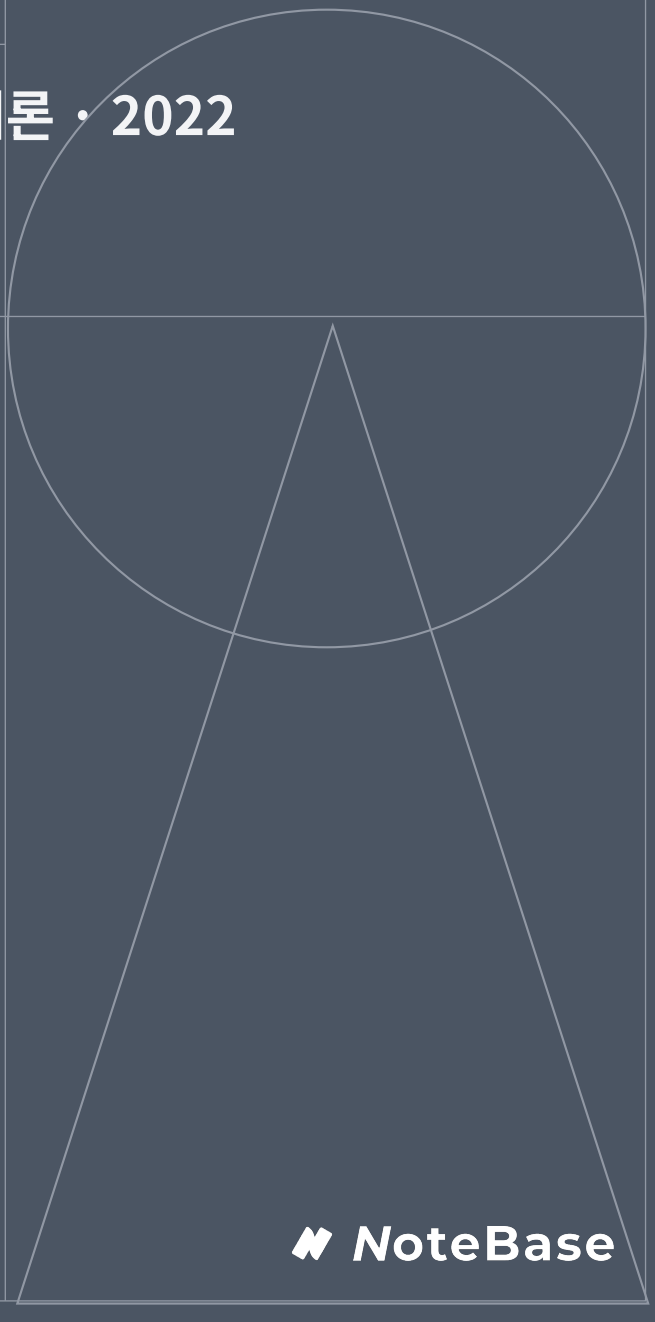
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2022

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2022

문 1. 금속 양이온의 산화수가 나머지와 다른 것은?

① Fe_2O_3

② $SrSO_4$

③ CdI_2

④ ZnS

정답 1번

출제 포인트

화합물 전체의 산화수 합이 0이 되는 성질을 이용하여 금속 양이온의 산화수를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

중성 화합물에서는 각 원소의 산화수 합이 0이다. 산소는 보통 -2, 황화 이온의 황은 -2, 아이오딘화 이온의 아이오딘은 -1, 황산 이온은 SO_4^{2-}이다. Fe_2O_3의 Fe는 +3이고, $SrSO_4$의 Sr·CdI_2의 Cd·ZnS의 Zn은 모두 +2이다.

선지별 해설

① O: Fe_2O_3에서 O 3개의 산화수 합은 -6이므로 Fe 2개의 합은 +6, Fe 1개의 산화수는 +3이다. 나머지 금속 양이온의 산화수 +2와 다르다.
② X: '금속 양이온의 산화수가 나머지와 다르다'는 표현이 틀렸다. $SrSO_4$에서 SO_4^{2-}의 전하가 -2이므로 Sr의 산화수는 +2이다. 올바르게는 나머지와 같은 산화수이다.
③ X: '금속 양이온의 산화수가 나머지와 다르다'는 표현이 틀렸다. CdI_2에서 I 2개의 산화수 합은 -2이므로 Cd의 산화수는 +2이다. 올바르게는 나머지와 같은 산화수이다.
④ X: '금속 양이온의 산화수가 나머지와 다르다'는 표현이 틀렸다. ZnS에서 S의 산화수는 -2이므로 Zn의 산화수는 +2이다. 올바르게는 나머지와 같은 산화수이다.

오답 포인트

Fe_2O_3의 아래첨자 2와 3을 산화수로 그대로 읽으면 안 된다. O의 산화수 -2에 원자 수 3을 곱해 Fe 전체의 산화수 합을 먼저 구한 뒤 Fe 원자 수 2로 나눈다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 음이온 또는 산소의 산화수와 원자 수를 곱해 음전하의 합을 구한다. 중성 화합물에서는 그 크기만큼 금속 양이온의 산화수 합이 양수가 되므로, 금속 원자 수로 나누어 원자 1개의 산화수를 비교한다.

암기 포인트

Fe_2O_3의 Fe는 +3, $Sr^{2+}\cdot Cd^{2+}\cdot Zn^{2+}$는 +2이다.

NoteBase

문 2. 알칼리 금속(M)에 포함된 리튬, 소듐, 포타슘, 루비듐, 세슘에서 원자 번호가 증가함에 따라 변화되는 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 1차 이온화 에너지는 감소한다.

② 녹는점은 낮아진다.

③ $M^+ + e^- \rightarrow M$에 대한 표준환원전위는 증가한다.

④ 이온(M^+) 반지름은 증가한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 알칼리 금속족에서 아래로 갈수록 나타나는 원자·이온의 크기, 이온화 에너지, 녹는점 및 표준환원전위의 변화를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

알칼리 금속은 같은 족에서 아래로 갈수록 전자껍질 수가 늘어 원자와 M^+ 이온의 반지름이 커진다. 따라서 최외각 전자가 핵으로부터 멀어져 1차 이온화 에너지는 작아지고, 금속 결합도 약해져 녹는점도 낮아진다. 표준환원전위는 금속 자체의 이온화 경향만이 아니라 수용액에서 이온의 수화 에너지까지 함께 반영하므로, Li부터 Cs까지 원자 번호에 따라 단조롭게 증가하지 않는다.

선지별 해설

① O — 아래로 갈수록 원자 반지름과 차폐 효과가 커져 최외각 전자를 떼어 내기 쉬워진다. 따라서 1차 이온화 에너지는 감소한다.
② O — 아래로 갈수록 금속 양이온의 전하 밀도가 작아져 금속 결합이 약해진다. 따라서 녹는점은 전반적으로 낮아진다.
③ X — 틀린 표현은 '증가한다'이다. $M^+ + e^- \rightarrow M$의 표준환원전위는 Li, Na, K, Rb, Cs의 원자 번호 증가에 따라 일정하게 증가하지 않는다. 실제로는 Li의 값이 특히 더 음수인 예외가 나타난다.
④ O — 아래로 갈수록 전자껍질 수가 증가하므로 M^+ 이온 반지름은 증가한다.

오답 포인트

③은 금속의 반응성과 표준환원전위를 단순히 같은 방향으로 생각하게 만드는 선지이다. 표준환원전위는 수용액에서의 수화 효과를 포함하므로 족 아래 방향의 원자 크기 변화만으로 단조 증가를 결론낼 수 없다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

같은 족에서는 먼저 '전자껍질 수 증가 → 반지름 증가 → 이온화 에너지 감소'를 판단한다. 녹는점은 금속 결합 약화로 낮아지는 경향을 적용하고, 표준환원전위는 수화 에너지의 예외가 있으므로 단순한 단조 변화 선지는 의심한다.

암기 포인트

알칼리 금속 아래로: 반지름은 커지고, 이온화 에너지와 녹는점은 낮아진다. 표준환원전위는 Li의 수화 예외를 함께 기억한다.

NoteBase

문 3. 다음은 갈바니 전지를 선 표시법으로 나타낸 것이다. 환원전극에서 일어나는 반응은?

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

① $\mathrm{Fe}^{2+}(aq) \rightarrow \mathrm{Fe}^{3+}(aq) + e^{-}$

② $\mathrm{Ag}(s) \rightarrow \mathrm{Ag}^{+}(aq) + e^{-}$

③ $\mathrm{Fe}^{3+}(aq) + e^{-} \rightarrow \mathrm{Fe}^{2+}(aq)$

④ $\mathrm{Ag}^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow \mathrm{Ag}(s)$

정답 4번

출제 포인트

갈바니 전지의 선 표기법에서 왼쪽은 산화전극, 오른쪽은 환원전극이라는 원리와 각 전극의 반쪽 반응을 묻는 문제이다.

핵심 개념

산화전극은 전자를 내놓는 산화가 일어나는 전극이고, 환원전극은 전자를 받는 환원이 일어나는 전극이다. 선 표기법에서는 왼쪽 반쪽 전지가 산화전극, 오른쪽 반쪽 전지가 환원전극으로 적힌다. 이 전지에서 왼쪽은 Fe^{2+}가 Fe^{3+}로 되는 산화 반응이고, 오른쪽은 Ag^{+}가 $\mathrm{Ag}(s)$로 되는 환원 반응이다.

선지별 해설

① X. $\mathrm{Fe}^{2+}(aq) \rightarrow \mathrm{Fe}^{3+}(aq) + \mathrm{e}^{-}$는 전자를 내놓는 산화 반응이다. 틀린 표현은 환원전극의 반응으로 본 점이며, 올바르게는 왼쪽 $\mathrm{Pt} \mid \mathrm{Fe}^{2+}, \mathrm{Fe}^{3+}$ 전극에서 일어나는 산화 반응이다.

② X. $\mathrm{Ag}(s) \rightarrow \mathrm{Ag}^{+}(aq) + \mathrm{e}^{-}$는 은이 전자를 내놓는 산화 반응이다. 틀린 표현은 Ag 전극에서의 반응 방향이며, 올바르게는 $\mathrm{Ag}^{+}(aq) + \mathrm{e}^{-} \rightarrow \mathrm{Ag}(s)$와 같이 Ag^{+}가 환원된다.

③ X. $\mathrm{Fe}^{3+}(aq) + \mathrm{e}^{-} \rightarrow \mathrm{Fe}^{2+}(aq)$는 Fe^{3+}의 환원 반응이지만, 제시된 전지에서 $\mathrm{Fe}^{2+}/\mathrm{Fe}^{3+}$ 반쪽 전지는 왼쪽 산화전극이다. 틀린 표현은 제시된 전지에서 이 반응이 실제로 일어난다는 점이며, 올바르게는 $\mathrm{Fe}^{2+}(aq) \rightarrow \mathrm{Fe}^{3+}(aq) + \mathrm{e}^{-}$가 일어난다.

④ O. 오른쪽 $\mathrm{Ag}^{+}(aq) \mid \mathrm{Ag}(s)$ 전극은 환원전극이므로 $\mathrm{Ag}^{+}(aq)$가 전자 1개를 받아 $\mathrm{Ag}(s)$로 환원된다.

오답 포인트

①과 ③은 $\mathrm{Fe}^{2+}/\mathrm{Fe}^{3+}$ 쌍의 반응 방향만 서로 바꾸어 제시한 선지이다. 반쪽 반응식만 보고 환원이라고 판단하지 않고, 선 표기법에서 그 쌍이 왼쪽 산화전극에 놓였다는 점까지 함께 확인해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

갈바니 전지 표기에서 왼쪽 반쪽 전지에는 전자가 생성되는 산화 반응을, 오른쪽 반쪽 전지에는 전자가 소모되는 환원 반응을 쓴다. 반응식에서 e^-가 생성물 쪽이면 산화, 반응물 쪽이면 환원이다.

암기 포인트

갈바니 전지: 왼쪽 산화·e^- 생성, 오른쪽 환원·e^- 소모이다.

NoteBase

문 4. 다음 4가지 산소 화학종 중 바닥 상태 전자 배치에서 홀전자를 가장 많이 갖는 것은?

① O^+

② O^{2+}

③ O^-

④ O^{2-}

정답 1번

출제 포인트

산소 원자와 산소 이온의 바닥 상태 전자배치에서 $2p$ 오비탈의 홀전자를 세는 문제이다.

핵심 개념

산소의 원자번호는 8이므로 중성 산소의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$이다. 양이온은 전자를 잃고 음이온은 전자를 얻으며, 같은 에너지의 p 오비탈 3개에는 전자가 먼저 하나씩 들어간 뒤 짝을 이룬다. 따라서 $2p^3$일 때 홀전자는 3개로 가장 많다.

선지별 해설

① O: O^+는 전자 1개를 잃어 $1s^2 2s^2 2p^3$이다. $2p$ 오비탈 3개에 전자가 하나씩 들어가므로 홀전자가 3개이다.

② X: O^{2+}는 $1s^2 2s^2 2p^2$이므로 홀전자가 2개이다. 틀린 표현은 '가장 많이'이며, 가장 많은 것은 O^+이다.

③ X: O^-는 $1s^2 2s^2 2p^5$이므로 홀전자가 1개이다. 틀린 표현은 '가장 많이'이며, $2p^5$에서는 두 오비탈이 짝을 이루고 한 오비탈에만 홀전자가 남는다.

④ X: O^{2-}는 $1s^2 2s^2 2p^6$의 닫힌 전자껍질 상태이므로 홀전자가 0개이다. 틀린 표현은 '가장 많이'이며, 홀전자가 가장 적은 종은 O^{2-}이다.

오답 포인트

전하의 크기만 보고 전자 수가 적을수록 홀전자가 많다고 판단하면 ②를 고르기 쉽다. 홀전자 수는 전체 전자 수가 아니라 마지막 $2p$ 전자가 3개 오비탈에 어떻게 배치되는지로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자번호로 중성 원자의 전자배치를 쓴 뒤 전하만큼 전자를 더하거나 뺀다. 마지막 부분이 p^n이면 $p^1, p^2, p^3, p^4, p^5, p^6$의 홀전자 수를 각각 1, 2, 3, 2, 1, 0으로 세면 된다.

NoteBase

암기 포인트

p 오비탈의 홀전자 수는 p^3에서 3개로 최대이다.

NoteBase

문 5. 다음은 2주기 동핵 이원자 분자를 나타낸 것이다. 바닥 상태의 분자 오비탈 전자 배치를 갖는다고 가정할 때, 이들에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

B_2, C_2, N_2, O_2, F_2

ㄱ. B_2, C_2, O_2는 상자기성 분자이다.

ㄴ. 반자기성 분자는 3개이다.

ㄷ. 결합 엔탈피는 F_2가 가장 작고, N_2가 가장 크다.

ㄹ. 결합 길이는 B_2가 가장 길고, N_2가 가장 짧다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄴ, ㄷ

③ ㄱ, ㄷ, ㄹ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 2주기 동핵 이원자 분자의 바닥상태 분자 오비탈 전자배치로 상자기성·반자기성을 구분하고, 결합 차수와 결합의 세기를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

상자기성 분자는 홀전자를 가져 자기장에 끌리고, 반자기성 분자는 전자가 모두 짝지어져 있다. B_2와 O_2에는 각각 홀전자 2개가 있어 상자기성이고, C_2·N_2·F_2는 반자기성이다.
결합 차수가 클수록 일반적으로 결합은 강하고 짧다. N_2는 결합 차수 3으로 가장 강하고 짧다. F_2는 비공유 전자쌍 사이의 반발이 커서 제시된 분자 중 결합 엔탈피가 가장 작다.

선지별 해설

① X. ㄱ, ㄴ의 조합이다. ㄱ에서 'B_2, C_2, O_2는 상자기성'이라는 표현이 틀렸다. C_2는 모든 전자가 짝지어진 반자기성 분자이다. ㄴ은 옳지만 ㄷ, ㄹ도 옳으므로 올바른 조합은 ㄴ, ㄷ, ㄹ이다.
② X. ㄴ, ㄷ의 조합이다. ㄴ은 C_2, N_2, F_2의 3개가 반자기성이므로 옳고, ㄷ도 옳다. 그러나 ㄹ도 옳으므로 ㄹ이 빠져 있다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ, ㄹ이다.
③ X. ㄱ, ㄷ, ㄹ의 조합이다. ㄷ과 ㄹ은 옳지만 ㄱ은 C_2를 상자기성으로 분류한 점이 틀렸다. ㄱ을 ㄴ으로 바꾸어 ㄴ, ㄷ, ㄹ로 고쳐야 한다.
④ O. ㄴ은 반자기성 분자가 C_2, N_2, F_2의 3개라는 진술이므로 옳다. ㄷ은 F_2의 결합 엔탈피가 가장 작고 N_2의 결합 엔탈피가 가장 크므로 옳다. ㄹ은 결합 차수 1인 B_2의 결합 길이가 가장 길고 결합 차수 3인 N_2의 결합 길이가 가장 짧으므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

ㄱ의 C_2를 $B_2 \cdot O_2$와 함께 상자기성으로 묶는 점이 함정이다. 홀전자가 있는 것은 B_2와 O_2뿐이며, C_2는 반자기성이다. 또한 결합 차수가 같은 B_2와 F_2를 결합 엔탈피까지 같다고 보면 안 된다. F_2는 비공유 전자쌍 반발 때문에 결합이 특히 약하다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 분자 오비탈에 홀전자가 남는지 확인하여 자성을 판단한다. 이어 결합 차수 1·2·3을 비교하여 결합 길이는 차수가 클수록 짧고 결합 세기는 대체로 크다고 판단한다. F_2처럼 비공유 전자쌍 반발이 큰 경우는 결합 엔탈피가 예외적으로 작아질 수 있다.

암기 포인트

홀전자: B_2, O_2만 상자기성. 반자기성: C_2, N_2, F_2. 결합은 N_2가 가장 강하고 짧으며, F_2의 결합 엔탈피가 가장 작다.

NoteBase

문 6. (가)~(라)에서 제시한 양자수와 이에 해당하는 오비탈을 바르게 연결한 것은?

(가) $n = 2,\ l = 1$
(나) $n = 1,\ l = 0$
(다) $n = 3,\ l = 2$
(라) $n = 3,\ l = 0$

① (가): 2s, (나): 2p, (다): 3p, (라): 3d
② (가): 2s, (나): 1s, (다): 3p, (라): 3s
③ (가): 2p, (나): 1s, (다): 3d, (라): 3p
④ (가): 2p, (나): 1s, (다): 3d, (라): 3s

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 주양자수 n과 부양자수 l로 오비탈의 번호와 종류를 연결하는 문제이다.

핵심 개념

주양자수 n은 전자껍질 번호를 나타내며 오비탈 표기의 앞 숫자가 된다. 부양자수 l은 오비탈의 종류를 나타내며 $l = 0$은 s, $l = 1$은 p, $l = 2$는 d이다. 따라서 (가)는 2p, (나)는 1s, (다)는 3d, (라)는 3s이다.

선지별 해설

① X: (가) $n = 2, l = 1$은 2p인데 2s로 연결하였다. 틀린 표현은 '2s'이며, 올바르게는 2p이다. 또한 (나)는 1s이지만 2p로 연결하였고, (다)는 3d이지만 3p로 연결하였으며, (라)는 3s이지만 3d로 연결하였다.
② X: (가)를 2s로 연결한 것이 틀렸다. $l = 1$은 p이므로 올바르게는 2p이다. (나)의 1s와 (라)의 3s는 맞지만, (다)는 $l = 2$이므로 3p가 아니라 3d이다.
③ X: (가)의 2p, (나)의 1s, (다)의 3d는 맞다. 그러나 (라) $n = 3, l = 0$을 3p로 연결한 것이 틀렸다. 틀린 표현은 '3p'이며, 올바르게는 3s이다.
④ O: (가) 2p, (나) 1s, (다) 3d, (라) 3s로 모두 정확히 연결하였다.

오답 포인트

③은 앞의 세 연결이 모두 맞아서 (라)를 대충 넘기기 쉽다. $l = 0$은 p가 아니라 s라는 대응을 끝까지 적용해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 n을 오비탈 표기의 앞 숫자로 쓰고, 이어서 $l = 0 \rightarrow$ s, $l = 1 \rightarrow$ p, $l = 2 \rightarrow$ d를 적용하여 각 항목을 하나씩 대조한다.

암기 포인트

$l = 0, 1, 2, 3$은 s, p, d, f의 순서이다.

NoteBase

문 7. 미지 원소 X가 연소하여 산소와 결합하면 분자식이 X_2O_3인 산화물이 된다. 56g의 X가 96g의 산소와 결합하였다면 미지 원소 X의 원자량은? (단, 산소의 원자량은 16이다)

① 12

② 14

③ 28

④ 56

정답 2번

출제 포인트

산화물 X_2O_3의 조성비와 결합한 질량비로 미지 원소 X의 원자량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: X 56 g과 산소 96 g이 결합한다.
구해야 할 값: X의 원자량이다.
주의할 조건: 산소 원자량은 16이고, X_2O_3에는 X 원자 2개와 O 원자 3개가 들어 있다.

사용할 공식

$X : O = 2M_X : 3 \times 16$
이 식을 쓰는 이유: 일정한 조성의 화합물에서는 원소들의 질량비가 화학식에 따른 원자량의 합 비와 같기 때문이다.

계산 과정

1. 실제 결합 질량비는 $56 : 96 = 7 : 12$이다.
2. X_2O_3에서 X와 O의 질량비는 $2M_X : 48$이다.
3. 따라서 $2M_X : 48 = 7 : 12$이므로 $24M_X = 336$, $M_X = 14$이다.

선지 판단

① X — 원자량이 12이면 $2M_X : 48 = 24 : 48 = 1 : 2$이므로 산소 96 g에는 X 48 g이 결합해야 한다. 실제 X는 56 g이므로 맞지 않는다. 틀린 표현 '원자량 12' → 올바르게는 '원자량 14'이다.
② O — 계산 결과 X의 원자량은 14이다.
③ X — 원자량이 28이면 $2M_X : 48 = 56 : 48 = 7 : 6$이므로 산소 96 g에는 X 112 g이 결합해야 한다. 틀린 표현 '원자량 28' → 올바르게는 '원자량 14'이다.
④ X — 원자량이 56이면 $2M_X : 48 = 112 : 48 = 7 : 3$이므로 산소 96 g에는 X 224 g이 결합해야 한다. 틀린 표현 '원자량 56' → 올바르게는 '원자량 14'이다.

NoteBase

오답 포인트

화학식의 아래첨자 2와 3을 빼고 원자량 비를 바로 $M_X : 16$으로 놓으면 오답이 된다. X는 2개, 산소는 3개이므로 반드시 $2M_X : 3 \times 16$으로 비교한다.

다시 나오면 이렇게 판단

화합물의 질량비 문제에서는 먼저 실제 결합 질량비를 약분한 뒤, 화학식의 아래첨자×원자량으로 만든 이론 질량비와 같게 놓고 푼다.

암기 포인트

화합물의 질량비 = 화학식의 아래첨자 × 각 원소의 원자량의 비이다.

NoteBase

문 8. 원자가 껍질 전자쌍 반발 이론에 근거할 때, 이온의 기하 구조로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 모든 이온은 바닥 상태에 있다)

ㄱ. SbF_4^-는 삼각 쌍뿔형 구조이다.
ㄴ. SF_5^-는 사각뿔 구조이다.
ㄷ. SeF_3^+는 사면체 구조이다.
ㄹ. I_3^-는 선형 구조이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄴ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 VSEPR 이론에서 중심 원자의 결합 전자쌍과 비공유 전자쌍 수로 이온의 분자 기하 구조를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

VSEPR 이론에서 전자쌍들은 서로 멀어지도록 배치된다. 중심 원자가 AX4E이면 전자쌍 배치는 삼각 쌍뿔형이지만 분자 기하 구조는 시소형이고, AX5E는 사각뿔형, AX3E는 삼각뿔형, AX2E3는 선형이다. $SbF4^-$는 AX4E이므로 시소형이다. $SF5^-$는 AX5E이므로 사각뿔형이다. $SeF3^+$는 AX3E이므로 삼각뿔형이다. $I3^-$는 AX2E3이므로 선형이다.

선지별 해설

① X. ㄱ은 틀리고 ㄴ만 옳다. $SbF4^-$의 중심 Sb에는 결합 4개와 비공유 전자쌍 1개가 있어 AX4E이다. 삼각 쌍뿔형은 전자쌍 배치이고, 분자 기하 구조는 시소형이다. 틀린 표현인 'ㄱ' → 'ㄱ은 시소형 구조이다'로 고쳐야 한다.
② O. $SF5^-$는 AX5E라서 사각뿔형이고, $I3^-$는 AX2E3라서 선형이다. 따라서 ㄴ, ㄹ만 옳다.
③ X. ㄱ과 ㄷ이 틀리다. $SbF4^-$는 시소형이며, $SeF3^+$는 AX3E이므로 사면체가 아니라 삼각뿔형이다. 틀린 표현인 'ㄱ, ㄷ' → 'ㄴ, ㄹ'로 고쳐야 한다.
④ X. ㄷ이 틀리다. $SeF3^+$의 전자쌍 배치는 사면체형이지만 분자 기하 구조는 비공유 전자쌍 하나를 제외한 삼각뿔형이다. 틀린 표현인 'ㄷ' → 'ㄷ은 삼각뿔형 구조이다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

SbF_4^-와 SeF_3^+에서 전자쌍 배치와 분자 기하 구조를 혼동하기 쉽다. 비공유 전자쌍도 전자쌍 배치에는 포함되지만, 분자 기하 구조를 말할 때는 원자가 결합한 원자들의 배치만 본다.

다시 나오면 이렇게 판단

중심 원자의 총 원자가 전자 수에 이온 전하를 반영한 뒤, 결합 수와 남는 비공유 전자쌍 수를 세어 AXmEn 꼴로 나타낸다. 이어 전자쌍 배치와 비공유 전자쌍을 제외한 분자 기하 구조를 구분한다.

암기 포인트

AX4E는 시소형, AX5E는 사각뿔형, AX3E는 삼각뿔형, AX2E3는 선형이다.

NoteBase

문 9. 다음 화학 반응식은 산성 용액에서 과망가니즈산 이온과 철 이온 사이의 반응을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, $a \sim f$는 최소 정수비를 가진다)

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

① ㄱ. 전체 반응식의 균형을 맞추기 위해서는 8개의 수소 양이온이 필요하다.

② ㄴ. 전체 반응식의 균형을 맞추기 위해서는 6개의 전자가 필요하다.

③ ㄷ. 철 이온은 환원제로 사용되었다.

④ ㄹ. $a + b + d + e = 14$

정답 1번

출제 포인트

산성 용액에서 과망가니즈산 이온과 철(II) 이온의 산화·환원 반응식을 반쪽 반응식으로 맞추고, 산화제·환원제와 계수를 판단하는 문제이다.

조건 정리

과망가니즈산 이온은 산성 용액에서 $\mathrm{MnO_4^-}$의 Mn이 +7에서 $\mathrm{Mn^{2+}}$의 +2로 환원된다. 철 이온은 $\mathrm{Fe^{2+}}$에서 $\mathrm{Fe^{3+}}$로 산화된다.

사용할 공식

환원 반쪽 반응식은 $\mathrm{MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O}$이고, 산화 반쪽 반응식은 $\mathrm{Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-}$이다. 두 반쪽 반응식에서 주고받는 전자 수를 같게 하여 더한다.

계산 과정

1. $\mathrm{MnO_4^-}$ 1개가 $\mathrm{Mn^{2+}}$ 1개로 환원될 때 전자 5개를 받는다.
2. $\mathrm{Fe^{2+}}$ 5개가 각각 전자 1개씩 내놓아 $\mathrm{Fe^{3+}}$ 5개가 된다.
3. 두 반쪽 반응식을 합치면 $\mathrm{MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O}$이다. 따라서 $a = 1, b = 5, c = 8, d = 5, e = 1, f = 4$이다.

NoteBase

선지 판단

① ㄱ: O. 전체 반응식의 수소 원자 수와 전하를 맞추기 위해 반응물 쪽에 H^+ 8개가 필요하다.
② ㄴ: X. 틀린 표현은 '6개의 전자'이다. Mn의 산화수는 +7에서 +2로 5만큼 감소하므로 전자 5개를 받으며, 철(II) 이온 5개가 전자 5개를 내놓는다. 전체 반응식에서는 전자가 소거된다.
③ ㄷ: O. Fe^{2+}는 전자를 잃어 Fe^{3+}가 되므로 다른 물질을 환원시키는 환원제이다.
④ ㄹ: X. 틀린 표현은 '14'이다. $a+b+d+e=1+5+5+1=12$이다. 올바르게는 $a+b+d+e=12$이다.
따라서 옳은 것은 ㄱ, ㄷ이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

ㄴ에서 전자 수를 6개로 잘못 세기 쉽다. MnO_4^-의 Mn 산화수 변화는 +7에서 +2까지이므로 변화량은 5이다.
ㄹ에서는 물과 수소 이온의 계수까지 더하거나 c를 포함해 14라고 착각하지 않도록, 식에서 요구한 a, b, d, e만 더한다.

다시 나오면 이렇게 판단

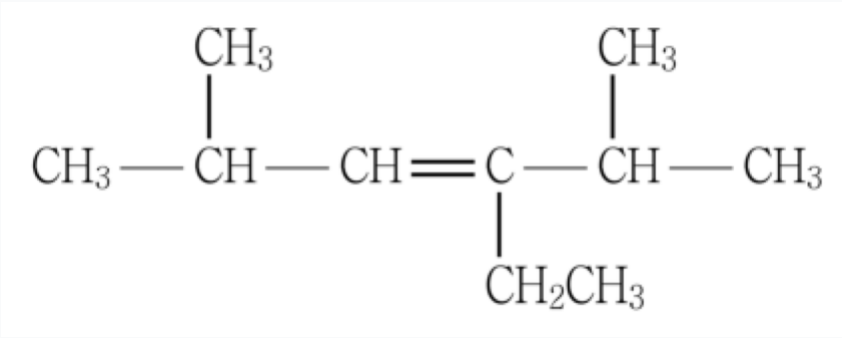
산성 용액의 산화·환원 반응은 산화수 변화를 먼저 확인하고, O는 H_2O, H는 H^+, 전하는 e^-로 맞춘 뒤 두 반쪽 반응식의 전자 수를 같게 하여 합친다. 전자를 잃는 물질은 환원제이다.

암기 포인트

산성 조건의 MnO_4^- 1개는 Mn^{2+}가 되면서 H^+ 8개와 전자 5개를 사용한다: 1-5-8-5-1-4이다.

NoteBase

문 10. 다음 구조를 갖는 화합물의 IUPAC 명명은?



① 3-ethyl-2,5-dimethyl-3-hexene

② 2-methyl-4-isopropyl-3-hexene

③ 2,5-dimethyl-3-ethyl-3-hexene

④ 1-ethyl-1,2-diisopropylethene

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 이중 결합을 포함하는 가장 긴 주사슬을 정하고, 이중 결합과 치환기의 번호 및 치환기 배열 순서를 적용하여 알켄을 명명하는 문제이다. 이중 결합을 포함하는 최장 사슬은 탄소 6개이므로 모체는 3-hexene이다.

선지별 해설

① O: 이중 결합을 포함하는 최장 사슬은 탄소 6개의 3-hexene이다. 양쪽에서 번호를 매기면 이중 결합 위치는 모두 3번이므로, 치환기 번호가 2,3,5가 되도록 오른쪽에서 번호를 매긴다. 따라서 3번에 ethyl기, 2번과 5번에 methyl기가 있고, ethyl을 methyl보다 앞에 써서 3-ethyl-2,5-dimethyl-3-hexene이 된다.
② X: "4-isopropyl"이 틀린 표현이다. 이 구조에는 isopropyl기가 하나 붙어 있는 것이 아니라 3번의 ethyl기와 2번·5번의 methyl기가 있다. 올바르게는 3-ethyl-2,5-dimethyl-3-hexene이다.
③ X: 치환기를 "dimethyl" 뒤에 "ethyl"로 쓴 배열 순서가 틀렸다. 치환기명은 알파벳순으로 배열하며, di-는 배열 순서에서 고려하지 않으므로 ethyl이 methyl보다 앞선다. 올바르게는 3-ethyl-2,5-dimethyl-3-hexene이다.
④ X: "ethene"을 모체로 잡은 것이 틀렸다. 이중 결합을 포함하는 가장 긴 사슬을 모체로 선택해야 하며, 여기서는 탄소 6개 사슬인 hexene을 선택한다. 올바르게는 3-ethyl-2,5-dimethyl-3-hexene이다.

NoteBase

오답 포인트

이중 결합의 위치가 양쪽 번호 매기기에서 모두 3번이므로, 다음 기준인 치환기 위치번호를 비교해야 한다. 2,3,5가 2,4,5보다 앞서며, ③처럼 치환기 위치가 맞아도 ethyl과 methyl의 배열 순서를 바꾸면 틀린 명명이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 이중 결합을 포함하는 최장 탄소사슬을 고르고, 이중 결합 위치가 가장 작아지도록 번호를 매긴다. 이중 결합 위치가 같으면 치환기 위치번호의 가장 이른 차이를 비교하고, 마지막으로 치환기명은 알파벳순으로 배열한다.

암기 포인트

알켄 명명은 최장 사슬 → 이중 결합 최저 번호 → 치환기 최저 번호 → 치환기 알파벳순의 순서로 판단한다.

NoteBase

문 11. 다음 화학 반응식의 균형을 맞추었을 때, 얻어지는 계수 $a \sim d$를 바르게 연결한 것은? (단, $a \sim d$는 최소 정수비를 가진다)

$a\mathrm{PH_3}(g) + b\mathrm{O_2}(g) \rightarrow c\mathrm{P_4O_{10}}(s) + d\mathrm{H_2O}(g)$

① a: 8, b: 4, c: 2, d: 3

② a: 8, b: 3, c: 2, d: 6

③ a: 4, b: 8, c: 1, d: 6

④ a: 4, b: 6, c: 1, d: 3

정답 3번

출제 포인트

원자 수 보존을 이용하여 화학 반응식의 최소 정수 계수를 맞추는 문제이다.

조건 정리

인(P)는 $\mathrm{PH_3}$의 1개와 $\mathrm{P_4O_{10}}$의 4개가 같아야 한다. 수소(H)는 $\mathrm{PH_3}$의 3개와 $\mathrm{H_2O}$의 2개가 같아야 하며, 산소(O)는 $\mathrm{O_2}$의 2개와 생성물 전체의 산소 수가 같아야 한다.

사용할 원리

화학 반응식에서는 반응 전후 각 원소의 원자 수가 보존된다. 따라서 P, H, O 순으로 계수를 정하면 된다.

계산 과정

$\mathrm{P_4O_{10}}$의 계수를 1로 두면 P 원자 수에서 $a = 4$이다.
H 원자 수에서 $3a = 2d$이므로 $3 \times 4 = 2d$, 따라서 $d = 6$이다.
O 원자 수에서 $2b = 10c + d$이므로 $2b = 10 \times 1 + 6 = 16$, 따라서 $b = 8$이다.
그러므로 $a : b : c : d = 4 : 8 : 1 : 6$이다.

선지 판단

① X: $a, b, c, d = 8, 4, 2, 3$이면 수소는 반응물 24개, 생성물 6개가 되어 보존되지 않는다. 틀린 계수 → $a, b, c, d = 4, 8, 1, 6$이다.
② X: $a, b, c, d = 8, 3, 2, 6$이면 산소는 반응물 6개, 생성물 26개가 되어 보존되지 않는다. 틀린 계수 → $a, b, c, d = 4, 8, 1, 6$이다.
③ O: $a, b, c, d = 4, 8, 1, 6$이면 P는 4개, H는 12개, O는 16개로 반응 전후의 원자 수가 각각 같다.
④ X: $a, b, c, d = 4, 6, 1, 3$이면 수소는 반응물 12개, 생성물 6개이고 산소도 반응물 12개, 생성물 13개로 보존되지 않는다. 틀린 계수 → $a, b, c, d = 4, 8, 1, 6$이다.

NoteBase

오답 포인트

P의 계수만 맞춘 뒤 O_2의 계수를 임의로 정하면 산소 수가 어긋난다. H_2O의 계수는 먼저 수소 원자 수로 정한 뒤, 마지막에 산소 원자 수로 O_2의 계수를 결정한다.

다시 나오면 이렇게 판단

복잡한 물질부터 계수를 1로 두고, 한쪽에만 포함된 원소부터 맞춘다. 이 반응식에서는 P_4O_{10}을 1로 두어 P, H, O 순으로 원자 수를 비교한다.

암기 포인트

$4PH_3 + 8O_2 \rightarrow P_4O_{10} + 6H_2O$: P → H → O 순으로 맞춘다.

NoteBase

문 12. 원자 구조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 원자핵은 원자 질량의 대부분을 차지한다.

② 원자번호가 n인 원자의 양성자 수는 항상 n개이다.

③ 전기적으로 중성인 원자에 대해 질량수와 전자의 수는 항상 같다.

④ 같은 수의 양성자를 갖는 핵종이라도 원자 질량이 다른 것이 존재할 수 있다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 원자번호, 질량수, 전자 수와 동위원소의 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

원자번호는 양성자 수이며, 전기적으로 중성인 원자에서는 전자 수와 같다. 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이다. 동위원소는 양성자 수는 같고 중성자 수가 달라 질량수가 다른 원자들이다.

선지별 해설

① O: 원자의 질량은 대부분 양성자와 중성자로 이루어진 원자핵에서 나온다. 전자의 질량은 매우 작다.
② O: 원자번호가 n이면 양성자 수는 정의에 따라 n개이다.
③ X: 틀린 표현은 '질량수와 전자 수는 항상 같다'이다. 중성 원자에서 전자 수는 양성자 수와 같지만, 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이다. 올바르게는 '전기적으로 중성인 원자에서 전자 수와 양성자 수는 같다'이다.
④ O: 같은 수의 양성자를 가진 핵종이라도 중성자 수가 다르면 질량수가 달라질 수 있다. 이러한 관계가 동위원소이다.

오답 포인트

③은 중성 원자의 '전자 수 = 양성자 수' 관계를 '질량수 = 전자 수'로 바꾸어 놓은 선지이다. 질량수에는 중성자 수도 포함된다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자번호는 양성자 수, 중성 원자의 전자 수는 양성자 수, 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합으로 각각 대응시켜 판단한다. '항상'이라는 표현 뒤에 서로 다른 물리량을 같다고 한 선지는 특히 확인한다.

암기 포인트

원자번호 = 양성자 수 = 중성 원자의 전자 수, 질량수 = 양성자 수 + 중성자 수이다.

NoteBase

문 13. 빛의 진동수가 1.20MHz인 라디오파의 파장[m]은? (단, 빛의 속도는 $3.00 \times 10^8 \mathrm{m \cdot s^{-1}}$이다)

① 2.50×10^0

② 2.50×10^1

③ 2.50×10^2

④ 2.50×10^4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 빛의 속도, 진동수, 파장의 관계인 $c = \lambda f$를 이용하여 라디오파의 파장을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 빛의 속도는 $c = 3.00 \times 10^8 m \cdot s^{-1}$이고, 진동수는 $f = 1.20 MHz = 1.20 \times 10^6 s^{-1}$이다. 구할 값은 파장 λ이며, M은 10^6을 뜻하므로 진동수를 Hz로 바꾸어 계산한다.

사용할 공식

$c = \lambda f, \qquad \lambda = \frac{c}{f}$

빛의 속도는 파장과 진동수의 곱이므로, 파장은 빛의 속도를 진동수로 나누어 구한다.

계산 과정

1. $1.20 MHz = 1.20 \times 10^6 Hz$로 변환한다.
2. $\lambda = \frac{3.00 \times 10^8}{1.20 \times 10^6} m$를 대입한다.
3. $\lambda = 2.50 \times 10^2 m$이므로 파장은 250 m이다.

선지 판단

① X. $2.50 \times 10^0 m$는 계산값보다 100배 작다. MHz의 10^6을 반영하지 않거나 지수 계산을 잘못한 값이다. 틀린 표현 $2.50 \times 10^0 m \rightarrow$ 올바르게는 $2.50 \times 10^2 m$이다.

② X. $2.50 \times 10^1 m$는 계산값보다 10배 작다. $10^8 / 10^6 = 10^2$에서 지수를 하나 적게 계산한 값이다. 틀린 표현 $2.50 \times 10^1 m \rightarrow$ 올바르게는 $2.50 \times 10^2 m$이다.

③ O. $\frac{3.00 \times 10^8}{1.20 \times 10^6} = 2.50 \times 10^2 m$이므로 계산 결과와 일치한다.

④ X. $2.50 \times 10^4 m$는 계산값보다 100배 크다. 지수의 뺄셈 $8 - 6$을 잘못하여 큰 지수를 만든 값이다. 틀린 표현 $2.50 \times 10^4 m \rightarrow$ 올바르게는 $2.50 \times 10^2 m$이다.

NoteBase

오답 포인트

주파수의 MHz를 그대로 1.20으로 두면 10^6이 빠진다. 또한 과학적 표기법의 나눗셈에서는 계수뿐 아니라 지수도 $8-6=2$로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

파장·진동수 문제는 먼저 접두어를 Hz 단위로 바꾼 뒤, $\lambda = c/f$에 대입하고 지수는 나눗셈에서 빼기로 검산한다.

암기 포인트

$c = \lambda f$: 진동수가 클수록 파장은 짧아진다. $MHz = 10^6 Hz$이다.

NoteBase

문 14. 다음 화학 반응식은 암모니아를 합성하는 하버 공정을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92.2kJ$
$K_c = 0.291$ 700K에서
ㄱ. 500K에서 K_c는 0.291보다 크다.
ㄴ. 촉매를 사용하면 평형이 오른쪽으로 이동한다.
ㄷ. N_2는 환원되었다.
ㄹ. 같은 몰수의 N_2와 H_2가 반응에 참여할 경우, N_2가 한계 반응물이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

발열 반응에서 온도 변화에 따른 평형 상수의 변화, 촉매의 역할, 산화·환원, 화학양론에 따른 한계 반응물을 함께 판단하는 문제이다.

핵심 개념

발열 반응은 열이 생성물 쪽에 있으므로 온도를 낮추면 정반응이 유리해지고 평형 상수는 커진다. 촉매는 정반응과 역반응의 활성화 에너지를 함께 낮춰 평형 도달 속도만 높이며 평형의 위치와 평형 상수는 바꾸지 않는다. 산화수는 전자를 잃으면 증가하여 산화되고, 전자를 얻으면 감소하여 환원된다. 한계 반응물은 계수비에 필요한 양을 비교하여 정한다.

NoteBase

선지별 해설

① ㄱ: O. 정반응은 92.2 kJ의 열을 방출하는 발열 반응이다. 700 K보다 낮은 500 K에서는 생성물 쪽이 유리해지므로 평형 상수는 0.291보다 커진다.

② ㄴ: X. 틀린 표현은 '평형이 오른쪽으로 이동한다'이다. 촉매는 정·역반응 속도를 모두 증가시켜 평형에 빨리 도달하게 할 뿐, 평형 조성이나 평형 상수는 변화시키지 않는다.

③ ㄷ: O. N_2에서 질소의 산화수는 0이고, NH_3에서 질소의 산화수는 -3이다. 산화수가 감소하므로 질소는 환원된다.

④ ㄹ: X. 틀린 표현은 'N_2가 한계 반응물이다'이다. N_2 1 mol에는 H_2 3 mol이 필요하므로 N_2와 H_2를 같은 몰수로 넣으면 H_2가 먼저 부족해진다. 따라서 한계 반응물은 H_2이다.

오답 포인트

ㄴ은 촉매가 반응을 빠르게 하므로 평형도 생성물 쪽으로 바꾼다고 오해하기 쉽다. ㄹ은 처음 몰수만 비교하지 않고, 반응식의 계수비 N_2:H_2 = 1:3을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

열을 반응식의 한 성분으로 보고 온도 변화에 대한 평형 이동을 판단한다. 촉매가 제시되면 평형 위치와 평형 상수는 불변인지 확인한다. 한계 반응물은 각 물질의 몰수를 반응식 계수로 나누어 비교한다.

암기 포인트

발열 반응은 저온에서 생성물 우세, 촉매는 평형 불변, 같은 몰수의 N_2·H_2에서는 H_2가 한계 반응물이다.

NoteBase

문 15. 다음은 이산화 질소와 일산화 탄소가 반응하여 일산화 질소와 이산화 탄소가 생성되는 전체 반응식과 그에 타당한 메커니즘을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

1단계: $NO_2(g) + NO_2(g) \rightarrow NO_3(g) + NO(g)$ (느림)
2단계: $NO_3(g) + CO(g) \rightarrow NO_2(g) + CO_2(g)$ (빠름)
전체: $NO_2(g) + CO(g) \rightarrow NO(g) + CO_2(g)$

ㄱ. 전체 반응의 속도 법칙은 1차 반응이다.
ㄴ. 전체 반응의 반감기는 $\frac{1}{k[NO_2]_0}$이다.
ㄷ. 실험적으로 결정된 반응 속도 법칙은 $k_1[NO_2]^2$과 일치해야 한다.
ㄹ. 전체 반응에서 CO의 양을 2배로 늘리면 전체 반응의 속도는 2배 빨라진다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

느린 단일 단계가 전체 반응 속도를 결정할 때의 속도 법칙과 2차 반응의 반감기를 묻는 문제이다.

조건 정리

1단계는 $2NO_2 \rightarrow NO_3 + NO$인 느린 단계이고, 2단계는 빠른 단계이다. NO_3는 생성된 뒤 다음 단계에서 소모되는 반응 중간체이다.

사용할 공식

느린 단계가 단일 단계이므로 전체 반응 속도는 느린 단계의 속도식으로부터 $v = k_1[NO_2]^2$이다. 2차 반응의 반감기는 $t_{1/2} = 1/(k[NO_2]_0)$이다.

이 공식을 쓰는 이유는 속도 결정 단계에 NO_2가 두 분자 반응물로 참여하고, CO는 빠른 단계에만 참여하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 느린 1단계의 반응물 계수로부터 $v = k_1[NO_2]^2$를 얻는다.
2. 따라서 전체 반응은 NO_2에 대하여 2차이고, CO의 농도는 속도식에 들어가지 않는다.
3. 2차 반응의 적분 속도식에서 반감기를 대입하면 $t_{1/2} = 1/(k[NO_2]_0)$가 된다.

진술별 판단

ㄱ. X — 전체 속도식은 $v = k_1[NO_2]^2$이므로 전체 반응 차수는 2차이다. '1차 반응'이라는 표현이 틀렸으며, 올바르게는 'NO_2에 대하여 2차 반응'이다.

ㄴ. O — 2차 반응의 반감기는 $t_{1/2} = 1/(k[NO_2]_0)$이다. 초기 농도가 클수록 반감기가 짧아진다.

ㄷ. O — 실험적으로 관측되는 전체 반응 속도는 느린 1단계가 지배하므로 $k_1[NO_2]^2$와 일치한다.

ㄹ. X — CO는 속도 결정 단계의 반응물이 아니므로 그 양을 2배로 늘려도 전체 반응 속도는 2배가 되지 않는다. '2배 빨라진다'가 틀렸으며, 올바르게는 '속도는 CO 농도에 의존하지 않는다'이다.

선지 판단

① X — ㄱ이 틀리고 ㄴ만 옳다. '전체 반응은 1차'가 틀린 표현이며, 올바르게는 '전체 반응은 NO_2에 대하여 2차'이다.

② O — ㄴ과 ㄷ이 모두 옳으므로 정답 조합이다.

③ X — ㄱ과 ㄹ이 틀렸다. '1차 반응'은 '2차 반응'으로, 'CO를 2배로 하면 속도가 2배'는 '속도는 CO 농도에 의존하지 않음'으로 고쳐야 한다.

④ X — ㄹ이 틀렸다. 'CO의 양을 2배로 늘리면 속도가 2배'가 아니라, 속도 결정 단계에 CO가 없으므로 CO 농도 변화는 전체 속도를 바꾸지 않는다.

따라서 옳은 것은 ㄴ, ㄷ이므로 2번이다.

오답 포인트

전체 반응식에 CO가 들어 있다는 이유만으로 CO를 속도식에 넣는 것이 함정이다. 여러 단계 반응의 속도식은 전체 반응식이 아니라 속도 결정 단계와 그 단계의 반응물로 판단한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

반응 메커니즘에서는 먼저 가장 느린 단계를 찾고, 그 단계가 단일 단계이면 반응물의 계수를 그대로 농도 지수로 쓴다. 이어 속도식의 지수 합으로 반응 차수를 판단하고, 그 차수에 맞는 반감기 식을 적용한다.

암기 포인트

느린 단일 단계가 속도를 정한다: $2NO_2$이면 $v \propto [NO_2]^2$, 2차 반응이면 $t_{1/2} \propto 1/[NO_2]_0$이다.

문 16. 두 금속 착물 $[CoF_6]^{3-}$와 $[Co(CN)_6]^{3-}$에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 두 금속 착물에 포함된 Co의 산화수는 서로 다르다.
ㄴ. 홀전자 수는 $[CoF_6]^{3-}$ 착물이 $[Co(CN)_6]^{3-}$ 착물보다 많다.
ㄷ. $[Co(CN)_6]^{3-}$ 착물은 반자기성이다.
ㄹ. $[CoF_6]^{3-}$ 착물의 e_g 오비탈은 비어 있다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 Co(III) d^6 착물에서 약한 장 리간드 F^-와 강한 장 리간드 CN^-가 만드는 고스핀·저스핀 전자배치의 차이를 묻는다.

핵심 개념

두 착물에서 리간드 전하의 합은 모두 -6이고 착물 전체 전하는 -3이므로 Co의 산화수는 모두 +3이다. 따라서 두 착물은 모두 Co(III), 즉 d^6이다. $[CoF_6]^{3-}$는 F^-가 약한 장 리간드이므로 고스핀 $t_{2g}^4e_g^2$가 되어 홀전자 4개를 가진다. $[Co(CN)_6]^{3-}$는 CN^-가 강한 장 리간드이므로 저스핀 $t_{2g}^6e_g^0$가 되어 홀전자가 없고 반자기성이다.
ㄱ X: '산화수는 서로 다르다'가 틀린 표현이다. Co의 산화수는 둘 다 +3이다.
ㄴ O: $[CoF_6]^{3-}$의 홀전자 수는 4개이고 $[Co(CN)_6]^{3-}$의 홀전자 수는 0개이다.
ㄷ O: $[Co(CN)_6]^{3-}$는 모든 전자가 짝지어져 반자기성이다.
ㄹ X: 'e_g 오비탈은 비어 있다'가 틀린 표현이다. $[CoF_6]^{3-}$는 고스핀 d^6이므로 e_g 오비탈에 전자 2개가 들어 있다.

NoteBase

선지별 해설

① X: ㄱ, ㄴ의 조합이다. ㄴ은 옳지만 ㄱ의 '산화수는 서로 다르다'가 틀렸다. 두 착물의 Co 산화수는 모두 +3이다.
② X: ㄱ, ㄹ의 조합이다. ㄱ은 두 Co의 산화수가 모두 +3이므로 틀리고, ㄹ도 $[CoF_6]^{3-}$의 e_g 오비탈에 전자 2개가 있으므로 틀리다.
③ O: ㄴ, ㄷ의 조합이다. $[CoF_6]^{3-}$는 고스핀이라 홀전자가 더 많고, $[Co(CN)_6]^{3-}$는 저스핀이라 홀전자가 없어 반자기성이다.
④ X: ㄷ, ㄹ의 조합이다. ㄷ은 옳지만 ㄹ의 'e_g 오비탈은 비어 있다'는 틀렸다. 비어 있는 것은 저스핀 $[Co(CN)_6]^{3-}$의 e_g 오비탈이다.

오답 포인트

두 착물의 리간드는 다르지만 F^-와 CN^-의 전하가 모두 -1이므로 Co의 산화수는 달라지지 않는다. 또한 고스핀 착물은 전자쌍 형성보다 e_g 오비탈 점유가 먼저 일어나므로 ㄹ처럼 e_g가 비어 있다고 판단하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 리간드 전하와 착물 전하로 금속의 산화수와 d 전자 수를 구한다. 이어서 리간드가 약한 장이면 고스핀, 강한 장이면 저스핀으로 전자배치를 정한 뒤 홀전자 수와 e_g 점유 여부를 판단한다.

암기 포인트

F^-: 약한 장·고스핀·홀전자 많음 / CN^-: 강한 장·저스핀·홀전자 없음이다.

NoteBase

문 17. 동일한 원자로 이루어진 금속의 결정 구조와 조밀쌓임 구조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 육방 조밀쌓임 구조에서 쌓임 방식은 -a-b-a-b-이다.

② 원자의 배위수는 입방 조밀쌓임 구조와 면심 입방 구조에서 같다.

③ 쌓임 효율은 면심 입방 구조가 원시 입방 구조보다 높다.

④ 단위 세포당 원자의 개수는 체심 입방 구조가 입방 조밀쌓임 구조보다 많다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 동일한 원자로 이루어진 육방 조밀쌓임 구조와 면심 입방 구조의 쌓임 방식, 배위수, 쌓임 효율, 단위 세포당 원자 수를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

육방 조밀쌓임 구조는 조밀한 원자층이 ABAB 방식으로 반복되는 구조이다. 면심 입방 구조는 입방체의 꼭짓점과 면의 중심에 원자가 놓인 조밀쌓임 구조이다. 두 구조는 모두 한 원자가 이웃 원자 12개와 접하고 쌓임 효율은 74%이다. 원시 입방 구조의 쌓임 효율은 약 52%이고, 체심 입방 구조와 입방 조밀쌓임 구조의 단위 세포당 원자 수는 각각 2개와 4개이다.

선지별 해설

① O. 육방 조밀쌓임 구조의 조밀한 원자층은 A층과 B층이 번갈아 반복되므로 쌓임 방식은 -a-b-a-b-이다.
② O. 육방 조밀쌓임 구조와 면심 입방 구조는 모두 조밀쌓임 구조이므로 한 원자 주위의 최근접 원자 수, 즉 배위수는 12로 같다.
③ O. 면심 입방 구조의 쌓임 효율은 74%이고 원시 입방 구조의 쌓임 효율은 약 52%이므로, 면심 입방 구조의 쌓임 효율이 더 높다.
④ X. 틀린 표현은 '체심 입방 구조가 입방 조밀쌓임 구조보다 많다'이다. 실제로 단위 세포당 원자 수는 체심 입방 구조가 2개, 입방 조밀쌓임 구조가 4개이므로 입방 조밀쌓임 구조가 더 많다.

오답 포인트

④는 체심 입방 구조와 입방 조밀쌓임 구조의 단위 세포당 원자 수를 뒤바꾸기 쉬운 선지이다. 체심 입방 구조는 꼭짓점 원자의 합이 1개이고 중심 원자가 1개여서 총 2개이며, 입방 조밀쌓임 구조는 총 4개이다.

다시 나오면 이렇게 판단

결정 구조 문제에서는 층 쌓임, 배위수, 쌓임 효율, 단위 세포당 원자 수를 각각 분리하여 판단한다. 특히 체심 입방 구조는 2개, 입방 조밀쌓임 구조는 4개라는 원자 수를 적용하면 ④를 판별할 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

체심 입방 구조는 2개, 입방 조밀쌓임 구조는 4개이다. 조밀쌓임 구조의 배위수는 12이고 쌓임 효율은 74%이다.

NoteBase

문 18. 다음 작용기가 포함된 방향족 화합물의 친전자성 치환 반응에서 반응의 지향성이 나머지와 다른 것은?

① $-NO_2$

② $-Br$

③ $-NH_2$

④ $-CH_3$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 방향족 화합물의 친전자성 치환 반응에서 치환기의 지향성, 즉 다음 치환기가 어느 위치에 주로 도입되는지를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

오르토·파라 지향기는 친전자체가 기존 치환기의 오르토 또는 파라 위치로 치환되도록 하는 작용기이다. $-NH_2$와 $-CH_3$는 전자 주개 성질로 오르토·파라 지향성을 보이고, -Br도 반응성은 낮추지만 비공유 전자쌍의 공명 효과 때문에 오르토·파라 지향기이다.
메타 지향기는 친전자체가 메타 위치로 치환되도록 하는 작용기이다. $-NO_2$는 강한 전자 끌개 성질로 메타 지향성을 보인다.
따라서 $-NO_2$는 메타 지향기, -Br·$-NH_2$·$-CH_3$는 오르토·파라 지향기라는 대비가 핵심이다.

선지별 해설

① X: $-NO_2$는 강한 전자 끌개 작용기로 메타 지향성을 보인다. 나머지 세 작용기의 오르토·파라 지향성과 다르므로 정답이다.
② O: -Br은 유도 효과로 반응성을 낮추는 비활성화기이지만, 비공유 전자쌍의 공명 효과 때문에 오르토·파라 지향성을 보인다.
③ O: $-NH_2$는 비공유 전자쌍을 고리로 주는 전자 주개 작용기이므로 오르토·파라 지향성을 보인다.
④ O: $-CH_3$는 전자를 밀어 주는 성질을 가져 오르토·파라 지향성을 보인다.

오답 포인트

②의 -Br은 반응을 비활성화한다는 점 때문에 메타 지향기로 오해하기 쉽다. 반응성의 증감과 지향성은 별개의 판단 기준이다. -Br은 비활성화기이면서 오르토·파라 지향기이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

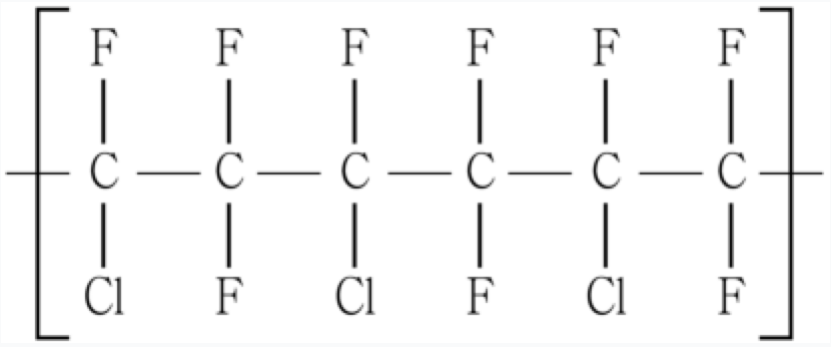
먼저 작용기가 전자 주개인지 전자 끌개인지를 보고 지향성을 판단한다. $-NH_2$, $-CH_3$와 할로젠은 오르토·파라 지향기로, $-NO_2$와 같은 강한 전자 끌개 작용기는 메타 지향기로 분류한다. 단, 할로젠은 지향성은 오르토·파라이지만 반응성은 낮춘다는 점을 따로 구분한다.

암기 포인트

니트로기($-NO_2$)는 메타, 아미노기·메틸기·할로젠은 오르토·파라이다. 할로젠은 비활성화·오르토파라 지향기이다.

NoteBase

문 19. 다음 중합체를 합성할 수 있는 단위체의 구조는?



① $CF_2Cl - CF_3$

② $CFCl = CFCl$

③ $CCl_2 = CF_2$

④ $CFCl = CF_2$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 제시된 중합체에서 반복되는 탄소 두 개의 치환기 배열을 읽고, 첨가 중합 전 단위체의 이중결합 양쪽 탄소와 대응시키는 문제이다. 그림의 반복 단위는 –CFCl–CF_2–이다.

선지별 해설

① X: CF_2Cl–CF_3에는 탄소-탄소 이중결합이 없다. 첨가 중합 단위체는 보통 C=C 결합이 열리면서 사슬을 만들며, 이 구조를 만드는 단위체는 $CFCl=CF_2$이다.

② X: CFCl=CFCl이 중합하면 모든 사슬 탄소가 F와 Cl을 하나씩 가진 –CFCl–CFCl– 구조가 된다. 그림처럼 CFCl 탄소와 CF_2 탄소가 교대하지 않는다. 올바르게는 $CFCl=CF_2$이다.

③ X: $CCl_2=CF_2$가 중합하면 –CCl_2–CF_2– 구조가 된다. 그림의 한 탄소에는 Cl이 두 개가 아니라 F와 Cl이 하나씩 붙어 있다. 올바르게는 $CFCl=CF_2$이다.

④ O: $CFCl=CF_2$의 C=C 결합이 열리면 한 탄소는 F와 Cl을, 다른 탄소는 F 두 개를 그대로 가지므로 –CFCl–CF_2– 반복구조가 만들어진다.

오답 포인트

③처럼 Cl의 전체 개수만 보고 판단하면 틀리기 쉽다. 중합체에서는 이중결합의 양쪽 탄소에 붙어 있던 치환기가 각각 어느 사슬 탄소에 남는지를 확인해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

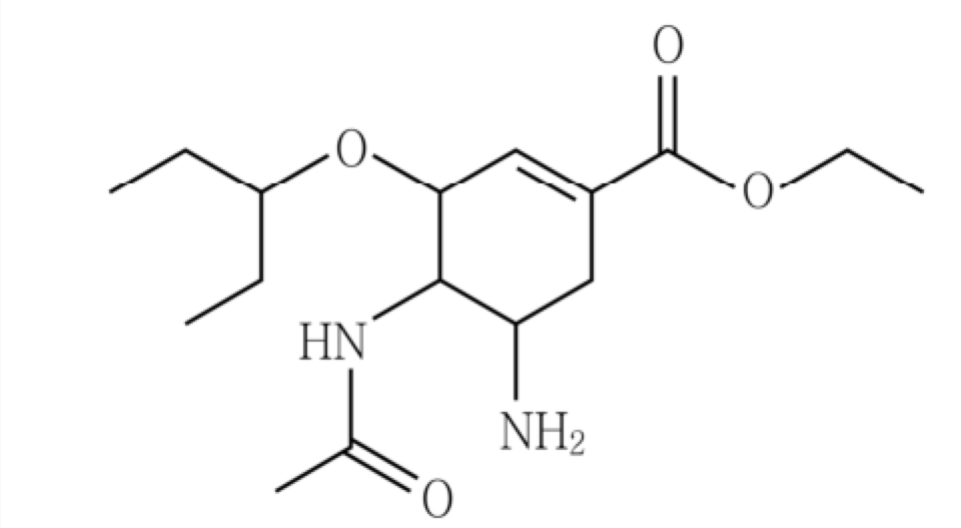
반복구조에서 이웃한 탄소 두 개를 한 쌍으로 잡고 각 탄소의 치환기를 적는다. 그 두 탄소 사이를 C=C로 바꾸되 F, Cl 등의 치환기는 각 탄소에 그대로 둔 식이 첨가 중합 단위체이다.

암기 포인트

첨가 중합은 C=C만 열리고 치환기는 이동하지 않는다: –CFCl–CF_2– ↔ CFCl=CF_2이다.

NoteBase

문 20. 다음 유기 화합물이 가질 수 있는 입체이성질체의 최대 개수는?



① 2

② 4

③ 8

④ 16

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 비대칭 탄소를 찾아 가능한 입체이성질체의 최대 개수를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

비대칭 탄소는 네 가지 서로 다른 치환기에 결합한 탄소이며, 이러한 중심이 서로 독립적으로 3개이면 가능한 광학이성질체 조합은 $2^3 = 8$개이다.
이 구조에서는 고리의 왼쪽 위 탄소, 왼쪽 아래의 아세트아미드 결합 탄소, 아래쪽의 아미노기 결합 탄소가 각각 서로 다른 네 치환기에 결합하므로 비대칭 탄소가 3개이다.
고리 안의 이중결합은 작은 고리에서 독립적인 cis/trans 두 경우를 추가로 만들지 못하므로, 여기서는 비대칭 탄소 3개만으로 센다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 비대칭 탄소가 1개라면 최대 2개이지만, 이 구조에는 비대칭 탄소가 3개 있다. 틀린 표현은 ‘2개’이며, 올바르게는 최대 8개이다.
② X — 비대칭 탄소가 2개이면 최대 4개가 될 수 있으나, 실제로는 3개이다. 틀린 표현은 ‘4개’이며, 올바르게는 최대 8개이다.
③ O — 독립적인 비대칭 탄소 3개에 대해 각 중심이 두 배열을 가지므로 최대 개수는 $2 \times 2 \times 2 = 8$개이다.
④ X — 16개가 되려면 독립적인 입체요소가 4개 필요하다. 이 구조에서 세는 독립적인 비대칭 탄소는 3개이므로 틀린 표현은 ‘16개’이며, 올바르게는 최대 8개이다.

오답 포인트

고리 구조에서는 고리의 양방향 결합 경로가 같은지 확인하지 않아 비대칭 탄소를 빼먹기 쉽다. 각 후보 탄소에서 수소, 치환기, 그리고 고리의 두 진행 방향이 모두 다른지를 확인한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 sp3 탄소마다 네 치환기가 서로 다른지 확인하여 비대칭 탄소 수를 센다. 그 뒤 서로 대칭인 구조가 없어 각 중심이 독립적이면 2^n을 적용한다. 고리 내 이중결합은 별도의 cis/trans 이성질체가 실제로 가능한지도 고리 크기와 함께 판단한다.

암기 포인트

독립적인 비대칭 탄소가 n개이면 최대 입체이성질체 수는 2^n개이다. 이 구조는 3개이므로 8개이다.

NoteBase