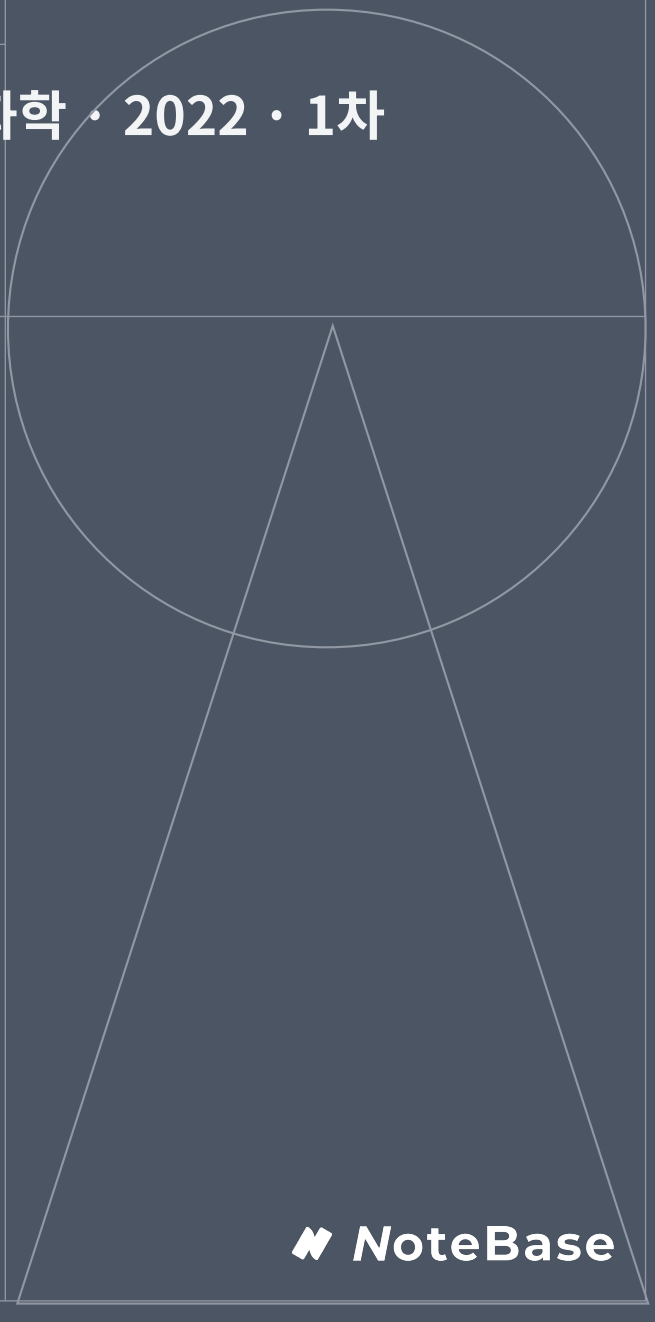
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2022 · 1차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2022 · 1차

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2022 · 1차

문 1. 프로판올(C_3H_7OH)이 산소와 반응하면 물과 이산화탄소가 생긴다. 240.0 g의 프로판올이 완전 연소될 때 생성되는 물의 질량은? (단, 수소의 원자량은 1.0 g/mol, 탄소의 원자량은 12.0 g/mol, 산소의 원자량은 16.0 g/mol이다.)

① 36.0 g

② 72.0 g

③ 144.0 g

④ 288.0 g

정답 4번

출제 포인트

프로판올의 완전 연소 반응식을 맞춘 뒤, 프로판올과 물의 몰비를 이용하여 생성되는 물의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 프로판올 $240.0g$
구해야 할 값: 완전 연소로 생성되는 물의 질량
주의할 조건: 프로판올 1몰에는 수소 원자 8몰이 들어 있으므로 완전 연소할 때 물 4몰이 생성된다.

사용할 공식

완전 연소 반응식은 다음과 같다.

$$C_3H_7OH + \frac{9}{2}O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

물질량과 질량의 관계는 $n = m/M$, $m = nM$이다. 반응식의 계수비가 프로판올과 물의 몰비를 나타내므로 프로판올의 물질량을 먼저 구한 뒤 물의 물질량과 질량으로 환산한다.

NoteBase

계산 과정

1. 프로판올의 몰질량은 $3(12.0) + 8(1.0) + 16.0 = 60.0 g/mol$이다.
2. 프로판올의 물질량은 $240.0 g \div 60.0 g/mol = 4.00 mol$이다.
3. 반응식에서 프로판올과 물의 몰비는 1 : 4이므로 물은 $4.00 mol \times 4 = 16.0 mol$ 생성된다.
4. 물의 몰질량은 $18.0 g/mol$이므로 생성되는 물의 질량은 $16.0 mol \times 18.0 g/mol = 288.0 g$이다.

선지 판단

① X — $36.0 g$은 계산 결과인 $288.0 g$과 다르다. 프로판올 1몰에서 물 4몰이 생성되는 계수비를 적용해야 하므로 올바르게는 $288.0 g$이다.
② X — $72.0 g$은 프로판올 4몰을 물 4몰로 잘못 대응시킨 값이다. 실제 몰비는 1 : 4이므로 물 16몰, 즉 $288.0 g$이 생성된다.
③ X — $144.0 g$은 생성되는 물의 물질량을 실제의 절반인 8몰로 계산한 값이다. 반응식에 따르면 물은 16몰이므로 올바르게는 $288.0 g$이다.
④ O — 반응식의 몰비와 몰질량을 차례로 적용하면 물의 질량은 $288.0 g$이다.

오답 포인트

프로판올의 몰질량만 구한 뒤 질량비를 바로 적용하거나, 프로판올과 물의 몰비를 1 : 1 또는 1 : 2로 잘못 잡기 쉽다. 분자식 C_3H_7OH에는 수소가 모두 8개 있으므로 물의 계수는 4가 된다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소 생성물의 질량 문제는 반응식 완성, 반응물의 몰수 계산, 계수비에 따른 생성물 몰수 계산, 생성물의 질량 환산 순서로 판단한다. 마지막에는 원자 수와 단위가 맞는지 검산한다.

암기 포인트

프로판올 1몰의 완전 연소에서는 물 4몰이 생성된다. 질량은 바로 비례시키지 않고 반드시 몰수와 반응식의 계수비를 거친다.

NoteBase

문 2. 다음은 4가지 산소 화학종을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

$O_2 O_2^+ O_2^- O_2^{2-}$

① O_2^-의 결합 차수는 2이다.
② O_2^{2-}는 상자성 이다.
③ 결합 세기는 O_2가 O_2^{2-} 보다 작다.
④ 결합 길이가 가장 짧은 것은 O_2^+ 이다.

정답 4번

출제 포인트

분자 궤도함수에서 반결합성 궤도의 전자 수가 달라질 때 결합 차수, 결합 세기, 결합 길이와 자성이 어떻게 변하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

결합 차수는 $\frac{N_b - N_a}{2}$이며, N_b는 결합성 전자 수, N_a는 반결합성 전자 수이다. O_2^+, O_2, O_2^-, O_2^{2-}의 결합 차수는 각각 2.5, 2, 1.5, 1이다. 결합 차수가 클수록 결합은 강하고 결합 길이는 짧다. 홀전자가 있으면 상자성, 모든 전자가 짝지어져 있으면 반자성이다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 'O_2^-의 결합 차수는 2'이다. O_2^-는 O_2의 반결합성 궤도에 전자 1개가 더 들어가므로 결합 차수는 1.5이다.
② X — 틀린 표현은 'O_2^{2-}는 상자성'이다. O_2^{2-}에서는 두 반결합성 전자가 모두 짝지어지므로 반자성이다.
③ X — 틀린 표현은 '결합 세기는 O_2가 O_2^{2-}보다 작다'이다. O_2의 결합 차수는 2이고 O_2^{2-}의 결합 차수는 1이므로, 실제로는 O_2의 결합이 더 강하다.
④ O — O_2^+의 결합 차수 2.5가 네 화학종 중 가장 크므로 결합 길이가 가장 짧다.

오답 포인트

전자 수가 많을수록 결합이 강해진다고 생각하기 쉽지만, 이 문항에서 추가되는 전자는 반결합성 궤도에 들어간다. 따라서 전자가 추가될수록 결합 차수와 결합 세기는 감소하고 결합 길이는 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 O_2의 결합 차수 2를 기준으로 잡는다. 반결합성 전자를 하나 제거한 O_2^+는 2.5, 하나 추가한 O_2^-는 1.5, 둘 추가한 O_2^{2-}는 1이 된다. 그다음 결합 차수가 클수록 강하고 짧다는 관계와 홀전자 유무를 적용한다.

NoteBase

암기 포인트

결합 차수는 $O_2^+ > O_2 > O_2^- > O_2^{2-}$이고, 결합 세기는 같은 순서이며 결합 길이는 반대 순서이다. O_2^{2-}는 반자성이다.

문 3. 다음은 각 이온 결합 물질의 핵간 거리를 나타낸 것이다. KF의 핵간 거리로 가장 옳은 것은?

㉠ NaF 0.25 nm
㉡ NaCl 0.285 nm
㉢ KCl 0.326 nm

① 0.209 nm
② 0.279 nm
③ 0.291 nm
④ 0.361 nm

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이온 결합 물질의 핵간 거리를 양이온 반지름과 음이온 반지름의 합으로 보고, 공통 이온이 있는 물질끼리 거리 차를 이용해 KF의 핵간 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: NaF의 핵간 거리는 $0.250nm$, NaCl은 $0.285nm$, KCl은 $0.326nm$이다.
구해야 할 값: KF의 핵간 거리이다.
주의할 조건: NaF와 NaCl의 차이는 음이온 F^-와 Cl^-의 반지름 차이이고, KCl과 KF의 차이도 같은 반지름 차이이다.

사용할 공식

이온 결합 물질 MX의 핵간 거리는 $d_{MX} = r_{M^+} + r_{X^-}$로 나타낸다. 따라서
$d_{KF} = d_{KCl} - (d_{NaCl} - d_{NaF})$
을 사용한다. NaCl과 NaF에는 공통으로 Na^+가 들어 있으므로 두 핵간 거리의 차를 구하면 Na^+의 반지름이 소거되어 Cl^-와 F^-의 반지름 차이만 남기 때문이다.

계산 과정

1. Cl^-와 F^-의 반지름 차이는 $0.285nm - 0.250nm = 0.035nm$이다.
2. Cl^-가 F^-보다 $0.035nm$만큼 크므로, KCl의 Cl^-를 F^-로 바꾸면 핵간 거리가 그만큼 감소한다.
3. 따라서 $d_{KF} = 0.326nm - 0.035nm = 0.291nm$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.209nm는 계산 결과 0.291nm와 다르다. 틀린 값 0.209nm → 올바른 KF의 핵간 거리는 0.291nm이다.
② X — 0.279nm는 공통 이온을 소거해 얻은 거리 차 0.035nm를 KCl의 거리에서 뺀 값이 아니다. 틀린 값 0.279nm → 올바른 값은 $0.326 - 0.035 = 0.291nm$이다.
③ O — $0.326 - 0.285 + 0.250 = 0.291nm$이므로 KF의 핵간 거리와 일치한다.
④ X — 0.361nm는 KCl의 거리에 반지름 차 0.035nm를 더한 값이다. F^-는 Cl^-보다 작으므로 더하는 것이 아니라 빼야 한다. 틀린 값 0.361nm → 올바른 값은 0.291nm이다.

오답 포인트

핵심 함정은 F^-와 Cl^-의 크기 차이의 방향이다. NaF의 핵간 거리가 NaCl보다 0.035nm 작으므로 F^-가 Cl^-보다 작다. 따라서 KCl에서 KF로 바꿀 때 0.035nm를 더하면 ④가 되지만, 실제로는 빼야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

공통 양이온 또는 공통 음이온이 있는 두 물질의 핵간 거리를 먼저 빼서 이온 반지름 차를 구한 뒤, 목표 물질과 공통 이온을 가진 거리에서 그 차를 방향에 맞게 더하거나 뺀다.

암기 포인트

핵간 거리 = 양이온 반지름 + 음이온 반지름이며, 공통 이온끼리 빼면 공통 반지름이 소거된다.

NoteBase

문 4. 다음 중 기체의 확산 속도에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 기체의 확산속도는 기체 밀도의 제곱근에 반비례한다.

② 기체의 확산속도는 기체 분자량의 제곱근에 반비례한다.

③ H_2의 확산속도는 O_2의 16배이다.

④ 기체의 확산속도는 온도가 높을수록 빠르다.

정답 3번

출제 포인트

그레이엄의 확산 법칙을 이용하여 기체의 밀도·분자량·온도와 확산 속도의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: H_2와 O_2의 분자량은 각각 2와 32이다.
구해야 할 값: 두 기체의 확산 속도비이다.
주의할 조건: 확산 속도는 분자량 자체가 아니라 분자량의 제곱근에 반비례한다.

사용할 공식

그레이엄의 법칙은 다음과 같다.
$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$
여기서 r은 확산 속도, M은 분자량, d는 같은 온도와 압력에서의 기체 밀도이다. 기체 분자의 평균 속도와 확산 속도는 온도의 제곱근에 비례하고 분자량의 제곱근에 반비례하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

H_2와 O_2의 확산 속도비를 계산하면 다음과 같다.
$\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = \sqrt{16} = 4$
따라서 H_2의 확산 속도는 O_2의 4배이다.

선지 판단

① O. 그레이엄의 법칙에 따라 기체의 확산 속도는 같은 조건에서 기체 밀도의 제곱근에 반비례한다.
② O. 같은 온도와 압력에서 기체 밀도는 분자량에 비례하므로 확산 속도는 분자량의 제곱근에 반비례한다.
③ X. ‘16배’가 틀린 표현이다. 분자량의 비 16을 그대로 속도비로 사용한 오류이며, 올바르게는 H_2의 확산 속도가 O_2의 4배이다.
④ O. 분자의 평균 운동 속도는 절대온도의 제곱근에 비례하므로 다른 조건이 같으면 온도가 높을수록 확산 속도가 빨라진다.

NoteBase

오답 포인트

③에서 분자량비 32/2 = 16에 제곱근을 취하지 않고 이를 곧바로 확산 속도비로 착각하기 쉽다. 그레이엄의 법칙에서 속도비는 분자량비의 역수에 제곱근을 취한 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 기체의 확산 속도를 비교할 때는 비교하려는 기체의 분자량을 분모에 두고, 반대쪽 기체의 분자량을 분자에 둔 다음 전체에 제곱근을 취한다. 온도까지 달라지면 확산 속도가 $\sqrt{T/M}$에 비례한다는 관계를 적용한다.

암기 포인트

확산 속도는 $\sqrt{T/M}$에 비례한다. 가볍고 온도가 높은 기체일수록 빠르게 확산한다.

NoteBase

문 5. 다음 산소산 중 25°C에서 이온화 상수(Ka)가 가장 큰 것은?

① HIO

② $HClO$

③ $HClO_2$

④ $HClO_3$

정답 4번

출제 포인트

산소산의 중심 원자와 산소 수가 결합의 극성 및 짝염기의 안정성에 미치는 영향을 이용하여 산의 세기를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

산소산은 수소 이온을 내놓은 뒤 생기는 짝염기가 안정할수록 이온화가 잘 되어 K_a가 커진다. 중심 원자가 같으면 산소 수가 많을수록 전자 끌기 효과와 공명 안정화가 커져 강산이 된다. 산소 수가 같고 구조가 비슷하면 중심 원자의 전기음성도가 클수록 산성이 강하다. 따라서 산의 세기는 $HClO_3 > HClO_2 > HClO > HIO$ 순이다.

선지별 해설

① X — HIO가 K_a가 가장 크다는 판단은 틀리다. HIO와 $HClO$는 산소 수가 같지만 염소가 아이오딘보다 전기음성도가 커서 $HClO$가 더 강한 산이며, 네 산 중 가장 강한 것은 $HClO_3$이다.
② X — $HClO$가 K_a가 가장 크다는 판단은 틀리다. 중심 원자가 염소로 같을 때 산소 수가 늘수록 짝염기가 더 안정해지므로 $HClO_3 > HClO_2 > HClO$이고, 가장 큰 것은 $HClO_3$이다.
③ X — $HClO_2$가 K_a가 가장 크다는 판단은 틀리다. $HClO_3$는 산소가 하나 더 많아 전자 끌기 효과와 짝염기의 공명 안정화가 더 크므로 $HClO_3$의 K_a가 더 크다.
④ O — $HClO_3$는 염소 산소산 중 산소 수가 가장 많아 수소 이온을 내놓은 뒤의 짝염기 ClO_3^-가 가장 잘 안정화된다. 따라서 제시된 산소산 중 K_a가 가장 크다.

오답 포인트

중심 원자의 전기음성도만 보고 ②를 고르거나, 염소 산소산에서 산소 수가 많아질수록 산성이 강해진다는 점을 놓치고 ③을 고르기 쉽다. 이 문항에서는 먼저 같은 중심 원자를 가진 $HClO$, $HClO_2$, $HClO_3$를 산소 수로 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

산소산의 중심 원자가 같으면 산소 수가 많은 것을 먼저 고른다. 산소 수까지 같으면 중심 원자의 전기음성도가 큰 쪽의 K_a가 더 크다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

같은 중심 원자의 산소산은 산소가 많을수록 강산이고 K_a가 크다.

NoteBase

문 6. 과망간산칼륨($KMnO_4$)은 산화제로 널리 쓰이는 시약이다. 염기성 용액에서 과망간산 이온은 물을 산화시키며 이산화망간으로 환원되는데 이때의 화학 반응식으로 가장 옳은 것은?

① $MnO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightarrow MnO_2(s) + H_2(g) + OH^-(aq)$

② $MnO_4^-(aq) + 6H_2O(l) \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2(g) + 8OH^-(aq)$

③ $4MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow 4MnO_2(s) + 3O_2(g) + 4OH^-(aq)$

④ $4MnO_4^-(aq) + 4H_2O(l) \rightarrow 4Mn^{2+}(aq) + 6O_2(g) + 8OH^-(aq)$

정답 3번

출제 포인트

염기성 용액에서 과망간산 이온의 환원 반쪽 반응과 물의 산화 반쪽 반응을 결합하여 원자 수와 전하가 모두 보존되는 반응식을 찾는 문제이다.

조건 정리

과망간산 이온은 이산화망간으로 환원된다.
물은 산화되어 산소를 생성한다.
염기성 용액이므로 최종 반응식에는 OH^-가 나타날 수 있으며, 원자 수뿐 아니라 전체 전하도 같아야 한다.

사용할 반쪽 반응식

환원 반쪽 반응은 다음과 같다.
$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$
물의 산화 반쪽 반응은 다음과 같다.
$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$
두 반응에서 전자 수의 최소공배수는 12이므로 환원 반응에는 4를, 산화 반응에는 3을 곱한다.

계산 과정

전자 수를 12로 맞추어 두 반쪽 반응을 더하고 양변에 공통으로 있는 H_2O와 OH^-를 소거하면 다음과 같다.
$4MnO_4^- + 2H_2O \rightarrow 4MnO_2 + 3O_2 + 4OH^-$
왼쪽과 오른쪽의 Mn, O, H 원자 수가 각각 같고, 전체 전하도 양변 모두 -4이므로 균형이 맞는다.

NoteBase

선지 판단

① X — 생성물을 H_2로 둔 점이 틀렸고 원자 수와 전하도 보존되지 않는다. 올바르게는 물이 산화되어 O_2가 생성되어야 한다.
② X — H_2를 생성물로 둔 점이 틀렸으며, 왼쪽 전체 전하는 -1, 오른쪽 전체 전하는 -8로 전하가 보존되지 않는다. 올바른 생성 기체는 O_2이고, 계수는 ③과 같이 맞춘다.
③ O — Mn, O, H 원자 수가 모두 보존되고 양변의 전체 전하가 -4로 같으며, MnO_4^-가 MnO_2로 환원되고 물이 O_2로 산화되는 조건에도 맞는다.
④ X — 생성물의 Mn^{2+}가 틀렸다. 문제의 염기성 조건에서는 MnO_4^-가 MnO_2로 환원되며, 제시된 식은 전하도 보존하지 않는다. 올바르게는 $4MnO_4^- + 2H_2O \rightarrow 4MnO_2 + 3O_2 + 4OH^-$이다.

오답 포인트

①·②의 H_2는 물이 환원될 때 생각하기 쉬운 생성물이다. 이 문항에서는 물이 산화되므로 생성 기체는 O_2이다. 또한 원자 수만 맞추지 말고 전체 전하까지 반드시 검산해야 한다. ④의 Mn^{2+}는 문제에서 명시한 환원 생성물인 MnO_2와 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

산화 반쪽 반응과 환원 반쪽 반응을 각각 쓴 뒤 전자 수를 맞추어 더한다. 마지막에는 원소별 원자 수와 양변의 전체 전하를 함께 확인한다.

암기 포인트

염기성에서 과망간산 이온이 이산화망간으로 환원될 때의 핵심 반쪽 반응은
$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$이다. 물이 산화되면 수소가 아니라 산소가 생성된다.

NoteBase

문 7. 고분자의 대표적인 합성방법에는 첨가반응과 축합 반응이 있다. 다음 중 합성법이 다른 하나는?

① 폴리에틸렌(PE)

② 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)

③ 폴리스티렌(PS)

④ 폴리염화비닐(PVC)

정답 2번

출제 포인트

첨가 중합과 축합 중합을 구별하고 각 고분자의 대표적인 합성법을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

첨가 중합은 이중 결합을 가진 단량체들이 작은 분자를 내보내지 않고 연속적으로 결합하는 합성법이다.
축합 중합은 두 개 이상의 작용기를 가진 단량체들이 결합하면서 물과 같은 작은 분자를 내보내는 합성법이다.
폴리에틸렌·폴리스티렌·폴리염화비닐은 대표적인 첨가 중합체이고, 폴리에틸렌테레프탈레이트는 대표적인 축합 중합체이다.

선지별 해설

① X
폴리에틸렌(PE)은 에틸렌의 이중 결합이 열리면서 단량체가 연속적으로 결합하여 생성되는 첨가 중합체이다. 합성법이 다른 하나가 아니라 ③, ④와 같은 첨가 중합체이다.

② O
폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)는 에틸렌글리콜과 테레프탈산이 반응하여 에스터 결합을 만들면서 물과 같은 작은 분자가 빠져나가는 축합 중합체이다. 따라서 나머지 세 고분자와 합성법이 다르다.

③ X
폴리스티렌(PS)은 스타이렌의 이중 결합이 열리면서 생성되는 첨가 중합체이다. 축합 중합체가 아니라 ①, ④와 같은 첨가 중합체이다.

④ X
폴리염화비닐(PVC)은 염화 비닐의 이중 결합이 열리면서 생성되는 첨가 중합체이다. 축합 중합체가 아니라 ①, ③과 같은 첨가 중합체이다.

NoteBase

오답 포인트

네 물질이 모두 이름에 '폴리-'를 포함한다는 점만 보고 같은 합성법으로 판단하기 쉽다. 핵심은 이름이 아니라 단량체의 이중 결합이 그대로 이어지는지, 작용기 사이의 반응으로 에스터 결합이 생기면서 작은 분자가 빠져나가는지를 구별하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

단량체가 에틸렌·스타이렌·염화 비닐처럼 탄소-탄소 이중 결합을 가지면 먼저 첨가 중합을 판단한다. 다가 알코올과 다가 카복실산이 반응하여 폴리에스터를 만들면 축합 중합을 판단한다.

암기 포인트

PE·PS·PVC는 첨가 중합, PET는 축합 중합이다.

NoteBase

문 8. 다음 중 완충 용액에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

㉠ 산이나 염기를 소량 첨가해도 pH가 거의 변하지 않는다.
㉡ 약한 산과 그것의 짝염기를 비슷한 농도비로 혼합하여 만들 수 있다.
㉢ 사람의 혈액은 탄산을 주요 성분으로 하는 완충계를 가진다.
㉣ pH의 큰 변화 없이 완충 용액이 흡수할 수 있는 H^+나 OH^-의 양을 완충 용량이라 한다.

① ㉠, ㉣
② ㉠, ㉡, ㉢
③ ㉠, ㉡, ㉣
④ ㉠, ㉡, ㉢, ㉣

정답 4번

출제 포인트

완충 용액의 작용, 조성, 생체 내 예, 완충 용량의 뜻을 정확히 이해하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

완충 용액은 소량의 산이나 염기가 첨가되었을 때 그 성분이 첨가된 H^+ 또는 OH^-와 반응하여 pH 변화를 작게 유지하는 용액이다. 일반적으로 약한 산과 그 짝염기 또는 약한 염기와 그 짝산으로 이루어진다.
㉠ O: 소량의 산이나 염기를 넣어도 pH가 거의 변하지 않는 것이 완충 작용이다.
㉡ O: 약한 산과 그 짝염기를 비슷한 농도비로 혼합하면 두 성분이 각각 첨가된 염기와 산을 제거할 수 있다.
㉢ O: 혈액에는 탄산·탄산수소 이온 완충계가 있어 pH 유지에 기여한다.
㉣ O: 완충 용량은 pH가 크게 변하기 전까지 완충 용액이 받아들일 수 있는 H^+ 또는 OH^-의 양을 뜻한다.

선지별 해설

① X: ㉠과 ㉣은 옳지만, 옳은 설명인 ㉡과 ㉢이 빠져 있다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣이다.
② X: ㉠, ㉡, ㉢은 옳지만, 완충 용량을 올바르게 정의한 ㉣이 빠져 있다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣이다.
③ X: ㉠, ㉡, ㉣은 옳지만, 혈액의 탄산·탄산수소 이온 완충계를 설명한 ㉢이 빠져 있다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣이다.
④ O: ㉠은 완충 작용, ㉡은 대표적인 완충 용액의 조성, ㉢은 혈액의 완충계, ㉣은 완충 용량의 정의를 각각 옳게 설명하므로 네 문장을 모두 고른 조합이다.

NoteBase

오답 포인트

㉢의 '탄산'을 탄산만 단독으로 존재한다는 뜻으로 오해하거나, ㉣의 완충 용량을 pH 변화의 크기로 오해하기 쉽다. 혈액의 해당 완충계는 탄산과 탄산수소 이온의 짝으로 작용하며, 완충 용량은 완충 작용으로 흡수할 수 있는 산·염기의 양이다.

다시 나오면 이렇게 판단

완충 용액 문항에서는 '소량 첨가 시 pH 변화 억제', '약한 산과 짝염기 또는 약한 염기와 짝산', '탄산·탄산수소 이온과 같은 생체 완충계', '흡수 가능한 산·염기의 양인 완충 용량'을 차례로 확인한다.

암기 포인트

완충은 pH 변화를 막는 작용이고, 완충 용량은 그 작용이 감당할 수 있는 산·염기의 양이다.

NoteBase

문 9. 다음 반응식에 따라 A 3 mol과 B 2 mol이 반응하여 C 4 mol이 생성되었다면 이 반응의 수율(%)은? (단, 수율은 소수점 첫째자리에서 반올림한다.)

$2A + B \rightarrow 3C$

① 89

② 91

③ 93

④ 95

정답 1번

출제 포인트

반응식의 계수비로 한계 반응물을 찾고, 이론적 생성량에 대한 실제 생성량의 비율로 수율을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응식: $2A + B \rightarrow 3C$
초기 물질량: $A = 3mol, B = 2mol$
실제 생성량: $C = 4mol$
구해야 할 값: 반응의 수율(%)
주의할 조건: 먼저 한계 반응물을 판별하고, 계산한 수율은 소수점 첫째 자리에서 반올림한다.

사용할 공식

수율(\%)=실제 생성량이론적 생성량×100
수율은 반응식으로 구한 최대 생성 가능량 중 실제로 얻은 양의 비율이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 반응식에서 $A : C = 2 : 3$이므로 A $3mol$이 만들 수 있는 C는 $3 \times \frac{3}{2} = 4.5mol$이다.
2. $B : C = 1 : 3$이므로 B $2mol$이 만들 수 있는 C는 $2 \times 3 = 6mol$이다. 더 적은 양의 C를 만드는 A가 한계 반응물이므로 이론적 생성량은 $4.5mol$이다.
3. 수율은 $\frac{4}{4.5} \times 100 = 88.888\ldots\%$이다. 소수점 첫째 자리에서 반올림하면 89%이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 수율 89%와 일치한다.
② X — 91%는 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 91 → 올바르게는 89이다.
③ X — 93%는 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 93 → 올바르게는 89이다.
④ X — 95%는 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 95 → 올바르게는 89이다.

오답 포인트

반응물의 몰수를 바로 더하거나, B를 기준으로 이론적 생성량을 구하면 안 된다. 두 반응물이 각각 만들 수 있는 생성량을 비교하여 더 작은 값을 정하는 한계 반응물 판단이 핵심이다. 또한 88.888…%는 제시된 조건에 따라 89%로 반올림한다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 반응물이 만들 수 있는 생성물의 양을 계수비로 각각 계산한 뒤, 더 작은 값을 이론적 생성량으로 삼고 실제량/이론량×100을 적용한다.

암기 포인트

한계 반응물이 만드는 생성량이 이론적 생성량이며, 수율은 실제량을 이론량으로 나눈 백분율이다.

NoteBase

문 10. 밀폐 용기에 HI(요오드화 수소) 8몰을 넣고 400°C로 가열하였더니 50%가 분해한 후 평형 상태에 도달하였다. 이때 평형 상수(K)는 얼마인가?

① $\frac{1}{9}$
② $\frac{1}{4}$
③ $\frac{1}{2}$
④ 1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 반응식의 계수비로 평형 몰수를 구한 뒤 농도 평형 상수 K를 계산하는 문제이다.

조건 정리

반응식: $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$
초기 상태: HI 8몰, H_2와 I_2는 0몰이다.
분해된 HI: $8 \times 0.50 = 4$몰이다.
평형 상태: HI 4몰, H_2 2몰, I_2 2몰이다. HI 2몰이 분해될 때 H_2와 I_2가 각각 1몰씩 생성되기 때문이다.

사용할 공식

$K = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2}$
반응식의 계수가 각각 평형 농도의 지수가 되므로 이 식을 사용한다. 반응 전후 기체의 총 계수 변화가 0이어서 각 농도를 몰수와 용기 부피로 나타내면 부피가 모두 약분된다.

계산 과정

평형에서 용기 부피를 V라고 하면 다음과 같다.
$K = \frac{(2/V)(2/V)}{(4/V)^2} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4}$
따라서 평형 상수는 $\frac{1}{4}$이다.

선지별 해설

① X — 계산 결과는 $\frac{1}{9}$가 아니라 $\frac{1}{4}$이다.
② O — 평형 몰수 $HI : H_2 : I_2 = 4 : 2 : 2$를 평형 상수 식에 대입하면 $K = \frac{1}{4}$이다.
③ X — 계산 결과는 $\frac{1}{2}$가 아니라 $\frac{1}{4}$이다. 평형 상수 식에서 $[HI]$는 반응 계수에 따라 제곱해야 한다.
④ X — 계산 결과는 1이 아니라 $\frac{1}{4}$이다. 분해된 HI 4몰을 H_2와 I_2가 각각 4몰 생성된 것으로 보면 안 되며, 반응식에 따라 각각 2몰 생성된다.

NoteBase

오답 포인트

핵심 함정은 '*HI* 4몰 분해'를 생성물 각각 4몰 생성으로 처리하는 것이다. 반응식 $2HI \rightarrow H_2 + I_2$에 따라 생성물은 각각 2몰이며, 평형 상수 식에서 $[HI]$의 지수도 2이다.

다시 나오면 이렇게 판단

분해율로 반응한 반응물의 몰수를 먼저 구하고, 반응식의 계수비로 평형 몰수를 정리한 다음, 각 계수를 지수로 삼아 평형 상수 식에 대입한다. 반응 전후 기체 총 계수가 같으면 같은 용기의 부피 항은 약분된다.

암기 포인트

$2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$: HI가 2몰 줄면 H_2와 I_2는 각각 1몰 늘고, $K = [H_2][I_2]/[HI]^2$이다.

NoteBase

문 11. 방사성 원소가 베타 붕괴하여 생성된 원소에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, 연속적인 베타 붕괴는 일어나지 않는다고 가정한다.)

① 질량수 변화: 있음, 원자 번호: 1만큼 감소

② 질량수 변화: 있음, 원자 번호: 2만큼 증가

③ 질량수 변화: 없음, 원자 번호: 1만큼 증가

④ 질량수 변화: 없음, 원자 번호: 2만큼 감소

정답 3번

출제 포인트

베타 마이너스 붕괴에서 질량수와 원자 번호가 어떻게 변하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

베타 마이너스 붕괴는 원자핵 속 중성자 1개가 양성자 1개로 바뀌면서 전자와 반중성미자를 방출하는 현상이다. 핵자 수의 합은 그대로이므로 질량수 A는 변하지 않고, 양성자 수가 1개 늘어나므로 원자 번호 Z는 1만큼 증가한다.
핵종 변화는 ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$로 나타낸다.

선지별 해설

① X
질량수가 변한다는 부분과 원자 번호가 1만큼 감소한다는 부분이 모두 틀리다. 베타 마이너스 붕괴에서는 중성자가 양성자로 바뀌므로 질량수는 변하지 않고 원자 번호는 1만큼 증가한다.

② X
질량수가 변한다는 부분과 원자 번호가 2만큼 증가한다는 부분이 모두 틀리다. 실제로는 질량수 변화가 없고 원자 번호가 1만큼 증가한다.

③ O
중성자 1개가 양성자 1개로 바뀌어 전체 핵자 수는 그대로이고 양성자 수만 1개 늘어난다. 따라서 질량수는 변하지 않고 원자 번호는 1만큼 증가한다.

④ X
질량수 변화가 없다는 부분은 맞지만, 원자 번호가 2만큼 감소한다는 부분이 틀리다. 베타 마이너스 붕괴에서는 원자 번호가 1만큼 증가한다.

NoteBase

오답 포인트

방출되는 전자의 전하가 −1이라는 사실 때문에 원자 번호도 감소한다고 착각하기 쉽다. 그러나 핵 안에서는 중성자가 양성자로 바뀌므로 양성자 수인 원자 번호는 1만큼 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

베타 마이너스 붕괴에서는 중성자 → 양성자 변환을 먼저 떠올린다. 핵자의 총수는 같아 질량수는 불변이고, 양성자 수는 하나 늘어 원자 번호는 1 증가한다고 판단한다.

암기 포인트

베타 마이너스 붕괴: 질량수는 그대로, 원자 번호는 +1이다.

NoteBase

문 12. 다음 표는 수용액 (가), (나)에 대한 자료이다.
두 수용액에 대한 설명으로 ㉠ ~ ㉢ 중 옳은 것을 모두 고른 것은?

수용액	(가)	(나)
용질의 종류	A	B
용질의 질량(상댓값)	1	4
용매의 질량(상댓값)	1	2
어는점 내림(상댓값)	3	2

㉠ 몰랄 농도 비는 (가) : (나) = 3 : 2 이다.
㉡ 화학식량 비는 A : B = 1 : 3 이다.
㉢ 용해된 용질의 몰수 비는 (가) : (나) = 3 : 4 이다.

① ㉠, ㉡
② ㉠, ㉢
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 4번

출제 포인트

같은 용매인 물의 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례한다는 관계를 이용하여 몰랄 농도비, 화학식량비, 용질 몰수비를 차례로 구하는 문제이다.

조건 정리

용질의 질량비는 (가):(나) = 1:4이고, 용매의 질량비는 (가):(나) = 1:2이다. 끓는점 오름의 비는 (가):(나) = 3:2이다. A와 B의 화학식량을 각각 M_A, M_B, (가)의 용질 질량과 용매 질량을 각각 w, s라 두면 (나)의 용질 질량과 용매 질량은 각각 $4w$, $2s$이다.

NoteBase

사용할 공식

끓는점 오름은 $\Delta T_b = K_b m$이고, 몰랄 농도는 m=용질의 몰수용매의 질량(kg)이다. 두 수용액의 용매가 모두 물이므로 K_b가 같아 끓는점 오름의 비가 곧 몰랄 농도의 비가 된다.

계산 과정

1. m_(가):m_(나)=Δ T_b,(가):Δ T_b,(나)=3:2이다.
2. m_(가)=(w/M_A)/(s), m_(나)=(4w/M_B)/(2s)=(2w)/(M_Bs)이므로
m_(가):m_(나)=M_B:2M_A=3:2이다. 따라서 $M_A : M_B = 1 : 3$이다.
3. 용질의 몰수비는 n_(가):n_(나)=(w)/(M_A):(4w)/(M_B)=1:(4)/(3)=3:4이다.

선지 판단

① X — ㉠과 ㉡은 옳지만 ㉢도 옳으므로 '㉠, ㉡'만 고른 것은 틀리다. 올바르게는 '㉠, ㉡, ㉢'이다.
② X — ㉠과 ㉢은 옳지만 ㉡도 옳으므로 '㉠, ㉢'만 고른 것은 틀리다. 올바르게는 '㉠, ㉡, ㉢'이다.
③ X — ㉡과 ㉢은 옳지만 ㉠도 옳으므로 '㉡, ㉢'만 고른 것은 틀리다. 올바르게는 '㉠, ㉡, ㉢'이다.
④ O — 끓는점 오름으로부터 몰랄 농도비가 3:2이고, 이를 용질·용매 질량비와 결합하면 화학식량비가 1:3, 용질 몰수비가 3:4가 된다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳다.

오답 포인트

용질의 질량비 1:4를 그대로 몰수비로 착각하면 안 된다. 몰수는 질량을 화학식량으로 나눈 값이며, 몰랄 농도에는 용액 전체 질량이 아니라 용매의 질량이 분모로 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 용매의 끓는점 오름 자료에서는 먼저 끓는점 오름비를 몰랄 농도비로 바꾸고, $m = (w/M)/s$에 용질 질량비와 용매 질량비를 대입하여 화학식량비를 구한 뒤 몰수비를 검산한다.

암기 포인트

같은 용매에서는 '끓는점 오름비 = 몰랄 농도비'이고, 몰랄 농도는 '용질 몰수 ÷ 용매 질량'이다.

NoteBase

문 13. 어떠한 화합물 A는 원자 B와 수소로 이루어져 있다. 화합물 A를 구성하는 수소의 개수는 원자 B개수의 4배이고, 원자 B는 화합물 A질량의 60%를 차지할 때 원자 B의 원자량은 얼마인가? (단, 수소의 원자량은 1 g/mol이다.)

① 6

② 10

③ 12

④ 14

정답 1번

출제 포인트

원자 수의 비를 질량의 비로 바꾸고, 질량분율 식을 세워 원자량을 구하는 문제이다.

조건 정리

원자 B와 수소의 개수비는 1:4이다. 따라서 화합물의 조성비는 BH_4로 나타낼 수 있다.
B의 원자량을 M이라 하면 B의 질량은 M, 수소 4개의 질량은 $4 \times 1 = 4$이다.
화합물 전체 질량에서 B가 차지하는 비율은 60%이다.

사용할 공식

질량분율은 특정 성분의 질량을 전체 질량으로 나눈 값이므로 다음 식을 사용한다.

$$\frac{M}{M+4} = 0.60$$

원자 수의 비가 B:수소=1:4이므로 전체 질량이 $M + 4$가 되기 때문이다.

계산 과정

질량분율 식을 정리하면 다음과 같다.

$M = 0.60(M + 4)$
$M = 0.60M + 2.4$
$0.40M = 2.4$
$M = 6$

따라서 원자 B의 원자량은 6이다.

NoteBase

선지 판단

① O — B의 원자량이 6이면 B의 질량분율은 $6/(6+4) = 0.60$이므로 조건과 일치한다.
② X — 원자량 10을 대입하면 B의 질량분율은 $10/(10+4) \approx 0.714$, 즉 약 71.4%가 된다. 10이 아니라 6이 옳다.
③ X — 원자량 12를 대입하면 B의 질량분율은 $12/(12+4) = 0.75$, 즉 75%가 된다. 12가 아니라 6이 옳다.
④ X — 원자량 14를 대입하면 B의 질량분율은 $14/(14+4) \approx 0.778$, 즉 약 77.8%가 된다. 14가 아니라 6이 옳다.

오답 포인트

원자 수의 비 1:4를 곧바로 질량의 비 1:4로 보면 안 된다. 수소의 질량은 $4 \times 1 = 4$이지만 B의 질량은 미지의 원자량 M이므로, 60%는 $M/(M+4)$로 나타내야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자 수의 비를 먼저 정한 뒤 각 원자 수에 원자량을 곱해 성분별 질량을 구하고, 특정 성분의 질량을 전체 질량으로 나누어 질량분율 식을 세운다.

암기 포인트

질량분율은 '성분 질량 ÷ 전체 질량'이며, 원자 수의 비는 반드시 원자량을 곱해 질량의 비로 바꾼다.

NoteBase

문 14. 다음 반응 중 산화-환원 반응이 아닌 것을 모두 고른 것은?

㉠ 프로판의 연소
㉡ 착화합물의 형성
㉢ 물의 전기분해
㉣ 산성비에 의한 대리석상의 손상

① ㉠, ㉢, ㉣
② ㉡, ㉣
③ ㉠, ㉡
④ ㉢, ㉣

정답 2번

출제 포인트

각 반응에서 원소의 산화수가 변하는지를 기준으로 산화-환원 반응과 비산화-환원 반응을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

산화-환원 반응은 반응 전후에 원소의 산화수가 변하여 전자가 이동하는 반응이다. 산화수가 증가하면 산화, 감소하면 환원이다.
산-염기 반응이나 착물 형성처럼 결합 방식 또는 화학종만 달라지고 산화수가 그대로이면 산화-환원 반응이 아니다.
㉠ 프로판의 연소: 탄소와 산소의 산화수가 변하므로 산화-환원 반응이다.
㉡ 착화합물의 형성: 중심 금속 이온과 리간드가 배위 결합을 형성하는 과정으로, 산화수 변화가 없으므로 산화-환원 반응이 아니다.
㉢ 물의 전기분해: 수소는 +1에서 0으로 환원되고 산소는 -2에서 0으로 산화되므로 산화-환원 반응이다.
㉣ 산성비에 의한 대리석상의 손상: 대리석의 주성분인 $CaCO_3$가 산의 H^+와 반응하는 산-염기 반응이며, 원소의 산화수는 변하지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㉠과 ㉢은 모두 산화수가 변하는 산화-환원 반응이므로 비산화-환원 반응의 묶음에 포함될 수 없다. '㉠, ㉢, ㉣'은 틀리고, 올바른 묶음은 '㉡, ㉣'이다.
② O — ㉡은 산화수 변화가 없는 착물 형성이고, ㉣은 탄산염과 산의 반응이므로 둘 다 산화-환원 반응이 아니다.
③ X — ㉠은 프로판의 연소이므로 산화-환원 반응이다. 또한 비산화-환원 반응인 ㉣이 빠져 있다. '㉠, ㉡'은 틀리고, 올바른 묶음은 '㉡, ㉣'이다.
④ X — ㉢은 물의 전기분해 과정에서 수소와 산소의 산화수가 변하므로 산화-환원 반응이다. 또한 비산화-환원 반응인 ㉡이 빠져 있다. '㉢, ㉣'은 틀리고, 올바른 묶음은 '㉡, ㉣'이다.

오답 포인트

결합이 새로 생기거나 물질이 손상된다는 사실만으로 산화-환원 반응이라고 판단하는 것이 함정이다. ㉡은 배위 결합이 형성되지만 산화수는 변하지 않고, ㉣은 대리석이 녹아 손상되지만 본질은 산과 탄산염의 반응이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 반응물과 생성물에서 원소별 산화수를 비교한다. 하나라도 증가하고 다른 하나가 감소하면 산화-환원 반응이고, 모든 원소의 산화수가 같으면 비산화-환원 반응이다.

암기 포인트

연소·전기분해는 산화수 변화, 착물 형성·산과 탄산염의 반응은 산화수 불변이다.

NoteBase

문 15. 다음 표는 표준 상태에서 3가지 물질이 생성 엔탈피와 연소 엔탈피에 대한 자료의 일부이다. A값은?

물질	생성 엔탈피(kJ/mol)	연소 엔탈피(kJ/mol)
$C_2H_6(g)$	A	a
$H_2(g)$		b
$CO_2(g)$	c	

① $a + 3b + 2c$

② $a - 3b + 2c$

③ $-a + 3b - 2c$

④ $-a + 3b + 2c$

정답 4번

출제 포인트

헤스 법칙과 표준 생성 엔탈피의 정의를 이용하여 에테인의 연소 반응 엔탈피로부터 생성 엔탈피 A를 구하는 문제이다.

조건 정리

에테인의 연소 엔탈피는 a, 수소의 연소 엔탈피는 b, 이산화 탄소의 생성 엔탈피는 c이다.
표준 상태의 홑원소인 $H_2(g)$와 $O_2(g)$의 표준 생성 엔탈피는 0이다.
수소의 연소 생성물이 물이므로 물의 생성 엔탈피는 b이며, 구해야 할 값은 $C_2H_6(g)$의 생성 엔탈피 A이다.

사용할 공식

반응 엔탈피는 생성물의 생성 엔탈피 합에서 반응물의 생성 엔탈피 합을 뺀 값이다.
Δ H^_rxn=Σ νΔ H^_f(생성물)-Σ νΔ H^_f(반응물)
에테인의 완전 연소 반응은 $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O$이다. 이 반응에 표의 생성 엔탈피를 대입하면 연소 엔탈피 a와 생성 엔탈피 A의 관계를 세울 수 있다.

NoteBase

계산 과정

에테인 연소 반응에 생성 엔탈피 관계를 적용한다.

$a = \{2c + 3b\} - \{A + 0\}$

따라서 A를 이항하면 다음과 같다.

$A = -a + 3b + 2c$

선지 판단

① X — $a + 3b + 2c$는 연소 엔탈피 a를 이항할 때 부호를 바꾸지 않은 식이다. 틀린 표현 $+a$는 $-a$로 고쳐야 하므로 올바른 식은 $-a + 3b + 2c$이다.

② X — $a - 3b + 2c$는 a와 물 3몰에 해당하는 $3b$의 부호가 모두 잘못되었다. 올바른 식은 $-a + 3b + 2c$이다.

③ X — $-a + 3b - 2c$는 생성물인 이산화 탄소 2몰의 생성 엔탈피를 $-2c$로 처리한 식이다. 올바르게는 $+2c$이므로 $-a + 3b + 2c$이다.

④ O — 헤스 법칙으로 얻은 $A = -a + 3b + 2c$와 일치한다.

오답 포인트

핵심 함정은 반응 엔탈피 식에서 A를 이항할 때 a의 부호가 바뀐다는 점과, 생성물인 $2CO_2$와 $3H_2O$의 계수 2와 3을 각각 c와 b에 곱해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반응식을 맞추고, 각 물질의 계수를 생성 엔탈피에 곱한 뒤 '생성물의 합 - 반응물의 합'으로 반응 엔탈피 식을 세운다. 마지막에 미지수를 이항하면서 부호를 확인한다.

암기 포인트

반응 엔탈피는 '생성물 생성 엔탈피 합 - 반응물 생성 엔탈피 합'이며, 표준 상태 홑원소의 생성 엔탈피는 0이다.

NoteBase

문 16. 다음은 표준 상태에서 과산화수소와 관련된 자료이다.
이 자료로부터 구한 O – O의 결합 에너지(kJ/mol)는?

㉠ H – H의 결합 에너지: 440 kJ/mol
㉡ O = O의 결합 에너지: 490 kJ/mol
㉢ O – H의 결합 에너지: 460 kJ/mol
㉣ $H_2O_2(l)$의 생성 엔탈피: -188 kJ/mol
㉤ $H_2O_2(l)$의 기화 엔탈피: 52 kJ/mol

① 73
② 146
③ 306
④ 576

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 생성 엔탈피와 기화 엔탈피로 기체 과산화수소의 생성 엔탈피를 구한 뒤, 결합 에너지 관계식으로 O – O의 결합 에너지를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $D(\mathrm{H-H}) = 440 kJ/mol$, $D(\mathrm{O=O}) = 490 kJ/mol$, $D(\mathrm{O-H}) = 460 kJ/mol$이다. 또한 $\Delta H_f^\circ [\mathrm{H_2O_2(l)}] = -188 kJ/mol$, $\Delta H_{vap} = 52 kJ/mol$이다.
구해야 할 값: 기체 분자의 결합 에너지로 취급하는 $D(\mathrm{O-O})$이다.
주의할 조건: 액체 과산화수소의 생성 엔탈피에 기화 엔탈피를 더해 기체 과산화수소의 생성 엔탈피로 바꾸어야 한다.

사용할 공식

결합 에너지로 반응 엔탈피를 구하는 식은 Δ H=Σ D(끊는 결합)-Σ D(생성하는 결합)이다. 결합 에너지는 기체 분자의 결합을 기준으로 하므로 $H_2O_2(l)$를 $H_2O_2(g)$로 바꾼 생성 엔탈피를 사용한다.

계산 과정

1. 기체 과산화수소의 생성 엔탈피는 $\Delta H_f^\circ [\mathrm{H_2O_2(g)}] = -188 + 52 = -136 kJ/mol$이다.
2. 생성 반응은 $\mathrm{H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(g)}$이다. 반응물에서 H – H 결합 1개와 O = O 결합 1개를 끊고, 생성물에서 O – H 결합 2개와 O – O 결합 1개를 만든다.
3. $D(\mathrm{O-O}) = x$라 하면 $-136 = (440 + 490) - (2 \times 460 + x) = 10 - x$이므로 $x = 146 kJ/mol$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 73은 계산값 $146 kJ/mol$의 절반이므로 옳지 않다. 틀린 값 73은 올바르게는 146이다.
② O — 계산한 O – O 결합 에너지가 $146 kJ/mol$이므로 옳다.
③ X — 306은 결합 에너지 관계식에서 얻은 $146 kJ/mol$과 일치하지 않는다. 틀린 값 306은 올바르게는 146이다.
④ X — 576은 결합 에너지 관계식에서 얻은 $146 kJ/mol$과 일치하지 않는다. 틀린 값 576은 올바르게는 146이다.

오답 포인트

액체의 생성 엔탈피 $-188 kJ/mol$를 결합 에너지 식에 곧바로 넣는 것이 핵심 함정이다. 먼저 기화 엔탈피 $+52 kJ/mol$를 반영해 기체 생성 엔탈피 $-136 kJ/mol$를 구해야 한다. 또한 과산화수소에는 O – H 결합이 2개이므로 $460 kJ/mol$을 두 번 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

결합 에너지 문제에서는 먼저 모든 물질을 기체 기준으로 맞춘 뒤, 분자 구조에서 끊는 결합과 생성하는 결합의 종류 및 개수를 세고 Δ H=끊는 결합 에너지 합-생성하는 결합 에너지 합을 적용한다.

암기 포인트

결합 에너지는 기체 기준이며, 반응 엔탈피는 '끊는 결합의 합에서 생성하는 결합의 합을 뺀 값'이다.

NoteBase

문 17. 온도가 250 K이고 질량이 8.00 kg인 기름을 담은 단열 용기에 온도가 430 K이고 질량이 4.00 kg인 금속공을 넣은 후 열평형에 도달했을 때, 금속공의 최종 온도(K)는? (단, 용기나 주위로 열 손실은 없으며, 금속공과 기름의 비열[kcal/kg·K]은 각각 1.00과 0.50으로 가정한다.)

① 300

② 320

③ 340

④ 360

정답 3번

출제 포인트

단열된 계에서 고온 물체가 잃은 열량과 저온 물체가 얻은 열량이 같다는 열평형 조건을 이용해 최종 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

금속공: 질량 $4.00kg$, 비열 $1.00kcal/(kg \cdot K)$, 처음 온도 $430K$이다.
기름: 질량 $8.00kg$, 비열 $0.50kcal/(kg \cdot K)$, 처음 온도 $250K$이다.
용기와 주위로의 열 손실이 없으므로 금속공이 잃은 열량은 기름이 얻은 열량과 같다.

사용할 공식

열량은 $Q = mc\Delta T$이므로, 최종 온도를 T라 하면 열평형식은 다음과 같다.
m_금속c_금속(430-T)=m_기름c_기름(T-250)
단열계에서는 외부와 열을 주고받지 않으므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

금속공과 기름의 열용량을 각각 계산하면 모두 $4.00kcal/K$이다.
$4.00 \times 1.00 = 8.00 \times 0.50 = 4.00kcal/K$
따라서 열평형식은 다음과 같이 정리된다.
$4(430 - T) = 4(T - 250)$
$430 - T = T - 250$
$2T = 680, \quad T = 340K$

NoteBase

선지 판단

① X — 300K에서는 기름이 얻은 열량이 $4(300-250)=200kcal$, 금속공이 잃은 열량이 $4(430-300)=520kcal$로 서로 같지 않다. 300이 아니라 340K가 옳다.
② X — 320K에서는 기름이 얻은 열량이 $280kcal$, 금속공이 잃은 열량이 $440kcal$로 열수지가 맞지 않는다. 320이 아니라 340K가 옳다.
③ O — 340K에서는 기름이 얻은 열량과 금속공이 잃은 열량이 각각 $4\times90=360kcal$로 같아 열평형 조건을 만족한다.
④ X — 360K에서는 기름이 얻은 열량이 $440kcal$, 금속공이 잃은 열량이 $280kcal$로 서로 같지 않다. 360이 아니라 340K가 옳다.

오답 포인트

두 물질의 질량만 보고 단순 평균을 내면 안 된다. 열평형 온도는 질량이 아니라 열용량 mc을 가중치로 정한다. 이 문항에서는 두 물질의 열용량이 모두 $4.00kcal/K$이므로 두 처음 온도의 산술평균인 340K가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

단열 조건을 확인한 뒤 각 물체의 열용량 mc을 계산하고, 고온 물체의 방출열과 저온 물체의 흡수열을 같게 놓아 최종 온도를 구한다. 계산값이 두 처음 온도 사이에 있는지도 검산한다.

암기 포인트

단열 열평형에서는 방출열과 흡수열이 같으며, 두 물체의 열용량이 같으면 최종 온도는 두 처음 온도의 산술평균이다.

NoteBase

문 18. 다음의 반응에서 0.4 M KOH 용액 60.0 mL를 중화시키려면 1.2 M H_2SO_4는 몇 mL가 필요하겠는가?

$H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$

① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 중화 반응식의 계수비를 이용하여 KOH의 몰수에 필요한 H_2SO_4의 몰수와 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: KOH 용액의 농도는 $0.4M$, 부피는 $60.0mL = 0.0600L$이고, H_2SO_4 용액의 농도는 $1.2M$이다.
구해야 할 값: 필요한 H_2SO_4 용액의 부피이다.
주의할 조건: 반응식에서 $H_2SO_4 : KOH = 1 : 2$이므로 두 물질의 몰수를 1:1로 두면 안 된다.

사용할 공식

용질의 몰수는 $n = MV$로 구한다. 반응식 $H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$에 따라 $n(H_2SO_4) = \frac{1}{2}n(KOH)$이다. 농도와 부피로 KOH의 몰수를 구한 뒤 반응 계수비를 적용해야 하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. KOH의 몰수는 $0.4mol/L \times 0.0600L = 0.0240mol$이다.
2. 반응 계수비가 $H_2SO_4 : KOH = 1 : 2$이므로 필요한 H_2SO_4의 몰수는 $0.0240mol \div 2 = 0.0120mol$이다.
3. H_2SO_4 용액의 부피는 $V = \frac{n}{M} = \frac{0.0120mol}{1.2mol/L} = 0.0100L = 10.0mL$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과 필요한 H_2SO_4 용액의 부피가 $10.0mL$이므로 옳다.
② X — $15mL$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $10.0mL$이다.
③ X — $20mL$는 반응 계수비 1:2를 적용하지 않고 두 물질의 몰수를 같게 둘 때 나오는 값이다. 올바르게는 $10.0mL$이다.
④ X — $25mL$는 필요한 산의 몰수와 농도로 계산한 부피가 아니다. 올바르게는 $10.0mL$이다.
따라서 정답은 1번이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 산과 염기의 몰수를 무조건 같게 두는 것이다. H_2SO_4 한 몰은 KOH 두 몰과 반응하므로, KOH의 몰수를 구한 뒤 반드시 2로 나누어 H_2SO_4의 몰수를 정해야 한다. 또한 mL를 L로 바꾸어 몰농도 식에 대입해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

중화 계산에서는 먼저 반응식의 계수를 맞추고, 각 용액의 몰수를 $n = MV$로 나타낸 다음, 계수비에 따라 필요한 몰수와 부피를 계산한다. 마지막에는 L와 mL의 변환을 검산한다.

암기 포인트

중화점에서는 산과 염기의 몰수가 아니라 반응식의 계수비에 맞는 몰수 관계가 성립한다. 이 반응에서는 H_2SO_4 1몰당 KOH 2몰이 필요하다.

NoteBase

문 19. 다음은 2가지 화학 반응 (가), (나)의 화학 반응식이다. (가), (나)는 모두 1차 반응이다. 다음은 25°C에서 부피가 1 L인 2개의 강철용기에 A(g)와 X(g) 0.1몰을 각각 넣고 반응시켰을 때, 이와 관련된 자료이다. 위 자료 중 $(x \times y)$의 값은?

(가) $A(g) \rightarrow 2B(g)$, (나) $X(g) \rightarrow Y(g)$

◯ (가)의 반감기는 t초, (나)의 반감기는 2t초이다.

◯ 2t초 후 생성물의 몰수 비는 $B : Y = 1 : x$이다.

◯ 4t초 후 반응물의 몰수 비는 $A : X = y : 1$이다.

① $\frac{1}{3}$

② 3

③ 12

④ $\frac{1}{12}$

정답 4번

출제 포인트

1차 반응에서 반감기가 지날 때마다 반응물의 몰수가 절반이 된다는 원리와 반응식의 계수비를 이용하여 생성물의 몰수 비와 남은 반응물의 몰수 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

(가)의 반감기는 t초이고 반응식은 $A(g) \rightarrow 2B(g)$이다.
(나)의 반감기는 $2t$초이고 반응식은 $X(g) \rightarrow Y(g)$이다.
처음 넣은 A와 X는 각각 0.1몰이다.
구해야 할 값은 $x \times y$이다.

사용할 공식

반감기가 n번 지난 뒤 반응물의 몰수는 다음과 같다.
$n_{\text{remain}} = n_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$
두 반응이 모두 1차 반응이고 각각의 반감기가 주어졌으므로 이 관계를 적용한다. 생성물의 몰수는 반응한 반응물의 몰수에 반응식의 계수비를 곱하여 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. $2t$초는 (가)의 반감기 두 번에 해당하므로 남은 A는 $0.1 \times (1/2)^2 = 0.025$몰이다. 반응한 A는 0.075몰이고, $A : B = 1 : 2$이므로 생성된 B는 $0.075 \times 2 = 0.15$몰이다.
2. $2t$초는 (나)의 반감기 한 번에 해당하므로 남은 X는 0.05몰이고, 생성된 Y도 0.05몰이다. 따라서 $B : Y = 0.15 : 0.05 = 3 : 1 = 1 : 1/3$이므로 $x = 1/3$이다.
3. $4t$초는 (가)의 반감기 네 번이므로 남은 A는 $0.1 \times (1/2)^4 = 0.00625$몰이다. (나)의 반감기 두 번이므로 남은 X는 $0.1 \times (1/2)^2 = 0.025$몰이다.
4. $A : X = 0.00625 : 0.025 = 1 : 4 = 1/4 : 1$이므로 $y = 1/4$이다. 따라서 $x \times y = (1/3) \times (1/4) = 1/12$이다.

선지 판단

① X — 1/3은 x의 값일 뿐 $x \times y$의 값이 아니다. 틀린 값 1/3은 올바르게는 1/12이다.
② X — 3은 $B : Y = 3 : 1$에서 비를 $1 : x$로 바꾸지 않고 $x = 3$으로 잘못 읽은 값이다. 틀린 값 3은 올바르게는 1/12이다.
③ X — 12는 $x \times y = 1/12$의 역수이다. 틀린 값 12는 올바르게는 1/12이다.
④ O — 계산 결과 $x = 1/3$, $y = 1/4$이므로 $x \times y = 1/12$이다.

오답 포인트

생성물의 양을 구할 때 (가)의 계수비 $A : B = 1 : 2$를 빠뜨리면 안 된다. 또한 $B : Y = 3 : 1$을 문제의 표현인 $1 : x$로 정규화해야 하며, $A : X = 1 : 4$도 $y : 1$의 형태로 바꾸어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 반응에서 경과 시간이 반감기의 몇 배인지 먼저 구하고, 남은 반응물의 양을 계산한 뒤, 반응한 양과 반응식의 계수비로 생성물의 양을 구한다. 마지막에는 계산한 비를 문제에서 지정한 순서와 형태로 정규화한다.

암기 포인트

반감기 n번 후 남는 비율은 $(1/2)^n$이며, 생성물은 '반응한 양 × 반응식의 계수비'로 계산한다.

NoteBase

문 20. 다음의 실험값으로부터 다음 반응의 속도식을 결정할 수 있다. 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

$2A + B + C \rightarrow D + E$ 반응속도 $= k[A]^x[B]^y[C]^z$

실험	초기 [A]	초기 [B]	초기 [C]	E의 초기 생성속도
1	0.20 M	0.20 M	0.20 M	$2.4\times10^{-6}\ \mathrm{M\cdot min^{-1}}$
2	0.40 M	0.30 M	0.20 M	$9.6\times10^{-6}\ \mathrm{M\cdot min^{-1}}$
3	0.20 M	0.30 M	0.20 M	$2.4\times10^{-6}\ \mathrm{M\cdot min^{-1}}$
4	0.20 M	0.40 M	0.60 M	$7.2\times10^{-6}\ \mathrm{M\cdot min^{-1}}$

① $z = 2$이고 반응은 $[C]$에 대해 2차이다.

② 반응속도는 $[B]$에 무관하므로 $y = 0$이다.

③ 속도상수 k는 $3.0 \times 10^{-4}\ M^{-2}\mathrm{min}^{-1}$이다.

④ $x = 2$이고 반응은 $[A]$에 대해 2차이다.

정답 1번

출제 포인트

초기 농도를 한 종류씩 비교하여 반응차수 x, y, z를 구하고, 속도식과 속도상수 k를 결정하는 문제이다.

조건 정리

반응속도식은 $v = k[A]^x[B]^y[C]^z$이다. 두 실험을 비교할 때 나머지 농도가 같거나 반응속도에 영향을 주지 않는다는 사실이 확인된 물질을 제외하여 각 농도의 영향만 판단한다.

NoteBase

사용할 공식

두 실험의 속도비는 다음과 같다.

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{[A]_2}{[A]_1}\right)^x \left(\frac{[B]_2}{[B]_1}\right)^y \left(\frac{[C]_2}{[C]_1}\right)^z$$

농도 변화에 따른 속도비를 사용하면 다른 조건의 공통 영향을 약분하고 각 반응차수를 구할 수 있다.

계산 과정

1. 실험 1과 3에서 $[A]$와 $[C]$는 같고 $[B]$만 1.5배가 되지만 속도는 같다. 따라서 $(1.5)^y = 1$이므로 $y = 0$이다.
2. $y = 0$이므로 실험 1과 2에서는 $[A]$가 2배가 될 때 속도가 4배가 된 관계만 남는다. 따라서 $2^x = 4$이므로 $x = 2$이다.
3. 실험 1과 4에서는 $[A]$가 같고 $[B]$는 속도에 무관하며, $[C]$가 3배가 될 때 속도도 3배가 된다. 따라서 $3^z = 3$이므로 $z = 1$이다.
4. 속도식은 $v = k[A]^2[C]$이다. 실험 1을 대입하면 다음과 같다.

$$k = \frac{2.4 \times 10^{-6}}{(0.20)^2(0.20)} = 3.0 \times 10^{-4} M^{-2}\text{min}^{-1}$$

선지 판단

① X — $[C]$가 3배가 될 때 속도도 3배이므로 $z = 1$이고, 반응은 $[C]$에 대해 1차이다. '$z = 2$이고 2차이다'는 틀린 표현이며, 올바르게는 '$z = 1$이고 1차이다'이다.
② O — 실험 1과 3에서 $[B]$가 $0.20M$에서 $0.30M$로 증가해도 속도가 같으므로 $y = 0$이며 속도는 $[B]$에 무관하다.
③ O — $v = k[A]^2[C]$에 실험값을 대입하면 $k = 3.0 \times 10^{-4} M^{-2}\text{min}^{-1}$이다. 전체 반응차수가 3이므로 속도상수의 단위도 $M^{-2}\text{min}^{-1}$이 된다.
④ O — $[A]$가 2배가 될 때 속도가 4배가 되므로 $2^x = 4$, 즉 $x = 2$이며 반응은 $[A]$에 대해 2차이다.

오답 포인트

반응식의 계수 2를 그대로 $[C]$의 반응차수로 오인하거나, 실험 1과 4에서 속도가 3배가 된 사실을 제곱 관계로 잘못 읽기 쉽다. 반응차수는 반응식의 계수가 아니라 농도비와 속도비로 결정한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 한 물질의 농도만 실질적으로 달라지는 실험쌍을 찾아 반응차수를 정한다. 그다음 완성된 속도식에 한 실험값을 대입해 k를 구하고, 전체 반응차수로 k의 단위를 검산한다.

암기 포인트

농도 n배에 속도도 n배이면 1차, 속도가 n^2배이면 2차, 속도가 변하지 않으면 0차이다.

NoteBase