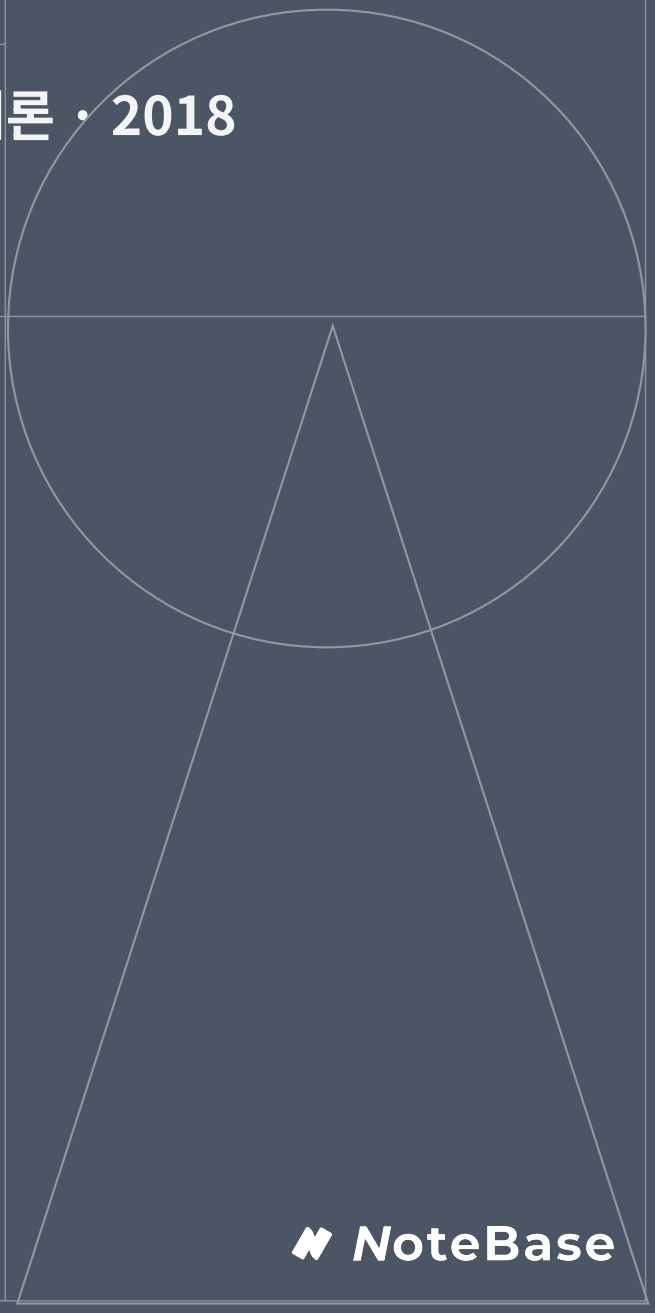
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2018

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2018

문 1. 각 원소에 대한 설명으로 옳은 것은?

① ^{16}O의 원자 번호는 16이다.

② 자연계에 존재하는 $^{35}_{17}Cl$의 다른 한 가지 동위원소의 질량은 35amu보다 작다. (Cl 평균원자질량 = 35.453amu)

③ $^{137}_{56}Ba^{2+}$ 이온의 양성자 개수는 81개이다.

④ ^{12}C의 원자질량은 12.000amu이다. (C 평균원자질량 = 12.011amu)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원자 번호·질량수·중성자 수와 이온의 전하가 각각 무엇을 뜻하는지 구별하는 문제이다.

핵심 개념

원자 번호는 양성자 수이며, 원소의 종류를 결정한다. 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이다. 중성자 수는 질량수에서 원자 번호를 뺀 값이다. 이온의 전하는 전자 수만 바꾸므로 양성자 수와 중성자 수는 변하지 않는다. 탄소-12 원자 1개의 질량은 원자질량단위의 기준으로 정확히 12.000amu이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 산소의 원자 번호는 8이다. 선지의 '원자 번호는 16'이 틀린 표현이며, 16은 산소-16의 질량수이다. 올바르게는 산소-16은 양성자 8개와 중성자 8개를 가진다.

② X: 염소-35와 자연계에 함께 존재하는 대표적 동위원소는 염소-37이다. 선지의 '35amu보다 작다'가 틀린 표현이며, 올바르게는 그 질량은 대략 37amu로 35amu보다 크다. 염소의 평균 원자질량이 35.453amu인 것은 염소-35와 염소-37이 섞여 있기 때문이다.

③ X: 바륨-137의 원자 번호는 56이므로 양성자 수는 56개이다. 선지의 '양성자 개수는 81개'가 틀린 표현이며, 81개는 중성자 수이다. 바륨 이온의 2+ 전하는 전자 2개를 잃었다는 뜻일 뿐 양성자 수를 바꾸지 않는다.

④ O: 탄소-12 원자 1개의 질량은 원자질량단위의 정의에 따라 정확히 12.000amu이다. 12.011amu는 자연계 탄소 동위원소의 존재비를 반영한 탄소의 평균 원자질량이다.

오답 포인트

①에서는 질량수 16을 원자 번호로, ③에서는 중성자 수 81을 양성자 수로 바꾸어 제시하였다. 또한 ④의 탄소-12 한 원자의 질량과 자연계 탄소의 평균 원자질량 12.011amu를 구별해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

동위원소 표기에서 아래 수는 원자 번호, 위 수는 질량수로 읽는다. 먼저 양성자 수는 원자 번호와 같다고 정하고, 중성자 수는 질량수에서 원자 번호를 빼서 판단한다. 이온 전하가 붙어도 바뀌는 것은 전자 수뿐이다.

암기 포인트

원자 번호 = 양성자 수, 질량수 = 양성자 수 + 중성자 수, 이온 전하 = 전자 수의 변화이다. 탄소-12는 정확히 12.000amu이다.

NoteBase

문 2. 원자 구조 및 주기성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 같은 주기에서는 1족에 있는 원자의 일차 이온화 에너지가 가장 작다.

② 모든 원소 중에서 일차 이온화 에너지가 가장 큰 원자는 He이다.

③ 2주기에서 알칼리 금속부터 할로젠 원소까지 원자 번호가 커짐에 따라 원자의 반지름도 커진다.

④ 같은 주기에서 원자의 전자친화도는 알칼리 금속이 알칼리 토금속보다 크다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 주기에서의 이온화 에너지·전자친화도 변화와 주기 방향에 따른 원자 반지름 변화를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

이온화 에너지는 기체 상태 원자에서 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지이며, 같은 주기에서는 대체로 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 커진다. 원자 반지름은 전자구름의 크기이며, 같은 주기에서는 유효 핵전하가 커져 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 작아진다. 전자친화도는 원자가 전자를 받아들일 때의 경향으로, 같은 주기에서 알칼리 금속은 최외각 전자배치가 이미 안정한 알칼리 토금속보다 대체로 크다.

선지별 해설

① O. 같은 주기에서는 대체로 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 이온화 에너지가 커진다. 따라서 각 주기의 가장 왼쪽에 있는 1족 원소의 1차 이온화 에너지가 가장 작다.
② O. He은 전자껍질이 1개이고 원자 반지름이 매우 작으며 유효 핵전하가 커서, 모든 원소 중 1차 이온화 에너지가 가장 크다.
③ X. 틀린 표현은 '원자 반지름도 커진다'이다. 2주기에서 알칼리 금속 Li부터 할로젠 F까지 갈수록 핵전하가 증가하고 전자는 같은 전자껍질에 추가되므로 원자 반지름은 작아진다.
④ O. 알칼리 금속은 최외각 전자배치가 ns^1이고, 전자 1개를 받으면 더 안정한 ns^2가 된다. 이미 ns^2인 알칼리 토금속보다 전자를 받아들이는 경향, 즉 전자친화도가 대체로 크다.

오답 포인트

③은 원자 번호 증가에 따라 핵전하도 증가한다는 점을 반지름 증가로 잘못 연결한 선지이다. 같은 주기에서는 전자껍질 수가 같으므로 유효 핵전하 증가가 우세하여 원자를 더 작게 끌어당긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 주기에서 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하면 원자 반지름은 감소하고, 이온화 에너지는 대체로 증가한다고 판단한다. 전자친화도는 최외각 전자배치가 안정한 원소는 상대적으로 작을 수 있음을 함께 확인한다.

NoteBase

암기 포인트

같은 주기: 반지름은 감소, 이온화 에너지는 증가이다.

NoteBase

문 3. 다음은 수소H_2와 질소N_2의 기체상 반응을 통한 암모니아 합성 반응식이다. 평형변화에 대한 설명으로 옳은 것은?

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta H = -92\text{kJ}$$

① 반응용기를 가열하면 정반응이 일어난다.

② 용기의 부피를 줄여 압력을 높이면 정반응이 일어난다.

③ 암모니아를 첨가하면 정반응이 일어난다.

④ 질소를 첨가하면 역반응이 일어난다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 르샤틀리에 원리에 따라 온도·압력·농도 변화가 암모니아 합성 평형을 어느 방향으로 이동시키는지를 묻는다.

핵심 개념

르샤틀리에 원리는 평형 상태의 계에 변화를 가하면 그 변화를 줄이는 방향으로 평형이 이동한다는 원리이다.
정반응은 발열 반응이므로 가열하면 열을 흡수하는 역반응 쪽으로 이동한다.
기체 압력을 높이면 기체 몰 수가 더 적은 쪽으로 이동한다. 이 반응에서는 반응물 쪽이 4몰, 생성물 쪽이 2몰이다.
어느 물질을 첨가하면 그 물질을 소비하는 방향으로 평형이 이동한다.

선지별 해설

① X. 정반응은 발열 반응이다. 가열은 열을 가한 변화이므로 열을 흡수하는 역반응이 일어난다. 틀린 표현 '정반응' → 올바르게는 '역반응'이다.
② O. 용기 부피를 줄이면 압력이 높아지고, 평형은 기체 몰 수가 적은 생성물 쪽으로 이동한다. 반응물은 4몰, 생성물은 2몰이므로 정반응이 일어난다.
③ X. 암모니아는 생성물이다. 암모니아를 첨가하면 증가한 암모니아를 소비하기 위해 역반응이 일어난다. 틀린 표현 '정반응' → 올바르게는 '역반응'이다.
④ X. 질소는 반응물이다. 질소를 첨가하면 증가한 질소를 소비하기 위해 정반응이 일어난다. 틀린 표현 '역반응' → 올바르게는 '정반응'이다.

오답 포인트

①은 발열 반응에서 온도를 높였을 때의 방향을, ③·④는 첨가한 물질을 소비하는 방향을 반대로 판단하게 하는 선지이다. 압력 변화는 계수의 합이 아니라 기체 몰 수가 적은 쪽을 비교한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 정반응의 흡열·발열을 확인한다. 온도는 가한 열을 소비하는 방향, 압력 증가는 기체 몰 수가 적은 방향, 물질 첨가는 그 물질을 소비하는 방향으로 평형이 이동한다고 판단한다.

암기 포인트

발열 반응 가열 → 역반응, 압력 증가 → 기체 몰 수가 적은 쪽, 물질 첨가 → 첨가한 물질을 소비하는 쪽이다.

NoteBase

문 4. 다음 산화환원 반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$PbO(s) + CO(g) \rightarrow Pb(s) + CO_2(g)$

① 납 산화물을 일산화탄소로 처리하여 납 금속을 만드는 반응이다.

② PbO는 산화제이다.

③ 반응을 통해 CO는 산화되었다.

④ 환원된 생성물 Pb의 산화수는 +2이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 산화수의 변화를 이용하여 산화·환원, 산화제와 환원제를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

산화는 산화수가 증가하는 변화이고, 환원은 산화수가 감소하는 변화이다. 다른 물질을 산화시키고 자신은 환원되는 물질이 산화제이며, 다른 물질을 환원시키고 자신은 산화되는 물질이 환원제이다. 이 반응에서 PbO의 Pb는 +2에서 0으로 감소하여 환원되고, CO의 C는 +2에서 +4로 증가하여 산화된다.

선지별 해설

① O. PbO가 CO에 의해 Pb로 바뀌므로 납 산화물을 일산화탄소로 환원하여 납 금속을 만드는 반응이다.
② O. PbO 속 Pb는 +2에서 0으로 환원된다. 자신이 환원되면서 CO를 산화시키므로 PbO는 산화제이다.
③ O. CO 속 C의 산화수는 +2이고, CO_2에서는 +4이다. 산화수가 증가하므로 CO는 산화되었다.
④ X. 틀린 표현은 ‘Pb의 산화수는 +2’이다. 생성물 Pb는 단체이므로 산화수는 0이다.

오답 포인트

④는 반응물 PbO 속 Pb의 산화수 +2를 생성물 Pb에도 그대로 적용하게 만드는 선지이다. 원소 상태의 단체 Pb는 항상 산화수 0이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응 전후 같은 원소의 산화수를 비교한다. 산화수가 증가하면 산화·환원제, 감소하면 환원·산화제 관계를 함께 판단하고, 단체로 존재하는 원소의 산화수는 0으로 둔다.

암기 포인트

산화수 증가 = 산화, 산화수 감소 = 환원, 단체의 산화수 = 0이다.

NoteBase

문 5. 고체 결정에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 이온결정은 녹는점이 높으며, 녹으면 전도체가 된다.
ㄴ. 분자결정인 아르곤 결정에서 인력은 단지 London 힘뿐이다.
ㄷ. 공유결정은 단단하고 녹는점이 매우 낮으며 전도체이다.
ㄹ. 금속결정은 열전도성과 전기전도성이 좋으며, 모두 녹는점이 높다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이온·분자·공유·금속 결정의 구성 입자와 결합 방식에 따른 성질을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

이온 결정은 양이온과 음이온의 정전기적 인력으로 이루어지며, 녹으면 이온이 이동하여 전기가 통한다.
분자 결정은 분자 사이의 힘으로 이루어지며, 아르곤 결정에서는 런던 힘만 작용한다.
공유 결정은 원자들이 공유 결합으로 그물처럼 연결된 결정으로 단단하고 녹는점이 매우 높으며, 일반적으로 전기가 통하지 않는다.
금속 결정은 자유 전자 때문에 열과 전기가 잘 통하지만, 녹는점이 모두 높은 것은 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① ㄱ, ㄴ: O
ㄱ 이온 결정은 강한 이온 결합 때문에 녹는점이 높다. 고체에서는 이온이 고정되어 있으나, 녹으면 이온이 이동할 수 있어 전기가 통한다.
ㄴ 아르곤 결정은 런던 힘에 의해 유지되는 분자 결정이다. 아르곤은 비극성 단원자 입자이므로 입자 사이에 작용하는 인력은 런던 힘뿐이다.

② ㄱ, ㄷ: X
ㄷ의 '단단하지 않고 녹는점이 매우 낮으며 전도체'가 틀린 표현이다. 공유 결정은 원자들이 강한 공유 결합으로 연결되어 단단하고 녹는점이 매우 높으며, 일반적으로 부도체이다.

③ ㄴ, ㄷ: X
ㄷ의 '단단하지 않고 녹는점이 매우 낮으며 전도체'가 틀린 표현이다. 올바르게는 공유 결정은 단단하고 녹는점이 높으며 일반적으로 전기가 통하지 않는다.

④ ㄴ, ㄹ: X
ㄹ의 '모두 녹는점이 높다'가 틀린 표현이다. 금속 결정은 열전도성과 전기전도성은 좋지만, 수은처럼 녹는점이 낮은 금속도 있다.

오답 포인트

ㄹ은 금속 결정의 전도성이라는 옳은 성질 뒤에 '모두'라는 절대 표현을 붙인 선지이다. 금속이라고 해서 녹는점이 항상 높은 것은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

결정의 성질은 먼저 구성 입자와 결합을 연결해 판단한다. 이온 결정은 녹은 상태에서 이온 이동, 공유 결정은 강한 공유 결합, 금속 결정은 자유 전자를 핵심 기준으로 삼는다. '모두', '항상'과 같은 절대 표현은 예외가 있는지 함께 확인한다.

암기 포인트

이온 결정은 녹으면 전도, 공유 결정은 단단·고융점, 금속 결정은 자유 전자·전도성이다.

NoteBase

문 6. 다음은 두 가지 화학 반응을 나타낸 것이다.
두 반응의 생성물에 공통적으로 들어 있는 작용기는?

◯ CO + 2H_2 [ZnO/Cr_2O_3 촉매]350^C, 250 atm
◯ CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O H^+

① 에터기(-O-)
② 하이드록시기(-OH)
③ 알데히드기(-CHO)
④ 카복실기(-COOH)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 합성가스에서 생성되는 메탄올과 에스터의 산 촉매 가수분해 생성물에 공통으로 포함되는 작용기를 묻는다.

핵심 개념

CO와 H_2는 ZnO/Cr_2O_3 촉매 아래에서 메탄올(CH_3OH)을 생성한다. $CH_3COOCH_2CH_3$는 산성 조건에서 물과 가수분해되어 아세트산(CH_3COOH)과 에탄올(CH_3CH_2OH)을 생성한다. 하이드록시기(−OH)는 알코올에 들어 있는 작용기이며, 메탄올과 에탄올에 공통으로 존재한다.

선지별 해설

① X: 에터기(−O−)는 산소가 두 탄소 사이를 연결한 작용기이다. 두 반응의 생성물에는 이러한 에터기가 없다. 틀린 표현은 '에터기'이며, 공통 작용기는 하이드록시기(−OH)이다.
② O: 첫 반응의 메탄올과 둘째 반응의 에탄올에는 모두 하이드록시기(−OH)가 들어 있다.
③ X: 알데히드기(−CHO)는 탄소 사슬 끝의 카보닐기이다. 생성물인 메탄올, 아세트산, 에탄올에는 알데히드기가 없다. 틀린 표현은 '알데히드기'이며, 공통 작용기는 하이드록시기(−OH)이다.
④ X: 카복실기(−COOH)는 아세트산에는 있으나, 첫 반응의 생성물인 메탄올에는 없다. 틀린 표현은 '카복실기'이며, 두 반응 생성물에 공통인 것은 하이드록시기(−OH)이다.

오답 포인트

②와 ④를 혼동하기 쉽다. 아세트산에는 카복실기가 있지만, 공통 작용기는 두 반응의 모든 생성물 쪽에서 확인해야 하므로 메탄올에도 있는 하이드록시기를 골라야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

각 반응의 생성물을 먼저 식으로 쓴 뒤, 보기의 작용기가 모든 생성물에 들어 있는지를 하나씩 대조한다. 한 생성물에만 있는 작용기는 공통 작용기가 아니다.

암기 포인트

$CO + H_2$ → 메탄올, 에스터 + 물 → 카복실산 + 알코올이며, 메탄올·에탄올의 공통 표지는 −OH이다.

NoteBase

문 7. 여러 가지 화학결합에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 격자에너지는 NaCl(s)이 KI(s)보다 작다.

② 전기음성도는 플루오린(F)이 탄소(C)보다 크며, 이 둘 간의 화학결합은 극성공유결합이다.

③ 포타슘(K)과 염소(Cl) 원소가 결합하여 KCl을 형성하는 결합은 이온결합이다.

④ 탄소(C)와 수소(H) 간 전기음성도 차이는 크지 않으므로, 탄화수소 화합물 분자는 대체로 비극성 물질이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이온 반지름에 따른 격자에너지, 전기음성도 차이에 따른 공유결합의 극성, 이온결합과 비극성 분자의 성질을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

격자에너지는 이온 결정에서 양이온과 음이온 사이의 인력이 클수록 커진다. 같은 전하량이면 이온 사이 거리가 짧을수록 격자에너지가 크다. 공유결합은 전기음성도 차이가 있으면 극성공유결합이 되고, 금속과 비금속 사이의 전자 이동으로 생긴 결합은 이온결합이다.

선지별 해설

① X: NaCl은 Na^+와 Cl^-의 이온 반지름이 K^+와 I^-보다 작아 이온 사이 거리가 더 짧고 인력이 더 크다. 따라서 격자에너지는 NaCl(s)이 KI(s)보다 크다. 틀린 표현은 'NaCl(s)이 KI(s)보다 작다'이며, 올바르게는 'NaCl(s)이 KI(s)보다 크다'이다.

② O: F의 전기음성도는 C보다 훨씬 크므로 C－F 결합의 공유 전자쌍이 F 쪽으로 치우친다. 따라서 C－F 결합은 극성공유결합이다.

③ O: K는 전자를 잃어 K^+가 되고 Cl은 전자를 받아 Cl^-가 된다. KCl은 이 양이온과 음이온의 정전기적 인력으로 이루어진 이온결합 물질이다.

④ O: C와 H의 전기음성도 차이는 작아 C－H 결합은 거의 비극성 공유결합으로 취급된다. 따라서 탄화수소 분자는 대체로 비극성 물질이다.

오답 포인트

①은 '이온의 크기가 큰 KI가 격자에너지도 클 것'이라고 생각하게 만드는 선지이다. 격자에너지는 이온 자체의 크기보다 이온 사이 거리와 정전기적 인력에 주목하여 판단한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

전하량이 같은 이온 결정끼리는 양이온과 음이온의 반지름이 작아 이온 사이 거리가 짧은 쪽의 격자에너지가 더 크다고 판단한다. 공유결합은 전기음성도 차이가 크면 극성이 커지고, 금속·비금속의 전자 이동이면 이온결합으로 판단한다.

암기 포인트

작은 이온끼리 가까울수록 격자에너지는 크다: NaCl > KI.

NoteBase

문 8. 1s, 2s, 3s 오비탈의 방사 확률 분포에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 주양자수가 증가함에 따라, 방사 확률 분포의 봉우리 개수는 기하급수적으로 증가한다.

② 방사 확률 분포의 봉우리가 여러 개일 경우, 안쪽 봉우리는 바깥쪽 봉우리보다 크다.

③ 주양자수가 증가함에 따라, 방사 확률 분포는 핵으로부터 더 멀리 퍼져 있다.

④ 주양자수가 증가함에 따라, 방사 확률 분포의 마디 개수는 감소한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 s 오비탈에서 주양자수 n이 커질 때 방사 확률 분포의 봉우리 수, 방사 마디 수, 그리고 핵으로부터의 퍼짐이 어떻게 변하는지를 묻는다.

핵심 개념

방사 확률 분포는 핵에서 거리 r인 얇은 구껍질에서 전자를 발견할 확률을 나타낸다. s 오비탈은 n이 1씩 증가할 때 봉우리 수가 1개씩, 방사 마디 수는 n−1개씩 증가한다. 또한 n이 클수록 전자 분포는 평균적으로 핵에서 더 먼 곳까지 퍼진다.

선지별 해설

① X. 1s, 2s, 3s의 봉우리 수는 각각 1개, 2개, 3개이다. 기하급수적으로 증가하는 것이 아니라 n에 따라 1개씩 증가한다. 틀린 표현은 ‘기하급수적으로’이며, 올바르게는 ‘선형적으로(1개씩) 증가한다’이다.

② X. 봉우리가 여러 개인 s 오비탈의 방사 확률 분포에서는 일반적으로 바깥쪽 봉우리가 안쪽 봉우리보다 더 크다. 틀린 표현은 ‘안쪽 봉우리는 바깥쪽 봉우리보다 크다’이며, 올바르게는 ‘바깥쪽 봉우리가 안쪽 봉우리보다 크다’이다.

③ O. 주양자수 n이 증가하면 오비탈의 크기와 전자 분포의 범위가 커진다. 따라서 1s보다 2s, 2s보다 3s의 방사 확률 분포가 평균적으로 핵에서 더 멀리 퍼져 있다.

④ X. s 오비탈의 방사 마디 수는 n−1이므로 1s는 0개, 2s는 1개, 3s는 2개이다. 틀린 표현은 ‘감소한다’이며, 올바르게는 ‘증가한다’이다.

오답 포인트

①은 봉우리 수의 증가 방향은 맞지만 증가 양상을 ‘기하급수적’이라고 바꾸어 틀리게 만든 선지이다. ④는 주양자수가 커질수록 마디가 많아진다는 관계를 반대로 제시한 선지이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

s 오비탈에서는 1s, 2s, 3s 순으로 봉우리 수를 1, 2, 3으로 세고, 방사 마디 수는 n−1로 판단한다. 이어서 n이 큰 오비탈일수록 분포가 핵에서 더 멀리 퍼진다는 점을 적용한다.

암기 포인트

ns 오비탈: 봉우리 수 n개, 방사 마디 수 n−1개, n이 클수록 더 바깥까지 퍼진다.

NoteBase

문 9. 표준 상태의 두 반쪽 반응을 이용한 전지에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 환원 전극은 백금 전극을, 염다리는 KNO_3 수용액을 사용하고 패러데이 상수는 $96{,}500\,C\cdot mol^{-1}$이다)

$$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s) \qquad E^\circ = -0.50\,V$$

$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l) \qquad E^\circ = 1.50\,V$$

① $Fe(s)|Fe^{2+}(aq)||MnO_4^-(aq), Mn^{2+}(aq)|Pt(s)$로 나타낸다.

② 산화-환원 반응식은 $2MnO_4^-(aq) + 5Fe(s) + 16H^+(aq) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$이다.

③ 염다리를 오래 사용하면 충전된 이온이 빠져나가 전류가 흐르지 않는다.

④ 이 전지 반응의 자유 에너지 변화 ΔG°는 $-1{,}930kJ$이다.

정답 3번

출제 포인트

두 표준 환원 전위를 이용하여 전지의 산화·환원 반응, 염다리의 이온 이동, 표준 자유 에너지 변화를 판단하는 문제이다.

조건 정리

Fe^{2+}/Fe의 표준 환원 전위는 −0.50 V이고, MnO_4^-/Mn^{2+}의 표준 환원 전위는 +1.50 V이다. 전위가 더 큰 MnO_4^-/Mn^{2+} 전극이 환원 전극(양극)이고, Fe 전극은 산화 전극(음극)이다. 두 반쪽 반응의 전자 수 2와 5의 최소공배수는 10이다.

사용할 공식

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode} = 1.50 - (-0.50) = 2.00V$이다. 또한 $\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$이다. 전지 전위는 반응식을 몇 배 하더라도 배로 늘리지 않지만, 자유 에너지 변화에서는 전체 반응에 이동한 전자 몰수 n을 사용한다.

계산 과정

Fe의 산화 반응은 $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$이다. 과망가니즈산 이온의 환원 반응에 전자를 맞추어 더하면 $2MnO_4^-(aq) + 5Fe(s) + 16H^+(aq) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$가 된다. 따라서 $n = 10$이고, $\Delta G^\circ = -(10)(96{,}500 C mol^{-1})(2.00V) = -1{,}930{,}000J = -1{,}930kJ$이다.

NoteBase

선지 판단

① O. Fe 전극에서는 Fe가 Fe^{2+}로 산화되고, 과망가니즈산 이온과 Mn^{2+}가 있는 쪽에서는 Pt가 불활성 전극으로 작용하며 환원이 일어난다. 따라서 $Fe(s)|Fe^{2+}(aq)||MnO_4^-(aq),\ Mn^{2+}(aq)|Pt(s)$로 나타낼 수 있다.
② O. Fe의 산화 반응을 5배, MnO_4^-의 환원 반응을 2배 하여 전자 10개를 소거하면 제시된 전체 산화·환원 반응식이 된다.
③ X. 염다리는 두 용액의 전하 불균형을 막기 위해 이온을 이동시켜 회로를 완성한다. 오래 사용하여 전류가 멈추는 직접적인 이유를 염다리 속 이온이 빠져나가기 때문이라고 할 수 없다. 틀린 표현은 '충전된 이온이 빠져나가 전류가 흐르지 않는다'이며, 올바르게는 '반응물의 소모와 전하 축적을 염다리가 보완하지만, 전지 반응이 진행되어 평형에 이르거나 반응물이 소모되면 전류가 멈춘다'이다.
④ O. 전체 반응에서 이동한 전자 수는 10 mol이므로 $\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell} = -1{,}930\,kJ$이다.

오답 포인트

③에서 염다리는 전하를 운반하여 두 반쪽 전지의 전기적 중성을 유지하는 장치라는 점이 핵심이다. 염다리의 이온 이동은 전류를 멈추게 하는 원인이 아니라 전류가 계속 흐를 수 있게 하는 조건이다. 또한 ΔG° 계산에서 전지 전위 2.00 V에 전자 수 10을 다시 곱하지 않으면 ④의 값을 얻을 수 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

표준 환원 전위가 큰 반쪽 반응을 환원 전극으로 정한 뒤, 다른 반쪽 반응은 역으로 써서 산화 반응으로 만든다. 다음으로 전자 수를 맞춰 전체 반응의 n을 구하고, E°_{cell}과 $\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$를 차례로 적용한다. 염다리 선지는 '전기적 중성 유지와 회로 완성'에 해당하는지로 판단한다.

암기 포인트

전위가 큰 쪽은 환원, ΔG°에는 전체 전자 수 n, 염다리는 전하 중성 유지이다.

NoteBase

문 10. 다음은 수소 기체에 의한 산화알루미늄 환원 반응이고, 열역학 데이터는 25°C 1기압에서의 값이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고르면?

$$Al_2O_3(s) + 3H_2(g) \rightarrow 2Al(s) + 3H_2O(g)$$

	$Al_2O_3(s)$	$H_2(g)$	$Al(s)$	$H_2O(g)$
$\Delta H_f^o(kJ \cdot mol^{-1})$	$-1,676$	0	0	-242
$S^o(J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1})$	51	131	28	189

<보기>

ㄱ. 25°C 1기압에서 이 반응은 흡열반응이다.

ㄴ. 반응의 ΔH_{rxn}°는 $-950kJ \cdot mol^{-1}$이다.

ㄷ. 반응의 ΔS_{rxn}°는 $179J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$이다.

ㄹ. 25°C 1기압에서 이 반응은 자발적이다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄴ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

표준 생성 엔탈피와 표준 몰 엔트로피로 반응의 ΔH_{rxn}°, ΔS_{rxn}°, ΔG°를 판단하는 문제이다.

조건 정리

반응식은 $Al_2O_3(s) + 3H_2(g) \rightarrow 2Al(s) + 3H_2O(g)$이다.

생성 엔탈피는 생성물의 합에서 반응물의 합을 빼고, 엔트로피도 화학양론 계수를 각각 곱하여 생성물 합에서 반응물 합을 뺀다.

ΔS°의 단위는 $Jmol^{-1}K^{-1}$이므로 ΔG° 계산에서는 $kJmol^{-1}K^{-1}$로 환산한다.

NoteBase

사용할 공식

Δ H^_rxn=Σ νΔ H_f^(생성물)-Σ νΔ H_f^(반응물)
Δ S^_rxn=Σ ν S^(생성물)-Σ ν S^(반응물)
$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$
반응의 열출입은 ΔH°의 부호로, 자발성은 ΔG°의 부호로 판정하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. $\Delta H^\circ_{rxn} = [2(0) + 3(-242)] - [(-1676) + 3(0)] = +950\text{kJmol}^{-1}$이다. 따라서 정반응은 흡열반응이다.
2. $\Delta S^\circ_{rxn} = [2(28) + 3(189)] - [51 + 3(131)] = 179\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$이다.
3. $179\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1} = 0.179\text{kJmol}^{-1}\text{K}^{-1}$이므로, $25^\circ\text{C} = 298\text{K}$에서
$\Delta G^\circ = 950 - 298(0.179) \approx +897\text{kJmol}^{-1}$이다. $\Delta G^\circ > 0$이므로 정반응은 자발적이지 않다.

선지 판단

① ㄱ: O. $\Delta H^\circ_{rxn} = +950\text{kJmol}^{-1}$이므로 열을 흡수하는 흡열반응이다.
② ㄴ: X. 틀린 표현은 '-950kJmol^{-1}'이다. 생성물 합에서 반응물 합을 빼면 $+950\text{kJmol}^{-1}$이므로, 올바르게는 '반응의 ΔH°_{rxn}는 $+950\text{kJmol}^{-1}$이다.'이다.
③ ㄷ: O. 계수를 반영한 표준 몰 엔트로피 차는 $179\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$이다.
④ ㄹ: X. 틀린 표현은 '자발적이다'이다. 25°C에서 $\Delta G^\circ \approx +897\text{kJmol}^{-1}$이므로, 올바르게는 '이 반응은 정반응 방향으로 자발적이지 않다.'이다.
따라서 옳은 것은 ㄱ, ㄷ이고 정답은 2번이다.

오답 포인트

ㄴ은 반응 엔탈피 계산에서 '생성물−반응물' 순서를 뒤집으면 -950kJmol^{-1}으로 잘못 나온다. ㄹ은 $\Delta S^\circ > 0$만 보고 자발적이라고 판단하기 쉽지만, 이 반응은 ΔH°가 매우 큰 양수이므로 25°C에서 ΔG°가 양수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

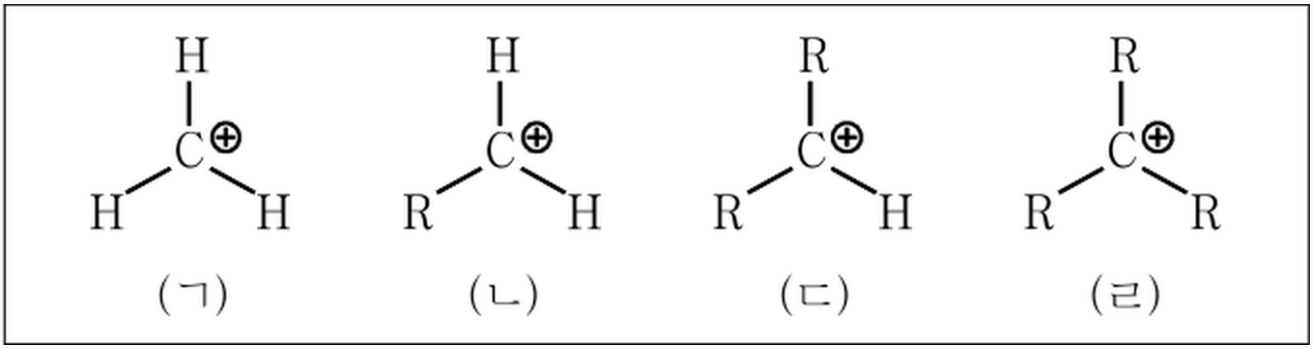
열화학 자료 문제는 먼저 계수를 포함해 '생성물−반응물'로 ΔH°와 ΔS°를 구한다. 이어서 엔트로피 단위를 엔탈피 단위에 맞춘 뒤 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$의 부호로 자발성을 판단한다.

암기 포인트

$\Delta H^\circ > 0$는 흡열, $\Delta G^\circ < 0$는 자발이다. 반응량 계산은 항상 '생성물−반응물'이다.

NoteBase

문 11. 다음 탄소양이온 중간체들 중 가장 불안정한 것은? (단, R-은 알킬기를 의미한다)



① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 알킬기가 탄소양이온의 양전하를 분산시켜 안정성을 높이는 효과를 묻는다.

핵심 개념

탄소양이온은 전자 부족인 양전하를 띠므로 알킬기의 전자 주개성 유도 효과와 초공명으로 안정화된다. 알킬 치환기가 많을수록 양전하가 더 잘 분산되어 안정하다. 따라서 안정성은 3차 > 2차 > 1차 > 메틸 탄소양이온 순서이다.

선지별 해설

① O: ㄱ은 알킬기가 하나도 결합하지 않은 메틸 탄소양이온이다. 알킬기에 의한 안정화가 전혀 없어 네 구조 중 가장 불안정하다.
② X: ㄴ은 알킬기 1개가 결합한 1차 탄소양이온이다. ‘ㄴ이 가장 불안정하다’는 표현이 틀리며, 가장 불안정한 것은 ㄱ이다.
③ X: ㄷ은 알킬기 2개가 결합한 2차 탄소양이온이다. ‘ㄷ이 가장 불안정하다’는 표현이 틀리며, ㄷ은 ㄱ과 ㄴ보다 안정하다.
④ X: ㄹ은 알킬기 3개가 결합한 3차 탄소양이온이다. ‘ㄹ이 가장 불안정하다’는 표현이 틀리며, ㄹ은 네 구조 중 가장 안정하다.

NoteBase

오답 포인트

알킬기가 많으면 입체장애가 커진다는 점만 떠올려 3차 탄소양이온을 불안정하다고 판단하기 쉽다. 이 문제에서는 입체장애보다 알킬기에 의한 양전하 분산과 초공명 안정화가 결정적이다.

다시 나오면 이렇게 판단

양전하를 띤 탄소에 직접 결합한 알킬기 수를 센다. 알킬기 수가 0개인 메틸, 1개인 1차, 2개인 2차, 3개인 3차 순으로 분류한 뒤 치환기가 적을수록 불안정하다고 판단한다.

암기 포인트

탄소양이온 안정성: 3차 > 2차 > 1차 > 메틸이다.

NoteBase

문 12. 배위화합물 $[Co(NH_3)_2(en)Cl_2]^+$에서 중심금속 Co의 산화수와 배위수를 바르게 연결한 것은? (en = $H_2NCH_2CH_2NH_2$)

① 산화수: +2, 배위수: 5

② 산화수: +2, 배위수: 6

③ 산화수: +3, 배위수: 5

④ 산화수: +3, 배위수: 6

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 착이온 $[Co(NH_3)_2(en)Cl_2]^+$에서 중심 금속의 산화수와 리간드가 제공하는 배위 자리 수를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

산화수는 착이온 전체 전하와 각 리간드의 전하를 이용해 구한다. NH_3와 en은 중성이고 Cl^- 두 개의 전하 합은 -2이므로 Co의 산화수를 x라 하면 $x-2=+1$, 따라서 $x=+3$이다.
en은 에틸렌다이아민으로 질소 원자 두 개가 결합하는 두 자리 리간드이다. 따라서 배위수는 NH_3 2자리, en 2자리, Cl^- 2자리의 합인 6이다.

선지별 해설

① X: 산화수 +2와 배위수 5가 모두 틀리다. Co의 산화수는 +3이고, en이 두 자리를 차지하므로 배위수는 6이다.
② X: 배위수 6은 맞지만 산화수 +2가 틀리다. 전하 관계 $x-2=+1$에서 Co의 산화수는 +3이다.
③ X: 산화수 +3은 맞지만 배위수 5가 틀리다. en을 한 분자로만 세지 않고 두 자리 리간드로 세면 배위수는 6이다.
④ O: Co의 산화수는 +3이고, NH_3 2자리 · en 2자리 · Cl^- 2자리이므로 배위수는 6이다.

오답 포인트

en을 리간드 한 분자이므로 배위수 1로 세는 오류가 핵심 함정이다. 배위수는 리간드의 분자 수가 아니라 중심 금속에 직접 결합하는 공여 원자 수로 센다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 리간드 전하와 착이온 전하를 합쳐 중심 금속의 산화수를 구한다. 이어 각 리간드의 자리수로 배위수를 세며, 두 자리 리간드는 2, 한 자리 리간드는 1로 더한다.

NoteBase

암기 포인트

산화수는 전하 계산, 배위수는 결합 자리 합이다. en 하나는 두 자리이다.

NoteBase

문 13. 루이스 구조(Lewis structure)와 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 모형에 근거하여 예측한 화학종의 기하학적 구조가 나머지 셋과 다른 하나는?

① NO_2^-

② SO_2

③ HCN

④ HOCl

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 루이스 구조에서 중심 원자의 전자쌍 수를 세어 VSEPR 분자 모양을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

분자 모양은 중심 원자 주위의 결합 전자쌍과 비공유 전자쌍의 반발로 결정된다. 이중결합과 삼중결합은 각각 하나의 전자영역으로 센다. 중심 원자에 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍이 있으면 굽은형이고, 비공유 전자쌍 없이 양쪽에 원자가 2개만 결합하면 직선형이다.

선지별 해설

① O: NO_2^-는 N이 중심 원자이며 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 1개를 가진다. 전자영역 배열은 평면 삼각형이지만 분자 모양은 굽은형이다.

② O: SO_2는 S 주위에 S=O 결합 2개와 비공유 전자쌍 1개가 있다. 따라서 분자 모양은 굽은형이다.

③ X: HCN은 H-C≡N 구조이고 C가 중심 원자이다. C 주위에는 H-C 결합과 C≡N 결합의 두 전자영역만 있으며 비공유 전자쌍이 없다. 따라서 직선형이다. 틀린 표현은 다른 물질들과 같은 모양이라는 판단이며, 올바르게는 HCN만 직선형이다.

④ O: HOCl은 H-O-Cl 구조로 O가 중심 원자이다. O에는 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 분자 모양은 굽은형이다.

오답 포인트

다중결합을 전자영역 여러 개로 세거나, 전자영역 배열과 분자 모양을 같게 보는 경우가 함정이다. NO_2^-와 SO_2는 전자영역 배열은 평면 삼각형이지만 비공유 전자쌍 때문에 실제 분자 모양은 굽은형이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 루이스 구조에서 중심 원자를 정하고, 중심 원자 주위의 전자영역 수와 비공유 전자쌍 수를 센다. 다중결합은 하나의 전자영역으로 처리한 뒤 비공유 전자쌍의 존재 여부로 직선형과 굽은형을 구별한다.

암기 포인트

중심 원자에 비공유 전자쌍이 끼면 굽고, 양쪽 두 방향만 남으면 직선형이다. HCN은 직선형, NO_2^-·SO_2·HOCl은 굽은형이다.

NoteBase

문 14. HBr가 2-부텐(2-butene)에 첨가되는 반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 친전자성 첨가반응이다.

② 전이상태 한 단계와 중간체 한 개를 갖는다.

③ 전이상태에서는 부분적으로 형성된 결합을 갖는다.

④ 중간체는 완전히 형성된 결합을 갖는다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 알켄에 HBr이 첨가되는 친전자성 첨가반응에서 전이상태와 중간체의 수 및 결합 형성 정도를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

전이상태는 반응 경로에서 에너지가 가장 높은 순간적 배열로, 끊어지거나 만들어지는 결합이 부분적으로만 형성되어 있다. 중간체는 한 단계가 끝나 실제로 존재하는 화학종으로, 이 반응에서는 탄소 양이온이 중간체이다. HBr의 첨가는 먼저 H^+가 이중결합에 첨가되어 탄소 양이온을 만들고, 이어서 Br^-가 탄소 양이온에 결합하는 2단계 반응이다. 따라서 전이상태는 2개, 중간체는 1개이다.

선지별 해설

① O. 알켄의 전자가 풍부한 이중결합이 HBr의 H^+와 반응을 시작하므로 친전자성 첨가반응이다.
② X. 틀린 표현은 '전이상태 한 단계'이다. 실제로는 탄소 양이온 생성 단계와 Br^- 결합 단계에 각각 전이상태가 있으므로 전이상태는 2개이고, 탄소 양이온 중간체는 1개이다.
③ O. 전이상태에서는 기존 결합이 끊어지고 새 결합이 만들어지는 과정이므로 결합이 부분적으로 형성되어 있다.
④ O. 중간체는 전이상태와 달리 에너지 골짜기에 해당하는 실제 화학종이다. 탄소 양이온 중간체가 생길 때 새 C-H 결합은 완전히 형성되어 있다.

오답 포인트

②는 중간체가 1개라는 점은 맞지만 전이상태도 1개라고 한 점이 틀리다. 반응이 두 단계로 진행되면 각 단계의 꼭대기에 전이상태가 하나씩 존재한다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응 메커니즘에서 화살표로 구분되는 한 단계마다 전이상태가 하나 존재한다고 판단한다. 단계 사이에 실제로 존재하는 화학종이 있으면 그것이 중간체이며, 전이상태의 결합은 부분 형성, 중간체의 결합은 완전 형성으로 구별한다.

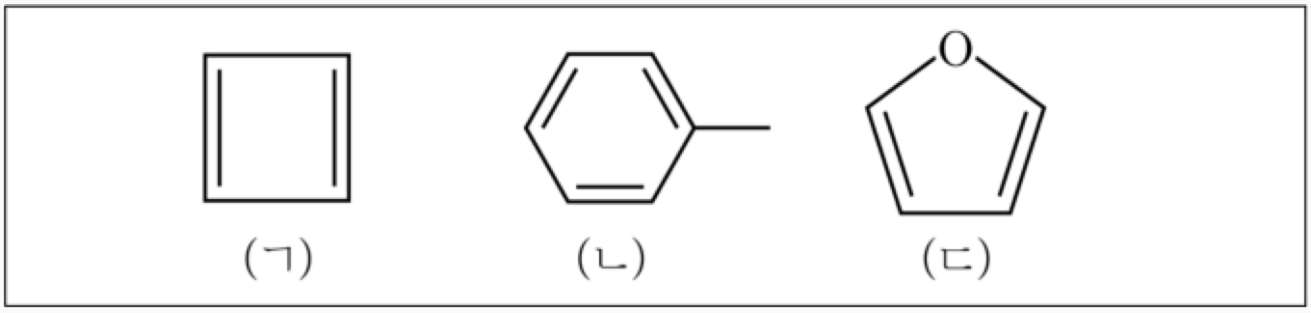
NoteBase

암기 포인트

2단계 반응은 전이상태 2개, 중간체 1개이다. 전이상태는 부분 결합, 중간체는 완전 결합이다.

NoteBase

문 15. 휘켈(Hückel)의 규칙에 근거하여 방향족 화합물을 모두 고르면?



① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 고리 전체에 연속된 p 오비탈이 있고 평면을 이룬다고 볼 때, 휵켈 규칙의 π 전자 수 $4n + 2$를 만족하는 방향족 화합물을 가리는 문제이다.

핵심 개념

방향족 화합물은 고리형·평면형·완전 공액계이면서 π 전자 수가 $4n + 2$개인 화합물이다.
ㄱ의 사이클로부타디엔은 π 전자가 4개여서 $4n$형이며 방향족이 아니다.
ㄴ의 톨루엔은 벤젠 고리의 π 전자가 6개이고, 메틸기는 이 π 전자 수를 바꾸지 않는다.
ㄷ의 푸란은 두 이중결합의 π 전자 4개와 산소의 비공유 전자쌍 하나가 제공하는 2개를 합해 6개의 π 전자를 가진다.

선지별 해설

① X: ㄱ만을 고른 것은 틀렸다. ㄱ은 π 전자가 4개인 사이클로부타디엔으로 휵켈 규칙 $4n + 2$를 만족하지 않는다. 틀린 표현 'ㄱ' → 올바르게는 'ㄴ, ㄷ'이다.
② X: ㄴ만을 고른 것은 틀렸다. ㄴ은 벤젠 고리의 6π 전자로 방향족이지만, ㄷ도 산소의 비공유 전자쌍 하나가 공액계에 참여하여 6π 전자를 이루므로 방향족이다. 틀린 표현 'ㄴ만' → 올바르게는 'ㄴ, ㄷ'이다.
③ X: ㄱ, ㄴ을 고른 것은 틀렸다. ㄴ은 방향족이나 ㄱ의 4π 전자는 $4n$형이다. 또한 ㄷ이 빠져 있다. 틀린 표현 'ㄱ, ㄴ' → 올바르게는 'ㄴ, ㄷ'이다.
④ O: ㄴ은 벤젠 고리에 6π 전자를 가지며, ㄷ은 4π 전자와 산소의 비공유 전자쌍 2개로 총 6π 전자를 가져 모두 방향족이다.

NoteBase

오답 포인트

ㄷ에서 산소의 비공유 전자쌍 두 쌍이 모두 참여한다고 보면 8π 전자로 잘못 셀 수 있다. 푸란에서는 비공유 전자쌍 하나만 p 오비탈로 공액계에 참여하고, 나머지 하나는 고리 평면에 놓여 참여하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 고리가 연속 공액계인지 확인한 뒤, 이중결합당 2개씩 π 전자를 센다. 헤테로 원자가 있으면 공액계에 수직인 p 오비탈에 있는 비공유 전자쌍만 2개를 더하고, 합계가 2, 6, 10처럼 $4n + 2$인지 판단한다.

암기 포인트

방향족은 $4n + 2\pi$ 전자이다. 사이클로부타디엔은 4π, 벤젠과 푸란은 6π 전자이다.

NoteBase

문 16. 흑연과 다이아몬드에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 흑연은 탄소 원자들의 sp^2 혼성궤도들이 만드는 σ 결합을 통해 전자들을 움직여 전기 전도성을 갖는다.

② 흑연은 여러 층으로 이루어진 물질이나, 층 사이의 결합이 약해서 층들이 서로 쉽게 미끄러진다.

③ 밀도는 흑연이 다이아몬드보다 낮다.

④ 흑연과 다이아몬드는 모두 공유결합을 이용한 그물형 고체이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 탄소의 동소체인 흑연과 다이아몬드의 결합 구조 및 그에 따른 성질을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

흑연은 각 탄소 원자가 세 원자와 결합하여 육각형 평면층을 이루는 구조이며, 남은 전자가 층 안에서 비편재화되어 전기가 통한다. 다이아몬드는 각 탄소 원자가 네 원자와 강한 공유 결합으로 연결된 3차원 망상 구조이다. 흑연은 층 사이의 인력이 약하지만, 다이아몬드는 모든 방향으로 강한 공유 결합이 이어진다.

선지별 해설

① X: 전기 전도성을 만드는 전자는 시그마 결합 전자가 아니다. 시그마 결합 전자는 결합 사이에 국한되어 있고, 흑연의 전도성은 혼성화에 참여하지 않은 p 오비탈 전자가 층 안에서 비편재화되어 이동하기 때문에 나타난다. 틀린 표현 '시그마 결합을 통해 전자들을 움직여' → '비편재화된 전자가 층 안에서 이동하여'이다.

② O: 흑연은 여러 평면층으로 이루어지고 층 사이에는 약한 인력이 작용하므로 층들이 쉽게 미끄러진다.

③ O: 흑연은 층상 구조로 층 사이 거리가 있어, 조밀한 3차원 구조의 다이아몬드보다 밀도가 낮다.

④ O: 흑연은 각 층 내부에서, 다이아몬드는 전체 3차원 구조에서 탄소 원자들이 공유 결합으로 이어진 거대한 구조를 이룬다.

오답 포인트

①은 '공유 결합'이라는 말만 보고 맞다고 판단하기 쉽다. 흑연에도 시그마 결합은 존재하지만, 전도성을 담당하는 것은 시그마 결합 전자가 아니라 층 안에서 이동 가능한 비편재화 전자이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

흑연의 성질은 층 내부와 층 사이를 나누어 판단한다. 층 내부는 강한 공유 결합과 이동 가능한 전자로 전도성이 나타나며, 층 사이는 약한 인력으로 쉽게 미끄러진다. 다이아몬드는 3차원 전체가 공유 결합으로 연결되어 단단하고 전기가 통하지 않는다.

암기 포인트

흑연은 '층상·비편재화 전자·전도', 다이아몬드는 '3차원 망상·강한 공유 결합·부도체'로 기억한다.

NoteBase

문 17. 질량 백분율 98.0%, 비중 1.8의 진한 황산용액 1L에서 50.0mL를 취한 다음, 증류수로 희석하여 1L의 묽은 황산용액을 다시 제조하였다. 농도를 모르는 80.0mL의 NaOH 수용액과 당량점까지 중화 반응을 시키는 데 이 묽은 황산용액 40.0mL가 필요하였다. NaOH 수용액의 농도는? (단, 황산의 몰질량은 $98.0\,g\cdot mol^{-1}$이다)

① 0.30M

② 0.45M

③ 0.90M

④ 1.8M

정답 3번

출제 포인트

질량 백분율과 비중으로 진한 황산의 몰수를 구한 뒤, 희석과 중화 반응의 몰비를 적용하여 NaOH 수용액의 몰농도를 구하는 문제이다.

조건 정리

진한 황산용액 1 L의 질량은 $1.8 g/mL \times 1000 mL = 1800 g$이다. 이 중 황산은 질량 백분율 98.0%이므로 $1800 g \times 0.980 = 1764 g$이다.
황산의 몰수는 $1764 g \div 98.0 g\cdot mol^{-1} = 18.0 mol$이다.
이 용액 50.0 mL를 취해 1 L로 희석하므로, 묽은 황산용액 1 L에 들어 있는 황산은 $18.0 mol \times 50.0/1000 = 0.900 mol$이다.

사용할 공식

중화 반응식은 $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$이다. 황산 1 mol은 NaOH 2 mol과 반응하므로, 황산과 NaOH의 몰비는 1 : 2이다. 희석 과정에서는 취한 황산의 몰수는 변하지 않는다.

계산 과정

1. 묽은 황산용액의 농도는 $0.900 mol/1.00 L = 0.900 M$이다.
2. 묽은 황산용액 40.0 mL에 들어 있는 황산은 $0.900 mol/L \times 0.0400 L = 0.0360 mol$이다.
3. 이에 필요한 NaOH는 $0.0360 mol \times 2 = 0.0720 mol$이다.
4. NaOH 수용액의 부피는 80.0 mL, 즉 $0.0800 L$이므로 농도는 $0.0720 mol/0.0800 L = 0.90 M$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 계산 결과는 0.30 M가 아니다. 틀린 표현 "0.30 M" → 올바르게는 "0.90 M"이다. 황산의 양과 NaOH의 양을 1 : 2 몰비로 반영하면 0.0720 mol의 NaOH가 필요하다.
② X: 계산 결과는 0.45 M가 아니다. 틀린 표현 "0.45 M" → 올바르게는 "0.90 M"이다. 80.0 mL의 NaOH에 0.0720 mol이 들어 있으므로 0.0720/0.0800으로 계산한다.
③ O: 묽은 황산 40.0 mL의 0.0360 mol이 NaOH 0.0720 mol과 반응하므로 NaOH의 농도는 0.90 M이다.
④ X: 계산 결과는 1.8 M가 아니다. 틀린 표현 "1.8 M" → 올바르게는 "0.90 M"이다. H_2SO_4와 NaOH를 1 : 1로 보지 않고, 황산 1 mol당 NaOH 2 mol의 몰비를 적용한다.

오답 포인트

④처럼 진한 황산용액의 비중 1.8을 최종 NaOH 농도로 그대로 연결하면 안 된다. 비중은 먼저 용액의 질량을 구하는 데 쓰고, 이후 질량 백분율·희석·중화 몰비를 차례로 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

질량 백분율 용액은 용액의 질량을 먼저 구해 용질 몰수로 바꾸고, 희석 뒤에는 $M \times V$로 반응한 몰수를 구한다. 이어 반응식 계수비를 적용한 뒤 부피를 L로 바꾸어 몰농도를 계산한다.

암기 포인트

$H_2SO_4 : NaOH = 1 : 2$, 희석 전후에는 용질의 몰수가 보존된다.

NoteBase

문 18. 다음 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. CH_3SH는 CH_3OH보다 끓는점이 높다.
ㄴ. CO는 N_2보다 녹는점과 끓는점이 높다.
ㄷ. 영족 기체(18족 원소)는 같은 족에서 원자번호가 클수록 끓는점이 낮아진다.
ㄹ. 하이드록시벤조산($C_6H_4(OH)(COOH)$)의 오쏘(ortho-) 이성질체는 메타(meta-) 혹은 파라(para-) 이성질체보다 녹는점이 낮다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 분자 간 인력의 세기와 결정에서의 분자 배열이 끓는점·녹는점에 미치는 영향을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

끓는점은 액체 분자 사이 인력이 클수록 높아진다. 메탄올은 분자 사이 수소 결합을 하지만 메탄티올은 그보다 약한 인력이 주된 작용이므로 메탄올의 끓는점이 더 높다.
같은 족의 비활성 기체는 아래로 갈수록 전자 수와 분극률이 커져 런던 분산력이 강해지므로 끓는점이 높아진다.
녹는점은 분자 간 인력뿐 아니라 결정의 규칙적인 배열에도 좌우된다. 오르토 하이드록시벤조산은 분자 내 수소 결합을 형성하여 분자 사이 결합과 결정 배열이 상대적으로 불리하다.

선지별 해설

① X: ㄱ, ㄴ의 조합이다. ㄱ에서 틀린 표현은 'CH_3SH는 CH_3OH보다 끓는점이 높다'이다. CH_3OH는 분자 사이 수소 결합을 하므로 CH_3SH보다 끓는점이 높다. ㄴ은 CO가 N_2보다 녹는점과 끓는점이 모두 높은 것으로 옳다.
② X: ㄱ, ㄷ의 조합이다. ㄱ은 메탄올의 수소 결합을 무시한 설명이므로 틀리다. ㄷ에서 틀린 표현은 '원자번호가 클수록 끓는점이 낮아진다'이다. 같은 족의 비활성 기체는 아래로 갈수록 분산력이 커져 끓는점이 높아진다.
③ X: ㄴ, ㄷ의 조합이다. ㄴ은 옳지만 ㄷ이 틀리므로 조합 전체는 틀리다. ㄷ은 '낮아진다'를 '높아진다'로 고쳐야 한다.
④ O: ㄴ, ㄹ의 조합이다. CO는 N_2보다 녹는점과 끓는점이 높다. 또한 오르토 하이드록시벤조산은 분자 내 수소 결합 때문에 메타·파라 이성질체보다 결정에서의 분자 간 결합이 약해져 녹는점이 낮다.

NoteBase

오답 포인트

ㄱ은 황의 원자량이 더 크다는 점만 보고 판단하기 쉽지만, 메탄올의 분자 사이 수소 결합 효과가 더 크다. ㄹ은 수소 결합이 있다는 사실만으로 녹는점이 높다고 보기 쉽지만, 오르토 이성질체에서는 수소 결합이 분자 내부에서 형성된다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

끓는점 비교에서는 먼저 분자 사이 수소 결합 가능 여부를 확인하고, 같은 종류의 비극성 분자끼리는 전자 수·분극률이 큰 쪽의 분산력이 더 강한지 판단한다. 녹는점 비교에서는 분자 내 수소 결합인지 분자 사이 수소 결합인지와 결정 배열의 유리함을 함께 본다.

암기 포인트

메탄올: 분자 사이 수소 결합 → 높은 끓는점, 비활성 기체: 아래로 갈수록 분산력 증가 → 높은 끓는점, 오르토 수소 결합: 분자 내부 결합 → 낮은 녹는점이다.

NoteBase

문 19. 염화수소(HCl)의 해리에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① HCl 수용액은 매우 강산이다.

② HCl 수용액의 H^+이온과 Cl^-이온은 열역학적으로 매우 안정하게 용해되어 있다.

③ 염화수소(HCl)는 기체상에서 극성공유결합 분자이며 강산이다.

④ 기체상의 H^+이온과 Cl^-이온은 매우 불안정하다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 HCl 분자 자체의 성질과 물에 녹았을 때 나타나는 산성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

기체 상태의 HCl은 H와 Cl이 전자를 공유한 극성 공유결합 분자이다. 강산성은 HCl이 물에 녹아 거의 완전히 이온화하여 수소 이온과 염화 이온을 만드는 수용액에서의 성질이다. 수용액의 수소 이온은 실제로 물 분자와 결합한 형태로 존재하며, 두 이온은 물에 의해 안정화된다.

선지별 해설

① O: HCl은 물에 녹으면 거의 완전히 이온화하므로 HCl 수용액은 강산이다.

② O: 수용액에서는 수소 이온과 염화 이온이 물 분자에 둘러싸여 안정화되어 존재한다.

③ X: 틀린 표현은 기체 상태의 HCl을 '강산'이라고 한 부분이다. 기체 HCl은 극성 공유결합 분자이지만, 강산성은 물속에서 이온화할 때 나타나는 성질이다.

④ O: 기체 상태에서 H^+와 Cl^-가 분리되어 있으면 서로 강하게 끌어당겨 안정하지 않다. 따라서 기체 HCl은 주로 이온이 아닌 공유결합 분자로 존재한다.

오답 포인트

③은 '극성 공유결합 분자'라는 맞는 설명 뒤에 '강산'을 붙여 혼동을 유도한다. 결합의 극성 여부와 수용액에서의 산 세기는 같은 판단 기준이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

산성의 강약을 묻는 선지는 먼저 물에 녹아 이온화하는 상황인지 확인한다. 기체 상태라면 분자의 결합 종류와 존재 형태를, 수용액이라면 이온화 정도와 이온의 안정화를 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

HCl 기체는 극성 공유결합 분자, HCl 수용액은 거의 완전 이온화하는 강산이다.

NoteBase

문 20. 물질 A는 $2A \rightarrow B$인 2차 비가역 단일반응에 따라 다른 물질 B를 생성한다. 반응기에서 A의 50 %가 소모되는 데 10분이 걸렸다면, 90 %가 소모되기 위해 필요한 시간은?

① 30분

② 50분

③ 70분

④ 90분

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 2차 비가역 반응에서 반응물 A의 잔존 비율과 시간의 관계를 이용하는 문제이다.

조건 정리

A가 50% 소모된 10분 후의 잔존 비율은 0.5이다. 구할 때는 A가 90% 소모되어 잔존 비율이 0.1인 시점이다.

사용할 공식

2차 반응의 적분 속도식은 $[A]/[A]_0 = 1/(1 + k[A]_0 t)$이다. 반응물의 초기농도가 같을 때 잔존 비율이 시간에 따라 이 식으로 감소하므로, 두 전환율에서의 시간을 비교할 수 있다.

계산 과정

A가 50% 남은 10분에서 $0.5 = 1/(1 + k[A]_0 \times 10)$이므로 $k[A]_0 = 0.1$이다.
A가 10% 남을 때는 $0.1 = 1/(1 + 0.1t)$이다.
따라서 $1 + 0.1t = 10$, $t = 90$이므로 필요한 시간은 90분이다.

선지 판단

① X: 30분이면 $[A]/[A]_0 = 1/(1 + 0.1 \times 30) = 0.25$이므로 A는 75% 소모된다. ‘90% 소모에 30분’이라는 판단은 틀렸으며, 올바르게는 30분에 75% 소모된다.
② X: 50분이면 잔존 비율은 1/6이므로 약 83.3%만 소모된다. ‘90% 소모에 50분’이 아니라 50분에 약 83.3% 소모된다.
③ X: 70분이면 잔존 비율은 1/8이므로 87.5% 소모된다. ‘90% 소모에 70분’이 아니라 70분에 87.5% 소모된다.
④ O: 90분이면 잔존 비율은 $1/(1 + 0.1 \times 90) = 0.1$이므로 A가 정확히 90% 소모된다.

오답 포인트

1차 반응처럼 반감기마다 같은 시간이 걸린다고 보면 안 된다. 2차 반응에서는 A의 농도가 낮아질수록 소모 속도가 더 크게 느려지므로, 50%에서 90% 소모까지는 단순히 시간 비율로 계산할 수 없다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

2차 반응의 소모율 문제에서는 먼저 소모율을 잔존 비율로 바꾼 뒤 $[A]/[A]_0 = 1/(1 + k[A]_0 t)$에 대입한다. 한 시점으로 $k[A]_0$를 구하고, 목표 잔존 비율을 다시 대입해 시간을 구한다.

암기 포인트

2차 반응은 $1/[A]$ 대 시간이 직선 관계이며, A가 절반 남는 데 걸린 시간의 9배가 지나면 A는 10% 남는다.

NoteBase