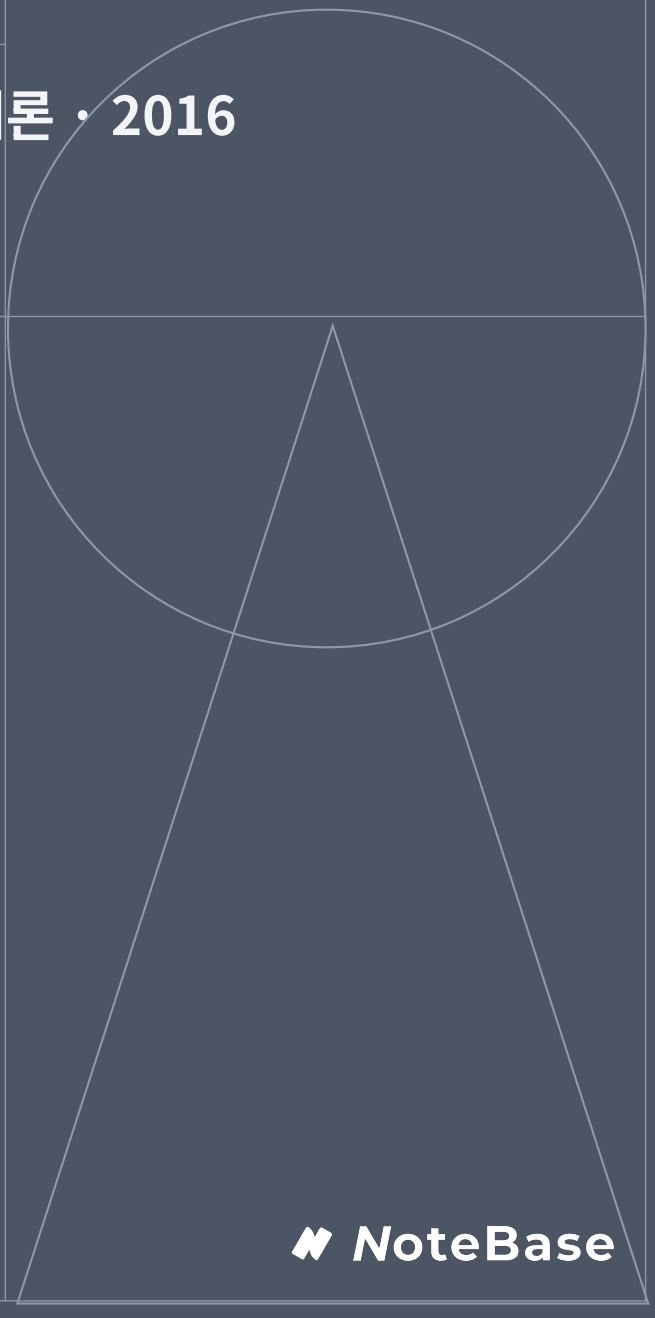
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2016



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2016

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2016

문 1. $Cu^{2+}(aq) + Co(s) \rightarrow Cu(s) + Co^{2+}(aq)$ **반응식을 갖는 볼타 전지가 있다.** $25^\circ C$**에서 이 전지의 표준 전지 전위** $E^\circ_{cell} = 0.62V$**이고, 환원 전극의 표준 환원 전위** $E^\circ = 0.34V$**일 때, 산화 전극의 표준 환원 전위** E°**[V]는?**

① -0.28

② -0.96

③ +0.28

④ +0.96

정답 1번

출제 포인트

표준 전지 전위와 각 전극의 표준 환원 전위 관계 $E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode,\,red}$를 적용해 산화 전극의 표준 환원 전위를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 표준 전지 전위는 $0.62V$, 환원 전극의 표준 환원 전위는 $0.34V$이다.
구해야 할 값: 산화 전극의 표준 환원 전위이다.
주의할 조건: 산화 전극이라고 해서 산화 전위를 묻는 것이 아니라, 산화 전극의 표준 환원 전위를 묻고 있다.

사용할 공식

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode,\,red}$
이 식은 표준 전지 전위를 두 전극의 표준 환원 전위 차로 나타낸 것이다. 문제에서 환원 전극의 값이 주어졌으므로 산화 전극의 표준 환원 전위를 바로 역산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 반응식에서 $Cu^{2+}(aq)$가 $Cu(s)$로 환원되므로 구리 전극이 환원 전극이다.
2. 따라서 $E^\circ_{cathode} = 0.34V$, $E^\circ_{cell} = 0.62V$를 식에 대입하면
$0.62 = 0.34 - E^\circ_{anode,\,red}$
3. 이를 정리하면
$E^\circ_{anode,\,red} = 0.34 - 0.62 = -0.28V$
따라서 산화 전극의 표준 환원 전위는 $-0.28V$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $-0.28V$이므로 맞는 값이다. Co 전극은 실제 전지에서 산화 전극이지만, 문제는 그 전극의 표준 환원 전위를 묻고 있으므로 부호가 음수로 나온다.

② X
- $-0.96V$는 0.62와 0.34의 부호 관계를 잘못 처리한 값이다. 틀린 값 → 올바르게는 $-0.28V$이다.

③ X
- $+0.28V$는 Co가 산화될 때의 표준 산화 전위에 해당하는 값으로 볼 수 있다. 하지만 문제는 산화 전극의 표준 환원 전위를 묻고 있으므로 틀린 값 → 올바르게는 $-0.28V$이다.

④ X
- $+0.96V$는 표준 전지 전위와 환원 전극 전위를 단순히 더한 값으로, 공식 적용 방향을 거꾸로 잡은 오답이다. 틀린 값 → 올바르게는 $-0.28V$이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 ③처럼 산화 전극이라는 말만 보고 산화 전위 $+0.28V$를 고르는 것이다. 이 문제는 산화 전극에서 일어나는 반응의 전위가 아니라, 그 전극을 환원 반응 기준으로 적었을 때의 표준 환원 전위를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

볼타 전지 전위 문제는 먼저 반응식에서 환원 전극과 산화 전극을 구분한 뒤 $E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode,\,red}$에 대입해 계산한다. 마지막에는 문제에서 묻는 값이 산화 전위인지 환원 전위인지 다시 확인하면 부호 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

전지 전위는 두 표준 환원 전위의 차이며, 산화 전극의 값을 물어도 기본식에는 환원 전위로 넣는다.

NoteBase

문 2. 금속 착화합물 $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 중심 금속 Pt의 산화 상태는 +2이다.

② 평면 사각형의 기하구조를 갖는다.

③ 시스-트랜스 이성질체를 갖는다.

④ 이성질체 구조에 따라 광학 활성이 달라진다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Pt(II) 착물의 산화수, 배위기하, 기하 이성질, 광학 활성의 성립 여부를 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

[Pt(NH3)2Cl2]에서 NH3는 중성 리간드이고 Cl은 -1 리간드이므로 Pt의 산화수는 +2이다.
Pt(II)는 d^8 전자배치를 가져 4배위에서 평면 사각형 구조를 이루는 경우가 대표적이다.
평면 사각형의 [MA2B2]형 착물은 cis-trans 기하 이성질체를 가질 수 있지만, 분자평면 때문에 일반적으로 광학 활성은 나타내지 않는다.

선지별 해설

① O
NH3는 전하가 0이고 Cl 두 개가 각각 -1이므로 전체 전하가 0이 되려면 Pt는 +2이어야 한다. 따라서 중심 금속 Pt의 산화 상태는 +2라는 설명은 옳다.

② O
Pt(II) 4배위 착물은 대표적으로 평면 사각형 구조를 가진다. [Pt(NH3)2Cl2]도 그 전형적인 예이므로 옳다.

③ O
평면 사각형 [MA2B2]형 착물에서는 같은 리간드가 이웃하면 cis, 마주 보면 trans가 된다. 따라서 시스-트랜스 이성질체를 가진다는 설명은 옳다.

④ X
틀린 부분은 '이성질체 구조에 따라 광학 활성이 달라진다'는 표현이다. 이 착물의 cis형과 trans형은 모두 평면 사각형 구조에서 대칭요소를 가지므로 광학 활성을 나타내지 않는다. 올바르게는 '시스-트랜스 기하 이성질체는 존재하지만 광학 이성질체는 나타나지 않는다'이다.

NoteBase

오답 포인트

시스-트랜스 이성질체가 있으면 곧바로 광학 이성질체도 있을 것처럼 연결하는 오류가 잦다. 기하 이성질과 광학 활성은 별개이며, 이 문항에서는 평면 사각형이라는 구조가 광학 비활성의 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

중성 리간드와 음전하 리간드를 먼저 구분해 중심 금속의 산화수를 정한 뒤, 금속의 대표 배위기하를 확인한다. 그다음 기하 이성질 가능성과 광학 활성 가능성을 따로 판단하면 된다.

암기 포인트

Pt(II) 4배위는 평면 사각형, [MA2B2]는 cis-trans 가능, 평면 사각형은 보통 광학 비활성이다.

NoteBase

문 3. 홀전자의 수가 가장 많은 것은? (단, P는 인(Phosphorus)이다)

① P^+

② P

③ P^-

④ P^{2-}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 인의 전하 상태에 따라 최외각 $3p$ 전자 수가 달라질 때 홀전자 수가 어떻게 변하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

홀전자는 같은 에너지의 오비탈에 전자가 하나씩 먼저 채워질 때 짝을 이루지 않고 남아 있는 전자이다.
P의 전자배치는 $[Ne]3s^2 3p^3$이고, $3p$ 전자는 훈트 규칙에 따라 세 오비탈에 하나씩 들어가므로 홀전자가 3개이다.
전하가 +가 되면 전자를 잃고, −가 되면 전자를 얻으므로 $3p$ 전자 수가 $3p^2$, $3p^3$, $3p^4$, $3p^5$처럼 바뀌며 홀전자 수도 함께 달라진다.

선지별 해설

① X
P^+의 전자배치는 $[Ne]3s^2 3p^2$이다. $3p$ 전자 2개가 서로 다른 오비탈에 하나씩 들어가므로 홀전자는 2개이다.
틀린 부분은 "가장 많다"는 판단이다. 올바르게는 P^+의 홀전자 수는 2개이다.

② O
P의 전자배치는 $[Ne]3s^2 3p^3$이다. 세 개의 $3p$ 오비탈에 전자가 하나씩 들어가므로 홀전자가 3개로 가장 많다.

③ X
P^-의 전자배치는 $[Ne]3s^2 3p^4$이다. $3p$ 오비탈 하나에서 전자쌍이 생기므로 홀전자는 2개만 남는다.
틀린 부분은 "가장 많다"는 판단이다. 올바르게는 P^-의 홀전자 수는 2개이다.

④ X
P^{2-}의 전자배치는 $[Ne]3s^2 3p^5$이다. $3p$ 오비탈 두 곳에서 전자쌍이 생겨 홀전자는 1개이다.
틀린 부분은 "가장 많다"는 판단이다. 올바르게는 P^{2-}의 홀전자 수는 1개이다.

NoteBase

오답 포인트

음전하가 클수록 전자 수가 많으니 홀전자도 많다고 바로 연결하면 틀리기 쉽다. 홀전자 수는 전체 전자 수가 아니라 같은 준위의 오비탈에 전자가 어떻게 분포하는지로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

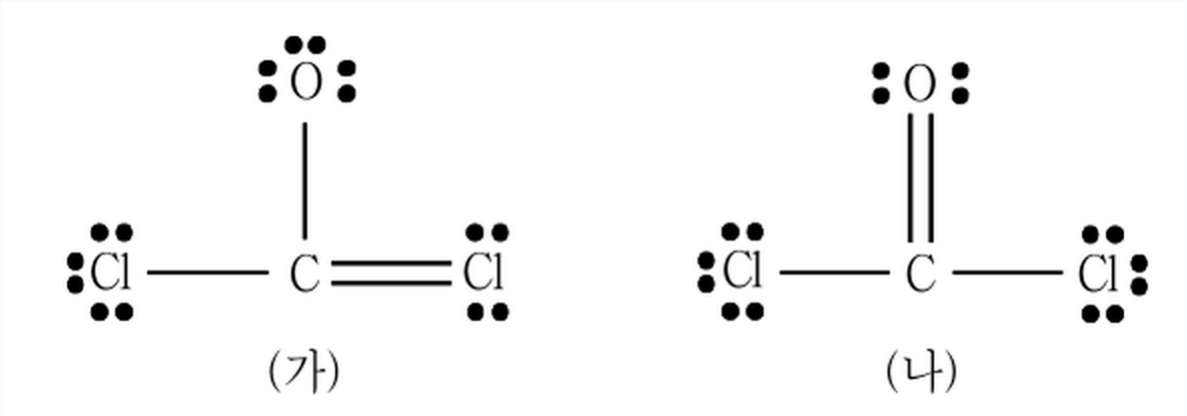
먼저 중성 원자의 전자배치를 쓴 뒤 전하만큼 전자를 더하거나 빼서 최외각 부분배치를 고친다. 그다음 같은 에너지의 오비탈에는 전자가 하나씩 먼저 들어간다는 훈트 규칙으로 홀전자 수를 세면 된다.

암기 포인트

인의 $3p$ 계열 홀전자 수는 $3p^2 = 2$, $3p^3 = 3$, $3p^4 = 2$, $3p^5 = 1$이다.

NoteBase

문 4. (가)와 (나)에 나타낸 $COCl_2$의 루이스(Lewis) 구조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① (가)에서 O의 형식전하는 -1이다.

② (나)에서 Cl의 형식전하는 -1이다.

③ (가)보다 (나)가 더 안정한 구조이다.

④ (가)와 (나) 모두 팔전자규칙을 만족시킨다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 루이스 구조식에서 결합수와 비공유전자쌍을 보고 형식전하와 구조의 안정성을 비교하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
(가)에서 O는 비공유전자 6개와 단일결합 1개를 가지므로 형식전하는 $6-6-1=-1$이다. 따라서 ①은 옳다.

② X
(나)에서 각 Cl은 단일결합 1개와 비공유전자 6개를 가지므로 형식전하는 $7-6-1=0$이다. 틀린 표현은 "Cl의 형식전하는 -1"이라는 부분이다. 올바르게는 "(나)에서 Cl의 형식전하는 0이다."이다.

③ O
(나)는 C=O 이중결합과 두 개의 C-Cl 단일결합으로 이루어져 모든 원자의 형식전하가 0이다. 반면 (가)는 O가 -1, 이중결합한 Cl이 +1이어서 전하 분리가 있다. 전하 분리가 작고 이중결합이 전기음성도가 더 큰 O에 있는 (나)가 더 안정하다.

④ O
(가)와 (나) 모두 중심 C 주위 전자 수가 8개이고, O와 Cl도 각각 8개의 원자가전자 배열을 이룬다. 따라서 두 구조 모두 팔전자규칙을 만족한다.

오답 포인트

형식전하와 산화수를 혼동하거나, Cl이 전기음성도가 크다는 이유만으로 음전하를 가진다고 단정하면 ②에 끌리기 쉽다. 이 문항에서는 전기음성도 감각보다 각 원자의 비공유전자 수와 결합수를 직접 세는 것이 우선이다.

다시 나오면 이렇게 판단

루이스 구조 비교 문제는 먼저 각 원자의 비공유전자쌍과 결합수를 세어 형식전하를 계산하고, 그다음 전하 분리의 크기와 음전하가 더 전기음성도가 큰 원자에 놓였는지를 본다.

암기 포인트

형식전하가 0에 가깝고, 음전하는 더 전기음성도가 큰 원자에 있을수록 더 안정한 공명구조이다.

NoteBase

문 5. 25℃ 수용액에서 다음과 같은 표준 환원 전위(E°)가 측정되었다. 다음 반응식의 화학종 중에서 가장 강한 산화제는?

$$\mathrm{Al^{3+}}(aq) + 3\mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{Al}(s) \qquad E^\circ = -1.66\ \mathrm{V}$$

$$\mathrm{Fe^{3+}}(aq) + \mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{Fe^{2+}}(aq) \qquad E^\circ = +0.77\ \mathrm{V}$$

① $\mathrm{Al}^{3+}(aq)$

② $\mathrm{Al}(s)$

③ $\mathrm{Fe}^{3+}(aq)$

④ $\mathrm{Fe}^{2+}(aq)$

정답 3번

출제 포인트

표준 환원 전위가 클수록 해당 반응식의 왼쪽 화학종은 전자를 더 잘 받아 더 강한 산화제가 된다는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

산화제는 자신이 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 화학종이다.
표준 환원 전위 E°가 더 큰 반응일수록 환원이 더 잘 일어나므로 반응식 왼쪽의 화학종의 산화력이 더 강하다.
Al^{3+}는 Al로 환원되는 산화제이고, Fe^{3+}는 Fe^{2+}로 환원되는 산화제인데 $+0.77V > -1.66V$이므로 Fe^{3+}가 더 강한 산화제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
Al^{3+}는 전자를 받아 Al로 환원될 수 있으므로 산화제이기는 하다.
다만 $E^\circ = -1.66V$로 Fe^{3+}/Fe^{2+}보다 훨씬 작아서 산화력이 더 약하다.
틀린 표현은 "가장 강한 산화제"이고, 올바르게는 "Al^{3+}는 산화제이지만 Fe^{3+}보다 약하다"이다.

② X
$Al(s)$는 주어진 반응의 생성물 쪽 종이므로 전자를 내놓아 Al^{3+}로 산화되기 쉽다.
따라서 $Al(s)$는 산화제가 아니라 환원제 쪽 화학종이다.
틀린 표현은 "산화제"이고, 올바르게는 "$Al(s)$는 강한 환원제이다"이다.

③ O
Fe^{3+}는 전자를 하나 받아 Fe^{2+}로 환원된다.
이 반응의 표준 환원 전위가 $+0.77V$로 더 크므로 네 선택지 중 전자를 가장 잘 받아 가장 강한 산화제이다.

④ X
Fe^{2+}는 Fe^{3+}의 환원된 형태이므로 추가로 전자를 받아들이는 산화제라기보다 전자를 잃고 Fe^{3+}로 될 수 있는 환원제 쪽 종이다.
틀린 표현은 "산화제"이고, 올바르게는 "Fe^{2+}는 Fe^{3+}에 비해 환원제 성격을 가진다"이다.

오답 포인트

환원 전위표에 나온 모든 왼쪽 종을 그냥 같은 세기의 산화제로 보는 경우가 많다. 이 문항은 산화제인지 여부만이 아니라 E°의 크기까지 비교해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

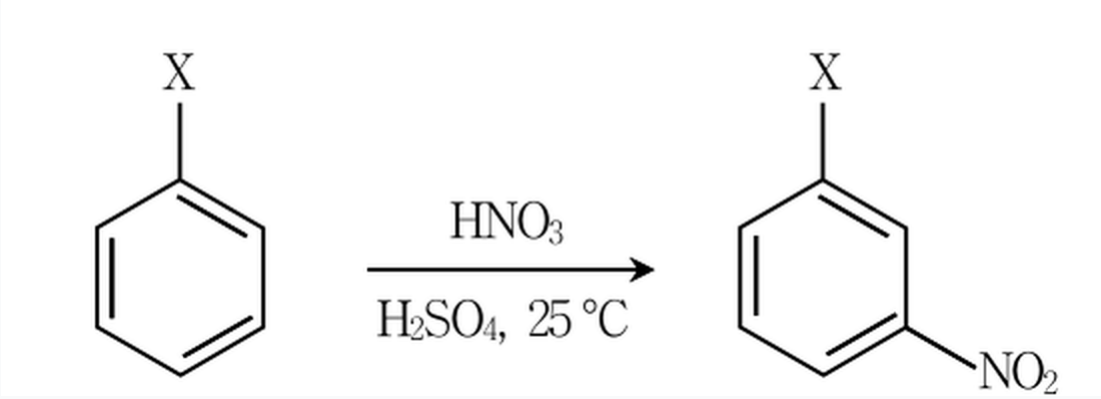
표준 환원 전위가 주어지면 먼저 반응식 왼쪽 종이 산화제인지, 오른쪽 종이 환원제인지 구분한다. 그다음 산화제의 세기는 더 큰 E°를 가진 왼쪽 종이 더 강하다고 판단하면 된다.

암기 포인트

환원 전위가 클수록 왼쪽 종의 산화력은 강하고, 오른쪽 종의 환원력은 약해진다.

NoteBase

문 6. 다음 반응의 생성물이 주생성물일 때, X로 옳지 않은 것은?



① $-CN$

② $-OCH_3$

③ $-COOCH_3$

④ $-NO_2$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 반응식에서 X가 붙은 벤젠의 니트로화 주생성물 위치를 보고 치환기의 지향성(o,p 지향성 또는 meta 지향성)을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O

- -CN은 강한 전자끌개라서 벤젠 고리의 전자밀도를 낮추고 meta 지향성을 보인다. 따라서 니트로화의 주생성물이 meta 치환체가 되는 조건에 맞다.

② X

- -OCH3는 산소의 비공유전자쌍이 벤젠 고리와 공명하여 전자를 밀어 주는 전자주개이다. 그래서 ortho, para 지향성 활성화기이며 니트로화의 주생성물은 meta가 아니라 ortho 또는 para 치환체이다. 틀린 표현은 'meta 주생성물'이고, 올바르게는 'ortho, para 주생성물'이다.

③ O

- -COOCH3는 카보닐기를 통해 전자를 끌어당기는 전자끌개이므로 meta 지향성을 나타낸다. 따라서 주생성물이 meta 니트로화물인 경우에 들어맞는다.

④ O

- -NO2는 대표적인 강한 전자끌개로서 벤젠 고리를 크게 비활성화시키고 meta 지향성을 보인다. 따라서 니트로화가 일어나면 추가 치환 위치는 주로 meta가 된다.

NoteBase

오답 포인트

②의 -OCH3를 산소의 전기음성도만 보고 전자끌개로 오해하면 틀리기 쉽다. 지향성은 유도효과만이 아니라 공명효과까지 함께 보아야 하며, -OCH3는 공명으로 고리에 전자를 공급하므로 o,p 지향성이다.

다시 나오면 이렇게 판단

치환기가 벤젠 고리에 전자를 공명으로 밀어 주면 o,p 지향성, 카보닐기·시안기·니트로기처럼 전자를 끌어당기면 meta 지향성으로 판단된다. 니트로화 주생성물 위치를 보면 치환기의 전자주개성인지 전자끌개성인지 역으로 판별할 수 있다.

암기 포인트

OMe는 o,p 지향성이고, CN·COOR·NO2는 meta 지향성이다.

NoteBase

문 7. 산화마그네슘(MgO)이 흑연(C)과 함께 가열되면 다음의 반응식에 따라 환원된다. 6몰(mol)의 MgO와 4몰(mol)의 C를 과량의 반응물로 사용하였을 때, 4몰(mol)의 Mg와 3몰(mol)의 기체가 생성되었다. 다음 설명 중 옳은 것은?

$$a\mathrm{MgO}(s) + b\mathrm{C}(s) \rightarrow c\mathrm{Mg}(s) + d\mathrm{CO}(g) + e\mathrm{CO_2}(g)$$

① 반응 후 남은 MgO의 양은 4몰이다.

② 반응에 소모된 C의 양은 4몰이다.

③ 생성된 기체 중 CO의 몰수는 2이다.

④ 생성된 기체 중 CO_2의 몰수가 CO의 몰수보다 더 크다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 원자수 보존을 이용해 반응한 MgO의 양과 생성된 CO, CO2의 몰수를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: MgO 6몰, C 과량, 생성된 Mg 4몰, 생성된 기체 총 3몰이다.
- 구해야 할 값: 반응 후 남은 MgO, 소모된 C, 생성된 CO와 CO2의 몰수이다.
- 주의할 조건: MgO 1몰이 환원되면 Mg 1몰이 생성되고, 기체는 CO와 CO2의 혼합물이다.

사용할 공식

n(반응한 MgO)=n(생성된 Mg)

$d + e = 3, \quad d + 2e = 4$

이 식을 쓰는 이유는 Mg의 개수로 실제 반응한 MgO의 양을 먼저 정할 수 있고, 그 MgO가 제공한 O 원자 수와 생성 기체의 총몰수로 CO와 CO2를 동시에 결정할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 생성된 Mg가 4몰이므로 반응한 MgO도 4몰이다.
2. 처음 MgO가 6몰이었으므로 남은 MgO는 2몰이다.
3. 반응한 MgO 4몰이 제공한 O 원자는 총 4몰이다.
4. 생성 기체를 CO d몰, CO2 e몰이라 두면 총몰수로 $d + e = 3$, O 원자수 보존으로 $d + 2e = 4$이다.
5. 두 식을 풀면 $e = 1$, $d = 2$이므로 CO는 2몰, CO2는 1몰이다.
6. 기체 1몰마다 C 원자 1몰이 들어 있으므로 소모된 C는 $2 + 1 = 3$몰이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: Mg 4몰이 생성되었으므로 MgO도 4몰만 반응하였다. 처음 6몰에서 4몰이 반응했으니 남은 MgO는 2몰이다. 틀린 표현은 '남은 MgO의 양은 4몰'이고, 올바르게는 '남은 MgO의 양은 2몰'이다.
② X: 생성된 기체는 CO 2몰과 CO2 1몰로 총 3몰이다. 각 기체 1몰에는 C 원자 1몰이 있으므로 소모된 C는 3몰이다. 틀린 표현은 '소모된 C의 양은 4몰'이고, 올바르게는 '소모된 C의 양은 3몰'이다.
③ O: $d + e = 3$, $d + 2e = 4$를 풀면 $e = 1$, $d = 2$이다. 따라서 생성된 기체 중 CO의 몰수는 2몰이므로 옳다.
④ X: 계산 결과 CO2는 1몰, CO는 2몰이다. 틀린 표현은 'CO2의 몰수가 CO의 몰수보다 더 크다'이고, 올바르게는 'CO의 몰수가 CO2의 몰수보다 더 크다'이다.

오답 포인트

처음 주어진 MgO 6몰을 그대로 O 원자 계산에 넣으면 오답이 된다. 먼저 생성된 Mg 4몰로 실제 반응한 MgO가 4몰이라는 점을 확정한 뒤, 그 4몰의 O 원자와 기체 총 3몰 조건을 함께 써야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

환원 반응 계산은 생성된 금속 몰수로 반응한 산화물 몰수를 먼저 정하고, 이어서 생성 기체의 총몰수와 원자수 보존식을 동시에 세워 각 기체의 몰수를 판단한다.

암기 포인트

금속 산화물 환원 문제는 금속 몰수로 반응량을 정하고, 남은 기체는 총몰수식과 원자수 보존식으로 나눈다.

NoteBase

문 8. C, H, O로 구성되어 있는 어떤 물질 128 g을 완전 연소시켰더니 176 g의 이산화탄소(CO_2)와 144 g의 물(H_2O)이 생성되었다. 이 물질의 실험식은? (단, C: $12g \cdot mol^{-1}$, O: $16g \cdot mol^{-1}$, H: $1g \cdot mol^{-1}$)

① CH_2O

② CH_4O

③ C_2H_4O

④ C_2H_6O

정답 2번

출제 포인트

주어진 연소 생성물의 질량으로부터 C, H, O의 몰수를 구한 뒤 가장 간단한 정수비로 실험식을 정하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 시료 128 g, 생성된 CO_2 176 g, 생성된 H_2O 144 g이다.
구해야 할 값은 시료의 실험식이다.
주의할 점은 연소 후 C는 모두 CO_2에, H는 모두 H_2O에 들어가므로 먼저 C와 H의 몰수를 구하고, O는 시료 전체 질량에서 C와 H의 질량을 뺀 뒤 구해야 한다는 점이다.

사용할 공식

연소 생성물로부터 원소의 몰수를 환산한다.
n(C)=n(CO_2), n(H)=2n(H_2O), m(O)=m(시료)-m(C)-m(H)
이 원리를 쓰는 이유는 시료가 C, H, O만으로 이루어져 있으므로 연소 과정에서 C는 CO_2, H는 H_2O의 형태로 모두 포집된다고 볼 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $176g$의 CO_2는 $176 \div 44 = 4$ mol이므로 C는 4 mol이다. 따라서 C의 질량은 $4 \times 12 = 48g$이다.
2. $144g$의 H_2O는 $144 \div 18 = 8$ mol이므로 H 원자는 $8 \times 2 = 16$ mol이다. 따라서 H의 질량은 $16 \times 1 = 16g$이다.
3. 시료 속 O의 질량은 $128 - 48 - 16 = 64g$이다. 따라서 O의 몰수는 $64 \div 16 = 4$ mol이다.
4. 원자수 비는 C:H:O = 4 : 16 : 4이고, 이를 4로 나누면 1 : 4 : 1이다. 따라서 실험식은 CH_4O이다.

NoteBase

선지 판단

① X: CH_2O의 원자수 비는 1 : 2 : 1이다. 이 문항에서 구한 비는 1 : 4 : 1이므로 H의 수가 절반으로 부족하다. 틀린 표현은 H 비이며, 올바르게는 CH_4O이어야 한다.
② O: 계산 결과 얻은 실험식이 CH_4O이므로 옳다.
③ X: C_2H_4O의 원자수 비는 2 : 4 : 1이다. 실제 비 1 : 4 : 1과 비교하면 C가 O에 비해 과도하게 많다. 틀린 표현은 C:O 비이며, 올바르게는 C와 O의 비가 1 : 1인 CH_4O이다.
④ X: C_2H_6O의 원자수 비는 2 : 6 : 1이다. 실제 비 1 : 4 : 1과 다르므로 C와 H의 비가 모두 맞지 않는다. 틀린 표현은 원자수 전체 비이며, 올바르게는 1 : 4 : 1의 CH_4O이다.

오답 포인트

연소 생성물의 몰수와 원소의 몰수를 바로 연결하지 못하면 오답이 나온다. 특히 H_2O 1 mol에 H 원자는 2 mol이 들어 있다는 점을 빼먹으면 ①처럼 H 수가 부족한 식으로 잘못 가기 쉽다. 또한 O를 생성물에서 직접 읽으려 하지 말고 시료 총질량에서 C와 H 질량을 뺀 뒤 구해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

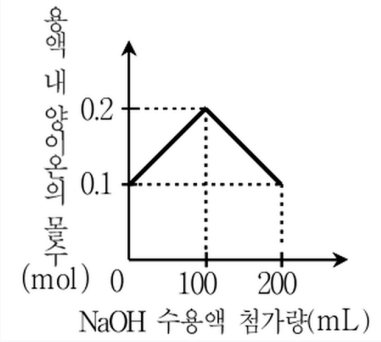
C, H, O 연소 분석 문제는 CO_2로 C 몰수, H_2O로 H 몰수를 먼저 구하고, 남은 질량으로 O 몰수를 계산한 뒤 가장 간단한 정수비로 줄이면 된다.

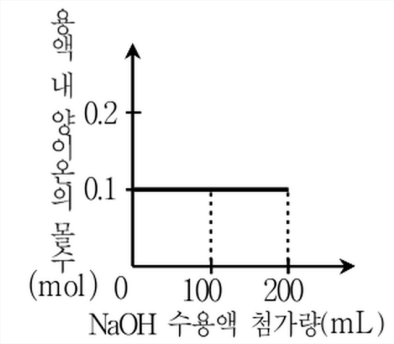
암기 포인트

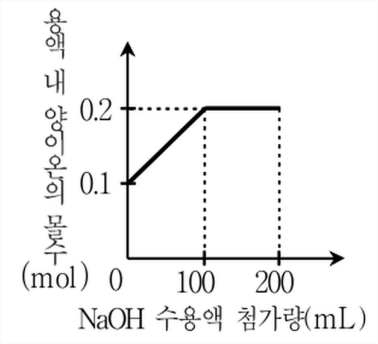
CO_2는 C 1개, H_2O는 H 2개라는 대응만 정확히 잡으면 연소 분석 실험식 문제는 원자수 비 환산으로 정리된다.

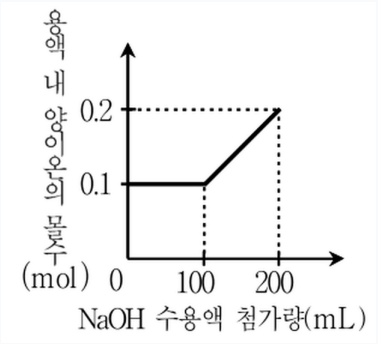
NoteBase

문 9. 1M HCl 수용액 100 mL를 1M NaOH 수용액으로 적정하였을 때, NaOH 수용액 첨가량에 따른 용액 내 양이온의 몰수를 나타낸 그래프는?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 1*M* HCl 용액을 1*M* NaOH 용액으로 적정할 때 용액 속 양이온의 총몰수가 당량점 전에는 일정하고, 당량점 후에는 과잉 Na^+만큼 증가한다는 점을 묻는다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 이 그래프는 양이온 수가 $0.1 \rightarrow 0.2 \rightarrow 0.1mol$로 변한다고 본 경우이다. 실제로는 중화 전까지 H^+가 줄어드는 만큼 Na^+가 같은 몰수만큼 들어오므로 양이온 총몰수는 계속 $0.1mol$이다.
- 틀린 표현은 "100 mL까지 양이온 수가 증가한다"는 부분이다. 올바르게는 "100 mL까지는 H^+가 Na^+로 바뀔 뿐이어서 양이온 수가 $0.1mol$로 일정하다"이다.

② X

- 이 그래프는 처음부터 끝까지 양이온 수가 $0.1mol$로 일정하다고 본 경우이다. 그러나 당량점인 100 mL 이후에는 남는 NaOH가 해리되어 Na^+가 계속 쌓이므로 양이온 수가 증가한다.
- 틀린 표현은 "200 mL까지 양이온 수가 변하지 않는다"는 부분이다. 올바르게는 "100 mL 이후에는 과잉 Na^+ 때문에 양이온 수가 증가한다"이다.

③ X

- 이 그래프는 100 mL까지 양이온 수가 $0.2mol$까지 늘어난 뒤 일정하다고 본 경우이다. 하지만 중화 전에는 H^+ 감소와 Na^+ 증가가 정확히 상쇄되므로 100 mL까지 증가하지 않는다.
- 틀린 표현은 "100 mL까지 양이온 수가 계속 증가한다"는 부분이다. 올바르게는 "100 mL까지는 $0.1mol$로 일정하고, 그 이후부터 증가한다"이다.

④ O

- 처음 100 mL까지는 HCl의 H^+ $0.1mol$이 NaOH의 OH^-와 중화되고, 그만큼 Na^+가 들어오므로 용액 속 양이온 총몰수는 계속 $0.1mol$이다. 100 mL 이후에는 H^+는 더 이상 없고 과잉 NaOH에서 나온 Na^+만 추가되므로 200 mL에서 양이온 수가 $0.2mol$이 된다.

오답 포인트

음이온 Cl^-까지 함께 세거나, 중화되기 전 H^+가 줄어드는 효과를 빼먹으면 ①이나 ③처럼 판단하기 쉽다. 이 문항은 "양이온만 센다"는 조건과 "당량점 전에는 H^+ 감소 = Na^+ 증가"라는 대응을 놓치지 않는지가 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

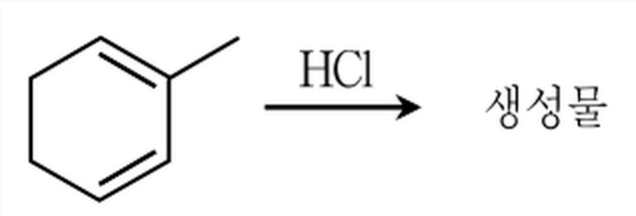
강산-강염기 적정에서 이온 수 그래프가 나오면 먼저 무엇을 세는지 확인한 뒤, 당량점 전에는 기존 이온이 사라지는 양과 새로 들어오는 이온의 양을 비교하고, 당량점 후에는 과잉 시약의 이온이 그대로 누적되는지 보면 된다.

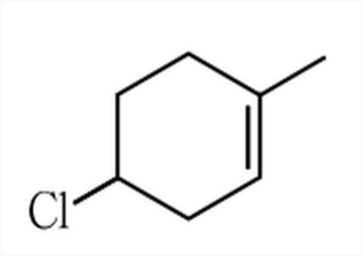
암기 포인트

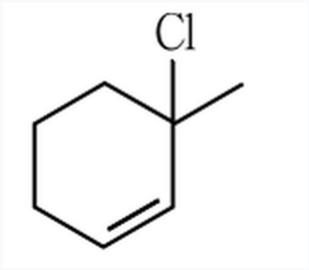
강산 HCl을 NaOH로 적정할 때 양이온 수는 당량점 전 일정, 당량점 후 Na^+만큼 증가한다.

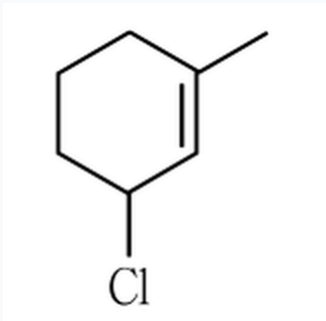
NoteBase

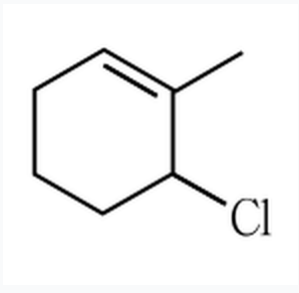
문 10. 다음 1,2-첨가 또는 1,4-첨가 반응의 생성물에 해당하지 않는 것은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

출제 포인트

공액 디엔에 HCl이 첨가될 때 양성자 첨가로 생기는 알릴 카보양이온의 공명 때문에 1,2-첨가와 1,4-첨가 생성물이 나온다는 점을 구조식으로 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
왼쪽 아래 탄소에 Cl이 붙은 구조는 공액 디엔을 이루는 네 탄소 밖의 자리까지 치환기가 이동한 형태이므로 1,2-첨가나 1,4-첨가 생성물에 해당하지 않는다.
틀린 표현은 "Cl이 왼쪽 아래 탄소에 결합한 생성물"이다. 올바르게는 Cl은 공명으로 양전하를 띨 수 있는 자리, 즉 공액 디엔의 2위치 또는 4위치에 들어간 생성물만 나온다.

② O
위쪽 이중결합 쪽에 양성자가 먼저 붙으면 메틸기가 달린 탄소에서 더 안정한 알릴 카보양이온이 생길 수 있고, 여기에 Cl^-가 공격하면 메틸기와 Cl이 같은 탄소에 있는 1,2-첨가 생성물이 된다.

③ O
같은 알릴 카보양이온은 공명으로 양전하가 아래쪽 탄소로 이동할 수 있으므로, 그 자리에 Cl^-가 붙은 1,4-첨가 생성물도 가능하다. 오른쪽에 이중결합이 남고 아래 탄소에 Cl이 붙은 구조가 이에 해당한다.

④ O
아래쪽 이중결합이 먼저 양성자화되어 생기는 알릴 카보양이온에서도 1,2-첨가가 가능하므로, 위쪽 이중결합이 남고 오른쪽 아래 탄소에 Cl이 붙은 구조 역시 생성될 수 있다.

오답 포인트

1,4-첨가를 "멀리 떨어진 아무 탄소에나 첨가된다"로 오해하면 ①을 고르지 못한다. 공액 디엔에서 X가 붙을 수 있는 자리는 공명식에서 실제로 양전하가 나타나는 자리뿐이며, 포화된 왼쪽 아래 탄소까지 직접 이동하지는 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

공액 디엔의 네 탄소를 먼저 표시한 뒤, 한쪽 끝에 H가 붙었을 때 생기는 알릴 카보양이온의 공명식을 그려 본다. 그 공명식에서 양전하가 나타나는 탄소에만 X가 붙을 수 있으므로, 선택지의 할로젠 위치가 그 범위를 벗어나면 바로 제외할 수 있다.

암기 포인트

공액 디엔의 HX 첨가는 "끝에 H가 붙고, 공명으로 생긴 양전하 자리(2위치 또는 4위치)에 X가 붙는다"로 정리된다.

NoteBase

문 11. 원자가 전자(valence electron)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 원자에서 가장 바깥의 주양자 준위에 있는 전자를 의미한다.

② 소듐(Na)의 원자가 전자는 3s 궤도함수에 있다.

③ 규소(Si)의 원자가 전자수는 4이다.

④ 포타슘(K)의 원자가 전자는 3d 궤도함수에 있다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원자가 전자의 정의와 원소별 최외각 전자배치를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

원자가 전자는 원자에서 가장 바깥 주양자 준위에 있는 전자이며, 주로 화학 결합에 관여하는 전자이다.
Na의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$이므로 원자가 전자는 $3s$ 전자 1개이다.
Si의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$이므로 원자가 전자수는 4이다.
K의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$이므로 원자가 전자는 $4s$에 있고 $3d$에는 있지 않다.

선지별 해설

① O
- 원자가 전자는 가장 바깥 주양자 준위에 있는 전자를 뜻하므로 옳은 설명이다.

② O
- Na는 $3s^1$까지 전자가 채워지므로 원자가 전자는 $3s$ 궤도함수에 있다.

③ O
- Si는 최외각 전자배치가 $3s^2 3p^2$이므로 원자가 전자수는 4이다.

④ X
- 틀린 부분은 "3d 궤도함수에 있다"는 표현이다.
- 실제로는 K의 원자가 전자는 $4s$ 궤도함수에 있다. K에서는 $4s$가 먼저 채워지고 $3d$는 아직 채워지지 않는다.

오답 포인트

포타슘 다음에 전이원소가 이어진다는 이유만으로 K의 전자가 곧바로 $3d$에 들어간다고 착각하기 쉽다. 실제 전자배치에서는 K와 Ca에서 $4s$가 먼저 채워진다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자가 전자를 묻는 선지는 먼저 전자배치를 쓴 뒤 가장 큰 주양자수 n을 찾으면 된다. 그 최외각 준위에 있는 전자가 원자가 전자이다.

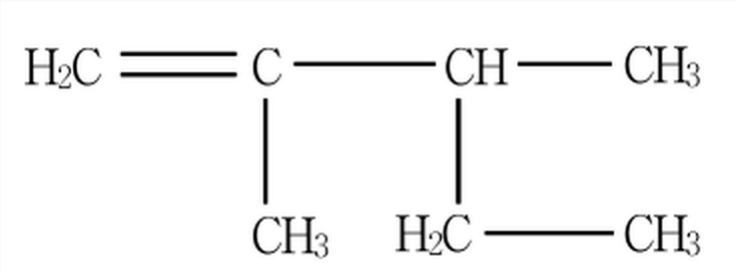
NoteBase

암기 포인트

원자가 전자는 최외각 전자이며, K는 $4s^1$, Si는 4개의 원자가 전자를 가진다.

NoteBase

문 12. IUPAC 명명법에 의한 다음 화합물의 명칭은?



① 2,3-dimethyl-1-pentene

② 3,4-dimethyl-4-pentene

③ 1,2,3-trimethyl-1-heptene

④ 3-ethyl-2-methyl-1-butene

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 이중결합을 반드시 포함하는 최장 탄소사슬을 고르고, 이중결합 번호가 가장 작아지도록 번호를 매긴 뒤 치환기의 위치와 종류를 합쳐 IUPAC 명칭을 정하는 문제이다.

선지별 해설

① O: 이중결합을 포함하는 최장 사슬은 5탄소이므로 기본 골격은 1-pentene이다. 번호는 이중결합 쪽에서 매겨야 하므로 이중결합은 1번, 치환기는 2번과 3번의 methyl이 되어 2,3-dimethyl-1-pentene이 된다.
② X: 3,4-dimethyl-4-pentene은 번호를 잘못 매긴 명칭이다. 이중결합은 가능한 가장 작은 번호를 받아야 하므로 4-pentene으로 쓰지 않고 1-pentene으로 써야 한다. 틀린 표현은 "4-pentene"과 "3,4-dimethyl"이며, 올바르게는 2,3-dimethyl-1-pentene이다.
③ X: 1,2,3-trimethyl-1-heptene은 부모 사슬을 7탄소로 잘못 잡은 명칭이다. 이 구조에서 이중결합을 포함하면서 연속으로 잡히는 최장 사슬은 5탄소뿐이므로 heptene이 될 수 없다. 틀린 표현은 "heptene"과 "trimethyl"이며, 올바르게는 2,3-dimethyl-1-pentene이다.
④ X: 3-ethyl-2-methyl-1-butene은 최장 사슬 원칙을 어기고 4탄소 사슬을 부모 사슬로 잡은 명칭이다. 가지처럼 보이는 ethyl 부분까지 포함하면 5탄소 사슬을 만들 수 있으므로 butene으로 부르면 안 된다. 틀린 표현은 "3-ethyl-...-butene"이며, 올바르게는 2,3-dimethyl-1-pentene이다.

오답 포인트

오른쪽 아래의 두 탄소 가지를 치환기 ethyl로만 보고 4탄소 사슬을 부모 사슬로 잡기 쉽다. 또한 이중결합 번호를 먼저 최소로 해야 하는데, 치환기 번호에만 시선을 두면 3,4-dimethyl-4-pentene처럼 거꾸로 적기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 이중결합을 포함하는 가장 긴 연속 탄소사슬을 찾고, 그다음 이중결합이 가장 작은 번호를 받도록 번호를 매긴다. 마지막으로 남는 가지를 치환기로 바꾸어 위치번호와 이름을 붙이면 된다.

암기 포인트

알켄 명명은 이중결합 포함 최장 사슬 선정이 먼저이고, 번호는 이중결합 최소가 우선이다.

NoteBase

문 13. 원자 반지름에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 고체 금속 결정에서 인접한 두 원자의 핵 사이 거리의 절반이다.

② 동일한 원자로 구성된 이원자 분자에서 두 원자의 핵 사이 거리의 절반이다.

③ 주기율표의 3주기에서 유효 핵전하가 증가할수록 작아진다.

④ 원소 P의 경우 원소 O보다 작다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원자 반지름의 정의와 주기적 경향을 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

원자 반지름은 결합 형태나 배열에 따라 정의가 달라진다. 금속 결정에서는 인접한 두 원자핵 사이 거리의 절반을 금속 반지름으로 보고, 동일 원자로 이루어진 이원자 분자에서는 핵간 거리의 절반을 공유 반지름으로 본다. 같은 주기에서는 유효 핵전하가 커질수록 전자를 더 세게 끌어당겨 원자 반지름이 작아지고, 같은 족에서는 아래로 갈수록 전자껍질 수가 늘어 반지름이 커진다.

선지별 해설

① O

고체 금속 결정에서 원자 반지름은 인접한 두 원자핵 사이 거리의 절반으로 정의한다. 금속 원자들이 서로 맞닿아 배열된 상태를 기준으로 한 설명이므로 옳다.

② O

동일한 원자로 이루어진 이원자 분자에서는 두 원자핵 사이 거리의 절반을 그 원자의 공유 반지름으로 본다. 예를 들어 Cl_2, H_2 같은 분자에서 쓰는 정의이므로 옳다.

③ O

주기율표 3주기에서는 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 유효 핵전하가 증가한다. 그 결과 같은 전자껍질 안의 전자들이 더 강하게 끌려 원자 반지름이 작아지므로 옳다.

④ X

틀린 부분은 "원소 P의 경우 원소 O보다 작다"이다. P는 O보다 아래 주기에 있어 전자껍질이 하나 더 많으므로 원자 반지름이 더 크다. 올바르게는 "원소 P의 원자 반지름은 원소 O보다 크다"이다.

NoteBase

오답 포인트

④는 같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 반지름이 감소한다는 경향만 떠올리면 잘못 고르기 쉽다. O와 P는 같은 주기 비교가 아니라 주기가 다른 비교이므로, 아래 주기로 내려가며 반지름이 커지는 효과를 먼저 봐야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자 반지름 문제는 먼저 어떤 반지름 정의인지 확인한 뒤, 주기 비교인지 족 비교인지 나누어 판단한다. 같은 주기이면 유효 핵전하 증가로 작아지고, 같은 족이면 전자껍질 수 증가로 커진다고 보면 된다.

암기 포인트

같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 작아지고, 같은 족에서는 아래로 갈수록 커진다.

NoteBase

문 14. 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 모형을 기초로 하였을 때, 다음 분자 중에서 쌍극자 모멘트가 없는 것은?

① SO_2

② PCl_3

③ XeF_4

④ IF_5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 VSEPR 모형으로 분자 기하를 판단한 뒤 결합 쌍극자가 서로 상쇄되는지 비교할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

쌍극자 모멘트는 각 결합의 극성과 분자 전체의 입체 대칭성이 함께 결정한다.
굽은형이나 삼각뿔형, 사각뿔형처럼 비대칭인 분자는 결합 쌍극자가 남아 극성을 띠기 쉽다.
정사각평면형처럼 대칭성이 높으면 각 결합 쌍극자가 서로 상쇄되어 전체 쌍극자 모멘트가 0이 될 수 있다.

선지별 해설

1번: X
SO2는 중심 원자 S 주위 전자영역이 3개인 굽은형 분자이다.
틀린 부분은 쌍극자 모멘트가 없다고 보는 판단이다.
실제로는 굽은형이라 두 S-O 결합의 쌍극자가 완전히 상쇄되지 않아 극성 분자이다.
2번: X
PCl3는 중심 원자 P에 비공유 전자쌍 1개가 있는 삼각뿔형 분자이다.
틀린 부분은 대칭 분자처럼 취급하는 판단이다.
실제로는 삼각뿔형이라 P-Cl 결합의 쌍극자가 상쇄되지 않아 쌍극자 모멘트가 있다.
3번: O
XeF4는 중심 원자 Xe 주위 전자영역이 6개이고 비공유 전자쌍 2개가 서로 마주 보는 정사각평면형 분자이다.
네 개의 Xe-F 결합 쌍극자가 평면에서 대칭으로 배치되어 서로 상쇄되므로 전체 쌍극자 모멘트가 없다.
4번: X
IF5는 중심 원자 I 주위 전자영역이 6개이고 비공유 전자쌍 1개가 있는 사각뿔형 분자이다.
틀린 부분은 정사각평면형과 같은 대칭성을 가진다고 보는 판단이다.
실제로는 사각뿔형이라 비대칭 구조가 되어 I-F 결합 쌍극자가 상쇄되지 않고 쌍극자 모멘트가 남는다.

NoteBase

오답 포인트

전자영역 전자배치가 같아도 실제 분자 모양은 비공유 전자쌍 수에 따라 달라진다는 점이 함정이다. XeF4와 IF5는 모두 전자영역 수가 6개이지만, XeF4는 정사각평면형이라 무극성이고 IF5는 사각뿔형이라 극성이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자의 결합 수와 비공유 전자쌍 수로 분자 모양을 정한 뒤, 그 모양이 대칭인지 비대칭인지 본다. 대칭이면 결합 쌍극자 상쇄 가능성을, 비대칭이면 쌍극자 잔존 가능성을 우선 판단한다.

암기 포인트

굽은형·삼각뿔형·사각뿔형은 대체로 극성, 정사각평면형 XeF4는 대칭 상쇄로 무극성이다.

NoteBase

문 15. 분자식 $C_5H_{10}O_2$를 갖는 카복실산(carboxylic acid)의 구조 이성질체는 모두 몇 개인가?

① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 2번

출제 포인트

포화 단일 카복실산의 일반식과 탄소 골격 이성질체 수를 연결해 구조 이성질체 개수를 세는 문제이다.

핵심 개념

카복실산은 말단의 $-COOH$가 고정된 화합물이다.
분자식 $C_5H_{10}O_2$는 고리나 추가 이중결합이 없는 포화 단일 카복실산의 일반식 $C_nH_{2n}O_2$와 일치한다.
따라서 카복실 탄소 1개를 제외한 나머지 4개 탄소의 알킬 골격 수만 세면 되며, 가능한 구조는 펜탄산, 2-메틸부탄산, 3-메틸부탄산, 2,2-디메틸프로판산의 4가지이다.

선지별 해설

① X: 3개로 보면 가지 친 탄소 골격 하나를 빠뜨린 경우이다. 직쇄형 1개와 가지친 형태 3개를 합치면 총 4개이다. 틀린 표현은 '3개'이다. 올바르게는 '4개'이다.
② O: $C_5H_{10}O_2$ 카복실산은 펜탄산, 2-메틸부탄산, 3-메틸부탄산, 2,2-디메틸프로판산의 4가지이므로 맞다.
③ X: 5개로 세면 같은 탄소 골격을 중복 계산했거나 존재하지 않는 골격을 추가한 경우이다. 틀린 표현은 '5개'이다. 올바르게는 '4개'이다.
④ X: 6개로 세면 카복실기의 위치를 따로 세거나 다른 작용기 이성질체까지 섞어 센 경우이다. 카복실산만 따지면 4개뿐이다. 틀린 표현은 '6개'이다. 올바르게는 '4개'이다.

오답 포인트

카복실기 자체는 항상 말단의 $-COOH$ 한 자리로 고정되는데, 이를 위치 이성질체처럼 따로 세거나 같은 탄소 골격을 이름만 달리해 중복 계산하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 분자식이 포화 단일 카복실산 일반식 $C_nH_{2n}O_2$에 맞는지 확인한다. 그다음 $-COOH$의 카복실 탄소 1개를 고정하고 남는 $n-1$개 탄소의 알킬 골격 수만 세면 된다.

NoteBase

암기 포인트

포화 단일 카복실산의 구조 이성질체 수는 $-COOH$를 고정하고 남는 알킬 골격 수로 판단한다.

NoteBase

문 16. Fe^{2+} **이온과 과망간산칼륨(**$KMnO_4$**) 용액의 반응식은 다음과 같다.** Fe^{2+}**이온이 녹아있는 수용액을** $0.10M$ **과망간산칼륨 수용액으로 적정하였다. 총** $0.30L$**의 과망간산칼륨 수용액이 첨가되어 종말점에 이르렀다면, 적정 전 수용액에 들어있던** Fe^{2+} **이온의 몰수는?**

$$a\mathrm{MnO_4^-}(aq) + b\mathrm{Fe^{2+}}(aq) + c\mathrm{H_3O^+}(aq) \rightarrow d\mathrm{Mn^{2+}}(aq) + e\mathrm{Fe^{3+}}(aq) + f\mathrm{H_2O}(l)$$

① 0.12

② 0.15

③ 0.18

④ 0.21

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 산성 용액에서 과망간산 이온과 Fe^{2+}의 산화환원 반응 몰비를 이용해 초기 Fe^{2+}의 몰수를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: $0.10M$ $KMnO_4$ 용액 $0.30L$
- 구해야 할 값: 적정 전 수용액에 들어 있던 Fe^{2+}의 몰수
- 주의할 조건: 종말점에서는 MnO_4^-와 Fe^{2+}가 반응식의 계수비대로 정확히 반응한다.

사용할 공식

산성 조건의 반응식은

$MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H_3O^+ \rightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 12H_2O$

이다.

따라서 몰비는 $MnO_4^- : Fe^{2+} = 1 : 5$이다.

이 공식을 쓰는 이유:

문제에서 과망간산칼륨 용액으로 Fe^{2+}를 적정하였고, 종말점에서 소비된 $KMnO_4$의 몰수로부터 반응한 Fe^{2+}의 몰수를 계수비로 바로 연결할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 과망간산칼륨의 몰수를 구하면 $0.10 \times 0.30 = 0.03$ mol이다.
2. 반응식에서 1 mol의 MnO_4^-는 5 mol의 Fe^{2+}와 반응한다.
3. 따라서 Fe^{2+}의 몰수는 $0.03 \times 5 = 0.15$ mol이다.

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 0.15 mol이므로 0.12 mol은 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "0.12"이고, 올바르게는 "0.15"이다.
- MnO_4^- : Fe^{2+} = 1 : 5의 계수비를 정확히 적용하지 못하면 나오는 오답이다.

② O
- $KMnO_4$의 몰수는 0.03 mol이고, Fe^{2+}는 그 5배이므로 0.15 mol이다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X
- 0.18 mol이면 Fe^{2+}가 MnO_4^-의 6배 반응한 셈이 되어 반응식의 계수비와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "0.18"이고, 올바르게는 "0.15"이다.

④ X
- 0.21 mol이면 Fe^{2+}가 MnO_4^-의 7배 반응한 셈이므로 반응식의 몰비를 벗어난다.
- 틀린 표현은 "0.21"이고, 올바르게는 "0.15"이다.

오답 포인트

적정 문제에서 농도와 부피만 보고 곧바로 답을 고르면 0.03 mol까지만 구하고 멈추기 쉽다. 이 문항의 함정은 최종적으로 반응식의 계수비 1 : 5를 반드시 한 번 더 적용해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

산화환원 적정 문제는 먼저 적정 시약의 몰수를 구하고, 다음에 반응식의 계수비로 미지 이온의 몰수로 변환하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

산성 MnO_4^- 1몰은 Fe^{2+} 5몰을 Fe^{3+}로 산화시킨다.

NoteBase

문 17. 어떤 반응에서 반응 온도를 227°C에서 127°C로 낮추었더니 반응 속도 상수가 $\frac{1}{10}$로 감소하였다. 이 반응의 활성화 에너지 $[J \cdot mol^{-1}]$는? (단, $\ln 10 = 2.3$, $R = 8.3 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$로 가정한다)

① 5,454

② 10,908

③ 22,908

④ 38,180

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 아레니우스 식을 이용해 온도 변화에 따른 반응 속도 상수의 변화로부터 활성화 에너지 E_a를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 초기 온도는 227°C, 최종 온도는 127°C이다.
- 반응 속도 상수는 1/10로 감소하였다.
- $\ln 10 = 2.3$, $R = 8.3 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$이다.

구해야 할 값:
- 활성화 에너지 E_a이다.

주의할 조건:
- 온도는 반드시 절대온도인 K로 바꿔서 계산해야 한다.

사용할 공식

아레니우스 식의 두 온도 비교형은 다음과 같다.

$$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

이 공식을 쓰는 이유:

반응 속도 상수 k가 온도 변화에 따라 1/10로 달라졌으므로, 두 온도에서의 k 비를 직접 연결하는 아레니우스 식이 바로 적용된다.

NoteBase

계산 과정

1. 섭씨온도를 절대온도로 바꾸면 $T_1 = 227 + 273 = 500K$, $T_2 = 127 + 273 = 400K$이다.
2. 속도 상수 비는 $k_2/k_1 = 1/10$이므로
$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = \ln\left(\frac{1}{10}\right) = -\ln 10 = -2.3$
이다.
3. 온도항은
$\frac{1}{400} - \frac{1}{500} = \frac{500-400}{400\times 500} = \frac{100}{200000} = \frac{1}{2000}$
이다.
4. 이를 대입하면
$-2.3 = -\frac{E_a}{8.3} \times \frac{1}{2000}$
이므로
$E_a = 2.3 \times 8.3 \times 2000 = 38180 J \cdot mol^{-1}$
이다.

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $38180 J \cdot mol^{-1}$이므로 5,454는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "활성화 에너지가 5,454 $J \cdot mol^{-1}$이다"이고, 올바르게는 "활성화 에너지는 $38180 J \cdot mol^{-1}$이다"이다.
- 이 값은 절대온도 변환이나 $(1/T)$ 차이 계산을 잘못한 경우에 나올 수 있다.

② X
- 계산 결과는 $38180 J \cdot mol^{-1}$이므로 10,908은 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "활성화 에너지가 10,908 $J \cdot mol^{-1}$이다"이고, 올바르게는 "활성화 에너지는 $38180 J \cdot mol^{-1}$이다"이다.
- 이 값은 로그항이나 분모 계산을 중간에서 잘못 처리한 경우의 오답이다.

③ X
- 계산 결과는 $38180 J \cdot mol^{-1}$이므로 22,908은 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "활성화 에너지가 22,908 $J \cdot mol^{-1}$이다"이고, 올바르게는 "활성화 에너지는 $38180 J \cdot mol^{-1}$이다"이다.
- 이 값은 $(1/400 - 1/500)$의 역수를 잘못 잡거나 곱셈 계수를 누락한 경우에 해당한다.

④ O
- 아레니우스 식에 $T_1 = 500K$, $T_2 = 400K$, $k_2/k_1 = 1/10$을 대입하면 $E_a = 38180 J \cdot mol^{-1}$이 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 섭씨온도 차가 100도라는 점만 보고 그대로 대입하는 데 있다. 아레니우스 식은 절대온도 K의 역수 차를 사용하므로, 227°C와 127°C를 각각 500 K와 400 K로 바꾼 뒤 $(1/400 - 1/500)$를 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

온도에 따른 속도 상수 변화 문제는 먼저 섭씨를 K로 바꾸고, 다음에 $\ln(k_2/k_1)$와 $(1/T_2 - 1/T_1)$를 각각 계산한 뒤 마지막에 E_a를 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

아레니우스 계산형은 "섭씨 금지, 반드시 K 변환 후 역수 차 계산"이 핵심이다.

NoteBase

문 18. 프로필렌 $CH_3-CH=CH_2$에 존재하는 화학 결합 방식에 해당하지 않는 것은?

① sp^3-1s

② sp^2-sp^2

③ sp^3-sp^3

④ 2p-2p

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 프로펜에서 각 탄소의 혼성 상태를 구분하고, σ 결합과 π 결합이 어떤 오비탈 겹침으로 만들어지는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

프로펜 $CH_3-CH=CH_2$에서 메틸기 탄소 1개는 sp^3 혼성이고, 이중결합을 이루는 두 탄소는 모두 sp^2 혼성이다.
단일 결합의 σ 결합은 혼성 오비탈끼리 또는 혼성 오비탈과 $1s$ 사이의 정면 겹침으로 형성되고, 이중결합의 π 결합은 혼성되지 않은 $2p$ 오비탈끼리의 옆겹침으로 형성된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
이 결합을 '존재하지 않는 것'으로 고르면 틀리다. CH_3 탄소는 sp^3 혼성이고 C-H 결합은 탄소의 sp^3와 수소의 $1s$가 겹친 σ 결합이므로 실제로 존재한다.
올바르게는 $sp^3 - 1s$ 결합은 프로펜에 존재한다.

② X
이 결합을 '존재하지 않는 것'으로 고르면 틀리다. C=C를 이루는 두 탄소는 모두 sp^2 혼성이므로, 이중결합 안의 σ 결합 하나는 $sp^2 - sp^2$ 겹침으로 존재한다.
올바르게는 $sp^2 - sp^2$ 결합은 프로펜의 이중결합에 포함된다.

③ O
프로펜에는 sp^3 탄소가 하나뿐이므로 $sp^3 - sp^3$ 결합은 형성될 수 없다. 따라서 '프로펜에 존재하지 않는 결합 방식'으로 맞는 선택지이다.

④ X
이 결합을 '존재하지 않는 것'으로 고르면 틀리다. C=C의 π 결합은 혼성되지 않은 두 탄소의 $2p - 2p$ 옆겹침으로 형성되므로 실제로 존재한다.
올바르게는 $2p - 2p$ 결합은 프로펜의 π 결합에서 나타난다.

오답 포인트

이중결합이 보이면 두 탄소를 모두 sp로 잘못 보는 경우가 많고, C=C가 $sp^2 - sp^2$인 σ 결합 1개와 $2p - 2p$인 π 결합 1개로 이루어진다는 점을 놓치기 쉽다. 또 $CH_3 - CH$ 사이의 단일 결합이 $sp^3 - sp^2$라는 점을 떠올리지 못하면 ③을 고르기 어렵다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 탄소가 단일 결합 중심인지, 이중결합에 참여하는지로 혼성 상태를 정한다. 그다음 단일 결합은 σ, 이중결합은 $\sigma + \pi$로 나누어 어떤 오비탈 조합이 가능한지를 대입하면 존재하지 않는 결합을 바로 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

알켄의 C=C는 $sp^2 - sp^2$ σ 결합 1개와 $2p - 2p$ π 결합 1개로 이루어지고, 포화 탄소는 sp^3 혼성이다.

NoteBase

문 19. 질량이 각각 0.500 g인 두 개의 은(Ag) 전극을 1 M 질산은($AgNO_3$) 수용액 1 L에 넣고 10.0 mA의 전류를 흘려 전기분해하고자 한다. 전기분해를 시작한 후 19,300 초가 흘렀을 때 은이 석출된 전극의 총 질량[g]는? (단, Ag : 108 $g \cdot mol^{-1}$, 1 몰(mol)의 전자가 갖는 전하량은 96,500 쿨롱(C)이고, 전극 표면에서 산화-환원 이외의 부반응은 없다고 가정한다)

① 0.608

② 0.716

③ 0.824

④ 0.932

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 패러데이 법칙으로 은의 석출 질량을 구한 뒤, 처음 전극 질량에 더하는 계산형 문항이다.

조건 정리

주어진 값은 은 전극의 초기 질량 $0.500g$, 전류 $0.0100A$, 시간 $19{,}300s$, 은의 몰질량 $108g/mol$, 패러데이 상수 $96{,}500C/mol$이다.
구해야 할 값은 은이 석출된 전극 한 개의 최종 질량이다.
주의할 조건은 $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ 이므로 은 $1mol$이 석출될 때 전자도 $1mol$ 필요하다는 점이다.

사용할 공식

패러데이 법칙은 $m = \frac{MIt}{nF}$ 이다.
이 문제는 전류와 시간을 주고 전극에서 석출되는 은의 질량을 묻는 전기분해 문제이므로, 먼저 전하량 $Q = It$를 구한 뒤 전자 몰수와 은의 석출 몰수를 연결하면 된다.

계산 과정

1. 전하량은 $Q = It = (0.0100)(19{,}300) = 193C$ 이다.
2. 전자 몰수는 $n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{193}{96{,}500} = 2.00 \times 10^{-3} mol$ 이다.
3. 은은 $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ 이므로 석출되는 은의 몰수도 $2.00 \times 10^{-3} mol$이다.
4. 석출되는 은의 질량은 $m(Ag) = (2.00 \times 10^{-3})(108) = 0.216g$ 이다.
5. 은이 석출된 전극의 최종 질량은 $0.500 + 0.216 = 0.716g$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 0.608g는 석출 질량을 0.108g처럼 절반가량으로 잘못 잡은 값이다. 올바른 석출 질량은 0.216g이므로 전극의 총 질량은 0.716g이다.
② O: 계산 결과 석출 질량이 0.216g이므로 초기 질량 0.500g에 더한 값은 0.716g이다.
③ X: 0.824g는 석출 질량을 0.324g로 과대계산한 값이다. 전하량을 전자 몰수로 바꾸는 과정이나 곱셈에서 오차가 생기면 이런 값이 나온다. 올바르게는 0.716g이다.
④ X: 0.932g는 석출 질량 0.216g을 두 배로 더한 값이다. 한 전극에는 은이 석출되지만 다른 은 전극은 같은 양만큼 산화되어 질량이 줄어든다. 석출된 전극 한 개의 질량만 묻는 값은 0.716g이다.

오답 포인트

은 전극을 쓰는 전기분해에서는 음극에서 은이 석출되고 양극에서는 은이 녹아 나온다. 따라서 두 전극 모두의 질량이 함께 증가한다고 보면 안 되며, Ag^{+} 1몰당 전자 1몰이라는 반응비를 놓치면 석출 질량을 절반이나 두 배로 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

전기분해 질량 계산은 먼저 $Q = It$로 총전하를 구하고, $\frac{Q}{F}$로 전자 몰수를 구한 뒤, 반응식의 전자 수 n을 확인하여 석출 몰수와 질량으로 연결하면 된다. 마지막에는 묻는 값이 석출량 자체인지, 전극의 최종 질량인지 구분해서 초기 질량을 더할지 판단한다.

암기 포인트

Ag^{+}는 전자 1몰을 받아 은 1몰로 석출되며, 이 문항에서는 $193C \rightarrow 0.00200mole^{-} \rightarrow 0.216gAg$로 바로 이어진다.

NoteBase

문 20. 전이 금속 배위 착물의 결정장 갈라짐(crystal field splitting)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① $[Fe(CN)_6]^{4-}$는 상자기성(paramagnetic)이다.

② 결정장 갈라짐의 크기는 $[Cr(H_2O)_6]^{2+}$가 $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$보다 크다.

③ $[Co(CN)_6]^{4-}$가 $[CoF_6]^{4-}$보다 장파장의 빛을 흡수한다.

④ 리간드가 같은 경우, 결정장 갈라짐의 크기는 Pt^{2+}착물이 Ni^{2+}착물보다 크다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 배위자 세기, 금속 이온의 산화수, 그리고 3d/5d 금속의 차이에 따라 옥타헤드랄 착물의 결정장 갈라짐 Δ_o가 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

결정장 갈라짐 Δ_o는 리간드가 금속의 d 오비탈 에너지를 얼마나 크게 나누는지를 뜻한다.
강한 장 리간드일수록 Δ_o가 크고, 같은 리간드이면 금속의 산화수가 클수록 Δ_o가 크다.
같은 리간드와 비슷한 전하에서는 일반적으로 5d > 4d > 3d 금속 순으로 Δ_o가 크다.
Δ_o가 커지면 더 높은 에너지, 즉 더 짧은 파장의 빛을 흡수한다.

선지별 해설

① X: $[Fe(CN)_6]^{4-}$에서 Fe는 +2 산화수이므로 d^6이다. CN^-는 강한 장 리간드이므로 저스핀 $t_{2g}^6 e_g^0$가 되어 홀전자가 없으므로 상자기성이 아니라 반자기성이다. 틀린 표현은 "상자기성"이고, 올바르게는 "반자기성"이다.
② X: 같은 리간드 H_2O가 배위한 경우에는 금속 이온의 전하가 큰 쪽이 결정장 갈라짐이 더 크다. 따라서 $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$의 Δ_o가 $[Cr(H_2O)_6]^{2+}$보다 크다. 틀린 표현은 "$[Cr(H_2O)_6]^{2+}$가 더 크다"이고, 올바르게는 "$[Cr(H_2O)_6]^{3+}$가 더 크다"이다.
③ X: $[Co(CN)_6]^{4-}$와 $[CoF_6]^{4-}$는 같은 Co(II) 착물이지만 CN^-가 F^-보다 훨씬 강한 장 리간드이다. 따라서 $[Co(CN)_6]^{4-}$의 Δ_o가 더 커서 더 높은 에너지, 더 짧은 파장의 빛을 흡수한다. 틀린 표현은 "장파장의 빛"이고, 올바르게는 "단파장의 빛"이다.
④ O: 리간드가 같으면 일반적으로 5d 금속 착물이 3d 금속 착물보다 오비탈 퍼짐이 커서 결정장 갈라짐도 더 크다. 따라서 Pt^{2+}착물의 Δ_o가 Ni^{2+}착물보다 크다는 설명은 옳다.

오답 포인트

강한 장 리간드는 전자를 더 많이 남겨 상자기성이 커진다고 오해하기 쉽지만, 실제로는 Δ_o가 커져 저스핀 배열을 만들 수 있다. 또 Δ_o가 커질수록 흡수 파장은 길어지는 것이 아니라 에너지가 커지므로 더 짧아진다는 점을 자주 반대로 기억한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

착물의 결정장 문제는 먼저 리간드 세기를 본다. 다음으로 같은 리간드인지 확인하고, 같다면 금속의 산화수와 3d/4d/5d 계열을 비교한다. 마지막으로 $\Delta_o \uparrow \Rightarrow$ 저스핀 경향 증가, 흡수 에너지 증가, 흡수 파장 감소를 연결하면 선지를 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

강한 장일수록 Δ_o 는 크고 흡수 파장은 짧다. 같은 리간드이면 고산화수, 5d 금속일수록 Δ_o 가 크다.

NoteBase