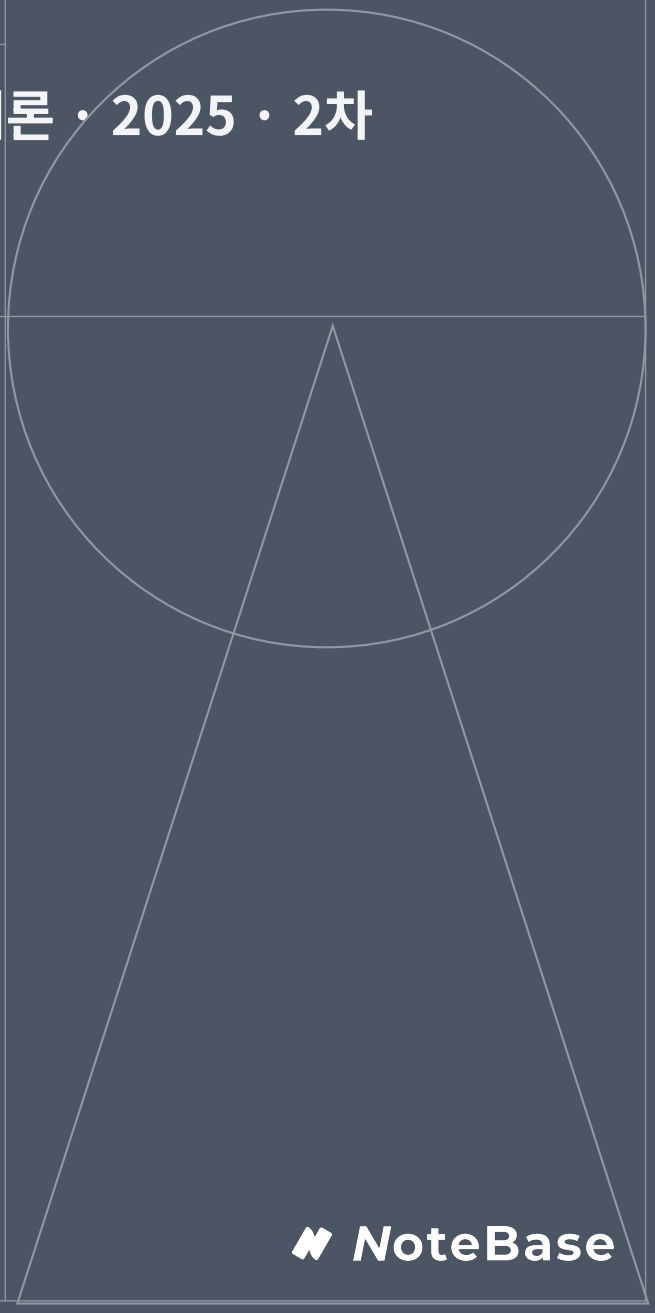
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2025 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2025 · 2차

문 1. 산소 원자(O)와 플루오린 원자(F)의 성질에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 전기 음성도는 O가 F보다 크다.

② 원자 반지름은 O가 F보다 크다.

③ 1차 이온화 에너지는 O가 F보다 크다.

④ 바닥 상태 전자 배치에서 홀전자는 O가 F보다 적다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 같은 2주기 원소인 산소와 플루오린의 전기음성도, 원자 반지름, 1차 이온화 에너지, 홀전자 수를 비교할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

산소와 플루오린은 모두 2주기 원소이므로 오른쪽으로 갈수록 유효핵전하가 커진다는 주기 경향을 적용한다. 따라서 원자 반지름은 작아지고 전기음성도와 1차 이온화 에너지는 커진다. 전자배치는 O가 $1s^2 2s^2 2p^4$, F가 $1s^2 2s^2 2p^5$이므로 홀전자 수는 O가 2개, F가 1개이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 표현은 'O가 F보다 크다'이다. 전기음성도는 같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 커지므로 F가 O보다 크다.
2번: O. 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 원자 반지름이 작아지므로 O가 F보다 크다.
3번: X. 틀린 표현은 'O가 F보다 크다'이다. 1차 이온화 에너지는 전자를 떼어 내기 어려울수록 큰데, F가 O보다 유효핵전하가 커서 1차 이온화 에너지가 더 크다.
4번: X. 틀린 표현은 'O가 F보다 적다'이다. O의 바닥 상태는 $2p^4$로 홀전자 2개, F의 바닥 상태는 $2p^5$로 홀전자 1개이므로 올바르게는 O가 F보다 많다.

오답 포인트

전기음성도, 원자 반지름, 이온화 에너지의 주기 경향을 서로 반대로 외우면 ①과 ③을 쉽게 고른다. ④는 전자 수만 보고 판단하면 틀리고, 실제 전자배치에서 홀전자 수를 세어야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

같은 주기 비교 문제는 먼저 왼쪽과 오른쪽 위치를 확인한 뒤 원자 반지름은 오른쪽으로 갈수록 감소, 전기음성도와 1차 이온화 에너지는 증가로 정리한다. 홀전자 수는 마지막 p오비탈 전자배치를 직접 써서 판단한다.

암기 포인트

같은 주기에서 반지름은 왼쪽이 크고, 전기음성도와 이온화 에너지는 오른쪽이 크다. O의 홀전자 2개, F의 홀전자 1개이다.

NoteBase

문 2. 염화 이온(Cl^-)의 전자수, 양성자수, 중성자수를 순서대로 바르게 나열한 것은? (단, Cl의 질량수는 35이다)

① 17, 17, 18

② 17, 17, 35

③ 18, 17, 18

④ 18, 18, 17

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 염화 이온에서 전자수, 양성자수, 중성자수를 각각 어떻게 구하는지 구별하는 문제이다.

핵심 개념

염화 이온 Cl^-은 염소 원자가 전자 1개를 더 얻은 음이온이다.
양성자수는 원자번호와 같으므로 염소는 17이다.
전자수는 음전하 1개만큼 원자보다 1개 많아 18이다.
중성자수는 질량수 35에서 양성자수 17을 뺀 값이므로 18이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
전자수 17이 틀리다. 염화 이온은 전자를 1개 더 받아 전자수가 18이다.
양성자수 17과 중성자수 18은 맞다.
올바르게는 "18, 17, 18"이다.

② X
전자수 17과 중성자수 35가 틀리다. 염화 이온의 전자수는 18이고, 질량수 35는 양성자수와 중성자수의 합이다.
중성자수는 $35 - 17 = 18$이다.
올바르게는 "18, 17, 18"이다.

③ O
염소의 원자번호는 17이므로 양성자수는 17이다.
염화 이온은 전자를 1개 더 가진 음이온이므로 전자수는 18이다.
질량수 35에서 양성자수 17을 빼면 중성자수는 18이 된다.

④ X
양성자수 18과 중성자수 17이 틀리다. 이온이 되어도 양성자수는 변하지 않아 17이다.
중성자수는 질량수 35에서 17을 뺀 18이다.
올바르게는 "18, 17, 18"이다.

오답 포인트

이온이 되면 전자수만 변하고 양성자수는 변하지 않는다는 점을 놓치기 쉽다. 또 질량수 35를 그대로 중성자수로 착각하면 ②처럼 잘못 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자번호로 양성자수를 먼저 정하고, 이온의 전하만큼 전자수를 조정한 뒤, 질량수에서 양성자수를 빼서 중성자수를 구하면 된다.

암기 포인트

양성자수는 원자번호, 전자수는 전하 반영, 중성자수는 질량수-양성자수이다.

NoteBase

문 3. 3.0 M C_2H_6O 수용액 200 mL에 포함된 C_2H_6O의 질량[g]은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다)

① 9.2

② 18.4

③ 27.6

④ 36.8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 몰농도와 용액 부피로 용질의 몰수를 구한 뒤, 몰질량을 곱해 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 몰농도 3.0 M, 용액 부피 200 mL, 화학식 C2H6O
구해야 할 값: C2H6O의 질량[g]
주의할 조건: 200 mL는 0.200 L로 바꾸어 계산해야 한다.

사용할 공식

몰수는 $n = MV$로 구하고, 질량은 $m = nM_r$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 몰농도는 용액 1 L당 용질의 몰수이므로, 농도와 부피를 곱하면 실제 들어 있는 몰수를 구할 수 있다. 그다음 분자량을 곱하면 질량이 된다.

계산 과정

1. C2H6O의 몰질량은 $2 \times 12 + 6 \times 1 + 16 = 46$g/mol이다.
2. 용액 200 mL는 0.200 L이므로 용질의 몰수는 $n = 3.0 \times 0.200 = 0.600$ mol이다.
3. 질량은 $m = 0.600 \times 46 = 27.6$ g이다.

선지별 해설

① X: 9.2 g은 계산 결과와 맞지 않는다. 이 값은 부피 환산이나 몰수 계산을 잘못했을 때 나오는 오답값이다. 올바르게는 몰수 0.600 mol에 몰질량 46g/mol를 곱한 27.6 g이다.
② X: 18.4 g은 계산 결과와 맞지 않는다. 선지의 수치가 틀렸고, 올바른 값은 27.6 g이다.
③ O: 몰농도 3.0 M와 부피 0.200 L로부터 몰수 0.600 mol을 구하고, 여기에 몰질량 46g/mol를 곱하면 27.6 g이 된다.
④ X: 36.8 g은 계산 결과와 맞지 않는다. 선지의 수치가 틀렸고, 올바른 값은 27.6 g이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 200 mL를 L로 바꾸지 않거나, 몰농도에서 바로 질량으로 넘어가면서 몰수 단계를 생략하는 것이다. 이 문항은 단위 변환과 몰수 계산 순서를 정확히 지키는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

용액의 질량이나 용질의 질량을 묻는 몰농도 문제는 먼저 mL를 L로 바꾸고, $n = MV$로 몰수를 구한 뒤, 몰질량을 곱해 질량으로 바꾸는 순서로 판단한다.

암기 포인트

몰농도 문제는 $MV \rightarrow n \rightarrow m$ 순서로 정리하면 계산이 흔들리지 않는다.

NoteBase

문 4. C-O 단일 결합을 하나만 가지는 유기 화합물은?

① 에탄올(ethanol)

② 아세톤(acetone)

③ 다이에틸 에터(diethyl ether)

④ 폼알데하이드(formaldehyde)

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 작용기의 종류와 C-O 결합의 결합 차수 및 개수를 구별하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

알코올은 탄소와 산소 사이에 C-O 단일 결합이 있고 산소가 수소와도 결합한 화합물이다.
에터는 산소가 두 개의 탄소를 이어서 C-O 단일 결합이 두 개 있는 화합물이다.
알데하이드와 케톤은 공통으로 카보닐기 $C=O$를 가지므로 C-O 단일 결합이 아니라 C-O 이중 결합이 핵심이다.

선지별 해설

① O
에탄올 CH_3CH_2OH은 탄소와 산소 사이에 C-O 단일 결합이 1개만 있다. 산소는 나머지 한 결합을 수소와 하므로 조건에 맞는다.

② X
아세톤 CH_3COCH_3의 산소는 카보닐기 $C=O$로 연결되어 있다. 틀린 부분은 C-O 단일 결합으로 보는 점이다. 실제로는 C-O 단일 결합이 아니라 C-O 이중 결합을 가진 케톤이다.

③ X
다이에틸 에터 $CH_3CH_2OCH_2CH_3$는 산소가 양쪽 탄소와 각각 단일 결합하므로 C-O 단일 결합이 2개이다. 틀린 부분은 단일 결합이 하나뿐이라고 볼 수 있는 점이다. 실제로는 C-O 단일 결합이 2개인 에터이다.

④ X
폼알데하이드는 $HCHO$로, 탄소와 산소가 카보닐기 $C=O$로 결합한 알데하이드이다. 틀린 부분은 C-O 단일 결합을 가진다고 보는 점이다. 실제로는 C-O 단일 결합이 아니라 C-O 이중 결합 1개를 가진다.

NoteBase

오답 포인트

③은 산소가 들어 있으므로 알코올처럼 보이기 쉽지만, 에터는 산소가 탄소 두 개를 잇기 때문에 C-O 단일 결합이 2개이다. ②와 ④는 산소가 하나씩 있어도 카보닐기 $C=O$라는 점을 놓치면 단일 결합으로 오인하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

산소가 포함된 유기 화합물은 먼저 작용기를 본다. $-OH$가 붙은 알코올이면 C-O 단일 결합 1개, $R-O-R'$ 형태의 에터이면 C-O 단일 결합 2개, $C=O$가 보이면 알데하이드와 케톤이므로 C-O 단일 결합은 없다고 판단한다.

암기 포인트

알코올은 C-O 1개, 에터는 C-O 2개, 카보닐 화합물은 C=O 1개이다.

NoteBase

문 5. 국제단위계(SI)의 기본 단위가 아닌 것은?

① 초(s)

② 그램(g)

③ 암페어(A)

④ 칸델라(cd)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 국제단위계(SI)의 기본단위 7개와 질량의 기본단위 표기를 정확히 구별하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

SI 기본단위는 초(s), 미터(m), 킬로그램(kg), 암페어(A), 켈빈(K), 몰(mol), 칸델라(cd)이다.
질량의 SI 기본단위는 그램(g)이 아니라 킬로그램(kg)이다.
그램은 질량 단위이지만 SI 기본단위 명칭 자체는 아니다.

선지별 해설

① O: 초(s)는 시간의 SI 기본단위이므로 옳은 선지이다.
② X: 틀린 부분은 "그램(g)"이다.
질량의 SI 기본단위는 그램이 아니라 킬로그램(kg)이므로, 올바르게는 "킬로그램(kg)"이어야 한다.
③ O: 암페어(A)는 전류의 SI 기본단위이므로 옳은 선지이다.
④ O: 칸델라(cd)는 광도의 SI 기본단위이므로 옳은 선지이다.

오답 포인트

질량 단위를 떠올릴 때 일상적으로 g를 자주 써서 "그램도 기본단위"라고 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 질량의 기준 단위가 kg로 정해져 있다는 점을 놓치게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

SI 기본단위를 묻는 문항에서는 7개 기본단위를 먼저 떠올리고, 질량만은 g가 아니라 kg라는 점을 바로 대조하면 된다.

암기 포인트

SI 질량 기본단위는 g가 아니라 kg이다.

NoteBase

문 6. 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 모형에 근거할 때, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 가장 많은 화학종은?

① I_3^-

② CO_2

③ NO_2^-

④ $BeCl_2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 VSEPR 모형에서 중심 원자의 전자영역을 세고, 그중 결합 전자쌍을 제외한 비공유 전자쌍 수를 비교하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

I3^-는 중심 I가 두 개의 결합과 세 개의 비공유 전자쌍을 가져 AX_2E_3형이다.
CO2는 중심 C가 두 개의 이중결합만 가져 비공유 전자쌍이 0개이다.
NO2^-는 중심 N이 두 결합과 한 개의 비공유 전자쌍을 가져 AX_2E_1형이다.
BeCl2는 중심 Be가 두 결합만 만들고 비공유 전자쌍은 0개이다.

선지별 해설

① O
I3^-의 중심 I는 다섯 전자영역을 가지며 그중 두 개는 I-I 결합, 세 개는 비공유 전자쌍이므로 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 3개로 가장 많다.
② X
CO2의 중심 C는 O=C=O 형태로 두 개의 결합영역만 있고 비공유 전자쌍은 0개이다.
틀린 표현은 "비공유 전자쌍이 가장 많다"이다.
올바르게는 "CO2의 중심 C에는 비공유 전자쌍이 없다"이다.
③ X
NO2^-의 중심 N은 두 결합과 한 개의 비공유 전자쌍을 가지므로 비공유 전자쌍 수는 1개이다.
틀린 표현은 "가장 많다"이다.
올바르게는 "NO2^-의 중심 N에는 비공유 전자쌍이 1개 있다"이다.
④ X
BeCl2의 중심 Be는 두 개의 Be-Cl 결합만 형성하며 비공유 전자쌍은 0개이다.
틀린 표현은 "가장 많다"이다.
올바르게는 "BeCl2의 중심 Be에는 비공유 전자쌍이 없다"이다.

NoteBase

오답 포인트

말단 원자의 비공유 전자쌍까지 함께 세거나, 다원자 음이온이면 중심 원자의 비공유 전자쌍도 많을 것이라고 단정하면 ③을 과대평가하기 쉽다. 이 문항은 반드시 중심 원자만 놓고 루이스 구조를 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자를 정하고 루이스 구조를 그린다. 그다음 중심 원자 주변 전자영역 중 결합에 쓰인 전자쌍을 제외한 수만 비교하면 I_3^- : 3, NO_2^- : 1, CO_2 : 0, $BeCl_2$: 0으로 바로 정리된다.

암기 포인트

중심 원자 비공유 전자쌍 수는 $I_3^- = 3 > NO_2^- = 1 > CO_2 = BeCl_2 = 0$이다.

NoteBase

문 7. 착이온 $[FeF_6]^{3-}$에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, Fe의 원자 번호는 26이다)

① 반자성(diamagnetic)이다.

② 중심 금속 Fe의 산화수는 +2이다.

③ 중심 금속에 배위된 리간드 F^-는 강한 장 리간드이다.

④ Fe에 배위된 F^-를 CN^-로 바꾸면 결정장 안정화 에너지의 절댓값이 커진다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 착이온 $[FeF_6]^{3-}$의 중심 금속 산화수, 리간드의 장세기, d 전자배치에 따른 자기성과 결정장 안정화 에너지 변화를 묻는다.

핵심 개념

착이온의 중심 금속 산화수는 전체 전하와 리간드 전하의 합으로 계산한다. $[FeF_6]^{3-}$에서는 F^-가 6개이므로 중심 금속 Fe의 산화수는 +3이고, Fe^{3+}는 d^5이다.
F^-는 약한 장 리간드이므로 옥타헤드랄 착물에서 고스핀을 만들기 쉽고, CN^-는 강한 장 리간드이므로 Δ_o를 크게 만들어 저스핀을 만들기 쉽다.
옥타헤드랄 d^5 고스핀의 결정장 안정화 에너지는 0이고, 저스핀 d^5는 t_{2g}^5가 되어 결정장 안정화 에너지의 절댓값이 더 커진다.

선지별 해설

① X: $[FeF_6]^{3-}$에서 Fe^{3+}는 d^5이고, F^-는 약한 장 리간드이므로 고스핀 배치가 되어 홀전자 5개를 가진다. 따라서 반자성이 아니라 상자성이다. 틀린 표현은 "반자성"이며, 올바르게는 "상자성이다"이다.
② X: F^- 6개의 전하 합은 -6이고 착이온 전체 전하는 -3이므로 Fe의 산화수는 +3이다. 틀린 표현은 "+2"이며, 올바르게는 "+3이다"이다.
③ X: F^-는 분광화학계열에서 약한 장 리간드에 속한다. 틀린 표현은 "강한 장 리간드"이며, 올바르게는 "약한 장 리간드이다"이다.
④ O: F^-를 CN^-로 바꾸면 리간드 장세기가 커져 Δ_o가 증가한다. 그러면 Fe^{3+}의 d^5 배치가 고스핀에서 저스핀 쪽으로 더 안정해지고, 결정장 안정화 에너지의 절댓값도 커진다.

오답 포인트

d^5가 반쯤 채워졌다는 이유만으로 반자성이라고 오해하기 쉽다. 그러나 자기성은 홀전자 수로 판단하며, F^-처럼 약한 장 리간드가 붙은 Fe^{3+} 옥타헤드랄 착물은 고스핀이라 홀전자가 많다. 또한 F^-와 CN^-의 장세기를 뒤바꾸면 ③과 ④를 함께 틀리기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전체 전하로 중심 금속의 산화수를 구하고 d 전자 수를 정한다. 그다음 리간드가 약장인지 강장인지 판단해 고스핀·저스핀을 가른 뒤, 홀전자 수로 자기성을 보고 Δ_o 변화로 결정장 안정화 에너지의 크기를 비교한다.

암기 포인트

F^-는 약장·고스핀, CN^-는 강장·저스핀, Fe^{3+}는 d^5이다.

NoteBase

문 8. 온도 300 K인 1 mol의 이상 기체가 등온 가역 과정으로 압력이 2배가 되었을 때, 주위의 엔트로피 변화[J K^{-1}]는? (단, 기체 상수 $R = 8.3\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$이고, $\ln 2 = 0.7$이다)

① -1,743

② -5.81

③ 5.81

④ 1,743

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 등온 가역 압축에서 계와 주위의 엔트로피 변화 부호가 반대이고 크기는 같다는 점을 이용해 주위의 엔트로피 변화를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $n = 1\text{mol}$, $T = 300\text{K}$, $R = 8.3\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$, $\ln 2 = 0.7$이다.
구해야 할 값: 주위의 엔트로피 변화이다.
주의할 조건: 등온 과정이므로 이상기체의 내부에너지 변화는 0이고, 압력이 2배가 되면 부피는 1/2배가 된다.

사용할 공식

$\Delta S_{\text{sys}} = nR\ln\frac{V_2}{V_1} = nR\ln\frac{P_1}{P_2}$
$\Delta S_{\text{surr}} = -\Delta S_{\text{sys}}$
이 공식을 쓰는 이유는 이상기체의 등온 가역 과정에서는 엔트로피 변화를 부피비 또는 압력비로 바로 계산할 수 있고, 가역 과정에서는 전체 엔트로피 변화가 0이므로 주위의 엔트로피 변화가 계의 엔트로피 변화와 부호만 반대가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 압력이 2배이므로 $P_2/P_1 = 2$이고, 등온 이상기체에서 PV가 일정하므로 $V_2/V_1 = 1/2$이다.
2. 계의 엔트로피 변화는 $\Delta S_{\text{sys}} = 1 \times 8.3 \times \ln(1/2) = 8.3 \times (-0.7) = -5.81\text{JK}^{-1}$이다.
3. 따라서 주위의 엔트로피 변화는 $\Delta S_{\text{surr}} = -\Delta S_{\text{sys}} = +5.81\text{JK}^{-1}$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: -1743은 엔트로피가 아니라 계가 방출한 열량 $q_{sys} = -1743\,\mathrm{J}$에 해당하는 값이다. 틀린 표현은 열량을 그대로 엔트로피 변화로 본 점이며, 올바르게는 이를 온도 300 K로 나누어 주위의 엔트로피 변화를 $+5.81\,\mathrm{J\,K^{-1}}$로 써야 한다.
2번 X: $-5.81\,\mathrm{J\,K^{-1}}$은 계의 엔트로피 변화이다. 틀린 표현은 주위의 엔트로피 변화를 계의 엔트로피 변화와 같은 부호로 적은 점이며, 올바르게는 주위의 엔트로피 변화는 $+5.81\,\mathrm{J\,K^{-1}}$이다.
3번 O: 압력이 2배가 되면 부피는 절반이므로 계의 엔트로피 변화는 $-nR\ln 2 = -5.81\,\mathrm{J\,K^{-1}}$이다. 가역 과정에서는 주위의 엔트로피 변화가 그 반대부호이므로 $+5.81\,\mathrm{J\,K^{-1}}$가 맞다.
4번 X: 1743은 주위가 받은 열량의 크기 1743 J일 뿐 엔트로피 변화가 아니다. 틀린 표현은 온도로 나누는 단계를 생략한 점이며, 올바르게는 $1743/300 = 5.81\,\mathrm{J\,K^{-1}}$이다.

오답 포인트

주위의 엔트로피 변화와 계의 엔트로피 변화를 혼동하거나, 열량 q를 온도로 나누지 않고 그대로 엔트로피 값처럼 쓰면 틀리기 쉽다. 특히 2번은 부호 함정이고, 1번과 4번은 단위 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

등온 가역 이상기체 문제는 먼저 압력 변화로 부피비를 구하고, 다음에 $\Delta S_{sys} = nR\ln(V_2/V_1)$를 계산한 뒤, 주위를 물으면 마지막에 부호를 반대로 바꾸어 판단한다.

암기 포인트

등온 가역 압축에서는 계의 ΔS는 음수이고 주위의 ΔS는 같은 크기의 양수이다.

NoteBase

문 9. 다음 반응에서 공통으로 들어가는 반응물 (가)와 생성물 (나)를 바르게 연결한 것은?

CH_3COCl + (가) → (나) + HCl
CH_3CO_2C_2H_5 + (가) → (나) + C_2H_5OH

① (가): H_2O_2, (나): CH_3COCH_3
② (가): H_2O_2, (나): CH_3CHO
③ (가): H_2O, (나): CH_3COCH_3
④ (가): H_2O, (나): CH_3CO_2H

정답 4번

출제 포인트

산염화물과 에스터의 가수분해에서 공통 반응물과 공통 생성물을 찾을 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

산염화물의 가수분해는 물이 아실기에 치환 반응을 일으켜 카복실산과 염화수소를 만든다.
에스터의 가수분해는 물이 반응하여 카복실산과 알코올을 만든다.
따라서 두 반응의 공통 반응물은 H_2O이고, 공통 생성물은 CH_3CO_2H이다.

선지별 해설

① X. 틀린 부분은 '(가)=H2O2'와 '(나)=CH3COCH3'이다. CH_3COCl과 $CH_3CO_2C_2H_5$는 모두 물과의 가수분해로 CH_3CO_2H를 만들며, 과산화수소와 반응해 공통적으로 아세톤을 만들지 않는다. 올바르게는 '(가)=H2O, (나)=CH3CO2H'이다.
② X. 틀린 부분은 '(가)=H2O2'와 '(나)=CH3CHO'이다. 이 두 반응은 산화 반응이 아니라 가수분해 반응이므로 공통 반응물은 물이고, 공통 생성물은 아세트알데하이드가 아니라 아세트산이다. 올바르게는 '(가)=H2O, (나)=CH3CO2H'이다.
③ X. 틀린 부분은 '(나)=CH3COCH3'이다. '(가)=H2O'는 맞지만 $CH_3COCl + H_2O \rightarrow CH_3CO_2H + HCl$, $CH_3CO_2C_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3CO_2H + C_2H_5OH$이므로 공통 생성물은 아세톤이 아니라 아세트산이다. 올바르게는 '(가)=H2O, (나)=CH3CO2H'이다.
④ O. CH_3COCl은 물과 반응해 CH_3CO_2H와 HCl을 만들고, $CH_3CO_2C_2H_5$는 물과 반응해 CH_3CO_2H와 C_2H_5OH를 만든다. 따라서 공통으로 들어가는 반응물은 물이고 공통 생성물은 아세트산이다.

오답 포인트

CH_3CO 부분만 보고 케톤이나 알데하드가 생성된다고 연결하면 오답이 된다. 이 문항의 핵심은 분자식 암기가 아니라 산염화물과 에스터가 모두 물에 의해 가수분해된다는 반응 종류의 파악이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

아실 유도체가 물과 함께 제시되면 먼저 가수분해 반응인지 확인한다. 가수분해라면 아실기 부분은 카복실산으로 남고, 떠나는 부분만 HCl 또는 알코올처럼 바뀐다고 판단할 수 있다.

암기 포인트

CH_3COX가 물과 반응하면 공통 골격은 CH_3CO_2H로 간다. X = Cl이면 HCl, X = OC_2H_5이면 C_2H_5OH가 함께 생긴다.

NoteBase

문 10. $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$**의 기하 이성질체 개수**(m)**와** $Pt(NH_3)_2Cl_2$**의 기하 이성질체 개수**(n)**의 합**($m+n$)**은?**

① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 팔면체 MA_4B_2 착물과 평면사각형 MA_2B_2 착물의 기하 이성질체 수를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

[Co(NH3)4Cl2]+는 배위수 6의 팔면체 착물로서 MA_4B_2형이므로 cis와 trans의 2가지 기하 이성질체를 가진다.
Pt(NH3)2Cl2는 Pt(II)의 대표적인 평면사각형 착물로서 MA_2B_2형이므로 cis와 trans의 2가지 기하 이성질체를 가진다.

선지별 해설

① X: 합을 2로 보면 두 착물 중 하나의 기하 이성질체 수만 센 셈이 된다. [Co(NH3)4Cl2]+도 2가지, Pt(NH3)2Cl2도 2가지이므로 합은 4이다.
② O: [Co(NH3)4Cl2]+는 팔면체 MA_4B_2형이라 cis, trans의 2가지이고, Pt(NH3)2Cl2는 평면사각형 MA_2B_2형이라 cis, trans의 2가지이다. 따라서 $m+n=2+2=4$이다.
③ X: 합을 6으로 보는 것은 팔면체 착물의 이성질체 수를 과대평가한 경우에 해당한다. 이 문항의 [Co(NH3)4Cl2]+는 fac/mer가 아니라 MA_4B_2형이므로 기하 이성질체는 2가지뿐이다.
④ X: 합을 8로 보는 것은 두 착물의 cis/trans를 중복 계산한 경우에 해당한다. 실제로는 각 착물이 2가지씩만 가지므로 전체 합은 4이다.

오답 포인트

[Co(NH3)4Cl2]+에서 배위수 6이라는 점만 보고 팔면체 이성질체를 여러 종류로 막연히 늘려 잡기 쉽다. 그러나 MA_4B_2형인지, MA_3B_3형인지, 평면사각형 MA_2B_2형인지처럼 리간드 배열 유형을 먼저 본 뒤 cis/trans 가능성만 판단해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

착물의 기하 이성질체 문제는 먼저 중심 금속의 배위수와 대표 기하를 정한 뒤, 리간드 조성이 MA_4B_2인지 MA_2B_2인지 같은 배열형으로 바꾸어 본다. 그다음 cis/trans가 생기는지 여부만 확인하면 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

팔면체 MA_4B_2는 cis/trans 2가지, 평면사각형 MA_2B_2도 cis/trans 2가지이다.

NoteBase

문 11. 25 °C에서 두 휘발성 액체 A와 B가 1 mol씩 섞인 용액과 그 증기는 평형을 이룬다. 증기 중 A와 B의 부분 압력 P_A[atm], P_B[atm]는? (단, 25 °C에서 순수한 액체 A와 B의 증기 압력은 각각 0.1 atm과 0.2 atm이고, 용액은 이상 용액이다)

① P_A: 0.05, P_B: 0.1

② P_A: 0.1, P_B: 0.2

③ P_A: 0.15, P_B: 0.3

④ P_A: 0.2, P_B: 0.4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상 용액에서 라울의 법칙 $P_i = x_i P_i^*$로 각 성분의 부분 압력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A와 B가 각각 1 mol이므로 $x_A = x_B = \frac{1}{2}$이다.
구해야 할 값: 증기 중 A와 B의 부분 압력 P_A, P_B이다.
주의할 조건: 용액은 이상 용액이므로 라울의 법칙을 적용하며, 순수한 액체의 증기 압력은 $P_A^* = 0.1atm$, $P_B^* = 0.2atm$이다.

사용할 공식

$P_i = x_i P_i^*$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 이상 용액에서 각 성분의 부분 압력은 액상 몰분율과 그 성분의 순수한 액체 증기 압력의 곱으로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. 액상 몰분율은 $x_A = x_B = \frac{1}{2}$이다.
2. $P_A = x_A P_A^* = \frac{1}{2} \times 0.1 = 0.05atm$이다.
3. $P_B = x_B P_B^* = \frac{1}{2} \times 0.2 = 0.1atm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O. 계산 결과 $P_A = 0.05atm$, $P_B = 0.1atm$이므로 맞다.
② X. 0.1 atm과 0.2 atm은 순수한 액체 A와 B의 증기 압력 그대로를 적은 값이어서 용액의 부분 압력이 아니다. 틀린 표현은 몰분율 1로 계산한 점이며, 올바르게는 $x_A = x_B = \frac{1}{2}$를 곱해 $P_A = 0.05atm$, $P_B = 0.1atm$이 된다.
③ X. $P_A = 0.15atm$, $P_B = 0.3atm$은 각각 순수 성분의 증기 압력보다도 커서 라울의 법칙에 어긋난다. 틀린 표현은 부분 압력이 순수 액체의 증기 압력보다 클 수 있다는 점이며, 올바르게는 $x_i < 1$이면 $P_i < P_i^*$이고 값은 $0.05atm$, $0.1atm$이다.
④ X. $P_A = 0.2atm$, $P_B = 0.4atm$도 순수 성분의 증기 압력을 초과하므로 성립하지 않는다. 틀린 표현은 부분 압력이 순수 증기 압력의 두 배가 된다는 점이며, 올바르게는 각각 $0.05atm$, $0.1atm$이다.

오답 포인트

부분 압력과 순수 액체의 증기 압력을 혼동하기 쉽다. 이 문제는 각각 1 mol씩이라는 조건으로 액상 몰분율이 $\frac{1}{2}$임을 먼저 잡지 못하면 ②처럼 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상 용액의 증기 압력을 묻는 문제는 먼저 액상 몰분율을 구한 뒤 $P_i = x_i P_i^*$를 각 성분에 따로 적용해 계산한다. 계산값이 P_i^*보다 크면 바로 잘못된 값으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

이상 용액의 부분 압력은 몰분율 × 순수 성분 증기 압력이다.

NoteBase

문 12. 착화합물 $K_3[Cr(CN)_6]$의 Cr에 존재하는 홀전자 개수는? (단, Cr의 원자 번호는 24이다)

① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 착이온의 전하로 중심 금속의 산화수를 구한 뒤 Cr의 d전자 수를 정해 홀전자 수를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 착화합물은 K3[Cr(CN)6]이다.
구해야 할 값: 착이온 속 Cr의 홀전자 개수이다.
주의할 조건: CN^- 6개가 모두 -1 전하를 띠므로 먼저 Cr의 산화수를 구해야 한다.

사용할 공식

착이온의 총전하 = 중심 금속의 산화수 + 리간드 전하의 합이다.
Cr의 홀전자 수는 산화수로 정한 전자배치에서 짝지어지지 않은 전자 수를 세어 판단한다.
이 공식을 쓰는 이유:
이 문항은 수치 계산보다 산화수 계산과 d전자 수 판정이 핵심이므로, 먼저 착이온 전하를 맞춘 뒤 Cr^3+의 전자배치를 구해야 홀전자 수를 정할 수 있다.

계산 과정

1. K가 3개이므로 착이온 $[Cr(CN)_6]^{3-}$의 전하는 -3이다.
2. CN^-가 6개이므로 리간드 전하의 합은 -6이다. 따라서 Cr의 산화수를 x라 하면 $x-6=-3$이므로 $x=+3$이다.
3. Cr의 원자번호는 24이므로 중성 Cr은 $[Ar]3d^5 4s^1$이고, Cr^3+는 전자 3개를 잃어 $[Ar]3d^3$이 된다.
4. $[Cr(CN)_6]^{3-}$는 팔면체 착이온이며 d^3 배치는 $t_{2g}^3 e_g^0$가 되어 세 전자가 각각 홀전자로 남는다. 따라서 홀전자 수는 3개이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 홀전자 0개이려면 전자가 모두 짝지어져야 하지만 Cr^3+는 d^3이므로 세 전자가 각각 따로 들어간다. 틀린 표현은 '홀전자 0개'이고, 올바르게는 '홀전자 3개'이다.
② X: 홀전자 1개는 d^1처럼 전자가 하나만 남는 경우에 해당하므로 Cr^3+의 d^3와 맞지 않는다. 틀린 표현은 '홀전자 1개'이고, 올바르게는 '홀전자 3개'이다.
③ X: 홀전자 2개는 d^2에서는 가능하지만 이 착이온의 Cr는 +3가 되어 d^3이다. 틀린 표현은 '홀전자 2개'이고, 올바르게는 '홀전자 3개'이다.
④ O: Cr의 산화수는 +3, 전자배치는 d^3이며 팔면체에서 $t_{2g}^3 e_g^0$가 되므로 홀전자 수는 3개이다.

오답 포인트

Cr의 원자번호 24만 보고 중성 Cr의 $[Ar]3d^5 4s^1$ 상태를 바로 세면 오답이 된다. 또한 CN^-가 강한 장 리간드라는 이유만으로 무조건 홀전자가 0개라고 생각하는 것도 함정이다. d^3는 강한 장 여부와 무관하게 세 전자가 각각 홀전자로 남는다.

다시 나오면 이렇게 판단

착물의 홀전자 문제는 착이온 전하로 금속의 산화수를 구하고, 그 금속 이온의 d전자 수를 정한 뒤, 배위장 분할에 넣어 홀전자 수를 세는 순서로 판단한다. 강한 장 리간드는 d^4부터 d^7 구간에서 짝지음 여부를 특히 흔들지만 d^3는 그대로 홀전자 3개이다.

암기 포인트

$Cr^{3+} = d^3$, 팔면체 d^3는 $t_{2g}^3 e_g^0$이므로 홀전자 3개이다.

NoteBase

문 13. 착화합물의 중심 금속 하나에 두자리 리간드(bidentate ligand)로 사용될 수 없는 것은?

① 암모니아(ammonia)

② 바이피리딘(bipyridine)

③ 에틸렌다이아민(ethylenediamine)

④ 오쏘-페난트롤린(o-phenanthroline)

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 한 리간드가 중심 금속에 몇 개의 전자쌍 공여 원자로 결합하는지를 기준으로 단치 리간드와 두자리 리간드를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

단치 리간드는 중심 금속에 공여 원자 1개로 결합하는 리간드이다. 키워드는 donor atom 1개이다.
두자리 리간드는 중심 금속 하나에 공여 원자 2개로 동시에 결합하는 리간드이다. 키워드는 donor atom 2개이다.
암모니아는 질소 1개만 전자쌍을 내어 주는 단치 리간드이고, 바이피리딘·에틸렌다이아민·오쏘-페난트롤린은 질소 2개로 킬레이트를 만드는 두자리 리간드이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
암모니아는 질소 원자 1개만 중심 금속에 배위하므로 단치 리간드이다. 따라서 두자리 리간드로는 사용될 수 없다는 판단이 맞다.

② X
바이피리딘은 두 개의 피리딘 고리 질소가 같은 중심 금속에 동시에 배위할 수 있으므로 대표적인 두자리 리간드이다.
틀린 표현은 "두자리 리간드로 사용될 수 없는 것"이다. 올바르게는 "두자리 리간드로 사용될 수 있는 것"이다.

③ X
에틸렌다이아민은 양쪽의 아민 질소 2개가 전자쌍을 주어 중심 금속과 2개의 배위 결합을 만든다. 따라서 두자리 리간드이다.
틀린 표현은 "두자리 리간드로 사용될 수 없는 것"이다. 올바르게는 "두자리 리간드로 사용될 수 있는 것"이다.

④ X
오쏘-페난트롤린은 방향족 고리 내 질소 2개가 공여 원자로 작용하는 전형적인 두자리 킬레이트 리간드이다.
틀린 표현은 "두자리 리간드로 사용될 수 없는 것"이다. 올바르게는 "두자리 리간드로 사용될 수 있는 것"이다.

오답 포인트

질소를 포함하면 모두 두자리 리간드처럼 느끼기 쉽다는 점이 함정이다. 핵심은 질소의 개수가 아니라 같은 리간드 안에서 중심 금속 하나에 동시에 배위할 수 있는 공여 원자의 수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

리간드 이름을 보면 먼저 중심 금속에 전자쌍을 줄 수 있는 원자가 몇 개인지 센다. 공여 원자가 1개이면 단치, 2개이면 두자리로 판단하면 된다.

암기 포인트

암모니아는 1개 질소라 단치, en·bipy·phen은 2개 질소라 두자리이다.

NoteBase

문 14. 분자 내 모든 원자가 같은 평면에 있는 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 에테인(ethane)
ㄴ. 에틸렌(ethylene)
ㄷ. 아세틸렌(acetylene)
ㄹ. 사이클로뷰테인(cyclobutane)

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 탄소의 혼성화와 고리의 실제 입체구조를 바탕으로 분자 전체가 한 평면에 놓이는지를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

분자 평면성은 각 원자의 결합각과 입체배치가 한 평면에 동시에 놓일 수 있는지로 판단한다.
에테인은 각 탄소가 sp^3 혼성으로 정사면체형이라 모든 원자가 한 평면에 놓이지 않는다.
에틸렌은 각 탄소가 sp^2 혼성으로 삼각평면형이고 이중결합 때문에 전체 분자가 평면이 된다.
아세틸렌(H-C≡C-H)은 각 탄소가 sp 혼성으로 결합각이 180°인 직선형이어서 네 원자가 모두 한 직선 위에 놓이는데, 한 직선은 언제나 어떤 평면 안에 포함되므로 모든 원자가 같은 평면에 있는 것으로 본다.
사이클로부테인은 네 탄소가 sp^3 혼성이며, 완전한 정사각형 평면이면 인접 수소들의 가림(비틀림) 긴장이 커지므로 이를 줄이기 위해 고리가 약 20° 정도 접힌(buckled) 형태가 된다. 따라서 평면에 가깝지만 완전한 평면 분자는 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① X: ㄱ, ㄴ이라고 보았으나 ㄱ 에테인은 틀리고 ㄴ 에틸렌만 맞다. 틀린 부분은 ㄱ을 평면 분자로 넣은 점이다. 올바르게는 ㄴ만 평면 분자이다.
② X: ㄱ, ㄹ이라고 보았으나 ㄱ 에테인과 ㄹ 사이클로부테인은 모두 평면 분자가 아니다. 틀린 부분은 ㄱ과 ㄹ을 모두 포함한 점이다. 올바르게는 ㄱ과 ㄹ을 제외해야 한다.
③ O: ㄴ, ㄷ은 모두 평면에 놓인다. ㄴ 에틸렌은 sp^2 탄소의 삼각평면 구조이고, ㄷ 아세틸렌은 직선형이어서 모든 원자가 같은 평면에 있다.
④ X: ㄷ은 맞지만 ㄹ은 틀리다. 틀린 부분은 ㄹ 사이클로부테인을 평면 분자로 본 점이다. 올바르게는 ㄷ만 맞고 ㄹ은 고리가 접혀 있어 평면이 아니다.

오답 포인트

에테인과 사이클로부테인을 평면 구조식 그림만 보고 평면 분자로 오해하기 쉽다. 에테인은 단일결합 탄소가 정사면체 배치를 하고, 사이클로부테인은 네모 모양으로 그려져도 실제 분자는 비평면형이라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 탄소의 혼성화를 본다. sp^2이면 평면 가능성이 크고 sp이면 직선형이므로 평면에 포함된다. sp^3이면 보통 정사면체 배치라 전체 평면성이 깨지고, 작은 고리 화합물은 그려진 모양과 실제 입체구조를 구분한다.

암기 포인트

sp^2는 평면, sp는 직선, sp^3는 정사면체, 사이클로부테인은 접힌 고리이다.

NoteBase

문 15. 산화수가 +4인 원자는?

① H_2O의 산소(O)

② CO_2의 탄소(C)

③ NO_3^-의 질소(N)

④ HF의 플루오린(F)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 분자와 이온에서 산화수 규칙을 적용해 특정 원자의 산화수를 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

중성 분자에서는 각 원자의 산화수 합이 0이다.
단원자 이온이 아닌 다원자 이온에서는 각 원자의 산화수 합이 이온 전체 전하와 같다.
수소는 보통 +1, 산소는 보통 -2, 플루오린은 항상 -1로 둔다.

사용할 공식

산화수의 합 = 분자 또는 이온의 전체 전하이다.
이 문제에서는 각 화합물에서 알려진 원자의 산화수를 먼저 두고, 미지 원자의 산화수를 x로 놓아 합을 맞춘다.

선지별 해설

1번: X. H2O에서 수소는 각각 +1이므로 $2 \times (+1) + x = 0$이다. 따라서 산소의 산화수는 $x = -2$이다. 틀린 표현은 "산소가 +4"라는 판단이며, 올바르게는 H2O의 산소는 -2이다.
2번: O. CO2에서 산소는 각각 -2이므로 $x + 2 \times (-2) = 0$이다. 따라서 탄소의 산화수는 $x = +4$이다. 정답 조건에 맞는 원자는 CO2의 탄소이다.
3번: X. NO3-에서 산소는 각각 -2이므로 $x + 3 \times (-2) = -1$이다. 따라서 질소의 산화수는 $x = +5$이다. 틀린 표현은 "질소가 +4"라는 판단이며, 올바르게는 NO3-의 질소는 +5이다.
4번: X. HF에서 플루오린은 가장 전기음성도가 커서 항상 -1이다. 따라서 수소는 +1이고, 플루오린은 +4가 될 수 없다. 틀린 표현은 "플루오린이 +4"라는 판단이며, 올바르게는 HF의 플루오린은 -1이다.

오답 포인트

NO3-처럼 이온 전체 전하가 0이 아니라 -1이라는 점을 놓치면 3번의 질소를 +4로 잘못 계산하기 쉽다. 또한 플루오린은 화합물에서 항상 -1이라는 예외적 성질을 기억하지 못하면 4번에서 흔들릴 수 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

각 선지마다 먼저 O, H, F처럼 거의 고정되는 원자의 산화수를 적고, 그 합이 분자는 0, 이온은 전체 전하가 되도록 미지 원자를 계산하면 된다.

암기 포인트

산화수는 "고정 원자 먼저, 전체 전하로 합 맞추기"가 기본이며, CO_2의 C는 +4, NO_3^-의 N은 +5이다.

NoteBase

문 16. 25 ℃ 수용액에서 산의 세기가 큰 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

(가) HNO_3 (나) HCl
(다) HF (라) H_2CO_3

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

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 25 ℃ 수용액에서 산의 세기를 K_a 또는 pK_a 기준으로 비교할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

산의 세기는 물에서 얼마나 잘 이온화되어 H^+를 내놓는가로 비교하며, K_a가 클수록 강하고 pK_a가 작을수록 강하다.
HCl과 HNO3는 강산이지만 상대적으로는 HCl이 더 강하다.
HF는 약산이고, H2CO3는 HF보다 더 약한 산이다.
다만 HCl과 HNO3는 둘 다 물에서 사실상 완전히 해리하므로, 물이라는 용매 안에서 측정하면 세기가 모두 H_3O^+ 수준으로 같아져 구별되지 않는다. 이를 평준화 효과(leveling effect)라 한다. 따라서 이 문제에서 HCl > HNO3로 순서를 매기는 근거는 수용액에서의 측정값이 아니라 두 산의 고유한 세기, 즉 순수한 산 상태의 pK_a 비교(HCl이 HNO3보다 pK_a가 작음)에 있다.

NoteBase

선지별 해설

① X
(가) HNO_3를 (나) HCl보다 앞에 둔 점이 틀리다. 산의 세기는 HCl > HNO_3 > HF > H_2CO_3 순으로 본다. 따라서 올바르게는 (나), (가), (다), (라)이다.

② X
(가), (나) 다음의 약산 순서를 (라), (다)로 둔 점이 틀리다. HF가 H_2CO_3보다 더 강한 산이므로 올바르게는 (나), (가), (다), (라)이다.

③ O
(나) HCl, (가) HNO_3, (다) HF, (라) H_2CO_3 순서는 강산에서 약산으로 내려가는 올바른 배열이다. HCl과 HNO_3는 강산, HF는 약산, H_2CO_3는 더 약한 산이다.

④ X
(나), (가)까지는 맞지만 (라) H_2CO_3를 (다) HF보다 앞에 둔 점이 틀리다. H_2CO_3는 HF보다 더 약하므로 올바르게는 (나), (가), (다), (라)이다.

오답 포인트

강산과 약산만 대충 구분하고 HF와 H_2CO_3의 상대 세기를 놓치기 쉽다. 또 HCl과 HNO_3를 둘 다 강산이라고만 보고 순서를 바꾸면 ①에 끌리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 강산과 약산을 나눈 뒤, 강산끼리는 HCl이 HNO_3보다 강하고 약산끼리는 HF가 H_2CO_3보다 강하다는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

강산 두 개는 HCl > HNO_3, 약산 두 개는 HF > H_2CO_3이다.

NoteBase

문 17. 다전자 원자에서 에너지가 증가하는 순서대로 오비탈을 나열하였을 때, (가) ~ (라)에 해당하는 오비탈을 바르게 연결한 것은?

1 s < 2 s < 2p < 3 s < 3p < (가) < (나) < 4p < (다) < (라)

① (가): 3d, (나): 4 s, (다): 4d, (라): 5 s

② (가): 3d, (나): 4 s, (다): 5 s, (라): 4d

③ (가): 4 s, (나): 3d, (다): 4d, (라): 5 s

④ (가): 4 s, (나): 3d, (다): 5 s, (라): 4d

정답 4번

출제 포인트

다전자 원자에서 오비탈 에너지를 배열할 때 $n + l$ 규칙과 같은 $n + l$이면 주양자수 n이 작은 오비탈이 더 낮다는 점을 묻는 문제이다.

올바른 순서

1. (가)=4 s — 3p 다음에는 4 s가 온다.
2. (나)=3d — 4 s 다음이며 4p보다 에너지가 낮다.
3. 4p — $n + l = 5$인 오비탈들 사이에서 3d 다음, 5 s 이전에 온다.
4. (다)=5 s — 4p 다음이며 4d보다 먼저 온다.
5. (라)=4d — 제시된 오비탈 중 가장 나중에 온다.

왜 이 순서: 4 s는 $n + l = 4$, 3d와 4p와 5 s는 모두 $n + l = 5$, 4d는 $n + l = 6$이다. 같은 $n + l$에서는 n이 작은 3d가 4p보다, 4p가 5 s보다 먼저 온다.

NoteBase

선지별 해설

① X
3d를 4 s보다 앞에 둔 부분이 틀리다. 다전자 원자에서는 4 s가 3d보다 먼저 온다.
틀린 표현: (가)=3d, (나)=4 s
올바르게는: (가)=4 s, (나)=3d이다. 또한 (다)=4d, (라)=5 s도 뒤바뀌어 올바르게는 (다)=5 s, (라)=4d이다.

② X
앞부분은 ①과 같이 4 s와 3d의 순서가 틀리다. 뒷부분은 (다)=5 s, (라)=4d로 맞지만 전체 연결은 오답이다.
틀린 표현: (가)=3d, (나)=4 s
올바르게는: (가)=4 s, (나)=3d이다.

③ X
4 s와 3d는 맞지만 4p 다음 순서가 틀리다. 4d는 5 s보다 에너지가 높으므로 5 s가 먼저 온다.
틀린 표현: (다)=4d, (라)=5 s
올바르게는: (다)=5 s, (라)=4d이다.

④ O
(가)=4 s, (나)=3d, (다)=5 s, (라)=4d로 연결하면 1 s < 2 s < 2p < 3 s < 3p < 4 s < 3d < 4p < 5 s < 4d가 되어 다전자 원자의 오비탈 에너지 순서와 일치한다.

오답 포인트

3d와 4 s는 주양자수만 보면 3d가 먼저처럼 보이지만, 다전자 원자에서는 $n + l$ 값을 함께 봐야 한다는 점이 함정이다. 또 4p, 5 s, 4d를 숫자가 커지는 순서대로 두기 쉽지만 실제 에너지 순서는 4p < 5 s < 4d이다.

다시 나오면 이렇게 판단

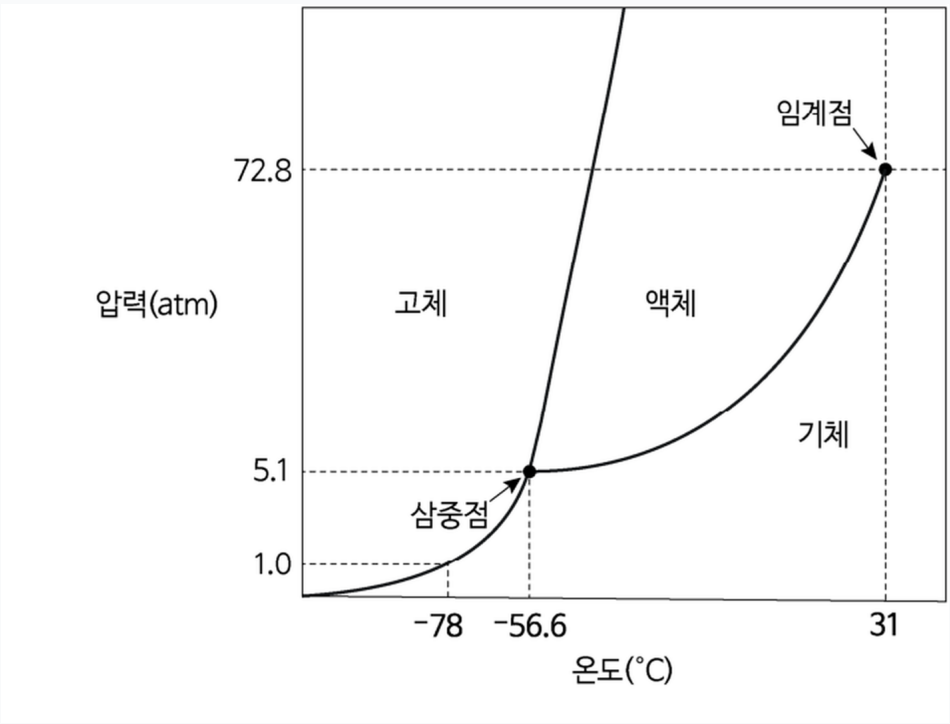
다전자 원자의 오비탈 순서 문제는 먼저 각 오비탈의 $n + l$ 값을 비교하고, 값이 같으면 n이 작은 오비탈을 앞에 둔다. 이 기준으로 4 s < 3d < 4p < 5 s < 4d를 바로 정리할 수 있다.

암기 포인트

다전자 원자는 4 s가 3d보다 먼저이고, $n + l$이 같으면 n이 작은 오비탈이 더 낮다.

NoteBase

문 18. 이산화 탄소(CO_2)의 상평형 그림에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 좌표축 상의 수치 간격은 확대되거나 축소되었다)



① 삼중점에서는 고체, 액체, 기체가 공존한다.

② -60°C에서는 액체 상태가 존재하지 않는다.

③ 압력이 1 atm일 때는 액체 상태가 존재하지 않는다.

④ 온도 40°C, 압력 77 atm에서는 액체와 기체가 공존한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 CO2 상평형도에서 삼중점, 임계점, 그리고 각 압력·온도 조건에서 가능한 상을 읽어 내는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 삼중점은 고체, 액체, 기체가 동시에 평형을 이루는 점이다. 그림에서도 삼 경계선이 만나는 점으로 표시되어 있으므로 맞다.

② O
- $-60^\circ C$는 삼중점 온도인 $-56.6^\circ C$보다 낮다. 삼중점보다 낮은 온도에서는 아무리 압력을 바꾸어도 액체 영역에 들어갈 수 없으므로 맞다.

③ O
- 1atm은 삼중점 압력인 5.1atm보다 낮다. 이 압력에서는 고체와 기체만 존재할 수 있고 액체는 존재하지 않으므로 맞다. 실제로 1atm에서 CO_2는 $-78^\circ C$ 부근에서 승화한다.

④ X
- $40^\circ C$는 임계온도인 $31^\circ C$보다 높고, 77atm은 임계압력인 72.8atm보다 높다. 임계점보다 위의 영역에서는 액체와 기체가 공존하는 것이 아니라 초임계유체가 된다. 틀린 표현은 '액체와 기체가 공존한다'이고, 올바르게는 '초임계유체 상태가 된다'이다.

오답 포인트

임계점의 압력보다 높고 온도도 높으면 액체가 더 잘 만들어진다고 오해하기 쉽다. 그러나 임계온도를 넘는 순간에는 액체-기체 경계선 자체가 끝나므로 공존이라는 표현을 쓸 수 없다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

상평형도는 먼저 삼중점과 임계점을 본다. 삼중점보다 낮은 압력에서는 액체가 없고, 임계점보다 높은 온도에서는 액체와 기체를 따로 구분하지 못한다고 판단하면 된다.

암기 포인트

CO_2는 1atm에서 액체가 없고, 임계점 위에서는 액체·기체 대신 초임계유체이다.

NoteBase

문 19. 다음 반응의 환원 반쪽 반응식을 구성하는 화학종이 아닌 것은? (단, 반응은 산성 수용액에서 일어난다)

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

① $OH^-(aq)$
② $MnO_4^-(aq)$
③ $H_2O(l)$
④ $Mn^{2+}(aq)$

정답 1번

출제 포인트

산성 수용액에서 환원 반쪽 반응식을 맞출 때 산소는 H2O로, 수소는 H+로, 전하는 e-로 맞춘다는 원리를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 MnO_4^-가 Mn^{2+}로 환원되고, $C_2O_4^{2-}$가 CO_2로 산화되는 산화환원 반응이다.
물음은 전체 반응이 아니라 MnO_4^-의 환원 반쪽 반응식에 실제로 들어가는 화학종을 고르는 것이다.
반응 조건이 산성 수용액이므로 염기성 조건에서 쓰는 OH^-는 사용하지 않는다.

사용할 원리

환원 반쪽 반응식은 환원되는 종만 따로 떼어 원자수와 전하를 순서대로 맞춘다.
산성 용액에서는 O는 H2O로, H는 H+로 맞춘 뒤 마지막에 e-를 넣어 전하를 맞춘다.

계산 과정

먼저 골격식은 $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$이다.
왼쪽의 산소 4개를 맞추기 위해 오른쪽에 $4H_2O$를 둔다.
오른쪽의 수소 8개를 맞추기 위해 왼쪽에 $8H^+$를 둔다.
전하를 맞추면 왼쪽은 +7, 오른쪽은 +2이므로 왼쪽에 $5e^-$를 더한다.
따라서 환원 반쪽 반응식은 $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$이다.
이 반쪽 반응식을 구성하는 화학종은 MnO_4^-, H^+, e^-, Mn^{2+}, H_2O이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

OH^-는 산성 수용액의 환원 반쪽 반응식에 들어가지 않는다. 틀린 표현은 '환원 반쪽 반응식을 구성한다'이다. 올바르게는 산성 조건에서는 OH^- 대신 H^+와 H_2O를 사용한다.

② O

MnO_4^-는 환원되는 출발 물질이므로 반쪽 반응식의 반응물에 반드시 포함된다. 망가니즈의 산화수는 +7에서 +2로 감소한다.

③ O

H_2O는 MnO_4^-에 있는 산소 4개를 맞추기 위해 생성물 쪽에 들어간다. 산성 조건에서 산소를 맞출 때 쓰는 대표 화학종이다.

④ O

Mn^{2+}는 MnO_4^-가 환원된 생성물이다. 따라서 환원 반쪽 반응식의 생성물로 포함된다.

오답 포인트

산성 조건과 염기성 조건을 섞으면 ①을 고르지 못한다. 염기성에서는 OH^-가 등장할 수 있지만, 산성에서는 H^+와 H_2O로 맞춘다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반쪽 반응식 문제는 먼저 환원되는 종만 따로 적고, O는 H2O, H는 H+, 전하는 e-로 맞춘 뒤 반응 조건이 산성인지 염기성인지 마지막에 다시 확인하면 된다.

암기 포인트

산성 반응식은 O→H2O, H→H+, 전하→e-의 순서로 맞춘다.

NoteBase

문 20. 단일 단계 반응 $2A \rightarrow P$는 이차 반응이고, P의 생성 반응 속도 상수는 $2 \times 10^{-5}\mathrm{M}^{-1}\mathrm{s}^{-1}$이며, A의 초기 농도는 $0.01\mathrm{M}$이다. A의 반감기[s]는? (단, 반응 온도는 일정하다)

① 2.5×10^{6}

② 5.0×10^{6}

③ 2.5×10^{7}

④ 5.0×10^{7}

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 생성 속도식과 반응물 소모 속도식의 계수 차이를 반영하여, 이차 반응의 반감기 $t_{1/2}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 생성 속도 상수 $k = 2 \times 10^{-5} M^{-1}s^{-1}$, 초기 농도 $[A]_0 = 0.01M$이다.
구해야 할 값은 A의 반감기이다.
주의할 조건은 반응식이 $2A \rightarrow P$이므로 A의 소모 속도는 P의 생성 속도의 2배라는 점이다.

사용할 공식

P의 생성 속도는 $\frac{d[P]}{dt} = k[A]^2$이다.
반응식이 $2A \rightarrow P$이므로 A의 소모 속도는 $-\frac{d[A]}{dt} = 2k[A]^2$이다.
따라서 A에 대한 이차 반응 속도상수는 $k' = 2k = 4 \times 10^{-5} M^{-1}s^{-1}$로 본다.
이차 반응의 반감기 공식은 $t_{1/2} = \frac{1}{k'[A]_0}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 A의 소모 속도식이 $-\frac{d[A]}{dt} = k'[A]^2$ 꼴의 단일 반응물 이차 반응이기 때문이다.

계산 과정

1. 생성 속도 상수에서 A 소모 기준 상수로 바꾸면 $k' = 2k = 2 \times 2 \times 10^{-5} = 4 \times 10^{-5} M^{-1}s^{-1}$이다.
2. 반감기 공식에 대입하면 $t_{1/2} = \frac{1}{(4 \times 10^{-5})(0.01)}$이다.
3. $(4 \times 10^{-5})(10^{-2}) = 4 \times 10^{-7}$이므로 $t_{1/2} = \frac{1}{4 \times 10^{-7}} = 2.5 \times 10^{6} s$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
계산 결과가 $2.5 \times 10^6 s$이므로 맞는 값이다.

② X
이 값은 생성 속도 상수 k를 그대로 A의 소모 속도 상수로 써서 $t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$로 계산하면 나온다.
틀린 표현은 A의 소모 속도와 P의 생성 속도를 같게 본 점이다.
올바르게는 $-\frac{d[A]}{dt} = 2k[A]^2$를 써야 하므로 정답값은 $2.5 \times 10^6 s$이다.

③ X
이 값은 정답보다 10배 큰 값으로, 초기 농도 $0.01M$를 $0.001M$로 잘못 읽거나 지수 계산을 한 자리 틀리면 나온다.
틀린 표현은 초기 농도 또는 지수 자릿수를 잘못 적용한 점이다.
올바르게는 $[A]_0 = 0.01M$를 그대로 대입하여 $2.5 \times 10^6 s$를 얻어야 한다.

④ X
이 값은 ②의 오해와 ③의 자릿수 오해가 함께 들어간 경우의 값이다.
틀린 표현은 생성 속도 상수를 그대로 쓰면서 초기 농도 자릿수까지 잘못 잡은 점이다.
올바르게는 계수 2를 반영한 $k' = 4 \times 10^{-5} M^{-1} s^{-1}$, 초기 농도 $0.01M$를 사용하여 $2.5 \times 10^6 s$를 얻는다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 문제에서 준 값이 P의 생성 속도 상수라는 점이다. 반응식이 $2A \rightarrow P$이면 A의 소모 속도는 계수 2만큼 더 크므로, 이를 반영하지 않으면 ②처럼 정확히 2배 큰 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

반감기 계산 문제는 먼저 문제에서 준 속도식이 생성 기준인지 소모 기준인지 확인한다. 그다음 반응식의 화학양론 계수를 반영해 반응물 기준 속도상수로 고친 뒤, 반응 차수에 맞는 반감기 공식을 대입하면 된다.

암기 포인트

$2A \rightarrow P$에서 $\frac{d[P]}{dt} = k[A]^2$이면 $-\frac{d[A]}{dt} = 2k[A]^2$이고, 따라서 $t_{1/2} = \frac{1}{(2k)[A]_0}$이다.

NoteBase

문 21. 비전해질 고분자 물질 100 mg을 물에 완전히 녹여 부피 100 ml인 용액을 만들었다. 300 K에서 이 용액의 삼투압이 4.92×10^{-4} atm일 때, 이 물질의 몰질량 $[g\ mol^{-1}]$은? (단, 기체 상수 $R = 0.082\ L\ atm\ K^{-1}\ mol^{-1}$이다)

① 500

② 5,000

③ 50,000

④ 500,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 비전해질의 삼투압 공식과 질량-몰수 관계를 이용해 고분자의 몰질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 용질 질량 100 mg, 용액 부피 100 mL, 온도 300 K, 삼투압 $4.92 \times 10^{-4} atm$이다.
구해야 할 값: 고분자의 몰질량이다.
주의할 조건: 100 mg는 0.100 g, 100 mL는 0.100 L로 바꾸어야 하고 비전해질이므로 반트호프 인자 $i = 1$이다.

사용할 공식

삼투압은 $\pi = \frac{n}{V}RT$ 이므로 $n = \frac{\pi V}{RT}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 비전해질 용액의 삼투압이 용질의 몰농도에 비례하므로 삼투압으로 용질의 몰수를 먼저 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 질량과 부피를 단위 변환하면 용질 질량은 0.100 g, 용액 부피는 0.100 L이다.
2. 몰수는 $n = \frac{\pi V}{RT} = \frac{(4.92 \times 10^{-4} atm)(0.100 L)}{(0.082 L atm K^{-1} mol^{-1})(300 K)} = 2.0 \times 10^{-6} mol$ 이다.
3. 몰질량은 $M = \frac{m}{n} = \frac{0.100 g}{2.0 \times 10^{-6} mol} = 5.0 \times 10^{4} g mol^{-1}$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 500은 계산값 5.0×10^4와 두 자릿수 차이가 난다. 틀린 표현은 몰질량을 500으로 본 점이며, 올바르게는 50,000 $g mol^{-1}$이다.
② X: 5,000은 계산값의 10분의 1이다. 틀린 표현은 질량 100 mg를 0.0100 g처럼 잘못 바꾸거나 자릿수를 하나 놓친 결과라는 점이며, 올바르게는 50,000 $g mol^{-1}$이다.
③ O: 삼투압으로 구한 몰수가 $2.0 \times 10^{-6} mol$이므로 몰질량은 50,000 $g mol^{-1}$이다. 계산 결과와 정확히 일치한다.
④ X: 500,000은 계산값의 10배이다. 틀린 표현은 부피 100 mL를 0.0100 L로 잘못 바꾸거나 분모 자릿수를 하나 더 줄인 결과라는 점이며, 올바르게는 50,000 $g mol^{-1}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 mg를 g로, mL를 L로 바꾸는 단위 변환에서 자릿수를 틀리는 점이다. 삼투압 공식 자체는 단순하지만 질량과 부피를 각각 10배씩 잘못 바꾸면 ②나 ④ 같은 오답이 바로 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

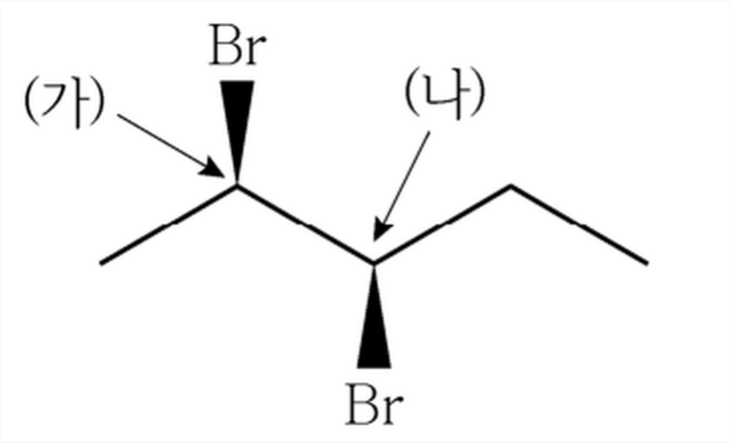
삼투압 계산 문제는 먼저 질량과 부피를 표준 단위로 바꾸고, $\pi = \frac{n}{V}RT$로 몰수를 구한 뒤, 마지막에 $M = \frac{m}{n}$으로 몰질량을 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

비전해질 고분자의 몰질량은 삼투압으로 몰수부터 구하고, 몰질량은 질량 나누기 몰수로 정리된다.

NoteBase

문 22. 카이랄 중심(chiral center) (가)와 (나)의 배열을 바르게 연결한 것은?



① (가): S, (나): S

② (가): S, (나): R

③ (가): R, (나): S

④ (가): R, (나): R

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 쐐기 결합이 표시된 구조식에서 CIP 우선순위를 적용하여 두 카이랄 중심의 R/S 배열을 판정하는 문제이다. 이 분자는 2,3-다이브로모펜테인이며, 왼쪽부터 CH3-(가)-(나)-CH2-CH3 순서로 탄소가 이어진다. (가)는 왼쪽 메틸기, Br, 그리고 (나) 탄소와 결합한 두 번째 탄소이고, (나)는 (가) 탄소, Br, 그리고 오른쪽 에틸기와 결합한 세 번째 탄소이다.

NoteBase

선지별 해설

각 카이랄 중심은 (1) 쐐기 방향 확인 → (2) 치환기 이름과 우선순위 번호 부여 → (3) 4순위(H) 위치 확인 → (4) 회전 방향 판정의 순서로 따진다.

[(가) 카이랄 중심] (1) Br는 위쪽 쐐기로 앞에 나와 있고 H는 뒤에 있다. (2) 직접 결합 원자를 보면 Br가 1순위이고, 나머지 두 탄소는 둘 다 첫 결합 원자가 탄소이므로 다음 원자 집합으로 비교한다. (나) 카이랄 중심 탄소의 다음 원자 집합은 {Br, C, H}이고 메틸기의 집합은 {H, H, H}이므로, (나) 탄소가 2순위, 메틸기가 3순위, H가 4순위이다. 즉 Br > (나) 탄소 > 메틸기 > H이다. (3) 4순위 H가 뒤에 있으므로 보이는 대로 읽으면 된다. (4) 위쪽의 Br(1)에서 오른쪽 아래의 (나) 탄소(2)를 거쳐 왼쪽 아래의 메틸기(3)로 도는 방향은 시계방향이므로 (가)는 R이다.

[(나) 카이랄 중심] (1) Br는 아래쪽 쐐기로 앞에 나와 있고 H는 뒤에 있다. (2) Br가 1순위이고, 좌우 두 탄소가 모두 첫 결합 원자가 탄소이므로 다음 원자 집합으로 비교한다. (가) 카이랄 중심 탄소의 다음 원자 집합은 {Br, C, H}이고 에틸기 첫 탄소(CH2)의 집합은 {C, H, H}이므로, {Br, C, H}가 {C, H, H}보다 앞선다. 따라서 (가) 탄소가 2순위, 에틸기가 3순위, H가 4순위이다. 즉 Br > (가) 탄소 > 에틸기 > H이다. (3) 4순위 H가 뒤에 있으므로 보이는 대로 읽으면 된다. (4) 아래쪽의 Br(1)에서 왼쪽 위의 (가) 탄소(2)를 거쳐 오른쪽 위의 에틸기(3)로 도는 방향은 시계방향이므로 (나)도 R이다.

① X: (가) S, (나) S로 본 것이 모두 틀리다. 위 판정에 따르면 (가)도 R, (나)도 R이므로 올바른 연결은 "(가) R, (나) R"이다.
② X: (나)를 R로 본 것은 맞지만 (가)를 S로 본 것이 틀리다. (가)는 Br > (나) 탄소 > 메틸기 > H 순서에서 시계방향이므로 R이다.
③ X: (가)를 R로 본 것은 맞지만 (나)를 S로 본 것이 틀리다. (나)는 Br > (가) 탄소 > 에틸기 > H 순서에서 시계방향이므로 R이다.
④ O: (가)는 R, (나)도 R이므로 두 카이랄 중심의 배열을 바르게 연결한 선택지이다.

오답 포인트

탄소 치환기 우선순위를 비교할 때 단순히 메틸기는 짧고 에틸기는 길다는 사슬 길이만 보고 판단하면 흔들린다. 직접 결합된 원자가 둘 다 탄소이면 그 다음에 연결된 원자 집합({Br, C, H} 대 {H, H, H}, 또는 {Br, C, H} 대 {C, H, H})까지 펼쳐 비교해야 한다. 또한 (가)는 Br 쐐기가 위쪽, (나)는 Br 쐐기가 아래쪽으로 방향이 다르므로 회전 방향을 읽을 때 두 중심을 같은 모양으로 착각하지 않도록 각 중심의 1·2·3순위 위치를 그림에서 따로 확인해야 한다. 쐐기 결합이 앞으로 나오면 생략된 H는 뒤에 있다고 두고 회전 방향을 읽는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

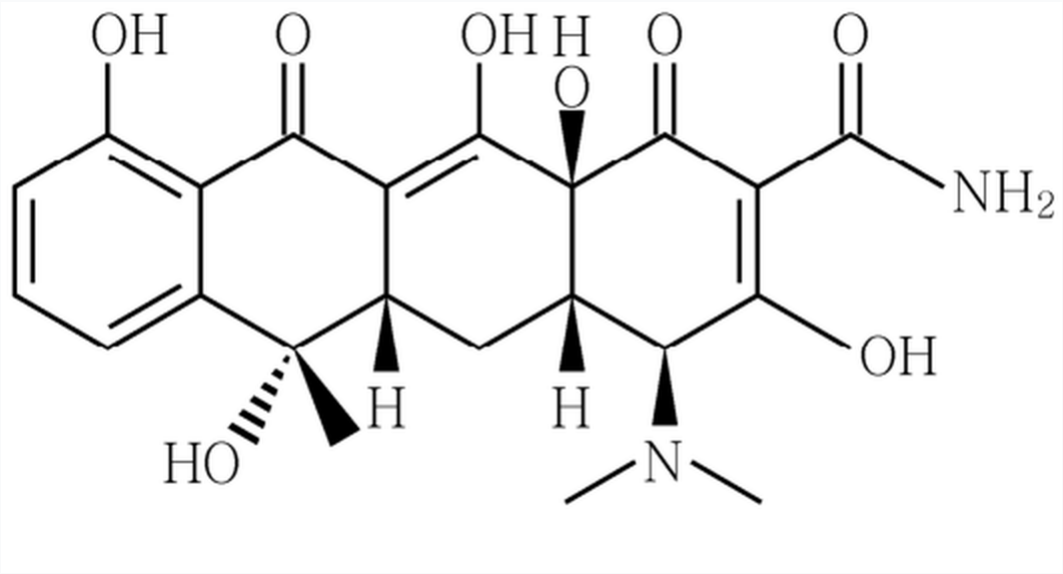
각 카이랄 중심마다 (1) 쐐기 방향과 H의 앞뒤 위치를 먼저 확인하고, (2) 치환기 이름과 1~4순위 번호를 붙인 다음, (3) 4순위가 뒤에 있는지 확인하고, (4) 1→2→3이 시계방향이면 R, 반시계방향이면 S로 판정한다. 탄소끼리 경쟁하면 다음 결합 원자 집합을 순서대로 펼쳐 비교한다.

암기 포인트

생략된 H가 뒤에 있을 때 1→2→3 시계방향은 R, 반시계방향은 S이다.

NoteBase

문 23. 다음 화합물에서 sp^3 혼성 궤도함수를 가지는 원자의 총 개수는?



① 14

② 15

③ 16

④ 17

정답 3번

출제 포인트

테트라사이클린(tetracycline, $C_{22}H_{24}N_2O_8$) 구조식에서 sp^3 혼성 궤도함수를 가지는 원자를 탄소(C)·질소(N)·산소(O) 구분 없이 모두 세는 문제이다. sp^2와 sp^3를 가르는 핵심 기준인 π결합(이중결합) 참여 여부와 공명에 의한 비공유전자쌍의 p궤도 분산을 정확히 적용해야 한다.

조건 정리

sp^3 조건: 이중결합(π결합)에 관여하지 않고 공명도 없어 4개의 전자쌍이 모두 정사면체형 sp^3 궤도에 놓인 원자.
sp^2 조건: 이중결합(C=O, C=C)에 직접 참여하거나 공명으로 비공유전자쌍이 인접 π계에 분산된 원자.
판별 요점: ①방향족 고리 C → sp^2 ②카보닐 C=O의 C·O → sp^2 ③아마이드 $-CONH_2$의 N → sp^2(공명으로 비공유전자쌍이 C=O의 π계에 분산) ④3급 아민 $N(CH_3)_2$의 N → sp^3(공명 없음) ⑤알코올·페놀의 –OH 산소 → sp^3.

NoteBase

사용할 공식

sp^3 원자 총수 = (sp^3 탄소 수) + (sp^3 질소 수) + (sp^3 산소 수).
탄소는 4개 단일결합만 있으면 sp^3, 이중결합이 하나라도 있으면 sp^2.
산소는 C=O처럼 이중결합이면 sp^2, –OH나 에테르처럼 단일결합 2개+비공유전자쌍 2개이면 sp^3.
질소는 아민(단일결합 3개+비공유전자쌍 1개, 공명 없음)이면 sp^3, 아마이드(공명으로 비공유전자쌍 분산)이면 sp^2.

계산 과정

이 화합물은 테트라사이클린이다.

[sp^3 탄소: 합계 10개]
고리계 sp^3 탄소 7개: 방향족 고리 · C=O · C=C 공명계에 속하지 않는 포화 고리 탄소로, 이미지에서 쐐기/점선 H 또는 HO 결합이 표시된 위치(C4a, C5a, C12a, C12)와 $N(CH_3)_2$가 결합한 C4, CH_2인 C5, OH · CH_3가 함께 결합한 4차탄소 C6이 해당한다. 각각 4개 단일결합만 이루므로 sp^3이다.
나머지 sp^3 탄소 3개: C6에 달린 CH_3 1개, 디메틸아미노기의 N–CH_3 2개.

[sp^3 질소: 합계 1개]
$N(CH_3)_2$는 3급 아민으로, 비공유전자쌍이 인접 π계와 공명하지 않아 sp^3이다.
오른쪽 아마이드 –$CONH_2$의 NH_2는 C=O와 공명해 비공유전자쌍이 p궤도에 놓이므로 sp^2이다 → 포함하지 않는다.

[sp^3 산소: 합계 5개]
C=O(sp^2 O): 케톤 C=O 2개, 아마이드 C=O 1개 → 총 3개 제외.
C–OH(sp^3 O): 페놀성 OH(방향족 고리의 OH), C12 위치의 OH, C12a의 HO, C3 위치의 에놀 OH, C6의 OH → 총 5개.
(에놀 형태의 C=C–OH에서 산소는 단일결합 2개+비공유전자쌍 2개 구조이므로 sp^3으로 분류한다.)

[합산]
10 + 1 + 5 = 16

NoteBase

선지 판단

① X: 14개. sp^3 원자 2개를 누락한 값이다. 고리 내 sp^3 탄소(C5, C12 등)나 sp^3 산소를 빠뜨릴 때 나온다. 틀린 판단 → 올바른 수는 16개이다.
② X: 15개. sp^3 산소 1개 또는 sp^3 탄소 1개를 놓친 경우이다. 페놀 OH의 산소를 sp^2로 잘못 처리하거나, C12 고리 탄소를 sp^3에서 제외하면 15가 된다. 틀린 판단 → 올바른 수는 16개이다.
③ O: 16개. sp^3 C 10개 + sp^3 N 1개 + sp^3 O 5개 = 16개. 정확한 수이다.
④ X: 17개. 아마이드 NH_2의 질소를 sp^3으로 잘못 센 값이다. 아마이드 N은 C=O와 공명해 sp^2이므로 포함하지 않는다. 틀린 판단 → 올바른 수는 16개이다.

오답 포인트

가장 흔한 오류는 아마이드 NH_2의 N을 sp^3으로 세는 것이다(④선택). 이 N의 비공유전자쌍은 C=O의 π* 오비탈과 공명해 p궤도에 놓이므로 sp^2이다. 두 번째 오류는 페놀 OH 산소를 sp^2으로 처리하는 것이다(②선택). 페놀 산소는 방향족 고리와 약하게 공명하지만 기초 화학에서는 단일결합 2개+비공유전자쌍 2개인 sp^3으로 분류한다. 세 번째 오류는 C12(OH와 H를 동시에 가진 고리 탄소)를 sp^2 취급해 sp^3 탄소를 1개 적게 세는 것이다(②선택).

다시 나오면 이렇게 판단

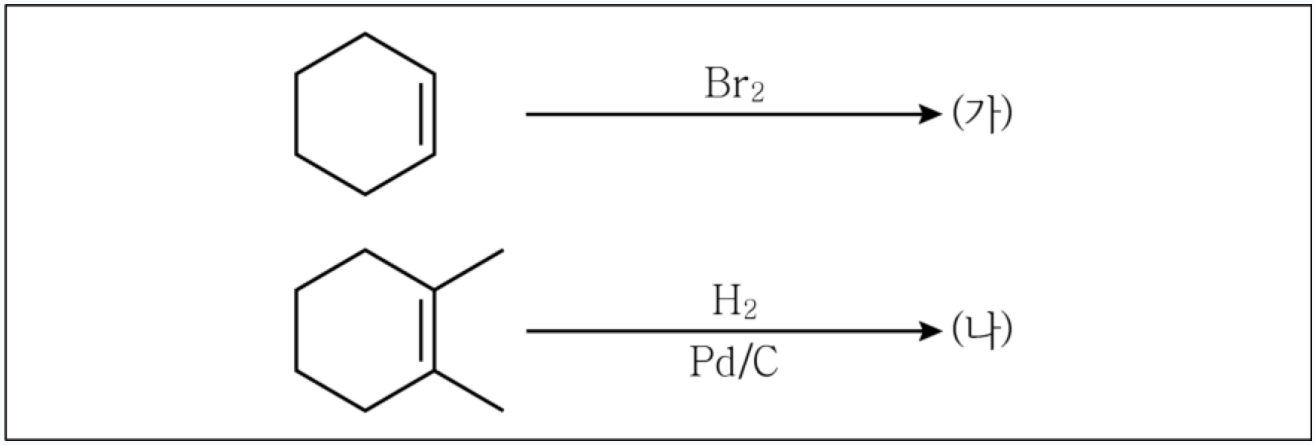
① 방향족 고리 C 전부, ② 명시된 C=O의 C·O 전부, ③ 공명이 확실한 아마이드 N을 먼저 sp^2로 확정해 제외한다. 나머지 탄소(포화 고리 접합 탄소, 메틸 탄소 포함), 3급 아민 N, –OH 산소(알코올·페놀·에놀 포함)를 sp^3으로 센다. 고리 접합 탄소에 쐐기·점선 결합 표시가 있으면 그 탄소는 반드시 sp^3이다.

암기 포인트

sp^2: 방향족 C / C=O의 C·O / 아마이드 N(공명).
sp^3: 알코올·페놀·에놀의 –OH 산소 / 3급 아민 N(공명 없음) / 포화(단일결합만) 탄소.
테트라사이클린 기준: sp^3 C 10개 + sp^3 N 1개 + sp^3 O 5개 = 16.

NoteBase

문 24. 다음 알켄(alkene) 화합물이 첨가반응을 일으킬 때, 주생성물은?



① (가) Br Br (나)

② (가) Br Br (나)

③ (가) Br Br (나)

④ (가) Br Br (나)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 알켄의 첨가반응에서 브로민화는 anti 첨가, 촉매 수소화는 syn 첨가라는 입체화학을 구조식으로 판별할 수 있는지를 묻는다.

NoteBase

선지별 해설

1번: X. (가)는 맞다. cyclohexene에 Br2가 첨가되면 anti 첨가로 trans-1,2-dibromocyclohexane이 주생성물이 된다. 그러나 (나)는 틀리다. 촉매 수소화는 syn 첨가이므로 새로 붙는 두 H가 같은 면에 들어가고, 원래의 두 메틸기는 같은 면에 남아 cis-1,2-dimethylcyclohexane이 주생성물이 된다. 틀린 표현은 (나)의 trans 배열이고, 올바르게는 두 메틸기가 같은 면에 있는 cis 배열이다.
2번: O. (가)는 Br2의 anti 첨가를 반영한 trans-1,2-dibromocyclohexane이고, (나)는 H2/Pd/C의 syn 첨가를 반영한 cis-1,2-dimethylcyclohexane이다. 두 반응의 입체화학을 모두 맞게 그린 선택지이다.
3번: X. (가)와 (나)가 모두 틀리다. (가)는 같은 면으로 Br가 붙은 cis dibromide로 그려져 있는데, 실제로는 브로모늄 이온 중간체 때문에 반대 면 공격이 일어나 trans dibromide가 주생성물이다. (나)도 trans 배열로 그려져 있는데, 실제로는 syn 수소화 결과 cis-1,2-dimethylcyclohexane이 주생성물이다.
4번: X. (나)는 맞다. H2/Pd/C에 의한 수소화의 주생성물은 cis-1,2-dimethylcyclohexane이다. 그러나 (가)가 틀리다. Br2 첨가 생성물을 cis dibromide로 그렸는데, 올바르게는 서로 반대 면에 Br가 붙은 trans-1,2-dibromocyclohexane이다.

오답 포인트

Br2 첨가와 H2 첨가를 둘 다 단순한 첨가반응으로만 외우면 같은 입체결과가 나온다고 착각하기 쉽다. 이 문항은 브로모늄 이온을 거치는 anti 첨가와 금속 표면에서 일어나는 syn 첨가를 구분하는지를 노린다.

다시 나오면 이렇게 판단

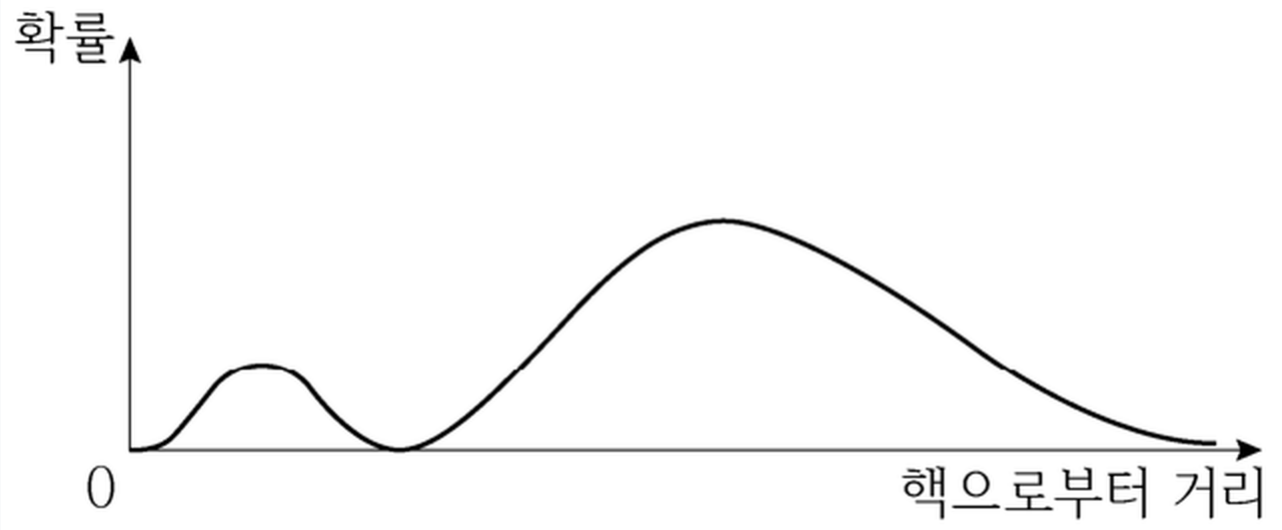
알켄 첨가반응은 먼저 반응 종류를 본다. 할로젠 첨가이면 브로모늄 이온 형성 여부를 떠올려 anti 첨가를, 촉매 수소화이면 금속 표면에서 같은 면으로 붙는 syn 첨가를 먼저 확정한 뒤 치환기의 cis/trans를 판단한다.

암기 포인트

Br2는 anti로 trans vicinal dihalide, H2/Pd는 syn으로 같은 면 수소 첨가이다.

NoteBase

문 25. 다음은 수소 원자의 *ns* 오비탈에 대한 방사 방향 확률 분포 함수이다. 이 오비탈에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, *n*은 주양자수이다)



① 구형이다.

② 주양자수(n)는 3이다.

③ 각운동량 양자수(l)는 0이다.

④ 방사 방향 마디 개수는 1이다.

정답 2번

출제 포인트

방사 방향 확률 분포 그래프에서 내부 마디 수를 세어 *ns* 오비탈의 주양자수와 양자수를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
s 오비탈은 방향에 따른 모양 변화가 없는 구대칭 오비탈이므로 구형이라는 설명이 맞다.

② X
틀린 표현은 '주양자수(n)는 3이다'이다. ns 오비탈의 방사 방향 마디 수는 $n-1$인데, 그래프에서는 내부 마디가 1개만 보이므로 $n=2$이다. 올바르게는 '주양자수(n)는 2이다'이다.

③ O
ns 오비탈은 s 오비탈이므로 각운동량 양자수 l는 항상 0이다.

④ O
원점을 제외하고 확률이 0이 되는 내부 지점이 1번 있으므로 방사 방향 마디 개수는 1개이다.

오답 포인트

원점에서 확률이 0인 점까지 마디로 잘못 세면 $n=3$처럼 오판하기 쉽다. 방사 방향 마디는 원점을 제외한 내부 영점의 개수로 세어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 s 오비탈이면 구형이고 $l=0$임을 확인한 뒤, 그래프에서 내부 마디 수를 세어 $n-l-1$에 대입하면 된다.

암기 포인트

ns 오비탈은 구형, $l=0$, 방사 방향 마디 수는 $n-1$이다.

NoteBase