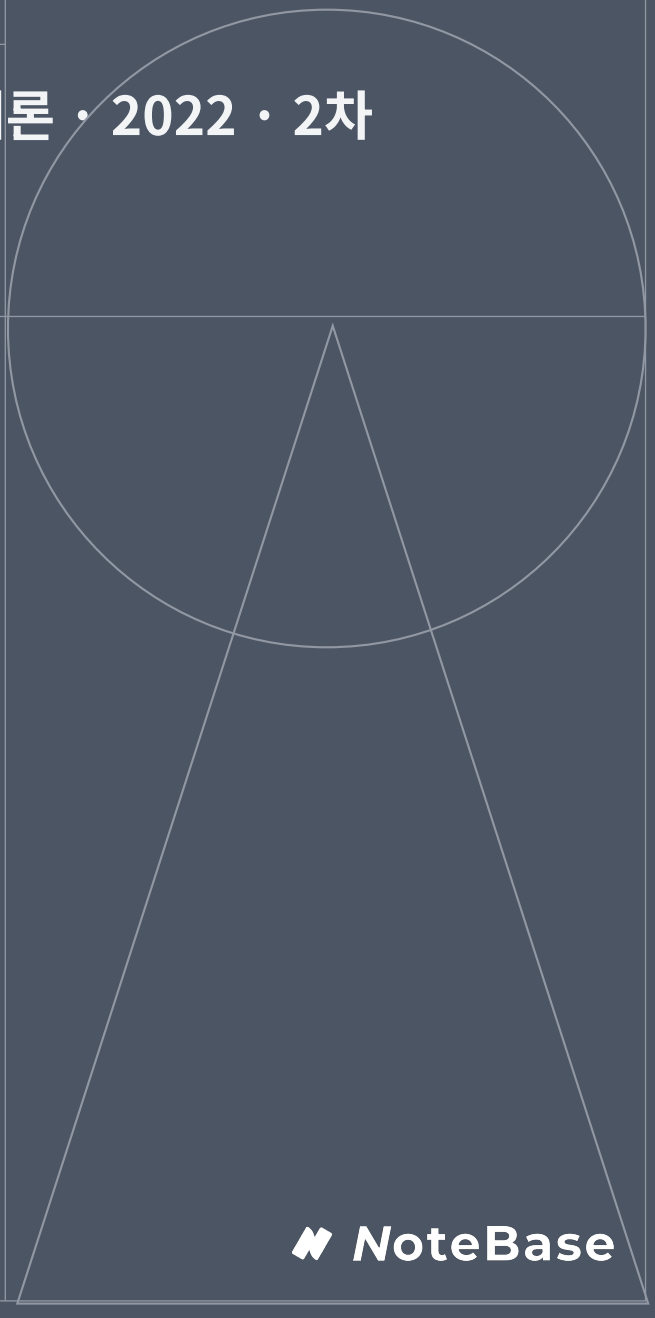
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2022 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2022 · 2차

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2022 · 2차

문 1. 전자수가 가장 많은 이온은?

① N^{3-}

② CO_3^{2-}

③ NH_4^+

④ Na^+

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이온의 전체 전자수를 원자번호의 합과 전하로 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

이온의 전체 전자수는 구성 원자들의 원자번호를 모두 더한 뒤, 음전하는 그 수만큼 더하고 양전하는 그 수만큼 뺀 값이다.
단원자이온도 다원자이온도 같은 방식으로 계산하며, 최외각전자 수나 전하의 크기만으로 판단하지 않는다.

선지별 해설

① X: N^{3-}의 전자수는 질소의 원자번호 7에 전자 3개를 더한 10개이다. 틀린 표현은 "가장 많은"이다.
올바르게는 "N^{3-}의 전자수는 10개이다."이다.
② O: CO_3^{2-}의 전자수는 탄소 6개가 아니라 탄소 원자번호 6과 산소 3개의 원자번호 24를 더한 30에 음전하 2개를 더해 32개이다. 네 선지 중 전자수가 가장 많으므로 옳다.
③ X: NH_4^+의 전자수는 질소 7과 수소 4의 합 11에서 양전하 1개를 빼 10개이다. 틀린 표현은 "가장 많은"이다.
올바르게는 "NH_4^+의 전자수는 10개이다."이다.
④ X: Na^+의 전자수는 나트륨의 원자번호 11에서 양전하 1개를 뺀 10개이다. 틀린 표현은 "가장 많은"이다.
올바르게는 "Na^+의 전자수는 10개이다."이다.

오답 포인트

음전하가 가장 큰 N^{3-}를 고르기 쉽지만, 이 문제는 전하의 크기가 아니라 이온 전체의 전자수를 비교하는 문제이다. N^{3-}, NH_4^+, Na^+는 모두 10전자라는 점을 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

각 이온마다 구성 원자의 원자번호를 먼저 모두 더하고, 음전하는 더하고 양전하는 빼서 전체 전자수를 계산하면 된다. 다원자이온은 원자 수를 빠뜨리지 않는지가 판단 기준이 된다.

암기 포인트

전체 전자수는 원자번호 합에 전하를 부호대로 보정한 값이며, 이 문항에서는 10전자 셋과 32전자 하나를 구분하면 된다.

NoteBase

문 2. 공유 결합 성질이 가장 큰 산화물은?

① SiO_2

② P_4O_{10}

③ SO_3

④ Cl_2O_7

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 산화물에서 중심 원소와 산소의 전기음성도 차이가 작을수록 공유 결합 성질이 커진다는 비교 기준을 묻는다.

핵심 개념

공유 결합 성질은 결합하는 두 원자의 전기음성도 차이가 작을수록 커진다. Si-O, P-O, S-O, Cl-O를 비교하면 같은 산소와 결합할 때 중심 원소가 염소에 가까울수록 전기음성도 차이가 가장 작아져 공유성이 가장 커진다.

선지별 해설

1번 X: SiO2는 공유 결합성 산화물이지만 Si와 O의 전기음성도 차이가 약 1.54로 가장 큰 편이어서 네 선택지 중 공유 결합 성질이 가장 크지 않다. 틀린 표현은 '가장 큰'이다. 올바르게는 'SiO2보다 Cl2O7의 공유 결합 성질이 더 크다'이다.
2번 X: P4O10도 분자성 공유 화합물이지만 P와 O의 전기음성도 차이는 약 1.25이어서 Cl-O보다 크다. 틀린 표현은 '가장 큰'이다. 올바르게는 'P4O10보다 Cl2O7의 공유 결합 성질이 더 크다'이다.
3번 X: SO3는 S-O 결합의 전기음성도 차이가 약 0.86으로 앞의 두 물질보다 공유성이 크지만 Cl-O 차이 약 0.28보다는 크다. 따라서 최댓값은 아니다. 틀린 표현은 '가장 큰'이다. 올바르게는 'SO3보다 Cl2O7의 공유 결합 성질이 더 크다'이다.
4번 O: Cl2O7은 Cl과 O의 전기음성도 차이가 네 선택지 중 가장 작아서 공유 결합 성질이 가장 크다. 따라서 정답이다.

오답 포인트

SiO2처럼 잘 알려진 공유 결합 물질이라는 사실만 보고 고르면 틀린다. 이 문제는 '공유 화합물이냐 아니냐'가 아니라 '누가 가장 더 공유적인가'를 전기음성도 차이의 크기로 서열화하는 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 종류의 산화물을 비교할 때는 각 원소와 산소의 전기음성도 차이를 먼저 본다. 그 차이가 가장 작은 결합을 가진 산화물이 공유 결합 성질이 가장 크다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

전기음성도 차이가 작을수록 공유성은 커지고, 이 문항에서는 Cl-O가 가장 작아서 Cl_2O_7이 최댓값이다.

NoteBase

문 3. 밑줄 친 원자의 오비탈 혼성화 유형이 같은 분자끼리 바르게 짝 지은 것은? (단, 모든 분자는 바닥 상태에 있다)

① C_2H_4 – NH_3

② NH_3 – BF_3

③ BF_3 – H_2O

④ C_2H_4 – BF_3

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 밑줄 친 원자 주변의 전자영역 수를 보고 혼성화가 sp^2인지 sp^3인지 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

혼성화는 중심 원자 주변의 전자영역 수로 판단한다. C_2H_4의 이중결합 탄소는 $C=C$ 1개와 $C-H$ 2개로 전자영역 3개이므로 sp^2 혼성화이다. NH_3의 질소는 결합 3개와 고립전자쌍 1개로 전자영역 4개이므로 sp^3 혼성화이다. BF_3의 붕소는 결합 3개로 전자영역 3개이므로 sp^2 혼성화이다. H_2O의 산소는 결합 2개와 고립전자쌍 2개로 전자영역 4개이므로 sp^3 혼성화이다.

선지별 해설

1번: X. C_2H_4의 탄소는 sp^2, NH_3의 질소는 sp^3이므로 혼성화 유형이 같지 않다. 틀린 표현은 '같은'이다. 올바르게는 '서로 다른 혼성화 유형'이다.
2번: X. NH_3의 질소는 고립전자쌍 1개 때문에 sp^3이고, BF_3의 붕소는 평면삼각형 구조의 sp^2이다. 틀린 표현은 '같은'이다. 올바르게는 '서로 다른 혼성화 유형'이다.
3번: X. BF_3의 붕소는 sp^2이지만 H_2O의 산소는 고립전자쌍 2개를 가져 sp^3이다. 틀린 표현은 '같은'이다. 올바르게는 '서로 다른 혼성화 유형'이다.
4번: O. C_2H_4의 탄소와 BF_3의 붕소는 모두 전자영역이 3개이므로 둘 다 sp^2 혼성화이다.

오답 포인트

NH_3와 BF_3는 모두 결합 원자가 3개라서 같아 보이지만, 혼성화는 결합 원자 수만이 아니라 고립전자쌍까지 포함한 전자영역 수로 판단한다. 또한 이중결합은 전자영역을 2개가 아니라 1개로 센다는 점을 놓치면 C_2H_4를 잘못 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

밑줄 친 원자에 대해 시그마 결합 수와 고립전자쌍 수를 먼저 센 뒤 전자영역 수를 구하면 된다. 전자영역이 3개이면 sp^2, 4개이면 sp^3로 판단하면 대부분의 기본 혼성화 문제를 정리할 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

전자영역 3개는 sp^2, 전자영역 4개는 sp^3이다. C_2H_4와 BF_3는 sp^2, NH_3와 H_2O는 sp^3이다.

문 4. 이온 결합 화합물의 격자 에너지가 작은 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

① MgO, Na_2O, BeO

② Na_2O, MgO, BeO

③ MgO, BeO, Na_2O

④ Na_2O, BeO, MgO

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이온 결합 화합물의 격자 에너지가 이온의 전하량이 클수록, 이온 사이 거리가 짧을수록 커진다는 점을 이용해 Na2O, MgO, BeO의 상대적 크기를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

격자 에너지는 기체 상태 이온들이 결정 격자를 만들 때의 인력 크기를 반영하는 값이다.
전하 곱이 클수록 격자 에너지가 커지고, 같은 전하 조건에서는 이온 반지름이 작아 이온 간 거리가 짧을수록 격자 에너지가 커진다.
따라서 Na2O는 Na^{+}와 O^{2-}의 조합으로 전하 곱이 작아 가장 작고, MgO와 BeO는 모두 M^{2+}와 O^{2-} 조합이지만 Be^{2+}가 Mg^{2+}보다 더 작아 BeO의 격자 에너지가 더 크다.

NoteBase

선지별 해설

① X
MgO를 Na2O보다 먼저 둔 순서가 틀리다.
실제로는 Na^{+}를 가지는 Na2O가 Mg^{2+}를 가지는 MgO보다 격자 에너지가 더 작으므로 Na2O가 먼저 와야 한다.

② O
Na2O, MgO, BeO 순서는 전하량과 이온 반지름을 함께 고려한 올바른 배열이다.
Na2O가 가장 작고, MgO와 BeO 중에서는 더 작은 Be^{2+}를 갖는 BeO의 격자 에너지가 더 크다.

③ X
MgO를 BeO보다 먼저 둔 점은 맞지만, Na2O를 맨 뒤에 둔 순서가 틀리다.
실제로는 Na2O가 가장 작으므로 올바른 순서는 Na2O, MgO, BeO이다.

④ X
Na2O를 맨 앞에 둔 점은 맞지만, BeO와 MgO의 순서가 뒤바뀐 점이 틀리다.
실제로는 Be^{2+}가 Mg^{2+}보다 작아 BeO의 격자 에너지가 더 크므로 MgO가 BeO보다 먼저 와야 한다.

오답 포인트

전하량만 보고 MgO와 BeO를 같은 수준으로 보거나, 반지름만 보고 전체 순서를 섞어 버리기 쉽다. 이 문항은 먼저 Na2O를 전하 곱 차이로 가장 작다고 정한 뒤, MgO와 BeO는 같은 전하 조건에서 양이온 크기로 비교해야 풀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

격자 에너지 비교는 먼저 전하 곱을 본다. 전하 곱이 큰 화합물이 더 크다. 전하 곱이 같으면 더 작은 이온을 가진 화합물이 더 크다고 판단한다.

암기 포인트

격자 에너지는 전하 크기 ↑, 이온 거리 ↓이면 커진다. 이 문항에서는 Na2O < MgO < BeO이다.

NoteBase

문 5. $1.0 \times 10^{6}\mathrm{ms}^{-1}$로 운동하는 전자의 드브로이 파장은 7.30Å이다. 양성자의 질량이 전자의 2,000배라고 할 때, 전자와 같은 속력으로 운동하는 양성자의 드브로이 파장은? (단, Å은 $10^{-10}\mathrm{m}$이다)

① 0.365pm

② 3.65pm

③ $0.146\mu\mathrm{m}$

④ $1.46\mu\mathrm{m}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 드브로이 파장식 $\lambda = \frac{h}{mv}$에서 같은 속력일 때 파장이 질량에 반비례한다는 점을 이용해 양성자의 파장을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 전자의 드브로이 파장 7.30Å, 전자와 양성자의 속력은 같음
- 비교 조건: 양성자의 질량은 전자의 2,000배임
- 구해야 할 값: 같은 속력으로 운동하는 양성자의 드브로이 파장
- 주의할 조건: $\text{Å} = 10^{-10}\mathrm{m}$, $1\mathrm{pm} = 10^{-12}\mathrm{m}$이다.

사용할 공식

$\lambda = \frac{h}{mv}$

같은 입자계에서 속력 v가 같으면 h와 v는 일정하므로 파장 λ는 질량 m에 반비례한다. 따라서 질량이 2,000배가 되면 파장은 $\frac{1}{2000}$배가 된다.

계산 과정

1. 전자의 파장을 그대로 비례식에 넣으면 $\lambda_p = \frac{\lambda_e}{2000}$이다.
2. $\lambda_p = \frac{7.30\text{Å}}{2000} = 0.00365\text{Å}$이다.
3. 단위를 바꾸면 $0.00365\text{Å} = 0.00365 \times 10^{-10}\mathrm{m} = 3.65 \times 10^{-13}\mathrm{m}$이다.
4. 다시 pm로 바꾸면 $3.65 \times 10^{-13}\mathrm{m} = 0.365\mathrm{pm}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 0.365pm이므로 옳다.

② X
- 3.65 pm는 정답보다 10배 크다. 질량 2,000배를 200배로 잘못 나누거나 Å에서 pm로 바꾸는 과정에서 자릿수를 하나 덜 줄인 값이다.
- 틀린 값 3.65 pm → 올바르게는 0.365pm이다.

③ X
- 0.146μm는 1.46×10^{-7}m로, 계산된 3.65×10^{-13}m보다 매우 크다. 질량이 커지면 파장은 작아져야 하는데 오히려 지나치게 큰 값을 제시하므로 틀리다.
- 틀린 값 0.146 μm → 올바르게는 0.365pm이다.

④ X
- 1.46μm도 질량 증가에 따라 파장이 감소한다는 반비례 관계와 맞지 않는다. 원래 파장을 나누지 않고 잘못 확대하거나 단위를 거꾸로 바꾼 값에 가깝다.
- 틀린 값 1.46 μm → 올바르게는 0.365pm이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 질량이 2,000배이면 파장도 2,000배라고 착각하거나, Å → pm 단위 변환에서 소수점 자리를 잘못 옮기는 데 있다. 선택지 ②는 자릿수 실수를 노린 대표 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 드브로이 파장 문제는 먼저 $\lambda = \frac{h}{mv}$를 쓰고, 같은 속력인지부터 확인한 뒤 질량과 파장의 반비례 관계를 적용한다. 그다음 비례 계산을 끝내고 마지막에만 단위를 한 번에 검산하면 된다.

암기 포인트

드브로이 파장은 $\lambda \propto \frac{1}{m}$이며, 같은 속력에서는 무거울수록 파장이 짧다.

NoteBase

문 6. 원자와 이온의 크기가 작은 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

① Na, Mg, Al

② S, Cl, S^{2-}

③ Sr, Ca, K

④ Fe^{3+}, Fe, Ca

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 주기에서 오른쪽으로 갈수록 원자 반지름이 작아지고, 양이온은 원자보다 작고 음이온은 원자보다 커진다는 원자·이온의 크기 경향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

원자 크기는 같은 주기에서는 유효 핵전하가 커질수록 작아지고, 같은 족에서는 전자껍질 수가 늘수록 커진다.
양이온은 전자를 잃어 전자 사이 반발이 줄고 핵의 끌어당김이 상대적으로 커져 원자보다 작다.
음이온은 전자를 얻어 전자 사이 반발이 커지므로 원자보다 크다.

선지별 해설

① X: Na, Mg, Al은 같은 3주기 원소이므로 오른쪽으로 갈수록 크기가 작아진다. 따라서 작은 것부터 쓰면 Al < Mg < Na이다. 틀린 표현은 "Na, Mg, Al"이고, 올바르게는 "Al, Mg, Na"이다.
② X: S와 Cl은 같은 3주기이므로 Cl이 S보다 더 작다. 또 S2-는 전자를 2개 더 받아 S 원자보다 더 크다. 따라서 작은 것부터 쓰면 Cl < S < S2-이다. 틀린 표현은 "S, Cl, S2-"이고, 올바르게는 "Cl, S, S2-"이다.
③ X: Ca와 Sr은 같은 2족이므로 아래로 갈수록 커져 Sr > Ca이다. K와 Ca는 같은 4주기에서 K가 더 왼쪽이므로 K > Ca이다. 이를 종합하면 작은 것부터는 Ca < Sr < K로 본다. 틀린 표현은 "Sr, Ca, K"이고, 올바르게는 "Ca, Sr, K"이다.
④ O: Fe3+는 Fe 원자보다 전자가 적은 양이온이므로 더 작다. 또 Ca와 Fe는 같은 4주기에서 Fe가 더 오른쪽에 있어 Fe가 더 작다. 따라서 Fe3+ < Fe < Ca의 순서가 맞다.

오답 포인트

같은 주기의 크기 감소 경향과 이온화에 따른 크기 변화를 따로 외우면 선지가 섞일 때 흔들리기 쉽다. 특히 ②는 같은 원자 S와 S2-를 비교하지 않으면 놓치기 쉽고, ③은 같은 족 비교와 같은 주기 비교를 함께 해야 한다는 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

크기 비교는 먼저 같은 원소의 이온 여부를 확인해 양이온 < 원자 < 음이온을 잡고, 그다음 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 작아지고 같은 족에서는 아래로 갈수록 커진다는 두 축으로 배열하면 된다.

암기 포인트

같은 주기에서는 오른쪽이 작고, 같은 원소에서는 양이온이 작고 음이온이 크다.

NoteBase

문 7. 원자의 최외각 전자가 느끼는 유효 핵전하에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 유효 핵전하는 원자 번호에서 핵심부 전자의 수를 뺀 값으로 정의한다.

② 최외각 껍질에서 p 전자는 s 전자보다 핵 인력을 더 강하게 느낀다.

③ 3주기 주족 원소는 주기율표에서 오른쪽으로 갈수록 유효 핵전하가 감소한다.

④ 알칼리 금속은 원자 번호가 증가할수록 유효 핵전하가 증가한다.

정답 4번

출제 포인트

유효 핵전하의 뜻과 오비탈별 침투효과, 주기와 족에서의 유효 핵전하 경향을 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

유효 핵전하는 최외각 전자가 실제로 느끼는 순핵 인력이다.
유효 핵전하는 원자번호 자체가 아니라 차폐효과까지 반영한 값이며 보통 $Z_{\text{eff}} = Z - S$로 이해한다.
s 전자는 핵 가까이 더 잘 침투하므로 같은 껍질의 p 전자보다 더 큰 유효 핵전하를 느낀다.
같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 유효 핵전하가 커지고, 같은 족에서는 아래로 갈수록 보통 조금씩 커지거나 거의 비슷하게 유지된다.

선지별 해설

① X: 유효 핵전하를 단순히 원자번호에서 핵심부 전자 수만 뺀 값으로 정의할 수는 없다. 틀린 표현은 '핵심부 전자의 수를 뺀 값으로 정의한다'이다. 실제로는 다른 전자들의 차폐효과 전체를 반영한 차폐상수 S를 고려해야 한다.
② X: 같은 최외각 껍질에서는 s 전자가 p 전자보다 핵 쪽으로 더 잘 침투하므로 더 큰 핵 인력을 느낀다. 틀린 표현은 'p 전자는 s 전자보다 핵 인력을 더 강하게 느낀다'이다. 올바르게는 's 전자는 p 전자보다 핵 인력을 더 강하게 느낀다'이다.
③ X: 3주기 원소는 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 양성자 수는 늘고 차폐 증가는 상대적으로 작아 유효 핵전하가 증가한다. 틀린 표현은 '유효 핵전하가 감소한다'이다. 올바르게는 '유효 핵전하가 증가한다'이다.
④ O: 알칼리 금속은 아래로 갈수록 전자껍질과 차폐가 함께 커지지만 핵전하 증가가 이를 완전히 상쇄하지는 못하므로 최외각 전자가 느끼는 유효 핵전하는 대체로 증가한다.

오답 포인트

①은 유효 핵전하를 '핵심부 전자 수만 빼는 값'으로 단순화한 함정이다. ②는 s와 p의 침투효과 순서를 뒤집은 함정이고, ③은 주기 경향을 족 경향과 혼동하게 만드는 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

유효 핵전하 문제는 먼저 '차폐를 뺀 실제 핵 인력'이라는 정의를 떠올린다. 그다음 같은 껍질에서는 s가 p보다 더 크게 느낀다는 점, 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 커진다는 점, 같은 족에서는 아래로 갈수록 대체로 커진다는 점을 기준으로 선지를 판별한다.

암기 포인트

유효 핵전하는 차폐를 뺀 실제 핵 인력, 침투효과는 s > p, 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 증가이다.

NoteBase

문 8. 부테인(C_4H_{10})이 완전 연소하여 이산화 탄소와 물을 생성한다. 부테인의 반응 속도가 $0.2\text{mol}\text{L}^{-1}\text{s}^{-1}$일 때, 산소의 반응 속도 $[\text{mol}\text{L}^{-1}\text{s}^{-1}]$는?

① $\frac{4}{130}$
② $\frac{1}{5}$
③ $\frac{13}{10}$
④ 2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반응식의 계수비를 이용하여 반응물 사이의 소모 속도 비를 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 뷰테인의 반응 속도는 $0.2molL^{-1}s^{-1}$이다.
구해야 할 값: 산소의 반응 속도이다.
주의할 조건: 완전 연소 반응식의 계수비를 먼저 맞추고, 문제에서는 소모 속도의 크기를 묻고 있으므로 양수로 계산한다.

사용할 공식

완전 연소 반응식은 $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$이다.
따라서 소모 속도 비는 $-\frac{1}{2}\frac{d[C_4H_{10}]}{dt} : -\frac{1}{13}\frac{d[O_2]}{dt} = 1 : 1$이고, 종별 소모 속도는 $-\frac{d[O_2]}{dt} = \frac{13}{2}\left(-\frac{d[C_4H_{10}]}{dt}\right)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 같은 반응에서 각 물질의 소모량이 반응식의 화학양론 계수비를 그대로 따르기 때문이다.

계산 과정

1. 뷰테인의 완전 연소 반응식을 계수까지 맞추면 $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$이다.
2. 뷰테인 2몰이 소모될 때 산소 13몰이 소모되므로, 산소의 소모 속도는 뷰테인 소모 속도의 $\frac{13}{2}$배이다.
3. 따라서 산소의 반응 속도는 $\frac{13}{2} \times 0.2 = 1.3molL^{-1}s^{-1}$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $\frac{4}{130}$은 0.0308 정도로 계산 결과 $1.3 mol L^{-1} s^{-1}$와 전혀 맞지 않는다. 계수비 $\frac{13}{2}$를 곱해야 하는데, 숫자를 임의로 뒤섞은 값이다. 올바르게는 $\frac{13}{10}$ 또는 1.3이다.
2번 X: $\frac{1}{5} = 0.2$이므로 뷰테인의 속도를 그대로 적은 값이다. 산소는 뷰테인보다 계수가 훨씬 크므로 같은 속도가 될 수 없다. 올바르게는 뷰테인 속도에 $\frac{13}{2}$를 곱한 $\frac{13}{10}$이다.
3번 O: $\frac{13}{2} \times 0.2 = \frac{13}{2} \times \frac{1}{5} = \frac{13}{10} = 1.3$이므로 계산 결과와 일치한다.
4번 X: 2는 산소 계수만 보고 그대로 고른 값이다. 반응 속도는 계수 자체가 아니라 계수비에 주어진 속도 $0.2 mol L^{-1} s^{-1}$를 곱해 구한다. 올바르게는 $1.3 mol L^{-1} s^{-1}$이다.

오답 포인트

계수 13과 2를 본 뒤 반응 속도에도 그 숫자를 그대로 쓰거나, 주어진 뷰테인 속도 0.2를 변환하지 않고 유지하면 틀린다. 이 문항의 함정은 전체 반응 속도 정의와 종별 소모 속도 비를 섞어서 보는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소 반응 속도 문제는 먼저 반응식을 계수까지 맞춘 뒤, 묻는 물질과 주어진 물질의 계수비를 만들어 소모 속도에 곱하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

같은 반응에서 종별 소모 속도는 반응식 계수비로 연결된다. 뷰테인 완전 연소에서는 산소 소모 속도가 뷰테인 소모 속도의 $\frac{13}{2}$배이다.

NoteBase

문 9. 다음 화학종 중 기하학적 구조가 다른 하나는? (단, 모든 화학종은 바닥 상태에 있다)

① SO_3
② PO_3^{3-}
③ NO_3^-
④ CO_3^{2-}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 중심 원자의 비공유전자쌍 유무에 따라 분자 또는 이온의 기하구조가 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

평면 삼각형은 중심 원자 주위에 결합 전자영역이 3개이고 비공유전자쌍이 없어 세 결합이 한 평면에 120°로 놓이는 구조이다.
삼각뿔형은 중심 원자 주위에 결합 3개와 비공유전자쌍 1개가 있어 전자영역 배열은 정사면체형이지만 분자 모양은 삼각뿔형이 되는 구조이다.
SO_3, NO_3^-, CO_3^{2-}는 중심 원자에 비공유전자쌍이 없는 평면 삼각형이고, PO_3^{3-}는 중심 P에 비공유전자쌍 1개가 있어 삼각뿔형이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

SO_3는 중심 S 주위에 결합 전자영역이 3개이고 비공유전자쌍이 없어 평면 삼각형이다. 따라서 다른 구조를 가진 화학종이 아니다.

틀린 표현은 "기하학적 구조가 다른 하나"에 해당한다는 판단이다. 올바르게는 SO_3는 NO_3^-, CO_3^{2-}와 같은 평면 삼각형이다.

② O

PO_3^{3-}는 중심 P가 O와 세 개 결합하고 비공유전자쌍 1개를 가져 분자 모양이 삼각뿔형이다. 나머지 세 화학종이 평면 삼각형이므로 구조가 다른 하나가 맞다.

③ X

NO_3^-는 중심 N 주위에 세 결합만 있고 공명으로 세 N-O 결합이 동등해 평면 삼각형이다. 따라서 다른 구조를 가진 화학종이 아니다.

틀린 표현은 "기하학적 구조가 다른 하나"에 해당한다는 판단이다. 올바르게는 NO_3^-는 평면 삼각형이다.

④ X

CO_3^{2-}도 중심 C 주위에 세 결합 전자영역이 있고 비공유전자쌍이 없어 평면 삼각형이다. 따라서 다른 구조를 가진 화학종이 아니다.

틀린 표현은 "기하학적 구조가 다른 하나"에 해당한다는 판단이다. 올바르게는 CO_3^{2-}는 평면 삼각형이다.

오답 포인트

SO_3와 PO_3^{3-}를 모두 "산소가 3개 붙은 종"으로만 보면 헷갈리기 쉽다. 실제 판단 기준은 산소 개수가 아니라 중심 원자에 비공유전자쌍이 있는지 여부이다. ②에서만 중심 P에 비공유전자쌍 1개가 남는다는 점이 함정 포인트이다.

다시 나오면 이렇게 판단

루이스 구조를 먼저 그려 중심 원자의 전자영역 수와 비공유전자쌍 수를 센 뒤 VSEPR로 판단하면 된다. 결합 3개에 비공유전자쌍 0개이면 평면 삼각형이고, 결합 3개에 비공유전자쌍 1개이면 삼각뿔형이다.

암기 포인트

결합 3개와 고립전자쌍 0개는 평면 삼각형, 결합 3개와 고립전자쌍 1개는 삼각뿔형이다.

NoteBase

문 10. 홀전자의 수가 가장 많은 착이온은? (단, Cr, Fe, Co는 각각 6, 8, 9족 원소이고, 착이온은 모두 바닥 상태에 있다)

① $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$

② $[Cr(CN)_6]^{4-}$

③ $[Fe(CN)_6]^{3-}$

④ $[CoCl_4]^{2-}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 금속의 산화수와 d 전자 수를 구한 뒤, 리간드장 세기와 배위기하를 반영해 홀전자 수를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 착이온의 금속 이온은 각각 Fe^{2+}, Cr^{2+}, Fe^{3+}, Co^{2+}이다.
이에 대응하는 d 전자 수는 차례로 d^6, d^4, d^5, d^7이다.
H_2O와 Cl^-는 약장 리간드, CN^-는 강장 리간드이며, $[CoCl_4]^{2-}$는 사면체라서 고스핀으로 본다.

사용할 공식

금속 이온의 d 전자 수는 '족 번호 - 산화수'로 판단하고, 그다음 배위기하와 리간드장 세기에 따라 t_{2g}/e_g 또는 e/t_2에 전자를 배치해 홀전자 수를 센다.
이 규칙을 쓰는 이유는 문제의 핵심이 산화수 계산 자체가 아니라 바닥상태 전자배치에서 홀전자 수가 몇 개인지를 비교하는 데 있기 때문이다.

계산 과정

1. ① $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$: Fe^{2+}는 d^6이고 H_2O는 약장 리간드이므로 팔면체 고스핀 $t_{2g}^4e_g^2$가 되어 홀전자 4개이다.
2. ② $[Cr(CN)_6]^{4-}$: Cr^{2+}는 d^4이고 CN^-는 강장 리간드이므로 팔면체 저스핀 t_{2g}^4가 되어 홀전자 2개이다.
3. ③ $[Fe(CN)_6]^{3-}$: Fe^{3+}는 d^5이고 CN^-는 강장 리간드이므로 팔면체 저스핀 t_{2g}^5가 되어 홀전자 1개이다.
4. ④ $[CoCl_4]^{2-}$: Co^{2+}는 d^7이고 사면체 약장 착이온이므로 고스핀 $e^4t_2^3$가 되어 홀전자 3개이다.

따라서 홀전자의 수가 가장 많은 착이온은 ①이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$는 Fe^{2+}의 d^6 고스핀 팔면체 착이온이므로 $t_{2g}^4 e_g^2$ 배치를 가지며 홀전자는 4개이다. 네 선택지 중 가장 많다.
2번: X. $[Cr(CN)_6]^{4-}$는 Cr^{2+}의 d^4 저스핀 팔면체 착이온이라 t_{2g}^4가 되어 홀전자는 2개이다. '가장 많다'는 판단이 틀리며, 올바르게는 홀전자 2개를 가지는 종이다.
3번: X. $[Fe(CN)_6]^{3-}$는 Fe^{3+}의 d^5 저스핀 착이온이라 t_{2g}^5로 채워져 홀전자는 1개이다. '가장 많다'는 판단이 틀리며, 올바르게는 홀전자 1개를 가지는 종이다.
4번: X. $[CoCl_4]^{2-}$는 Co^{2+}의 d^7 사면체 고스핀 착이온이라 $e^4 t_2^3$로 홀전자는 3개이다. '가장 많다'는 판단이 틀리며, 올바르게는 ①보다 1개 적은 3개의 홀전자를 가지는 종이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 CN^- 착이온과 $[CoCl_4]^{2-}$를 크게 보는 경우이다. 그러나 CN^-는 강장 리간드라 저스핀을 만들어 홀전자를 줄이고, $[CoCl_4]^{2-}$는 사면체 고스핀이라도 d^7에서는 홀전자가 3개에 그친다. 반대로 ①은 H_2O가 약장 리간드인 팔면체 d^6이라 홀전자 4개가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

착이온의 홀전자 수를 묻는 문제는 산화수 계산 → d 전자 수 결정 → 배위기하 확인 → 리간드장 세기 판단 → 고스핀·저스핀 전자배치 작성의 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

약장 팔면체 d^6은 홀전자 4개, 강장 팔면체 d^4는 2개, 강장 팔면체 d^5는 1개, 사면체 d^7은 3개이다.

NoteBase

문 11. 할로젠화 수소 HF, HCl, HBr, HI의 성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 끓는점은 HF가 가장 높다.

② 할로젠화 수소는 물에 녹으면 완전히 해리된다.

③ 녹는점은 HCl이 가장 낮다.

④ 분자의 결합 엔탈피는 HI가 가장 작다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 수소 할로젠화물의 해리 정도, 분자간 힘, 녹는점·끓는점 경향, 결합 엔탈피 경향을 함께 비교할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

HF는 H-F 결합이 매우 강하고 분자 사이 수소 결합이 생겨 다른 수소 할로젠화물과 성질이 다르게 나타난다.
HCl, HBr, HI는 물에서 거의 완전히 해리되는 강산이지만 HF는 물에서 부분적으로만 이온화되는 약산이다.
H-X 결합 엔탈피는 할로젠 원자가 커질수록 결합이 길어져 HF > HCl > HBr > HI 순으로 작아진다.

선지별 해설

1번 O: HF는 분자 사이에 강한 수소 결합이 형성되어 끓는점이 가장 높다. HCl, HBr, HI는 주로 쌍극자 힘과 분산력에 의존하므로 HF만큼 끓는점이 올라가지 않는다.
2번 X: 틀린 부분은 "완전히 해리된다"이다. 실제로는 HCl, HBr, HI는 물에서 거의 완전히 해리되지만 HF는 약산이어서 부분적으로만 해리된다.
3번 O: 녹는점은 HF가 수소 결합 때문에 예외적으로 높고, 나머지에서는 분산력이 커질수록 높아지는 경향이 있어 HCl이 가장 낮다.
4번 O: H-X 결합은 아래로 갈수록 원자 반지름이 커져 결합 길이가 길어지고 약해진다. 따라서 결합 엔탈피는 HI가 가장 작다.

오답 포인트

2번은 "할로젠화 수소"를 모두 강산으로 묶어 버리면 틀리기 쉽다. HF는 같은 족 원소와 만든 화합물이지만 강한 H-F 결합과 특이한 수소 결합 때문에 해리 거동이 예외적이다.

다시 나오면 이렇게 판단

수소 할로젠화물 문제가 나오면 먼저 HF가 예외인지부터 본다. 해리도와 산성도는 HF만 약산으로 처리하고, 끓는점은 HF가 수소 결합 때문에 가장 높으며, 결합 엔탈피는 아래로 갈수록 작아진다고 판단하면 된다.

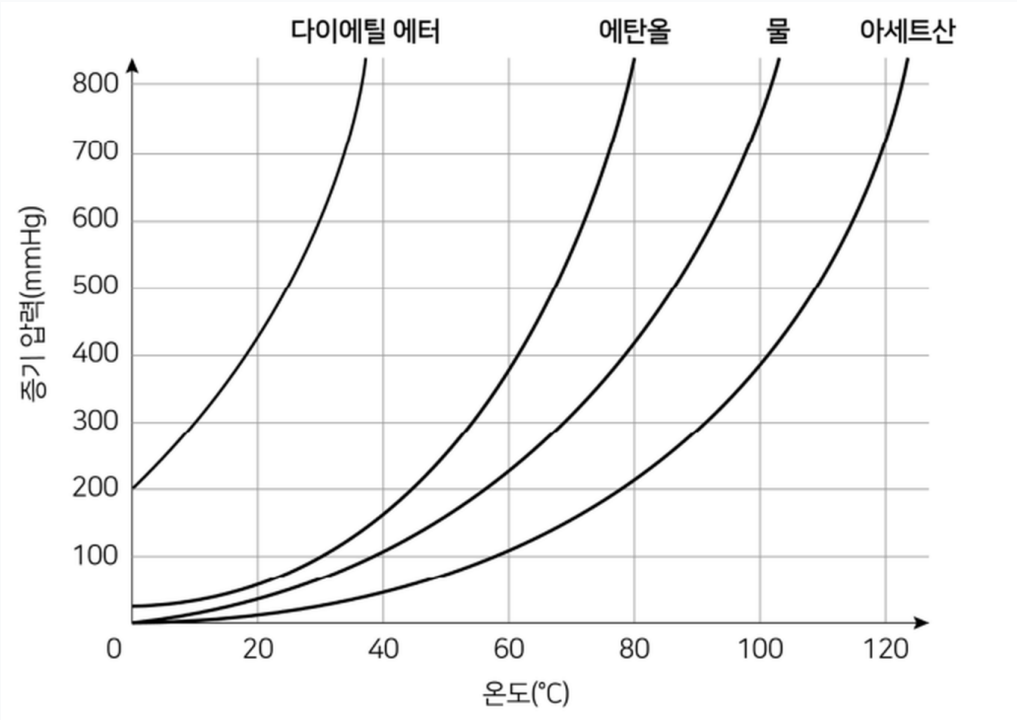
NoteBase

암기 포인트

HF는 예외이다: 끓는점은 가장 높고, 물에서는 완전 해리되지 않으며, H-X 결합 세기는 아래로 갈수록 약해진다.

NoteBase

문 12. 네 가지 액체의 증기 압력 곡선을 나타낸 다음 그래프에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 500 mmHg에서 휘발성이 가장 큰 액체는 아세트산이다.

② 60 °C, 1기압에서 에탄올과 아세트산의 안정한 상은 기체이다.

③ 20 °C에서 분자 간 인력이 가장 작은 물질은 다이에틸 에터이다.

④ 400 mmHg에서 끓는점은 물이 아세트산보다 높다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 증기 압력 곡선에서 같은 온도에서의 증기 압력 크기와 같은 압력에서의 끓는점 순서를 읽어 휘발성과 분자 간 인력을 판단하는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 세로축이 증기 압력, 가로축이 온도임을 확인한다.
2. 같은 온도에서는 곡선이 더 위에 있을수록 증기 압력이 크고 휘발성이 크다고 본다.
3. 같은 압력에서는 해당 압력선과 만나는 온도가 더 낮을수록 끓는점이 더 낮다고 연결한다.

NoteBase

핵심 근거

20°C와 500 mmHg 같은 수평선에서 가장 위에 있는 곡선은 다이에틸 에터이다. 400 mmHg나 760 mmHg 같은 같은 압력선에서는 더 왼쪽에서 만나는 물질일수록 더 낮은 온도에서 끓는다.
따라서 다이에틸 에터는 네 물질 중 증기 압력이 가장 커 분자 간 인력이 가장 약하고, 아세트산은 같은 압력에서 가장 높은 온도에서 끓는다.

선지별 해설

① X: 500 mmHg 수평선에서 가장 먼저 만나는 곡선은 다이에틸 에터이다. 같은 압력에서 더 낮은 온도에서 끓는 물질이 더 휘발성이 크므로, '아세트산'이 틀린 표현이다. 올바르게는 '500 mmHg에서 휘발성이 가장 큰 액체는 다이에틸 에터이다.'이다.
② X: 60°C에서 에탄올의 증기 압력은 760 mmHg보다 작고, 아세트산의 증기 압력도 760 mmHg보다 훨씬 작다. 외부 압력이 1기압일 때 증기 압력이 1기압에 못 미치면 안정한 상은 액체이므로, '기체'가 틀린 표현이다. 올바르게는 '60°C, 1기압에서 에탄올과 아세트산의 안정한 상은 액체이다.'이다.
③ O: 20°C 수직선에서 다이에틸 에터의 증기 압력이 가장 크다. 같은 온도에서 증기 압력이 클수록 액체 분자가 더 쉽게 기화하므로 분자 간 인력이 가장 작다고 판단한다.
④ X: 400 mmHg 수평선에서 물의 곡선은 아세트산의 곡선보다 더 왼쪽에서 만난다. 이는 물이 아세트산보다 더 낮은 온도에서 400 mmHg에 도달한다는 뜻이므로, '물이 아세트산보다 높다'가 틀린 표현이다. 올바르게는 '400 mmHg에서 끓는점은 아세트산이 물보다 높다.'이다.

오답 포인트

휘발성, 분자 간 인력, 끓는점을 각각 따로 외우면 ①과 ④를 뒤집기 쉽다. 이 그래프에서는 같은 온도에서 증기 압력이 큰 물질이 더 휘발성 크고 분자 간 인력이 약하며, 같은 압력에서 더 왼쪽에서 만나는 물질이 끓는점이 더 낮다는 두 기준만 유지하면 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

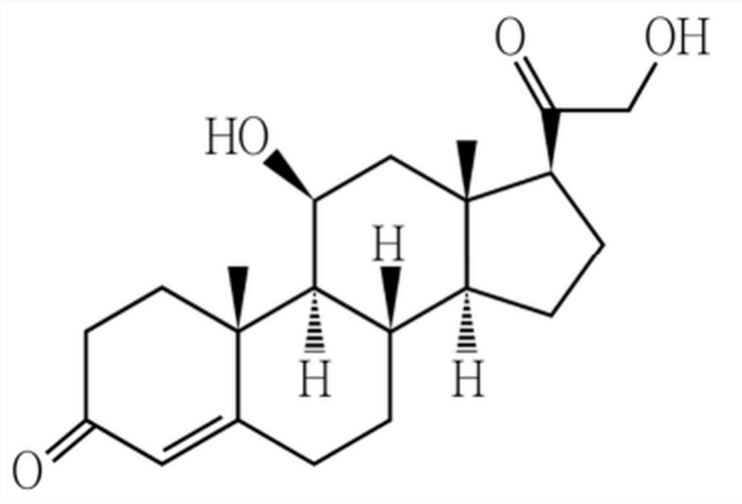
증기 압력 곡선 문제는 먼저 '같은 온도 비교인지, 같은 압력 비교인지'를 구분한다. 같은 온도 비교이면 곡선이 위에 있는 물질을, 같은 압력 비교이면 곡선이 왼쪽에 있는 물질을 선택하면 휘발성과 끓는점 판단이 정리된다.

암기 포인트

같은 온도에서 증기 압력이 클수록 휘발성은 크고 분자 간 인력과 끓는점은 작다.

NoteBase

문 13. 다음 유기화합물에서 카이랄 중심(chiral center)의 총 개수는?



① 5

② 6

③ 7

④ 8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 스테로이드형 고리 구조에서 sp^3 탄소 중 네 치환기가 모두 다른 탄소만 카이랄 중심으로 세는 문제이다. 쐐기와 점선으로 입체가 표시된 탄소, 그리고 서로 다른 두 고리 경로를 갖는 융합 탄소를 빠짐없이 확인해야 한다.

선지별 해설

① X: 5개는 과소계산이다. 이 구조의 카이랄 중심은 A/B 융합의 메틸 치환 탄소 1개, B/C 융합 탄소 2개, C/D 융합 탄소 2개, OH가 달린 탄소 1개, 오른쪽 곁사슬이 달린 탄소 1개로 총 7개이다. 따라서 5개가 아니라 7개이다.

② X: 6개는 비대칭 융합 탄소 하나를 놓친 값이다. 고리 융합부는 생김새가 비슷해 보여도 양쪽 고리 경로가 서로 달라 각각 독립적인 카이랄 중심이 된다. 따라서 6개가 아니라 7개이다.

③ O: 7개가 맞다. 그림에서 입체표시가 붙은 탄소들을 따라 세면 고리 융합부의 비대칭 탄소 5개와 치환기 결합 탄소 2개가 확인되고, 카보닐 탄소와 이중결합 탄소는 sp^2 탄소이므로 제외된다.

④ X: 8개는 과대계산이다. 카보닐 탄소와 이중결합 탄소는 평면형 sp^2 탄소라 카이랄 중심이 아니고, 오른쪽 끝의 CH_2OH 탄소도 수소가 두 개라 카이랄 중심이 아니다. 따라서 8개가 아니라 7개이다.

NoteBase

오답 포인트

고리 융합 탄소를 하나로 뭉뚱그려 세면 5개나 6개로 줄어들고, 반대로 카보닐 탄소나 CH_2OH 탄소까지 포함하면 8개로 늘어난다. 카이랄 중심은 반드시 네 치환기가 모두 달라야 한다는 조건을 끝까지 유지해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

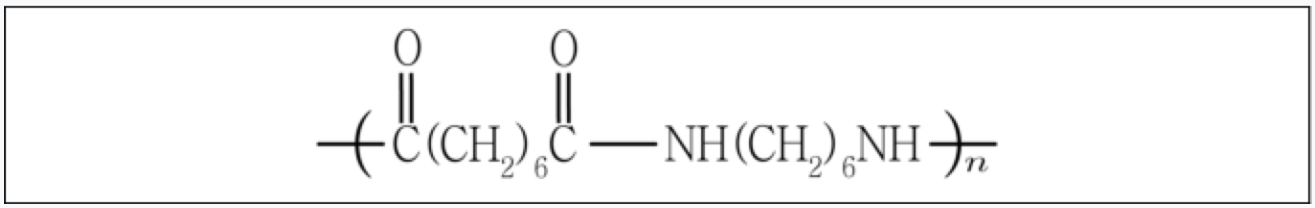
먼저 카보닐 탄소와 이중결합 탄소처럼 sp^2 탄소를 지운다. 그다음 남은 sp^3 탄소 중에서 두 수소를 가진 CH_2 탄소를 제외하고, 양쪽 고리 경로까지 포함해 네 치환기가 모두 다른 탄소만 세면 된다.

암기 포인트

스테로이드 구조의 카이랄 중심은 쐐기·점선 표시 탄소와 비대칭 고리 융합 탄소를 먼저 세고, sp^2 탄소와 CH_2 탄소는 제외된다고 정리된다.

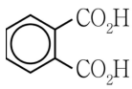
NoteBase

문 14. 다음 고분자를 합성하기 위한 두 가지 단량체(monomer)는?



① $HOOC(CH_2)_6COOH$ 와 $H_2NC(=O)(CH_2)_6C(=O)NH_2$

② $H_2N(CH_2)_6NH_2$ 와 $ClC(=O)(CH_2)_6C(=O)Cl$

③  와 $H_2NC(=O)(CH_2)_6C(=O)NH_2$

④ $H_2N(CH_2)_6NH_2$ 와 $HO(CH_2)_6OH$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 제시된 반복단위가 아마이드 결합을 가진 폴리아마이드임을 보고, 반복단위를 끊어 원래의 디아민과 디카복실산 유도체를 거꾸로 찾을 수 있는지를 묻는다.

선지별 해설

1번: X. 오른쪽 성분 $H_2NCO(CH_2)_6CONH_2$는 양쪽 말단이 아민이 아니라 아마이드인 화합물이므로, 제시된 반복단위의 $-NH(CH_2)_6NH-$ 부분을 만들 디아민 모노머가 될 수 없다. 틀린 표현은 두 번째 모노머의 종류이며, 올바르게는 양말단이 $-NH_2$인 $H_2N(CH_2)_6NH_2$ 같은 디아민이 와야 한다.

2번: O. $H_2N(CH_2)_6NH_2$는 디아민이고 $ClCO(CH_2)_6COCl$는 디카복실산 염화물이다. 이 둘이 축합중합하면 반복단위에 보이는 $-CO(CH_2)_6CO-NH(CH_2)_6NH-$ 형태의 폴리아마이드가 생성된다.

3번: X. 왼쪽 성분은 벤젠고리에 카복실기가 두 개 달린 방향족 디카복실산이므로, 제시된 직선형 지방족 사슬 $(CH_2)_6$ 을 가진 반복단위를 만들 수 없다. 틀린 표현은 방향족 산을 모노머로 잡은 부분이며, 올바르게는 $HOOC(CH_2)_6COOH$ 또는 그 산 염화물처럼 지방족 디카복실산 계열이어야 한다.

4번: X. $H_2N(CH_2)_6NH_2$와 $HO(CH_2)_6OH$의 조합은 아민과 알코올의 조합일 뿐이어서 제시된 반복단위처럼 카보닐기 옆에 $-NH-$가 들어간 아마이드 결합을 만들 수 없다. 틀린 표현은 두 번째 모노머를 디올로 둔 부분이며, 올바르게는 디올이 아니라 디카복실산 또는 디카복실산 염화물이 와야 한다.

NoteBase

오답 포인트

반복단위에 $-CO-NH-$가 보이면 에스터가 아니라 아마이드 결합이다. 그래서 한쪽 모노머는 디아민, 다른 한쪽 모노머는 디카복실산 계열이라는 짝을 먼저 잡아야 하는데, 1번처럼 아마이드 말단 화합물이나 4번처럼 디올을 끼워 넣으면 쉽게 흔들린다.

다시 나오면 이렇게 판단

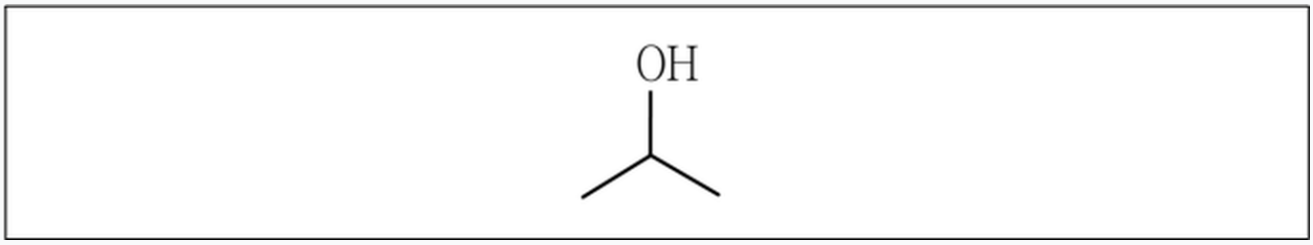
반복단위를 결합 기준으로 먼저 끊어 본다. $-CO-NH-$가 반복되면 폴리아마이드이므로 디아민과 디카복실산 계열을 찾고, 반복단위 속 탄소 사슬 길이 $(CH_2)_6$ 이 각각 어느 모노머에서 왔는지를 대응시키면 된다.

암기 포인트

폴리아마이드의 반복단위에 $-CO-NH-$가 보이면 모노머 조합은 디아민 + 디카복실산 계열이다.

NoteBase

문 15. 다음 유기화합물에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 극성 분자이다.

② 2차 알코올이다.

③ IUPAC 이름은 propan-2-ol이다.

④ $K_2Cr_2O_7$에 의해 알데하이드로 산화된다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 OH가 가운데 탄소에 결합한 2-프로판올을 식별하여 알코올의 분류, IUPAC 명명, 산화 생성물을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O
- OH 결합은 산소와 수소의 전기음성도 차이로 강한 쌍극자를 만들므로 이 화합물은 극성 분자이다.

② O
- OH가 붙은 탄소가 다른 탄소 두 개와 연결되어 있으므로 2차 알코올이다.

③ O
- 탄소 수가 3개인 프로판 골격에서 OH가 2번 탄소에 있으므로 IUPAC 이름은 propan-2-ol이다.

④ X
- $K_2Cr_2O_7$는 2차 알코올을 알데하이드가 아니라 케톤으로 산화한다. 이 화합물은 산화되면 프로판온이 된다.
- 틀린 표현은 "알데하이드로 산화된다"이다. 올바르게는 "케톤으로 산화된다"이다.

오답 포인트

구조식에서 OH가 끝 탄소에 붙은 1차 알코올과 가운데 탄소에 붙은 2차 알코올을 혼동하면 산화 생성물을 잘못 고르기 쉽다. 이 문항은 2-프로판올을 보고도 1차 알코올의 산화 결과인 알데하이드를 떠올리는 오류를 노린다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 OH가 붙은 탄소가 몇 개의 탄소와 연결되는지로 1차, 2차, 3차 알코올을 구분한다. 그다음 1차 알코올은 알데하이드 또는 카복실산, 2차 알코올은 케톤으로 산화된다는 기준으로 선지를 판단한다.

암기 포인트

2-프로판올은 2차 알코올이며 산화되면 알데하이드가 아니라 케톤이 된다.

NoteBase

문 16. 착이온 $[Co(NH_3)Br(en)_2]^{2+}$에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, en = ethylene diamine)

ㄱ. 기하 이성질체를 갖는다.
ㄴ. 광학 이성질체를 갖는다.
ㄷ. 중심 금속의 산화수는 +3이다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 옥타헤드랄 킬레이트 착이온 [Co(NH3)Br(en)2]2+의 기하 이성질체, 광학 이성질체, 중심 금속의 산화수를 함께 판단할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

en은 두 자리로 배위하는 2좌 킬레이트 리간드이지만 전하는 0인 중성 리간드이다.
[Co(NH3)Br(en)2]2+는 옥타헤드랄 [M(en)2ab]형 착이온이므로 a와 b의 상대적 위치에 따라 cis/trans 기하 이성질체가 가능하다.
또한 이런 킬레이트 옥타헤드랄 착이온은 비대칭 배열을 만들 수 있어 광학 이성질체를 가진다.
산화수는 Co를 x라 두면 $x + 0 + (-1) + 0 = +2$이므로 $x = +3$이다.

선지별 해설

1번 X: ㄱ만 옳다고 본 조합이다. 이 착이온은 기하 이성질체뿐 아니라 광학 이성질체도 가지며, Co의 산화수도 +3이므로 ㄴ, ㄷ도 참이다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 포함해야 한다.
2번 X: ㄴ만 옳다고 본 조합이다. 광학 이성질체를 갖는다는 점은 맞지만, [M(en)2ab]형은 cis/trans 기하 이성질체도 가능하고 Co의 산화수도 +3이므로 ㄱ, ㄷ도 함께 참이다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.
3번 X: ㄱ, ㄷ만 옳다고 본 조합이다. 기하 이성질체와 산화수 +3 판단은 맞지만, 광학 이성질체를 갖는다는 ㄴ도 참이므로 하나를 빠뜨린 불완전한 조합이다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.
4번 O: ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 참인 조합이다. [Co(NH3)Br(en)2]2+는 [M(en)2ab]형 옥타헤드랄 착이온이라 기하 이성질체를 가지며, 비대칭 배열로 광학 이성질체도 가능하고, 전하 계산으로 Co의 산화수는 +3이다.

NoteBase

오답 포인트

en을 2좌 리간드라는 이유로 2 – 전하를 가진다고 착각하면 산화수를 틀리기 쉽다. 또한 [M(en)2ab]형에서 기하 이성질체만 보고 광학 이성질체 가능성을 놓치면 3번처럼 부분적으로만 맞는 조합을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

착이온 조합 문제는 먼저 리간드의 전하를 계산해 중심 금속 산화수를 정하고, 다음에 배위수와 리간드 배열을 보고 기하 이성질체 가능 여부를 판단한다. 그 뒤 킬레이트 리간드가 만든 비대칭성으로 광학 이성질체 가능성을 마지막에 점검하면 된다.

암기 포인트

en은 2좌이지만 중성, Br만 −1, [M(en)2ab]형은 기하 이성질체와 광학 이성질체를 함께 점검한다.

NoteBase

문 17. LiOH가 CO_2와 반응하면 Li_2CO_3와 H_2O가 생성된다. 12 kg의 LiOH가 모두 반응할 때, 소모되는 CO_2의 질량[kg]는? (단, H, Li, C, O의 원자량은 각각 1, 7, 12, 16이다)

① 2.75

② 5.5

③ 11

④ 22

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반응식의 계수비와 몰질량을 이용해 LiOH 12 kg이 모두 반응할 때 소모되는 CO2의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: LiOH 12 kg, 원자량 H=1, Li=7, C=12, O=16이다.
구해야 할 값: 모두 반응할 때 소모되는 CO2의 질량이다.
주의할 조건: 반응식의 몰비는 $2LiOH : 1CO_2$이다.

사용할 공식

몰수는 $n = \frac{m}{M}$으로 구한다.
LiOH의 몰질량은 $1 + 7 + 16 = 24$이므로 $24g/mol$이다. CO2의 몰질량은 $12 + 16 \times 2 = 44$이므로 $44g/mol$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 질량으로 주어진 LiOH를 먼저 몰수로 바꾼 뒤, 반응식의 계수비로 CO2 몰수를 구하고 다시 질량으로 환산해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. LiOH의 몰수는 $12000 \div 24 = 500mol$이다.
2. 반응식 $2LiOH + CO_2 \rightarrow Li_2CO_3 + H_2O$에서 CO2의 몰수는 $500 \times \frac{1}{2} = 250mol$이다.
3. CO2의 질량은 $250 \times 44 = 11000g = 11kg$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 2.75 kg은 정답 11 kg의 4분의 1로, 반응식의 계수비와 몰질량 환산을 중복해서 잘못 나눈 값에 가깝다. 틀린 표현은 "2.75"이고, 올바르게는 "소모되는 CO2의 질량은 11 kg"이다.
② X: 5.5 kg은 반응식의 2:1 몰비 또는 CO2의 몰질량 44를 절반처럼 처리할 때 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현은 "5.5"이고, 올바르게는 "소모되는 CO2의 질량은 11 kg"이다.
③ O: LiOH 500 mol이 모두 반응하면 CO2는 그 절반인 250 mol이 필요하고, 이를 질량으로 바꾸면 $250 \times 44 = 11000g$이므로 11 kg이다.
④ X: 22 kg은 LiOH와 CO2의 몰비를 1:1로 오해해 CO2를 500 mol로 잡을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 "22"이고, 올바르게는 "소모되는 CO2의 질량은 11 kg"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 12 kg을 곧바로 CO2 질량과 비례시키는 데 있다. 반응식의 계수비를 빼먹으면 22 kg처럼 커지고, 계수비나 몰질량을 한 번 더 잘못 나누면 5.5 kg이나 2.75 kg처럼 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응량 계산 문제는 질량을 몰수로 바꾸고, 반응식 계수비로 필요한 상대 몰수를 구한 뒤, 마지막에 원하는 물질의 질량으로 환산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

화학량론은 질량비가 아니라 몰비로 연결되고, 질량은 계산의 앞뒤에서만 환산된다.

NoteBase

문 18. 충분한 양의 니켈 이온(Ni^{2+})이 녹아 있는 수용액에 0.1 A의 전류를 흘려 주었다. 0.001 mol의 니켈을 얻기 위해서 필요한 반응 시간[초]은? (단, 패러데이 상수는 96,500 C mol^{-1}이고, 모든 전류는 산화·환원 반응에만 사용된다)

① 965

② 1,930

③ 9,650

④ 19,300

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 니켈 이온의 환원 반응식과 패러데이 법칙을 이용해 니켈 $0.001mol$을 석출시키는 데 필요한 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류 $I = 0.1A$, 니켈의 양 $0.001mol$, 패러데이 상수 $F = 96{,}500Cmol^{-1}$
구해야 할 값: 반응 시간
주의할 조건: Ni^{2+}는 Ni로 환원될 때 전자 2몰을 받는다.

사용할 공식

환원 반응은 $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$이다.
필요한 전하량은 $Q = n(e^-) \times F$ 이고, 시간은 $t = \frac{Q}{I}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 석출되는 니켈의 몰수에서 필요한 전자 몰수를 먼저 구한 뒤, 그 전자량에 해당하는 총전하를 전류로 나누면 시간이 나오기 때문이다.

계산 과정

1. $0.001mol$의 Ni를 얻으려면 전자는 $0.002mol$ 필요하다.
2. 총전하량은 $Q = 0.002 \times 96{,}500 = 193C$이다.
3. 시간은 $t = \frac{193}{0.1} = 1{,}930s$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $965s$는 $0.001mol$의 니켈에 전자 1몰만 필요하다고 잘못 본 값이다. Ni^{2+}는 전자 2개를 받아야 하므로 올바르게는 $1{,}930s$이다.
② O: $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$에서 $0.001mol$의 니켈에는 $0.002mol$의 전자가 필요하고, 이에 해당하는 전하량 $193C$를 $0.1A$로 나누면 $1{,}930s$가 된다.
③ X: $9{,}650s$는 필요한 니켈의 양을 $0.001mol$이 아니라 더 크게 잘못 잡거나 전하량을 과대계산한 값이다. 이 문항의 올바른 시간은 $1{,}930s$이다.
④ X: $19{,}300s$는 니켈 1몰당 전자 2몰이 필요하다는 점은 반영했더라도 필요한 니켈 양을 10배 크게 본 값이다. 올바르게는 $0.001mol$의 니켈에 대해 $1{,}930s$가 된다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 금속 이온의 전하수를 빼먹고 금속 1몰당 전자도 1몰이라고 처리하는 실수이다. 이 문항에서는 Ni^{2+}의 $2+$를 놓치면 ①의 $965s$가 바로 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

전기분해 시간 문제는 반응식에서 전자 수를 먼저 읽고, 생성물 몰수 → 전자 몰수 → 총전하량 → 시간 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

석출 시간은 전자 수를 먼저 곱한 뒤 $Q = nF$, $t = Q/I$ 순서로 구한다.

NoteBase

문 19. 이양성자산 H_2A의 pK_1과 pK_2는 각각 3, 5이다. 이 산에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, K_1과 K_2는 H_2A의 산 해리 상수이다)

ㄱ. pH = 3일 때, $[H_2A] = [HA^-]$이다.
ㄴ. pH = 4일 때, $[H_2A] = [A^{2-}]$이다.
ㄷ. pH = 4.5일 때, $[H_2A] > [A^{2-}]$이다.

① ㄱ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이양성자산의 단계별 해리 평형에서 pH와 pK_{a1}, pK_{a2}의 상대적 크기로 각 화학종의 농도비를 판단할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $pK_{a1} = 3$, $pK_{a2} = 5$
판단 대상: ㄱ은 $pH = 3$, ㄴ은 $pH = 4$, ㄷ은 $pH = 4.5$에서의 $[H_2A]$, $[HA^-]$, $[A^{2-}]$ 관계이다.
주의할 조건: 이양성자산은 1차 해리와 2차 해리를 따로 본 뒤 두 비를 곱하면 $[A^{2-}]/[H_2A]$를 바로 비교할 수 있다.

사용할 공식

1차 해리에서는 $pH = pK_{a1} + \log([HA^-]/[H_2A])$이다.
2차 해리에서는 $pH = pK_{a2} + \log([A^{2-}]/[HA^-])$이다.
따라서 $[A^{2-}]/[H_2A] = ([A^{2-}]/[HA^-])([HA^-]/[H_2A])$로 연결된다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 선지가 특정 pH에서 두 화학종의 농도비가 1보다 큰지 같은지 작은지를 묻기 때문이다.

계산 과정

1. ㄱ: $pH = pK_{a1} = 3$이므로 $[HA^-]/[H_2A] = 10^0 = 1$이고 $[H_2A] = [HA^-]$이다.
2. ㄴ: $pH = 4$이면 $[HA^-]/[H_2A] = 10^{4-3} = 10$, $[A^{2-}]/[HA^-] = 10^{4-5} = 0.1$이다. 두 비를 곱하면 $[A^{2-}]/[H_2A] = 1$이므로 $[H_2A] = [A^{2-}]$이다.
3. ㄷ: $pH = 4.5$이면 $[HA^-]/[H_2A] = 10^{1.5}$, $[A^{2-}]/[HA^-] = 10^{-0.5}$이므로 $[A^{2-}]/[H_2A] = 10$이다.
따라서 $[A^{2-}] > [H_2A]$이고 ㄷ은 거짓이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 1번은 ㄱ만 고른 선택지인데 ㄴ도 옳다. 틀린 표현은 'ㄱ만 옳다'라는 조합이며, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ이 옳다'이다.
2번: X. 2번은 ㄷ을 옳다고 보는데, $pH = 4.5$에서는 $[A^{2-}]/[H_2A] = 10$이므로 ㄷ의 '$[H_2A] > [A^{2-}]$'가 틀리다. 올바르게는 '$[A^{2-}] > [H_2A]$'이다.
3번: O. ㄱ과 ㄴ이 모두 옳고 ㄷ은 틀리므로 3번의 조합이 정답이다.
4번: X. 4번은 ㄴ은 맞지만 ㄷ을 함께 포함해서 틀리다. 틀린 표현은 ㄷ의 '$[H_2A] > [A^{2-}]$'이며, 올바르게는 '$[A^{2-}] > [H_2A]$'이다.

오답 포인트

이양성자산에서는 한 단계 평형만 보고 끝내면 ㄴ과 ㄷ을 틀리기 쉽다. $pH = 4$가 두 pK_a의 중간이라서 $[H_2A]$와 $[A^{2-}]$가 같고, $pH = 4.5$에서는 전체적으로 $[A^{2-}]$ 쪽이 더 크다는 점을 놓치면 ㄷ을 참으로 오해한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이양성자산 문제는 먼저 $pH - pK_{a1}$로 $[HA^-]/[H_2A]$, $pH - pK_{a2}$로 $[A^{2-}]/[HA^-]$를 구한 뒤 두 비를 곱해 $[A^{2-}]/[H_2A]$까지 한 번에 비교하면 된다.

암기 포인트

$pH = pK_a$이면 해당 짝산과 짝염기의 농도는 같고, 이양성자산에서는 두 단계의 로그비를 더하면 끝 종들 사이의 크기 비교가 바로 나온다.

NoteBase

문 20. 아세트산$HC_2H_3O_2$과 사이안화 수소HCN를 각각 0.1 mol씩 1 L의 물에 녹였다. 형성되는 짝염기와 물의 염기 세기를 큰 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은? (단, 아세트산의 산 해리 상수는 1.8×10^{-5}, 사이안화 수소의 산 해리 상수는 4.9×10^{-10}이다)

① $CN^-, C_2H_3O_2^-, H_2O$

② $C_2H_3O_2^-, H_2O, CN^-$

③ $C_2H_3O_2^-, CN^-, H_2O$

④ $H_2O, C_2H_3O_2^-, CN^-$

정답 1번

출제 포인트

산 해리 상수 K_a의 크기와 짝염기 세기의 역관계를 이용해 $CN^-, C_2H_3O_2^-, H_2O$의 염기 세기를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

짝산이 약할수록 짝염기는 강하다.
아세트산은 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$, 사이안화 수소는 $K_a = 4.9 \times 10^{-10}$이므로 아세트산이 더 강한 산이고 사이안화 수소가 더 약한 산이다.
따라서 짝염기 세기는 $CN^- > C_2H_3O_2^-$이다.
또한 H_2O는 H_3O^+의 짝염기이므로 두 약산의 짝염기보다 염기 세기가 약하다.

선지별 해설

① O
- HCN이 더 약산이므로 짝염기 CN^-가 가장 강한 염기이다. 아세트산의 짝염기 $C_2H_3O_2^-$가 그다음이고, 물은 가장 약한 염기이므로 순서가 맞다.

② X
- 틀린 부분은 $C_2H_3O_2^-$를 H_2O보다 앞에 두기는 했지만 CN^-보다 강한 염기로 둔 점이다.
- 실제로는 HCN의 K_a가 더 작으므로 CN^-가 $C_2H_3O_2^-$보다 더 강한 염기이다.

③ X
- 틀린 부분은 $C_2H_3O_2^-$와 CN^-의 순서를 뒤집은 점이다.
- 실제로는 $CN^- > C_2H_3O_2^- > H_2O$이다.

④ X
- 틀린 부분은 H_2O를 가장 강한 염기로 둔 점이다.
- 실제로는 물은 H_3O^+의 짝염기이므로 세 물질 중 가장 약한 염기이다.

NoteBase

오답 포인트

산의 세기와 짝염기의 세기를 같은 방향으로 외우면 순서를 거꾸로 적게 된다. 특히 K_a 값이 더 작은 HCN이 더 약산이라는 점을 놓치면 CN^-와 $C_2H_3O_2^-$의 순서를 바꾸기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 K_a가 큰 산과 작은 산을 구분한 뒤 짝염기 세기는 그 반대로 배열한다. 그다음 매우 강한 산인 H_3O^+의 짝염기 H_2O는 약산의 짝염기보다 약염기라고 판단하면 된다.

암기 포인트

K_a가 작을수록 짝염기는 강하고, 이 문항의 순서는 $CN^- > C_2H_3O_2^- > H_2O$이다.

NoteBase

문 21. 다음 각 이온 화합물의 수용액에 HNO_3를 첨가했을 때, 용해도 변화가 가장 적은 것은?

① AgI

② $Cu(OH)_2$

③ $CaCO_3$

④ CaF_2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 난용성 이온 화합물의 용해도가 산 첨가에 따라 얼마나 달라지는지를, 음이온이 H^+와 반응하는지 여부로 비교하는 문제이다.

핵심 개념

용해도 증가는 보통 음이온이 H^+에 의해 제거될 때 커진다.
OH^-, CO_3^{2-}, F^-는 각각 물, 탄산, HF 쪽으로 이동할 수 있어 산을 넣으면 더 잘 녹는다.
반면 I^-는 강산 HI의 짝염기라서 H^+와의 반응성이 매우 작아 AgI의 용해도 변화가 가장 작다.

선지별 해설

① O: AgI의 I^-는 H^+와 거의 반응하지 않으므로 산을 넣어도 음이온이 소모되지 않는다. 따라서 평형 이동이 가장 작아 용해도 변화가 가장 적다.
② X: $Cu(OH)_2$의 OH^-는 H^+와 중화되어 물이 된다. 틀린 부분은 '변화가 가장 적다'는 판단이다. 올바르게는 산을 넣으면 OH^-가 제거되어 $Cu(OH)_2$의 용해도가 크게 증가한다.
③ X: $CaCO_3$의 CO_3^{2-}는 H^+를 받아 HCO_3^-, H_2CO_3로 이어지며 사실상 소모된다. 틀린 부분은 '변화가 가장 적다'는 판단이다. 올바르게는 산을 넣으면 탄산염이 양성자화되어 용해도가 뚜렷하게 증가한다.
④ X: CaF_2의 F^-도 H^+와 반응하여 HF 쪽으로 일부 이동할 수 있다. 틀린 부분은 '변화가 가장 적다'는 판단이다. 올바르게는 F^-가 산에 의해 일부 제거되므로 CaF_2의 용해도도 증가한다.

오답 포인트

산을 넣으면 모든 난용성 염이 비슷하게 녹는다고 보면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 금속 양이온이 아니라 음이온의 염기성 차이를 봐야 한다는 점이며, 특히 F^-는 약산 HF의 짝염기라 영향을 받지만 I^-는 거의 영향을 받지 않는다는 구분이 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

산 첨가 후 용해도 비교는 먼저 음이온이 H^+와 반응하는지부터 본다. OH^-, CO_3^{2-}, S^{2-}, F^-처럼 염기성이나 가수분해 성향이 있는 음이온은 용해도가 커지고, 강산의 짝염기처럼 H^+와 거의 반응하지 않는 음이온은 변화가 작다.

암기 포인트

산이 용해도를 키우는 기준은 음이온 제거 여부이며, I^-는 거의 안 잡히고 OH^-, CO_3^{2-}, F^-는 잡힌다.

NoteBase

문 22. ‘A → 생성물’ 반응에 대하여 시간에 따른 $1/[A]$의 그래프는 선형으로 나타났고, 온도 T_1과 $2T_1$에서 그 기울기는 각각 m_1, $2m_1$이었다. 온도 T_1, 농도 $[A]_0$이던 반응 조건을 바꿔 반응의 초기 속도를 두 배로 만들기 위한 방법은? (단, $[A]$는 A의 농도이고, $[A]_0$는 A의 초기 농도이며, T_1은 절대 온도이다)

① 농도를 $2[A]_0$, 온도를 T_1으로 한다.

② 농도를 $2[A]_0$, 온도를 $2T_1$으로 한다.

③ 농도를 $\sqrt{2}[A]_0$, 온도를 T_1으로 한다.

④ 농도를 $\sqrt{2}[A]_0$, 온도를 $\sqrt{2}T_1$으로 한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 $1/[A]$-시간 그래프의 기울기가 2차 반응의 속도상수라는 점과 초기 속도식 $v_0 = k[A]_0^2$를 연결해 초기 속도를 정확히 두 배로 만드는 조건을 찾는 문제이다.

조건 정리

- $1/[A]$ 대 시간 그래프가 선형이므로 A에 대한 2차 반응이다.
- 적분 속도식의 기울기는 k이므로 T_1에서 $k_1 = m_1$, $2T_1$에서 $k_2 = 2m_1 = 2k_1$이다.
- 기준 조건의 초기 속도는 $v_0 = k_1[A]_0^2$이다.

사용할 공식

$\frac{1}{[A]} = kt + \frac{1}{[A]_0}$, $\qquad v_0 = k[A]_0^2$

이 공식을 쓰는 이유는 $1/[A]$-시간 직선의 기울기에서 속도상수 k를 읽을 수 있고, 반응 시작 순간의 속도는 2차 속도식으로 바로 비교할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 기준 조건에서 초기 속도는 $v_0 = k_1[A]_0^2$이다.
2. 초기 속도를 두 배로 만들려면 $v_0' = 2k_1[A]_0^2$가 되어야 한다.
3. 온도를 T_1로 유지하면 k는 그대로 k_1이므로 $k_1[A]'^2 = 2k_1[A]_0^2$이고, 따라서 $[A]' = \sqrt{2}[A]_0$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 온도를 T_1로 두면 $k = k_1$이고 농도를 $2[A]_0$로 바꾸면 초기 속도는 $k_1(2[A]_0)^2 = 4k_1[A]_0^2 = 4v_0$가 된다. 틀린 표현은 "농도를 $2[A]_0$"이다. 올바르게는 온도를 T_1로 둘 때 농도를 $\sqrt{2}[A]_0$로 해야 한다.
② X: $2T_1$에서는 기울기가 두 배이므로 $k = 2k_1$이다. 여기에 농도까지 $2[A]_0$로 두면 초기 속도는 $(2k_1)(2[A]_0)^2 = 8v_0$가 된다. 틀린 표현은 "농도를 $2[A]_0$, 온도를 $2T_1$"이다. 올바르게는 농도를 $\sqrt{2}[A]_0$, 온도를 T_1로 해야 한다.
③ O: 온도를 T_1로 유지하면 $k = k_1$이고 농도를 $\sqrt{2}[A]_0$로 바꾸면 초기 속도는 $k_1(\sqrt{2}[A]_0)^2 = 2k_1[A]_0^2 = 2v_0$가 된다. 문제의 조건을 정확히 만족한다.
④ X: 농도를 $\sqrt{2}[A]_0$로만 바꾸어도 이미 농도 항 때문에 속도는 2배가 된다. 여기에 온도를 $\sqrt{2}T_1$로 올리면 k가 k_1보다 커지므로 초기 속도는 $2v_0$보다 더 커진다. 틀린 표현은 "온도를 $\sqrt{2}T_1$로 한다"이다. 올바르게는 온도를 T_1로 유지해야 한다.

오답 포인트

함정은 두 가지이다. 첫째, $1/[A]$-시간 직선이라는 정보에서 곧바로 2차 반응과 $v_0 = k[A]_0^2$를 떠올리지 못하면 농도 배수와 속도 배수를 선형으로 착각하기 쉽다. 둘째, ④처럼 농도 변화만으로 이미 2배가 되었는데 온도까지 올려도 여전히 정확히 2배라고 오판하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

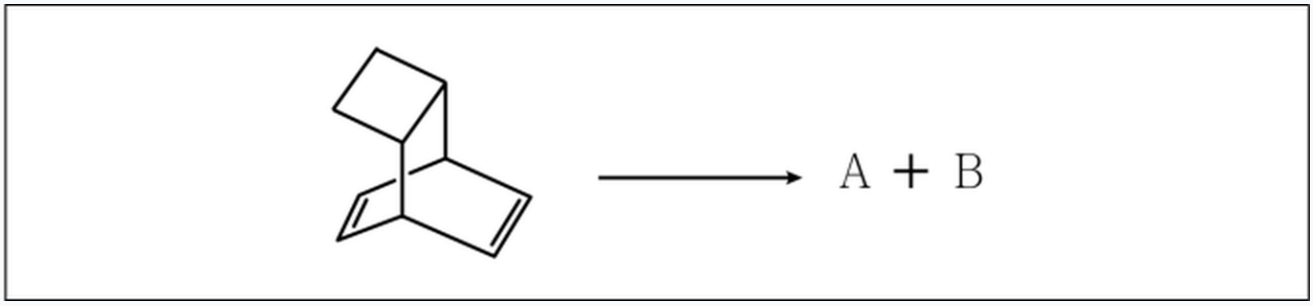
2차 반응의 속도 배수 문제는 먼저 그래프 기울기에서 k를 읽고, 다음에 $v_0 = k[A]_0^2$에서 농도 효과와 온도 효과를 분리해 계산한다. 온도를 고정했다면 속도 배수의 제곱근이 농도 배수이고, 이미 농도만으로 목표 배수가 맞춰졌다면 온도는 더 바꾸지 않는다.

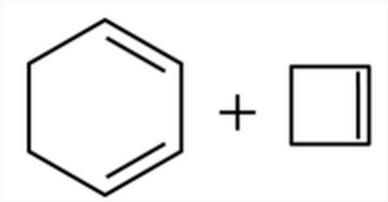
암기 포인트

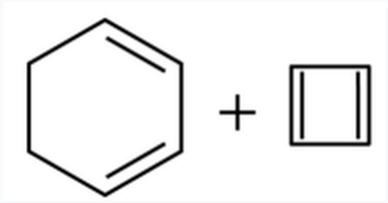
2차 반응은 $1/[A]$-시간 직선, 초기 속도는 농도의 제곱에 비례하므로 속도 2배는 농도 $\sqrt{2}$배이다.

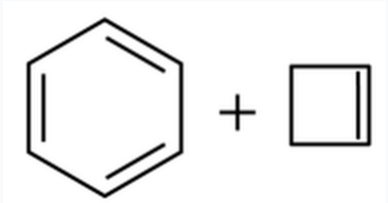
NoteBase

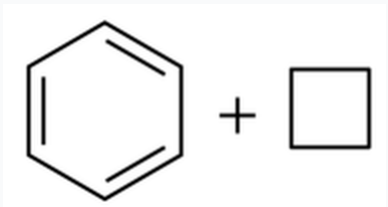
문 23. 다음 유기화합물의 역 Diels-Alder 반응으로 얻게 되는 주생성물 (A + B)은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 주어진 다리형 부가체를 역 Diels-Alder 방식으로 끊었을 때, 한쪽은 방향족화되어 벤젠이 되고 다른 한쪽은 dienophile의 2π 성분이 복원된 사이클로부텐이 된다는 점을 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 네모 고리에 이중결합이 하나 있는 점은 맞지만, 여섯 원자 고리를 1,3-사이클로헥사다이엔으로 본 점이 틀리다.
- 이 구조는 역 Diels-Alder 절단 후 공액이 더 확장되어 방향족 안정화를 얻는 벤젠으로 보는 것이 맞다.
- 틀린 표현은 왼쪽 고리를 1,3-사이클로헥사다이엔으로 본 점이다. 올바르게는 벤젠 + 사이클로부텐이다.

② X
- 여섯 원자 고리를 1,3-사이클로헥사다이엔으로 본 점도 틀리고, 네모 고리에 이중결합 두 개를 둔 점도 틀리다.
- 역 Diels-Alder는 $4\pi + 2\pi$ 조합으로 되돌아가므로 네모 고리 쪽은 이중결합 하나를 가진 사이클로부텐이어야 한다.
- 틀린 표현은 네모 고리를 사이클로부타다이엔으로 본 점이다. 올바르게는 벤젠 + 사이클로부텐이다.

③ O
- 여섯 원자 고리는 역 Diels-Alder 절단 뒤 세 개의 공액 이중결합을 회복하여 벤젠이 되고, 네모 고리는 이중결합 하나를 가진 사이클로부텐으로 돌아간다.
- 따라서 생성물 조합을 벤젠 + 사이클로부텐으로 본 ③이 옳다.

④ X
- 왼쪽의 벤젠은 맞지만, 네모 고리를 사이클로부테인으로 본 점이 틀리다.
- 역 Diels-Alder에서는 dienophile의 2π 성분이 반드시 복원되므로 네모 고리에는 이중결합 하나가 남아 있어야 한다.
- 틀린 표현은 네모 고리를 포화된 사원환으로 본 점이다. 올바르게는 벤젠 + 사이클로부텐이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 역 Diels-Alder를 단순한 고리 절단으로만 보고 방향족화 가능성을 놓치거나, 네모 고리의 이중결합 수를 0개 또는 2개로 잘못 세는 데 있다. 여섯 원자 고리의 방향족 안정화와 dienophile 쪽 이중결합 1개 복원을 함께 봐야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

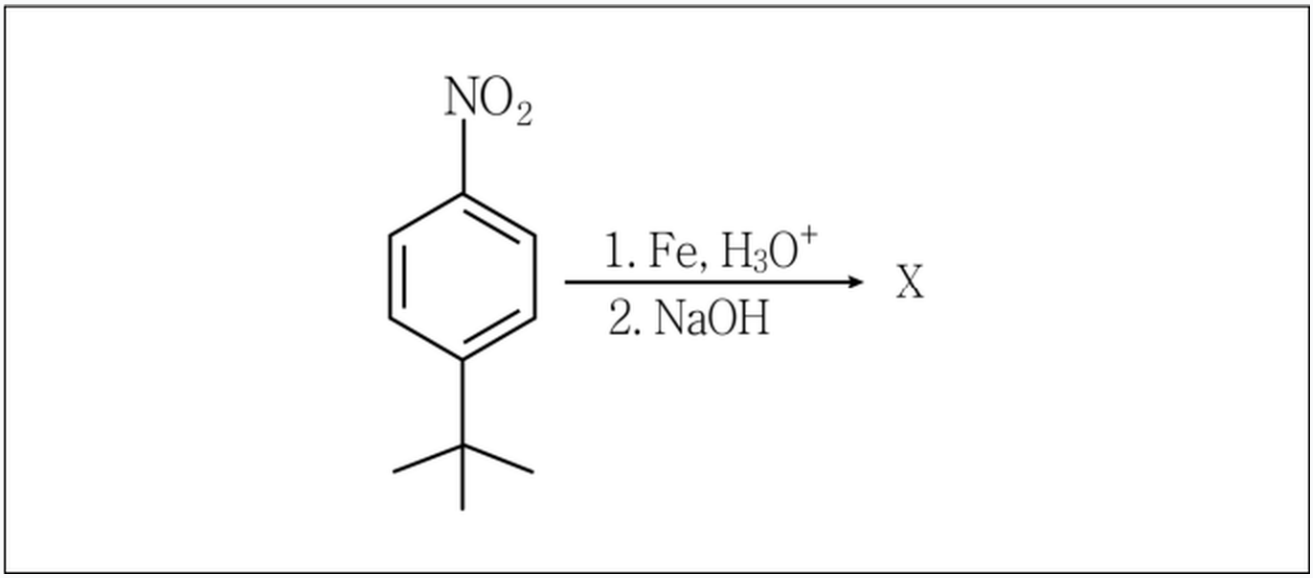
다리형 Diels-Alder 부가체가 나오면 먼저 새로 생긴 두 σ 결합을 끊는다고 보고, 그다음 여섯 원자 쪽이 벤젠으로 방향족화되는지와 두 탄소 성분 쪽에 이중결합 하나가 복원되는지를 확인하면 된다.

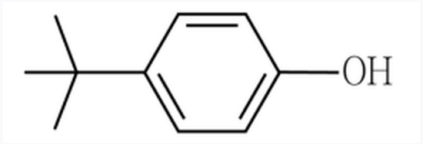
암기 포인트

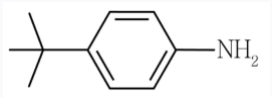
역 Diels-Alder 부가체는 공액 diene 조각과 alkene 조각으로 되돌아가며, 방향족화가 가능하면 벤젠이 우선 드러난다.

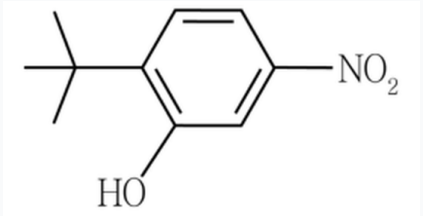
NoteBase

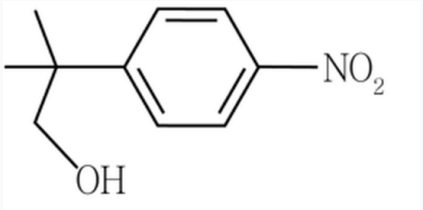
문 24. 다음 반응의 주생성물(X)은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

출제 포인트

Fe/H3O+는 방향족 니트로기 $-NO_2$를 아민기 $-NH_2$로 환원하고, 이어지는 NaOH는 산성 조건에서 생긴 아닐리늄형 중간체를 자유 아민으로 정리한다는 점을 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: X. 생성물에서 바뀌는 부분은 니트로기뿐인데 ①은 para 위치가 $-OH$인 tert-butylphenol 구조이다. 이 선택지는 니트로기가 환원되어 아민이 된다는 점을 놓친 것이다. 올바르게는 para 위치가 $-NH_2$인 p-tert-butylaniline 구조이어야 한다.
2번: O. 출발물질의 tert-butyl기는 그대로 유지되고, para의 $-NO_2$가 Fe/H3O+에 의해 $-NH_2$로 환원된 구조이다. 이어서 NaOH 처리로 아닐리늄 염이 자유 아민이 되어 ②가 최종 생성물이 된다.
3번: X. ③은 $-NO_2$가 그대로 남아 있으면서 추가로 페놀성 $-OH$가 도입된 구조이다. 제시된 조건은 방향족 고리에 $-OH$를 새로 치환하는 반응이 아니다. 올바르게는 $-NO_2$가 사라지고 같은 위치가 $-NH_2$로 환원된 구조가 되어야 한다.
4번: X. ④는 $-NO_2$가 그대로이고 tert-butyl 곁사슬도 알코올성 곁사슬처럼 바뀌어 있다. 제시된 조건은 니트로기의 환원 반응일 뿐 tert-butyl기를 산화하거나 알코올기로 바꾸지 않는다. 올바르게는 tert-butyl기는 유지되고 $-NO_2$만 $-NH_2$로 바뀐다.

오답 포인트

Fe/H3O+를 페놀 생성 반응이나 곁사슬 산화 반응으로 착각하면 ①, ③, ④로 흔들린다. 이 조건의 핵심은 방향족 $-NO_2$의 선택적 환원이며 alkyl 치환기는 그대로 남는다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

시약을 먼저 기능기 단위로 읽는다. Fe/H3O+가 보이면 $-NO_2 \rightarrow -NH_2$ 환원을 먼저 떠올리고, 뒤의 NaOH는 산성 매체에서 생긴 암모늄형 중간체를 자유 아민으로 되돌리는 정리 단계로 판단한다.

암기 포인트

Fe/H3O+는 방향족 니트로기를 아민기로 환원하고, NaOH는 자유 아민을 회수한다. 즉 $Ar-NO_2$는 $Ar-NH_2$로 바뀌고 다른 alkyl 치환기는 그대로이다.

NoteBase

문 25. 다이크로뮴산 소듐 ($Na_2Cr_2O_7$)은 탄소와 반응하여 산화 크로뮴(III), 탄산 소듐, 일산화 탄소를 생성한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 반응물인 탄소는 환원제로 작용한다.
ㄴ. 반응에서 Cr의 산화수 변화는 -4이다.
ㄷ. 생성물에서 탄소 원자의 산화수는 동일하다.
ㄹ. 균형 맞춘 반응식에서 두 반응물의 반응 계수 비는 1:1이다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 산화 환원 반응에서 환원제 판단, 원소별 산화수 변화, 생성물의 산화수 비교, 반응식 계수비를 함께 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

다이크로뮴산 이온에서 Cr의 산화수는 +6이고, Cr2O3에서 Cr의 산화수는 +3이다. 탄소는 반응물에서 0이고 생성물인 Na2CO3와 CO에서 각각 +4, +2가 되므로 산화되어 환원제로 작용한다. 반응식은 Na2Cr2O7 + 2C -> Cr2O3 + Na2CO3 + CO로 맞춰진다.

선지별 해설

① O: ㄱ만 옳다. 탄소는 0에서 +4 또는 +2로 산화되고, 그 과정에서 Cr(+6)을 Cr(+3)으로 환원시키므로 환원제이다.
② X: ㄴ이 틀렸으므로 오답이다. Cr의 산화수는 +6에서 +3으로 변하므로 Cr 1원자당 변화량은 -3이고, 2개를 합치면 총 -6이다. 틀린 표현은 "-4"이고, 올바르게는 "Cr의 산화수 변화는 1원자당 -3이다" 또는 "Cr 2개의 총 산화수 변화는 -6이다"이다.
③ X: ㄹ이 틀렸으므로 오답이다. 반응식의 반응물 계수비는 Na2Cr2O7 : C = 1 : 2이다. 틀린 표현은 "1:1"이고, 올바르게는 "1:2"이다.
④ X: ㄴ, ㄷ, ㄹ이 모두 틀렸으므로 오답이다. ㄴ은 Cr의 산화수 변화량을 잘못 썼고, ㄷ은 생성물에서 탄소의 산화수가 같다고 했지만 Na2CO3에서는 +4, CO에서는 +2로 서로 다르다. 틀린 표현은 "동일하다"이고, 올바르게는 "서로 다르다"이다. ㄹ도 반응물 계수비를 1:1로 잘못 썼고, 올바르게는 1:2이다.

NoteBase

오답 포인트

Cr의 산화수 변화를 원자 1개 기준으로 볼지, 원자 전체 합으로 볼지를 섞으면 ㄴ에서 흔들린다. 또 탄소가 두 생성물에 나뉘어 들어가므로 탄소의 산화수가 모두 같다고 착각하거나, 반응식 계수를 확인하지 않고 ㄹ을 고르면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

산화 환원 선지는 먼저 각 원소의 반응 전후 산화수를 적고, 그다음 누가 산화되었는지로 환원제와 산화제를 정한다. 이후 계수는 원자수와 산소 수가 동시에 맞는지 직접 맞춰 본 뒤 선지를 판정한다.

암기 포인트

산화수 증가 원소는 환원제이고, 맞춘 반응식이 최종 판정 기준이다.

NoteBase