개이므로 기본 전자배치는 평면 삼각형이고, 이에 대응하는 혼성은 sp^2이다. 따라서 4번 설명이 옳다.

오답 포인트

이 문항은 이중결합을 시그마 결합 2개로 잘못 세거나, 형식 전하를 산화수처럼 착각하면 틀리기 쉽다. 또한 $C=O$의 큰 극성을 무시하고 H가 두 개라는 이유만으로 비극성이라고 판단하는 오류가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

루이스 구조 문제가 나오면 먼저 단일결합과 이중결합을 구분해 시그마·파이 결합 수를 세고, 중심 원자 주위 전자영역 수로 혼성을 판단한 뒤, 형식 전하와 분자 극성을 따로 확인하면 된다.

암기 포인트

중심 원자 전자영역 3개이면 보통 sp^2, 이중결합 1개는 시그마 1개와 파이 1개이다.

NoteBase

문 10. 가장 간단한 알코올 화합물인 메탄올(methanol) 20mL에 포함된 수소 원자의 수[개]는? (단, 메탄올의 몰질량은 32g/mol이고 밀도는 0.8g/mL이며, 최종 결과는 소수점 셋째 자리에서 반올림한다.)

① 6.02×10^{23}

② 1.20×10^{24}

③ 2.41×10^{24}

④ 4.82×10^{24}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 메탄올의 질량과 몰질량으로 분자 수를 구한 뒤, 분자 1개에 들어 있는 수소 원자 수를 곱해 전체 수소 원자 수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 메탄올의 부피 20mL, 밀도 0.8g/mL, 몰질량 32g/mol이다.
구해야 할 값: 20mL의 메탄올에 포함된 수소 원자의 총수이다.
주의할 조건: 메탄올은 CH_3OH이므로 분자 1개당 수소 원자는 4개이다.

사용할 공식

질량은 밀도 × 부피로 구하고, 몰수는 질량 / 몰질량으로 구한다. 입자 수는 몰수 × N_A이며, 수소 원자 수는 메탄올 분자 수에 4를 곱해 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 부피와 밀도가 주어졌으므로 먼저 질량을 구할 수 있고, 몰질량이 주어졌으므로 이를 몰수로 바꾼 뒤 아보가드로 수를 이용해 분자 수와 원자 수를 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 메탄올의 질량은 0.8g/mL × 20mL = 16g이다.
2. 메탄올의 몰수는 16g/32g/mol = 0.5mol이다.
3. 메탄올 분자 수는 $0.5 \times 6.02 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{23}$개이다.
4. 수소 원자 수는 $3.01 \times 10^{23} \times 4 = 1.204 \times 10^{24}$개이다.
5. 결과를 소수점 셋째 자리에서 반올림하면 1.20×10^{24}개이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 6.02×10^{23}은 메탄올 1 mol에 해당하는 분자 수와 비슷한 값으로, 이 문제의 조건인 0.5 mol과 분자당 수소 4개를 모두 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현은 수소 원자 수를 분자 수처럼 본 점이며, 올바르게는 1.20×10^{24}개이다.
② O: 계산 결과 수소 원자 수는 1.204×10^{24}개이고, 이를 소수점 셋째 자리에서 반올림하면 1.20×10^{24}가 된다.
③ X: 2.41×10^{24}는 정답의 2배에 해당하는 값으로, 수소 원자 수를 구하는 과정에서 0.5 mol을 1 mol처럼 처리했거나 반올림 전 숫자를 잘못 두 배로 잡은 경우에 나오는 오답이다. 틀린 표현은 메탄올의 실제 몰수를 과대평가한 점이며, 올바르게는 0.5 mol의 메탄올에서 나온 1.20×10^{24}개이다.
④ X: 4.82×10^{24}는 정답의 4배에 해당하는 값으로, 수소 원자 4개를 한 번 더 중복해서 곱하거나 질량과 몰수 계산을 모두 과대평가한 경우에 생기는 값이다. 틀린 표현은 수소 원자 수를 중복 계산한 점이며, 올바르게는 1.20×10^{24}개이다.

오답 포인트

메탄올의 분자 수와 수소 원자 수를 구분하지 않으면 ①처럼 작게 계산하기 쉽다. 또 CH_3OH의 수소가 4개라는 점을 두 번 반영하거나, 0.5 mol을 1 mol로 착각하면 ③, ④ 같은 큰 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

부피와 밀도가 주어지면 질량부터 구하고, 질량을 몰수로 바꾼 뒤 아보가드로 수를 곱해 분자 수를 구한다.
마지막에는 분자식에서 해당 원자의 개수를 확인해 원자 수로 변환하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

부피 → 질량 → 몰수 → 분자 수 → 원자 수의 순서로 계산하면 계산형 화학 문항의 실수를 줄일 수 있다.

NoteBase

문 11. Ag_2CrO_4**의 용해도가 가장 높은 경우는?**

① 0.5M $AgCl$ 수용액에 녹이는 경우

② 0.3M $AgCl$ 수용액에 녹이는 경우

③ 0.3M $AgNO_3$ 수용액에 녹이는 경우

④ 순수한 물(deionized water, DI water)에 녹이는 경우

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 난용성 염의 용해도가 공통 이온 효과에 따라 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

Ag2CrO4는 $Ag_2CrO_4(s) \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{2-}$로 녹는다. 이때 $K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$가 일정하므로 용액에 Ag^+가 미리 많을수록 평형이 왼쪽으로 이동해 용해도는 작아진다. 순수한 물은 공통 이온인 Ag^+가 없어 용해도가 가장 크다.

한 가지 유의할 점은 AgCl 자체가 극난용성 염($K_{sp} \approx 1.8 \times 10^{-10}$)이라는 것이다. 실제로 AgCl은 물에 거의 녹지 않아 포화 용액에서도 $[Ag^+]$는 약 1.3×10^{-5}M에 그치므로, "0.5M AgCl 수용액"이나 "0.3M AgCl 수용액"이라는 표현은 그 농도만큼 Ag^+가 실제로 존재한다는 뜻으로는 성립하기 어렵다. 따라서 ①·②는 Ag^+를 포함한 공통 이온 용액을 이상적으로 가정한 비교 선택지로 이해하면 되고, 어느 경우든 Ag^+가 조금이라도 들어 있으면 순수한 물보다 Ag2CrO4가 더 잘 녹을 수는 없다.

NoteBase

선지별 해설

① X

AgCl은 극난용성 염($K_{sp} \approx 1.8 \times 10^{-10}$)이어서 0.5M AgCl 수용액은 실제로 만들 수 없고, 포화 상태여도 녹아 있는 Ag^{+}는 약 1.3×10^{-5}M에 불과하다. 이 선택지는 문항 의도상 Ag^{+}를 포함한 이상적인 공통 이온 용액으로 보아 비교하는 것으로, 공통 이온 Ag^{+}가 존재하면 Ag2CrO4의 용해 평형이 왼쪽으로 밀려 용해도가 순수한 물보다 커질 수 없다. 특히 명목 농도 0.5M로 Ag^{+}가 가장 많다고 보면 억제가 가장 강해 용해도가 가장 낮은 축에 든다. 따라서 용해도가 가장 높은 경우가 아니다.

② X

0.3M AgCl 수용액 역시 AgCl의 극난용성 때문에 실제 Ag^{+} 농도는 포화 한계인 약 1.3×10^{-5}M 수준으로 ①과 사실상 같다. 문항 의도대로 명목 농도만큼 Ag^{+}가 있다고 가정하더라도, 0.3M은 0.5M(①)보다는 Ag^{+}가 적어 억제 정도가 ①보다는 약하지만(즉 용해도는 ①보다는 크지만), 공통 이온이 전혀 없는 순수한 물보다는 여전히 용해도가 작다. 따라서 이 경우도 용해도가 가장 높은 경우가 아니다.

③ X

0.3M AgNO3 수용액은 Ag^{+}를 직접 공급하는 대표적인 공통 이온 용액이다. 따라서 K_{sp}를 만족시키기 위해 Ag2CrO4의 추가 용해가 강하게 억제된다. 올바르게는 Ag^{+}가 들어 있지 않은 순수한 물에서 더 잘 녹는다.

④ O

순수한 물에는 공통 이온인 Ag^{+}가 없으므로 Ag2CrO4의 용해를 막는 요인이 가장 작다. 따라서 네 경우 중 용해도가 가장 크다.

오답 포인트

염의 이름에 들어 있는 다른 이온인 Cl^{-}만 보고 판단하면 흔들리기 쉽다. 이 문항의 핵심은 어떤 음이온이 함께 있느냐가 아니라 Ag2CrO4의 평형에 직접 들어가는 공통 이온 Ag^{+}의 존재 여부와 그 농도이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 용해 평형식을 쓴 뒤 그 평형식에 그대로 들어가는 공통 이온이 용액에 미리 있는지를 본다. 공통 이온이 있으면 용해도는 감소하고, 없으면 상대적으로 가장 크게 유지된다.

암기 포인트

난용성 염은 공통 이온이 있으면 덜 녹고, 공통 이온이 없으면 가장 잘 녹는다.

NoteBase

문 12. 반응식 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$에 따라 A, B, C가 평형 I에 도달해 있고, 이때 반응물의 농도는 A 4.0M, B 1.0M, C 4.0M이다. 평형 I에 B 3.0M을 첨가하여 새롭게 도달한 평형 II에서 C의 농도[M]는? (단, 전체 과정에서 온도와 부피는 일정하다.)

① 4.8

② 6.0

③ 7.2

④ 8.4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 온도와 부피가 일정할 때 평형상수 K_c가 변하지 않는다는 점과, 농도 변화량을 반응식 계수비 1 : 1 : 2로 두어 새 평형 농도를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 평형 I에서 농도는 A 4.0 M, B 1.0 M, C 4.0 M이다.
- 반응식은 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$이다.
- 평형 I에 B를 3.0 M 더 넣으면 추가 직후 농도는 A 4.0 M, B 4.0 M, C 4.0 M이다.
- 온도와 부피가 일정하므로 K_c는 평형 I와 평형 II에서 같다.

사용할 공식

$$K_c = \frac{[C]^2}{[A][B]}$$

이 공식을 쓰는 이유는 기체 반응 $A + B \rightleftharpoons 2C$의 평형상수를 농도로 나타내면 위 식이 되고, 온도가 일정하면 평형이 이동해도 K_c 값 자체는 바뀌지 않기 때문이다.

계산 과정

1. 평형 I에서 평형상수를 구하면 $K_c = \frac{4.0^2}{4.0 \times 1.0} = 4$이다.
2. B를 넣은 직후에는 A 4.0 M, B 4.0 M, C 4.0 M이므로 반응은 정반응 쪽으로 진행한다.
3. 새 평형까지 정반응이 x만큼 진행하면 농도는 $[A] = 4 - x$, $[B] = 4 - x$, $[C] = 4 + 2x$이다.
4. 이를 $K_c = 4$에 대입하면 $\frac{(4 + 2x)^2}{(4 - x)^2} = 4$이다.
5. 양변의 양의 제곱근을 취하면 $\frac{4 + 2x}{4 - x} = 2$이고, $4 + 2x = 8 - 2x$이므로 $x = 1$이다.
6. 따라서 평형 II에서 $[C] = 4 + 2x = 6.0$M이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 4.8 M이라면 $4+2x=4.8$이므로 $x=0.4$이고, 이때 $[A]=[B]=3.6$M이다.
- 검산하면 $K_c=\frac{4.8^2}{3.6\times3.6}=\frac{23.04}{12.96}\approx1.78$로 4가 아니다.
- 틀린 값은 4.8 M이고, 올바르게는 6.0 M이다.

② O
- 6.0 M이라면 $4+2x=6.0$이므로 $x=1.0$이고, 이때 $[A]=[B]=3.0$M이다.
- 검산하면 $K_c=\frac{6.0^2}{3.0\times3.0}=\frac{36}{9}=4$로 평형 I의 값과 일치한다.
- 따라서 새 평형에서 C의 농도는 6.0 M이 맞다.

③ X
- 7.2 M이라면 $4+2x=7.2$이므로 $x=1.6$이고, 이때 $[A]=[B]=2.4$M이다.
- 검산하면 $K_c=\frac{7.2^2}{2.4\times2.4}=\frac{51.84}{5.76}=9$로 4가 아니다.
- 틀린 값은 7.2 M이고, 올바르게는 6.0 M이다.

④ X
- 8.4 M이라면 $4+2x=8.4$이므로 $x=2.2$이고, 이때 $[A]=[B]=1.8$M이다.
- 검산하면 $K_c=\frac{8.4^2}{1.8\times1.8}=\frac{70.56}{3.24}\approx21.78$로 4가 아니다.
- 틀린 값은 8.4 M이고, 올바르게는 6.0 M이다.

오답 포인트

B를 3.0 M 넣었다고 해서 C가 바로 3.0 M 증가한다고 보면 틀린다. 먼저 추가 직후 상태와 새 평형 상태를 구분해야 하고, 반응 진행량을 x로 두면 C의 증가는 계수 2 때문에 $+2x$가 된다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

농도 변화 뒤 새 평형을 묻는 문제는 기존 평형에서 먼저 K_c를 구하고, 물질을 넣은 직후 농도를 다시 쓴 다음, 반응식 계수비대로 변화량 x를 두어 같은 K_c를 만족시키면 된다.

암기 포인트

온도 일정 평형이동은 K_c 불변이고, $A+B\rightleftharpoons2C$에서 진행량 x이면 변화량은 A $-x$, B $-x$, C $+2x$이다.

NoteBase

문 13. <보기>는 한 종류의 반응물 (A)만이 관여하는 반응의 속도 법칙이다. 이 반응에서 직선 관계를 보이는 그래프는? (단, k는 속도 상수이다.)

<보기>

속도 = $k[A]^2$

① 반응 시간 t에 대한 $[A]_t$의 그래프

② 반응 시간 t에 대한 $1/[A]_t$의 그래프

③ 반응 시간 t에 대한 $\log[A]_t$의 그래프

④ 반응 시간 t에 대한 $\ln[A]_t$의 그래프

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 속도식이 rate = $k[A]^2$인 2차 반응의 적분 속도식을 이용해 시간 t와 직선 관계를 이루는 표현을 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 속도식이 rate = $k[A]^2$라는 점이다.
이는 반응물 A에 대한 2차 반응이라는 뜻이다.
구해야 할 것은 시간 t에 대해 직선이 되는 농도 표현이다.

사용할 공식

2차 반응 $A \rightarrow$ 생성물의 적분 속도식은 $\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 속도식이 $k[A]^2$ 꼴이면 농도 자체나 로그가 아니라 역농도 $1/[A]_t$가 시간에 대해 1차식으로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 속도식 rate = $k[A]^2$에서 반응 차수는 2차이다.
2. 2차 반응의 적분형은 $\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$ 이다.
3. 따라서 $\frac{1}{[A]_t}$를 세로축, t를 가로축으로 두면 기울기 k, 절편 $\frac{1}{[A]_0}$인 직선이 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $[A]_t$ 대 t 그래프는 2차 반응에서 직선이 아니다. 농도는 시간에 따라 곡선적으로 감소한다. 틀린 표현은 "$[A]_t$가 직선 관계"라는 부분이며, 올바르게는 0차 반응일 때 $[A]_t = [A]_0 - kt$가 되어 $[A]_t$ 대 t가 직선이다.
② O: $\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$ 이므로 $\frac{1}{[A]_t}$와 t는 직선 관계를 이룬다. 2차 반응의 대표적인 직선화 형태이다.
③ X: $\log[A]_t$ 대 t가 직선이 되는 것은 1차 반응의 상용로그 형태이다. 틀린 표현은 "2차 반응에서 $\log[A]_t$가 직선"이라는 부분이며, 올바르게는 1차 반응일 때 $\log[A]_t = \log[A]_0 - \frac{k}{2.303}t$가 된다.
④ X: $\ln[A]_t$ 대 t가 직선이 되는 것도 1차 반응이다. 틀린 표현은 "2차 반응에서 $\ln[A]_t$가 직선"이라는 부분이며, 올바르게는 1차 반응일 때 $\ln[A]_t = \ln[A]_0 - kt$가 된다.

오답 포인트

1차 반응의 직선식인 $\ln[A]_t$ 또는 $\log[A]_t$와 2차 반응의 직선식인 $1/[A]_t$를 서로 뒤섞기 쉽다. 특히 ③, ④는 로그가 들어가 있어 익숙해 보이지만, 이 문항의 핵심은 "속도식의 차수에 따라 직선이 되는 농도 표현이 달라진다"는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

속도식에서 차수를 먼저 확인한 뒤 그 차수의 적분 속도식을 바로 대응시키면 된다. 0차는 $[A]$ 대 t, 1차는 $\ln[A]$ 또는 $\log[A]$ 대 t, 2차는 $1/[A]$ 대 t가 직선이라는 기준으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

직선화 암기는 0차 $[A]$, 1차 $\ln[A]$, 2차 $1/[A]$ 순서이다.

NoteBase

문 14. 산성 수용액에서 H_2O_2와 Fe^{2+}의 산화-환원 반응이 일어나 H_2O와 Fe^{3+}이 생성되는 과정에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① H_2O_2 1몰이 반응할 때 Fe^{3+} 2몰이 생성된다.

② H_2O_2 1몰이 반응할 때 전자 1몰이 이동한다.

③ O의 산화수는 2만큼 낮아진다.

④ 반응의 진행과 함께 수용액의 pH가 낮아진다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 산성 수용액에서 과산화수소가 환원될 때의 전자 수, 철 이온의 몰비, 수소 이온 소모를 반쪽 반응으로 연결할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 반응은 산성 수용액에서 H_2O_2와 Fe^{2+}가 반응하여 H_2O와 Fe^{3+}를 만드는 산화-환원 반응이다.
Fe^{2+}는 Fe^{3+}로 산화되므로 전자를 1개 잃는다.
H_2O_2의 O는 산화수 -1에서 H_2O의 -2로 변하므로 환원된다.

사용할 공식

산화 반쪽 반응은 $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$이다.
환원 반쪽 반응은 $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$이다.
이를 합치면 전체 반응은 $H_2O_2 + 2H^+ + 2Fe^{2+} \rightarrow 2H_2O + 2Fe^{3+}$이다.
이 반응식을 쓰는 이유는 각 선지가 묻는 몰수, 전자 이동 수, 산화수 변화, pH 변화를 한 번에 확인할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$에서는 철 1몰당 전자 1몰이 나온다.
2. H_2O_2가 H_2O로 환원되려면 전자 2몰이 필요하므로 Fe^{2+} 2몰이 함께 산화된다.
3. 따라서 H_2O_2 1몰이 반응하면 Fe^{3+} 2몰이 생성되고, 전자 이동 수는 2몰이며, H^+ 2몰이 소모되어 pH는 올라간다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 전체 반응식에서 H_2O_2 1몰과 함께 Fe^{2+} 2몰이 Fe^{3+} 2몰로 바뀌므로 옳다.
2번 X: H_2O_2 1몰이 환원될 때 필요한 전자는 2몰이다. 틀린 표현은 '전자 1몰'이고, 올바르게는 '전자 2몰이 이동한다'이다.
3번 X: H_2O_2의 각 O 원자의 산화수는 -1에서 -2로 1만큼 낮아진다. 틀린 표현은 '2만큼 낮아진다'이고, 올바르게는 '각 O의 산화수는 1만큼 낮아진다'이다.
4번 X: 환원 반쪽 반응에서 H^+가 반응물로 소모되므로 용액의 산성도는 약해지고 pH는 높아진다. 틀린 표현은 'pH가 낮아진다'이고, 올바르게는 'pH가 높아진다'이다.

오답 포인트

③에서 O의 산화수 변화를 분자 전체 기준으로 뭉뚱그려 2만큼 낮아진다고 보기 쉽고, ④에서는 산성 용액이라는 말 때문에 H^+가 소모된다는 점을 놓치기 쉽다. ②도 Fe^{2+} 한 개가 전자 1개를 잃는다는 사실만 보고 전체 전자 수를 1몰로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

산화-환원 선지는 반쪽 반응을 먼저 쓰고, 그다음 전자 수를 맞춘 뒤 몰비와 H^+ 또는 OH^-의 소모 여부까지 함께 본다.

암기 포인트

산성 용액에서 H_2O_2가 H_2O로 환원되면 $2e^-$와 $2H^+$를 받아들이고, Fe^{2+}는 1개당 전자 1개를 잃어 Fe^{3+}가 된다.

NoteBase

문 15. 갈바니 전지의 표시법으로 가장 옳은 것은?

① $Mg(s) \mid Mg^{2+}(aq) \parallel Al^{3+}(aq) \mid Al(s)$

② $Fe(s) \mid Fe^{2+}(aq) \parallel MnO_4^-(aq) \mid Mn^{2+}(aq) \mid Pt(s)$

③ $Cu(s) \mid Cu^{2+}(aq) \parallel Zn^{2+}(aq) \mid Zn(s)$

④ $Fe^{2+}(aq),\ Fe^{3+}(aq) \parallel Ag^{+}(aq) \mid Ag(s)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 갈바니 전지의 표시법에서 산화극·환원극의 좌우 배치, 같은 상과 다른 상의 구분, 불활성 전극의 필요 여부를 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

갈바니 전지는 왼쪽에 산화극, 오른쪽에 환원극을 적는다.
서로 다른 상의 경계는 |, 소금다리는 ||, 같은 상에 있는 여러 화학종은 쉼표로 적는다.
반쪽 전지에 전자를 주고받을 고체 전극이 없으면 Pt(s) 같은 불활성 전극을 함께 적는다.

선지별 해설

① O
Mg(s) | Mg2+(aq) || Al3+(aq) | Al(s)는 갈바니 전지 표기 원칙에 맞는다. Mg가 Al보다 산화되기 쉬워 왼쪽 산화극이 되고, Al3+가 오른쪽에서 환원된다.

② X
틀린 부분은 MnO4-(aq) | Mn2+(aq)처럼 같은 수용액상 화학종을 막대선으로 나눈 점이다. 같은 상의 종은 쉼표로 적어야 하므로 MnO4-(aq), Mn2+(aq)처럼 써야 한다. 또한 이 반쪽 전지는 산성 용액의 H+와 불활성 전극 Pt(s)를 함께 적는 형태가 맞다.

③ X
틀린 부분은 산화극과 환원극의 좌우 배치이다. 갈바니 전지에서는 Zn가 산화되고 Cu2+가 환원되므로 Zn(s) | Zn2+(aq) || Cu2+(aq) | Cu(s)로 적어야 한다.

④ X
틀린 부분은 왼쪽 반쪽 전지에 고체 전극이 빠진 점이다. Fe2+와 Fe3+는 모두 수용액상 화학종이므로 전자를 주고받을 전극으로 Pt(s)를 써서 Pt(s) | Fe2+(aq), Fe3+(aq)처럼 적어야 한다.

NoteBase

오답 포인트

②는 같은 상의 종도 모두 막대선으로 구분한다고 오해하면 틀리기 쉽고, ③은 자주 외우는 `Zn-Cu` 전지를 거꾸로 배치한 함정이다. ④는 산화수 변화만 보고 맞다고 생각하기 쉽지만, 수용액상 산화·환원쌍만 있을 때는 반드시 불활성 전극이 필요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

갈바니 전지 표기는 왼쪽이 산화극인지 먼저 본다. 그다음 같은 상이면 쉼표, 다른 상이면 |를 쓰는지 확인한다. 마지막으로 금속 전극이 직접 반응에 없으면 Pt(s) 같은 불활성 전극이 적혀 있는지 확인하면 된다.

암기 포인트

|는 상 경계, ||는 소금다리, 쉼표는 같은 상이며, 고체 전극이 없으면 Pt(s)를 적는 표기가 된다.

NoteBase

문 16. 일양성자산인 프로피온산(propionic acid)의 2/3가 해리되는 pH는? (단, 프로피온산의 $pK_a = 4.9$이고, $\log 2 = 0.30$, $\log 3 = 0.48$이다.)

① 4.7

② 4.9

③ 5.2

④ 5.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 약산의 해리도와 헨더슨-하셀바흐 식을 이용해 pH를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 프로피온산의 $pK_a = 4.9$, 해리도 $\alpha = \frac{2}{3}$이다.
구해야 할 값: 용액의 pH이다.
주의할 조건: 일양성자산이므로 해리된 비율이 곧 $[A^-]$의 비율이고, 남은 $\frac{1}{3}$이 $[HA]$의 비율이다.

사용할 공식

$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$
이 공식을 쓰는 이유: 약산이 일부 해리된 상태에서는 해리된 산의 짝염기 $[A^-]$와 미해리 산 $[HA]$의 비로 pH를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 해리도 $\alpha = \frac{2}{3}$이므로 $[A^-] : [HA] = \frac{2}{3} : \frac{1}{3} = 2 : 1$이다.
2. 따라서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 2$이다.
3. 식에 대입하면 $pH = 4.9 + \log 2 = 4.9 + 0.30 = 5.2$이다.

선지별 해설

① X: 4.7은 $4.9 - 0.2$ 수준의 값으로, 해리된 양보다 미해리 산이 많다고 거꾸로 두거나 비를 잘못 잡았을 때 나오는 값이다. 이 문항에서는 $[A^-]/[HA] = 2$이므로 pH는 4.7이 아니라 5.2이다.
② X: 4.9는 $[A^-] = [HA]$인 반해리점에서의 값이다. 이 문항은 해리도가 $\frac{2}{3}$이어서 $[A^-]$가 $[HA]$보다 두 배 많으므로 pH는 4.9가 아니라 5.2이다.
③ O: 해리도 $\frac{2}{3}$이면 $[A^-]/[HA] = 2$이므로 $pH = 4.9 + \log 2 = 5.2$가 된다.
④ X: 5.5는 $\log 3$을 잘못 더하거나 해리도 $\frac{2}{3}$ 자체를 그대로 로그에 넣지 않고 다른 수치로 바꿔 계산할 때 나오는 오답이다. 올바른 비는 3이 아니라 2이므로 값은 5.5가 아니라 5.2이다.

NoteBase

오답 포인트

해리도 α를 그대로 $[A^-]/[HA]$로 착각하면 틀리기 쉽다. $\alpha = \frac{2}{3}$이면 미해리 비율이 $1-\alpha = \frac{1}{3}$이므로 실제 비는 $\frac{\alpha}{1-\alpha} = 2$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

약산의 해리도와 pK_a가 함께 주어지면 먼저 $[A^-]/[HA] = \frac{\alpha}{1-\alpha}$를 만든 뒤 $pH = pK_a + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$에 넣어 판단한다.

암기 포인트

약산의 해리도 문제는 $\frac{\alpha}{1-\alpha}$를 먼저 만든 뒤 pK_a에 로그값을 더하는 구조이다.

NoteBase

문 17. <보기 1>에 주어진 화학반응식 및 표준 엔탈피 변화를 활용하여 계산한 <보기 2> 반응의 표준 엔탈피 변화 (ΔH°) 값[kJ]은? (단, 최종 결과는 소수점 둘째 자리에서 반올림한다.)

<보기 1>

• $3Fe_2O_3(s) + CO(g) \rightarrow 2Fe_3O_4(s) + CO_2(g)$

$\Delta H^\circ = -48.3\text{kJ}$

• $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$

$\Delta H^\circ = -23.4\text{kJ}$

• $Fe_3O_4(s) + CO(g) \rightarrow 3FeO(s) + CO_2(g)$

$\Delta H^\circ = 21.8\text{kJ}$

<보기 2>

$FeO(s) + CO(g) \rightarrow Fe(s) + CO_2(g)$

① -93.5

② -49.9

③ -26.5

④ -10.9

정답 4번

출제 포인트

헤스의 법칙으로 주어진 반응식을 계수 조정하여 $FeO(s) + CO(g) \rightarrow Fe(s) + CO_2(g)$의 ΔH°를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 세 반응의 표준 엔탈피 변화이다.

(1) $3Fe_2O_3(s) + CO(g) \rightarrow 2Fe_3O_4(s) + CO_2(g), \Delta H^\circ = -48.3kJ$

(2) $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g), \Delta H^\circ = -23.4kJ$

(3) $Fe_3O_4(s) + CO(g) \rightarrow 3FeO(s) + CO_2(g), \Delta H^\circ = 21.8kJ$

구해야 할 값은 $FeO(s) + CO(g) \rightarrow Fe(s) + CO_2(g)$의 ΔH°이다.

최종값은 소수점 둘째 자리에서 반올림한다.

사용할 공식

헤스의 법칙을 쓴다.

$\Delta H^\circ_{\text{overall}} = \sum n_i \Delta H_i^\circ$

반응식을 적절히 배수하거나 나눈 뒤 더하면 목표 반응식을 만들 수 있고, 엔탈피 변화도 같은 배수로 더해진다.

NoteBase

계산 과정

식 (1)을 $\frac{1}{3}$배 하면

$Fe_2O_3 + \frac{1}{3}CO \rightarrow \frac{2}{3}Fe_3O_4 + \frac{1}{3}CO_2$

$\Delta H^\circ = -16.1kJ$

식 (3)을 $\frac{2}{3}$배 하면

$\frac{2}{3}Fe_3O_4 + \frac{2}{3}CO \rightarrow 2FeO + \frac{2}{3}CO_2$

$\Delta H^\circ = 14.53kJ$

구하는 반응의 엔탈피를 x라 두고 반응식을 2배 하면

$2FeO + 2CO \rightarrow 2Fe + 2CO_2$

$\Delta H^\circ = 2x$

이 세 식을 더하면 식 (2)와 같아진다.

$-16.1 + 14.53 + 2x = -23.4$

$2x = -21.83$

$x = -10.916\cdots \approx -10.9kJ$

따라서 구하는 ΔH°는 $-10.9kJ$이다.

선지별 해설

① X: $-93.5kJ$는 주어진 세 ΔH° 값을 계수 조정 없이 부호까지 잘못 처리하여 단순 합산할 때 나오는 값이다. 목표 반응은 식 (1)을 $\frac{1}{3}$배, 식 (3)을 $\frac{2}{3}$배 해야 하므로 틀린 값 $-93.5kJ$ 대신 올바른 값은 $-10.9kJ$이다.

② X: $-49.9kJ$는 $-48.3 - 23.4 + 21.8$처럼 세 식을 한 번씩만 조합한 오답이다. 식의 계수를 맞추지 않으면 목표 반응식이 만들어지지 않으므로 틀린 값 $-49.9kJ$ 대신 올바른 값은 $-10.9kJ$이다.

③ X: $-26.5kJ$는 $-48.3 + 21.8$처럼 식 (1)과 식 (3)만 보고 계산한 값으로, $Fe(s)$가 들어 있는 식 (2)를 이용한 연결이 빠져 있다. 틀린 값 $-26.5kJ$ 대신 올바른 값은 $-10.9kJ$이다.

④ O: 헤스의 법칙으로 정리하면 $x = -10.916\cdots kJ$가 나오고, 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 $-10.9kJ$가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 반응식의 배수를 먼저 맞추지 않고 ΔH° 값만 숫자로 더하거나 빼는 데 있다. 특히 식 (1)의 $\frac{1}{3}$, 식 (3)의 $\frac{2}{3}$, 마지막에 $2x$를 다시 2로 나누는 단계를 놓치면 오답으로 바로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 반응열 문제는 목표 반응식을 먼저 배수 조정된 주어진 식들의 합으로 만든 뒤, 같은 배수를 엔탈피 변화에도 적용해 식을 세우면 된다. 반응식이 정확히 일치하는지 확인한 다음 마지막에 반올림을 적용하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

헤스의 법칙은 반응식의 배수만큼 ΔH °도 함께 배수된다는 점과, 구하는 반응을 x로 두었으면 최종 식에서 남는 계수까지 끝까지 정리해야 한다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 18. C_6H_{14}**의 이성질체가 아닌 것은?**

① 3-에틸펜테인

② n-헥세인

③ 2,3-다이메틸부테인

④ 2-메틸펜테인

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 탄화수소의 분자식과 IUPAC 명칭에서 탄소 수를 정확히 세어 같은 분자식의 구조 이성질체인지 판단할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

구조 이성질체는 분자식은 같고 결합 방식이 다른 화합물이다.
헥세인은 탄소 수가 6개인 알케인으로 분자식이 C6H14이다.
치환 명명에서는 주사슬 탄소 수와 치환기 탄소 수를 합해 전체 탄소 수를 판단한다.

선지별 해설

1번: X. 3-에틸펜테인은 주사슬 펜테인 5개 탄소에 에틸기 2개 탄소가 붙은 형태이므로 전체 탄소 수가 7개이다. 따라서 분자식은 C7H16에 해당하며 C6H14의 이성질체가 아니다. 틀린 표현은 '3-에틸펜테인'이고, C6H14의 이성질체로 보려면 3-메틸펜테인처럼 전체 탄소 수가 6개여야 한다.
2번: O. n-헥세인은 직쇄형 헥세인으로 탄소 수가 6개인 알케인이므로 분자식이 C6H14이다.
3번: O. 2,3-다이메틸부테인은 부테인 4개 탄소에 메틸기 2개가 붙어 전체 탄소 수가 6개이므로 C6H14의 이성질체이다.
4번: O. 2-메틸펜테인은 펜테인 5개 탄소에 메틸기 1개가 붙어 전체 탄소 수가 6개이므로 C6H14의 이성질체이다.

오답 포인트

에틸, 메틸 같은 치환기 이름만 보고 가지 친 구조라는 이유로 모두 같은 분자식이라고 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 1번의 '에틸'이 탄소를 2개 늘린다는 점을 놓치게 하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

알케인 이성질체 문제는 이름을 보자마자 주사슬 탄소 수와 치환기 탄소 수를 먼저 합산해 전체 탄소 수를 확인한 뒤, 그 합이 목표 분자식과 같은지 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

헥세인 이성질체는 전체 탄소 수가 반드시 6개이다. 펜테인+에틸은 7개, 펜테인+메틸은 6개이다.

NoteBase

문 19. 정팔면체(octahedral) 구조의 착물(complex)에 결정장 모델(crystal field model) 적용 시 중심 금속이 가진 d오비탈 중 가장 높은 에너지 준위를 갖는 오비탈은?

① d_{xy}

② d_{yz}

③ d_{z^2}

④ 전부 동일하다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 정팔면체 결정장에서 d 오비탈이 t_{2g}와 e_g로 분리될 때 어느 오비탈이 더 높은 에너지 준위에 놓이는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

정팔면체 결정장에서는 축 방향 리간드와 정면으로 더 크게 겹치는 d_{z^2}, $d_{x^2-y^2}$가 e_g로서 높은 에너지 준위가 된다.
반대로 축 사이 방향을 향하는 d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}는 t_{2g}로서 더 낮은 에너지 준위가 된다.
즉 정팔면체에서는 t_{2g}가 낮고 e_g가 높다는 구분이 핵심이다.

선지별 해설

① X
d_{xy}는 t_{2g} 오비탈이므로 높은 준위가 아니라 낮은 준위에 속한다.
틀린 부분은 가장 높은 에너지 준위로 본 점이다. 올바르게는 d_{xy}는 정팔면체장에서 낮은 t_{2g} 준위이다.

② X
d_{yz}도 t_{2g} 오비탈이므로 높은 준위가 아니다.
틀린 부분은 d_{yz}를 최고 에너지 준위로 본 점이다. 올바르게는 d_{yz}는 d_{xy}, d_{xz}와 함께 낮은 t_{2g} 준위에 속한다.

③ O
d_{z^2}는 축 방향 리간드와의 반발이 커서 높은 e_g 준위에 속한다.
실제로 높은 준위는 d_{z^2}와 $d_{x^2-y^2}$가 함께 이루지만, 제시된 보기 중 높은 준위에 해당하는 것은 ③이다.

④ X
정팔면체 결정장에서는 다섯 d 오비탈의 에너지가 전부 동일하지 않고 t_{2g}와 e_g로 분리된다.
틀린 부분은 전부 동일하다고 한 점이다. 올바르게는 d 오비탈은 낮은 t_{2g} 3개와 높은 e_g 2개로 갈라진다.

NoteBase

오답 포인트

정팔면체장에서 d 오비탈이 둘로 갈라진다는 사실은 기억하면서도, 어느 쪽이 높은지 반대로 외우는 경우가 많다. 특히 d_{xy}, d_{yz}처럼 이름만 보고 고르거나, ④처럼 결정장 분열 자체를 놓치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

정팔면체에서는 리간드가 축 방향에서 접근하므로 축을 직접 향하는 오비탈이 높은 에너지라고 판단한다. 따라서 d_{z^2}, $d_{x^2-y^2}$는 e_g로 높고, 그 밖의 d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}는 t_{2g}로 낮다고 정리하면 된다.

암기 포인트

정팔면체는 t_{2g} 낮고 e_g 높다. 축을 정면으로 보는 d_{z^2}, $d_{x^2-y^2}$가 높은 준위이다.

NoteBase

문 20. <보기>는 물질 X의 물리적 상태에 따른 표준 생성열(ΔH_f°)과 표준 몰 엔트로피(ΔS°)를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, 기압은 1atm이다.)

<보기>

물질	ΔH_f° [kJ/mol]	ΔS° [J/mol · K]
X(l)	48	170
X(g)	83	270

① X의 표준 기화열은 −35kJ/mol이다.

② X의 끓는점은 400K보다 높다.

③ X의 끓는점에서 X가 기화할 때, 주위의 엔트로피는 감소한다.

④ X의 끓는점에서 X가 기화할 때, 우주의 엔트로피는 증가한다.

정답 3번

출제 포인트

액체와 기체의 표준 생성열과 표준 몰 엔트로피 차이로 ΔH_{vap}, ΔS_{vap}, 표준 끓는점을 구한 뒤 계와 주위의 엔트로피 변화를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 X(l)의 $\Delta H_f^\circ = 48kJ/mol$, $\Delta S^\circ = 170J/(mol \cdot K)$와 X(g)의 $\Delta H_f^\circ = 83kJ/mol$, $\Delta S^\circ = 270J/(mol \cdot K)$이다.
구해야 할 값은 표준 기화열, 기화 엔트로피, 표준 끓는점과 끓는점에서의 엔트로피 변화 방향이다.
기압이 1 atm이므로 끓는점은 표준 끓는점으로 본다.

NoteBase

사용할 공식

기화 과정 X(l) → X(g)에 대해

$\Delta H_{vap} = \Delta H_f^\circ(\mathrm{g}) - \Delta H_f^\circ(\mathrm{l})$

$\Delta S_{vap} = \Delta S^\circ(\mathrm{g}) - \Delta S^\circ(\mathrm{l})$

끓는점에서는 액체와 기체가 평형이므로

$\Delta G_{vap} = \Delta H_{vap} - T\Delta S_{vap} = 0$

따라서

$T_b = \frac{\Delta H_{vap}}{\Delta S_{vap}}$

을 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유는 끓는점에서 액체와 기체의 상변화가 가역 평형 상태가 되어 자유에너지 변화가 0이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 표준 기화열은

$\Delta H_{vap} = 83 - 48 = 35 kJ/mol$

이다.

2. 기화 엔트로피는

$\Delta S_{vap} = 270 - 170 = 100 J/(mol \cdot K) = 0.100 kJ/(mol \cdot K)$

이다.

3. 표준 끓는점은

$T_b = \frac{35 kJ/mol}{0.100 kJ/(mol \cdot K)} = 350 K$

이다.

4. 끓는점에서 계의 엔트로피 변화는 $+100 J/(mol \cdot K)$이고, 주위의 엔트로피 변화는

$\Delta S_{surr} = \frac{-\Delta H_{vap}}{T_b} = \frac{-35000 J/mol}{350 K} = -100 J/(mol \cdot K)$

이다. 따라서 우주의 엔트로피 변화는 0이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
표준 기화열은 기체의 생성열에서 액체의 생성열을 뺀 값이므로 $+35kJ/mol$이다. 제시문은 부호를 반대로 써서 틀렸다.
틀린 표현은 '-35kJ/mol'이다. 올바르게는 '+35kJ/mol'이다.

② X
계산한 표준 끓는점은 $350K$이므로 400 K보다 높지 않다.
틀린 표현은 '400K보다 높다'이다. 올바르게는 '350K이므로 400K보다 낮다'이다.

③ O
끓는점에서 X가 기화하면 계는 열을 흡수해 엔트로피가 증가하지만, 주위는 그만큼 열을 잃어 엔트로피가 감소한다. 계산값도 $\Delta S_{surr} = -100J/(mol \cdot K)$로 음수이다.
따라서 주위의 엔트로피는 감소한다는 설명이 옳다.

④ X
끓는점에서의 기화는 평형에서 일어나는 가역 상변화이므로 $\Delta S_{univ} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr} = 0$이다. 우주의 엔트로피가 증가한다고 볼 수 없다.
틀린 표현은 '우주의 엔트로피는 증가한다'이다. 올바르게는 '우주의 엔트로피 변화는 0이다'이다.

오답 포인트

생성열과 절대 엔트로피를 각각 상태량 차이로 바꿔 기화열과 기화 엔트로피를 구해야 하는데, 여기서 부호를 뒤집거나 J와 kJ 단위를 맞추지 않으면 ①과 ②를 함께 틀리기 쉽다. 또한 끓는점에서는 계의 엔트로피만 증가하는 것이 아니라 주위의 엔트로피가 같은 크기만큼 감소하여 ④를 잘못 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

상변화 문제는 먼저 ΔH와 ΔS를 두 상태의 차이로 구하고, 끓는점이나 녹는점처럼 평형 온도를 묻는 경우 $\Delta G = 0$을 적용한다. 그다음 계와 주위의 엔트로피를 따로 계산해 우주 전체의 엔트로피 변화까지 구분하면 된다.

암기 포인트

끓는점에서는 $\Delta G_{vap} = 0$, 따라서 $T_b = \Delta H_{vap}/\Delta S_{vap}$이고 가역 상변화이므로 $\Delta S_{univ} = 0$이다.

NoteBase