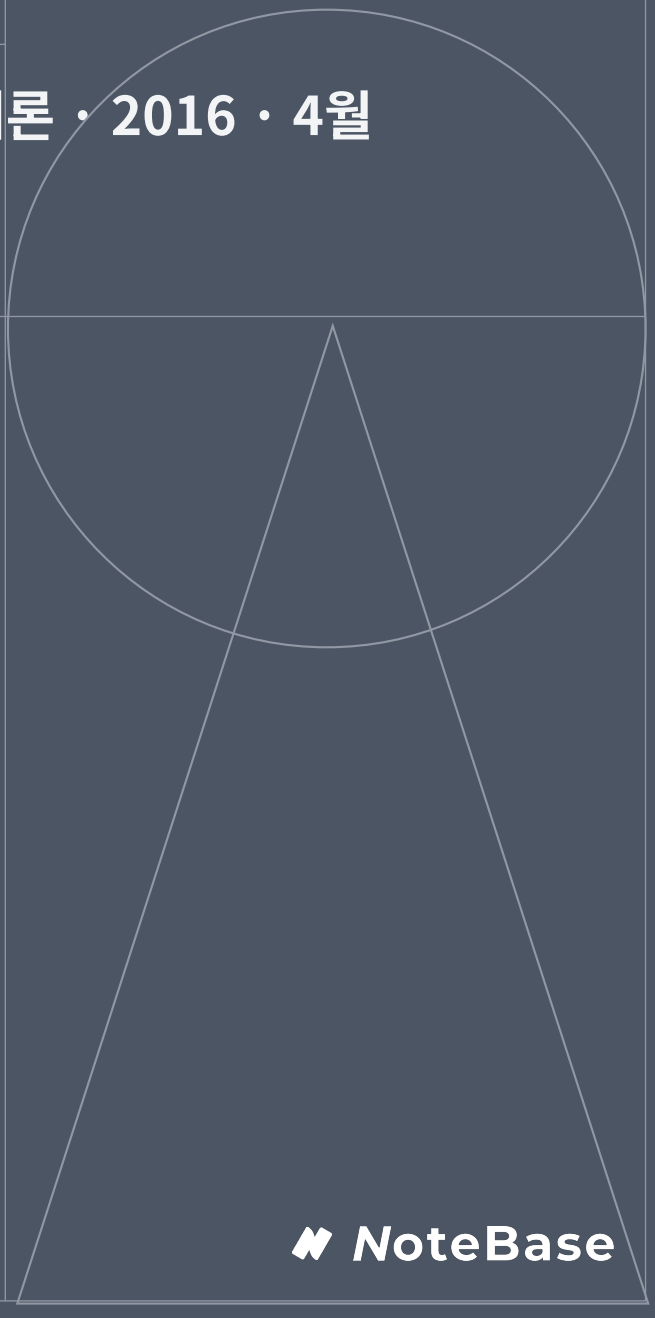
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2016 · 4월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2016 · 4월

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2016 · 4월

문 1. 원자에 관한 다음 설명 중 가장 옳은 것은?

① 모든 원자는 양성자와 같은 수만큼의 중성자를 가지고 있다.

② 원자번호는 양성자의 수와 같다.

③ 같은 원자번호를 가지는 두 가지 동위원소의 전자의 수는 같고 양성자의 수는 다르다.

④ 원자의 질량수는 양성자와 전자 질량의 총합이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 원자번호, 동위원소, 질량수의 정의를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

원자번호는 원자핵 속 양성자 수를 뜻한다.
동위원소는 원자번호는 같지만 중성자 수가 달라 질량수가 다른 원자이다.
질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이며, 전자의 질량을 더한 값이 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① X
모든 원자에서 양성자 수와 중성자 수가 같은 것은 아니다. 수소-1처럼 중성자가 0개인 원자도 있고, 같은 원소라도 동위원소에 따라 중성자 수가 달라진다.
틀린 표현은 "같은 수만큼의 중성자"이다. 올바르게는 "원자마다 중성자 수는 다를 수 있다"이다.

② O
원자번호는 원자를 구별하는 기본 기준으로, 정의 자체가 양성자 수이다. 따라서 원자번호는 양성자의 수와 같다.

③ X
동위원소는 같은 원자번호를 가지므로 양성자 수는 같다. 중성 원자라면 전자 수 역시 같고, 서로 다른 것은 중성자 수이다.
틀린 표현은 "양성자의 수는 다르다"이다. 올바르게는 "중성자의 수는 다르다"이다.

④ X
질량수는 질량의 합이 아니라 입자 수의 합이다. 원자핵을 이루는 양성자 수와 중성자 수를 더한 값으로 정의한다.
틀린 표현은 "양성자와 전자 질량의 총합"이다. 올바르게는 "양성자 수와 중성자 수의 합"이다.

오답 포인트

③과 ④에서 자주 헷갈리는 지점은 동위원소의 차이를 양성자 차이로 착각하거나, 질량수를 실제 질량의 합으로 받아들이는 점이다. 동위원소는 양성자가 아니라 중성자가 다르고, 질량수는 질량이 아니라 핵입자 개수라는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자 관련 선지는 먼저 무엇을 세는 개념인지 확인하면 된다. 원자번호는 양성자 수, 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합, 동위원소는 양성자는 같고 중성자가 다르다는 기준으로 판단하면 된다.

암기 포인트

원자번호는 양성자, 질량수는 양성자+중성자, 동위원소는 양성자 같고 중성자 다름이다.

NoteBase

문 2. 어떤 원소 X에는 3가지 동위원소 ^{a}X, ^{a+1}X, ^{a+2}X가 존재한다. ^{a}X와 ^{a+2}X의 존재 비율이 약 10 : 1이고, X의 평균 원자량이 $a + 0.2$라면, ^{a}X의 대략적인 존재 비율(%)은?

① 10

② 30

③ 60

④ 90

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 동위원소의 존재비와 평균 원자량의 가중평균 관계를 이용해 ^{a}X의 존재 비율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $^{a}X : {}^{a+2}X = 10 : 1$이다.
구해야 할 값: ^{a}X의 존재 비율이다.
주의할 조건: 평균 원자량이 $a + 0.2$라는 말은 기준 질량수 a보다 증가한 양의 가중평균이 0.2라는 뜻이다.

사용할 공식

평균 원자량은 각 동위원소 질량수와 존재비의 가중평균이다.
a(비율)+(a+1)(비율)+(a+2)(비율)=a+0.2
이 공식을 쓰는 이유는 세 동위원소의 질량수 차이가 0, 1, 2로 주어져 있어 평균 원자량 증가분을 바로 식으로 세울 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. ^{a}X, ^{a+1}X, ^{a+2}X의 존재비를 각각 $10k$, y, k로 둔다.
2. 전체 비율의 합은 $10k + y + k = 1$이므로 $y = 1 - 11k$이다.
3. 평균 원자량이 $a + 0.2$이므로 증가분만 보면 $y + 2k = 0.2$이다.
4. $y = 1 - 11k$를 대입하면 $1 - 11k + 2k = 0.2$, 즉 $1 - 9k = 0.2$이므로 $9k = 0.8$, $k = \frac{4}{45}$이다.
5. 따라서 ^{a}X의 존재비는 $10k = \frac{40}{45} = \frac{8}{9} \approx 0.889$이므로 약 88.9%이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 10은 ^{a+2}X의 비율 $k \approx 8.9\%$에 가까운 값이지 ^{a}X의 비율이 아니다. 10% -> 올바르게는 약 90%이다.
2번 X: 30은 평균 증가분 0.2만 보고 감으로 배분한 값에 가깝고, $^{a}X : {}^{a+2}X = 10 : 1$ 조건을 만족하지 못한다. 30% -> 올바르게는 약 90%이다.
3번 X: 60은 ^{a}X가 많다는 점은 반영했지만 가중평균식 $y + 2k = 0.2$를 만족하는 값이 아니다. 60% -> 올바르게는 약 90%이다.
4번 O: 계산 결과 ^{a}X의 존재비는 약 88.9%이므로 보기에서는 90이 가장 가깝다.

오답 포인트

평균 원자량 $a + 0.2$를 단순히 세 동위원소 비율의 평균으로 보면 틀린다. ^{a+1}X는 1만큼, ^{a+2}X는 2만큼 평균을 끌어올린다는 점을 반영한 가중평균식을 세워야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

동위원소 평균 원자량 문제는 가장 가벼운 동위원소를 기준으로 잡고 증가분만 따로 본다. 그다음 비율식과 전체 합 1 식을 함께 세우면 빠르게 정답에 도달할 수 있다.

암기 포인트

평균 원자량은 기준 질량수에 증가분의 가중평균을 더한 값이다.

NoteBase

문 3. 한 원자에서 <보기>의 양자수가 가질 수 있는 전자의 최대 개수는 얼마인가?

<보기>
• 주양자수: 4
• 각 운동량 양자수: 3

① 2
② 6
③ 10
④ 14

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 주양자수 n와 각운동량 양자수 l가 주어졌을 때 해당 부껍질의 오비탈 수와 최대 전자 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $n = 4, l = 3$이다.
구해야 할 값은 이 양자수 조합을 가질 수 있는 전자의 최대 개수이다.
$l = 3$이면 f 부껍질이므로 가능한 자기양자수 m_l는 $-3,\ -2,\ -1, 0, 1, 2, 3$의 7개이다.

사용할 공식

오비탈 수는 $2l + 1$이고, 최대 전자 수는 $2(2l + 1)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 같은 n, l을 가지는 전자는 m_l 값의 개수만큼 서로 다른 오비탈에 들어가고, 각 오비탈에는 스핀이 반대인 전자 2개까지 들어갈 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $l = 3$이므로 가능한 m_l 값의 수는 $2l + 1 = 2 \times 3 + 1 = 7$이다.
2. 따라서 해당 부껍질의 오비탈 수는 7개이다.
3. 각 오비탈에는 전자 2개까지 들어가므로 최대 전자 수는 $7 \times 2 = 14$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 2개라는 값이 틀리다. 2개는 오비탈 1개에 들어갈 수 있는 최대 전자 수일 뿐이며, $l = 3$인 부껍질 전체의 최대 전자 수는 아니다. 올바르게는 14개이다.
② X: 6개라는 값이 틀리다. 이는 m_l를 -3부터 $+3$까지 세면서 0을 빠뜨리거나 $2l$로 잘못 계산할 때 나오는 값이다. 올바르게는 오비탈 수가 $2l + 1 = 7$이므로 최대 전자 수는 14개이다.
③ X: 10개라는 값이 틀리다. 이는 $l = 2$인 d 부껍질의 최대 전자 수와 혼동한 값이다. 이 문제의 $l = 3$은 f 부껍질이므로 최대 전자 수는 14개이다.
④ O: $l = 3$이면 오비탈 수가 7개이고 각 오비탈에 전자 2개씩 들어갈 수 있으므로 최대 전자 수는 14개이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $l = 3$을 보고 부껍질 이름과 오비탈 수를 바로 연결하지 못하는 데 있다. 오비탈 1개의 최대 전자 수 2개를 부껍질 전체의 최대 전자 수로 착각하거나, d 부껍질의 10개와 혼동하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

양자수에서 최대 전자 수를 묻는 문제는 먼저 l로 부껍질 종류를 정하고, 다음에 오비탈 수 $2l + 1$을 구한 뒤, 마지막에 2를 곱해 최대 전자 수를 판단한다.

암기 포인트

$l = 0, 1, 2, 3$은 각각 s, p, d, f이고 최대 전자 수는 차례로 2, 6, 10, 14이다.

NoteBase

문 4. 물(H_2O) 분자에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

① 중심원자인 산소는 sp^3 혼성궤도를 가지고 있다.

② H-O-H의 결합각은 암모니아(NH_3)의 H-N-H의 결합각보다 크다.

③ O-H의 결합 길이는 메탄(CH_4)의 C-H 결합 길이보다 작다.

④ 분자구조는 굽은 형으로 극성분자이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 물 분자의 전자영역 기하, 비공유전자쌍에 따른 결합각 변화, 결합 길이, 극성을 함께 비교하는 문제이다.

핵심 개념

물 분자에서 산소는 결합전자쌍 2개와 비공유전자쌍 2개를 가져 전자영역 기준으로 sp^3 혼성이다.
비공유전자쌍-결합전자쌍 반발은 결합전자쌍-결합전자쌍 반발보다 커서 H_2O의 결합각은 NH_3보다 더 작아진다.
$O-H$ 결합은 산소 원자가 더 작아 핵 사이 거리가 짧고, 분자가 굽은 형이면 결합 쌍극자가 상쇄되지 않아 극성을 띤다.

선지별 해설

① O: 산소 주위 전자영역이 4개이므로 중심 원자의 혼성은 sp^3이다. 분자 모양은 굽은 형이지만 전자영역 배열은 정사면체형에 해당한다.
② X: 틀린 부분은 "암모니아(NH_3)의 H-N-H 결합각보다 크다"이다. 실제로는 물의 H-O-H 결합각은 약 104.5°, 암모니아의 H-N-H 결합각은 약 107°이므로 물이 더 작다. 올바르게는 "H-O-H의 결합각은 암모니아의 H-N-H 결합각보다 작다"이다.
③ O: $O-H$ 결합 길이는 메탄 CH_4의 $C-H$ 결합 길이보다 짧다. 산소가 탄소보다 작고 결합한 두 원자핵 사이 거리가 더 짧기 때문이다.
④ O: 물의 분자구조는 직선형이 아니라 굽은 형이며, 두 $O-H$ 결합의 쌍극자가 상쇄되지 않아 극성분자이다.

오답 포인트

②는 전기음성도만 보고 결합각까지 크게 생각하면 틀리기 쉽다. 결합각은 중심 원자 주변의 비공유전자쌍 수가 더 직접적으로 좌우하며, H_2O는 비공유전자쌍이 2개라 NH_3보다 결합각이 더 많이 압축된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자의 전자영역 수로 혼성을 판단한다. 그다음 비공유전자쌍이 많을수록 결합각이 더 줄어든다는 기준으로 $CH_4 > NH_3 > H_2O$ 순서를 적용하면 된다. 마지막으로 굽은 형이면 결합 쌍극자가 상쇄되지 않아 극성분자로 판단할 수 있다.

암기 포인트

물은 sp^3 혼성, 굽은 형, 극성분자이며 결합각은 NH_3보다 작고 $O-H$ 결합은 $C-H$보다 짧다.

NoteBase

문 5. 화합물 XY_2에서 원소의 질량 조성은 X 75%, Y 25%이다. 화합물 X_2Y_3에서 원소의 질량 조성으로 옳은 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

① X 60%, Y 40%

② X 66.7%, Y 33.3%

③ X 80%, Y 20%

④ X 87.5%, Y 12.5%

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 화합물의 질량분율에서 원자량비를 역산한 뒤, 다른 화학식의 질량 조성으로 바꾸는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 화합물 XY_2에서 X의 질량분율은 75%, Y의 질량분율은 25%이다.
구해야 할 값: 화합물 X_2Y_3에서 X와 Y의 질량 조성이다.
주의할 조건: 아래첨자 2, 3은 원자 수의 비이고, 질량비 자체가 아니다.

사용할 공식

질량분율은 해당 원소의 질량화합물 전체 질량로 계산한다.
이 문제에서는 X와 Y의 원자량을 각각 x, y라고 두면 $\frac{x}{x+2y} = \frac{3}{4}$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 질량 조성이 원자 수와 원자량에 함께 의해 결정되므로, 먼저 원자량비를 구해야 X_2Y_3의 질량 조성을 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $\frac{x}{x+2y} = \frac{3}{4}$이므로 $4x = 3x + 6y$이다.
2. 따라서 $x = 6y$이므로 원자량비는 $X : Y = 6 : 1$이다.
3. X_2Y_3에서 X와 Y의 질량비는 $2x : 3y = 12y : 3y = 4 : 1$이다.
4. 전체를 5로 보면 X는 $\frac{4}{5} = 80\%$, Y는 $\frac{1}{5} = 20\%$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 계산 결과 X_2Y_3의 질량비는 4 : 1이므로 X 60%, Y 40%는 맞지 않는다. 틀린 표현은 "X 60%, Y 40%"이고, 올바르게는 "X 80%, Y 20%"이다.
2번 X: 이 값은 $\frac{x}{x+2y}=\frac{3}{4}$를 잘못 풀어 $x=3y$처럼 처리할 때 나올 수 있다. 실제로는 $x=6y$이므로 틀린 표현은 "X 66.7%, Y 33.3%"이고, 올바르게는 "X 80%, Y 20%"이다.
3번 O: $x=6y$이므로 X_2Y_3의 질량비는 $12y:3y=4:1$이다. 따라서 질량 조성은 X 80%, Y 20%가 되어 정답이다.
4번 X: X 87.5%, Y 12.5%는 질량비가 7 : 1이라는 뜻인데, 계산된 실제 질량비 4 : 1과 다르다. 틀린 표현은 "X 87.5%, Y 12.5%"이고, 올바르게는 "X 80%, Y 20%"이다.

오답 포인트

많이 틀리는 지점은 아래첨자를 곧바로 질량비로 보는 실수이다. XY_2에서 질량분율 75%와 25%를 보고 바로 X_2Y_3에 끼워 맞추면 오답이 된다. 먼저 원자량비 $x:y$를 구한 뒤 새 화학식의 질량비로 다시 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

질량 조성 문제가 나오면 먼저 기존 화학식에서 원자량비를 역산하고, 그다음 새 화학식의 계수를 반영해 질량비를 다시 만든다고 판단하면 된다.

암기 포인트

질량분율 문제는 바로 비율을 옮기지 않고, 원자량비를 먼저 구한 뒤 새 화학식에 다시 대입하는 구조이다.

NoteBase

문 6. ClO_3^- 화합물에서 팔전자 규칙을 따르는 Lewis구조로부터 중심 원자의 형식 전하를 예측하면 얼마가 되겠는가?

① +2

② +1

③ -1

④ -2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 팔전자 규칙을 따르는 Lewis 구조를 먼저 그린 뒤 중심 원자의 형식 전하를 계산할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

형식 전하는 가전자 수-(비공유 전자 수+결합 수)로 계산한다. 팔전자 규칙을 따르는 ClO_3^-의 Lewis 구조는 중심 Cl에 단일결합 3개와 고립전자쌍 1개를 둔 형태이다.

선지별 해설

1번 O: 중심 Cl은 가전자 7개를 가지며, 팔전자 구조에서 비공유 전자 2개와 단일결합 3개를 가진다. 따라서 형식 전하는 $7 - (2 + 3) = +2$이므로 맞는 선택지이다.
2번 X: 중심 원자의 형식 전하를 +1로 본 부분이 틀리다. 실제로는 팔전자 규칙 Lewis 구조에서 Cl의 형식 전하는 +2이다.
3번 X: 중심 원자의 형식 전하를 -1로 본 부분이 틀리다. 실제로는 세 산소가 각각 -1의 형식 전하를 띠고 중심 Cl이 +2를 띠어 전체 전하가 -1이 된다.
4번 X: 중심 원자의 형식 전하를 -2로 본 부분이 틀리다. 실제로는 중심 Cl이 음전하를 띠는 것이 아니라 +2를 띠며, 음전하는 주로 산소 원자들에 분산된다.

오답 포인트

팔전자 규칙 조건을 놓치고 Cl의 확장 옥텟 구조를 떠올리면 중심 원자의 형식 전하를 잘못 계산하기 쉽다. 이 문항은 반드시 단일결합 3개와 고립전자쌍 1개인 팔전자 Lewis 구조를 기준으로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전체 가전자를 센 뒤 중심 원자가 팔전자를 만족하도록 Lewis 구조를 먼저 확정하고, 그 다음 형식 전하를 가전자 수-(비공유 전자 수+결합 수) 순서로 계산하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

팔전자 ClO_3^-는 Cl에 단일결합 3개와 고립전자쌍 1개가 있고, 중심 Cl의 형식 전하는 +2이다.

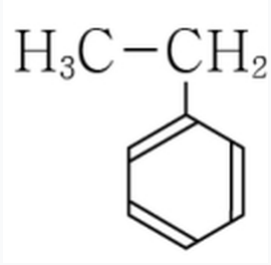
NoteBase

문 7. 다음 중에서 첨가 중합에 의하여 고분자 화합물을 만들 수 없는 것은?

① $H_2C = CH_2$

② $F_2C = CF_2$

③ $H_2C = CH - CH_3$

④ 

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 첨가 중합이 가능한 단량체의 조건과 방향족 고리 화합물의 비반응성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

첨가 중합은 보통 단량체에 반응 가능한 탄소-탄소 이중결합이 있어 그 π 결합이 끊어지면서 사슬이 이어지는 중합이다.
에틸렌, 테트라플루오로에틸렌, 프로필렌은 모두 분자 안에 일반적인 알켄형 C=C를 가져 첨가 중합을 할 수 있다.
에틸벤젠은 벤젠 고리의 방향족성은 있으나 비닐기 같은 중합성 이중결합이 없으므로 첨가 중합 단량체가 아니다.

선지별 해설

1번 O: H2C=CH2는 에틸렌으로, C=C가 열리며 반복 단위가 이어져 폴리에틸렌을 만든다.
2번 O: F2C=CF2는 테트라플루오로에틸렌으로, 첨가 중합되어 폴리테트라플루오로에틸렌을 만든다.
3번 O: H2C=CH-CH3는 프로필렌으로, 이중결합이 열리며 폴리프로필렌을 만든다.
4번 X: 제시된 구조는 에틸벤젠으로, 틀린 부분은 벤젠 고리의 이중결합을 일반 알켄의 이중결합처럼 보고 첨가 중합이 가능하다고 생각하는 점이다. 올바르게는 비닐기 C=C가 있는 스티렌은 첨가 중합을 하지만 에틸벤젠은 첨가 중합으로 고분자를 만들지 못한다.

오답 포인트

벤젠 고리에 이중결합이 그려져 있다는 이유만으로 첨가 중합이 가능하다고 판단하면 4번에 속는다. 이 문제의 함정은 방향족 고리의 π 전자계와 일반 알켄의 반응성 이중결합을 같은 것으로 오인하는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

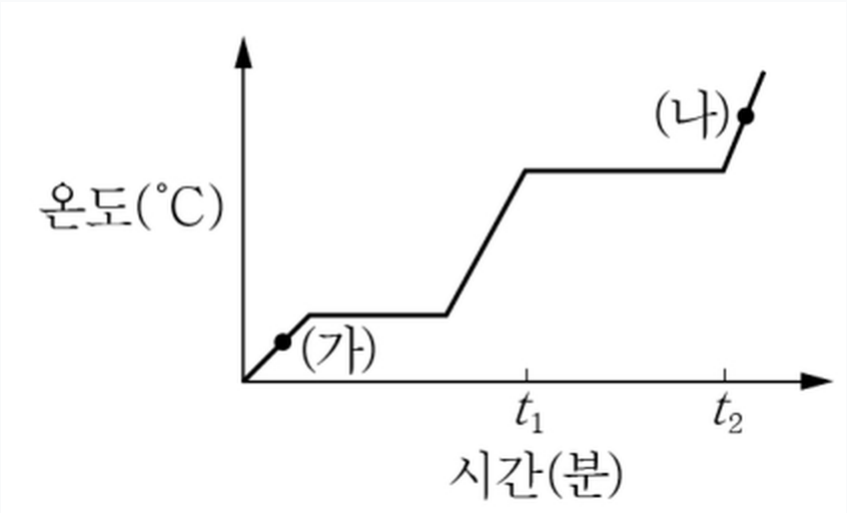
첨가 중합 문제에서는 먼저 분자에 사슬로 이어질 수 있는 비닐형 C=C가 있는지 본다. 단순 알켄 치환체이면 가능하고, 이미 포화된 알킬벤젠처럼 중합성 이중결합이 없으면 불가능하다고 판단한다.

암기 포인트

첨가 중합은 비닐기에서 시작되고, 에틸벤젠은 안 되지만 스티렌은 된다.

NoteBase

문 8. 아래 그림은 화합물 A의 가열 곡선을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① A의 비열은 고체보다 기체가 크다.

② 고체를 녹이는 데 필요한 에너지는 같은 질량의 액체를 기화시키는 데 필요한 에너지보다 크다.

③ t_1~t_2 시간 동안 계의 엔트로피는 증가한다.

④ 분자 간 인력은 (나)가 (가)보다 크다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 가열 곡선의 기울기와 평탄 구간 길이로 상태, 비열, 잠열, 엔트로피 변화를 함께 판별하는 문제이다.

선지별 해설

1번 X: (가)는 고체를 가열하는 구간이고 (나)는 기체를 가열하는 구간이다. 같은 세기로 가열할 때 기울기가 클수록 비열은 작다. 그래프에서 기체 구간의 기울기가 더 크므로 A의 비열은 기체보다 고체에서 더 크다. 틀린 표현은 '기체가 크다'이고, 올바르게는 '고체의 비열이 기체보다 크다'이다.

2번 X: 상변화 동안 온도가 일정한 평탄 구간의 길이는 그 상변화에 필요한 에너지의 크기를 반영한다. 두 번째 평탄 구간이 첫 번째보다 더 길므로 기화에 필요한 에너지가 융해에 필요한 에너지보다 크다. 틀린 표현은 '고체를 녹이는 데 필요한 에너지가 더 크다'이고, 올바르게는 '같은 질량의 액체를 기화시키는 데 필요한 에너지가 더 크다'이다.

3번 O: t_1부터 t_2까지는 액체가 가열되거나 끓는 과정으로 계가 계속 열을 흡수한다. 온도가 오르거나 액체에서 기체로 상변화가 진행되면 무질서도가 커지므로 계의 엔트로피는 증가한다.

4번 X: (가)는 고체 상태이고 (나)는 기체 상태이다. 분자 간 인력은 일반적으로 고체에서 가장 크고 기체에서 가장 약하다. 틀린 표현은 '(나)가 (가)보다 크다'이고, 올바르게는 '(가)가 (나)보다 크다'이다.

NoteBase

오답 포인트

가열 곡선에서는 기울기와 평탄 구간을 서로 다른 의미로 읽어야 한다. 기울기는 비열 판단에, 평탄 구간 길이는 잠열 판단에 대응하므로 이를 섞으면 1번과 2번을 거꾸로 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 기울어진 구간이 고체, 액체, 기체 중 어느 상태인지 확인한다. 그다음 기울기는 비열, 평탄 구간은 잠열로 읽고, 상태가 고체에서 기체로 갈수록 분자 간 인력은 약해지고 엔트로피는 커진다는 순서로 연결하면 된다.

암기 포인트

가열 곡선에서 기울기는 비열, 평탄 길이는 잠열을 뜻하며 상태가 고체→액체→기체로 갈수록 분자 간 인력은 약해지고 엔트로피는 커진다.

NoteBase

문 9. 분자량이 200.0g/mol인 용질 50.0 g을 분자량이 78g/mol인 액체 200.0 g에 녹여 밀도가 1.00g/mL인 용액을 얻었다. 이 용액에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 용질에 의한 부피 변화는 무시한다.)

① 몰농도는 0.250M이다.

② 몰농도는 1.00M이다.

③ 몰랄농도는 0.250m이다.

④ 몰랄농도는 1.00m이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 용질의 몰수, 용액의 부피, 용매의 질량을 구분하여 몰농도와 몰랄농도를 정확히 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 다음과 같다.
- 용질 질량은 50.0 g이다.
- 용질 분자량은 200.0g/mol이다.
- 용매 질량은 200.0 g, 즉 0.200 kg이다.
- 용액의 밀도는 1.00g/mL이다.
- 용액의 총질량은 50.0 g + 200.0 g = 250.0 g이다.

구해야 할 값은 몰농도와 몰랄농도이다.
주의할 조건은 다음과 같다.
- 몰농도는 용액의 부피로 나눈 값이다.
- 몰랄농도는 용매의 질량으로 나눈 값이다.

사용할 공식

사용할 공식은 다음과 같다.
- 몰수는 $n = \frac{m}{M}$이다.
- 몰농도는 $C = \frac{n_{solute}}{V_{solution}}$이다.
- 몰랄농도는 $m = \frac{n_{solute}}{m_{solvent(kg)}}$이다.

이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 용질의 질량과 분자량이 주어져 용질 몰수를 구할 수 있고, 용액의 밀도로 용액 부피를 구할 수 있으며, 용매 질량도 직접 주어져 몰랄농도를 계산할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 용질 몰수는 $\frac{50.0}{200.0} = 0.250 mol$이다.
2. 용액 총질량은 $50.0 + 200.0 = 250.0 g$이다.
3. 용액 부피는 $\frac{250.0 g}{1.00 g/mL} = 250.0 mL = 0.250 L$이다.
4. 몰농도는 $\frac{0.250}{0.250} = 1.00 M$이다.
5. 몰랄농도는 $\frac{0.250}{0.200} = 1.25 m$이다.

선지별 해설

① X: 몰농도는 0.250 M이 아니다. 계산한 몰농도는 $1.00 M$이다. 0.250은 용질의 몰수일 뿐 농도가 아니다. 올바르게는 '몰농도는 1.00 M이다.'이다.
② O: 용질 0.250 mol이 용액 0.250 L에 들어 있으므로 몰농도는 $\frac{0.250}{0.250} = 1.00 M$이다. 따라서 옳은 설명이다.
③ X: 몰랄농도는 0.250m이 아니다. 몰랄농도는 용매 0.200 kg을 기준으로 계산하므로 $\frac{0.250}{0.200} = 1.25 m$이다. 0.250m은 몰수 자체를 농도로 착각한 진술이다. 올바르게는 '몰랄농도는 1.25m이다.'이다.
④ X: 몰랄농도는 1.00m이 아니다. 1.00m은 용매 질량이 아니라 용액 총질량 0.250 kg으로 잘못 나눌 때 나오는 값이다. 몰랄농도는 반드시 용매 질량으로 나누므로 올바르게는 '몰랄농도는 1.25m이다.'이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 몰농도와 몰랄농도의 분모가 다르다는 점이다. ①은 몰수와 몰농도를 혼동한 선택지이고, ④는 용매 질량 대신 용액 총질량을 넣게 만드는 함정이다. 농도 문제에서는 무엇으로 나누는지부터 구분해야 실수를 막을 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

농도 계산 문제는 먼저 용질 몰수를 구하고, 다음에 몰농도는 용액 부피로, 몰랄농도는 용매 질량으로 나누는 순서로 판단한다. 분모가 용액인지 용매인지만 정확히 구분해도 대부분의 오답을 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

몰농도는 용액 부피, 몰랄농도는 용매 질량이라는 구분이 핵심이다.

NoteBase

문 10. 아래에 주어진 반응의 평형 상수(K)를 참고하여 $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + 2C(g)$의 평형 상수를 계산하면 얼마인가?

$2A(g) \rightleftharpoons C(g) + 2D(g), K_1 = 2.5 \times 10^{-5}$
$\frac{1}{2}B(g) + \frac{1}{2}C(g) \rightleftharpoons D(g), K_2 = 5.0 \times 10^{-10}$

① 1.0×10^{14}
② 5.0×10^{4}
③ 2.5×10^{4}
④ 2.0×10^{-5}

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 반응식을 배수하거나 역반응으로 바꿀 때 평형 상수가 어떻게 변하는지를 이용해 목표 반응의 평형 상수 K를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 $2A(g) \rightleftharpoons C(g) + 2D(g), K_1 = 2.5 \times 10^{-5}$와 $\frac{1}{2}B(g) + \frac{1}{2}C(g) \rightleftharpoons D(g), K_2 = 5.0 \times 10^{-10}$이다.
구해야 할 반응은 $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + 2C(g)$의 평형 상수이다.
둘째 반응을 2배 한 뒤 역반응으로 바꾸어 첫째 반응과 더하면 목표 반응이 된다.

사용할 공식

반응식을 n배 하면 평형 상수는 K^n이 된다. 반응식을 역으로 바꾸면 평형 상수는 $\frac{1}{K}$가 된다. 두 반응을 더하면 전체 평형 상수는 각 평형 상수의 곱이 된다.
이 문제는 주어진 두 반응을 조합해 목표 반응을 만들어야 하므로 이 세 규칙을 함께 사용한다.

계산 과정

둘째 반응을 2배 하면 $B(g) + C(g) \rightleftharpoons 2D(g)$이고, 이때 평형 상수는 $K_2^2 = (5.0 \times 10^{-10})^2 = 2.5 \times 10^{-19}$이다.
이 반응을 역으로 바꾸면 $2D(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$이고, 평형 상수는 $\frac{1}{K_2^2} = \frac{1}{2.5 \times 10^{-19}} = 4.0 \times 10^{18}$이다.
이제 $2A(g) \rightleftharpoons C(g) + 2D(g)$와 $2D(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$를 더하면 $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + 2C(g)$가 된다.
따라서 전체 평형 상수는 $K = K_1 \times \frac{1}{K_2^2} = 2.5 \times 10^{-5} \times 4.0 \times 10^{18} = 1.0 \times 10^{14}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 1.0×10^{14}이므로 맞는 선지이다.
② X: 5.0×10^{4}는 계산 결과와 다르다. 둘째 반응을 2배 하거나 역반응으로 바꿀 때 평형 상수가 K_2^2, $\frac{1}{K_2^2}$로 변한다는 점을 반영하지 못한 값이다. 올바르게는 1.0×10^{14}이다.
③ X: 2.5×10^{4}도 계산 결과와 다르다. $K_1 = 2.5 \times 10^{-5}$의 계수 2.5만 보고 지수 계산을 잘못 처리하면 이런 값에 가까운 오답이 나온다. 올바르게는 1.0×10^{14}이다.
④ X: 2.0×10^{-5}는 첫째 반응의 평형 상수와 비슷한 크기만 보고 둘째 반응의 조합 효과를 거의 반영하지 않은 값이다. 목표 반응은 둘째 반응을 2배 후 역반응으로 더해야 하므로 평형 상수가 매우 커진다. 올바르게는 1.0×10^{14}이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 둘째 반응의 계수가 $\frac{1}{2}$로 주어졌다는 점이다. 반응을 먼저 2배 해야 한다는 사실을 놓치거나, 역반응으로 바꿀 때 K를 뒤집지 않으면 지수가 완전히 달라진다. K_2를 그대로 곱하거나 나누는 실수가 가장 흔하다.

다시 나오면 이렇게 판단

목표 반응을 주어진 반응식들의 합으로 먼저 만든다. 그다음 반응식의 배수 변화는 K^n, 역반응 변화는 $\frac{1}{K}$, 반응식의 합은 평형 상수의 곱이라는 순서로 적용하면 된다.

암기 포인트

평형 상수 조작은 반응식 조작과 1대1로 대응한다. n배는 K^n, 역반응은 $\frac{1}{K}$, 반응의 합은 곱이다.

NoteBase

문 11. 화학 반응에서 촉매를 사용하여도 달라지지 않는 것은?

① 정반응 속도

② 역반응 속도

③ 반응 엔탈피

④ 활성화 에너지

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 촉매가 반응 속도와 활성화 에너지에는 영향을 주지만, 반응물과 생성물의 에너지 차이인 반응 엔탈피에는 영향을 주지 않는다는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

촉매: 다른 반응 경로를 제공하여 정반응과 역반응의 활성화 에너지를 모두 낮추고 반응 속도를 빠르게 하는 물질이다.
반응 엔탈피: 반응물과 생성물의 엔탈피 차이로 결정되는 값이므로 반응 경로가 달라져도 변하지 않는다.
활성화 에너지: 반응이 진행되기 위해 넘어야 하는 에너지 장벽으로, 촉매를 쓰면 작아진다.

NoteBase

선지별 해설

① X
정반응 속도는 촉매를 사용하면 증가한다. 촉매는 정반응의 활성화 에너지를 낮추므로 정반응 속도는 달라진다.
틀린 표현은 '달라지지 않는'이다. 올바르게는 '정반응 속도는 촉매에 의해 빨라진다'이다.

② X
역반응 속도도 촉매를 사용하면 증가한다. 촉매는 역반응에도 새로운 반응 경로를 제공하므로 역반응 속도 역시 달라진다.
틀린 표현은 '달라지지 않는'이다. 올바르게는 '역반응 속도도 촉매에 의해 빨라진다'이다.

③ O
반응 엔탈피는 반응물과 생성물의 상태만으로 정해지는 상태함수 차이이므로 촉매 사용 여부와 무관하다. 촉매는 반응 경로를 바꿀 뿐 시작 상태와 끝 상태의 엔탈피 차이는 바꾸지 못한다.

④ X
활성화 에너지는 촉매의 대표적 영향 대상이다. 촉매를 사용하면 더 낮은 에너지 장벽의 경로가 열려 활성화 에너지가 감소한다.
틀린 표현은 '달라지지 않는'이다. 올바르게는 '활성화 에너지는 촉매에 의해 낮아진다'이다.

오답 포인트

속도와 활성화 에너지는 반응 경로에 관한 운동학적 성질이고, 반응 엔탈피는 처음과 끝의 에너지 차이에 관한 열역학적 성질이라는 구분이 핵심 함정이다. ④를 고르지 못하는 경우는 촉매가 에너지 장벽을 낮춘다는 기본 정의를 놓친 경우가 많다.

다시 나오면 이렇게 판단

촉매 관련 선지는 먼저 '경로를 바꾸는가, 상태 자체를 바꾸는가'로 나누어 판단한다. 경로와 장벽에 해당하는 활성화 에너지와 반응 속도는 변하고, 시작점과 끝점의 차이인 반응 엔탈피와 평형상수는 변하지 않는다.

암기 포인트

촉매는 속도와 장벽은 바꾸고, ΔH는 바꾸지 않는다.

NoteBase

문 12. 다음은 NOBr이 생성되는 기체상 반응에 대한 메커니즘이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

(단계 1) $NO + Br_2 \rightleftharpoons NOBr_2$ (빠름, 평형 상수 K)
(단계 2) $NOBr_2 + NO \rightarrow 2NOBr$ (느림, 속도 상수 K_2)

① $NOBr_2$는 반응 중간체이다.

② 전체 반응의 속도 상수는 K_2이다.

③ NO 1몰이 반응하면 NOBr 1몰이 생성된다.

④ Br_2의 농도를 2배로 하면 반응 속도는 2배가 된다.

정답 2번

출제 포인트

빠른 평형 단계와 느린 단계가 있는 메커니즘에서 중간체 농도를 평형식으로 치환하여 전체 속도식을 구하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

반응 중간체는 한 단계에서 생성되고 다음 단계에서 소모되어 전체 반응식에는 남지 않는 종이다.
빠른 평형 단계가 있으면 $K = \frac{[NOBr_2]}{[NO][Br_2]}$ 이므로 $[NOBr_2] = K[NO][Br_2]$로 둘 수 있다.
느린 단계가 속도를 결정하므로 $v = K_2[NOBr_2][NO] = KK_2[NO]^2[Br_2]$가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① O
NOBr2는 1단계에서 생성되고 2단계에서 소모되며 전체 반응식 $2NO + Br_2 \rightarrow 2NOBr$에는 남지 않으므로 반응 중간체가 맞다.

② X
틀린 부분은 "전체 반응의 속도 상수는 K_2이다"라는 표현이다.
실제로는 빠른 평형상수 K와 느린 단계 속도 상수 K_2가 함께 들어가므로 전체 속도식은 $v = KK_2[NO]^2[Br_2]$이고, 겉보기 속도 상수는 KK_2이다.

③ O
두 단계를 더하면 전체 반응은 $2NO + Br_2 \rightarrow 2NOBr$이다.
따라서 화학양론적으로 NO 1몰이 반응하면 NOBr 1몰이 생성된다.

④ O
전체 속도식이 $v = KK_2[NO]^2[Br_2]$이므로 Br_2에 대해 1차 반응이다.
따라서 Br_2의 농도를 2배로 하면 반응 속도도 2배가 된다.

오답 포인트

느린 단계만 보고 속도 상수를 곧바로 K_2라고 적는 실수가 흔하다. 이 문항은 느린 단계의 속도식에 들어 있는 중간체 $NOBr_2$를 빠른 평형식으로 바꿔 넣는 과정을 빠뜨리는지를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

메커니즘 문제가 나오면 먼저 느린 단계를 찾아 속도식을 쓰고, 그 식에 중간체가 남아 있으면 빠른 평형식이나 선행 단계 식으로 치환하여 반응물만 남는 전체 속도식으로 정리한다.

암기 포인트

빠른 평형 + 느린 단계 메커니즘은 중간체를 평형식으로 없애서 겉보기 속도상수를 만든다.

NoteBase

문 13. 수용액 상태에서 산의 세기 비교가 옳은 것은?

① HF > HBr

② $HNO_2 > HNO_3$

③ $H_2SO_3 > H_2CO_3$

④ $NH_3 > HCN$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수용액에서 산의 세기를 비교하는 기준을 묻는 문제이다.

핵심 개념

산의 세기는 물에서 얼마나 잘 이온화되어 H^+를 내놓는가로 비교한다.
할로젠화 수소산은 H-F 결합이 매우 강해서 HF가 예외적으로 약산이고, 같은 족에서는 아래로 갈수록 HBr, HI처럼 더 강한 산이 된다.
산소산은 같은 중심 원자이면 산소 수가 많을수록 강산이고, 산소 수가 같으면 중심 원자의 전기음성도가 클수록 강산이 된다.
NH3처럼 염기인 물질은 산의 세기 비교에서 강산으로 볼 수 없다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2016 · 4월

선지별 해설

① X
HF는 약산이고 HBr은 강산이므로 HF > HBr는 틀리다.
틀린 표현은 "HF > HBr"이다.
올바르게는 "HF < HBr"이다.

② X
같은 중심 원자 N의 산소산에서는 산소 수가 많은 HNO3가 HNO2보다 더 강한 산이다.
틀린 표현은 "HNO2 > HNO3"이다.
올바르게는 "HNO3 > HNO2"이다.

③ O
H2SO3와 H2CO3는 산소 수가 같은 산소산이므로 중심 원자의 전기음성도를 비교한다.
S가 C보다 전기음성도가 커서 H2SO3가 H2CO3보다 더 강한 산이므로 옳다.

④ X
NH3는 대표적인 염기이고 HCN은 약산이므로 산의 세기를 비교하면 HCN 쪽이 산이다.
틀린 표현은 "NH3 > HCN"이다.
올바르게는 "산의 세기 비교에서는 HCN이 NH3보다 강하다"이다.

오답 포인트

①은 F의 전기음성도만 보고 HF가 강산이라고 착각하기 쉽다. 실제 산세기는 H-F 결합이 너무 강해 해리가 잘 되지 않는 점이 더 중요하다. ②와 ③은 둘 다 산소산 비교이지만, ②는 산소 수를 먼저 보고 ③은 산소 수가 같으므로 중심 원자를 비교해야 한다는 점이 함정이다. ④는 NH3가 물과 반응한다는 이유로 산처럼 오해하기 쉽지만, 수용액에서 NH3는 브뢴스테드 염기이다.

다시 나오면 이렇게 판단

산의 세기 비교는 먼저 같은 계열인지부터 본다. 할로젠화 수소산이면 HF 예외를 먼저 떠올리고, 산소산이면 같은 중심 원자인지와 산소 수가 같은지를 나누어 판단한다. 산과 염기가 섞여 있으면 먼저 산인지 염기인지부터 구분한다.

암기 포인트

HF는 예외적 약산, 같은 중심 원자 산소산은 산소 수가 많을수록 강산, 산소 수가 같으면 중심 원자가 더 전기음성일수록 강산이다.

NoteBase

문 14. 동일한 소량의 산을 혼합 수용액 (가)~(라)에 첨가할 때, pH 변화가 가장 작은 것은?

(가) 0.2M CH_3COOH 10mL와 0.2M CH_3COONa 10mL의 혼합액
(나) 0.2M CH_3COOH 10mL와 0.4M CH_3COONa 10mL의 혼합액
(다) 0.2M CH_3COOH 20mL와 0.2M CH_3COONa 20mL의 혼합액
(라) 0.4M CH_3COOH 20mL와 0.2M CH_3COONa 20mL의 혼합액

① (가)
② (나)
③ (다)
④ (라)

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 아세트산-아세트산나트륨 완충용액에 같은 양의 산을 넣을 때 pH 변화가 가장 작은, 즉 완충 용량이 가장 큰 조합을 고르는 문제이다. 완충 용량은 약산과 짝염기의 몰비가 1:1에 가까울수록 커지지만, 동시에 완충 성분의 절대량(몰수)에도 비례하므로 두 요인을 함께 반영하는 몰 기반 지표로 비교해야 한다.

조건 정리

(가)는 CH3COOH 2 mmol, CH3COO- 2 mmol이다.
(나)는 CH3COOH 2 mmol, CH3COO- 4 mmol이다.
(다)는 CH3COOH 4 mmol, CH3COO- 4 mmol이다.
(라)는 CH3COOH 8 mmol, CH3COO- 4 mmol이다.
같은 소량의 산을 넣으면 짝염기 CH3COO-가 산을 받아 CH3COOH로 바뀌므로, 몰비 n_{A^-}/n_{HA}의 변화가 작을수록 pH 변화가 작다. pH는 몰비에만 의존하므로 부피 자체는 결과에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

완충용액의 pH는 헨더슨-하셀바흐식 $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_a + \log\frac{n_{A^-}}{n_{HA}}$로 나타난다. pH는 농도가 아니라 몰비 n_{A^-}/n_{HA}에만 의존하므로, 조성이 같으면 부피가 달라도 pH는 같다.
같은 양의 산을 넣을 때의 pH 변화 크기는 몰 기반 완충 용량 지표 $\beta \propto \frac{n_{HA}n_{A^-}}{n_{HA}+n_{A^-}}$로 비교하며, 이 값이 클수록 pH 변화가 작다. 이 지표는 몰비가 1:1일 때 극대가 되고, 같은 비율에서는 총몰수가 클수록 커진다.

NoteBase

계산 과정

1. 각 혼합액의 CH3COOH와 CH3COO- 몰수를 구한다.
2. 완충 용량 지표 $\beta \propto \frac{n_{HA} n_{A^-}}{n_{HA} + n_{A^-}}$를 각 조합에 대해 계산한다.
3. (가)는 $\frac{2 \times 2}{4} = 1.00$, (나)는 $\frac{2 \times 4}{6} = 1.33$, (다)는 $\frac{4 \times 4}{8} = 2.00$, (라)는 $\frac{8 \times 4}{12} = 2.67$이다.
4. 지표가 가장 큰 조합은 (라)이므로, 엄밀한 완충 용량 기준으로는 (라)의 pH 변화가 가장 작다.
5. 실제로 1 mmol의 강산을 넣었을 때의 pH 변화 크기를 비교하면 (다)는 $|\Delta pH| \approx 0.222$, (라)는 $|\Delta pH| \approx 0.176$으로 (라)가 더 작다.

선지별 해설

① X

(가)는 CH3COOH와 CH3COO-가 각각 2 mmol로 몰비는 1:1이지만 완충 성분의 총량이 가장 적어 지표가 $\beta \approx 1.00$으로 가장 작다. 따라서 pH 변화는 오히려 가장 크므로 정답이 아니다.

② X

(나)는 CH3COOH 2 mmol, CH3COO- 4 mmol로 몰비가 1:2이다. 지표는 $\beta \approx 1.33$으로 (가)보다는 크지만 (다)·(라)보다 작아 pH 변화가 가장 작지는 않다.

③ O(공식 정답)

(다)는 CH3COOH와 CH3COO-가 각각 4 mmol로 몰비 1:1이고 지표는 $\beta = 2.00$이다. 공식 발표 정답은 '완충 용량은 $[HA] = [A^-]$인 1:1에서 최대'라는 규칙만 적용해 (다)를 정답으로 본다.

④ X(공식 기준)

(라)는 CH3COOH 8 mmol, CH3COO- 4 mmol로 몰비가 2:1이라 1:1에서 벗어나지만, 완충 성분의 총량이 가장 많아 지표는 $\beta \approx 2.67$로 네 조합 중 가장 크다. 엄밀한 완충 용량 계산으로는 (라)의 pH 변화가 (다)보다도 더 작으므로, 공식 정답과 달리 실제로는 (라)가 정답이 되어야 한다는 논란이 있다.

오답 포인트

이 문제의 핵심 함정은 완충 용량을 몰비 1:1 여부만으로 판단하는 것이다. 완충 용량은 몰비가 1:1일 때 극대가 되지만 동시에 완충 성분의 총량에도 비례하므로, 두 요인을 함께 반영하는 지표 $\beta \propto \frac{n_{HA} n_{A^-}}{n_{HA} + n_{A^-}}$로 비교해야 한다. 공식 발표 정답은 1:1 규칙만 적용해 (다)를 답으로 제시했으나, 이 지표로 계산하면 (라)의 값이 2.67로 가장 커 (라)의 pH 변화가 가장 작다. 따라서 엄밀한 완충 용량 기준으로는 정답이 ④(라)가 되어야 하며, 1:1 비율만 고려한 데서 비롯된 복수정답 소지의 출제 논란이 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

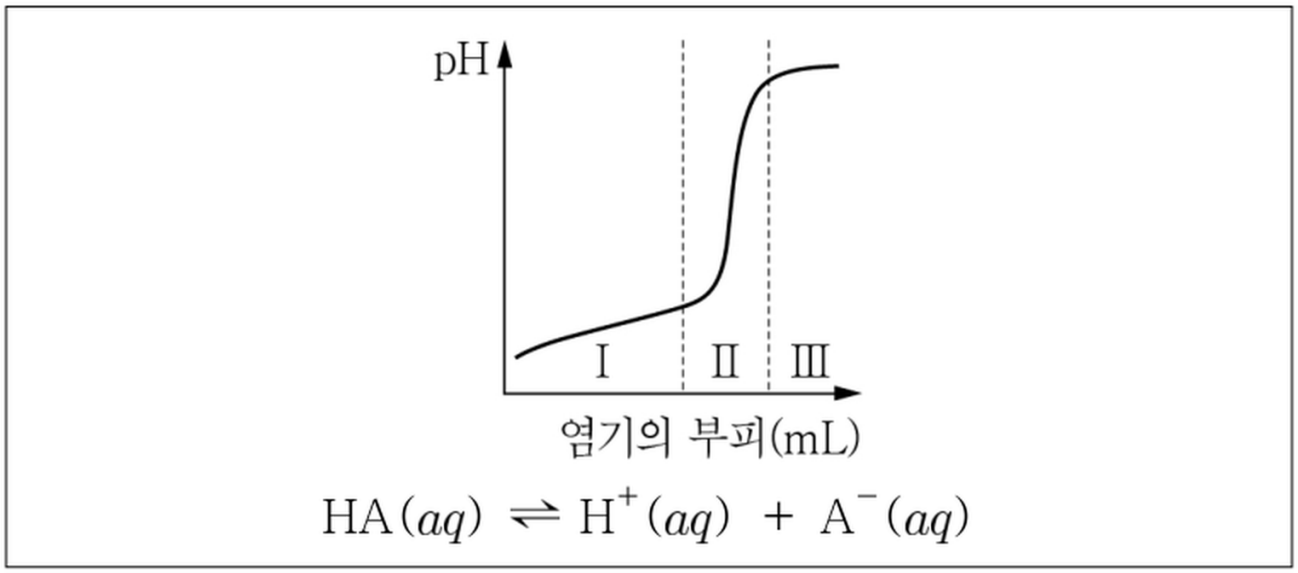
완충용액 비교 문제는 먼저 약산과 짝염기의 몰수를 구한 뒤, 몰비 1:1 여부만 보지 말고 완충 용량 지표 $\beta \propto \frac{n_{HA}n_{A^-}}{n_{HA}+n_{A^-}}$를 계산해 값이 가장 큰 조합을 고른다. 이 값이 클수록 같은 양의 산이나 염기를 넣었을 때 pH 변화가 작다. 다만 이 문항의 공식 정답은 1:1 규칙만 적용한 (다)=③이므로, 시험 대비 시에는 공식 정답을 기억하되 엄밀하게는 (라)=④의 완충 용량이 더 크다는 점을 함께 이해해 둔다.

암기 포인트

완충 용량은 $\beta \propto \frac{n_{HA}n_{A^-}}{n_{HA}+n_{A^-}}$로 나타나며, 몰비가 1:1일 때 극대이고 같은 비율이면 총몰수가 클수록 커져 pH 변화가 작아진다.

NoteBase

문 15. 다음과 같이 약산 HA와 강염기의 적정에서 그림과 같은 적정 곡선을 얻었을 때 <보기>에서 이를 바르게 설명한 것을 모두 고르면?



<보기>

㉠ 당량점(화학량론점)은 영역 II에 존재한다.

㉡ 최대 완충 영역은 III에 해당한다.

㉢ pH가 [HA]에만 의존하는 영역이 II에 존재한다.

㉣ 영역 III에서는 pH가 첨가된 과량의 강염기의 양에만 의존한다.

① ㉠

② ㉠, ㉡

③ ㉠, ㉢

④ ㉠, ㉣

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 약산 HA를 강염기로 적정할 때 적정곡선에서 완충 구간, 당량점 부근, 당량점 이후 구간을 구분하여 보기 ㄱ~ㄹ의 진위를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: ㄱ만 고른 선택지이다. ㄱ은 맞지만 ㄹ도 맞으므로 모든 옳은 설명을 고른 답이 아니다. 올바르게는 ㄱ, ㄹ을 함께 고른 4번이다.
2번 X: ㄴ이 틀리다. 최대 완충 작용은 약산과 짝염기가 비슷한 양으로 공존하는 반당량점 부근에서 가장 크고, 이는 당량점 이전의 I 영역에 해당한다. 올바르게는 "최대 완충 영역은 I에 해당한다."이다.
3번 X: ㄷ이 틀리다. pH가 주로 [HA]에 의해 정해지는 것은 적정 초기의 약산 용액 구간이지 당량점 부근의 II 영역이 아니다. II에서는 HA가 중화되어 가고 있어 HA만으로 pH를 설명할 수 없다. 올바르게는 "pH가 [HA]에 주로 의존하는 구간은 적정 초기의 I 영역이다."이다.
4번 O: ㄱ과 ㄹ을 고른 선택지이다. 당량점은 급격한 pH 변화가 일어나는 구간 안에 있으므로 II에 존재한다. III는 당량점 이후의 영역이므로 pH는 첨가된 과량의 강염기, 즉 남아 있는 OH^-의 양에 의해 결정된다.

오답 포인트

ㄴ의 "최대 완충 영역은 III"와 ㄷ의 "[HA]에만 의존하는 영역이 II"를 당량점 부근과 혼동하면 틀리기 쉽다. 완충은 당량점 이전에서 가장 강하고, 당량점 이후는 완충이 아니라 과량 강염기가 pH를 지배하는 구간이다. 또 ㄱ이 맞다고 해서 1번으로 끝내면 ㄹ의 진위를 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

약산-강염기 적정곡선은 먼저 급격히 상승하는 부분에서 당량점 부근을 찾는다. 그 왼쪽은 완충 영역으로 보고 최대 완충은 반당량점에서 판단한다. 그 오른쪽은 당량점 이후이므로 pH를 과량 OH^-의 양으로 판단한다.

암기 포인트

약산-강염기 적정에서 I는 완충, II는 당량점 부근, III는 과량 OH^- 영역이다.

NoteBase

문 16. 용해도에 대한 다음 설명 중 옳은 것은?

① 온도가 증가할 때 물에서 고체의 용해도는 항상 증가한다.

② 압력이 증가할 때 물에서 고체의 용해도는 증가한다.

③ 온도가 증가할 때 물에서 기체의 용해도는 증가한다.

④ 압력이 증가할 때 물에서 기체의 용해도는 증가한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 고체와 기체의 용해도가 온도와 압력에 따라 어떻게 달라지는지를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

고체의 물에 대한 용해도는 용해 과정의 열출입에 따라 온도 상승 시 증가할 수도 있고 감소할 수도 있어서 항상 증가한다고 할 수 없다. 고체는 압력 변화에 따른 부피 변화가 작아 압력의 영향이 거의 없다.
기체의 물에 대한 용해도는 일반적으로 온도가 올라가면 감소하고, 압력이 올라가면 증가한다. 기체의 압력과 용해도의 비례 관계는 헨리 법칙으로 설명한다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 "항상 증가한다"이다. 고체의 용해도는 대체로 온도 상승에 따라 커지는 경우가 많지만, 발열 용해에서는 오히려 감소할 수도 있다. 올바르게는 "물에서 고체의 용해도는 온도에 따라 달라지며 항상 증가하는 것은 아니다"이다.
② X: 틀린 부분은 "압력이 증가할 때 물에서 고체의 용해도는 증가한다"이다. 고체는 압력을 높여도 용해도 변화가 거의 없다. 올바르게는 "압력 변화는 물에서 고체의 용해도에 거의 영향을 주지 않는다"이다.
③ X: 틀린 부분은 "온도가 증가할 때 물에서 기체의 용해도는 증가한다"이다. 온도가 올라가면 기체 분자가 액체 밖으로 빠져나가기 쉬워져 용해도는 보통 감소한다. 올바르게는 "온도가 증가하면 물에서 기체의 용해도는 대체로 감소한다"이다.
④ O: 압력이 증가할 때 물에서 기체의 용해도는 증가한다. 기체 위의 부분압이 커질수록 더 많은 기체가 물에 녹는다는 헨리 법칙과 일치한다.

오답 포인트

①은 고체 용해도를 무조건 온도와 정비례한다고 일반화한 표현이 함정이다. ②는 압력이 기체 용해도에는 중요하지만 고체 용해도에는 거의 의미가 없다는 점을 놓치게 만든다. ③은 기체도 고체처럼 온도가 올라가면 더 잘 녹는다고 착각하기 쉬운 점을 노린 선지이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

용해도 문제는 먼저 용질이 고체인지 기체인지부터 나눈다. 기체이면 "압력 증가 시 용해도 증가, 온도 증가 시 용해도 감소"로 판단하고, 고체이면 "압력 영향은 거의 없고 온도 효과도 항상 같은 방향은 아니다"로 판단한다.

암기 포인트

기체는 눌러 넣으면 더 녹고, 데우면 덜 녹는다.

NoteBase

문 17. Ag_2CO_3**의 평형 반응식과 25°C에서의** K_{sp}**가 다음과 같을 때,** Ag_2CO_3**의 용해도에 대한 설명으로 옳은 것은?**

$Ag_2CO_3(s) \rightleftharpoons 2Ag^+(aq) + CO_3{}^{2-}(aq), K_{sp} = 8 \times 10^{-12}$

① 용액에 HNO_3를 첨가하면 Ag_2CO_3의 용해도는 증가한다.

② 용액에 CO_2를 녹여주면 Ag_2CO_3의 용해도는 증가한다.

③ 용액에 NH_3를 녹여주면 Ag_2CO_3의 용해도는 감소한다.

④ 용액에 Na_2CO_3를 첨가하면 Ag_2CO_3의 용해도는 증가한다.

정답 1번

출제 포인트

난용성 염의 용해 평형에서 산 첨가, 착이온 형성, 공통 이온 효과가 용해도에 미치는 방향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

용해도는 $K_{sp} = [Ag^+]^2[CO_3^{2-}]$를 만족하는 평형에서 정해진다.
산을 넣어 CO_3^{2-}를 HCO_3^-, H_2CO_3 쪽으로 소모하면 평형이 오른쪽으로 이동하여 용해도가 커진다.
Ag^+가 NH_3와 착이온을 만들면 자유로운 Ag^+가 줄어 역시 더 녹는다.
반대로 Na_2CO_3처럼 CO_3^{2-}를 직접 넣으면 공통 이온 효과로 용해도가 작아진다.

NoteBase

선지별 해설

① O

HNO3는 H^+를 공급하여 CO_3^{2-}를 HCO_3^- 또는 H_2CO_3로 바꾸므로 자유로운 CO_3^{2-} 농도가 감소한다. 그 결과 $Ag_2CO_3(s) \rightleftharpoons 2Ag^+ + CO_3^{2-}$ 평형이 오른쪽으로 이동하여 더 녹는다.

② X

틀린 표현은 '증가한다'이다. 이 문항에서는 CO2를 녹이는 조작을 HNO3처럼 CO_3^{2-}를 직접 제거하는 명확한 산 첨가와 같은 경우로 보지 않는다. 올바르게는 이 선택지는 정답으로 둘 수 없고, 용해도 증가를 분명하게 만드는 조작은 강산 첨가이다.

③ X

틀린 표현은 '감소한다'이다. NH3는 Ag^+와 착이온을 형성하여 자유로운 Ag^+를 줄이므로 평형이 오른쪽으로 이동한다. 올바르게는 NH3를 녹여주면 Ag2CO3의 용해도는 증가한다.

④ X

틀린 표현은 '증가한다'이다. Na2CO3를 넣으면 CO_3^{2-}가 직접 증가하여 공통 이온 효과가 나타난다. 올바르게는 Na2CO3를 첨가하면 Ag2CO3의 용해도는 감소한다.

오답 포인트

③은 NH3가 염기라는 점만 보고 용해도가 줄어든다고 착각하기 쉽다. 이 문항에서는 염기성보다 Ag^+-NH3 착이온 형성 효과가 더 핵심이다. ④는 탄산 이온을 직접 넣는 공통 이온 효과를 놓치면 반대로 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

난용성 염의 용해도 문제는 어느 종이 평형식에 직접 들어가는지부터 본다. 평형식에 있는 이온을 산 반응이나 착이온 형성으로 없애면 더 녹고, 같은 이온을 밖에서 더 넣으면 덜 녹는다.

암기 포인트

탄산염은 산을 넣으면 더 녹고, 공통 이온을 넣으면 덜 녹으며, Ag^+는 NH3와 만나면 더 잘 녹는다.

NoteBase

문 18. 25°C, 1atm에서 프로페인C_3H_8이 완전히 연소되는 과정에 대한 반응 엔탈피ΔH와 반응 엔트로피ΔS의 부호를 모두 옳게 나타낸 것은?

① $\Delta H > 0,\ \Delta S > 0$

② $\Delta H > 0,\ \Delta S < 0$

③ $\Delta H < 0,\ \Delta S > 0$

④ $\Delta H < 0,\ \Delta S < 0$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 25°C, 1 atm에서 프로페인의 완전 연소가 일어날 때 반응 엔탈피와 반응 엔트로피의 부호를 조건까지 포함해 판단하는 문제이다.

핵심 개념

완전 연소는 연료가 산소와 반응하여 더 안정한 산화물로 바뀌는 과정이므로 일반적으로 발열반응이며 $\Delta H < 0$이다.
25°C, 1 atm에서는 연소 생성물의 물을 $H_2O(l)$로 본다. 따라서 $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$에서 기체 입자 수가 줄고 액체가 생성되어 무질서도가 감소하므로 $\Delta S < 0$이다.

선지별 해설

① X: $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$가 모두 틀리다. 완전 연소는 발열이므로 $\Delta H < 0$이다. 또 25°C, 1 atm에서는 물이 액체로 생성되어 엔트로피도 감소하므로 올바르게는 $\Delta S < 0$이다.
② X: 틀린 표현은 $\Delta H > 0$이다. 엔트로피 부호 $\Delta S < 0$는 맞지만, 완전 연소는 열을 방출하므로 올바르게는 $\Delta H < 0$이다.
③ X: 틀린 표현은 $\Delta S > 0$이다. 연소가 발열이라는 점에서 $\Delta H < 0$는 맞지만, 이 조건에서는 생성수의 물이 액체이므로 전체 무질서도는 감소한다. 올바르게는 $\Delta S < 0$이다.
④ O: 완전 연소는 발열반응이므로 $\Delta H < 0$이고, 25°C, 1 atm에서 $H_2O(l)$가 생성되어 기체 몰수가 줄어들므로 $\Delta S < 0$이다.

오답 포인트

함정은 연소라는 말만 보고 엔트로피도 항상 증가한다고 처리하는 데 있다. 이 문항은 25°C, 1 atm 조건을 제시하여 생성물의 물을 수증기가 아니라 액체로 보게 만들었고, 그 결과 ΔS 부호가 음수가 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

연소 반응의 ΔH는 먼저 발열 여부로 판단해 음수로 둔다. 그다음 ΔS는 생성물의 물 상태와 기체 몰수 변화를 확인해 정한다. 상온·1 atm이면 물을 $H_2O(l)$로 보고 기체가 줄면 $\Delta S < 0$로 판단한다.

암기 포인트

상온 연소는 발열, 물은 액체, 기체 몰수 감소이면 $\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$이다.

NoteBase

문 19. 다음은 일산화탄소(CO)와 이산화탄소(CO_2)가 생성되는 과정의 표준 반응 엔탈피(ΔH°)를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

$\mathrm{C(s,\ 흑연)} + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow \mathrm{CO(g)},\ \Delta H^\circ = -110\mathrm{kJ}$
$\mathrm{CO(g)} + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g),\ \Delta H^\circ = -280\mathrm{kJ}$

① CO(g)의 표준 생성 엔탈피는 -110kJ/mol이다.

② $CO_2(g)$의 표준 생성 엔탈피는 -280kJ/mol이다.

③ C(s, 흑연)의 표준 연소 엔탈피는 -280kJ/mol이다.

④ $\mathrm{C(s,\ 흑연)} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ 과정의 표준 반응 엔탈피는 -170kJ/mol이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 표준 생성 엔탈피, 표준 연소 엔탈피, 표준 반응 엔탈피의 뜻을 구별하고, 여러 단계 반응의 엔탈피를 합산하는 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

표준 생성 엔탈피는 표준 상태의 원소로부터 화합물 1 mol이 생성될 때의 엔탈피 변화이다.
표준 연소 엔탈피는 물질 1 mol이 산소와 완전 연소할 때의 엔탈피 변화이다.
표준 반응 엔탈피는 문제에 제시된 반응식 그대로의 엔탈피 변화이며, 여러 단계가 이어지면 각 단계의 엔탈피를 더해 전체 반응 엔탈피를 구한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- C(s, 흑연)+(1)/(2)O_2(g)→ CO(g)는 표준 상태의 원소인 흑연과 산소로부터 CO 1 mol을 만드는 반응이다.
- 따라서 CO(g)의 표준 생성 엔탈피는 -110kJ/mol이다.

② X
- 틀린 부분은 "CO2(g)의 표준 생성 엔탈피는 -280kJ/mol"이라는 값이다.
- 제시된 -280 kJ는 $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ 반응의 표준 반응 엔탈피이다.
- 실제로 CO2(g)의 표준 생성 엔탈피는 C(s, 흑연)+O_2(g)→ CO_2(g)의 값이므로 -110 kJ와 -280 kJ를 더한 -390kJ/mol이다.

③ X
- 틀린 부분은 "C(s, 흑연)의 표준 연소 엔탈피는 -280kJ/mol"이라는 값이다.
- 흑연의 표준 연소는 C(s, 흑연)+O_2(g)→ CO_2(g)이므로 반응 엔탈피는 -390kJ/mol이다.
- -280 kJ는 CO가 CO2로 산화되는 단계의 값일 뿐, 흑연 자체의 연소 엔탈피가 아니다.

④ X
- 틀린 부분은 "표준 반응 엔탈피는 -170kJ/mol"이라는 값이다.
- C(s, 흑연)+O_2(g)→ CO_2(g)는 위의 두 반응을 더한 전체 반응이므로 표준 반응 엔탈피는 -110 kJ와 -280 kJ의 합인 -390kJ/mol이다.

오답 포인트

②와 ③은 둘 다 -280 kJ를 그대로 끌어다 쓰게 만들고, ④는 두 값을 잘못 더하거나 빼게 만든다. 이 문제의 함정은 각 엔탈피 값이 어느 반응식에 대응하는지 확인하지 않고 숫자만 외우는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

표준 생성 엔탈피를 묻으면 반드시 표준 상태 원소에서 화합물 1 mol이 만들어지는 반응식인지 먼저 본다. 표준 연소 엔탈피를 묻으면 산소와 완전 연소하여 가장 안정한 산화물로 가는 반응인지 본다. 전체 반응이 여러 단계로 나뉘어 있으면 각 단계의 엔탈피를 그대로 더해 판단한다.

암기 포인트

생성은 원소에서 1 mol, 연소는 산소와 완전 연소, 전체 반응 엔탈피는 단계 엔탈피의 합이다.

NoteBase

문 20. 다음 두 반쪽 전지를 결합하여 갈바니 전지(galvanic cell)를 구성하였을 때 예상되는 기전력은 얼마인가?

$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al,\ E^\circ = -1.66V$
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg,\ E^\circ = -2.37V$

① +3.79 V

② +0.71 V

③ -0.71 V

④ -3.79 V

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 두 반쪽 전지의 표준환원전위를 비교해 양극과 음극을 정하고, $E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$로 갈바니 전지의 기전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al, E^\circ = -1.66V$
- $Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg, E^\circ = -2.37V$

구해야 할 값:
- 갈바니 전지의 표준기전력 E°_{cell}

주의할 조건:
- 더 큰 표준환원전위를 가지는 반응이 환원극이 된다.
- 전자를 맞추기 위해 계수를 바꾸어도 전위값 자체를 곱하지는 않는다.

사용할 공식

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$

이 공식을 쓰는 이유:
갈바니 전지의 기전력은 환원이 일어나는 전극의 표준환원전위에서 산화가 일어나는 전극의 표준환원전위를 뺀 값으로 정해진다. 즉 먼저 어느 반쪽 전지가 환원되고 어느 반쪽 전지가 산화되는지를 정한 뒤 전위 차를 계산해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 두 표준환원전위를 비교하면 $-1.66V$가 $-2.37V$보다 크므로 Al^{3+}/Al 반쪽 전지가 환원극이다.
2. 따라서 Mg/Mg^{2+} 반쪽 전지는 산화극이며, 전체 반응에서 Mg는 산화된다.
3. 표준기전력은
$E^\circ_{cell} = (-1.66) - (-2.37) = +0.71V$
이다.
4. 전자 수를 맞추기 위해 Al 반응을 2배, Mg 반응을 3배로 써도 전위는 세기 성질이므로 E°에 2나 3을 곱하지 않는다.

선지 판단

① X
- 틀린 표현: 기전력을 $+3.79V$로 본 점 → 올바르게는 $+0.71V$이다.
- 기전력은 두 표준환원전위의 차로 구해야 하며, 큰 양의 값으로 합산하는 방식으로는 구하지 않는다.
② O
- Al^{3+}/Al이 환원극, Mg/Mg^{2+}가 산화극이므로 $E^\circ_{cell} = (-1.66) - (-2.37) = +0.71V$가 된다.
③ X
- 틀린 표현: 기전력을 $-0.71V$로 본 점 → 올바르게는 $+0.71V$이다.
- 환원극과 산화극을 반대로 잡아 $(-2.37) - (-1.66)$로 계산하면 부호가 뒤집힌다.
④ X
- 틀린 표현: 기전력을 $-3.79V$로 본 점 → 올바르게는 $+0.71V$이다.
- 전위 차가 아니라 잘못된 합산을 하고, 전극 방향까지 반대로 이해한 오답이다.
계산 결과 $+0.71V$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 음수로 주어진 표준환원전위를 보고 부호 처리에서 흔들리는 점이다. 특히 $-1.66V$가 $-2.37V$보다 크므로 Al 쪽이 환원된다는 판단을 놓치면 ③처럼 부호가 반대로 나온다. 또 전자 수를 맞춘 뒤 전위를 배수로 곱하거나, 두 전위의 절대값을 단순 합으로 처리하면 ①, ④ 같은 큰 오답값으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

갈바니 전지 계산형 문제는 먼저 더 큰 표준환원전위를 환원극으로 정한 뒤, $E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$를 적용해 부호를 확인하는 순서로 판단한다. 전자 수를 맞추는 과정은 반응식 정리용일 뿐 전위값 자체를 바꾸지 않는다.

암기 포인트

갈바니 전지는 더 큰 환원전위가 환원극이 되고, 표준기전력은 환원극 전위에서 산화극의 표준환원전위를 뺀 값이다.

NoteBase