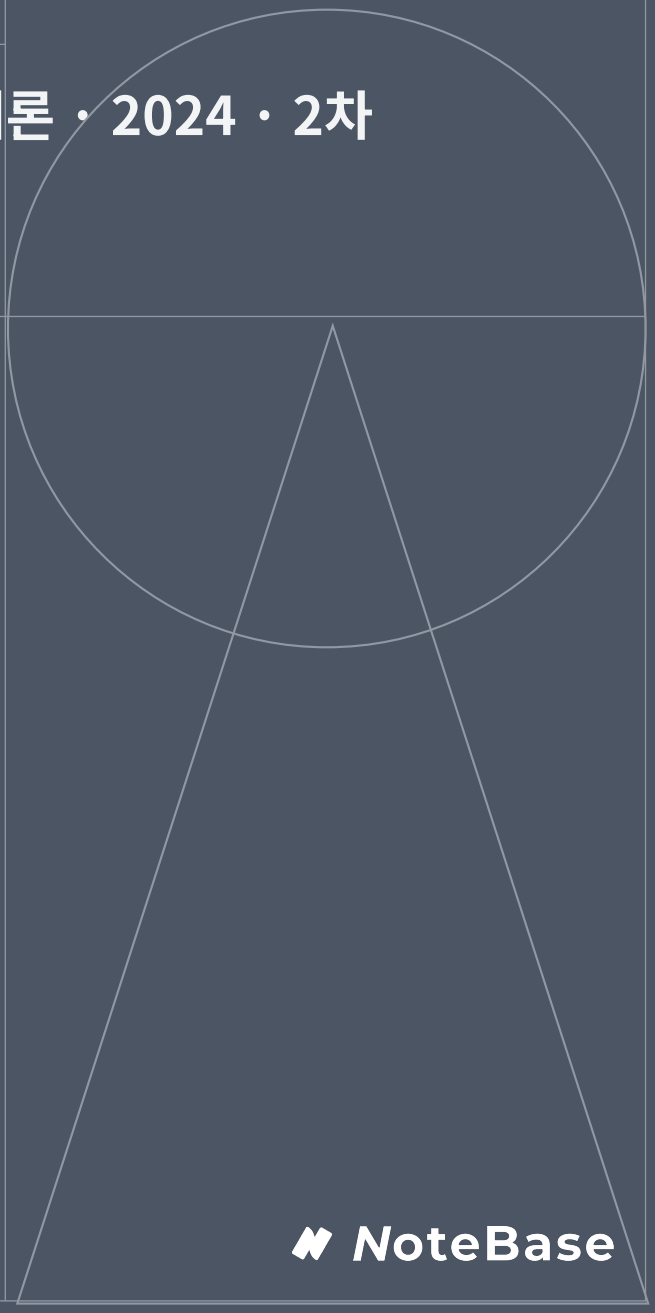
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2024 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2024 · 2차

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2024 · 2차

문 1. 탄소 동위원소 중 ^{13}C의 중성자 개수는?

① 6

② 7

③ 8

④ 9

정답 2번

출제 포인트

동위원소는 원자번호는 같고 중성자 수가 달라 질량수가 달라진다는 점과, 중성자 수를 질량수에서 원자번호를 빼서 구한다는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

동위원소: 원자번호는 같고 질량수가 다른 같은 원소의 원자이다.
원자번호는 양성자 수와 같고, 중성자 수는 질량수에서 원자번호를 뺀 값이다.
^{13}C는 질량수가 13이고 탄소의 원자번호가 6이므로 중성자 수는 $13 - 6 = 7$이다.

선지별 해설

① X: 6은 탄소의 원자번호이자 양성자 수이다. 중성자 수가 아니다.
틀린 표현은 '중성자 개수는 6'이다. 올바르게는 '양성자 수는 6, 중성자 수는 7'이다.
② O: ^{13}C의 질량수는 13이고 탄소의 원자번호는 6이므로 중성자 수는 $13 - 6 = 7$이다.
③ X: 8은 질량수에서 원자번호를 잘못 계산한 값이다. 올바른 계산 결과는 7이다.
틀린 표현은 '중성자 개수는 8'이다. 올바르게는 '중성자 개수는 7'이다.
④ X: 9는 질량수와 원자번호의 관계를 적용하지 않은 값이다. 중성자 수는 9가 아니라 7이다.
틀린 표현은 '중성자 개수는 9'이다. 올바르게는 '중성자 개수는 7'이다.

오답 포인트

질량수 13을 그대로 답으로 보거나, 탄소의 원자번호 6을 중성자 수로 착각하면 오답이 된다. 동위원소 문제는 원자번호와 질량수를 먼저 구분한 뒤 계산해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

동위원소 기호가 나오면 왼쪽 위 수를 질량수로, 원소 고유의 원자번호를 양성자 수로 읽는다. 그다음 중성자 수는 질량수에서 원자번호를 빼서 판단한다.

암기 포인트

동위원소는 양성자 수는 같고 중성자 수만 다르며, 중성자 수는 질량수-원자번호이다.

NoteBase

문 2. 8 M 황산 수용액에 증류수를 첨가하여 0.1 M 황산 수용액 2 L를 만들 때 필요한 8 M 황산 수용액의 부피[L]는?

① 0.025
② 0.05
③ 0.125
④ 0.5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 희석 전후 용질 몰수가 같다는 관계 $M_1V_1 = M_2V_2$를 이용해 필요한 $8M$ 황산 수용액의 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 원액 농도는 $8M$, 목표 농도는 $0.1M$, 목표 부피는 $2L$이다.
구해야 할 값: 필요한 원액의 부피 V_1이다.
주의할 조건: 증류수를 넣어 희석해도 황산의 몰수는 변하지 않는다.

사용할 공식

$M_1V_1 = M_2V_2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 희석은 물만 추가하는 과정이므로 희석 전후의 용질 몰수가 같기 때문이다.

계산 과정

1. 최종 용액에 들어 있어야 하는 황산의 몰수는 $0.1 \times 2 = 0.2mol$이다.
2. 따라서 $8M$ 원액에도 황산이 $0.2mol$ 들어 있어야 하므로 $8 \times V_1 = 0.2$이다.
3. $V_1 = 0.2/8 = 0.025L$이므로 필요한 원액의 부피는 $0.025L$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과가 $0.025L$이므로 일치한다.
② X: $0.05L$를 넣으면 황산 몰수는 $8 \times 0.05 = 0.4mol$이 되어 목표인 $0.2mol$의 두 배가 된다. 올바르게는 $0.025L$이어야 한다.
③ X: $0.125L$를 넣으면 황산 몰수는 $8 \times 0.125 = 1.0mol$이 되어 최종 농도가 $1.0/2 = 0.5M$가 된다. 올바르게는 $0.025L$이어야 한다.
④ X: $0.5L$를 넣으면 황산 몰수는 $8 \times 0.5 = 4.0mol$이 되어 최종 농도가 $4.0/2 = 2.0M$가 된다. 올바르게는 $0.025L$이어야 한다.

NoteBase

오답 포인트

희석 문제를 단순한 부피 비례로 처리하면 오답이 된다. 먼저 최종 용액의 몰수를 구한 뒤 그 몰수를 원액 농도로 나누어야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

희석 문제는 최종 용액의 농도와 부피로 용질 몰수를 먼저 구하고, 그 몰수를 원액 농도로 나누어 필요한 원액 부피를 찾으면 된다. 즉 $M_1V_1 = M_2V_2$를 바로 세우면 된다.

암기 포인트

희석은 용질 몰수 보존이다. 필요한 원액 부피는 $V_1 = \frac{M_2V_2}{M_1}$이다.

NoteBase

문 3. Cu의 산화수가 나머지 셋과 다른 것은?

① Cu_2O

② $Cu(OH)_2$

③ $CuCl_2$

④ $CuSO_4$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 화합물에서 음이온의 전하를 먼저 정한 뒤 Cu의 산화수를 계산할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

산화수는 화합물에서 각 원자가 형식적으로 띠는 전하이다. 중성 화합물에서는 모든 원자의 산화수 합이 0이 되고, OH^-, Cl^-, SO_4^{2-}처럼 잘 알려진 이온의 전하를 이용하면 중심 원자의 산화수를 바로 구할 수 있다.

선지별 해설

1번: O. Cu_2O에서 O의 산화수는 -2이므로 두 Cu의 합은 +2이다. 따라서 Cu 한 원자의 산화수는 +1이고, 나머지 셋의 Cu 산화수 +2와 다르다.
2번: X. $Cu(OH)_2$에서 OH 한 개의 전하는 -1이므로 두 개의 합은 -2이다. 따라서 Cu의 산화수는 +2이다. 틀린 부분은 '나머지 셋과 다르다'는 판단이며, 올바르게는 2번의 Cu는 3번, 4번과 같은 +2이다.
3번: X. $CuCl_2$에서 Cl 한 개의 산화수는 -1이므로 두 개의 합은 -2이다. 따라서 Cu의 산화수는 +2이다. 틀린 부분은 '나머지 셋과 다르다'는 판단이며, 올바르게는 3번의 Cu는 2번, 4번과 같은 +2이다.
4번: X. SO_4는 황산이온으로 전체 전하가 -2이므로 $CuSO_4$에서 Cu의 산화수는 +2이다. 틀린 부분은 '나머지 셋과 다르다'는 판단이며, 올바르게는 4번의 Cu는 2번, 3번과 같은 +2이다.

오답 포인트

Cu_2O를 보고 O가 1개이므로 Cu도 무조건 +2라고 성급히 판단하면 틀린다. 원자 수까지 반영해 전체 산화수 합이 0이 되도록 맞춰야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

중성 화합물에서는 먼저 O, OH, 할로젠, 다원자이온의 전하를 정하고, 그 전하의 총합을 0으로 맞추도록 금속의 산화수를 계산하면 된다. 금속 원자가 여러 개이면 그 개수로 다시 나누어 한 원자당 산화수를 구한다.

암기 포인트

Cu_2O의 Cu는 +1, $Cu(OH)_2 \cdot CuCl_2 \cdot CuSO_4$의 Cu는 +2이다.

NoteBase

문 4. p-형 반도체에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 양전하를 띤 구멍(hole)으로 전하 운반을 설명한다.
ㄴ. 14족 실리콘(Si)에 미량의 13족 원소를 도핑(doping)하여 만든다.
ㄷ. 14족 실리콘(Si)에 미량의 15족 원소를 도핑(doping)하여 만든다.

① ㄴ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 p형 반도체의 다수 운반자와 도핑 원소의 족을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

p형 반도체는 14족 Si에 13족 원소를 도핑한 반도체로서 정공(hole)이 다수 운반자이다.
n형 반도체는 14족 Si에 15족 원소를 도핑한 반도체로서 전자가 다수 운반자이다.

선지별 해설

1번 X: ㄴ만 고른 조합이다. ㄴ은 14족 실리콘에 13족 원소를 도핑하여 p형 반도체를 만든다는 뜻이므로 옳다. 다만 ㄱ도 옳으므로 ㄴ만 고르면 부족하다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ' 조합이어야 한다.
2번 X: ㄷ만 고른 조합이다. ㄷ의 틀린 부분은 '15족 원소를 도핑하여 p형 반도체를 만든다'는 표현이다. 실제로 15족 원소 도핑은 전자를 제공하므로 n형 반도체를 만든다. 올바르게는 ㄷ을 제외해야 한다.
3번 O: ㄱ, ㄴ 조합이다. ㄱ의 hole은 p형 반도체의 다수 운반자인 양전하성 공핍 자리이고, ㄴ의 13족 도핑은 acceptor 도핑이므로 둘 다 옳다.
4번 X: ㄱ, ㄷ 조합이다. ㄱ은 옳지만 ㄷ은 15족 도핑을 p형으로 본 점이 틀리다. 올바르게는 ㄷ 대신 ㄴ이 들어간 'ㄱ, ㄴ' 조합이어야 한다.

오답 포인트

13족과 15족 도핑의 방향을 서로 바꾸어 외우면 ㄴ과 ㄷ이 뒤집힌다. 또한 ㄱ이 명백히 맞는다고 해서 ㄱ이 포함된 4번으로 바로 가면, 함께 묶인 ㄷ의 진위를 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

반도체 도핑 문제는 먼저 다수 운반자가 정공이면 p형, 전자이면 n형으로 잡는다. 그다음 13족은 acceptor라 p형, 15족은 donor라 n형이라는 대응을 대입하면 조합형 보기의 참거짓이 정리된다.

암기 포인트

p형은 13족-정공, n형은 15족-전자이다.

NoteBase

문 5. 밀폐된 반응 용기에서 평형에 도달한 후 반응 온도를 일정하게 유지하면서 반응 용기의 부피를 감소시켰을 때, 계의 평형이 오른쪽으로 이동하는 것은?

① $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

② $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

③ $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

④ $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 온도를 일정하게 유지한 상태에서 부피를 감소시킬 때 평형이 기체 몰수가 더 적은 쪽으로 이동한다는 르샤틀리에 원리를 적용할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

기체 평형에서 압력을 높이거나 부피를 줄이면 평형은 기체 몰수의 합이 더 작은 쪽으로 이동한다. 이때 고체와 액체는 기체 몰수 비교에 포함하지 않는다.

선지별 해설

1번: X. $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$에서 기체는 오른쪽의 CO_2만 있으므로 왼쪽 0몰, 오른쪽 1몰이다. 부피를 줄이면 기체 몰수가 더 적은 왼쪽으로 이동한다. 틀린 표현은 '오른쪽으로 이동'이며, 올바르게는 '왼쪽으로 이동'이다.

2번: O. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$에서 기체 몰수는 왼쪽 4몰, 오른쪽 2몰이다. 부피를 줄이면 기체 몰수가 더 적은 오른쪽으로 이동하므로 정답이다.

3번: X. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$에서 기체 몰수는 왼쪽 2몰, 오른쪽 2몰로 같다. 부피 변화가 평형 이동 방향에 영향을 주지 않는다. 틀린 표현은 '오른쪽으로 이동'이며, 올바르게는 '이동하지 않는다'이다.

4번: X. $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$에서 기체 몰수는 왼쪽 2몰, 오른쪽 4몰이다. 부피를 줄이면 기체 몰수가 더 적은 왼쪽으로 이동한다. 틀린 표현은 '오른쪽으로 이동'이며, 올바르게는 '왼쪽으로 이동'이다.

오답 포인트

고체까지 함께 세거나 계수를 빼고 화학종 개수만 세면 틀리기 쉽다. 1번은 고체 2종이 보여도 기체는 CO_2 하나만 있다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응식 양쪽에서 기체 상태인 물질만 고른 뒤 계수를 포함해 총 몰수를 비교하면 된다. 부피 감소는 더 작은 쪽, 부피 증가는 더 큰 쪽으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

평형의 부피 감소는 기체 몰수 감소 방향이며, 고체와 액체는 기체 몰수 계산에서 제외된다.

NoteBase

문 6. A 1.0몰과 B 0.6몰을 반응물로 이용하여 부피가 일정한 1L 반응기에서 다음 평형 반응을 진행하였다. 평형에 도달하였을 때 C가 1.0몰 생성되었다면 이 반응의 평형상수(K_c) 값은? (단, 반응 초기에 C는 존재하지 않는다)

$A(g) + B(s) \rightleftharpoons 2C(g)$

① 0.02

② 0.2

③ 2

④ 20

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반응진행량으로 평형 농도를 구한 뒤, 고체 반응물은 평형상수식에 넣지 않는다는 점을 적용하여 K_c를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 1 L 반응기, 초기 $A = 1.0mol$, 초기 $B = 0.6mol$, 초기 $C = 0mol$이다.
반응식: $A(g) + B(s) \rightleftharpoons 2C(g)$이다.
구해야 할 값: 평형상수 K_c이다.
주의할 조건: 고체 B는 평형상수식에 포함되지 않는다.

사용할 공식

평형상수식은 $K_c = \frac{[C]^2}{[A]}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 반응식에서 기체와 용질만 농도항에 들어가고, 순수 고체인 $B(s)$의 활동도는 일정하므로 식에서 제외되기 때문이다.

계산 과정

평형에서 C가 1.0몰 생성되었으므로 $2x = 1.0$에서 반응진행량은 $x = 0.5$이다.
따라서 A는 0.5몰 반응하여 평형몰수는 $1.0 - 0.5 = 0.5mol$이다.
반응기 부피가 1 L이므로 $[A] = 0.5$, $[C] = 1.0$이다.
따라서 $K_c = \frac{[C]^2}{[A]} = \frac{1.0^2}{0.5} = 2$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. K_c는 계산하면 0.02가 아니라 2이다. ①의 수치는 반응진행량과 평형상수식을 잘못 적용한 값이며, 올바른 값은 2이다.
2번: X. K_c는 0.2가 아니라 2이다. C가 1.0몰 생성되면 A는 0.5몰만 감소하므로 $[C]^2/[A]$를 계산하면 2가 된다.
3번: O. $[C] = 1.0$, $[A] = 0.5$이므로 $K_c = 1.0^2/0.5 = 2$가 되어 정답이다.
4번: X. K_c는 20이 아니라 2이다. ④의 수치는 실제 평형농도를 대입한 결과와 맞지 않으며, 올바른 값은 2이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 생성물 2몰 때문에 반응진행량을 1.0으로 착각하는 경우와, 고체 B를 평형상수식에 억지로 넣는 경우이다. 이 문제는 $2x = 1.0$을 먼저 세우고 $B(s)$를 식에서 제외하는지만 확인하면 바로 정리된다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 계산 문제는 생성물 변화량으로 반응진행량을 먼저 구하고, 그 값으로 평형몰수와 평형농도를 만든 뒤, 평형상수식에는 기체와 용질만 넣는 순서로 판단한다.

암기 포인트

평형상수는 반응계수만큼 변화량을 나눈 뒤 평형농도를 넣고, 순수 고체와 순수 액체는 식에서 뺀다.

NoteBase

문 7. 일차 이온화 에너지가 큰 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

① O, N, B, Be

② O, N, Be, B

③ N, O, B, Be

④ N, O, Be, B

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 2주기 원소의 1차 이온화 에너지 경향과 예외인 Be-B, N-O 관계를 함께 판단할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

1차 이온화 에너지는 기체 상태 원자에서 가장 바깥 전자 1개를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. 2주기에서는 대체로 오른쪽으로 갈수록 커지지만, B는 2p 전자를 떼므로 Be보다 작고, O는 전자쌍 반발 때문에 반쯤 채워진 N보다 작다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "O, N"의 순서이다. 실제로는 N의 $2p^3$ 배치가 반쯤 채워진 안정한 상태이므로 O보다 1차 이온화 에너지가 크다. 뒤의 "B, Be"는 Be가 B보다 크므로 그 자체로는 맞는 방향이다.
2번: X. 틀린 부분은 "O, N"의 순서이다. 실제로는 O보다 N이 더 크므로 전체 순서는 될 수 없다. "Be, B" 관계는 Be의 $2s^2$가 더 안정하고 B는 $2p^1$ 전자를 잃기 쉬워 맞는 비교이다.
3번: X. 틀린 부분은 "B, Be"의 순서이다. 실제로는 Be의 가득 찬 $2s^2$ 전자배치가 더 안정하여 B보다 1차 이온화 에너지가 크다. 앞의 "N, O" 비교는 맞다.
4번: O. N > O > Be > B가 맞다. N은 반쯤 채워진 $2p^3$ 안정성 때문에 O보다 크고, Be는 가득 찬 $2s^2$ 상태라서 $2p^1$ 전자를 떼는 B보다 크다.

오답 포인트

주기율표에서 오른쪽으로 갈수록 이온화 에너지가 커진다는 큰 흐름만 외우면 O를 N보다 크게, B를 Be보다 크게 잘못 두기 쉽다. 이 문항의 함정은 2주기 예외 두 쌍을 동시에 섞어 놓은 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 2주기 기본 경향이 왼쪽에서 오른쪽으로 증가한다는 틀을 잡고, 예외 두 개만 따로 보정하면 된다. Be-B는 $2s$와 $2p$의 에너지 차이 때문에 Be > B이고, N-O는 반쯤 채워진 안정성 때문에 N > O로 판단한다.

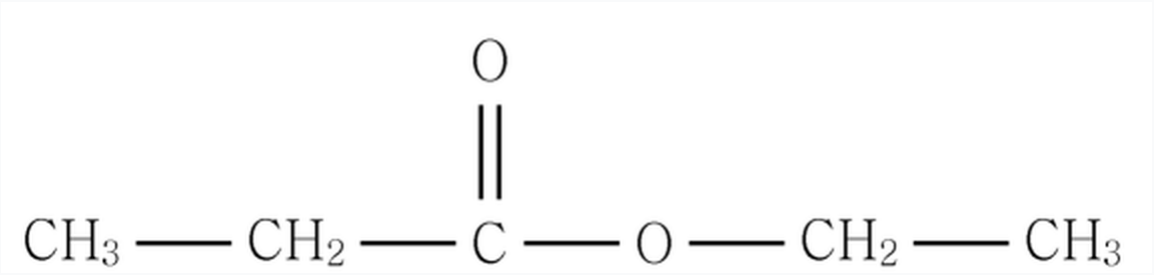
NoteBase

암기 포인트

2주기 1차 이온화 에너지 예외는 Be > B, N > O이다.

NoteBase

문 8. 다음 화합물의 IUPAC 이름은?



① ethyl propanoate

② ethyl pentanoate

③ dimethyl propanoate

④ ethyl pentanoic acid

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 에스터의 산 부분과 알코올 부분을 구분하여 IUPAC 이름을 붙일 수 있는지를 묻는다.

선지별 해설

1번 O: 구조식은 $CH_3CH_2COOCH_2CH_3$ 형태의 에스터로, 산 부분이 propanoate이고 알코올 부분이 ethyl이므로 ethyl propanoate가 맞다.
2번 X: 카보닐 탄소를 포함한 산 부분의 탄소 수는 3이므로 pentanoate가 아니다. 틀린 표현은 pentanoate이고, 올바르게는 propanoate이다.
3번 X: O 뒤의 알코올 부분은 CH_2CH_3인 ethyl기이므로 dimethyl이 아니다. 틀린 표현은 dimethyl이고, 올바르게는 ethyl propanoate이다.
4번 X: 이 화합물은 $-COOH$를 가진 카복실산이 아니라 $-COO-$를 가진 에스터이다. 틀린 표현은 pentanoic acid이고, 올바르게는 ethyl propanoate이다.

오답 포인트

에스터 명명에서 탄소 수를 셀 때 카보닐 탄소를 포함하지 않거나, 에스터를 카복실산으로 착각하면 2번과 4번 같은 오답에 걸린다. 또한 O 뒤 탄화수소기를 알킬명으로 읽지 못하면 3번처럼 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

구조식을 $R-COO-R'$로 나누어 먼저 카보닐 쪽 산 부분의 탄소 수를 세어 alkanoate를 정하고, 그다음 O 뒤 탄화수소기를 알킬명으로 읽으면 된다.

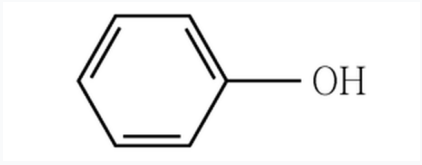
NoteBase

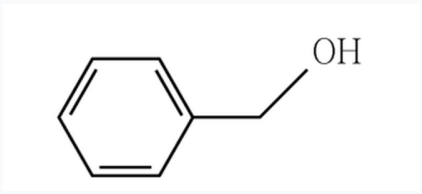
암기 포인트

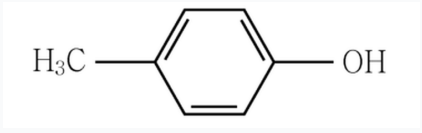
에스터 이름은 카보닐 쪽이 alkanoate, *O* 뒤가 alkyl 순서이다.

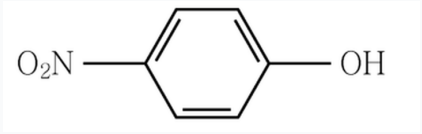
NoteBase

문 9. 25 °C 수용액에서 pK_a값이 가장 작은 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 방향족 화합물의 치환기가 페놀의 산성도에 미치는 전자효과를 보고 pK_a의 대소를 판단하는 문제이다. pK_a가 가장 작을수록 가장 강한 산이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
페놀이다. 페녹사이드 음이온이 공명으로 어느 정도 안정화되지만, 전자를 강하게 끄는 치환기가 없어 ④보다 산성이 약하다.
틀린 판단 → 가장 작은 pK_a를 가진다고 보면 안 된다. 올바르게는 ④의 *p*-니트로페놀이 더 작은 pK_a를 가진다.

② X
벤젠고리에 곁사슬로 연결된 알코올이다. 음이온이 방향족 고리와 직접 공명 안정화되지 않아 일반 알코올처럼 산성이 매우 약하고 pK_a가 크다.
틀린 판단 → 페놀류와 같은 수준의 산성이라고 보면 안 된다. 올바르게는 일반 알코올에 가까워 네 선택지 중 pK_a가 가장 작지 않다.

③ X
p-크레솔이다. 메틸기는 전자를 밀어 주는 치환기이므로 페녹사이드 음이온을 덜 안정화시켜 페놀보다 pK_a를 오히려 키운다.
틀린 판단 → 메틸기가 붙으면 산성이 세진다고 보면 안 된다. 올바르게는 전자주개 치환기 때문에 ①보다도 산성이 약해질 수 있다.

④ O
p-니트로페놀이다. 니트로기는 강한 전자끌개 치환기로서 유도효과와 공명효과를 통해 페녹사이드 음이온을 안정화한다. 따라서 네 선택지 중 산성이 가장 크고 pK_a는 가장 작다.

오답 포인트

pK_a가 작을수록 산성이 크다는 관계를 반대로 잡기 쉽다. 또 페놀과 일반 알코올을 같은 부류로 보고 ②를 고르거나, 메틸기와 니트로기의 전자효과를 혼동해 ③과 ④를 바꾸는 함정이 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 pK_a 최소는 산성 최대라는 관계를 확정한다. 그다음 산소에 생기는 음전하가 얼마나 잘 안정화되는지를 보고, 전자끌개 치환기는 pK_a를 낮추고 전자주개 치환기는 pK_a를 높인다고 판단한다.

암기 포인트

페놀보다 *p*-니트로페놀은 더 산성이고, *p*-크레솔은 덜 산성이며, 일반 알코올은 훨씬 덜 산성이다.

NoteBase

문 10. pH가 가장 낮은 수용액은? (단, NaOH의 분자량은 40이다)

① 1N NaOH 수용액

② 1M NaOH 수용액

③ 1m NaOH 수용액

④ 1 wt% NaOH 수용액

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 농도 단위인 N, M, m, wt%를 서로 비교하여 수산화이온 농도가 가장 작은 용액을 찾는 문제이다.

조건 정리

- NaOH는 1가 강염기이므로 $1mol$이 $1mol$의 OH^-를 낸다.
- $1N$ NaOH는 당량수가 1이어서 $1N = 1M$이다.
- $1m$은 용매 $1kg$당 용질 $1mol$이다.
- $1wt\%$ NaOH는 용액 $100g$에 NaOH $1g$이 들어 있다는 뜻이다.

사용할 공식

비교 기준은 $[OH^-]$의 크기이다.

$pOH = -\log[OH^-], \qquad pH = 14 - pOH$

강염기 NaOH는 거의 완전 해리하므로 농도가 클수록 $[OH^-]$가 크고 pH도 커진다. 따라서 pH가 가장 낮은 용액은 네 보기 중 NaOH 농도가 가장 작은 용액이다.

계산 과정

1. $1N$ NaOH는 NaOH의 당량수가 1이므로 $1N = 1M$이다.
2. $1M$ NaOH는 $1L$ 용액에 NaOH $1mol$이 들어 있는 용액이다.
3. $1m$ NaOH는 물 $1kg$에 NaOH $1mol$이 들어 있는 용액이므로 농도 수준이 $1M$와 비슷한 고농도 염기이다.
4. $1wt\%$ NaOH는 용액 $100g$에 NaOH $1g$이 있으므로 NaOH 몰수는 $\frac{1}{40} = 0.025mol$이다. 물의 질량은 $99g = 0.099kg$이므로 몰랄농도는 $0.025/0.099 \approx 0.25m$이다.
5. 따라서 네 보기 중 OH^- 농도가 가장 작은 것은 $1wt\%$ NaOH 수용액이므로 pH가 가장 낮다.

NoteBase

선지별 해설

① X. $1N$ NaOH는 NaOH가 1가 염기이므로 $1M$와 같은 농도이다. $[OH^-]$가 매우 커서 pH가 가장 낮은 용액이 아니다. 틀린 표현은 'pH가 가장 낮다'이고, 올바르게는 '강한 염기성으로 pH가 매우 높은 편이다'이다.
② X. $1M$ NaOH는 OH^- 농도가 $1mol/L$인 강염기 용액이다. $1wt\%$보다 훨씬 진하므로 pH가 가장 낮지 않다. 틀린 표현은 'pH가 가장 낮다'이고, 올바르게는 '네 보기 중 pH가 높은 축에 속한다'이다.
③ X. $1m$ NaOH는 용매 $1kg$당 $1mol$이라 $1M$ 수준의 농도이다. $1wt\%$보다 훨씬 진하므로 pH가 가장 낮지 않다. 틀린 표현은 'pH가 가장 낮다'이고, 올바르게는 '1 wt%보다 pH가 높다'이다.
④ O. $1wt\%$ NaOH는 $100g$ 용액에 NaOH $1g$만 들어 있어 약 $0.25m$ 수준이다. 다른 세 보기의 $1M$ 또는 $1m$보다 $[OH^-]$가 작으므로 pH가 가장 낮다.

오답 포인트

함정은 N, M, m, wt%를 서로 다른 단위라고만 보고 크기 비교를 포기하는 데 있다. 이 문항에서는 NaOH가 1가 염기라 $1N = 1M$이고, $1wt\%$는 실제로는 약 $0.25m$ 정도의 묽은 용액이라는 점을 잡아내면 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

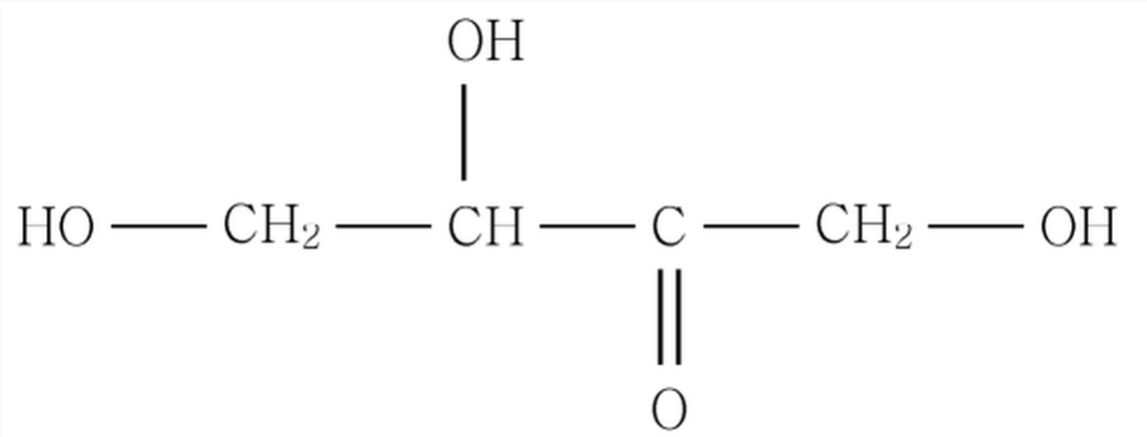
강산·강염기 pH 비교 문제는 먼저 누가 더 많이 해리되어 H^+ 또는 OH^-를 내는지를 본 뒤, 농도 단위를 같은 기준으로 바꾸어 가장 묽은 용액을 찾으면 된다.

암기 포인트

NaOH처럼 1가 강염기는 $1N = 1M$이고, $1wt\%$ NaOH는 $100g$당 $1g$이라 생각보다 묽다.

NoteBase

문 11. 다음 화합물에서 카이랄 중심(chiral center)의 총 개수는?



① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 카이랄 중심이 되는 탄소를 찾아 개수를 세는 문제이다. 카이랄 중심은 보통 sp^3 탄소에 서로 다른 네 치환기가 결합한 경우이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 0개라는 판단은 틀리다. 가운데의 CH 탄소는 왼쪽의 CH_2OH, 오른쪽의 $COCH_2OH$, 위의 OH, 아래의 H를 가져 네 치환기가 모두 다르므로 카이랄 중심이다.
- 틀린 표현은 "카이랄 중심이 없다"이다. 올바르게는 "카이랄 중심은 1개이다"이다.

② O
- 카이랄 중심은 1개이다. 카이랄한 탄소는 $CH(OH)$ 부분의 탄소 하나뿐이다.

③ X
- 2개라는 판단은 틀리다. 양쪽 CH_2 탄소는 각각 수소를 두 개씩 가지므로 네 치환기가 모두 다르지 않아 카이랄 중심이 될 수 없다. 또한 카보닐 탄소는 sp^2 평면 구조라 카이랄 중심이 아니다.
- 틀린 표현은 "카이랄 중심이 2개이다"이다. 올바르게는 "카이랄 중심은 1개이다"이다.

④ X
- 3개라는 판단은 더 과대계산한 것이다. 이 구조에서 카이랄 가능성이 있는 탄소를 하나씩 대입해 보면 조건을 만족하는 것은 가운데 CH 탄소 하나뿐이다.
- 틀린 표현은 "카이랄 중심이 3개이다"이다. 올바르게는 "카이랄 중심은 1개이다"이다.

오답 포인트

양쪽에 OH가 보인다는 이유로 말단 CH_2 탄소까지 카이랄 중심으로 세기 쉽다. 그러나 카이랄 중심 판정은 기능기 개수가 아니라 한 탄소에 붙은 네 치환기의 서로 다름으로 판단한다. 카보닐 탄소를 입체중심으로 세는 실수도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

구조식 문제에서는 각 탄소를 하나씩 보면서 먼저 sp^3 탄소인지 확인하고, 그다음 네 치환기가 모두 다른지 점검하면 된다. CH_2처럼 같은 수소가 두 개 붙은 탄소와 $C=O$의 카보닐 탄소는 바로 제외하면 된다.

암기 포인트

카이랄 중심은 sp^3 탄소 + 서로 다른 네 치환기 조합으로 판단한다.

NoteBase

문 12. 흑연, 풀러렌, 탄소나노튜브에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 탄소 동소체이다.
ㄴ. 모두 sp^2 혼성 탄소로 구성되어 있다.
ㄷ. 모두 이온성 고체로 분류된다.

① ㄱ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 흑연, 풀러렌, 탄소나노튜브의 공통 성질과 고체 분류를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

흑연은 탄소 원자가 층상 구조로 연결된 탄소 동소체이다.
풀러렌은 탄소 원자가 축구공 모양의 분자를 이루는 탄소 동소체이다.
탄소나노튜브는 탄소 육각 격자가 말린 원통형 구조의 탄소 동소체이다.
세 물질은 모두 주로 sp^2 혼성 탄소로 이루어지지만, 이온성 고체가 아니라 공유 결합성 구조 또는 분자성 탄소 물질로 본다.

선지별 해설

1번: X. ①은 ㄱ만 옳다고 본 선택지이다. 그러나 흑연, 풀러렌, 탄소나노튜브는 모두 탄소의 동소체이므로 ㄴ도 함께 옳다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이며, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.
2번: X. ②는 ㄷ만 옳다고 본 선택지이다. ㄷ의 '모두 이온성 고체로 분류된다'가 틀린 표현이다. 흑연과 탄소나노튜브는 탄소 원자들이 공유 결합으로 연결된 구조이고, 풀러렌도 이온성 고체가 아니다. 올바르게는 '모두 이온성 고체로 분류되지 않는다'이다.
3번: O. ③은 ㄱ, ㄴ을 고른 선택지이다. 세 물질은 모두 탄소 동소체이고, 탄소 원자들이 주로 sp^2 혼성 상태를 이룬다는 점에서 맞다.
4번: X. ④는 ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄴ은 맞지만 ㄷ이 틀리므로 정답이 될 수 없다. 틀린 표현은 'ㄷ 포함'이며, 올바르게는 'ㄷ을 제외한 ㄱ, ㄴ만 포함'이다.

NoteBase

오답 포인트

탄소 동소체라는 공통점과 고체 분류를 섞어 판단하면 틀리기 쉽다. 특히 풀러렌이 분자 형태를 가진다는 이유로 세 물질 전체를 이온성 고체처럼 오해하면 ㄷ을 참으로 잘못 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

탄소 동소체 문제는 먼저 같은 원소의 다른 구조인지 확인하고, 다음으로 결합 방식이 이온 결합인지 공유 결합인지 구분해 판단한다. 공통 성질과 고체 분류를 따로 나누어 보면 선택지가 정리된다.

암기 포인트

흑연·풀러렌·탄소나노튜브는 모두 탄소 동소체, 공통 축은 주로 sp^2, 이온성 고체는 아니다.

NoteBase

문 13. 암염 구조 화합물의 녹는점이 높은 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

① MgO, LiF, KCl

② MgO, KCl, LiF

③ LiF, KCl, MgO

④ KCl, LiF, MgO

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이온 결합 화합물의 녹는점이 이온 전하의 곱과 이온 반지름에 따른 격자 에너지 크기로 결정된다는 점을 묻는다.

핵심 개념

이온 결합 화합물의 녹는점은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 높다. MgO는 Mg^{2+}와 O^{2-}가 만드는 강한 인력 때문에 가장 높고, LiF와 KCl은 둘 다 1가 이온 화합물이지만 LiF가 더 작은 이온들로 이루어져 있어 KCl보다 격자 에너지가 크다.

선지별 해설

1번 O: MgO는 2가 양이온과 2가 음이온으로 이루어져 인력이 가장 강하므로 가장 높은 녹는점을 가진다. LiF는 1가 이온 화합물이지만 Li+와 F-의 크기가 작아 KCl보다 인력이 더 커서 MgO > LiF > KCl 순서가 맞다.
2번 X: 틀린 부분은 "KCl, LiF"의 순서이다. 실제로는 같은 1가 이온 화합물끼리는 이온 크기가 더 작은 LiF의 격자 에너지가 더 커서 LiF가 KCl보다 녹는점이 높다.
3번 X: 틀린 부분은 "LiF, KCl, MgO"라는 전체 순서이다. 실제로는 이온 전하가 더 큰 MgO가 가장 앞에 와야 하므로 MgO > LiF > KCl이다.
4번 X: 틀린 부분은 "KCl, LiF, MgO"라는 오름차순에 가까운 배열이다. 실제로는 KCl이 가장 낮고 MgO가 가장 높으므로 높은 것부터 나열하면 MgO, LiF, KCl 순서가 된다.

오답 포인트

LiF와 KCl을 둘 다 1가 이온 화합물이라는 이유만으로 비슷하게 보고 순서를 바꾸기 쉽다. 이 문항의 함정은 전하수만 본 뒤 이온 크기 차이를 놓치는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

이온 화합물의 녹는점 비교는 먼저 이온 전하의 곱이 큰지를 보고, 전하가 같으면 양이온과 음이온의 크기 합이 더 작은 쪽의 격자 에너지가 더 크다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

이온 화합물의 녹는점은 전하가 클수록, 크기가 작을수록 높다.

NoteBase

문 14. 질소(N) 원자의 바닥 상태 전자 배치에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 모든 s 오비탈에 채워진 전자는 총 4개이다.

② 원자가 전자는 4개이다.

③ 전자가 두 개 채워진 p 오비탈은 하나이다.

④ 전자가 두 개 채워진 오비탈의 개수는 전자가 한 개 채워진 오비탈의 개수보다 많다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 질소 원자의 바닥 상태 전자 배치 $1s^2 2s^2 2p^3$를 바탕으로 오비탈별 전자 수와 홀전자 수를 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

질소의 원자번호는 7이므로 전자는 7개이다.
바닥 상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$이다.
따라서 모든 s 오비탈에 채워진 전자는 $1s$의 2개와 $2s$의 2개를 합쳐 4개이다.
또한 $2p^3$는 헌트 규칙에 따라 세 개의 p 오비탈에 전자가 하나씩 먼저 들어가므로, 전자가 두 개 채워진 p 오비탈은 없다.

선지별 해설

1번: O. 질소의 바닥 상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^3$이므로 s 오비탈에 있는 전자는 $1s$의 2개와 $2s$의 2개를 합친 4개이다.
2번: X. 틀린 표현은 "원자가 전자는 4개"이다. 실제로는 $2s^2 2p^3$이 최외각 전자이므로 원자가 전자는 5개이다.
3번: X. 틀린 표현은 "전자가 두 개 채워진 p 오비탈은 하나"이다. 실제로는 $2p^3$에서 세 개의 p 오비탈에 전자가 하나씩 들어가므로 전자가 두 개 채워진 p 오비탈은 0개이다.
4번: X. 틀린 표현은 "전자가 두 개 채워진 오비탈의 개수가 전자가 한 개 채워진 오비탈의 개수보다 많다"이다. 실제로는 전자가 두 개 채워진 오비탈은 $1s$, $2s$의 2개이고, 전자가 한 개 채워진 오비탈은 세 개의 $2p$ 오비탈이므로 3개이다.

오답 포인트

원자가 전자 수와 모든 s 오비탈 전자 수를 혼동하면 2번을 맞는 말처럼 보기 쉽다. 또한 p 오비탈 세 칸에 전자가 하나씩 먼저 채워진다는 헌트 규칙을 놓치면 3번과 4번을 잘못 판단하게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

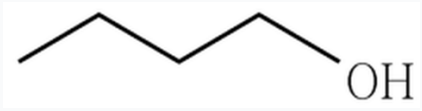
먼저 원자번호로 전체 전자 수를 정한 뒤 바닥 상태 전자 배치를 쓴다. 그다음 최외각 전자 수, 전자가 짝지어진 오비탈 수, 홀전자가 있는 오비탈 수를 각각 따로 세면 선지 판단이 정리된다.

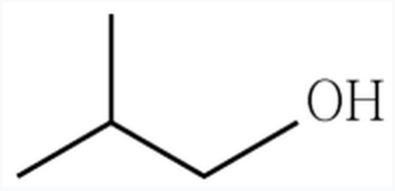
암기 포인트

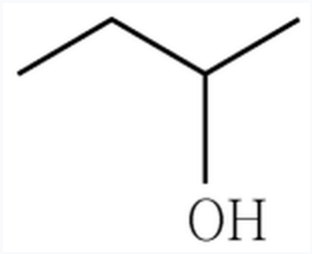
질소는 $1s^2 2s^2 2p^3$, 원자가 전자 5개, p 오비탈은 세 칸에 하나씩 채워진다.

NoteBase

문 15. 끓는점이 가장 낮은 화합물은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 탄소 수와 가지친 정도를 함께 보고 알코올의 끓는점을 비교할 수 있는지를 묻는다.

선지별 해설

1번 X: 1번은 1-펜탄올이다. 탄소 수가 5개로 가장 크고 직쇄 구조라 분산력이 커서 네 보기 중 끓는점이 가장 높은 쪽이다. '끓는점이 가장 낮다'가 아니라 '탄소 수가 크고 가지가 없어 끓는점이 높다'가 올바른 판단이다.
2번 X: 2번은 2-메틸-1-프로판올이다. 가지가 하나 있어 직쇄 알코올보다 끓는점은 내려가지만, 여전히 1차 알코올이고 4번보다 덜 가지쳐 있어 4번보다는 끓는점이 높다. '가장 낮다'가 아니라 '직쇄형보다 낮지만 4번보다는 높다'가 맞다.
3번 X: 3번은 2-부탄올이다. 탄소 수는 4개로 4번과 같지만 가지친 정도가 4번보다 작아 분자 간 인력이 더 크게 작용하므로 끓는점이 더 높다. '가장 낮다'가 아니라 '같은 탄소 수에서는 더 많이 가지친 4번보다 높다'가 맞다.
4번 O: 4번은 2-메틸-2-프로판올이다. 탄소 수가 4개인 알코올들 중 가장 많이 가지친 구조여서 분자 표면적이 작고 분산력이 가장 약해 끓는점이 가장 낮다.

NoteBase

오답 포인트

OH가 붙어 있으니 끓는점이 비슷하다고 보고 탄소 수만 비교하면 2번, 3번, 4번의 차이를 놓치기 쉽다. 이 문제의 함정은 같은 알코올이라도 가지가 많아질수록 끓는점이 내려간다는 점을 묻는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

알코올의 끓는점 비교는 먼저 탄소 수를 보고, 탄소 수가 같거나 비슷하면 가지친 정도를 본다. 탄소 수가 클수록 끓는점은 올라가고, 같은 탄소 수에서는 더 많이 가지친 구조일수록 끓는점은 내려간다.

암기 포인트

알코올의 끓는점은 탄소 수가 크면 올라가고, 같은 탄소 수에서는 직쇄보다 가지친 구조가 더 낮다.

NoteBase

문 16. 주양자수 $n = 3$인 에너지 준위에 존재하는 오비탈의 총 개수는?

① 1

② 2

③ 9

④ 16

정답 3번

출제 포인트

주양자수 n이 주어졌을 때 한 에너지 준위에 포함되는 오비탈 총수 n^2를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $n = 3$이다.
구해야 할 값은 $n = 3$인 에너지 준위의 오비탈 총개수이다.
주의할 점은 전자 수가 아니라 오비탈 수를 묻는다는 점이다.

사용할 공식

한 에너지 준위의 오비탈 총수는 n^2이다. 같은 결과를 허용되는 $l = 0, 1, 2$에 대해 각 부분껍질의 오비탈 수 $2l + 1$을 더해도 얻을 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 특정 주양자수 n에 해당하는 전체 껍질의 오비탈 개수를 묻기 때문이다.

계산 과정

$n = 3$이므로 오비탈 총수는 $3^2 = 9$이다.
또는 $3s$의 1개, $3p$의 3개, $3d$의 5개를 더해 $1 + 3 + 5 = 9$로 확인할 수 있다.

선지별 해설

① X: 총 오비탈 수는 1개가 아니다. 1은 $3s$ 오비탈만 셌을 때의 값이며, 올바르게는 $3s$, $3p$, $3d$를 모두 합쳐 9개이다.
② X: 총 오비탈 수는 2개가 아니다. $n = 3$에서는 허용되는 l값이 0, 1, 2이고 각 부분껍질의 오비탈 수가 1, 3, 5이므로 올바르게는 9개이다.
③ O: $n = 3$인 껍질의 오비탈 총수는 $n^2 = 9$이므로 맞다.
④ X: 16은 $n = 4$일 때의 오비탈 총수 4^2이다. 이 문항에서 올바른 값은 $n = 3$이므로 9개이다.

NoteBase

오답 포인트

①의 1은 $3s$만 세는 오류이고, ④의 16은 $n=4$의 값을 끌어오는 오류이다. 또한 전자 최대수 $2n^2$와 오비탈 총수 n^2를 섞으면 다른 숫자를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

주양자수만 주어지면 먼저 무엇을 묻는지부터 구분한다. 오비탈 수이면 n^2, 전자 최대수이면 $2n^2$를 적용하면 된다.

암기 포인트

한 껍질의 오비탈 수는 n^2, 한 껍질의 최대 전자 수는 $2n^2$이다.

NoteBase

문 17. 공명 구조가 존재하지 않는 것은?

① O_3

② NO_3^-

③ N_2O

④ NH_4^+

정답 4번

출제 포인트

공명 구조의 성립 조건과 전자 비편재화 가능 여부를 물은 문제이다.

핵심 개념

공명 구조는 원자 배열은 같고 전자 배치만 다른 둘 이상의 루이스 구조로 나타낼 수 있는 경우이다.
O_3, NO_3^-, N_2O처럼 π 전자나 비공유전자쌍이 이동할 수 있으면 공명 구조를 쓸 수 있다.
NH_4^+처럼 중심 원자 주위가 모두 단일 결합이고 전자 비편재화 경로가 없으면 공명 구조가 없다.

선지별 해설

① X: O_3는 $O-O$ 결합의 이중결합 위치를 바꾼 공명 구조를 가진다. 따라서 정답 조건에 맞지 않는다. 틀린 판단은 "O_3는 공명 구조가 존재하지 않는다"이다. 올바르게는 "O_3는 공명 구조가 존재한다"이다.
② X: NO_3^-는 세 개의 $N-O$ 결합이 등가가 되도록 전하와 이중결합 위치가 분산된 공명 구조를 가진다. 따라서 정답 조건에 맞지 않는다. 틀린 판단은 "NO_3^-는 공명 구조가 존재하지 않는다"이다. 올바르게는 "NO_3^-는 공명 구조가 존재한다"이다.
③ X: N_2O도 $N-N-O$ 골격을 유지한 채 결합차수와 전하 분포를 달리하는 여러 루이스 구조를 쓸 수 있다. 따라서 정답 조건에 맞지 않는다. 틀린 판단은 "N_2O는 공명 구조가 존재하지 않는다"이다. 올바르게는 "N_2O는 공명 구조가 존재한다"이다.
④ O: NH_4^+는 질소가 네 개의 $N-H$ 단일 결합만 만들고 비공유전자쌍도 없어서 이동시킬 전자가 없다. 원자 배열을 유지한 채 전자만 재배치한 다른 루이스 구조를 만들 수 없으므로 공명 구조가 존재하지 않는다.

오답 포인트

전하가 있거나 분자가 낯설면 모두 공명 구조가 있다고 막연히 연결하기 쉽다. 핵심은 전하의 유무가 아니라 π 전자나 비공유전자쌍이 인접 원자 사이에 비편재화될 수 있는지 여부이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 같은 원자 배열을 둔 채 이중결합 위치나 비공유전자쌍 이동으로 다른 루이스 구조를 더 그릴 수 있는지 본다. 그릴 수 있으면 공명 구조가 있고, 모두 단일 결합만 있으며 이동 가능한 전자가 없으면 공명 구조가 없다.

NoteBase

암기 포인트

공명은 전하가 아니라 전자 비편재화로 판단한다. 다중결합이나 비공유전자쌍의 이동 경로가 없으면 공명도 없다.

NoteBase

문 18. 결합 차수가 가장 높은 분자는?

① H_2

② N_2

③ O_2

④ F_2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 분자 오비탈 관점에서 이원자 분자의 결합 차수를 비교할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

결합 차수는 결합성 오비탈 전자 수에서 반결합성 오비탈 전자 수를 뺀 뒤 2로 나눈 값이다. 값이 클수록 결합이 강하고 짧아진다.
H_2는 결합 차수 1, N_2는 결합 차수 3, O_2는 결합 차수 2, F_2는 결합 차수 1이다.

선지별 해설

1번 X: H_2는 σ_{1s} 결합성 오비탈에 전자 2개가 채워져 결합 차수가 1이다. 가장 높은 분자는 아니다. 틀린 표현은 "가장 높은"이다. 올바르게는 "H_2의 결합 차수는 1이다"이다.
2번 O: N_2는 결합성 오비탈 전자가 많고 반결합성 오비탈 전자가 적어 결합 차수가 3이다. 네 분자 중 가장 크므로 정답이다.
3번 X: O_2는 π^*_{2p} 반결합성 오비탈에 전자가 들어가 결합 차수가 2가 된다. N_2보다 작다. 틀린 표현은 "가장 높은"이다. 올바르게는 "O_2의 결합 차수는 2이다"이다.
4번 X: F_2는 반결합성 오비탈 점유가 더 늘어나 결합 차수가 1이다. 가장 높은 분자가 아니다. 틀린 표현은 "가장 높은"이다. 올바르게는 "F_2의 결합 차수는 1이다"이다.

오답 포인트

O_2가 이중 결합, N_2가 삼중 결합이라는 기본 대응을 놓치면 O_2를 고르기 쉽다. 반결합성 오비탈 전자가 늘수록 결합 차수가 낮아진다는 점을 함께 봐야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이원자 분자 비교 문제는 각 분자의 결합 차수를 먼저 적어 본 뒤 가장 큰 값을 고르면 된다. 주기 2 동핵 이원자 분자는 H_2 1, N_2 3, O_2 2, F_2 1처럼 대표값을 바로 연결하면 빠르게 판단된다.

NoteBase

암기 포인트

N_2는 삼중 결합이라 결합 차수 3, O_2는 이중 결합이라 2, H_2와 F_2는 1이다.

NoteBase

문 19. 면심 입방 결정구조를 갖는 금속 원소의 원자량이 M, 원자 반지름이 $r$cm일 때, 이 금속의 밀도 [$\mathrm{gcm^{-3}}$]는? (단, 아보가드로수는 N_A이다)

① $\frac{\sqrt{2}}{4}\frac{N_A r^3}{M}$
② $\frac{\sqrt{2}}{8}\frac{N_A r^3}{M}$
③ $\frac{\sqrt{2}}{4}\frac{M}{N_A r^3}$
④ $\frac{\sqrt{2}}{8}\frac{M}{N_A r^3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 면심 입방 결정구조에서 단위세포의 원자 수와 격자상수-원자반지름 관계를 이용해 밀도를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 원자량 M, 원자 반지름 rcm, 아보가드로수 N_A이다.
- 구해야 할 값: 금속의 밀도 ρ이다.
- 주의할 조건: 면심 입방 구조는 단위세포당 원자 수가 4개이고, 면 대각선에서 $4r = \sqrt{2}a$가 성립한다.

사용할 공식

ρ = 단위세포의 질량단위세포의 부피
FCC에서 a=2√(2)r, 단위세포의 질량=(4M)/(N_A)
이 공식을 쓰는 이유: 결정의 밀도는 단위세포 하나의 질량을 단위세포 부피로 나누어 구하며, FCC에서는 원자 접촉 관계로 격자상수 a를 r로 나타낼 수 있다.

계산 과정

1. 면심 입방 구조의 면 대각선 길이는 $4r$이므로 $\sqrt{2}a = 4r$, 따라서 $a = 2\sqrt{2}r$이다.
2. 단위세포의 부피는 $a^3 = (2\sqrt{2}r)^3 = 16\sqrt{2}r^3$이다.
3. 단위세포의 질량은 $4 \times \frac{M}{N_A} = \frac{4M}{N_A}$이다.
4. 따라서 밀도는 $\rho = \frac{4M/N_A}{16\sqrt{2}r^3} = \frac{M}{4\sqrt{2}N_A r^3} = \frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \frac{M}{N_A r^3}$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 식이 $\frac{N_A r^3}{M}$ 꼴이어서 밀도의 분자와 분모가 뒤바뀌었다. 올바르게는 $\frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \frac{M}{N_A r^3}$이다.
② X: ①과 마찬가지로 $N_A r^3$가 분자에 있어 밀도와 반대 비례식을 쓴 값이다. 계수만 바뀌었을 뿐 핵심 구조가 틀렸고, 올바르게는 $\frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \frac{M}{N_A r^3}$이다.
③ X: $\frac{M}{N_A r^3}$ 꼴은 맞지만 계수가 두 배 크다. FCC의 단위세포 부피 $16\sqrt{2}\,r^3$를 정확히 써야 하므로 올바른 식은 $\frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \frac{M}{N_A r^3}$이다.
④ O: 계산 결과 $\rho = \frac{\sqrt{2}}{8} \cdot \frac{M}{N_A r^3}$와 정확히 일치하므로 옳다.

오답 포인트

면심 입방 구조에서 $4r = \sqrt{2}\,a$를 놓치거나, 밀도를 질량/부피가 아니라 그 역수처럼 처리하면 ①, ② 같은 식이 나온다. 단위세포 부피를 계산할 때 $(2\sqrt{2}\,r)^3$의 계수를 끝까지 유지하지 않으면 ③처럼 두 배 큰 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

결정구조 밀도 문제는 단위세포당 원자 수 Z를 확인하고, 원자반지름과 격자상수의 관계식을 세운 뒤, 단위세포 질량과 부피를 각각 구해 ρ=질량부피 꼴로 정리하면 된다. 마지막에는 질량이 분자, 부피가 분모인지 한 번 더 검산한다.

암기 포인트

FCC는 $Z = 4$, $4r = \sqrt{2}\,a$, 밀도는 $\rho = \frac{4M/N_A}{a^3}$에서 시작한다.

NoteBase

문 20. 다음 화합물 중 중심 원자의 고립 전자쌍 개수와 기하 구조를 바르게 연결한 것은?

① CF_4: 중심 원자의 고립 전자쌍 개수 1, 기하 구조 정사면체

② PF_3: 중심 원자의 고립 전자쌍 개수 1, 기하 구조 삼각 피라미드

③ SO_2: 중심 원자의 고립 전자쌍 개수 1, 기하 구조 선형

④ SF_2: 중심 원자의 고립 전자쌍 개수 1, 기하 구조 굽은형

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 중심 원자의 고립 전자쌍 수와 분자 기하 구조를 전자영역 수와 결합해 정확히 연결할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

고립 전자쌍은 중심 원자에 남아 결합에 참여하지 않는 전자쌍이다.
분자 기하 구조는 결합 전자쌍과 고립 전자쌍을 모두 포함한 전자영역 배치에서, 원자들의 실제 배열만 따져 정한다.
고립 전자쌍이 0개이면 대칭적인 구조가 잘 나오고, 1개 이상이면 결합각이 눌리면서 삼각 피라미드형이나 굽은형이 되기 쉽다.

선지별 해설

1번: X. CF4의 중심 원자 C는 원자가전자 4개로 F와 단일 결합 4개를 만들어 고립 전자쌍이 0개이다. 정사면체 구조 자체는 맞지만, '고립 전자쌍 개수 1'이 틀린 표현이다. 올바르게는 'CF4, 고립 전자쌍 0개, 정사면체'이다.
2번: O. PF3의 중심 원자 P는 원자가전자 5개 중 3개로 P-F 결합 3개를 만들고 전자 2개가 1개의 고립 전자쌍으로 남는다. 전자영역은 4개이므로 전자영역 기하는 정사면체이고, 분자 기하는 삼각 피라미드이다.
3번: X. SO2의 중심 원자 S는 일반적으로 고립 전자쌍 1개를 가지며 분자 기하는 굽은형이다. '선형'이 틀린 표현이다. 올바르게는 'SO2, 고립 전자쌍 1개, 굽은형'이다.
4번: X. SF2의 중심 원자 S는 원자가전자 6개 중 F와 결합 2개를 만든 뒤 전자 4개가 남아 고립 전자쌍 2개가 된다. 굽은형 구조는 맞지만, '고립 전자쌍 개수 1'이 틀린 표현이다. 올바르게는 'SF2, 고립 전자쌍 2개, 굽은형'이다.

오답 포인트

정사면체, 삼각 피라미드, 굽은형을 외형만 보고 고르면 틀리기 쉽다. 이 문항의 함정은 구조 이름 하나만 맞다고 전체 선지를 맞는 것으로 처리하는 데 있다. 1번과 4번은 구조는 맞지만 고립 전자쌍 수가 틀리고, 3번은 고립 전자쌍 수는 맞지만 구조가 틀린다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자의 원자가전자 수를 센 뒤 결합 수를 빼서 고립 전자쌍 수를 구한다. 그다음 전자영역 수를 정하고, 마지막에 고립 전자쌍을 제외한 원자 배열만으로 분자 기하 구조를 판정하면 된다.

암기 포인트

4영역에서 고립 전자쌍 0개는 정사면체, 1개는 삼각 피라미드, 2개는 굽은형이다.

NoteBase

문 21. 다음 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, a, b, c, d는 최소 정수비를 가진다)

$a\mathrm{Pb(NO_3)_2}(aq) + b\mathrm{KI}(aq) \rightarrow c\mathrm{KNO_3}(aq) + d\mathrm{PbI_2}(s)$

ㄱ. $a+b+c+d=6$이다.

ㄴ. 알짜이온 반응식에서 생성물은 $\mathrm{KNO_3}$이다.

ㄷ. $\mathrm{Pb(NO_3)_2}(aq)$ 2몰과 $\mathrm{KI}(aq)$ 2몰이 완전히 반응해서 생성되는 $\mathrm{PbI_2}(s)$는 1몰이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

반응식의 계수비를 맞춘 뒤 알짜이온 반응과 제한 시약을 함께 판단하는 문제이다.

조건 정리

균형식은 $\mathrm{Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow 2KNO_3 + PbI_2}$ 이다.

따라서 $a=1,\ b=2,\ c=2,\ d=1$ 이다.

알짜이온 반응식은 $\mathrm{Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow PbI_2(s)}$ 이다.

$\mathrm{Pb(NO_3)_2}$와 KI의 반응 몰비는 1 : 2 이다.

사용할 공식

몰수 판단은 반응식의 계수비를 따른다.

제한 시약은 각 물질의 몰수를 자기 계수로 나눈 값 n/계수 이 더 작은 쪽으로 정한다.

이 기준을 쓰는 이유는 실제 반응이 계수비만큼 진행될 수 있는 횟수를 비교해야 생성물 몰수를 정확히 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 반응식을 맞추면 $a=1,\ b=2,\ c=2,\ d=1$ 이다.
2. 따라서 $a+b+c+d=1+2+2+1=6$ 이므로 ㄱ은 옳다.
3. 알짜이온 반응에서는 구경꾼 이온인 $\mathrm{K^+}$, $\mathrm{NO_3^-}$가 소거되므로 생성물은 $\mathrm{KNO_3}$가 아니라 $\mathrm{PbI_2(s)}$ 이다. 따라서 ㄴ은 틀리다.
4. $\mathrm{Pb(NO_3)_2}$ 2몰과 KI 2몰에 대해 $2/1=2,\ 2/2=1$ 이므로 KI가 제한 시약이다.
5. 제한 시약인 KI 2몰은 계수비 2 : 1 에 따라 $\mathrm{PbI_2}$ 1몰을 만든다. 따라서 ㄷ은 옳다.

NoteBase

선지별 해설

① X
①은 ㄱ만 옳다고 본 선택지이다. ㄱ은 맞지만 ㄷ도 옳으므로 전체 선택지는 틀리다.
올바르게는 ㄱ, ㄷ이 옳다.

② X
②는 ㄴ만 옳다고 본 선택지이다. ㄴ은 알짜이온 반응의 생성물을 KNO_3로 본 점이 틀리다.
올바르게는 알짜이온 반응식의 생성물은 $PbI_2(s)$ 이다.

③ O
③은 ㄱ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄱ은 계수의 합이 6이어서 맞고, ㄷ은 KI가 제한 시약이므로 PbI_2 1몰이 생성된다는 점에서 맞다.

④ X
④는 ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄷ은 맞지만 ㄴ이 틀리므로 전체 선택지는 틀리다.
올바르게는 ㄴ 대신 ㄱ이 들어가야 하므로 ㄱ, ㄷ이 옳다.

오답 포인트

알짜이온 반응식에서 구경꾼 이온을 지우지 못하면 ㄴ을 맞다고 오해하기 쉽다.
또한 '완전히 반응'을 두 반응물이 모두 남김없이 소모된다는 뜻으로 오해하면 ㄷ을 틀렸다고 보기 쉽다. 이 문장에서는 반응이 끝까지 진행된 결과를 묻고 있으므로 제한 시약인 KI를 기준으로 생성량을 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이런 반응량 문제는 먼저 분자 반응식을 맞추고, 다음에 구경꾼 이온을 지워 알짜이온 반응을 확인한 뒤, 마지막으로 n/계수가 가장 작은 물질을 제한 시약으로 잡아 생성물 몰수를 판단하면 된다.

암기 포인트

침전 생성량은 계수비와 제한 시약으로 정해지고, 알짜이온 반응식에는 구경꾼 이온이 남지 않는다.

NoteBase

문 22. 전해질 A 2몰이 물 1 kg에 이온으로 완전히 해리된 용액의 끓는점 오름은 $4^\circ\mathrm{C}$이다. 20 mg의 A가 완전히 해리된 수용액 5 mL를 만든 후 300 K에서 삼투압을 측정한 값이 0.24 atm일 때, A의 분자량은? (단, A의 끓는점 오름 상수는 $1^\circ\mathrm{C kg mol^{-1}}$이고 기체상수 $R = 0.08\,\mathrm{L atm K^{-1} mol^{-1}}$이다)

① 400

② 800

③ 1,600

④ 2,400

정답 2번

출제 포인트

끓는점 오름으로 해리 입자수 i를 먼저 구한 뒤, 삼투압식 $\pi V = inRT$로 분자량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전해질 A $2mol$을 물 $1kg$에 녹였을 때 끓는점 오름이 $4^\circ C$이고, $K_b = 1^\circ C kg mol^{-1}$이다. 또 A $20mg = 0.020g$을 녹여 만든 용액 $5mL = 0.005L$의 $300K$ 삼투압은 $0.24atm$이다.
구해야 할 값: A의 분자량이다.
주의할 조건: A는 이온으로 완전히 해리되므로 끓는점 오름과 삼투압 계산에 같은 해리 인자 i를 사용한다.

사용할 공식

끓는점 오름식은 $\Delta T_b = iK_b m$이고, 삼투압식은 $\pi V = inRT = i\frac{w}{M}RT$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 전해질의 총괄성 두 가지를 함께 제시하므로, 첫 식으로 해리 인자 i를 정하고 둘째 식으로 분자량 M을 구하는 구조이다.

계산 과정

1. 끓는점 오름식에 몰랄농도 $m = 2$를 대입한다.

$4 = i \times 1 \times 2$

$i = 2$

2. 완전 해리되므로 A 한 식량당 입자수는 2이다.

3. 삼투압식에 질량과 부피를 대입한다.

$\pi V = i\frac{w}{M}RT$

$0.24 \times 0.005 = 2 \times \frac{0.020}{M} \times 0.08 \times 300$

$0.0012 = \frac{0.96}{M}$

$M = 800$

따라서 A의 분자량은 800이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 400은 삼투압 계산에서 완전 해리에 따른 해리 인자 $i = 2$를 빼먹었을 때 나오는 값이다. 올바르게는 분자량이 400이 아니라 800이다.
② O: 끓는점 오름으로 $i = 2$가 정해지고, 이를 삼투압식에 넣으면 $M = 800$이므로 옳다.
③ X: 1,600은 해리 인자를 분모에 잘못 넣거나 완전 해리 효과를 반대로 처리했을 때 나오는 값이다. 올바르게는 분자량이 1,600이 아니라 800이다.
④ X: 2,400은 $20mg$를 $0.020g$로 바꾸지 않거나 부피 단위를 잘못 다뤄 과대 계산한 값에 가깝다. 올바르게는 분자량이 2,400이 아니라 800이다.

오답 포인트

첫 단계에서 끓는점 오름으로 구한 $i = 2$를 삼투압식에 다시 넣어야 하는데 이를 누락하면 ①로 흐른다. 또 $20mg = 0.020g$, $5mL = 0.005L$ 변환을 놓치면 ③, ④ 같은 비정상적인 수치가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

전해질의 분자량을 묻는 총괄성 문제는 먼저 다른 총괄성 자료로 해리 인자 i를 확정하고, 그다음 ΔT_b나 π 식에 같은 i를 넣어 푼다. 마지막에는 질량을 g, 부피를 L로 맞추어 단위를 검산한다.

암기 포인트

완전 해리 전해질은 총괄성 식마다 입자수 보정 i가 공통으로 들어가며, 이 문항에서는 $i = 2$이므로 분자량은 800이다.

NoteBase

문 23. 유전 정보를 저장하고 전달하는 물질인 DNA(deoxyribonucleic acid)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이중 나선 구조이다.

② 당, 염기, 인산기로 구성되어 있다.

③ 구성 염기의 종류는 아데닌(A), 구아닌(G), 우라실(U) 3가지이다.

④ 4가지 종류의 뉴클레오타이드(nucleotide)로 구성된다.

정답 3번

출제 포인트

DNA의 기본 구조와 구성 성분, 그리고 RNA와 구별되는 염기 종류를 정확히 구분하는 문제이다.

핵심 개념

DNA는 디옥시리보스, 인산, 염기로 이루어진 핵산이며 보통 이중 나선 구조를 가진다.
DNA의 염기는 아데닌(A), 구아닌(G), 시토신(C), 티민(T) 4가지이다.
RNA는 티민 대신 우라실(U)을 가진다는 점이 DNA와 다르다.

선지별 해설

① O: DNA는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드 사슬이 꼬인 이중 나선 구조로 존재한다.
② O: DNA의 기본 단위인 뉴클레오타이드는 당, 염기, 인산기로 구성된다. DNA의 당은 디옥시리보스이다.
③ X: 틀린 부분은 "우라실(U) 3가지"이다. 올바르게는 "DNA의 구성 염기는 아데닌(A), 구아닌(G), 시토신(C), 티민(T) 4가지이다"이다. 우라실은 RNA에 들어가는 염기이다.
④ O: DNA는 A, G, C, T에 해당하는 4가지 종류의 뉴클레오타이드로 구성된다.

오답 포인트

DNA와 RNA의 차이를 염기 수준에서 묻는 전형적인 함정이다. ③은 DNA에 없는 우라실을 넣고 DNA에 필요한 티민 또는 시토신을 빠뜨리게 만들어 헷갈리게 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

핵산 관련 선지는 먼저 DNA인지 RNA인지부터 구분한 뒤 당의 종류와 염기 구성을 대조하면 된다. DNA는 T를 가지고 RNA는 U를 가진다는 기준으로 틀린 선지를 빠르게 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

DNA는 디옥시리보스-이중 나선-T, RNA는 리보스-U이다.

NoteBase

문 24. 착이온 $[Fe(CN)_6]^{4-}$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, Fe의 원자 번호는 26이다)

① 중심 금속 Fe의 산화수는 +2이다.

② 중심 금속 Fe의 배위수는 6이다.

③ 상자성(paramagnetic)이다.

④ 기하 구조는 정팔면체이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 착이온 $[Fe(CN)_6]^{4-}$의 산화수, 배위수, 자기성질, 기하 구조를 연결해 판단하는 문제이다.

핵심 개념

착이온의 성질은 중심 금속의 산화수와 배위수, 리간드의 장세기, 전자배치로 함께 판단한다.
$[Fe(CN)_6]^{4-}$에서 리간드 CN^- 6개의 총전하는 -6이고 착이온 전체 전하가 -4이므로 중심 금속은 Fe^{2+}이다.
CN^-는 강한 장 리간드이므로 Fe^{2+}의 d^6 전자배치는 저스핀 팔면체의 $t_{2g}^6 e_g^0$가 되어 홀전자가 없다.

선지별 해설

① O: $[Fe(CN)_6]^{4-}$에서 $x + 6(-1) = -4$이므로 중심 금속 Fe의 산화수는 $+2$이다.
② O: CN^-가 6개 배위하므로 배위수는 6이다.
③ X: 틀린 부분은 "상자성"이다. Fe^{2+}는 d^6이고 CN^-는 강한 장 리간드이므로 저스핀 착물을 만들어 $t_{2g}^6 e_g^0$가 된다. 홀전자가 없어 실제로는 비자성이다.
④ O: 배위수가 6인 이 착이온은 일반적으로 정팔면체 구조를 이룬다.

오답 포인트

Fe가 d^6이라는 점만 보고 무조건 상자성이라고 판단하면 ③에 걸리기 쉽다. 이 문항의 함정은 전자 수만이 아니라 CN^-의 강한 장세기까지 함께 봐야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

착이온 문제는 먼저 전체 전하로 중심 금속의 산화수를 구하고, 다음에 배위수와 리간드의 장세기를 확인한 뒤 전자배치와 자기성질을 판단하면 된다. 강한 장 리간드가 붙은 d^6 팔면체는 저스핀 여부를 우선 점검한다.

암기 포인트

$[Fe(CN)_6]^{4-}$는 Fe^{2+}, 배위수 6, 정팔면체, 강한 장 리간드에 의한 저스핀 비자성 착이온이다.

NoteBase

문 25. 다음은 반응물 A와 B의 초기 농도와 반응 온도를 변화시키면서 기상반응 $A + B \rightarrow C$의 초기 반응속도를 측정한 결과이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 기체상수 $R = 8 J mol^{-1} K^{-1}$이다)

실험	온도 [K]	A의 초기 농도 [M]	B의 초기 농도 [M]	초기 반응속도 [$M\ s^{-1}$]
1	400	1	1	0.001
2	400	2	1	0.004
3	400	1	2	0.002
4	500	1	2	0.040

① A에 대한 반응차수는 1차이다.

② B에 대한 반응차수는 2차이다.

③ 활성화 에너지는 $16{,}000 \ln 10 J mol^{-1}$이다.

④ $500K$에서 반응속도상수(k)는 $0.02 M^{-2} s^{-1}$이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 초기 속도법으로 반응차수를 구하고, 그 결과로 반응속도상수 k와 Arrhenius 식에서 활성화 에너지 E_a를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $400K$에서 실험 1, 2, 3의 초기 속도가 주어지고, $500K$에서 실험 4의 초기 속도가 주어진다.
구해야 할 값: A와 B에 대한 반응차수, $500K$에서의 k, 활성화 에너지 E_a이다.
주의할 조건: 반응차수는 온도가 같은 자료끼리 비교하고, 반응속도식은 $v = k[A]^m[B]^n$이다.

사용할 공식

반응속도식은 $v = k[A]^m[B]^n$이다.
Arrhenius 식은
$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 실험 1, 2, 3은 같은 온도에서 농도만 달라 반응차수를 비교할 수 있고, 실험 3과 4는 농도가 같고 온도만 달라 k의 온도 의존성과 E_a를 비교할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 실험 1과 2를 비교하면 [B]는 같고 [A]가 2배가 될 때 속도는 $0.001 \rightarrow 0.004 Ms^{-1}$로 4배가 된다. 따라서 $2^m = 4$이므로 $m = 2$이다.
2. 실험 1과 3을 비교하면 [A]는 같고 [B]가 2배가 될 때 속도는 $0.001 \rightarrow 0.002 Ms^{-1}$로 2배가 된다. 따라서 $2^n = 2$이므로 $n = 1$이다.
3. 따라서 반응속도식은 $v = k[A]^2[B]$이다. 실험 3을 대입하면 $0.002 = k_{400} \cdot 1^2 \cdot 2$이므로 $k_{400} = 0.001 M^{-2}s^{-1}$이다.
4. 실험 4를 대입하면 $0.040 = k_{500} \cdot 1^2 \cdot 2$이므로 $k_{500} = 0.020 M^{-2}s^{-1}$이다.
5. $\ln \frac{k_{500}}{k_{400}} = \ln \frac{0.020}{0.001} = \ln 20$
이고,
$\ln 20 = \frac{E_a}{8}\left(\frac{1}{400} - \frac{1}{500}\right) = \frac{E_a}{8} \cdot \frac{1}{2000}$
이므로 $E_a = 16{,}000 \ln 20 Jmol^{-1}$이다.

선지별 해설

① X
실험 1과 2에서 [A]를 2배로 하면 속도가 4배가 되므로 A에 대한 반응차수는 1차가 아니라 2차이다. 틀린 표현은 '1차'이고, 올바르게는 'A에 대한 반응차수는 2차이다.'이다.

② X
실험 1과 3에서 [B]를 2배로 하면 속도가 2배가 되므로 B에 대한 반응차수는 2차가 아니라 1차이다. 틀린 표현은 '2차'이고, 올바르게는 'B에 대한 반응차수는 1차이다.'이다.

③ X
실험 3과 4에서 농도는 같고 온도만 다르므로 $k_{500}/k_{400} = 20$이다. 따라서 활성화 에너지는 $16{,}000 \ln 10 Jmol^{-1}$가 아니라 $16{,}000 \ln 20 Jmol^{-1}$이다. 틀린 표현은 '활성화 에너지는 $16{,}000 \ln 10 Jmol^{-1}$이다'이고, 올바르게는 '활성화 에너지는 $16{,}000 \ln 20 Jmol^{-1}$, 즉 약 $4.8 \times 10^4 Jmol^{-1}$이다.'이다.

④ O
$500K$에서의 반응속도상수는 실험 4로부터 $k_{500} = 0.040/(1^2 \cdot 2) = 0.020 M^{-2}s^{-1}$이다. 제시문과 일치하므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

A와 B의 차수를 한 번에 읽지 않고 각각 하나의 농도만 바뀐 실험끼리 비교해야 한다는 점이 핵심이다. 또한 Arrhenius 식에서 k 비가 20인데 이를 10으로 잘못 읽으면 ③처럼 $\ln 20$ 대신 $\ln 10$이 되어 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

초기 속도 문제는 같은 온도에서 하나의 농도만 바뀐 실험으로 차수를 먼저 정하고, 그 차수를 속도식에 대입해 k를 구한 뒤, 마지막에 온도만 다른 실험으로 Arrhenius 식을 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

초기 속도법은 같은 온도에서 차수를 구하고, 같은 농도에서 k와 E_a를 비교하는 구조이다.

NoteBase