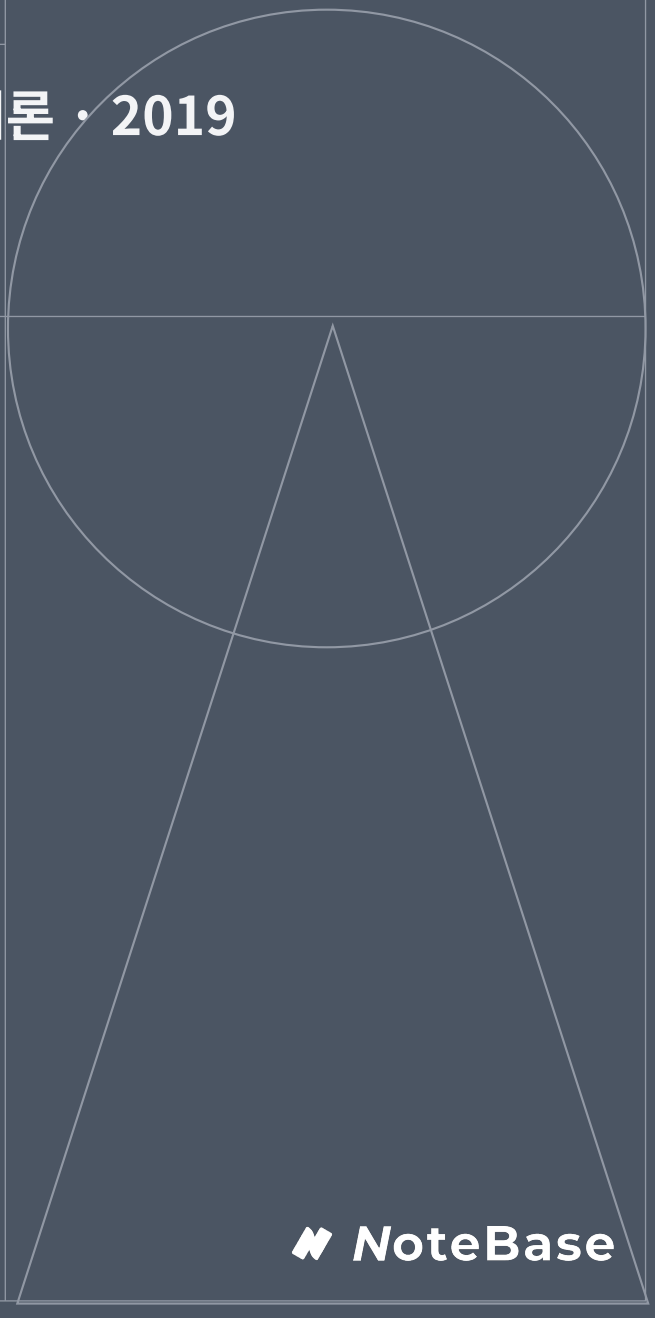
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2019

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2019

문 1. 다음 수용액 중 녹아 있는 용질 입자의 총 개수가 가장 많은 것은? (단, 이온결합 화합물은 모두 완전히 해리된다)

① 20 mL의 2.0 M NaCl

② 0.10 L의 0.80 M C_2H_5OH

③ 50 mL의 0.40 M $FeCl_3$

④ 0.30 L의 0.10 M $CaCl_2$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 몰농도와 부피로 용질의 몰수를 구한 뒤, 전해질의 해리 개수까지 반영하여 용질 입자의 총 개수를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 각 수용액의 부피와 몰농도이다.
구해야 할 값은 각 수용액 속 용질 입자의 총 몰수이다.
주의할 조건은 이온결합 화합물은 완전히 해리되고, 에탄올은 해리되지 않는 비전해질이라는 점이다.

사용할 공식

용질의 몰수는 $n = MV$이다.
용질 입자의 총 몰수는 (용질의 몰수)×(화학식 1개가 만드는 입자 수)이다.
이 공식을 쓰는 이유는 발문이 질량이 아니라 입자의 총 개수를 비교하라고 했기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

① NaCl: $0.020L \times 2.0M = 0.040mol$이고, NaCl은 Na^+와 Cl^-로 2개 입자가 되므로 총 입자는 $0.040 \times 2 = 0.080mol$이다.
② C_2H_5OH: $0.10L \times 0.80M = 0.080mol$이고 해리되지 않으므로 총 입자는 $0.080mol$이다.
③ $FeCl_3$: $0.050L \times 0.40M = 0.020mol$이고, Fe^{3+} 1개와 Cl^- 3개로 4개 입자가 되므로 총 입자는 $0.020 \times 4 = 0.080mol$이다.
④ $CaCl_2$: $0.30L \times 0.10M = 0.030mol$이고, Ca^{2+} 1개와 Cl^- 2개로 3개 입자가 되므로 총 입자는 $0.030 \times 3 = 0.090mol$이다.
따라서 가장 많은 것은 ④이다.

선지별 해설

1번 X: NaCl의 용질 몰수는 $0.040mol$이고 완전 해리 시 입자 수는 2배이므로 총 입자는 $0.080mol$이다. ④의 $0.090mol$보다 작다. 틀린 표현은 '가장 많다'이고, 올바르게는 '총 입자 수가 $0.080mol$이다'이다.
2번 X: 에탄올은 이온으로 해리되지 않으므로 분자 자체가 입자이다. 총 입자는 $0.10 \times 0.80 = 0.080mol$이다. 틀린 표현은 '가장 많다'이고, 올바르게는 '총 입자 수가 $0.080mol$이다'이다.
3번 X: $FeCl_3$의 몰수는 $0.020mol$이지만, 완전 해리되면 4개 입자가 되어 총 입자는 $0.080mol$이다. 입자 수가 많아 보이지만 ④보다 크지 않다. 틀린 표현은 '가장 많다'이고, 올바르게는 '총 입자 수가 $0.080mol$이다'이다.
4번 O: $CaCl_2$의 몰수는 $0.030mol$이고 완전 해리 시 3개 입자가 되므로 총 입자는 $0.090mol$이다. 네 선택지 중 가장 크므로 옳다.

오답 포인트

③이 $FeCl_3$라서 이온 수가 가장 많아 보이지만, 입자 수는 화학식당 이온 개수만이 아니라 전체 몰수까지 함께 곱해서 비교해야 한다. 이 문제에서는 ①, ②, ③이 모두 $0.080mol$로 같고, ④만 $0.090mol$로 더 크다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

입자 수 비교 문제는 먼저 $n = MV$로 용질 몰수를 구하고, 그다음 전해질인지 비전해질인지 판단한 뒤 해리 후 입자 개수를 곱해서 최종 비교한다. 부피는 반드시 L 단위로 맞춘다.

암기 포인트

총 용질 입자 몰수는 MV× 해리 후 입자 수이다.

NoteBase

문 2. 다음 화학 평형에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$

① H_3O^+는 산으로 작용한다.
② CO_3^{2-}는 산으로 작용한다.
③ H_2O의 짝산은 H_3O^+이다.
④ HCO_3^-는 산으로 작용한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 브뢴스테드-로리 산과 염기의 정의, 그리고 짝산·짝염기 관계를 반응식에 적용할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

산은 H^+를 내놓는 종이고 염기는 H^+를 받는 종이다.
HCO_3^-와 CO_3^{2-}는 짝산·짝염기 관계이며, HCO_3^-가 H^+를 주면 CO_3^{2-}가 된다.
H_2O와 H_3O^+도 짝염기·짝산 관계이며, H_2O가 H^+를 받으면 H_3O^+가 된다.

선지별 해설

1번 O: H_3O^+는 H_2O의 짝산이며 H^+를 줄 수 있으므로 산으로 작용한다.
2번 X: 틀린 표현은 "산으로 작용한다"이다. CO_3^{2-}는 HCO_3^-가 H^+를 내놓고 남은 종이므로 짝염기이다.
올바르게는 "CO_3^{2-}는 염기로 작용한다"이다.
3번 O: H_2O가 H^+를 받으면 H_3O^+가 되므로 H_2O의 짝산은 H_3O^+가 맞다.
4번 O: 반응식에서 HCO_3^-는 H_2O에 H^+를 주어 CO_3^{2-}로 바뀌므로 산으로 작용한다.

오답 포인트

CO_3^{2-}와 HCO_3^-의 역할을 외형만 보고 혼동하면 틀리기 쉽다. 이 반응에서는 HCO_3^-가 H^+를 내놓았으므로 산이고, 그 결과 생긴 CO_3^{2-}는 짝염기이다.

다시 나오면 이렇게 판단

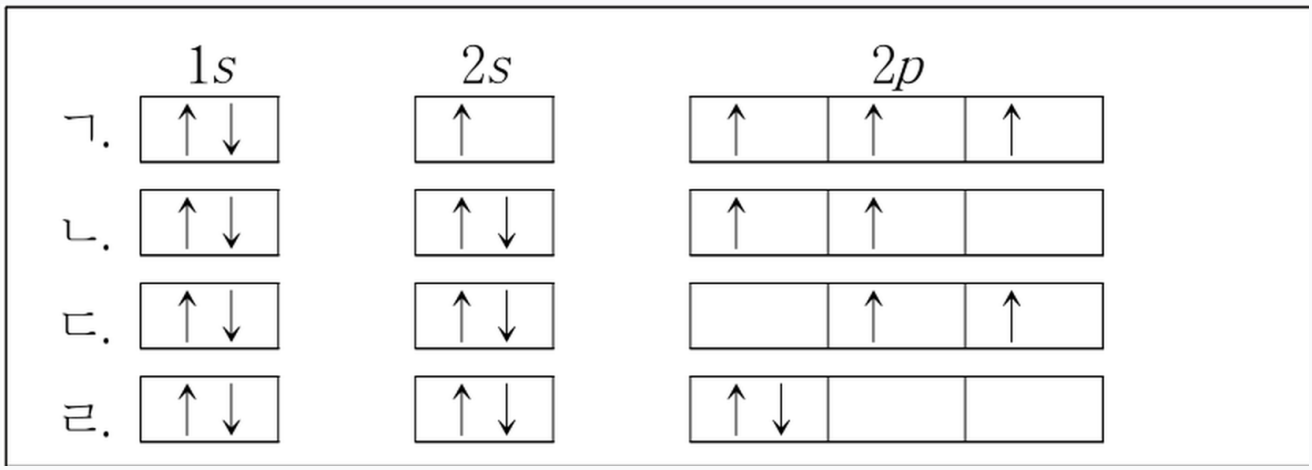
반응식에서 각 종이 H^+를 주는지 받는지부터 본다. H^+를 주면 산, 받으면 염기이고, 산이 H^+를 잃은 뒤의 종은 짝염기, 염기가 H^+를 받은 뒤의 종은 짝산으로 판단한다.

암기 포인트

브뢴스테드-로리 기준은 H^+의 주고받기이며, 산이 H^+를 잃으면 짝염기, 염기가 H^+를 받으면 짝산이 된다.

NoteBase

문 3. 다음 중 중성 탄소(C) 원자의 바닥 상태 전자 배치도로 옳은 것만을 모두 고르면?



① ㄱ

② ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 탄소 원자의 바닥 상태 전자배치를 $1s^2 2s^2 2p^2$로 놓고, 파울리 배타 원리와 훈트 규칙에 맞는 $2p$ 전자 배치만 고를 수 있는지를 묻는다.

선지별 해설

1번: X. ㄱ만 고르면 틀리다. ㄱ은 $1s$에는 전자 2개가 맞지만 $2s$에 전자가 1개만 있고 $2p$에 전자가 3개 들어가 있어 탄소의 바닥 상태 $1s^2 2s^2 2p^2$가 아니다. 올바르게는 ㄱ을 제외하고 ㄴ, ㄷ을 골라야 한다.
2번: X. ㄴ은 맞는 그림이지만 ㄴ만 고르면 틀리다. ㄷ도 $2p$ 전자 2개가 서로 다른 오비탈에 평행 스핀으로 들어 있어 같은 바닥 상태를 나타낸다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ을 함께 골라야 한다.
3번: O. ㄴ, ㄷ은 모두 맞다. 두 그림 모두 $1s$와 $2s$가 각각 전자 2개로 채워져 있고, $2p$ 전자 2개가 서로 다른 $2p$ 오비탈에 하나씩 평행하게 들어가 있어 훈트 규칙에 맞는 바닥 상태이다. $2p$의 세 칸은 같은 에너지이므로 어느 두 칸에 들어가도 같은 전자배치로 본다.
4번: X. ㄴ, ㄷ은 맞지만 ㄹ이 틀리므로 전체 선지는 틀리다. ㄹ은 $2p$ 전자 2개를 한 오비탈에 먼저 짝지어 넣었는데, 같은 에너지의 $2p$ 오비탈은 먼저 한 개씩 평행 스핀으로 채워야 하므로 바닥 상태가 아니다. 올바르게는 ㄹ을 빼고 ㄴ, ㄷ만 골라야 한다.

NoteBase

오답 포인트

ㄷ을 틀렸다고 보면 $2p$ 세 칸의 위치 차이를 다른 상태로 착각한 것이다. $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$는 같은 에너지이므로 전자 2개가 서로 다른 칸에 평행 스핀으로 들어가면 어느 칸이든 같은 바닥 상태이다. ㄹ을 맞다고 보면 훈트 규칙보다 전자쌍 형성을 먼저 적용한 오류이다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자번호로 총 전자 수를 먼저 맞춘 뒤 $1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p$ 순서로 채운다. 그다음 한 오비탈에는 반대 스핀 최대 2개까지만 넣는 파울리 배타 원리와, 같은 에너지의 p 오비탈은 먼저 한 개씩 평행 스핀으로 채우는 훈트 규칙을 차례로 확인하면 된다.

암기 포인트

탄소의 바닥 상태는 $1s^2 2s^2 2p^2$이고, $2p$ 전자 2개는 각기 다른 칸에 평행 스핀으로 들어간다.

NoteBase

문 4. 일산화탄소와 수소의 혼합 연료인 수성 가스는 뜨거운 탄소 위에 수증기를 흘려서 생산하며 다음 반응식으로 표현할 수 있다. 수성 가스 생성을 증가시키는 방법만을 모두 고르면?

$C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$

ㄱ. 반응기의 압력을 낮춘다.

ㄴ. $H_2(g)$를 제거한다.

ㄷ. $H_2O(g)$를 제거한다.

ㄹ. $CO(g)$를 첨가한다.

ㅁ. $C(s)$를 제거한다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄴ, ㄷ

③ ㄷ, ㄹ

④ ㄹ, ㅁ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 르샤틀리에 원리로 압력 변화, 생성물 제거, 반응물 제거, 생성물 첨가, 고체 반응물의 양 변화가 평형을 어느 쪽으로 이동시키는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

화학 평형은 외부 조건이 바뀌면 그 변화를 줄이는 방향으로 이동한다.
기체 몰수 비교: 왼쪽은 H2O(g) 1몰, 오른쪽은 CO(g)와 H2(g) 합계 2몰이므로 압력을 낮추면 기체 몰수가 더 많은 오른쪽으로 이동한다.
고체의 역할: 순수한 고체 C(s)는 양이 조금 변해도 활동도가 일정하므로, 고체가 남아 있는 한 평형 위치를 바꾸지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① O: ㄱ과 ㄴ만 옳다. ㄱ은 압력을 낮추면 기체 몰수가 더 많은 생성물 쪽으로 평형이 이동하므로 수성 가스 생성이 증가한다. ㄴ은 생성물인 H2(g)를 제거하면 이를 보충하려고 오른쪽으로 이동하므로 수성 가스 생성이 증가한다.
② X: 틀린 부분은 'ㄷ'이다. H2O(g)를 제거하면 반응물 농도가 줄어든 변화를 상쇄하려고 평형이 왼쪽으로 이동하므로 수성 가스 생성이 증가하지 않는다. 올바르게는 'ㄴ만 수성 가스 생성을 증가시킨다'이다.
③ X: 틀린 부분은 'ㄷ, ㄹ'이다. ㄷ은 H2O(g) 제거라서 왼쪽 이동이고, ㄹ은 생성물인 CO(g)를 첨가하므로 역시 왼쪽으로 이동한다. 올바르게는 'ㄷ과 ㄹ은 모두 수성 가스 생성을 증가시키지 않는다'이다.
④ X: 틀린 부분은 'ㄹ, ㅁ'이다. ㄹ은 CO(g) 첨가라서 왼쪽 이동이고, ㅁ은 고체 C(s)를 일부 제거해도 고체가 남아 있으면 평형 위치가 바뀌지 않는다. 올바르게는 'ㄹ은 수성 가스 생성 감소 요인이고, ㅁ은 평형 이동 요인이 아니다'이다.

오답 포인트

기체의 압력 변화는 기체 몰수만 비교해야 하는데, 고체 C(s)까지 세어 판단하면 틀리기 쉽다. 또 ㅁ처럼 고체 반응물의 양을 줄이면 반응이 줄어들 것처럼 보이지만, 평형 문제에서는 순수한 고체의 활동도가 일정하다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 문제는 먼저 고체를 제외하고 양쪽 기체 몰수를 비교한다. 그다음 생성물을 제거하면 오른쪽, 생성물을 넣으면 왼쪽, 반응물을 제거하면 왼쪽으로 이동하는지를 순서대로 판단하면 된다.

암기 포인트

압력 감소는 기체 몰수 많은 쪽, 생성물 제거는 생성물 쪽 보충, 순수한 고체 양 변화는 평형 위치 불변이다.

NoteBase

문 5. 다음 조건을 모두 만족하는 분자는?

◯ 구성 원자 간의 결합은 모두 극성 공유 결합이다.
◯ 분자 내 화학 결합의 쌍극자 모멘트 총합은 0이다.
◯ 분자를 이루는 모든 원자는 동일 평면 또는 동일 선상에 놓여 있다.

① NH_3
② CH_2Cl_2
③ C_6H_6
④ $BeCl_2$

정답 4번

출제 포인트

결합의 극성, 분자 전체 쌍극자 모멘트의 벡터합, 분자 기하를 함께 연결해 판단하는 문제이다.

핵심 개념

극성 공유 결합은 결합한 두 원자의 전기음성도 차이로 결합 쌍극자가 생기는 결합이다. 분자 전체 쌍극자 모멘트는 각 결합 쌍극자의 벡터합이며, 대칭 구조이면 0이 될 수 있다. 동일 평면 또는 동일 선상 조건은 분자 구조가 평면형 또는 직선형인지까지 확인하는 조건이다.

선지 1

1번 X. NH3를 세 조건을 모두 만족하는 분자로 보는 판단이 틀리다. 올바르게는 NH3는 N-H 결합은 극성이지만 분자 구조가 삼각뿔형이어서 결합 쌍극자가 상쇄되지 않으므로 분자 전체 쌍극자 모멘트 합이 0이 아니고, 모든 원자가 동일 평면이나 동일 선상에 놓이지도 않는다.

선지 2

2번 X. CH2Cl2를 세 조건을 모두 만족하는 분자로 보는 판단이 틀리다. 올바르게는 CH2Cl2는 중심 탄소 주위가 정사면체형이라 모든 원자가 한 평면이나 한 직선 위에 있지 않고, 결합 쌍극자의 배열도 비대칭이어서 분자 전체 쌍극자 모멘트가 0이 아니다. 또한 보통 C-H 결합은 극성이 거의 없는 결합으로 보아 '모든 결합이 극성 공유 결합' 조건에도 맞지 않는다.

선지 3

3번 X. C6H6를 세 조건을 모두 만족하는 분자로 보는 판단이 틀리다. 올바르게는 C6H6는 평면 분자이고 대칭성 때문에 분자 전체 쌍극자 모멘트 합도 0이지만, 고리의 C-C 결합은 비극성 공유 결합이므로 '구성 원자 간의 결합은 모두 극성 공유 결합' 조건을 만족하지 않는다.

NoteBase

선지 4

4번 O. BeCl2는 Be-Cl 결합이 극성 공유 결합이고, 중심 Be 주위의 전자영역이 2개라 분자 구조가 직선형이다. 따라서 양쪽 결합 쌍극자가 크기는 같고 방향은 반대여서 합이 0이 되며, 세 원자도 동일 선상에 놓인다.

오답 포인트

C6H6가 평면이고 무극성이라는 점만 보고 3번을 고르기 쉽다. 그러나 이 문항은 '쌍극자 모멘트 합이 0'만이 아니라 '모든 결합이 극성 공유 결합'까지 동시에 요구하므로 C-C 비극성 결합이 있는 벤젠은 탈락한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이 유형은 먼저 각 선택지에서 모든 결합이 극성 공유 결합인지 거른 뒤, 남은 분자에 대해 구조가 대칭인지와 평면형 또는 직선형인지 확인하면 된다. 대칭 구조라도 비극성 결합이 섞여 있으면 조건을 모두 만족하지 못한다.

암기 포인트

무극성 여부는 대칭성으로, 전 결합의 극성 여부는 결합 종류로 따로 판단한다. BeCl2는 직선형이라 맞고 C6H6는 C-C 결합 때문에 탈락이다.

NoteBase

문 6. 다음은 중성 원자 A ~ D의 전자 배치이다. 이들이 만들 수 있는 화합물에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, A ~ D는 임의의 원소 기호이다)

$^{16}A : 1s^2 2s^2 2p^4$
$^{19}B : 1s^2 2s^2 2p^5$
$^{23}C : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
$^{24}D : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

① B_2A 화합물과 DA 화합물에서 A의 산화수는 같다.
② CB 화합물은 DB_2 화합물보다 정상 녹는점이 높다.
③ DA 화합물과 C_2A 화합물에서 A의 산화수는 다르다.
④ C는 A와 반응하여 C_2A_2 화합물을 만들 수 있다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 전자 배치로 원소를 식별한 뒤, 화합물의 산화수와 이온 결합 화합물의 성질을 비교할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

A는 전자 수가 8개이므로 O이고, B는 전자 수가 9개이므로 F이며, C는 전자 수가 11개이므로 Na이고, D는 전자 수가 12개이므로 Mg이다.
산화수는 화합물에서 전자를 잃고 얻는 정도를 형식적으로 나타낸 값이며, F는 항상 -1이므로 F와 결합한 O는 양의 산화수를 가질 수 있다.
이온 결합 화합물의 녹는점은 이온의 전하가 크고 이온 반지름이 작을수록 대체로 커진다.

선지별 해설

1번: X. B2A는 F2O 조성의 화합물로, F의 산화수가 항상 -1이므로 A(O)의 산화수는 +2이다. DA는 MgO이므로 A(O)의 산화수는 -2이다. 틀린 표현은 "A의 산화수는 같다"이고, 올바르게는 "A의 산화수는 서로 다르다"이다.
2번: X. CB는 NaF이고 DB2는 MgF2이다. Mg2+를 가지는 MgF2가 Na+를 가지는 NaF보다 정전기적 인력이 커서 정상 녹는점이 더 높다. 틀린 표현은 "CB 화합물은 DB2 화합물보다 정상 녹는점이 높다"이고, 올바르게는 "CB 화합물은 DB2 화합물보다 정상 녹는점이 낮다"이다.
3번: X. DA는 MgO이고 C2A는 Na2O이다. 두 화합물 모두 O는 보통 -2 산화수를 가지므로 A의 산화수는 같다. 틀린 표현은 "A의 산화수는 다르다"이고, 올바르게는 "A의 산화수는 같다"이다.
4번: O. C는 Na이고 A는 O이므로 반응하여 C2A 조성의 산화나트륨 Na2O를 만들 수 있다. "만들 수 있다"는 표현이므로 가능한 화합물 여부를 묻는 진술로서 옳다.

NoteBase

오답 포인트

A를 항상 -2로만 고정하면 1번을 틀리기 쉽다. F와 결합한 O는 예외적으로 양의 산화수를 가질 수 있다는 점과, 녹는점 비교에서 Mg2+와 Na+의 전하 차이를 함께 봐야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전자 배치의 총전자 수로 원소를 먼저 확정한 뒤, 화합물식에서 대표 산화수와 이온 전하를 적용해 각 선지를 하나씩 판정하면 된다. F가 들어가면 F를 먼저 -1로 두고, 이온 결합 화합물의 성질 비교에서는 양이온 전하 크기를 우선 본다.

암기 포인트

F는 항상 -1, O는 F와 결합할 때 양의 산화수도 가능, Mg2+ 화합물은 Na+ 화합물보다 격자력이 큰 편이다.

NoteBase

문 7. 다음은 암모니아와 이산화탄소를 사용하여 요소를 생산하는 화학 반응식이다. NH_3 850 g과 CO_2 880 g을 반응시켰을 때 생성된 요소의 질량은 1,000 g이었다. 이 반응의 초과 반응물과 반응 수득률(%)은? (단, 원자량은 H: 1, C: 12, N: 14, O: 16 이다)

$$2NH_3(g) + CO_2(g) \rightarrow (NH_2)_2CO(aq) + H_2O(l)$$

① NH_3, 66.7 %

② CO_2, 66.7 %

③ NH_3, 83.3 %

④ CO_2, 83.3 %

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반응식의 계수비로 한계 반응물과 초과 반응물을 가린 뒤, 이론 수득량과 실제 수득량으로 반응 수득률을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: NH3 $850g$, CO2 $880g$, 생성된 요소 $1{,}000g$이다.
구해야 할 값: 초과 반응물과 반응 수득률이다.
주의할 조건: 반응식 $2NH_3 + CO_2 \rightarrow (NH_2)_2CO + H_2O$에서 몰비는 NH3 : CO2 : 요소 = 2 : 1 : 1이다.

사용할 공식

몰수는 $n = \frac{m}{M}$으로 구하고, 수득률은 실제 수득량이론 수득량$\times$ 100으로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 초과 반응물은 질량이 아니라 반응식의 몰비로 판단해야 하고, 수득률도 실제 생성량을 이론적으로 가능한 최대 생성량과 비교해 계산해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. NH3의 몰수는 $\frac{850}{17} = 50mol$이고, CO2의 몰수는 $\frac{880}{44} = 20mol$이다.
2. CO2 $20mol$이 전부 반응하려면 NH3는 반응식 계수비에 따라 $40mol$ 필요하다. 실제 NH3는 $50mol$이므로 CO2가 한계 반응물이고 NH3가 초과 반응물이다.
3. CO2 $20mol$로 만들 수 있는 요소의 이론 몰수는 $20mol$이므로 이론 수득량은 $20 \times 60 = 1{,}200g$이다.
4. 실제 수득량이 $1{,}000g$이므로 수득률은 $\frac{1000}{1200} \times 100 = 83.3\%$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 초과 반응물을 NH_3로 본 점은 맞지만, 수득률은 66.7%가 아니라 83.3%이다. 틀린 표현은 "66.7%"이고, 올바르게는 "83.3%"이다.
2번: X. CO_2는 초과 반응물이 아니라 한계 반응물이다. 또한 수득률도 66.7%가 아니라 83.3%이다. 틀린 표현은 "CO_2, 66.7%"이고, 올바르게는 "NH_3, 83.3%"이다.
3번: O. NH_3가 초과 반응물이고, 요소의 이론 수득량 $1{,}200g$에 대한 실제 수득량 $1{,}000g$의 비율이 83.3%이므로 옳다.
4번: X. 수득률 83.3%는 맞지만 초과 반응물을 CO_2로 본 부분이 틀리다. 틀린 표현은 "CO_2"이고, 올바르게는 "NH_3"이다.

오답 포인트

질량만 보고 $880g$이 더 커 보여 CO_2를 초과 반응물로 착각하거나, 실제 수득량 $1{,}000g$을 투입량 $1{,}500g$ 또는 남은 반응물과 비교해 66.7% 같은 값을 만드는 실수가 잦다. 이 문항에서는 반드시 몰수 환산 후 계수비를 먼저 본다.

다시 나오면 이렇게 판단

화학량론 계산 문제는 질량을 먼저 몰수로 바꾸고, 반응식 계수비로 한계 반응물과 초과 반응물을 정한 다음, 한계 반응물 기준의 이론 수득량과 실제 수득량을 비교하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

초과 반응물 판단은 몰비로 하고, 수득률은 실제 수득량 나누기 이론 수득량이다.

NoteBase

문 8. 분자 또는 이온의 입체 구조가 다른 것끼리 짝지은 것은?

① NH_4^+ , $AlCl_4^-$

② ClF_3, PF_3

③ $BeCl_2$, XeF_2

④ $FeCl_4^-$, SO_4^{2-}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 VSEPR 모형으로 중심 원자 주위의 결합 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수를 따져 분자 또는 이온의 입체 구조를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

입체 구조는 중심 원자에 연결된 결합 수와 비공유 전자쌍 수로 판단한다.
NH4+, AlCl4-, SO4^2-, FeCl4^-는 중심 원자 주위에 결합이 4개이고 비공유 전자쌍이 없어 정사면체이다.
BeCl2와 XeF2는 분자 모양이 선형이며, PF3는 삼각뿔형, ClF3는 T자형이다.

선지별 해설

1번: X. NH4+와 AlCl4^-는 모두 중심 원자에 결합이 4개이고 비공유 전자쌍이 없어 정사면체 구조이다. 틀린 표현은 "다른 것끼리"이다. 올바르게는 같은 입체 구조끼리 짝지은 것이다.
2번: O. ClF3는 중심 Cl 주위 전자영역이 5개이고 그중 비공유 전자쌍이 2개여서 분자 모양이 T자형이다. PF3는 중심 P에 비공유 전자쌍이 1개 있어 삼각뿔형이다. 두 종의 입체 구조가 서로 다르므로 정답이다.
3번: X. BeCl2는 AX2형으로 선형이고, XeF2는 AX2E3형이지만 분자 모양은 역시 선형이다. 틀린 표현은 "다른 것끼리"이다. 올바르게는 같은 입체 구조끼리 짝지은 것이다.
4번: X. FeCl4^-는 4배위 착이온으로 정사면체 구조이고, SO4^2-도 중심 S 주위에 네 방향으로 결합이 뻗은 정사면체 구조이다. 틀린 표현은 "다른 것끼리"이다. 올바르게는 같은 입체 구조끼리 짝지은 것이다.

오답 포인트

비공유 전자쌍이 있으면 모두 굽은형이라고 단순화하면 틀린다. XeF2는 비공유 전자쌍이 3개여도 분자 모양은 선형이고, ClF3와 PF3는 둘 다 비공유 전자쌍이 있지만 개수가 달라 각각 T자형과 삼각뿔형으로 갈린다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 종마다 중심 원자를 잡고 결합 원자 수와 비공유 전자쌍 수를 먼저 센 뒤, 전자영역 배열이 아니라 최종 분자 모양을 읽어 비교한다. 같은 AXE 표기라도 비공유 전자쌍 개수가 다르면 입체 구조가 달라진다.

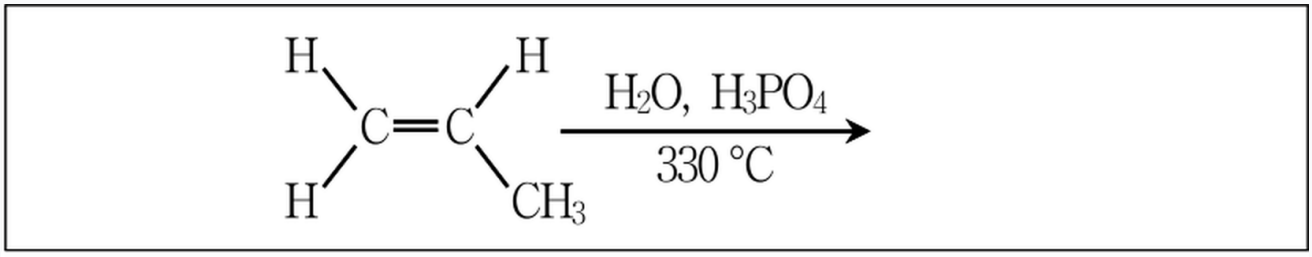
NoteBase

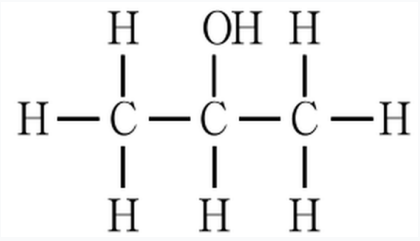
암기 포인트

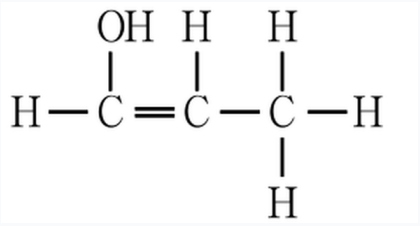
AX4는 정사면체, AX2는 선형, AX3E는 삼각뿔형, AX3E2는 T자형이다.

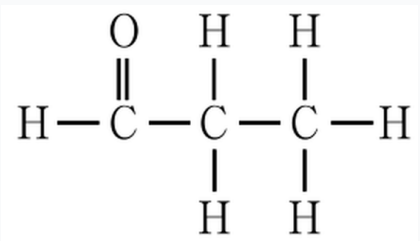
NoteBase

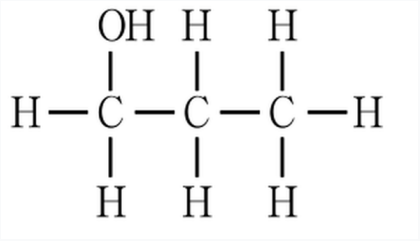
문 9. 1-프로펜(1-propene)에 대한 다음 화학 반응의 주 생성물은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 프로펜의 산 촉매 수화 반응식에서 이중결합이 끊어지고 OH가 더 치환된 탄소에 붙는 마르코프니코프 첨가를 구조식으로 판별하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: O. 프로펜에 물이 산 촉매 존재하에 첨가되면 이중결합이 끊어지고 OH가 가운데 탄소에 붙어 2-프로판올이 된다. 그림의 구조는 CH3-CH(OH)-CH3이므로 주 생성물과 일치한다.
2번: X. 이 구조는 이중결합이 남아 있는 에놀 형태로, 수화 반응 생성물의 포화 알코올 구조와 맞지 않는다. 틀린 표현은 이중결합이 유지된 점이며, 올바르게는 이중결합이 사라진 2-프로판올 구조여야 한다.
3번: X. 이 구조는 말단 탄소가 알데하이드기로 바뀐 프로판알이다. 물의 산 촉매 첨가만으로 알켄이 알데하이드로 산화되지는 않는다. 올바르게는 카보닐기가 아니라 OH가 붙은 2-프로판올이어야 한다.
4번: X. 이 구조는 1-프로판올로, OH가 말단 탄소에 붙어 있다. 프로펜의 산 촉매 수화는 더 안정한 2차 카보양이온 경로를 따라 진행되어 OH가 가운데 탄소에 붙는다. 올바르게는 1-프로판올이 아니라 2-프로판올이다.

오답 포인트

말단 탄소에 OH가 붙는다고 보고 4번을 고르기 쉽다. 그러나 산 촉매 수화는 반응속도와 중간체 안정도 때문에 더 치환된 탄소 쪽으로 첨가되는 마르코프니코프 방향을 따른다.

다시 나오면 이렇게 판단

알켄에 H2O와 산 촉매가 제시되면 먼저 수화 반응인지 확인하고, 다음에 이중결합이 단일결합으로 바뀌는지 본다. 그다음 OH가 어느 탄소에 붙는지는 더 안정한 카보양이온이 생기는 방향, 즉 더 치환된 탄소 쪽인지로 판단한다.

암기 포인트

프로펜의 산 촉매 수화는 이중결합이 끊어져 2-프로판올이 되는 마르코프니코프 첨가이다.

NoteBase

문 10. 다음은 산성 수용액에서 일어나는 산화-환원의 불균형 반응식이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$MnO_4^-(aq) + C_2O_4^{2-}(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + CO_2(g)$

① MnO_4^-에서 Mn의 산화수는 +7이다.

② C의 산화수는 2만큼 증가한다.

③ 균형 반응식에서 H_2O는 생성물로 나타난다.

④ 균형 반응식에서 MnO_4^-와 $C_2O_4^{2-}$의 몰비는 2:5이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 산성 수용액에서의 산화수 변화와 산화·환원 반응식의 계수비를 함께 판단할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

반응물은 MnO4^-와 C2O4^2-이고 생성물은 Mn^2+와 CO2이다.
산성 수용액이므로 반응식의 균형을 맞출 때 H+와 H2O를 사용한다.
판단의 핵심은 Mn과 C의 산화수 변화, 그리고 최종 계수비이다.

사용할 원리

MnO4^-에서 O의 산화수를 -2로 두면 Mn은 +7이 된다.
C2O4^2-에서는 O 4개의 합이 -8이고 이온 전체가 -2이므로 C 2개의 합은 +6, C 1개는 +3이다.
CO2에서 C의 산화수는 +4이므로 C는 1만큼 산화된다.
산성 용액에서 균형 반응식은 2MnO4^- + 5C2O4^2- + 16H+ -> 2Mn^2+ + 10CO2 + 8H2O이다.

선지별 해설

1번 O: MnO4^-에서 O는 각각 -2이고 합이 -8이다. 이온 전체 전하가 -1이므로 Mn은 +7이 된다.
2번 X: C2O4^2-에서 C 1개의 산화수는 +3이고 CO2에서 C는 +4이다. 따라서 C의 산화수는 1만큼 증가한다.
"2만큼 증가한다"가 틀렸고, 올바르게는 "1만큼 증가한다"이다.
3번 O: 산성 수용액에서 반응식을 맞추면 생성물 쪽에 H2O가 생긴다. 실제 균형식은 2MnO4^- + 5C2O4^2- + 16H+ -> 2Mn^2+ + 10CO2 + 8H2O이다.
4번 O: 균형 반응식의 계수를 보면 MnO4^-와 C2O4^2-의 몰비는 2:5이다. 따라서 제시된 비는 맞다.

오답 포인트

2번은 C2O4^2- 전체의 산화수 변화량을 C 1개의 변화량으로 착각하면 틀리기 쉽다. C 두 개의 총변화는 +2이지만 C 한 개의 산화수는 +3에서 +4로 1만큼만 증가한다.

NoteBase

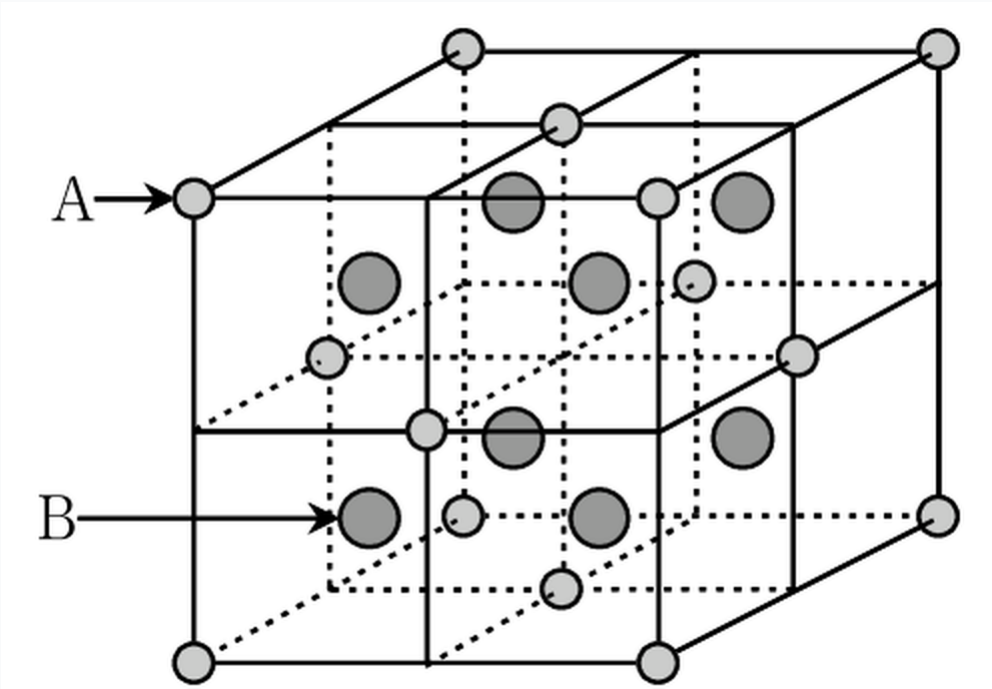
다시 나오면 이렇게 판단

산화·환원 선지는 먼저 원자 하나 기준의 산화수를 계산하고, 그다음 산성인지 염기성인지에 따라 H+, OH-, H2O를 넣어 균형식을 맞춘 뒤 계수비를 확인하면 된다.

암기 포인트

옥살산 이온의 C는 +3, CO2의 C는 +4이므로 C 1개는 1만큼 산화된다.

문 11. 두 원소 A와 B로 구성된 결정성 고체의 단위 세포(unit cell)가 그림과 같을 때, 이 고체의 화학식은?



① AB_2

② A_2B

③ AB_3

④ A_3B

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 단위 세포 그림에서 A 원자의 공유 위치와 B 원자의 내부 점유 위치를 세어 조성비를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: A는 면심입방 격자의 꼭짓점 8개와 면 중심 6개에 놓여 있다. 따라서 A의 수는 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$이다. B는 단위 세포 내부의 사면체 공공 8곳을 모두 차지하므로 8개이다. 따라서 A:B=4:8=1:2이므로 화학식은 AB_2이다.
② X: A_2B는 A:B=2:1이라는 뜻이므로 그림의 실제 개수비와 반대이다. 이 그림은 A 4개, B 8개이므로 올바르게는 AB_2이다.
③ X: AB_3는 A 1개당 B 3개가 있어야 하지만 그림에서는 B가 A의 2배만 존재한다. B를 과대 계수한 표현이며 올바르게는 AB_2이다.
④ X: A_3B는 A가 B보다 3배 많아야 하는 식이지만 그림에서는 오히려 B가 더 많다. A를 과대 계수한 표현이며 올바르게는 AB_2이다.

오답 포인트

면 중심 원자를 내부 원자처럼 1개로 세거나, 내부의 B 원자를 공유된 원자로 오해하면 비율이 바로 틀어진다. 이 문항의 함정은 공유 원자와 단위 세포 내부 원자를 구분하지 못하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

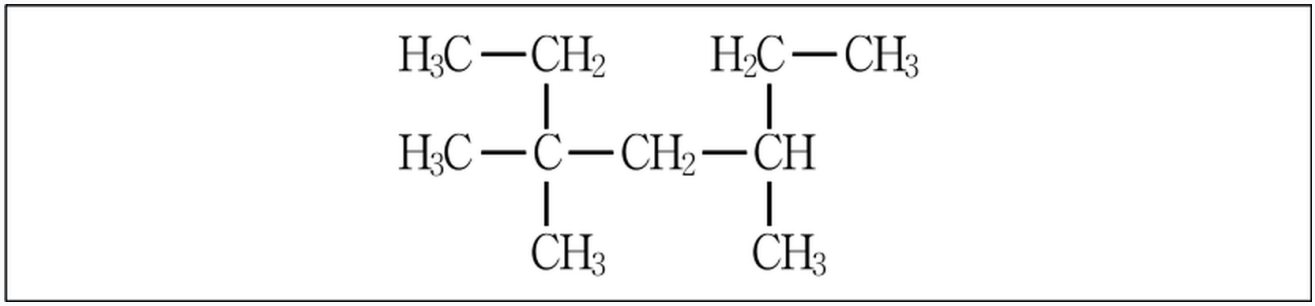
단위 세포 문제는 먼저 꼭짓점, 모서리, 면 중심처럼 여러 세포가 나누어 갖는 위치인지 확인하고 분수로 환산한다. 그다음 단위 세포 내부에 완전히 포함된 원자는 1개씩 그대로 더해 최종 개수비를 정하면 된다.

암기 포인트

면심입방은 4개, 내부 사면체 공공 8개를 모두 채우면 조성비는 AB_2이다.

NoteBase

문 12. 다음 결합 구조를 갖는 탄화수소 화합물의 IUPAC 이름은?



① 2,3-다이에틸-2,3-다이메틸부테인(2,3-diethyl-2,3-dimethylbutane)

② 3,3,5-트라이메틸헵테인(3,3,5-trimethylheptane)

③ 3,3-다이메틸-5-에틸헥세인(3,3-dimethyl-5-ethylhexane)

④ 3,5,5-트라이메틸헵테인(3,5,5-trimethylheptane)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 가장 긴 주사슬을 먼저 고르고, 번호를 매길 때 치환기 위치번호의 집합이 가장 작아지도록 IUPAC 이름을 정하는 문제이다.

선지별 해설

1번: X. 주사슬을 4개의 탄소인 butane으로 잡았기 때문에 틀리다. 이 구조는 7개의 탄소가 연속으로 이어지는 heptane 주사슬을 잡을 수 있으므로 2,3-diethyl-2,3-dimethylbutane으로 이름 붙이지 않는다. 틀린 표현은 "butane"이다. 올바르게는 heptane 주사슬을 기준으로 이름을 붙여야 한다.
2번: O. 가장 긴 주사슬은 7개의 탄소이므로 heptane이다. 왼쪽에서 번호를 매기면 치환기 위치가 3,3,5가 되고, 오른쪽에서 매기면 3,5,5가 되므로 더 작은 집합인 3,3,5를 택한다. 따라서 이름은 3,3,5-trimethylheptane이 된다.
3번: X. 주사슬을 6개의 탄소인 hexane으로 잡고 5-ethyl 치환기를 둔 것이 틀리다. IUPAC 명명에서는 가능한 가장 긴 연속 탄소사슬을 주사슬로 잡아야 하므로 hexane보다 heptane이 우선한다. 틀린 표현은 "hexane"과 "5-ethyl"이다. 올바르게는 ethyl 치환기를 따로 두지 않고 heptane 주사슬 안에 포함시킨다.
4번: X. 주사슬을 heptane으로 잡은 점은 맞지만 번호 방향이 틀렸다. 3,5,5보다 3,3,5가 위치번호 집합이 더 작으므로 3,5,5-trimethylheptane으로 쓰지 않는다. 틀린 표현은 "3,5,5"이다. 올바르게는 3,3,5-trimethylheptane이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 함정은 치환기 개수를 먼저 세고 짧은 주사슬에 이름을 붙이거나, heptane까지는 맞게 잡고도 번호를 양쪽에서 비교하지 않는 점이다. 이 문항에서는 4번처럼 같은 주사슬을 잡아도 위치번호 집합 비교를 빼먹으면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

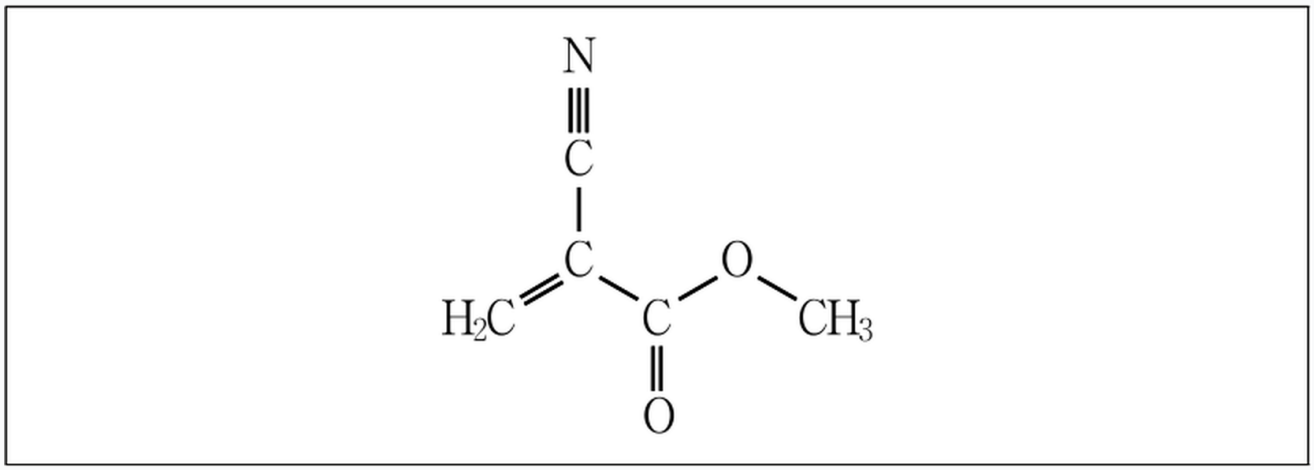
먼저 가장 긴 연속 탄소사슬을 찾고, 그다음 양쪽 끝에서 각각 번호를 매겨 치환기 위치번호 집합을 비교한다. 처음으로 차이가 나는 자리에서 더 작은 번호가 나오는 방향을 최종 번호 방향으로 정한다.

암기 포인트

유기화합물 명명은 긴 주사슬 우선, 번호는 낮은 위치번호 집합 우선이다.

NoteBase

문 13. 다음 유기 화합물에서 sp^3 혼성 궤도함수와 sp^2 혼성 궤도함수를 갖는 탄소의 개수를 옳게 짝 지은 것은?



① sp^3: 0, sp^2: 2

② sp^3: 0, sp^2: 3

③ sp^3: 1, sp^2: 3

④ sp^3: 1, sp^2: 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 삼중결합 탄소는 sp, 알켄 탄소와 카보닐 탄소는 sp^2, 메톡시기의 포화 탄소는 sp^3로 분류하는 문제이다.

선지별 해설

① X: sp^3 탄소를 0개로 본 점이 틀렸다. 메톡시기 $-OCH_3$의 탄소는 네 개의 단일 결합만 하므로 sp^3이다. 또한 sp^2 탄소도 알켄의 두 탄소와 카보닐 탄소까지 합쳐 3개이다. 틀린 표현은 '0개, 2개'이고, 올바르게는 '1개, 3개'이다.

② X: sp^2 탄소를 3개로 본 점은 맞지만 sp^3 탄소를 0개로 본 점이 틀렸다. $-OCH_3$의 탄소 1개가 sp^3이다. 틀린 표현은 '0개'이고, 올바르게는 '1개'이다.

③ O: 니트릴의 탄소 1개는 sp, 가운데 이중결합성 탄소와 말단 CH_2 탄소, 에스터의 카보닐 탄소는 sp^2이다. 메톡시기의 탄소 1개는 sp^3이다. 따라서 sp^3 탄소는 1개이고 sp^2 탄소는 3개이다.

④ X: sp^3 탄소를 1개로 본 점은 맞지만 sp^2 탄소를 4개로 센 점이 틀렸다. 니트릴의 탄소 1개는 sp^2가 아니라 sp이다. 틀린 표현은 '4개'이고, 올바르게는 '3개'이다.

NoteBase

오답 포인트

니트릴 탄소를 이중결합 탄소처럼 보고 sp^2로 오인하거나, 산소에 붙은 메틸 탄소를 탄소yl기 주변이라는 이유로 sp^2 또는 미집계하는 경우가 많다. 이 문항은 '삼중결합 탄소는 sp, 산소에 붙은 메틸 탄소는 단일결합 포화 탄소'라는 구분을 흔드는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

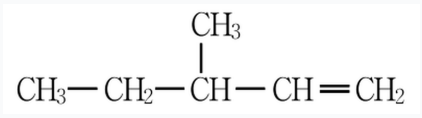
구조식의 각 탄소를 하나씩 보면서 삼중결합이면 sp, 이중결합에 직접 참여하면 sp^2, 네 방향 단일결합만 하면 sp^3로 분류하면 된다. 결합 종류를 먼저 확정한 뒤 개수를 세면 혼동이 줄어든다.

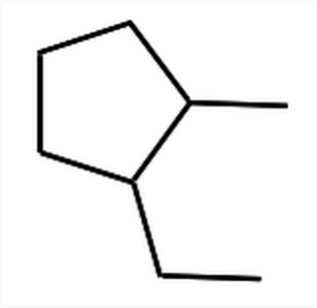
암기 포인트

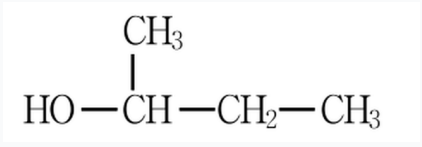
탄소 혼성은 결합 차수로 판별한다. 삼중결합은 sp, 이중결합은 sp^2, 포화 단일결합 탄소는 sp^3이다.

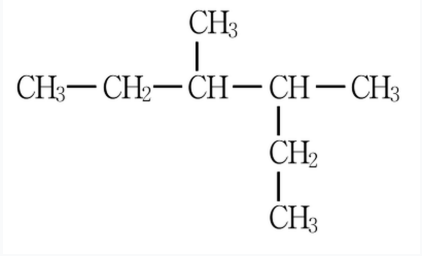
NoteBase

문 14. 다음 유기 화합물을 각각 한 가지 입체 이성질체로 분리하였을 때 광학 활성이 없는 이성질체가 나올 수 있는 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 입체중심의 개수만 세지 않고, 내부 대칭 때문에 메조 화합물이 되는지까지 판단할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

광학 활성은 분자가 거울상과 겹치지 않아 편광면을 회전시키는 성질이다.
메조 화합물은 입체중심이 둘 이상이어도 내부 대칭 요소가 있어 전체 분자는 비대칭이 아닌 화합물이다.
따라서 입체중심이 1개이면 보통 광학 활성인 거울상 이성질체만 생기고, 광학 비활성 입체이성질체는 대칭을 가진 메조형에서만 나온다.

NoteBase

선지별 해설

1번: X. 이 화합물은 가운데 탄소 1개만 입체중심이 되고 그 탄소에 결합한 네 치환기인 수소, 메틸, 에틸, 비닐기가 모두 다르다. 따라서 분리되면 거울상 이성질체 한 쌍만 생기며 각각 광학 활성이다. 틀린 표현은 "광학 활성이 없는 이성질체가 나올 수 있다"이다. 올바르게는 "광학 활성인 거울상 이성질체만 나온다"이다.
2번: X. 1-메틸-2-에틸사이클로펜탄으로, 고리의 1번과 2번 탄소가 모두 입체중심이다. 두 치환기를 고리면 같은 쪽에 둔 시스형과 반대쪽에 둔 트랜스형이 존재하지만, 한쪽은 메틸이고 다른 쪽은 에틸이어서 두 입체중심의 치환 환경이 서로 다르다. 그 결과 시스형에도 두 중심을 지나는 내부 대칭면이 생기지 않아 메조형이 될 수 없고, 시스와 트랜스가 각각 거울상 한 쌍씩 모두 광학 활성이다. 만약 두 치환기가 똑같았다면 시스형이 메조가 되어 광학 비활성이 나오지만, 여기서는 그렇지 않다. 따라서 광학 활성이 없는 이성질체가 나오지 않는다. 틀린 표현은 "광학 활성이 없는 이성질체가 나올 수 있다"이다. 올바르게는 "분리된 입체이성질체는 광학 활성인 형태들만 가능하다"이다.
3번: X. 2-부탄올형 구조로서 OH가 붙은 탄소 1개만 입체중심이다. 네 치환기인 수소, OH, 메틸, 에틸이 모두 달라 거울상 이성질체만 생기며 각각 광학 활성이다. 틀린 표현은 "광학 활성이 없는 이성질체가 나올 수 있다"이다. 올바르게는 "광학 활성인 거울상 이성질체만 나온다"이다.
4번: O. 가장 긴 사슬을 오른쪽 아래 에틸기까지 이어 다시 세면 탄소 6개짜리 헥산 사슬이 되고, 3번과 4번 탄소에 각각 메틸기가 붙은 3,4-디메틸헥산이다. 인접한 3번과 4번 탄소가 모두 입체중심이다. 3번 탄소에 결합한 네 치환기는 수소, 메틸(CH_3), 에틸(CH_2CH_3, 사슬의 1~2번 쪽), 그리고 나머지 사슬인 $CH(CH_3)CH_2CH_3$(4~6번 쪽)이고, 4번 탄소에 결합한 네 치환기도 수소, 메틸(CH_3), 에틸(CH_2CH_3, 사슬의 5~6번 쪽), 그리고 나머지 사슬인 $CH(CH_3)CH_2CH_3$(1~3번 쪽)이다. 두 입체중심은 수소·메틸·에틸·(1-메틸프로필 사슬)이라는 똑같은 네 치환기를 가지므로 치환 환경이 완전히 동일하다. 그 결과 한쪽이 R이고 다른 쪽이 S인 배치에서는 두 중심 사이를 지나는 내부 대칭면이 생겨 메조형이 된다. 따라서 입체이성질체로 분리했을 때 광학 활성이 없는 메조 화합물이 나올 수 있다.

오답 포인트

입체중심이 있으면 무조건 광학 활성이라고 단정하면 4번을 놓친다. 이 문항의 함정은 입체중심의 개수가 아니라 두 중심의 치환 환경이 서로 같아 내부 대칭이 생길 수 있는지를 끝까지 확인하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 입체중심의 개수를 찾고, 입체중심이 2개 이상이면 양쪽 치환 환경이 같은지와 내부 대칭면이 가능한지를 본다. 양쪽 환경이 같고 한쪽이 다른 쪽의 거울 배치로 놓일 수 있으면 메조형이 가능하므로 광학 비활성 이성질체가 나온다.

암기 포인트

입체중심 1개는 거울상 한 쌍, 입체중심 2개 이상에서는 메조 가능성을 추가로 본다.

NoteBase

문 15. 25 ℃, 1 atm에서 pH = 11인 완충 용액에 대한 $Mn(OH)_2$의 몰용해도는? (단, 25 ℃, 1 atm에서 $Mn(OH)_2$의 용해도곱 상수(K_{sp})는 1.6×10^{-13}이다)

① 1.6×10^{-10}M

② 4.0×10^{-10}M

③ 1.6×10^{-7}M

④ 4.0×10^{-7}M

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 pH로부터 $[OH^-]$를 구한 뒤, 완충 용액에서 거의 일정한 $[OH^-]$를 사용해 $Mn(OH)_2$의 몰용해도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: pH = 11, $K_{sp} = 1.6 \times 10^{-13}$

구해야 할 값: $Mn(OH)_2$의 몰용해도 s

주의할 조건: pH 11이므로 pOH는 3이고, 완충 용액이므로 용해 후에도 $[OH^-] \approx 10^{-3}M$로 본다.

사용할 공식

$Mn(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2OH^-$

$K_{sp} = [Mn^{2+}][OH^-]^2$

이 공식을 쓰는 이유: 묻는 값이 난용성 수산화물의 몰용해도이므로 용해 평형식과 용해도곱 식으로 $[Mn^{2+}]$를 구할 수 있다.

계산 과정

1. pH가 11이므로 pOH는 3이고 $[OH^-] = 10^{-3}M$이다.
2. 완충 용액에서는 이 $[OH^-]$가 거의 일정하므로 몰용해도 $s = [Mn^{2+}]$로 둔다.
3. 따라서 $1.6 \times 10^{-13} = s \times (10^{-3})^2 = s \times 10^{-6}$이다.
4. 정리하면 $s = 1.6 \times 10^{-7}M$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: '1.6×10^-10 M'이 틀렸고, 올바른 값은 $1.6 \times 10^{-7} M$이다. $[OH^-]^2$를 처리한 뒤 지수를 잘못 정리하면 나올 수 있는 값이다.
② X: '4.0×10^-10 M'이 틀렸고, 올바른 값은 $1.6 \times 10^{-7} M$이다. OH^-의 계수 2를 용해도곱 식에 기계적으로 반영해 수치를 잘못 줄이면 생기는 오답이다.
③ O: $K_{sp} = [Mn^{2+}][OH^-]^2$에 $[OH^-] = 10^{-3} M$를 대입하면 $[Mn^{2+}] = 1.6 \times 10^{-7} M$가 되어 옳다.
④ X: '4.0×10^-7 M'이 틀렸고, 올바른 값은 $1.6 \times 10^{-7} M$이다. 10^{-3}의 제곱을 누락하거나 근삿값을 크게 잡으면 나올 수 있는 값이다.

오답 포인트

완충 용액이라는 조건을 놓치고 용해로 생기는 $2s$를 주된 OH^-처럼 다루거나, 반대로 OH^- 앞의 계수 2를 보고 K_{sp} 식에 임의로 4를 곱하면 오답이 된다. 이 문항의 핵심은 기존 $10^{-3} M$의 OH^-가 지배적이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

수산화물 용해도 문제는 pH 또는 pOH로 $[OH^-]$를 먼저 구하고, 공통 이온 농도가 충분히 큰지 확인한 뒤 K_sp=[금속이온][OH^-]^n에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

공통 이온이 충분히 크면 몰용해도는 s=K_sp/[공통 이온]^n 꼴로 바로 계산된다.

NoteBase

문 16. 다양성자산 0.100 M H_3PO_4 용액 내 화학종의 농도에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 이온화 상수는 $K_{a1} = 7.5 \times 10^{-3},\ K_{a2} = 6.2 \times 10^{-8},\ K_{a3} = 4.8 \times 10^{-13}$이다)

① 용액 내에서 농도는 $H_2PO_4^-$가 H_3PO_4보다 크다.

② 첫 번째 이온화 단계는 H_3O^+의 농도에 가장 크게 기여한다.

③ HPO_4^{2-}의 농도는 $H_2PO_4^-$의 농도보다 크다.

④ 용액 내에 이온화되지 않은 H_3PO_4는 존재하지 않는다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 다양자산의 단계별 이온화 상수 크기와 1차 해리 평형을 이용해 용액 내 주요 화학종과 H_3O^+의 주된 생성 단계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $0.100M\ H_3PO_4, K_{a1} = 7.5 \times 10^{-3}, K_{a2} = 6.2 \times 10^{-8}, K_{a3} = 4.8 \times 10^{-13}$
구해야 할 값: 각 화학종의 상대적 농도와 H_3O^+ 농도에 가장 크게 기여하는 해리 단계
주의할 조건: $K_{a1} \gg K_{a2} \gg K_{a3}$ 이므로 1차 해리가 지배적이고, 2차와 3차 해리는 이미 생성된 H_3O^+ 때문에 강하게 억제된다.

사용할 공식

1차 해리 평형은 $H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + H_2PO_4^-$
$K_{a1} = \frac{[H_3O^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]}$
으로 둔다.
이 공식을 쓰는 이유: 용액에서 가장 큰 이온화 상수가 K_{a1} 이므로 전체 산성도와 주요 화학종 분포를 먼저 결정하는 단계가 1차 해리이기 때문이다. 2차, 3차 해리는 K_a 값이 매우 작아 1차 해리 결과를 거의 바꾸지 못한다.

계산 과정

1. 1차 해리만 우선 고려하면 $[H_3O^+] = [H_2PO_4^-] = x, [H_3PO_4] = 0.100 - x$ 이다.
2. 따라서 $\frac{x^2}{0.100 - x} = 7.5 \times 10^{-3}$
이고, 이를 풀면 $x \approx 2.4 \times 10^{-2} M$ 이다.
3. 따라서 대략 $[H_3O^+] \approx [H_2PO_4^-] \approx 0.024M, [H_3PO_4] \approx 0.076M$ 이다.
4. 2차 해리는 $K_{a2} = \frac{[H_3O^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$
이므로 $[HPO_4^{2-}] \approx K_{a2}\frac{[H_2PO_4^-]}{[H_3O^+]} \approx 6.2 \times 10^{-8} M$ 수준이다.
5. 3차 해리는 그보다 더 작으므로 H_3O^+ 농도는 사실상 1차 해리가 거의 전부 만든다고 본다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $[H_2PO_4^-]$가 $[H_3PO_4]$보다 크지 않다. 계산하면 $[H_2PO_4^-] \approx 0.024M$, $[H_3PO_4] \approx 0.076M$ 이므로 비이온화 H_3PO_4가 더 많다. 틀린 표현은 "$H_2PO_4^-$가 H_3PO_4보다 크다"이고, 올바르게는 "H_3PO_4의 농도가 $H_2PO_4^-$보다 크다"이다.

② O: K_{a1}가 K_{a2}, K_{a3}보다 압도적으로 크고, 실제로 1차 해리만으로도 $[H_3O^+] \approx 0.024M$ 이 나온다. 반면 2차 해리는 $10^{-8}M$ 수준의 HPO_4^{2-}만 추가로 만들므로 H_3O^+ 농도에 가장 크게 기여하는 단계는 1차 해리이다.

③ X: $[HPO_4^{2-}]$는 $[H_2PO_4^-]$보다 훨씬 작다. 2차 이온화 상수가 매우 작아 $[HPO_4^{2-}] \approx 6.2 \times 10^{-8}M$ 수준이므로 $[H_2PO_4^-] \approx 0.024M$ 와 비교가 되지 않는다. 틀린 표현은 "HPO_4^{2-}의 농도가 $H_2PO_4^-$보다 크다"이고, 올바르게는 "$H_2PO_4^-$의 농도가 HPO_4^{2-}보다 훨씬 크다"이다.

④ X: H_3PO_4는 약산이므로 용액 안에 이온화되지 않은 형태가 충분히 남아 있다. 실제로 $[H_3PO_4] \approx 0.076M$ 이다. 틀린 표현은 "이온화되지 않은 H_3PO_4는 존재하지 않는다"이고, 올바르게는 "이온화되지 않은 H_3PO_4가 상당량 존재한다"이다.

오답 포인트

다양자산이라고 해서 모든 단계가 비슷하게 이온화된다고 보면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 K_{a1}, K_{a2}, K_{a3}의 크기 차이를 무시하고 $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}가 많이 생긴다고 착각하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

다양자산 문항은 먼저 K_a들의 크기 순서를 본다. 첫 번째 K_a만 유난히 크면 1차 해리로 대략적인 $[H_3O^+]$와 주종을 잡고, 뒤 단계는 공통 이온 효과 때문에 미미하다고 판단하면 된다.

암기 포인트

다양자산은 보통 $K_{a1} \gg K_{a2} \gg K_{a3}$ 이고, H_3O^+는 거의 항상 1차 해리가 주로 만든다.

NoteBase

문 17. 25 ℃, 1 atm에서 물(H_2O)과 다이클로로메테인(CH_2Cl_2) 혼합 용액을 균일한 상태로 만든 후 가만히 놓아두면 층 분리가 자발적으로 일어난다. 이 과정에서 혼합 용액의 엔탈피 변화(ΔH)와 엔트로피 변화(ΔS)를 옳게 짝 지은 것은?

① $\Delta H > 0,\ \Delta S > 0$

② $\Delta H > 0,\ \Delta S < 0$

③ $\Delta H < 0,\ \Delta S > 0$

④ $\Delta H < 0,\ \Delta S < 0$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 균일한 혼합 용액이 자발적으로 층 분리될 때 ΔH, ΔS, ΔG의 부호 관계를 사례에 적용할 수 있는지를 묻는다.

사례 정리

물과 다이클로로메테인은 극성 차이가 커서 서로 수소 결합이나 강한 인력을 이루지 못하는 비혼화성(서로 섞이지 않는) 조합이다.
억지로 균일하게 섞어 놓아도 가만히 두면 외부 일 없이 자발적으로 두 층으로 분리된다.
따라서 문제에서 보는 과정은 혼합이 아니라 분리 과정이다.

핵심 개념

자발 과정은 일정한 온도와 압력에서 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$를 만족하는 과정이다.
균일 혼합 상태에서는 두 물질이 서로 뒤섞이며 배열 가능한 경우의 수가 많아 무질서도가 크다. 반면 두 성분이 각자의 층으로 격리되는 층 분리 상태로 가면 이 혼합에 따른 무질서(혼합 엔트로피)가 사라진다.
즉 층 분리 상태는 혼합 상태보다 더 질서 있는 상태이므로 계의 무질서도가 감소하여 $\Delta S < 0$이다.
그런데도 분리가 자발적이려면 $\Delta G < 0$가 되어야 하므로 ΔH는 음수여야 한다. 이는 서로 다른 분자가 억지로 섞여 있던 상태보다, 같은 종류의 분자끼리 모여 더 안정한 인력을 이루는 분리 상태가 에너지적으로 유리함을 뜻한다.

적용 기준

이 사례에서는 먼저 층 분리가 자발적이라는 사실로 $\Delta G < 0$를 잡는다.
다음으로 균일 혼합에서 층 분리로 가면 섞임이 줄어 무질서도가 감소하므로 $\Delta S < 0$로 판단한다.
이때 자발성을 유지하려면 엔탈피 감소가 엔트로피 감소의 불리함을 보상해야 하므로 $\Delta H < 0$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: X. $\Delta S > 0$라고 본 부분이 틀리다. 층 분리 상태는 두 물질이 섞인 상태보다 무질서도가 작은 상태이므로 올바르게는 $\Delta S < 0$이다.
2번: X. $\Delta S < 0$ 판단은 맞지만 $\Delta H > 0$가 틀리다. 분리가 자발적이면 $\Delta G < 0$여야 하므로 올바르게는 $\Delta H < 0$이다.
3번: X. $\Delta H < 0$는 맞지만 $\Delta S > 0$가 틀리다. 층 분리 상태는 두 물질이 고르게 섞여 있던 혼합 상태보다 무질서도(혼합 엔트로피)가 감소한 더 질서 있는 상태이므로 올바르게는 $\Delta S < 0$이다.
4번: O. 자발적 층 분리는 $\Delta G < 0$이고, 분리로 인해 무질서도는 감소하므로 $\Delta S < 0$이다. 따라서 이를 보상하면서 자발성을 만들려면 $\Delta H < 0$이어야 한다.

오답 포인트

많이 틀리는 지점은 '자발적'이라는 말만 보고 항상 $\Delta S > 0$라고 단정하는 것이다. 이 문항은 혼합이 아니라 분리 과정이므로 엔트로피는 감소하고, 자발성은 엔탈피 감소가 만들어 낸다.

다시 나오면 이렇게 판단

열역학 부호 문제는 먼저 문제의 과정이 혼합인지 분리인지부터 구분한다. 그다음 자발 과정이면 $\Delta G < 0$를 두고, ΔS 부호를 정한 뒤 남는 ΔH 부호를 결정한다.

암기 포인트

혼합은 대체로 ΔS 증가, 분리는 대체로 ΔS 감소이며, 자발적 분리는 $\Delta H < 0$가 이를 보상한다.

NoteBase

문 18. 금속 착물에서 중심 원자의 d 오비탈 에너지 준위는 리간드의 분광화학적 계열에 따른 결정장 모형에 의해 정해진다. 이때, d 오비탈에 홀전자의 개수가 가장 많은 금속 착물은? (단, Mn, Fe, Co, Ni은 각각 7족, 8족, 9족, 10족 원소이다)

① $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$

② $[CoF_6]^{3-}$

③ $[NiCl_4]^{2-}$

④ $[Fe(CN)_6]^{3-}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 중심 금속의 d 전자 수를 산화수로 계산하고, 리간드 세기와 배위 구조에 따라 고스핀·저스핀을 구분하여 홀전자 수를 비교할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

d^n 계산: 전이금속의 d 전자 수는 족 번호에서 산화수를 빼서 구한다.
홀전자 수 판단: 약한 장 리간드가 만든 옥타헤드랄 착물은 대체로 고스핀이고, 강한 장 리간드는 전자쌍 형성을 촉진하여 홀전자 수를 줄인다.
구조 효과: 테트라헤드랄 착물은 분리 에너지가 작아 대체로 고스핀으로 본다.

선지별 해설

1번 O: [Mn(H2O)6]2+에서 Mn2+는 7족 원소 Mn이 전자 2개를 잃은 상태이므로 d^5이다. H2O는 강한 장 리간드가 아니어서 옥타헤드랄 고스핀 배열 $t_{2g}^3e_g^2$를 취하므로 홀전자 수가 5개이다.
2번 X: [CoF6]3-에서 Co3+는 d^6이다. F-는 약한 장 리간드이므로 고스핀 옥타헤드랄 배열이 되어 홀전자 수는 4개이다. 틀린 판단은 이 착물이 홀전자 수가 가장 많다고 보는 점이고, 올바르게는 1번보다 1개 적다.
3번 X: [NiCl4]2-에서 Ni2+는 d^8이다. Cl-를 가진 테트라헤드랄 착물은 대체로 고스핀이고 전자배치는 홀전자 2개를 남긴다. 틀린 판단은 이 착물이 최대 홀전자 수를 가진다고 보는 점이고, 올바르게는 홀전자 수가 2개에 그친다.
4번 X: [Fe(CN)6]3-에서 Fe3+는 d^5이다. CN-는 강한 장 리간드이므로 저스핀 옥타헤드랄 배열 t_{2g}^5를 이루어 홀전자 수는 1개이다. 틀린 판단은 d^5라는 이유만으로 홀전자 수가 많다고 보는 점이고, 올바르게는 강한 장 때문에 대부분 짝지어져 1개만 남는다.

오답 포인트

d^5나 d^6처럼 전자 수만 보고 홀전자 수를 바로 정하면 틀리기 쉽다. 같은 d^5라도 H2O를 가진 Mn2+는 고스핀이라 5개가 남고, CN-를 가진 Fe3+는 저스핀이라 1개만 남는 점이 핵심 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 금속의 산화수를 구해 d^n을 계산한 뒤, 리간드가 약한 장인지 강한 장인지와 구조가 옥타헤드랄인지 테트라헤드랄인지 순서대로 확인하면 된다. 그 다음 결정장 분할도에 전자를 채워 홀전자 수를 비교하면 정답이 정리된다.

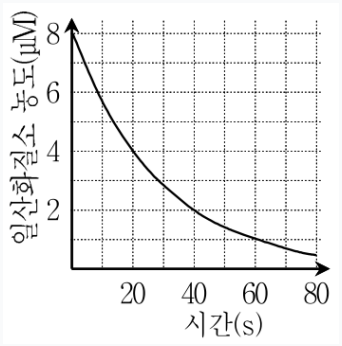
암기 포인트

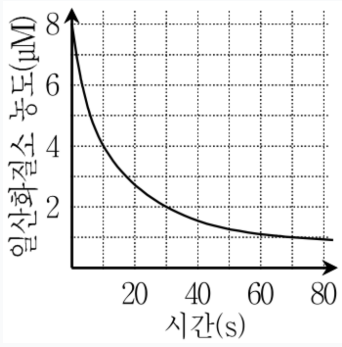
약한 장의 고스핀 d^5는 홀전자 5개, 강한 장의 저스핀 d^5는 홀전자 1개이다.

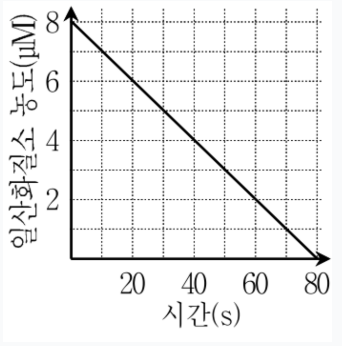
NoteBase

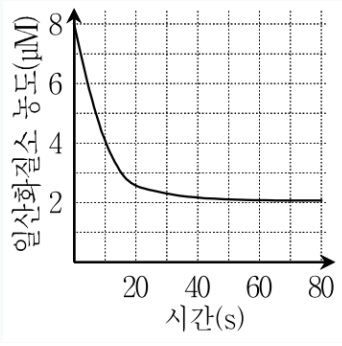
문 19. 일산화질소(NO)와 산소(O_2)가 반응하여 이산화질소(NO_2)를 형성하는 화학 반응의 메커니즘은 다음과 같이 두 단계의 단일 반응으로 구성된다. 과량의 산소가 존재하는 용기에 소량의 일산화질소를 주입하여 반응이 위 메커니즘에 따라 진행된다면 일산화질소의 농도 변화로 옳은 것은? (단, 산소의 농도는 변하지 않는다)

○ 전체 화학 반응식: $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$
○ 단계 1: $NO(g) + NO(g) \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} N_2O_2(g)$ (빠른 반응)
○ 단계 2: $N_2O_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{k_2} 2NO_2(g)$ (느린 반응)

① 

② 

③ 

④ 

NoteBase

정답 2번

출제 포인트

빠른 평형 단계와 느린 단계로 이루어진 메커니즘에서 속도식을 구하고, 산소 과량 조건에서 일산화질소 농도의 시간 변화를 정성적으로 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 메커니즘은 $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$, $NO + NO \rightleftharpoons N_2O_2$가 빠른 평형, $N_2O_2 + O_2 \rightarrow 2NO_2$가 느린 반응이다.
산소는 과량이므로 $[O_2]$는 시간에 따라 거의 일정하다.
구해야 할 것은 $[NO]$의 시간에 따른 감소 그래프의 형태이다.

사용할 공식

느린 단계가 속도 결정 단계이므로 반응 속도는 $r = k_2[N_2O_2][O_2]$이다.
빠른 평형에서 $K = \frac{[N_2O_2]}{[NO]^2} = \frac{k_1}{k_{-1}}$ 이므로 $[N_2O_2] = K[NO]^2$이다.
따라서 $r = k_2K[NO]^2[O_2] = k[NO]^2[O_2]$가 된다.
산소가 과량이면 $k[O_2] = k'$로 둘 수 있으므로 $r = k'[NO]^2$인 의사 2차 반응으로 본다.
2차 반응에서는 $\frac{1}{[NO]} = \frac{1}{[NO]_0} + k''t$가 성립하므로 $[NO]$는 처음에 빨리 감소하고 이후 점점 완만하게 감소한다.

계산 과정

1. 느린 반응은 2단계이므로 속도식의 출발은 $r = k_2[N_2O_2][O_2]$이다.
2. 1단계가 빠른 평형이므로 중간체 N_2O_2는 $[NO]^2$에 비례한다.
3. 이를 대입하면 $r \propto [NO]^2[O_2]$이다.
4. 산소 농도는 변하지 않으므로 $r \propto [NO]^2$만 남는다.
5. 따라서 $[NO]$는 1차 반응처럼 반감기가 일정한 지수감소가 아니라, 반감기가 점점 길어지는 2차 반응형 곡선을 따른다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1번 그래프는 농도가 줄어도 거의 일정한 시간 간격으로 비슷한 비율로 감소하는 모양이어서 1차 반응형 지수감소에 가깝다. 이 문항의 $[NO]$는 $r \propto [NO]^2$를 따라야 하므로 반감기가 점점 길어져야 한다. 올바르게는 초기에 더 급하게 떨어지고 뒤로 갈수록 더 완만해지는 2차 반응형 곡선이어야 한다.
② O: 2번 그래프는 처음에 급격히 감소한 뒤 시간이 갈수록 감소 속도가 크게 줄어든다. 이는 $r \propto [NO]^2$에서 $[NO]$가 작아질수록 속도가 빠르게 작아지는 모습과 일치한다. 따라서 산소 과량 조건에서의 일산화질소 농도 변화로 가장 적절하다.
③ X: 3번 그래프는 기울기가 일정한 직선 감소이므로 $r \propto [NO]^0$인 0차 반응형에 해당한다. 이 문항에서는 속도가 $[NO]^2$에 비례하므로 직선으로 감소하지 않는다. 올바르게는 기울기 절댓값이 시간에 따라 줄어드는 곡선이어야 한다.
④ X: 4번 그래프는 초기에 감소한 뒤 일정한 양의 농도에 가까워지는 형태이다. 반응이 진행되면 $[NO]$는 계속 소모되므로 평형 때문에 NO가 남는다고 볼 근거가 없다. 올바르게는 시간이 충분히 지나면 0에 가까워지되, 실제로는 점근적으로 접근하는 곡선이어야 한다.

오답 포인트

빠른 평형과 느린 단계를 보면 속도식은 잘 세우면서도, 그래프 단계에서 1차 반응 곡선과 2차 반응 곡선을 구분하지 못해 ①로 가기 쉽다. 이 문항의 함정은 $[O_2]$를 상수로 처리한 뒤에도 $[NO]$에 대해 1차가 아니라 2차라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

메커니즘 문제가 나오면 먼저 느린 단계로 속도식을 세우고, 빠른 평형이나 정상상태 조건으로 중간체를 제거한다. 그다음 과량인 물질은 상수로 묶어 남는 반응차수를 확인하고, 0차는 직선 감소, 1차는 반감기 일정, 2차는 반감기가 점점 길어지는 곡선이라는 기준으로 그래프를 고른다.

암기 포인트

빠른 평형으로 중간체를 없앤 뒤 과량 반응물은 상수로 묶는다. $[A]$에 대한 2차 반응은 $[A]$가 처음에 빨리 줄고 시간이 갈수록 더 천천히 줄어든다.

NoteBase

문 20. 산소 기체와 물이 철을 녹슬게 하는 부식 반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 철의 초기 반응은 $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$이다.

② 환원되는 화학종은 산소 기체$O_2(g)$이다.

③ 이 부식 반응의 표준 기전력은 음의 값을 갖는다.

④ 철의 최종 부식 생성물은 산화 철(III)이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 철의 부식에서 산화되는 종, 환원되는 종, 그리고 자발 반응의 표준 기전력 부호를 함께 판단하는 문제이다.

핵심 개념

산화는 전자를 잃는 반응이고 환원은 전자를 얻는 반응이다. 자발적인 산화·환원 반응은 $E^\circ_{cell} > 0$이며, 철의 녹은 최종적으로 산화 철(III) 계열 생성물로 정리된다.

선지별 해설

1번 O: 철은 부식에서 양극에서 산화되어 $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$ 반응을 한다. 초기 반응식으로 맞다.
2번 O: 산소 기체 $O_2(g)$는 전자를 받아 물과 함께 OH^-를 만들므로 환원된다. 따라서 환원되는 화학종이 산소 기체라는 설명은 맞다.
3번 X: 틀린 표현은 '음의 값'이다. 철의 부식은 자발적으로 진행되는 전기화학 반응이므로 표준 기전력은 양의 값이다. 올바르게는 '이 부식 반응의 표준 기전력은 양의 값을 가진다'이다.
4번 O: 철의 부식은 진행되면서 $Fe(OH)_3$ 등을 거쳐 $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ 같은 산화 철(III) 계열 녹으로 정리된다. 따라서 최종 부식 생성물이 산화 철(III)이라는 설명은 맞다.

오답 포인트

환원되는 종과 산화되는 종을 반대로 잡거나, 자발 반응의 표준 기전력 부호를 반대로 외우면 3번에서 흔들리기 쉽다. 특히 '부식'이 자연히 진행된다는 사실을 떠올리지 못하면 음수라고 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전자를 잃는 종과 전자를 얻는 종을 나누어 산화와 환원을 판별한다. 그다음 반응이 저절로 진행되는 부식이면 E°_{cell}의 부호를 양수로 판단하면 된다.

암기 포인트

철 부식은 Fe가 산화되고 O_2가 환원되며, 자발 반응의 E°_{cell}는 양수이다.

NoteBase