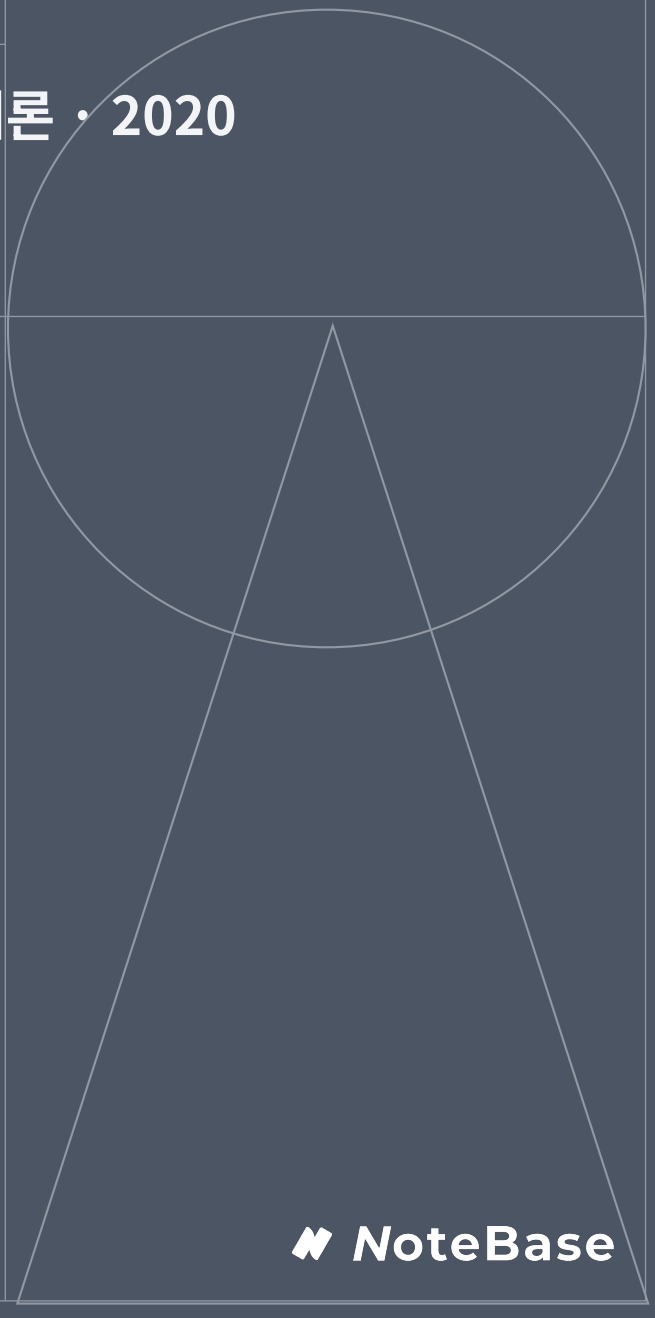
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2020

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2020

문 1. 짝 지은 d 오비탈 모양이 가장 다른 것은?

① d_{yz}, d_{xz}

② d_{xz}, $d_{x^2-y^2}$

③ $d_{x^2-y^2}$, d_{z^2}

④ d_{yz}, d_{xy}

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 다섯 개 d 오비탈 가운데 모양의 기본 계열이 어떻게 나뉘는지를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}는 모두 네 잎 클로버형으로 각 좌표축 사이 방향에 로브가 놓이는 오비탈이다.
$d_{x^2-y^2}$도 네 잎형이지만 로브가 x축과 y축 위에 직접 놓인다.
d_{z^2}는 z축 방향의 두 로브와 가운데 고리 모양 띠를 가지므로 다른 d 오비탈들과 가장 구별되는 형태이다.

선지별 해설

1번 X: d_{yz}와 d_{xz}는 모두 네 잎 클로버형이다. 다른 점은 놓인 평면과 방향뿐이므로 "가장 다른 조합"이라는 표현이 틀리다. 올바르게는 "서로 같은 네 잎형 계열의 오비탈이다"이다.
2번 X: d_{xz}와 $d_{x^2-y^2}$는 배향은 다르지만 둘 다 네 잎형이다. 따라서 "가장 다른 조합"이라는 표현이 틀리다. 올바르게는 "둘 다 네 잎형이며 로브의 방향만 다르다"이다.
3번 O: $d_{x^2-y^2}$는 네 잎형이고 d_{z^2}는 두 로브와 고리 모양을 가진다. 기본적인 외형 자체가 가장 다르므로 정답이다.
4번 X: d_{yz}와 d_{xy}도 모두 네 잎 클로버형이다. 축 사이에 로브가 놓인다는 점까지 같아서 "가장 다른 조합"이라는 표현이 틀리다. 올바르게는 "서로 같은 형태 계열이며 좌표 평면만 다르다"이다.

오답 포인트

$d_{x^2-y^2}$가 축 위에 놓인다는 이유만으로 d_{xz}와 전혀 다른 모양처럼 보이기 쉽다. 그러나 둘 다 네 잎형이라는 큰 분류는 같고, d_{z^2}만 두 로브와 고리 모양을 가져 형태 계열이 다르다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

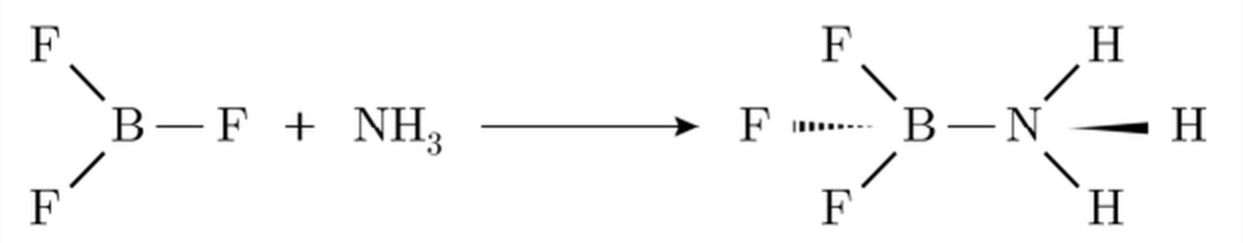
먼저 d_{z^2}를 예외형으로 분리하고, 나머지 네 개가 모두 네 잎형인지 확인하면 된다. 그다음 로브의 방향 차이는 같은 계열 안의 배향 차이인지, 아예 기본 모양이 다른지로 판단한다.

암기 포인트

네 잎형은 d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, $d_{x^2-y^2}$이고, 예외형은 d_{z^2}이다.

NoteBase

문 2. 다음 산-염기 반응에서 암모니아의 역할은?



① 아레니우스 염기

② 브뢴스테드-로우리 염기

③ 루이스 염기

④ 아레니우스 산

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반응식에서 암모니아가 비공유 전자쌍을 붕소에 내어주어 배위 결합을 만드는 모습을 보고 루이스 산-염기 개념을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

1번 X: 아레니우스 염기는 수용액에서 OH^- 농도를 증가시키는 물질이다. 제시된 반응은 물속에서 OH^-를 만드는 반응이 아니라 NH_3가 전자쌍을 BF_3에 주는 반응이므로, 이 선지는 틀렸다. 올바르게는 암모니아는 이 반응에서 루이스 염기이다.

2번 X: 브뢴스테드-로우리 염기는 양성자 H^+를 받는 물질이다. 제시된 반응에는 양성자 이동이 없고 전자쌍 공여만 있으므로, 이 선지는 틀렸다. 올바르게는 암모니아는 양성자 받개가 아니라 전자쌍 공여체로 작용한다.

3번 O: NH_3의 질소는 비공유 전자쌍을 가지고 있고, 전자 부족한 BF_3의 붕소에 그 전자쌍을 제공하여 배위 결합을 만든다. 전자쌍을 주는 종은 루이스 염기이므로 옳다.

4번 X: 아레니우스 산은 수용액에서 H^+ 농도를 증가시키는 물질이다. 제시된 반응에서 산 역할을 하는 쪽은 전자쌍을 받는 BF_3이며, 이것은 아레니우스 산이 아니라 루이스 산이다. 올바르게는 암모니아는 아레니우스 산이 아니라 루이스 염기이다.

오답 포인트

암모니아라는 물질 자체를 보면 브뢴스테드-로우리 염기나 아레니우스 염기를 먼저 떠올리기 쉽다. 그러나 이 문항은 물질의 일반적 성질이 아니라 제시된 반응에서의 역할을 묻고 있으므로, 반응식에 H^+ 이동이 있는지와 전자쌍 공여가 보이는지를 먼저 봐야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

산-염기 반응식이 나오면 먼저 양성자 이동 여부를 확인한다. 양성자 이동이 없고 한쪽이 비공유 전자쌍을 내어 배위 결합을 만들면 전자쌍 공여체는 루이스 염기, 전자쌍 수용체는 루이스 산으로 판단한다.

암기 포인트

루이스 염기는 전자쌍 공여체이고 루이스 산은 전자쌍 수용체이다.

NoteBase

문 3. 1 atm에서 어는점이 가장 낮은 수용액은?

① 0.01m 염화소듐($NaCl$) 수용액

② 0.01m 염화칼슘($CaCl_2$) 수용액

③ 0.03m 글루코스($C_6H_{12}O_6$) 수용액

④ 0.03m 아세트산(CH_3COOH) 수용액

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 어는점 내림이 용질의 종류가 아니라 용액 속 실제 용질 입자 수, 즉 반트호프 인자 i와 몰랄농도 m의 곱에 비례한다는 점을 묻는 문제이다. 유효 입자 수 $i \times m$이 클수록 어는점이 더 낮아지므로, 이 값이 가장 큰 수용액을 찾으면 된다.

핵심 개념

어는점 내림은 $\Delta T_f = K_f \times i \times m$으로 나타내며, 비휘발성 용질 입자가 많을수록 커진다.
비교 기준은 같은 조건에서 반트호프 인자 i와 몰랄농도 m를 곱한 유효 입자 수이고, 이 값이 클수록 어는점이 낮다.
NaCl은 강전해질이라 $i \approx 2$, CaCl2는 강전해질이라 $i \approx 3$, 포도당은 비전해질이라 $i = 1$, 아세트산은 약전해질이라 부분 이온화되어 $1 < i < 2$이다.

선지별 해설

1번: X. 0.01 m NaCl 수용액은 Na+와 Cl-로 거의 완전히 해리되어 유효 입자 수가 대략 $0.01 \times 2 = 0.02$가 된다. 틀린 판단 포인트는 0.01 m라는 농도만 보고 어는점이 가장 낮다고 보는 점이다. 올바르게는 유효 입자 수가 0.02 수준으로 가장 작아 어는점 내림이 가장 작고, 2번, 3번, 4번보다 어는점이 높다.
2번: X. 0.01 m CaCl2 수용액은 Ca^{2+}와 2개의 Cl^-로 해리되어 유효 입자 수가 $0.01 \times 3 = 0.03$이다. 이는 3번 포도당의 $0.03 \times 1 = 0.03$과 정확히 같은 값이다. 그러나 4번 아세트산은 부분 이온화로 유효 입자 수가 0.03을 넘으므로, CaCl2는 4번보다 유효 입자 수가 작아 어는점이 가장 낮지는 않다.
3번: X. 0.03 m 포도당 수용액은 전해질이 아니므로 해리되지 않아 유효 입자 수가 그대로 0.03이다. 2번 CaCl2와 유효 입자 수가 0.03으로 동일하지만, 부분 이온화로 0.03을 넘는 4번보다는 작다. 따라서 어는점이 가장 낮은 용액은 아니다.
4번: O. 0.03 m 아세트산 수용액은 약전해질이라 일부가 H^+와 CH_3COO^-로 이온화된다. 따라서 유효 입자 수는 0.03보다 커서, 각각 0.03인 2번과 3번보다 크다. 네 용액 중 유효 입자 수 $i \times m$이 가장 크므로 어는점이 가장 낮다.

NoteBase

오답 포인트

농도 숫자만 비교하면 3번과 4번이 같아 보이고, 강전해질이라는 이유만으로 2번을 고르기 쉽다. 실제로 2번 CaCl2와 3번 포도당은 유효 입자 수가 0.03으로 동일하며, 4번 아세트산만 부분 이온화로 0.03을 넘는다. 이 문항의 함정은 몰랄농도 자체가 아니라 해리 여부까지 포함한 실제 입자 수를 비교해야 어는점 내림의 크기를 알 수 있다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

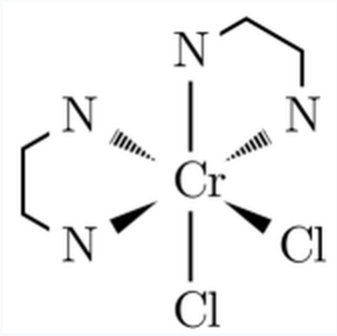
묽은 용액의 총괄성은 먼저 용질의 종류를 확인한 뒤 $i \times m$ 또는 $i \times M$처럼 실제 입자 수를 비교해 판단한다. 같은 농도라면 강전해질, 약전해질, 비전해질 순으로 어는점 내림이 커진다.

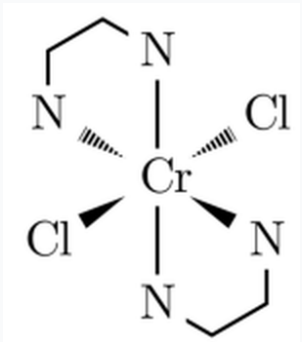
암기 포인트

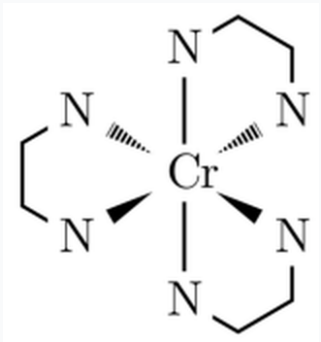
어는점은 용질 입자 수가 많을수록 더 낮아지며, 판단 기준은 농도 숫자 하나가 아니라 $i \times$ 농도이다.

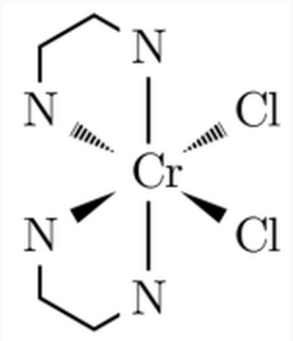
NoteBase

문 4. 거울상 이성질체를 갖지 않는 크로뮴 착화합물은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 옥타헤드랄 크로뮴 착화합물에서 킬레이트 고리의 배치와 cis/trans 관계, 대칭 요소(거울면·대칭중심)의 존재를 보고 거울상 이성질체의 유무를 판단하는 문제이다. 발문은 '거울상 이성질체를 갖지 않는' 착화합물, 즉 비키랄(비광학활성) 구조 하나를 고르는 것이다.

NoteBase

핵심 개념

광학이성질체(거울상 이성질체)를 가지려면 착이온이 키랄이어야 한다. 즉 거울면(σ)이나 대칭중심(i) 같은 대칭 요소가 하나도 없어야 한다. 이런 대칭 요소가 있으면 분자는 자기 거울상과 겹쳐지므로 비키랄이 되어 광학이성질체를 갖지 않는다. 옥타헤드랄 $[M(en)_2Cl_2]$형에서는 두 Cl이 trans(180°로 마주봄)이면 거울면과 대칭중심이 생겨 비키랄이고, cis(90°로 인접)이면 두 en 고리가 비틀려 감겨 대칭 요소가 없어 키랄이 된다. $[M(en)_3]$형은 세 킬레이트 고리가 한 방향으로 감긴 대표적인 광학활성 착이온이다.

선지별 해설

① X: 그림에서 두 Cl이 서로 90°로 이웃해 있는 cis-$[Cr(en)_2Cl_2]$형이다. cis 배치에서는 두 en 킬레이트 고리가 프로펠러처럼 비틀려 감겨 거울면과 대칭중심이 모두 사라진다. 따라서 키랄이 되어 겹쳐지지 않는 거울상 이성질체를 가진다.
② O: 그림에서 두 Cl이 Cr을 사이에 두고 180°로 정반대에 놓인 trans-$[Cr(en)_2Cl_2]$형이다. 두 en은 같은 적도 평면에 나란히 놓이고, 이 배치에는 거울면과 대칭중심이 존재한다. 그러므로 자기 거울상과 겹쳐져 광학이성질체를 갖지 않는다. 발문이 요구하는 비키랄 구조이므로 정답이다.
③ X: 세 개의 en이 모두 킬레이트로 감긴 $[Cr(en)_3]^{3+}$형(tris-chelate)이다. 세 고리가 한 방향으로 감겨 나선을 이루므로 거울면·대칭중심이 없고, 델타(Δ)형과 람다(Λ)형이라는 서로 겹쳐지지 않는 거울상 이성질체를 가진다.
④ X: 그림 방향은 ①과 달라 보이지만 두 Cl이 서로 90°로 이웃한 또 다른 cis-$[Cr(en)_2Cl_2]$ 배치이다. 두 Cl이 인접한 cis형이라는 점은 ①과 같으므로, 마찬가지로 대칭 요소가 없어 키랄이고 거울상 이성질체를 가진다.

오답 포인트

많이 틀리는 이유는 두 Cl의 위치를 평면 그림처럼만 보고 전체 입체배치와 대칭 요소를 따지지 않기 때문이다. ①과 ④는 그림 방향이 달라 보여도 두 Cl이 모두 90°로 인접한 cis형이라 둘 다 광학활성이다(그려진 방향만 다를 뿐 같은 cis 부류이다). ③은 리간드가 모두 en으로 같아 단순해 보여도 $[Cr(en)_3]^{3+}$ 자체가 대표적인 광학활성 착이온이라는 점이 함정이다. 두 Cl이 180°로 마주보아 대칭 요소가 생기는 trans형인 ②만이 비키랄이다.

다시 나오면 이렇게 판단

옥타헤드랄 킬레이트 착물은 먼저 같은 단원자 리간드 둘이 cis(90°)인지 trans(180°)인지 본다. $[M(en)_2X_2]$에서 X 둘이 trans이면 거울면·대칭중심이 생겨 비광학활성이고, cis이면 대칭 요소가 없어져 키랄이 되어 광학이성질체를 가진다. $[M(en)_3]$는 기본적으로 델타·람다 광학이성질체가 있다고 판단한다.

암기 포인트

옥타헤드랄 $[M(en)_2X_2]$는 cis면 광학활성, trans면 비광학활성으로 정리된다. $[M(en)_3]$는 항상 델타(Δ)형과 람다(Λ)형을 떠올리면 된다. '거울상 이성질체를 갖지 않는 것=대칭 요소(거울면·대칭중심)가 있는 것=trans형'으로 연결한다.

NoteBase

문 5. 다전자 원자에서 2s 전자와 2p 전자가 느끼는 유효 핵전하와 내부 껍질로의 침투 효과(penetration effect) 크기를 바르게 연결한 것은?

① 유효 핵전하: 2s>2p, 침투 효과: 2s>2p

② 유효 핵전하: 2s<2p, 침투 효과: 2s>2p

③ 유효 핵전하: 2s<2p, 침투 효과: 2s<2p

④ 유효 핵전하: 2s>2p, 침투 효과: 2s<2p

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 다전자 원자에서 2s 전자와 2p 전자의 침투 효과 차이와 그에 따른 유효 핵전하 크기 비교를 묻는 문제이다.

핵심 개념

2s 전자는 같은 주양자수의 2p 전자보다 핵 가까이 접근할 확률이 더 큰 오비탈이다. 따라서 2s의 침투 효과가 2p보다 크고, 차폐를 덜 받아 2s 전자가 느끼는 유효 핵전하도 2p보다 크다.

선지별 해설

① O

유효 핵전하는 2s > 2p이고 침투 효과도 2s > 2p이므로 옳다. 2s 오비탈이 2p보다 핵 부근 전자밀도가 커서 내부 전자 차폐를 덜 받는다.

② X

틀린 부분은 유효 핵전하를 2s < 2p로 둔 표현이다.

올바르게는 2s 전자가 2p 전자보다 더 큰 유효 핵전하를 느낀다. 침투 효과를 2s > 2p로 본 부분만 맞다.

③ X

틀린 부분은 유효 핵전하를 2s < 2p, 침투 효과를 2s < 2p로 둔 표현이다.

올바르게는 2s 전자가 2p 전자보다 더 잘 침투하므로 침투 효과와 유효 핵전하가 모두 2s > 2p이다.

④ X

틀린 부분은 침투 효과를 2s < 2p로 둔 표현이다.

올바르게는 2s의 침투 효과가 2p보다 크다. 유효 핵전하를 2s > 2p로 본 부분은 맞다.

NoteBase

오답 포인트

유효 핵전하와 침투 효과를 서로 다른 크기 관계로 외우면 ②나 ④처럼 부분적으로만 맞는 선지에 흔들리기 쉽다. 이 둘은 이 문항에서는 같은 방향으로 연결된다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 주양자수에서 s, p, d 오비탈을 비교하면 먼저 핵 가까이 침투하는 정도를 본다. 더 잘 침투하는 오비탈일수록 차폐를 덜 받아 유효 핵전하를 더 크게 느낀다고 판단하면 된다.

암기 포인트

침투 효과가 큰 오비탈일수록 유효 핵전하도 크다. 같은 껍질에서는 2s > 2p이다.

NoteBase

문 6. 알칼리 금속에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 수소를 제외한 1족 원소이며 물과 반응하여 수소를 생성한다.
ㄴ. 전자 한 개를 쉽게 잃고 +1 전하를 갖는 이온이 되기 쉽다.
ㄷ. 알칼리 금속은 석유나 벤젠에 넣어 보관하면 위험하다.
ㄹ. 알칼리 금속은 자기가 속한 주기 내에서 가장 큰 1차 이온화 에너지값을 갖는다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 알칼리 금속의 공통 성질인 1가 양이온 형성, 물과의 반응성, 보관 방법, 이온화 에너지의 크기 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

알칼리 금속은 수소를 제외한 1족 원소로, 최외각전자 1개를 잃어 M^+가 되기 쉽다.
같은 주기에서는 가장 왼쪽에 있어 원자 반지름이 크고 최외각전자를 약하게 잡으므로 1차 이온화 에너지가 가장 작다.
반응성이 매우 커서 공기와 수분을 피해야 하므로 보통 석유류 아래 보관한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- ㄱ, ㄴ이 모두 옳으므로 맞는 선택지이다.
- ㄱ은 알칼리 금속이 수소를 제외한 1족 원소이며 물과 반응하여 수산화물과 수소를 만든다는 성질을 말하므로 옳다.
- ㄴ은 최외각전자 1개를 쉽게 잃어 M^+가 되기 쉽다는 뜻이므로 옳다.

② X
- ㄹ이 틀렸으므로 맞는 선택지가 아니다.
- 틀린 부분은 '가장 큰 1차 이온화 에너지값'이다. 실제로는 같은 주기에서 가장 작은 1차 이온화 에너지값을 가진다.

③ X
- ㄷ이 틀렸으므로 맞는 선택지가 아니다.
- 틀린 부분은 '석유나 벤젠에 넣어 보관하면 위험하다'이다. 실제로는 공기와 수분을 차단하기 위해 석유류 아래 보관한다는 점이 핵심이다.

④ X
- ㄷ과 ㄹ이 모두 틀렸으므로 맞는 선택지가 아니다.
- ㄷ은 보관 방법을 거꾸로 쓴 것이고, ㄹ은 이온화 에너지의 크기 관계를 반대로 쓴 것이다.

오답 포인트

반응성이 큰 금속이므로 석유 속 보관도 위험하다고 단순 연결하거나, 금속이라는 이유만으로 전자를 떼기 어렵다고 착각하기 쉽다. 이 문항은 보관은 석유류 아래에서 하고, 1차 이온화 에너지는 같은 주기에서 가장 작다는 점을 뒤집어 놓은 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

1족 원소가 보이면 최외각전자 1개, +1 이온 형성, 물과의 반응, 석유류 보관, 같은 주기 최저 1차 이온화 에너지를 한 묶음으로 판단하면 된다. 선지에 '가장 크다'처럼 크기 비교를 뒤집은 표현이 나오면 오답 가능성이 높다.

암기 포인트

알칼리 금속은 '1족, 1전자, +1 이온, 물과 반응, 석유류 보관, 이온화 에너지는 작다'로 정리된다.

NoteBase

문 7. SF_4분자에 대해 원자가 껍질 전자쌍 반발 이론과 원자가 결합 이론을 적용한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, S와 F는 각각 16족, 17족 원소이다)

ㄱ. 가장 안정한 분자구조로 시소(see-saw) 구조를 가진다.
ㄴ. S는 팔전자 규칙을 만족하지 않는다.
ㄷ. S의 형식 전하는 0이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 SF4의 전자영역배치와 분자구조, 중심 원자의 팔전자 규칙 충족 여부, 형식 전하를 함께 판정하는 문제이다.

핵심 개념

SF4에서 S 주변 전자영역은 결합 전자쌍 4개와 비공유 전자쌍 1개로 총 5개이므로 전자영역배치는 삼각쌍뿔형이다.
비공유 전자쌍 1개가 적도 자리를 차지하면 분자구조는 시소형이 되어 ㄱ이 성립한다.
S는 S-F 결합 4개와 비공유 전자쌍 1개를 가져 중심 원자 주위 전자가 10개이므로 팔전자 규칙을 만족하지 않아 ㄴ이 성립한다.
형식 전하는 $FC = V - (N + B/2)$로 계산하며, S는 $V = 6, N = 2, B = 8$이므로 $FC = 6 - (2 + 8/2) = 0$
이어서 ㄷ도 성립한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ①은 ㄱ, ㄴ만 옳다고 본 선택지이다.
- 그러나 ㄷ의 "S의 형식 전하는 0이다"도 옳다. 틀린 부분은 ㄷ을 제외한 점이다.
- 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.

② X
- ②는 ㄱ, ㄷ만 옳다고 본 선택지이다.
- 그러나 ㄴ의 "S는 팔전자 규칙을 만족하지 않는다"도 옳다. SF4의 중심 S 주위에는 전자가 10개 배치된다.
- 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.

③ X
- ③은 ㄴ, ㄷ만 옳다고 본 선택지이다.
- 그러나 ㄱ의 "가장 안정한 분자구조로 시소 구조를 가진다"도 옳다. 삼각쌍뿔 전자영역배치에서 비공유 전자쌍이 적도 자리에 놓일 때 시소형이 가장 안정하다.
- 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.

④ O
- ④는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다고 본 선택지이다.
- ㄱ은 시소형 분자구조이므로 옳고, ㄴ은 확장 옥텟으로 중심 S가 팔전자 규칙을 벗어나므로 옳고, ㄷ은 S의 형식 전하가 0이므로 옳다.

오답 포인트

분자구조와 전자영역배치를 혼동하면 ㄱ을 놓치기 쉽다. 또 "팔전자 규칙을 만족하지 않는다"를 곧바로 형식 전하가 0이 아니라는 뜻으로 오해하면 ㄴ과 ㄷ을 함께 보지 못한다. 팔전자 규칙 위반 여부와 형식 전하는 서로 다른 판단 기준이다.

다시 나오면 이렇게 판단

중심 원자의 전자영역 수를 먼저 세어 전자영역배치를 정하고, 그다음 비공유 전자쌍 위치를 반영해 실제 분자구조를 판단한다. 이어 중심 원자 주위 전자 수로 팔전자 규칙 충족 여부를 보고, 마지막에 형식 전하 식으로 전하를 따로 계산하면 된다.

암기 포인트

SF4는 전자영역 5개, 분자구조는 시소형, S는 확장 옥텟, 형식 전하는 0이다.

NoteBase

문 8. 상자기성(paramagnetism)을 띠는 착이온은? (단, Mn, Co, Cu, Zn은 각각 7족, 9족, 11족, 12족 원소이다)

① $Mn(CN)_6^{2-}$

② $Co(CN)_6^{3-}$

③ $Cu(CN)_3^{2-}$

④ $Zn(H_2O)_6^{2+}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 중심 금속의 산화수와 d 전자 수를 구한 뒤, 리간드 세기에 따라 비짝전자 수를 판단할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

상자기성은 비짝전자가 하나 이상 있을 때 나타나고, 반자기성은 전자가 모두 짝지어져 있을 때 나타난다.
CN^-는 강한 장 리간드라서 옥타헤드랄 착이온에서 전자를 낮은 에너지의 t_{2g}에 먼저 짝지우게 하고, d^{10} 배치는 리간드와 무관하게 모두 짝지어진다.

선지별 해설

1번 $[Mn(CN)_6]^{2-}$: O. Mn의 산화수는 +4이므로 d^3이다. 옥타헤드랄장에서 t_{2g}^3가 되어 비짝전자 3개를 가지므로 상자기성을 띤다.
2번 $[Co(CN)_6]^{3-}$: X. Co의 산화수는 +3이므로 d^6이다. CN^-는 강한 장 리간드이므로 저스핀 t_{2g}^6가 되어 전자가 모두 짝지어진다. 틀린 표현은 이 종을 상자기성으로 보는 점이다. 올바르게는 반자기성이다.
3번 $[Cu(CN)_3]^{2-}$: X. Cu의 산화수는 +1이므로 d^{10}이다. d^{10}은 전자가 모두 짝지어져 비짝전자가 없다. 틀린 표현은 이 종을 상자기성으로 보는 점이다. 올바르게는 반자기성이다.
4번 $[Zn(H_2O)_6]^{2+}$: X. Zn의 산화수는 +2이므로 d^{10}이다. 물이 약한 장 리간드여도 d^{10}은 이미 가득 차 있어 비짝전자가 없다. 틀린 표현은 이 종을 상자기성으로 보는 점이다. 올바르게는 반자기성이다.

오답 포인트

CN^-가 강한 장 리간드라는 사실만 외우고 중심 금속의 산화수와 d 전자 수를 계산하지 않으면 1번과 2번을 함께 상자기성으로 오인하기 쉽다. 또 3번과 4번의 d^{10} 배치를 놓치면 리간드 세기와 무관하게 반자기성이라는 점을 놓치게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

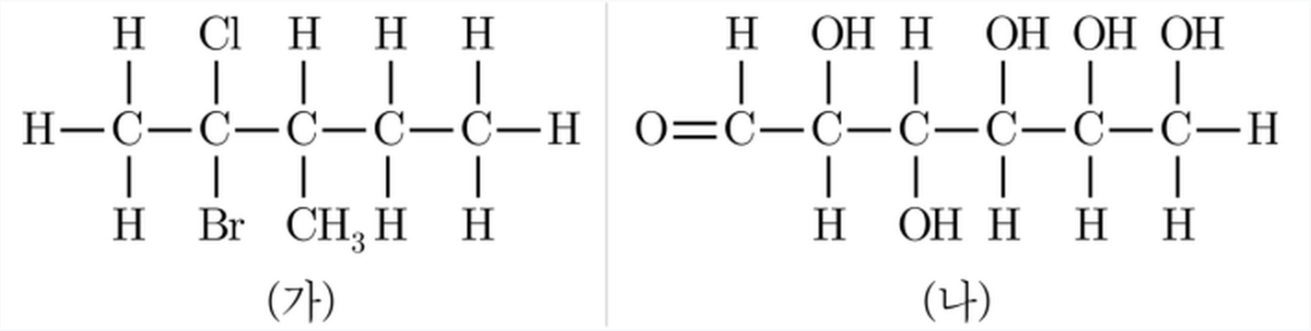
먼저 착이온 전체 전하로 중심 금속의 산화수를 구하고, 족 정보를 이용해 d^n 전자 수를 정한다. 그다음 강한 장 리간드인지와 d^{10} 여부를 확인해 비짝전자 수가 남는지만 보면 된다.

암기 포인트

상자기성 판단의 핵심은 산화수 → d^n → 비짝전자 수이며, d^{10}은 항상 반자기성이다.

NoteBase

문 9. 화합물 (가)와 (나)의 카이랄(입체 발생) 탄소 개수를 바르게 연결한 것은?



① (가): 2, (나): 4

② (가): 2, (나): 5

③ (가): 3, (나): 4

④ (가): 3, (나): 5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 네 개의 서로 다른 치환기를 가진 탄소만 카이럴 탄소로 세어, 카보닐 탄소와 같은 평면 탄소나 같은 치환기가 반복되는 탄소를 제외할 수 있는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- (가)는 두 번째 탄소와 세 번째 탄소가 카이럴 탄소이다. 두 번째 탄소는 Cl, Br, 왼쪽의 CH3, 오른쪽의 서로 다른 탄소사슬에 결합하므로 4가지 치환기가 모두 다르다. 세 번째 탄소도 H, CH3, 왼쪽 사슬, 오른쪽 사슬이 모두 달라 카이럴 탄소이다. 따라서 (가)는 2개이다.
- (나)는 알데하이드형 사슬에서 카보닐 탄소와 맨 끝 CH2OH 탄소는 카이럴 탄소가 아니다. 가운데 네 탄소는 각각 H, OH, 왼쪽 사슬, 오른쪽 사슬에 결합하여 4가지 치환기가 모두 다르므로 카이럴 탄소가 4개이다.

② X
- (가)를 2개로 본 점은 맞지만, (나)를 5개로 본 점이 틀리다. 카보닐 탄소는 sp^2 평면 탄소라 카이럴 탄소가 될 수 없다.
- 틀린 표현은 '(나) 5'이다. 올바르게는 '(나) 4'이다.

③ X
- (나)를 4개로 본 점은 맞지만, (가)를 3개로 본 점이 틀리다. (가)에서 네 번째 탄소는 H가 두 개 달린 CH2이므로 서로 다른 4가지 치환기를 가질 수 없어 카이럴 탄소가 아니다.
- 틀린 표현은 '(가) 3'이다. 올바르게는 '(가) 2'이다.

④ X
- (가)를 3개, (나)를 5개로 본 두 판단이 모두 틀리다. (가)는 CH2 탄소를 잘못 세면 안 되고, (나)는 카보닐 탄소를 카이럴 탄소로 세면 안 된다.
- 틀린 표현은 '(가) 3, (나) 5'이다. 올바르게는 '(가) 2, (나) 4'이다.

오답 포인트

카이럴 탄소를 셀 때 '탄소가 비대칭적으로 그려져 보인다'는 인상만으로 세면 오답이 된다. 이 문항에서는 (가)의 CH2 탄소를 카이럴 탄소로 착각하거나, (나)의 카보닐 탄소를 입체중심으로 잘못 세는 함정이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 탄소마다 4가지 결합 대상을 하나씩 적어 보고, 같은 치환기가 하나라도 있거나 이중결합을 가진 sp^2 탄소이면 바로 제외하면 된다. 탄소사슬의 왼쪽과 오른쪽이 서로 다른지도 함께 확인하면 된다.

암기 포인트

카이럴 탄소는 '단일결합 사면체 탄소 + 서로 다른 4치환기'이고, CH2 탄소와 카보닐 탄소는 제외 대상이다.

NoteBase

문 10. 나프탈렌($C_{10}H_8$) 64 g을 통열량계에서 연소시켰을 때, 열량계의 온도가 300 K에서 310 K으로 상승하였다. 나프탈렌의 연소에 대한 몰당 반응열[$kJmol^{-1}$]은? (단, 수소와 탄소의 원자량은 각각 1, 12이고, 열량계의 열용량은 $10kJK^{-1}$이다)

① -100

② 100

③ -200

④ 200

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 열량계가 흡수한 열량으로 연소 반응의 총 반응열을 구한 뒤, 실제 연소한 물질량으로 나누어 몰당 반응열을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값

나프탈렌의 몰질량은 $10 \times 12 + 8 \times 1 = 128gmol^{-1}$이다.

시료 64 g의 물질량은 $64/128 = 0.5mol$이다.

열량계의 열용량은 $10kJK^{-1}$이고 온도 변화는 $310 - 300 = 10K$이다.

주의할 조건

열량계 온도가 상승했으므로 열량계는 열을 흡수했고, 연소 반응은 그만큼의 열을 방출한 것이다.

사용할 공식

열량계가 흡수한 열량은 $q_{cal} = C_{cal}\Delta T$이다.

반응계의 열량은 $q_{rxn} = -q_{cal}$이다.

몰당 반응열은 $\Delta H \approx q_{rxn}/n$으로 계산한다.

이 공식을 쓰는 이유는 통열량계 문제에서 직접 측정되는 값이 열량계의 온도 변화이므로, 먼저 열량계가 흡수한 열량을 구한 뒤 그 부호를 바꾸어 반응이 방출한 열을 구해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 열량계가 흡수한 열량은 $q_{cal} = 10 \times 10 = 100kJ$이다.
2. 따라서 나프탈렌 64 g이 연소할 때의 반응열은 $q_{rxn} = -100kJ$이다.
3. 64 g은 $0.5mol$이므로 몰당 반응열은 $(-100)/0.5 = -200kJmol^{-1}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $-100 kJ mol^{-1}$은 64 g, 즉 $0.5 mol$이 연소할 때의 총 반응열만 적은 값이다. 몰당 값으로 고치면 $-200 kJ mol^{-1}$이다.
② X: $100 kJ mol^{-1}$은 부호와 몰수 보정을 모두 놓친 값이다. 연소는 발열 반응이므로 부호는 음수여야 하고, 몰당으로 바꾸면 $-200 kJ mol^{-1}$이다.
③ O: 열량계가 $100 kJ$를 흡수했으므로 반응은 $-100 kJ$를 방출했다. 이것이 $0.5 mol$에 해당하므로 몰당 반응열은 $-200 kJ mol^{-1}$이다.
④ X: $200 kJ mol^{-1}$은 크기만 맞고 부호가 틀린 값이다. 연소로 열이 방출되었으므로 올바른 값은 $-200 kJ mol^{-1}$이다.

오답 포인트

$-100 kJ$를 바로 몰당 값으로 착각하거나, 온도 상승만 보고 $+100 kJ$로 적는 실수가 가장 흔하다. 이 문항의 함정은 총 반응열과 몰당 반응열의 구분, 그리고 열량계와 반응계의 부호가 서로 반대라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

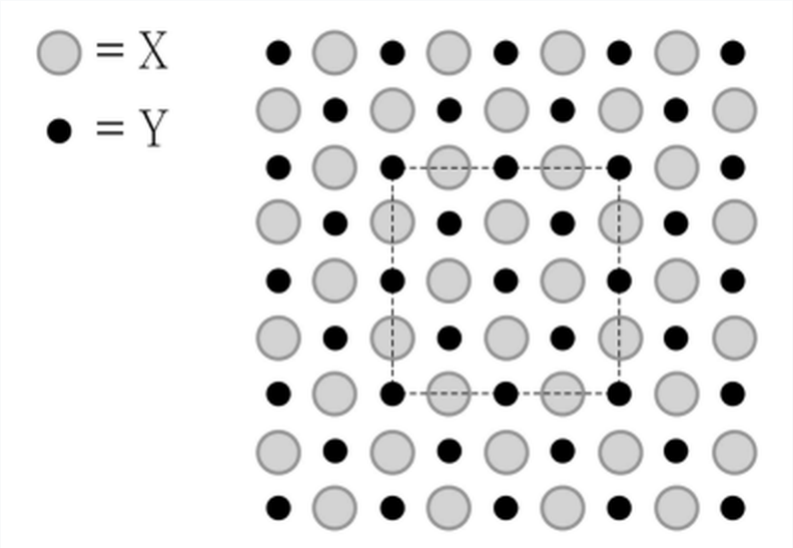
통열량계 계산형은 먼저 ΔT로 열량계가 흡수한 열량을 구하고, 그다음 반응계 부호를 반대로 바꾼 뒤, 마지막에 실제 물질량으로 나누어 몰당 값인지 총량인지 확인하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

통열량계에서는 $q_{rxn} = -C_{cal}\Delta T$이고, 몰당 반응열은 마지막에 반드시 물질량으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 11. 다음 2차원 결정 격자에서 하나의 단위 세포(unit cell)에 존재하는 원자 X와 Y의 개수를 바르게 연결한 것은? (단, 단위 세포는 점선 영역으로 정의한다)



① X: 1, Y: 1

② X: 2, Y: 2

③ X: 4, Y: 4

④ X: 8, Y: 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 2차원 격자에서 꼭짓점 원자와 변 위 원자, 내부 원자의 점유 분수를 나누어 단위 세포 안의 실제 원자 수를 합산하는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

점선 사각형의 꼭짓점 Y 4개는 각각 1/4개씩 기여하여 Y 1개가 되고, 변 위의 Y 4개는 각각 1/2개씩 기여하여 Y 2개가 더해지며, 내부 Y 5개까지 합치면 Y는 8개이다. X도 변 위 8개가 각각 1/2개씩 기여하여 4개, 내부 X 4개를 더해 8개이므로 1:1은 틀리다. 올바르게는 X 8개, Y 8개이다.

② X

꼭짓점과 변 위 원자를 일부만 세면 2:2처럼 보일 수 있으나 단위 세포 내부에 완전히 포함된 원자들을 빠뜨린 계산이다. 내부 Y 5개와 내부 X 4개, 그리고 변 점유분을 모두 합쳐야 하므로 2:2는 틀리다. 올바르게는 X 8개, Y 8개이다.

③ X

변 위 원자만 대충 절반으로 보아 4:4로 줄여 잡은 오답이다. X는 변 위 기여분 4개에 내부 4개를 더해 8개이고, Y는 꼭짓점 1개와 변 위 2개, 내부 5개를 더해 8개이므로 4:4는 틀리다. 올바르게는 X 8개, Y 8개이다.

④ O

Y는 꼭짓점 4개가 $4 \times \frac{1}{4} = 1$, 변 위 4개가 $4 \times \frac{1}{2} = 2$, 내부 5개가 5이므로 모두 8개이다. X는 꼭짓점에는 없고 변 위 8개가 $8 \times \frac{1}{2} = 4$, 내부 4개가 4이므로 모두 8개이다. 따라서 X와 Y의 개수는 8:8이다.

오답 포인트

점선 영역 안에 보이는 원자 수를 그대로 세거나, 꼭짓점과 변 위의 분수 점유를 빼먹으면 1:1, 2:2, 4:4 같은 오답으로 흐르기 쉽다. 특히 ③처럼 내부 원자 수는 세지 않고 경계 원자만 절반 감산하는 계산이 대표적 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

단위 세포 문제는 먼저 원자를 꼭짓점, 변 위, 내부로 나눈다. 그다음 꼭짓점은 1/4, 변 위는 1/2, 내부는 1로 기여도를 곱해 종류별로 따로 합산하면 된다.

암기 포인트

2차원 단위 세포는 꼭짓점 1/4, 변 위 1/2, 내부 1의 규칙으로 센다.

NoteBase

문 12. 극성을 띠는 화학종은? (단, C, Sb, F, Br, I는 각각 14족, 15족, 17족, 17족, 17족이다)

① I_3^-

② BrF_3

③ CBr_4

④ SbF_5

정답 2번

출제 포인트

분자나 다원자 이온의 입체구조와 대칭성을 보고 결합 쌍극자가 상쇄되는지 판단하는 문제이다.

핵심 개념

극성은 결합의 극성만으로 정해지지 않고 화학종 전체의 모양까지 함께 보아야 한다. 같은 치환기가 대칭적으로 배열되면 결합 쌍극자가 상쇄되어 무극성이 되고, 비대칭 배열이면 상쇄되지 않아 극성이 된다.

선지별 해설

① X: I3^-는 중심 I에 결합 2개와 고립전자쌍 3개가 있어 분자 모양이 선형이다. 양끝 원자가 같아 쌍극자가 상쇄되므로 극성이 아니다. 틀린 표현은 '극성을 띠는 화학종'이라는 판단이다. 올바르게는 'I3^-는 선형의 무극성 화학종이다.'이다.
② O: BrF3는 중심 Br에 결합 3개와 고립전자쌍 2개가 있어 T자형 구조를 이룬다. 비대칭 구조이므로 결합 쌍극자가 완전히 상쇄되지 않아 극성을 띤다.
③ X: CBr4는 정사면체 구조이고 네 개의 Br가 모두 같아 대칭적이다. 각 C-Br 결합은 극성이 있지만 전체 쌍극자는 상쇄되어 무극성이다. 틀린 표현은 '극성을 띠는 화학종'이라는 판단이다. 올바르게는 'CBr4는 정사면체의 무극성 분자이다.'이다.
④ X: SbF5는 삼각쌍뿔형 구조이고 다섯 개의 F가 모두 같아 전체적으로 대칭적이다. 축 방향과 평면 방향의 결합 쌍극자 합이 0이 되어 무극성이다. 틀린 표현은 '극성을 띠는 화학종'이라는 판단이다. 올바르게는 'SbF5는 삼각쌍뿔형의 무극성 분자이다.'이다.

오답 포인트

결합이 극성이면 분자도 극성이라고 바로 판단하면 ③과 ④에 걸리기 쉽다. 이 문항의 함정은 결합의 극성과 분자 전체의 대칭성을 구분하지 못하게 만드는 데 있다. ②는 고립전자쌍 때문에 T자형 비대칭이 되고, ①·③·④는 같은 치환기가 대칭적으로 배열되어 쌍극자가 상쇄된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자의 전자영역 수로 VSEPR 구조를 정한 뒤 같은 치환기가 대칭적으로 놓이는지 본다. 대칭이면 무극성으로, 고립전자쌍 때문에 굽은형이나 T자형처럼 비대칭이 되면 극성으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

같은 치환기라도 대칭이면 무극성이고, 고립전자쌍이 대칭을 깨는 T자형 BrF3는 극성이다.

NoteBase

문 13. 질소(N_2) 기체와 수소(H_2) 기체를 반응시켜 암모니아(NH_3) 기체를 만드는 반응에서 질소 기체 14g과 수소 기체 7g을 완전히 반응시켰을 때, 반응 후 남아 있는 과량 반응물(excess reagent) (A)와 생성된 암모니아의 질량(B)를 바르게 연결한 것은? (단, 수소와 질소의 원자량은 각각 1, 14이다)

① (A) 수소 기체 2g, (B) 암모니아 10g

② (A) 수소 기체 4g, (B) 암모니아 17g

③ (A) 질소 기체 2g, (B) 암모니아 10g

④ (A) 질소 기체 4g, (B) 암모니아 17g

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 반응식의 계수비와 몰수 계산을 이용해 제한 반응물, 과량 반응물, 생성물의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질소 기체 14g, 수소 기체 7g이다.
구해야 할 값: 반응 후 남는 과량 반응물 (A)와 생성된 암모니아의 질량 (B)이다.
주의할 조건: 반응식은 $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$이고, 몰질량은 $N_2 = 28g/mol$, $H_2 = 2g/mol$, $NH_3 = 17g/mol$이다.

사용할 공식

반응식의 계수비를 몰비로 사용한다.
$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
이 공식을 쓰는 이유: 주어진 질량을 몰수로 바꾼 뒤 반응식의 몰비를 적용해야 어떤 물질이 먼저 소모되는지와 생성물의 양을 정확히 정할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 질소의 몰수는 $14/28 = 0.5mol$이고, 수소의 몰수는 $7/2 = 3.5mol$이다.
2. N_2 0.5mol이 모두 반응하려면 H_2는 $0.5 \times 3 = 1.5mol$ 필요하다. 실제 수소는 3.5mol이므로 질소가 제한 반응물이고 수소가 과량 반응물이다.
3. 남는 수소는 $3.5 - 1.5 = 2.0mol$이므로 질량은 $2.0 \times 2 = 4g$이다.
4. 생성되는 암모니아는 $0.5 \times 2 = 1.0mol$이므로 질량은 $1.0 \times 17 = 17g$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: (A)를 수소 기체 2g, (B)를 암모니아 10g으로 본 점이 모두 틀리다. 남는 수소는 $2.0mol$이므로 $4g$이고, 생성 암모니아는 $1.0mol$이므로 $17g$이다. 틀린 표현은 '수소 기체 2g, 암모니아 10g'이고, 올바르게는 '수소 기체 4g, 암모니아 17g'이다.
② O: 질소가 먼저 모두 소모되고 수소가 $2.0mol$ 남으므로 (A)는 수소 기체 4g이다. 생성 암모니아는 $1.0mol$, 즉 17g이므로 (B)는 암모니아 17g이다.
③ X: 과량 반응물을 질소 기체 2g으로 본 점이 틀리다. 질소는 제한 반응물이라 전부 반응하고 남지 않는다. 암모니아 10g도 틀렸고, 올바르게는 '수소 기체 4g, 암모니아 17g'이다.
④ X: 암모니아 17g은 맞지만 과량 반응물을 질소 기체 4g으로 본 점이 틀리다. 남는 물질은 질소가 아니라 수소이고, 그 질량은 4g이다. 틀린 표현은 '질소 기체 4g'이고, 올바르게는 '수소 기체 4g'이다.

오답 포인트

질량만 보고 14g과 7g을 직접 비교하면 과량 반응물을 잘못 고르기 쉽다. 이 문항의 함정은 반응식의 계수비를 무시하고 남는 물질을 질소로 착각하거나, 생성된 암모니아의 몰질량 17을 적용하지 않고 임의의 질량값을 고르는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

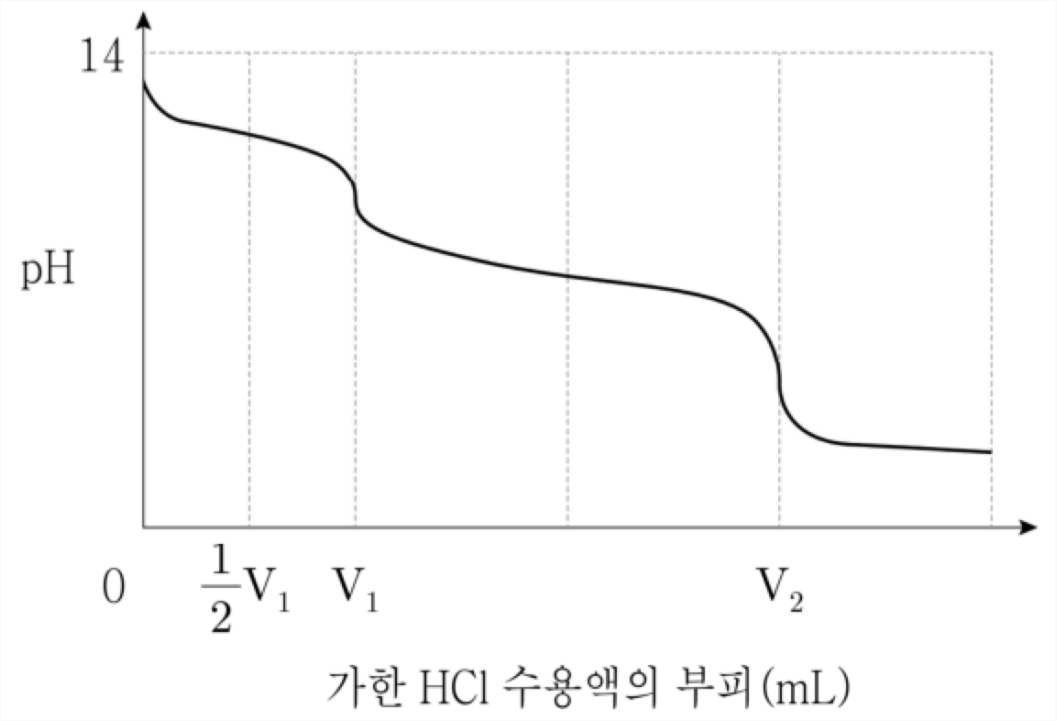
계산형 화학 반응 문제는 질량을 먼저 몰수로 바꾸고, 반응식의 계수비로 제한 반응물을 판정한 뒤, 남는 몰수와 생성 몰수를 다시 질량으로 환산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

과량 반응물 판단은 질량이 아니라 몰수와 계수비로 한다. 이 반응의 핵심 비는 $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 2$이다.

NoteBase

문 14. 다음 그래프는 25°C에서 임의의 염 Na_2A 수용액 10.0mL를 0.1M HCl 수용액으로 적정하여 얻은 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 다양성자산 H_2A의 단계별 산 해리 상수는 각각 $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$이다)



ㄱ. V_1지점에서 용액에 존재하는 화학종은 A^{2-}, Cl^-, Na^+, H_2O이다.

ㄴ. V_2지점에서 $[HA^-] = [H_2A]$의 관계식이 성립한다.

ㄷ. $\frac{1}{2}V_1$지점에서 $pH = pK_{a2}$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄱ, ㄴ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이양성자산 H_2A의 염 Na_2A를 강산 HCl로 적정할 때 적정 곡선의 $\frac{1}{2}V_1$, V_1, V_2가 각각 어떤 화학종 조성과 완충 조건에 해당하는지를 읽는 문제이다.

Na_2A 수용액의 주성분인 A^{2-}에 강산이 더해지므로 적정은 $A^{2-} + H^+ \rightarrow HA^-$(첫 번째 당량점 V_1에서 완결) $\rightarrow HA^- + H^+ \rightarrow H_2A$(두 번째 당량점 V_2에서 완결) 순서로 진행되며, 두 단계에 필요한 H^+의 양이 같으므로 $V_2 = 2V_1$이다. 각 단계의 절반 지점인 반당량점에서는 짝산과 짝염기의 몰수가 같아져 $pH = pK_a$가 성립한다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- ①은 ㄱ만 옳다고 본 선택지이다. V_1은 $A^{2-} + H^+ \rightarrow HA^-$ 반응이 완결되는 첫 번째 당량점이므로, A^{2-}는 모두 HA^-로 전환되어 주된 화학종은 HA^-가 된다(그 밖에 Cl^-, Na^+, H_2O가 함께 존재한다). 보기 ㄱ은 주된 화학종을 A^{2-}로 서술했으므로 틀렸고, 올바르게는 '주된 화학종은 HA^-, Cl^-, Na^+, H_2O이다'이다.

② X

- ②는 ㄴ만 옳다고 본 선택지이다. V_2는 $HA^- + H^+ \rightarrow H_2A$ 반응이 완결되는 두 번째 당량점이므로 주된 화학종은 H_2A이고 $[HA^-] = [H_2A]$가 성립하지 않는다. $[HA^-] = [H_2A]$는 두 번째 적정 단계의 반당량점, 즉 V_1과 V_2의 중간 지점에서 성립하며 이때 짝산-짝염기 쌍 H_2A/HA^-에 대해 $pH = pK_{a1}$이 된다. 따라서 ㄴ은 틀렸다.

③ O

- ③은 ㄷ만 옳다고 본 선택지이다. $\frac{1}{2}V_1$은 첫 번째 적정 단계가 절반만 진행된 반당량점으로, A^{2-}의 절반이 HA^-로 전환되어 남은 A^{2-}와 생성된 HA^-의 몰수가 같아진다($[A^{2-}] = [HA^-]$). 짝산-짝염기 쌍 HA^-/A^{2-}에 대해 헨더슨-하셀바흐식 $pH = pK_{a2} + \log\frac{[A^{2-}]}{[HA^-]}$을 적용하면 두 농도가 같아 로그 항이 0이 되므로 $pH = pK_{a2}$가 된다. 따라서 ㄷ은 옳다.

④ X

- ④는 ㄱ, ㄴ이 모두 옳다고 본 선택지인데, 앞에서 본 것처럼 ㄱ은 V_1에서 주된 화학종이 A^{2-}가 아니라 HA^-이므로 틀렸고, ㄴ은 $[HA^-] = [H_2A]$가 V_2가 아니라 V_1과 V_2의 중간 지점에서 성립하므로 틀렸다. 두 보기가 모두 틀렸으므로 ④는 성립하지 않는다.

오답 포인트

당량점과 반당량점을 뒤섞으면 틀리기 쉽다. 반당량점에서는 짝산과 짝염기의 양이 같아 $pH = pK_a$가 되지만, 당량점에서는 한 단계 중화가 끝난 종이 주성분이 된다. 특히 강산으로 염을 적정하는 역적정 방향($A^{2-} \rightarrow HA^- \rightarrow H_2A$)에서 $\frac{1}{2}V_1$은 첫 단계 반당량점($pH = pK_{a2}$), V_1과 V_2의 중간은 둘째 단계 반당량점($pH = pK_{a1}$)임을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

다양성자산 적정 곡선은 각 당량점에서 어떤 종으로 완전히 바뀌는지를 먼저 적고, 그다음 각 반당량점에서는 해당 단계의 짝산과 짝염기 농도가 같아져 $pH = pK_a$가 된다고 판단하면 된다. 강산으로 적정하는 경우 첫 단계는 Ka_2, 둘째 단계는 Ka_1에 대응한다는 순서에 주의한다.

NoteBase

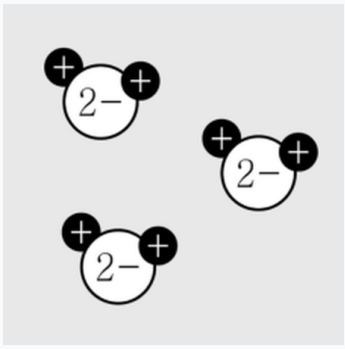
암기 포인트

반당량점은 $pH = pK_a$, 당량점은 그 단계 중화가 끝난 종이 주성분이라는 점을 함께 기억하면 된다.

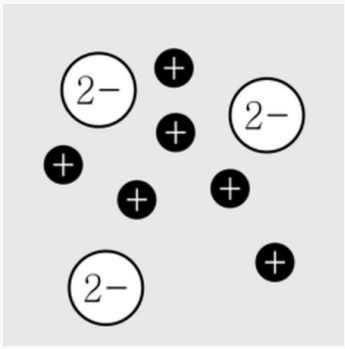
NoteBase

문 15. 균일하고 묽은 Na_2SO_4 수용액 속에 존재하는 화학종을 가장 잘 표현한 것은? (단, 물 분자는 모식도에서 생략되었다)

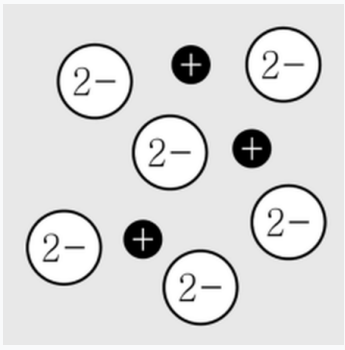
①



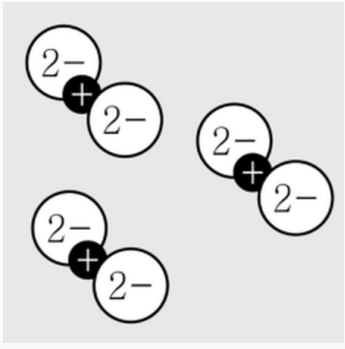
②



③



④



정답 2번

출제 포인트

이 문제는 묽은 Na_2SO_4 수용액에서 이온이 완전히 해리되어 서로 떨어져 분산되어 있는지, 그리고 개수비가 $Na^+ : SO_4^{2-} = 2 : 1$인지 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 각 SO_4^{2-} 주위에 Na^+ 두 개가 붙어 한 덩어리처럼 그려져 있다. 묽은 Na_2SO_4 수용액에서는 이온이 이런 중성 입자 형태로 붙어 다니지 않는다. 올바르게는 Na^+와 SO_4^{2-}가 물속에서 서로 떨어진 채 분산되어 있어야 한다.
② O: Na^+와 SO_4^{2-}가 서로 떨어져 퍼져 있고, 개수비도 $6:3=2:1$로 맞다. 묽은 전해질 수용액 속 해리 상태를 가장 잘 나타낸다.
③ X: 이온이 떨어져 있는 점은 맞지만 Na^+와 SO_4^{2-}의 개수비가 맞지 않는다. 그림에서는 SO_4^{2-}가 상대적으로 많아 전하중성이 성립하지 않는다. 올바르게는 Na^+의 수가 SO_4^{2-}의 두 배가 되어야 한다.
④ X: Na^+가 두 SO_4^{2-} 사이에 끼어 이온쌍이나 연결 구조처럼 보이게 그려져 있다. 묽은 수용액에서는 이런 결합된 배열이 아니라 각 이온이 분리되어 무질서하게 퍼져 있어야 한다. 올바르게는 특정 음이온들 사이를 잇는 모양이 아니라 독립적으로 분산된 이온들을 그려야 한다.

오답 포인트

수용액 속 입자를 화학식 그대로의 분자 Na_2SO_4로 떠올리면 ①이나 ④처럼 고른다. 이 문항의 함정은 '해리된 이온의 분산 상태'와 '전하중성을 만족하는 개수비'를 동시에 보지 않으면 틀리게 만든다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전해질 수용액 모식도는 먼저 이온들이 서로 붙어 있는지 떨어져 있는지를 본다. 그다음 화학식의 전하중성에 맞는 개수비를 본다. Na_2SO_4이면 분산된 Na^+와 SO_4^{2-}의 수가 항상 $2:1$이어야 한다.

암기 포인트

$Na_2SO_4(aq)$는 분자가 떠다니는 모습이 아니라 $2Na^+$와 SO_4^{2-}가 떨어져 분산된 모습이다.

NoteBase

문 16. 단계-성장 중합(step-growth polymerization)으로 합성할 수 없는 고분자는?

① 나일론 6,6(nylon 6,6)

② 폴리에스터(polyester)

③ 폴리우레탄(polyurethane)

④ 폴리에틸렌(polyethylene)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단계-성장 중합과 연쇄-성장 중합의 구분을 묻는 문제이다.

핵심 개념

단계-성장 중합은 이관능기 이상 단량체의 기능기끼리 단계적으로 반응하여 분자량이 커지는 방식이다.
연쇄-성장 중합은 에틸렌처럼 이중결합을 가진 단량체가 활성점에서 연속적으로 첨가되는 방식이다.
나일론 6,6·폴리에스터·폴리우레탄은 기능기 반응형 고분자이고, 폴리에틸렌은 비닐계 첨가중합 고분자이다.

선지별 해설

① X
나일론 6,6은 헥사메틸렌디아민과 아디프산이 기능기끼리 반응하여 만드는 폴리아미드이다.
따라서 ①은 단계-성장 중합으로 합성할 수 없는 고분자가 아니라 단계-성장 중합으로 합성할 수 있는 고분자이다.

② X
폴리에스터는 디올과 디카복실산 또는 그 유도체가 단계적으로 반응하여 형성된다.
따라서 ②는 단계-성장 중합으로 합성할 수 없는 고분자가 아니라 단계-성장 중합으로 합성할 수 있는 고분자이다.

③ X
폴리우레탄은 디이소시아네이트와 디올 또는 디아민이 기능기끼리 반응하여 만들어지는 고분자이다.
부생성물이 없더라도 반응 양식은 단계-성장형 폴리부가이므로, ③은 단계-성장 중합으로 합성할 수 없는 고분자가 아니라 단계-성장 중합으로 합성할 수 있는 고분자이다.

④ O
폴리에틸렌은 에틸렌의 이중결합이 열리면서 활성점에서 연속적으로 첨가되는 연쇄-성장 중합으로 합성된다.
따라서 ④는 단계-성장 중합으로 합성할 수 없는 고분자라는 점에서 맞는 선택지이다.

NoteBase

오답 포인트

단계-성장 중합을 축합중합과 완전히 같은 뜻으로만 외우면 ③ 폴리우레탄을 제외하기 쉽다. 폴리우레탄은 부생성물이 없을 수 있어도 기능기끼리 단계적으로 반응하므로 단계-성장형에 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

단량체가 디올·디아민·디카복실산·디이소시아네이트처럼 양쪽 기능기로 서로 반응하면 단계-성장 중합으로 본다. 에틸렌처럼 이중결합을 가진 비닐 단량체가 활성점에 연속 첨가되면 연쇄-성장 중합으로 판단한다.

암기 포인트

나일론·폴리에스터·폴리우레탄은 기능기 반응형 단계-성장, 폴리에틸렌은 비닐계 연쇄-성장이다.

NoteBase

문 17. 이상 용액(ideal solution)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 라울(Raoult) 법칙을 따르는 용액으로 정의된다.
ㄴ. 용질 - 용질, 용매 - 용매, 용질 - 용매 간의 상호작용이 균일하다.
ㄷ. 총괄성은 용질 입자의 수에 무관하고, 종류에 의존한다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상용액의 정의와 분자 간 상호작용, 그리고 총괄성의 판단 기준을 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

이상용액: 용질-용질, 용매-용매, 용질-용매 사이의 상호작용이 거의 같아 전 조성 범위에서 라울 법칙을 따르는 용액이다. 키워드는 라울 법칙, 상호작용의 유사성이다.
총괄성: 용질의 화학적 종류가 아니라 용액 속 용질 입자의 수에 따라 결정되는 성질이다. 키워드는 입자 수 의존, 종류 무관이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X
- 1번은 ㄱ만 옳다고 본 선택지이다.
- ㄱ은 이상용액을 라울 법칙을 따르는 용액으로 본 설명이므로 옳다.
- 틀린 부분은 'ㄱ만'이다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.

2번 X
- 2번은 ㄴ만 옳다고 본 선택지이다.
- ㄴ은 이상용액에서 용질-용질, 용매-용매, 용질-용매 간 상호작용의 크기가 유사하다는 설명이므로 옳다.
- 틀린 부분은 'ㄴ만'이다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.

3번 X
- 3번은 ㄷ이 옳다고 본 선택지이다.
- ㄷ의 틀린 부분은 '용질 입자의 수에 무관하고, 종류에 의존한다'는 표현이다.
- 총괄성은 실제로 용질 입자 수에 의존하고 종류에는 거의 무관하다.
- 올바르게는 '총괄성은 용질 입자의 수에 의존하고, 종류에는 무관하다'이다.

4번 O
- 4번은 ㄱ, ㄴ이 옳다고 본 선택지이다.
- ㄱ은 이상용액의 정의에 맞고, ㄴ도 이상용액의 분자 간 상호작용 조건을 정확히 설명한다.
- ㄷ은 총괄성의 성질을 반대로 서술했으므로 제외되어야 한다.

오답 포인트

총괄성은 끓는점 오름, 어는점 내림, 증기압 내림, 삼투압처럼 입자 수로 결정되는 성질인데, 이를 물질의 종류에 따른 성질로 바꾸어 놓으면 쉽게 흔들린다. 또 ㄱ과 ㄴ이 모두 이상용액의 핵심 설명인데 하나만 고르게 만들어 불완전한 선택지를 고르게 하는 함정이 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

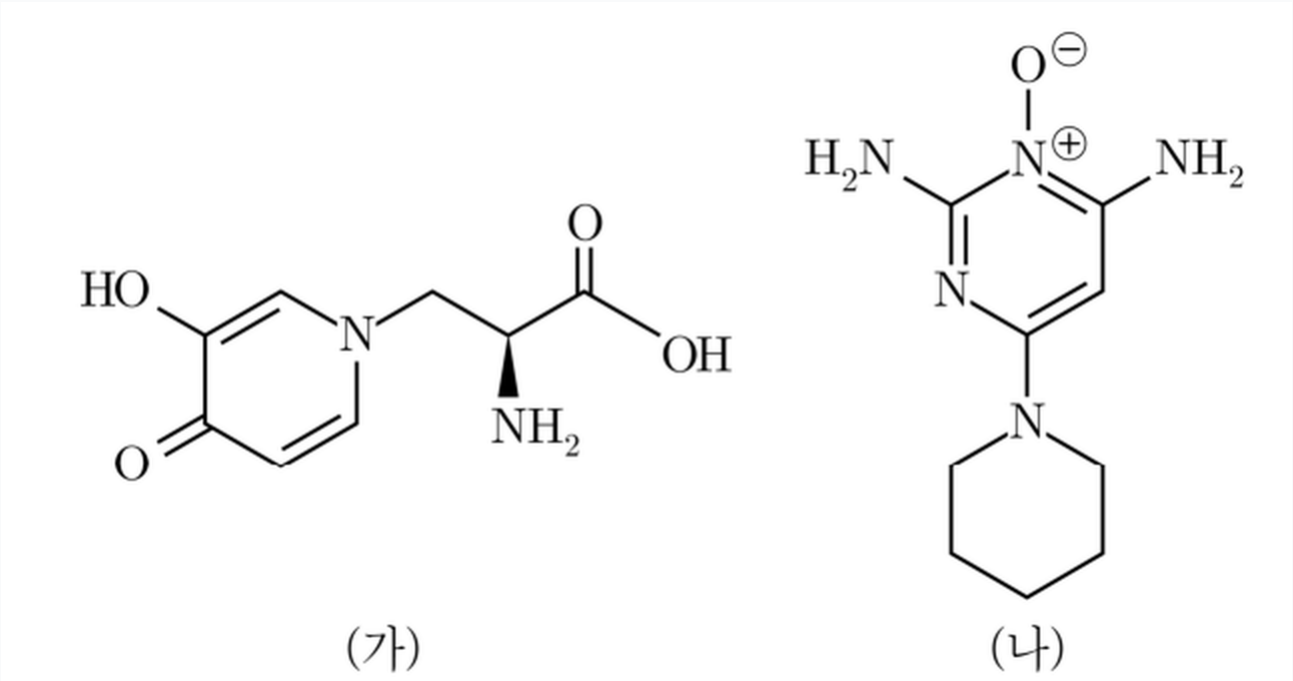
이상용액 문항은 먼저 라울 법칙 성립 여부와 분자 간 상호작용의 유사성을 확인한다. 총괄성 문장은 '입자 수에 의존하는가, 종류와 무관한가'를 기준으로 판별하면 된다.

암기 포인트

이상용액은 라울 법칙과 상호작용 유사성, 총괄성은 입자 수 의존과 종류 무관으로 정리된다.

NoteBase

문 18. 다음 화합물에 대한 설명으로 옳은 것은?



① sp^2 혼성화 질소 원자 개수는 (가)가 (나)보다 많다.

② sp^3 혼성화 질소 원자 개수는 (가)가 (나)보다 많다.

③ sp^2 혼성화 탄소 원자 개수는 (가)가 (나)보다 많다.

④ sp^3 혼성화 탄소 원자 개수는 (가)가 (나)보다 많다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 두 구조식에서 고리의 공명 여부와 작용기의 결합 형태를 보고 질소와 탄소가 각각 sp^2, sp^3 중 어느 혼성화를 하는지 세어 비교하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
(가)의 sp^2 질소는 고리 안의 질소 1개뿐이다. 측쇄의 $-NH_2$는 일반 아민 질소이므로 sp^3이다. 반면 (나)는 고리 안의 질소 2개와 고리와 공명하는 두 개의 $-NH_2$가 모두 sp^2로 본다. 틀린 표현은 "(가)가 (나)보다 많다"이고, 올바르게는 "(나)가 (가)보다 많다"이다.

② X
(가)의 sp^3 질소는 측쇄의 $-NH_2$ 1개이다. (나)의 sp^3 질소는 피페리딘 고리의 질소 1개이다. 따라서 sp^3 혼성화 질소 원자 수는 두 화합물이 같다. 틀린 표현은 "(가)가 (나)보다 많다"이고, 올바르게는 "(가)와 (나)가 같다"이다.

③ O
(가)의 sp^2 탄소는 고리의 탄소 5개와 카복실기의 탄소 1개로 총 6개이다. (나)의 sp^2 탄소는 방향족 고리의 탄소 4개이다. 피페리딘 고리의 탄소 5개는 모두 sp^3이므로 제외된다. 따라서 sp^2 혼성화 탄소 원자 개수는 (가)가 (나)보다 많다.

④ X
(가)의 sp^3 탄소는 고리 밖의 $-CH_2-$ 1개와 $-CH(NH_2)-$의 탄소 1개로 총 2개이다. (나)의 sp^3 탄소는 피페리딘 고리의 탄소 5개이다. 따라서 sp^3 혼성화 탄소 원자 수는 (가)가 더 많지 않다. 틀린 표현은 "(가)가 (나)보다 많다"이고, 올바르게는 "(나)가 (가)보다 많다"이다.

오답 포인트

(나)의 두 $-NH_2$를 단순 아민처럼 sp^3로 세거나, 피페리딘 고리 탄소를 빠뜨리면 오답이 된다. 공명에 참여하는 아미노 질소는 sp^2로 보고, 포화 고리인 피페리딘의 탄소와 질소는 기본적으로 sp^3로 세는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 이중결합, 카보닐, 방향족 고리처럼 평면 공명계에 들어가는 원자를 sp^2로 묶고, 그다음 포화 사슬과 포화 고리 원자를 sp^3로 세면 된다. 특히 헤테로원자는 lone pair가 공명계에 들어가는지부터 확인하면 질소 혼성화 판단이 빨라진다.

암기 포인트

공명계에 들어가면 sp^2, 포화 고리와 포화 사슬이면 sp^3이라는 기준으로 센다.

NoteBase

문 19. $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ **반응에서, 20°C에서 측정한 속도 상수** k_1**은** $2.0 \times 10^{-5}s^{-1}$**였고, 60°C에서 측정한 속도 상수** k_2**는** $2.9 \times 10^{-3}s^{-1}$**였다. 이 반응의 활성화 에너지(**E_a**)** $[Jmol^{-1}K^{-1}]$ **계산식은? (단, 빈도 인자(frequency factor)는 온도가 변해도 일정하다)**

① $E_a = \ln\left(\frac{2.9 \times 10^{-3}}{2.0 \times 10^{-5}}\right) \times 8.314 \div \left(\frac{1}{293} - \frac{1}{333}\right)$
② $E_a = \ln\left(\frac{2.0 \times 10^{-5}}{2.9 \times 10^{-3}}\right) \times 8.314 \div \left(\frac{1}{293} - \frac{1}{333}\right)$
③ $E_a = \ln\left(\frac{2.9 \times 10^{-3}}{2.0 \times 10^{-5}}\right) \times 8.314 \times \left(\frac{1}{333} - \frac{1}{293}\right)$
④ $E_a = \ln\left(\frac{2.0 \times 10^{-5}}{2.9 \times 10^{-3}}\right) \times 8.314 \times \left(\frac{1}{333} - \frac{1}{293}\right)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 아레니우스 식을 두 온도 조건에 적용하여 활성화 에너지 E_a를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 20°C에서의 속도 상수 $k_1 = 2.0 \times 10^{-5}s^{-1}$, 60°C에서의 속도 상수 $k_2 = 2.9 \times 10^{-3}s^{-1}$이다.
구해야 할 값: 활성화 에너지 E_a이다.
주의할 조건: 절대온도를 써야 하므로 20°C는 $293K$, 60°C는 $333K$로 바꾸고, 빈도 인자는 일정하므로 두 온도에서의 아레니우스 식 비를 사용한다.

사용할 공식

$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$
따라서
$E_a = R\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) \div \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$
이 공식을 쓰는 이유는 빈도 인자 A가 일정할 때 $k = Ae^{-E_a/RT}$에서 두 온도의 속도 상수 비를 취하면 A가 소거되어 E_a만 직접 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 온도를 절대온도로 바꾸면 $T_1 = 293K$, $T_2 = 333K$이다.
2. 속도 상수 비는 $\frac{k_2}{k_1} = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{2.0 \times 10^{-5}} = 145$이므로 $\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = \ln 145$이다.
3. 따라서
$E_a = 8.314 \times \ln\left(\frac{2.9 \times 10^{-3}}{2.0 \times 10^{-5}}\right) \div \left(\frac{1}{293} - \frac{1}{333}\right)$
이고 계산하면 약 $1.01 \times 10^5 J/mol$이다. 따라서 식의 형태는 1번이 맞다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- $\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)$를 쓰고 $\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}$로 나누는 아레니우스 정리식 그대로이다. 20℃에서 60℃로 갈수록 속도 상수가 커졌으므로 로그값이 양수이고, $\frac{1}{293}-\frac{1}{333}$도 양수여서 E_a가 양수로 계산된다.

② X

- 속도 상수 비를 $\frac{k_1}{k_2}$로 거꾸로 써서 로그값이 음수가 된다. 이 식대로면 활성화 에너지가 음수로 나와 물리적으로 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 $\ln\left(\frac{2.0\times10^{-5}}{2.9\times10^{-3}}\right)$이다. 올바르게는 $\ln\left(\frac{2.9\times10^{-3}}{2.0\times10^{-5}}\right)$이다.

③ X

- 속도 상수 비의 방향은 맞지만 온도항을 분모로 나누어야 할 것을 곱하고 있다. 아레니우스 정리식은 $E_a = R\ln(k_2/k_1) \div (1/T_1 - 1/T_2)$ 형태이다.
- 틀린 표현은 $\times\left(\frac{1}{333}-\frac{1}{293}\right)$이다. 올바르게는 $\div\left(\frac{1}{293}-\frac{1}{333}\right)$이다.

④ X

- 속도 상수 비도 거꾸로 썼고, 온도항도 분모가 아니라 곱셈으로 처리했다. 부호와 연산 위치를 모두 잘못 적용한 식이다.
- 틀린 표현은 $\ln\left(\frac{2.0\times10^{-5}}{2.9\times10^{-3}}\right)\times\left(\frac{1}{333}-\frac{1}{293}\right)$이다. 올바르게는 $\ln\left(\frac{2.9\times10^{-3}}{2.0\times10^{-5}}\right)\div\left(\frac{1}{293}-\frac{1}{333}\right)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 더 높은 온도에서 속도 상수가 커졌으므로 $\ln(k_2/k_1)$를 써야 하는데 이를 뒤집으면 부호가 틀어진다. 둘째, $\ln(k_2/k_1) = \frac{E_a}{R}(1/T_1 - 1/T_2)$에서 온도항은 곱해진 상태로 보이지만 E_a를 고립시키면 반드시 그 전체를 분모로 보내야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

아레니우스 계산형은 먼저 섭씨를 켈빈으로 바꾸고, 다음에 온도가 높은 쪽의 속도 상수를 분자로 둔 $\ln(k_{high}/k_{low})$를 만든 뒤, 마지막에 $(1/T_{low} - 1/T_{high})$로 나누는지 확인하면 된다.

암기 포인트

아레니우스 두 점 식은 $E_a = R\ln(k_{high}/k_{low}) \div (1/T_{low} - 1/T_{high})$ 형태로 정리된다.

NoteBase

문 20. 이핵 이원자 분자 CO와 동핵 이원자 분자 O_2의 바닥 상태 오비탈 전자 배치를 바르게 연결한 것은? (단, C, O의 원자 번호는 각각 6, 8이다)

ㄱ. $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{2p})^4(\sigma_{2p})^2$
ㄴ. $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2p})^2(\pi_{2p})^4$
ㄷ. $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2p})^2(\pi_{2p})^4(\pi_{2p}^*)^2$
ㄹ. $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{2p})^4(\sigma_{2p})^2(\pi_{2p}^*)^2$

① CO: ㄱ, O_2: ㄷ
② CO: ㄱ, O_2: ㄹ
③ CO: ㄴ, O_2: ㄷ
④ CO: ㄴ, O_2: ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 CO와 O2의 바닥 상태 분자 오비탈 전자 배치에서 2p 오비탈의 상대적 에너지 순서를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

CO는 총 14전자이므로 N2와 같은 전자 수를 가져 바닥 상태에서 π_{2p}가 σ_{2p}보다 먼저 채워진다. O2는 총 16전자이므로 σ_{2p}가 π_{2p}보다 낮고, 이어서 π_{2p}^*까지 전자가 들어간다.

선지별 해설

① O
- CO를 ㄱ, O2를 ㄷ으로 연결한 것은 옳다.
- CO는 14전자라 $\pi_{2p}^4\sigma_{2p}^2$ 형태가 되고, O2는 16전자라 $\sigma_{2p}^2\pi_{2p}^4\pi_{2p}^{*2}$가 된다.

② X
- 틀린 부분은 O2를 ㄹ로 본 점이다.
- ㄹ은 π_{2p}를 σ_{2p}보다 먼저 적어 CO형 순서를 쓴 배열이다. O2는 실제로 ㄷ처럼 $\sigma_{2p}^2\pi_{2p}^4\pi_{2p}^{*2}$가 되어야 한다.

③ X
- 틀린 부분은 CO를 ㄴ으로 본 점이다.
- ㄴ은 σ_{2p}가 π_{2p}보다 먼저 오는 O2형 배열이다. CO는 실제로 ㄱ처럼 $\pi_{2p}^4\sigma_{2p}^2$가 되어야 한다.

④ X
- CO를 ㄴ, O2를 ㄹ로 연결했으므로 두 연결이 모두 틀렸다.
- 올바르게는 CO는 ㄱ, O2는 ㄷ이다.

NoteBase

오답 포인트

많이 틀리는 지점은 14전자 계열과 16전자 계열의 2p 오비탈 순서를 뒤섞는 것이다. CO가 이핵 분자라는 이유만으로 O2와 같은 순서를 떠올리면 ㄴ이나 ㄹ로 잘못 연결하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 총 전자 수를 센다. 14전자 계열이면 CO, N2처럼 $\pi_{2p} \rightarrow \sigma_{2p}$ 순서로 보고, 16전자 계열이면 O2처럼 $\sigma_{2p} \rightarrow \pi_{2p} \rightarrow \pi_{2p}^{*}$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

CO는 14전자라 ㄱ형, O2는 16전자라 ㄷ형이다.

NoteBase