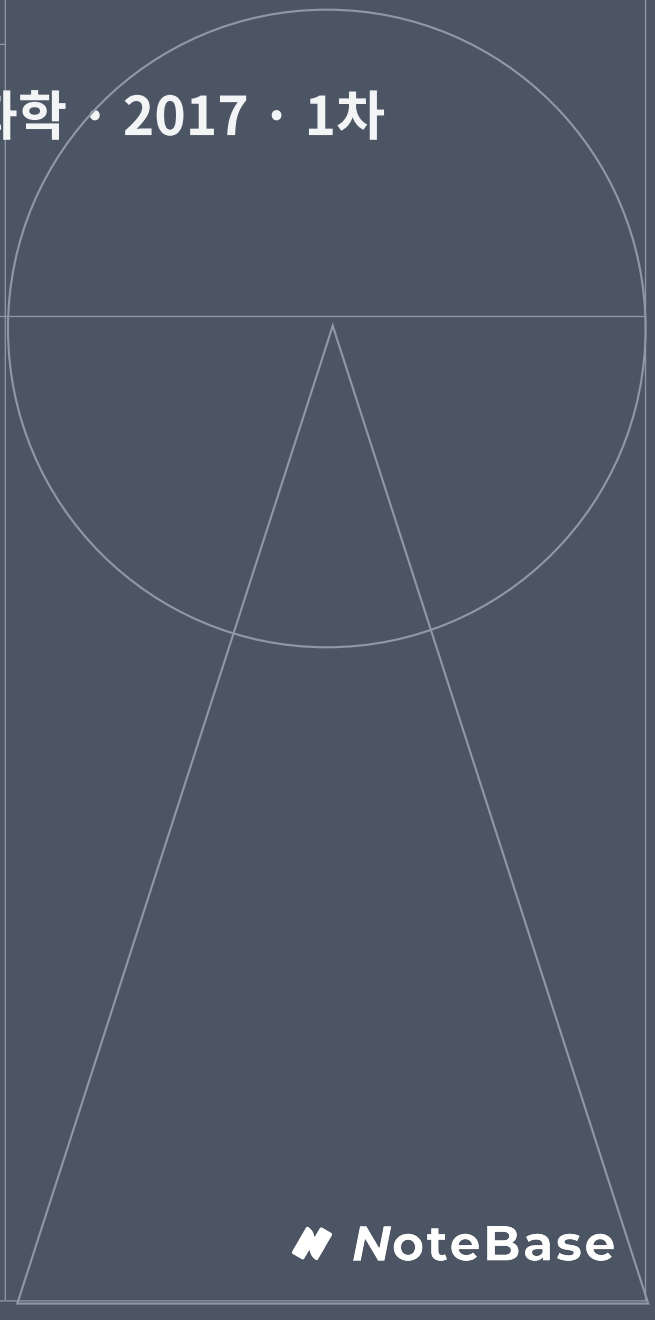
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2017 · 1차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2017 · 1차

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2017 · 1차

문 1. 염소(Cl) 원자는 자연계에 두 개의 동위원소 ^{35}Cl과 ^{37}Cl로 존재한다. 염소원자의 평균 원자량이 35.5일 때, ^{37}Cl의 존재비(%)는 얼마인가?
(단, ^{35}Cl의 원자량은 35, ^{37}Cl의 원자량은 37이다.)

① 12.5

② 25.0

③ 37.5

④ 42.5

정답 2번

출제 포인트

두 동위원소의 존재비를 가중치로 사용한 평균 원자량 식에서 ^{37}Cl의 존재비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: ^{35}Cl의 원자량은 35, ^{37}Cl의 원자량은 37, 평균 원자량은 35.5이다.
구해야 할 값: ^{37}Cl의 존재비이다.
주의할 조건: 두 동위원소의 존재비 합은 1이며, 계산한 비율에 100을 곱해 백분율로 나타낸다.

사용할 공식

^{37}Cl의 존재비를 x라고 하면 ^{35}Cl의 존재비는 $1-x$이다.
$35(1-x)+37x=35.5$
평균 원자량은 각 동위원소의 원자량에 그 존재비를 곱한 값의 합이므로 이 가중평균식을 사용한다.

계산 과정

1. 가중평균식을 정리하면 $35-35x+37x=35.5$이다.
2. 따라서 $2x=0.5$이고, $x=0.25$이다.
3. 백분율로 바꾸면 $0.25\times100=25.0\%$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 12.5%를 대입하면 평균 원자량은 35(0.875) + 37(0.125) = 35.25이므로 35.5가 아니다. 올바른 존재비는 25.0%이다.
② O — 25.0%를 대입하면 35(0.75) + 37(0.25) = 35.5로 주어진 평균 원자량과 일치한다.
③ X — 37.5%를 대입하면 평균 원자량은 35(0.625) + 37(0.375) = 35.75이므로 35.5가 아니다. 올바른 존재비는 25.0%이다.
④ X — 42.5%를 대입하면 평균 원자량은 35(0.575) + 37(0.425) = 35.85이므로 35.5가 아니다. 올바른 존재비는 25.0%이다.
계산 결과가 25.0%이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

평균 원자량 35.5에서 35를 뺀 0.5를 곧바로 존재비로 보면 안 된다. 두 동위원소의 원자량 차이가 2이므로 먼저 0.5/2 = 0.25를 구한 뒤 25.0%로 변환해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 동위원소 문제에서는 한 동위원소의 존재비를 x, 다른 동위원소의 존재비를 $1 - x$로 놓고 가중평균식을 세운다. 계산 후 존재비의 합이 1인지 확인하고, 문제에서 %를 요구하면 마지막에 100을 곱한다.

암기 포인트

평균 원자량은 동위원소 원자량의 단순평균이 아니라 존재비를 반영한 가중평균이다.

NoteBase

문 2. 0.1M H_2SO_4 수용액 20mL를 완전히 중화시키는데 필요한 NaOH 수용액의 농도와 부피로 옳은 것은?

① 0.1M, 10mL

② 0.1M, 20mL

③ 0.2M, 20mL

④ 0.2M, 40mL

정답 3번

출제 포인트

황산과 수산화 나트륨의 중화 반응식에서 계수비를 확인하고, 필요한 NaOH의 몰수와 농도·부피의 관계를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 황산 수용액의 농도는 0.1 M, 부피는 $20mL = 0.020L$이다.
구해야 할 값: 황산을 완전히 중화하는 NaOH 수용액의 농도와 부피이다.
주의할 조건: H_2SO_4 1몰은 NaOH 2몰과 반응하므로 몰비는 1:2이다.

사용할 공식

중화 반응식은 $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$이다.
용질의 몰수는 $n = CV$로 구한다. 이 문제에서는 반응식의 계수비에 따라 $n(NaOH) = 2n(H_2SO_4)$가 성립한다.

계산 과정

1. 황산의 몰수는 $0.1mol/L \times 0.020L = 0.002mol$이다.
2. 필요한 NaOH의 몰수는 $2 \times 0.002mol = 0.004mol$이다.
3. 각 선지에서 $C \times V$를 계산해 NaOH가 $0.004mol$인 조합을 찾으면 0.2 M, $20mL$이다.

선지 판단

① X — 0.1 M, $10mL$의 NaOH는 $0.1 \times 0.010 = 0.001mol$로, 필요한 양의 1/4에 불과하다. 틀린 부피 $10mL$는 $40mL$로 고쳐야 한다.
② X — 0.1 M, $20mL$의 NaOH는 $0.1 \times 0.020 = 0.002mol$로, 필요한 양의 절반이다. 틀린 부피 $20mL$는 $40mL$로 고쳐야 한다.
③ O — 0.2 M, $20mL$의 NaOH는 $0.2 \times 0.020 = 0.004mol$이므로 황산을 완전히 중화한다.
④ X — 0.2 M, $40mL$의 NaOH는 $0.2 \times 0.040 = 0.008mol$로, 필요한 양의 2배이다. 틀린 부피 $40mL$는 $20mL$로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

황산과 NaOH의 몰비를 1:1로 처리하면 필요한 NaOH를 $0.002mol$로 잘못 계산하여 ②를 고르게 된다. 황산 한 분자가 내놓는 수소 이온이 2개이므로 NaOH가 2배 필요하다는 점이 핵심이다. 또한 mL를 L로 바꾸지 않고 $n = CV$에 대입해서는 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 균형 잡힌 중화 반응식으로 산과 염기의 몰비를 정한 뒤, 부피를 L로 환산하고 $n = CV$로 각 물질의 몰수를 비교한다.

암기 포인트

$H_2SO_4 : NaOH = 1 : 2$이며, 완전 중화에서는 반응식의 계수비와 실제 몰수비가 일치한다.

NoteBase

문 3. 제산제로 $Al(OH)_3$가 사용될 때, 다음 반응식에 따라 위산(HCl)과 반응한다면 $(b+d)$의 값은 얼마인가?

$$aAl(OH)_3 + bHCl \rightarrow cAlCl_3 + dH_2O$$

① 2
② 3
③ 4
④ 6

정답 4번

출제 포인트

화학 반응식에서 반응 전후 각 원소의 원자 수가 같도록 계수를 맞춘 뒤, 계수의 합 $b+d$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응식: $aAl(OH)_3 + bHCl \rightarrow cAlCl_3 + dH_2O$
구해야 할 값: $b+d$
주의할 조건: 반응식의 계수는 가장 작은 정수비로 나타낸다.

사용할 원리

화학 반응에서는 원자가 새로 생기거나 없어지지 않으므로, 반응물과 생성물에서 각 원소의 원자 수가 같아야 한다. 따라서 Al, Cl, H, O의 원자 수를 차례로 맞춘다.

계산 과정

1. Al의 수를 맞추면 $a=c=1$이다.
2. 생성물 $AlCl_3$에 Cl이 3개 있으므로 $b=3$이다.
3. 반응물의 $Al(OH)_3$에는 O가 3개 있으므로 생성물의 물은 $d=3$이다. 이때 H도 반응물에서 $3+3=6$개, 생성물에서 $3\times 2=6$개로 같다.
4. 완성된 반응식은 $Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$이다.

따라서 $b+d=3+3=6$이다.

선지 판단

① X — $b+d$는 2가 아니라 6이다. 2는 반응식의 계수를 맞춘 결과와 일치하지 않는다.
② X — $b+d$는 3이 아니라 6이다. 3은 b 또는 d 하나의 값만 취하고 두 계수를 더하지 않은 값이다.
③ X — $b+d$는 4가 아니라 6이다. HCl과 H_2O의 계수는 각각 3이므로 4가 될 수 없다.
④ O — $b=3$, $d=3$이므로 $b+d=6$이다.

NoteBase

오답 포인트

반응식에 나타난 물질의 종류가 4개라는 사실을 계수의 합으로 혼동하거나, b와 d 중 하나만 구해 3을 선택하기 쉽다. 각 원소의 원자 수를 모두 맞춘 뒤 요구된 두 계수를 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

복잡한 화합물에서 한 번씩만 나타나는 원소를 먼저 맞추고, 그 계수로 다른 원소를 연쇄적으로 맞춘다.
마지막에는 모든 원소의 원자 수와 계수의 최소 정수비를 검산한다.

암기 포인트

반응식 계수 맞추기는 원소별 원자 수 보존, 마지막은 최소 정수비 확인이다.

NoteBase

문 4. 어떤 온도에서 1 L 용기에 N_2 4몰, H_2 4몰이 있을 때 NH_3 2몰이 생성되면서 평형에 도달했을 경우 평형상수 K의 값은?

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

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

정답 1번

출제 포인트

반응 진행량으로 평형 농도를 구한 뒤 농도 평형상수 식에 대입하는 문제이다.

조건 정리

반응식은 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$이다. 처음에는 N_2 4몰, H_2 4몰이며, 생성된 NH_3가 2몰이므로 반응 진행량은 1몰이다. 따라서 평형 몰수는 N_2 3몰, H_2 1몰, NH_3 2몰이다. 용기 부피가 $1L$이므로 각 물질의 평형 농도는 각각 $3mol/L$, $1mol/L$, $2mol/L$이다.

사용할 공식

농도 평형상수는 반응식의 계수를 각 평형 농도의 지수로 사용하여 $K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$로 나타낸다. 기체의 평형 몰수가 주어지고 용기 부피가 $1L$이므로 몰수를 곧바로 몰 농도로 바꾸어 이 식에 대입할 수 있다.

계산 과정

NH_3 2몰 생성에 따라 N_2는 1몰, H_2는 3몰 소모된다. 따라서 $K_c = \frac{2^2}{3 \times 1^3} = \frac{4}{3}$이다.

선지 판단

① O — 계산한 평형상수 $K_c = \frac{4}{3}$과 일치한다.
② X — 1은 계산값과 다르다. 올바른 값은 $\frac{4}{3}$이다.
③ X — $\frac{2}{3}$은 분자에서 $[NH_3]$를 제곱하지 않고 2로 넣었을 때 나오는 값이다. 반응계수 2를 지수로 반영하면 올바른 값은 $\frac{4}{3}$이다.
④ X — $\frac{1}{3}$은 평형상수 식과 평형 농도를 정확히 대입한 결과가 아니다. 올바른 값은 $\frac{4}{3}$이다.

NoteBase

오답 포인트

생성된 NH_3 2몰을 보고 다른 물질도 같은 몰수만큼 변한다고 판단하면 안 된다. 반응식의 계수비 1:3:2에 따라 N_2 1몰과 H_2 3몰이 소모되며, 평형상수 식에서는 각 농도의 지수에도 반응계수를 반영한다.

다시 나오면 이렇게 판단

생성물의 변화량에서 반응 진행량을 구하고, 반응계수비로 모든 평형 몰수를 계산한 뒤, 부피로 나누어 평형 농도를 만든다. 마지막으로 반응계수를 지수로 사용한 평형상수 식에 대입한다.

암기 포인트

평형 계산은 반응계수비로 농도 변화를 구하고, 평형상수 식에서는 반응계수를 농도의 지수로 사용한다.

NoteBase

문 5. 다음은 $1s^2 2s^2 2p^6$의 전자배치를 갖는 몇 가지 이온들을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 [보기] 중 옳은 것을 모두 고른 것은 무엇인가? (단, A~D는 임의의 원소기호이다.)

$A^+ B^{2+} C^- D^{2-}$[보기]
(가) A~D는 모두 2주기 원소이다.
(나) 이온 반지름이 가장 작은 것은 B^{2+}이다.
(다) 전기음성도가 가장 큰 중성원자는 C이다.

① (가)
② (나)
③ (다)
④ (나), (다)

정답 4번

출제 포인트

같은 전자배치를 가진 등전자 이온에서 원자번호와 이온 반지름의 관계를 판단하고, 이온의 전하로부터 중성 원소를 찾아 주기와 전기음성도를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

네 이온은 모두 전자가 10개이다. 따라서 중성 원자의 원자번호는 A=11(Na), B=12(Mg), C=9(F), D=8(O)이다. A와 B는 3주기 원소이고 C와 D는 2주기 원소이다.
등전자 이온은 전자 수가 같으므로 핵전하가 클수록 전자를 더 강하게 끌어당겨 반지름이 작다. 따라서 원자번호가 가장 큰 B^{2+}의 이온 반지름이 가장 작다. 또한 중성 원자 중 전기음성도가 가장 큰 원소는 F에 해당하는 C이다.

선지별 해설

① X — ①은 (가)만 옳다고 고른 선택지이다. 그러나 A는 Na, B는 Mg에 해당하여 모두 3주기 원소이므로 (가)는 틀리다. 올바르게는 'A와 B는 3주기, C와 D는 2주기 원소이다'이며, 옳은 항목은 (나), (다)이다.
② X — ②는 (나)만 옳다고 고른 선택지이다. 등전자 이온 중 핵전하가 가장 큰 B^{2+}의 반지름이 가장 작으므로 (나)는 옳지만, F에 해당하는 C의 전기음성도가 가장 크다는 (다)도 옳다. 올바르게는 (나), (다)를 함께 고른다.
③ X — ③은 (다)만 옳다고 고른 선택지이다. C가 F에 해당하므로 (다)는 옳지만, B^{2+}의 이온 반지름이 가장 작다는 (나)도 옳다. 올바르게는 (나), (다)를 함께 고른다.
④ O — ④는 (나), (다)를 고른 선택지이다. (가)는 틀리고 (나)와 (다)는 모두 옳으므로 정답이다.

NoteBase

오답 포인트

이온들이 같은 전자배치를 가진다는 사실만 보고 중성 원자도 모두 같은 주기라고 판단하기 쉽다. 양이온인 A^{+}, B^{2+}는 전자를 잃기 전 각각 전자가 11개와 12개이므로 3주기 원소이다. 또한 등전자 이온의 반지름은 전하의 부호만이 아니라 핵전하, 즉 원자번호가 클수록 작아진다는 점을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 공통 전자 수를 센 뒤 '중성 원자의 전자 수 = 이온의 전자 수 + 양전하의 크기' 또는 '이온의 전자 수 - 음전하의 크기'로 원자번호를 찾는다. 그다음 등전자 이온의 반지름은 원자번호가 클수록 작다는 기준을 적용하고, 전기음성도는 확인된 중성 원소끼리 비교한다.

암기 포인트

등전자 이온은 핵전하가 클수록 반지름이 작다. 10전자 계열에서는 Mg^{2+}가 가장 작고, F가 전기음성도가 가장 크다.

NoteBase

문 6. 다음 중 물(H_2O)이 브뢴스테드-로우리 염기로 작용하는 반응으로 가장 적절한 것은 무엇인가?

① $HNO_3 + H_2O \rightarrow NO_3^- + H_3O^+$

② $CO_3^{2-} + H_2O \rightarrow HCO_3^- + OH^-$

③ $CH_3COO^- + H_2O \rightarrow CH_3COOH + OH^-$

④ $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

정답 1번

출제 포인트

브뢴스테드-로우리 정의에 따라 물이 양성자 H^+를 받는지 내놓는지를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

브뢴스테드-로우리 염기는 양성자 H^+를 받는 물질이고, 산은 양성자 H^+를 주는 물질이다. 물이 H_3O^+로 변하면 양성자를 받은 염기이고, OH^-로 변하면 양성자를 준 산이다.

선지별 해설

① O — HNO_3가 물에 양성자를 주고 물은 이를 받아 H_3O^+가 된다. 따라서 이 반응에서 물은 브뢴스테드-로우리 염기이다.
② X — 물이 CO_3^{2-}에 양성자를 주어 HCO_3^-와 OH^-가 생성된다. 틀린 판단은 물을 염기로 보는 것이며, 올바르게는 물이 양성자 주개인 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다.
③ X — 물이 CH_3COO^-에 양성자를 주어 CH_3COOH와 OH^-가 생성된다. 틀린 판단은 물을 염기로 보는 것이며, 올바르게는 물이 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다.
④ X — NH_3가 물로부터 양성자를 받아 NH_4^+가 되고 물은 OH^-가 된다. 틀린 판단은 물을 염기로 보는 것이며, 올바르게는 물이 브뢴스테드-로우리 산으로 작용한다.

오답 포인트

물은 반응 상대에 따라 산도 되고 염기도 되는 양쪽성 물질이다. ②~④에서 염기성 생성물인 OH^-가 보인다는 이유로 물을 염기로 판단하면 안 된다. 물 자체가 양성자를 내놓아 OH^-로 변했으므로 물의 역할은 산이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응 전후의 물을 추적한다. 물이 양성자 하나를 받아 H_3O^+가 되면 염기이고, 양성자 하나를 주어 OH^-가 되면 산이다.

암기 포인트

물→H_3O^+: 양성자를 받은 염기, 물→OH^-: 양성자를 준 산이다.

NoteBase

문 7. 다음 중 화합물의 결합각 크기를 순서대로 나열한 것으로 가장 적절한 것은 무엇인가?

① $BeF_2 < CH_4 < NH_3 < H_2O$

② $NH_3 < CH_4 < H_2O < BeF_2$

③ $BeF_2 < NH_3 < H_2O < CH_4$

④ $H_2O < NH_3 < CH_4 < BeF_2$

정답 4번

출제 포인트

중심 원자 주위의 전자 영역 배열과 비공유 전자쌍의 반발을 이용하여 분자의 결합각을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

VSEPR 이론에서는 중심 원자 주위의 전자쌍들이 서로의 반발을 최소화하도록 배치된다. 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍보다 더 큰 공간을 차지하여 결합각을 더 작게 만든다.
BeF_2: 선형, 결합각 180°
CH_4: 정사면체형, 결합각 약 109.5°
NH_3: 삼각뿔형, 비공유 전자쌍 1개, 결합각 약 107°
H_2O: 굽은형, 비공유 전자쌍 2개, 결합각 약 104.5°

선지별 해설

① X — $BeF_2 < CH_4 < NH_3 < H_2O$는 크기 순서가 반대이다. BeF_2는 선형 구조여서 결합각이 180°로 가장 크고, H_2O는 비공유 전자쌍이 2개여서 가장 작다. 올바르게는 $H_2O < NH_3 < CH_4 < BeF_2$이다.
② X — $NH_3 < CH_4 < H_2O < BeF_2$에서 H_2O를 CH_4보다 크게 둔 부분이 틀리다. 비공유 전자쌍 2개의 반발 때문에 H_2O의 결합각이 더 작다. 올바르게는 $H_2O < NH_3 < CH_4 < BeF_2$이다.
③ X — $BeF_2 < NH_3 < H_2O < CH_4$에서 BeF_2를 가장 작게, H_2O를 NH_3보다 크게 둔 부분이 틀리다. BeF_2는 180°로 가장 크고, H_2O는 NH_3보다 비공유 전자쌍이 하나 더 많아 결합각이 더 작다. 올바르게는 $H_2O < NH_3 < CH_4 < BeF_2$이다.
④ O — H_2O 약 104.5°, NH_3 약 107°, CH_4 약 109.5°, BeF_2 180°이므로 작은 것부터 나열한 순서가 맞다.

오답 포인트

분자에 포함된 원자의 수나 원소의 전기음성도만으로 결합각을 비교하면 틀리기 쉽다. 이 문항의 핵심 함정은 비공유 전자쌍이 많을수록 결합각이 작아진다는 점과 선형인 BeF_2의 결합각이 가장 크다는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자의 전자 영역 수로 기본 전자 배치를 정하고, 같은 정사면체 전자 배치를 갖는 CH_4, NH_3, H_2O에서는 비공유 전자쌍이 0개, 1개, 2개로 늘어날수록 결합각이 작아진다고 판단한다. 선형 분자의 결합각은 180 °이다.

암기 포인트

비공유 전자쌍이 많을수록 결합각은 작아진다: $H_2O < NH_3 < CH_4 < BeF_2$.

NoteBase

문 8. 12.5% 황산용액에 77.5% 황산용액 200kg을 혼합하였더니 19%의 황산용액이 되었다. 이때 만들어진 19%의 황산용액의 양은?(단, 농도는 중량 퍼센트이다.)

① 1,500kg
② 1,800kg
③ 2,000kg
④ 2,200kg

정답 3번

출제 포인트

용액을 혼합해도 황산의 질량은 보존된다는 원리를 이용하여 혼합 전후의 용질 질량을 같게 놓고 최종 용액의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 12.5% 황산용액의 질량을 xkg, 첨가하는 77.5% 황산용액의 질량을 $200kg$으로 둔다.
구해야 할 값: 혼합 후 19% 황산용액의 전체 질량 $x + 200kg$이다.
주의할 조건: 농도는 중량 퍼센트이므로 각 용액의 질량에 농도를 곱하면 황산의 질량이 된다.

사용할 공식

혼합 전 황산의 총질량 = 혼합 후 황산의 질량이므로 다음 식을 사용한다.
$0.125x + 0.775 \times 200 = 0.19(x + 200)$
화학 반응이나 손실이 제시되지 않았으므로 혼합 과정에서 황산의 질량이 보존되기 때문이다.

계산 과정

$0.125x + 155 = 0.19x + 38$
$117 = 0.065x$
$x = 1{,}800kg$
따라서 만들어진 용액의 전체 질량은 $1{,}800 + 200 = 2{,}000kg$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 계산된 혼합 후 전체 질량은 2,000kg이므로 1,500kg은 일치하지 않는다. 틀린 값 1,500kg은 2,000kg으로 고쳐야 한다.
② X — 1,800kg은 처음에 있던 12.5% 황산용액의 질량 x일 뿐, 첨가한 200kg을 포함한 최종 용액의 질량이 아니다. 틀린 값 1,800kg은 2,000kg으로 고쳐야 한다.
③ O — 처음 용액 1,800kg과 첨가한 용액 200kg을 합하면 최종 용액은 2,000kg이 된다.
④ X — 계산된 혼합 후 전체 질량은 2,000kg이므로 2,200kg은 일치하지 않는다. 틀린 값 2,200kg은 2,000kg으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

②의 1,800kg은 미지수 x를 구한 뒤 첨가한 용액 200kg을 더하지 않을 때 선택하기 쉽다. 문제에서 묻는 것은 처음 용액의 질량이 아니라 혼합 후 용액의 전체 질량이다.

다시 나오면 이렇게 판단

농도가 다른 용액의 혼합 문제는 각 용액의 '농도 × 용액 질량'을 더하여 용질 보존식을 세운 뒤, 미지수가 처음 용액의 질량인지 최종 용액의 질량인지 확인하여 답을 정한다.

암기 포인트

용액 혼합에서는 용질 질량이 보존되며, 최종 용액의 질량은 혼합한 각 용액의 질량의 합이다.

NoteBase

문 9. 다음 중 0.15mol/L HCl 용액 80mL와 0.08mol/L NaOH 용액 120mL를 혼합하였을 때 혼합용액의 pH로 가장 적절한 것은? (단, $\log 2 = 0.30$, $\log 3 = 0.48$이다.)

① 1.92

② 2.22

③ 2.40

④ 2.86

정답 1번

출제 포인트

강산과 강염기가 반응한 뒤 남는 물질의 몰수를 구하고, 혼합 후 전체 부피로 나누어 수소 이온 농도와 pH를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: HCl은 $0.15mol/L$, $80mL$이고, NaOH은 $0.08mol/L$, $120mL$이다.
구해야 할 값: 혼합용액의 pH이다.
주의할 조건: HCl과 NaOH은 1:1로 중화하며, 농도를 구할 때 혼합 후 전체 부피 $200mL = 0.200L$를 사용한다.

사용할 공식

물질량은 $n = CV$이고, 중화 후 [H^+]=남은 H^+의 몰수혼합용액의 전체 부피이다. pH는 $\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H}^+]$이다. 강산과 강염기가 완전히 해리하고 1:1로 반응하므로 먼저 각각의 몰수를 비교한 뒤 남은 H^+로 pH를 구한다.

계산 과정

1. HCl의 몰수는 $0.15mol/L \times 0.080L = 0.012mol$이다.
2. NaOH의 몰수는 $0.08mol/L \times 0.120L = 0.0096mol$이다.
3. 1:1 중화 후 남는 H^+의 몰수는 $0.012 - 0.0096 = 0.0024mol$이다.
4. 혼합용액의 전체 부피는 $0.080 + 0.120 = 0.200L$이므로
$[\mathrm{H}^+] = \frac{0.0024mol}{0.200L} = 0.012mol/L = 1.2 \times 10^{-2}mol/L$이다.
5. $\log 1.2 = \log 6 - \log 5 = (\log 2 + \log 3) - (1 - \log 2) = 0.08$이므로
$\mathrm{pH} = 2 - \log 1.2 = 2 - 0.08 = 1.92$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 pH 1.92와 일치한다.
② X — 2.22는 계산 결과와 일치하지 않는다. 2.22가 아니라 1.92가 옳다.
③ X — 2.40은 계산 결과와 일치하지 않는다. 2.40이 아니라 1.92가 옳다.
④ X — 2.86은 계산 결과와 일치하지 않는다. 2.86이 아니라 1.92가 옳다.

오답 포인트

중화 전 두 용액의 농도를 단순히 빼면 안 된다. 먼저 각 용액의 부피를 L로 바꾸어 몰수를 구하고, 중화 후 남은 몰수를 혼합 후 전체 부피로 나누어야 한다. 또한 $0.012 = 1.2 \times 10^{-2}$이므로 pH 계산에서 지수 -2와 $\log 1.2$를 함께 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

강산·강염기 혼합 문제는 각 물질의 몰수 계산 → 반응비에 따른 중화 → 남은 이온의 몰수 확인 → 전체 부피로 농도 계산 → pH 또는 pOH 계산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

산·염기 혼합에서는 농도가 아니라 몰수로 먼저 중화하고, 남은 몰수를 전체 부피로 나눈다.

NoteBase

문 10. 20°C에서 용적 $1m^3$인 탱크에 산소 20kg이 들어 있다. 이상기체의 법칙이 성립될 때 탱크에 부착된 압력계의 게이지압(atm)은?

① 11

② 12

③ 13

④ 14

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상기체 상태방정식으로 탱크 내부의 절대압을 구한 뒤 대기압을 빼서 게이지압으로 바꾸는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 산소의 질량은 $20kg$, 탱크의 부피는 $1m^3$, 온도는 $20^\circ C = 293K$이다.
구해야 할 값: 압력계가 나타내는 게이지압이다.
주의할 조건: 산소의 몰질량은 $32kg/kmol$이며, 게이지압은 절대압에서 대기압을 뺀 값이다.

사용할 공식

이상기체 상태방정식은

$PV = nRT$

이고, 몰수와 게이지압은 각각

$n = \frac{m}{M}, \qquad P_g = P_{abs} - P_{atm}$

이다. 산소가 이상기체의 법칙을 따른다는 조건이 있으므로 먼저 $PV = nRT$로 탱크 내부의 절대압을 계산한다.

계산 과정

1. 산소의 몰수를 구하면

$n = \frac{20kg}{32kg/kmol} = 0.625kmol$

이다.

2. $R = 0.082m^3 \cdot atm/(kmol \cdot K)$를 사용하면 절대압은

$P_{abs} = \frac{nRT}{V} = \frac{(0.625)(0.082)(293)}{1} \simeq 15atm$

이다.

3. 대기압을 $1atm$으로 두면 게이지압은

$P_g = P_{abs} - P_{atm} \simeq 15 - 1 = 14atm$

이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 11atm은 계산된 게이지압 14atm과 일치하지 않는다. 올바르게는 14atm이다.
② X — 12atm은 계산된 게이지압 14atm과 일치하지 않는다. 올바르게는 14atm이다.
③ X — 13atm은 계산된 게이지압 14atm과 일치하지 않는다. 올바르게는 14atm이다.
④ O — 이상기체식으로 구한 절대압이 약 15atm이고 여기서 대기압 1atm을 빼면 게이지압은 약 14atm이다.

오답 포인트

압력계가 묻는 값은 절대압이 아니라 게이지압이다. 이상기체식에서 얻은 약 15atm을 그대로 답으로 삼지 않고 대기압 1atm을 빼야 한다. 또한 20 $^\circ C$를 그대로 대입하지 않고 절대온도 293K로 변환해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

질량을 몰수로 변환하고, 섭씨온도를 절대온도로 바꾼 뒤, 이상기체식으로 절대압을 구한다. 마지막으로 문제에서 게이지압을 요구하면 대기압을 뺀다.

암기 포인트

$P_{abs} = P_g + P_{atm}$이므로 $P_g = P_{abs} - P_{atm}$이다.

NoteBase

문 11. 다음은 아세틸렌(C_2H_2)의 완전 연소반응식과 생성된 물의 양이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 [보기]에서 모두 고른 것은 무엇인가?
(단, 기체는 이상기체 거동을 한다.)

[반응식] $aC_2H_2(g) + bO_2(g) \rightarrow cCO_2(g) + dH_2O(g)$
*$a \sim d$: 반응계수
[생성된 H_2O의 질량] 3.6g
[보기]
(가) $a + b < c + d$
(나) 연소된 C_2H_2의 질량은 5.2g이다.
(다) 생성된 $CO_2(g)$의 부분압력은 0℃, 2L에서 4.48atm이다.

① (가)
② (나)
③ (다)
④ (나), (다)

정답 4번

출제 포인트

아세틸렌의 완전 연소 반응식을 맞춘 뒤, 생성된 물의 양으로 반응물과 생성물의 몰수를 구하고 이상기체 상태 방정식으로 부분압력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

완전 연소 반응식의 계수비는 $C_2H_2 : O_2 : CO_2 : H_2O = 2 : 5 : 4 : 2$이다.
생성된 물의 질량은 $3.6g$이고, 물의 몰질량은 $18g/mol$이다.
생성된 이산화탄소의 부분압력은 $0^\circ C$, $2L$에서 구한다.

사용할 공식

반응식은 다음과 같이 맞춘다.
$2C_2H_2(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 2H_2O(g)$
물의 몰수는 $n = m/M$, 기체의 부분압력은 이상기체 상태 방정식 $P = nRT/V$로 구한다. 질량이 주어졌으므로 먼저 몰수로 바꾸어 반응계수비를 적용하고, 온도와 부피가 주어진 이상기체의 압력은 상태 방정식으로 계산한다.

NoteBase

계산 과정

1. 반응계수는 $a=2, b=5, c=4, d=2$이므로 $a+b=7, c+d=6$이다. 따라서 (가)의 $a+b<c+d$는 성립하지 않는다.
2. 생성된 물은 $3.6g/(18g/mol)=0.20mol$이다. 반응식에서 $C_2H_2 : H_2O = 2:2 = 1:1$이므로 연소된 아세틸렌도 $0.20mol$이다. 그 질량은 $0.20mol \times 26g/mol = 5.2g$이므로 (나)는 옳다.
3. $CO_2 : H_2O = 4:2 = 2:1$이므로 생성된 이산화탄소는 $0.40mol$이다. $T=273K$, $V=2L$, $R=0.082L\cdot atm/(mol\cdot K)$를 적용하면 $P=(0.40\times 0.082\times 273)/2 \fallingdotseq 4.48atm$이므로 (다)는 옳다.

선지 판단

① X — (가)만 고른 선지이다. 실제로는 $a+b=7>6=c+d$이므로 (가)는 틀리며, 올바르게는 $a+b>c+d$이다.
② X — (나)는 옳지만, 옳은 (다)를 빠뜨린 조합이다. 올바른 조합은 (나), (다)이다.
③ X — (다)는 옳지만, 옳은 (나)를 빠뜨린 조합이다. 올바른 조합은 (나), (다)이다.
④ O — (나)와 (다)가 모두 옳고 (가)는 틀리므로 정확한 조합이다.

오답 포인트

(가)는 반응 전후 계수의 합을 실제로 비교하지 않고 원자 수 보존과 분자 수 보존을 혼동하기 쉽다. 원자 수는 보존되지만 기체 분자 수의 합은 반응에서 달라질 수 있다. 또한 (다)는 물과 이산화탄소의 계수비를 1 : 1로 잘못 보거나 섭씨온도를 그대로 이상기체식에 대입하면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소 계산은 반응식 계수 맞추기 → 주어진 질량을 몰수로 변환하기 → 계수비로 다른 물질의 몰수 구하기 → 필요한 질량이나 기체 상태량 계산하기의 순서로 판단한다. 조합형 선지는 개별 진술의 참·거짓을 먼저 확정한 뒤 조합을 대조한다.

암기 포인트

$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$, 따라서 $C_2H_2 : H_2O = 1:1$, $CO_2 : H_2O = 2:1$이다.

NoteBase

문 12. 분자량 119인 어떤 화합물의 조성이 다음과 같을 때 분자식은?

C : 70.6wt%, H : 4.2wt%,
N : 11.8wt%, O : 13.4wt%

① C_6H_5NO
② $C_6H_5N_2O_2$
③ C_7H_5NO
④ $C_7H_5N_2O$

정답 3번

출제 포인트

질량 백분율을 각 원소의 원자량으로 나누어 가장 간단한 몰수비를 구하고, 실험식량과 분자량을 비교하여 분자식을 결정하는 문제이다.

조건 정리

화합물 $100g$을 가정하면 C, H, N, O의 질량은 각각 $70.6g$, $4.2g$, $11.8g$, $13.4g$이다. 원자량은 C=12, H=1, N=14, O=16을 사용하며, 주어진 분자량은 119이다.

사용할 공식

각 원소의 몰수는 $n = \frac{m}{M}$로 구한다. 각 몰수를 가장 작은 몰수로 나누면 실험식의 원자수비가 되고, k=분자량실험식량를 구하면 분자식은 실험식의 각 아래첨자에 k를 곱한 식이 된다. 질량 백분율을 $100g$ 기준의 질량으로 바로 바꿀 수 있으므로 이 공식을 적용한다.

계산 과정

1. $100g$의 화합물에 들어 있는 각 원소의 몰수를 구한다.
$n_C = \frac{70.6}{12} = 5.883, \quad n_H = \frac{4.2}{1} = 4.2$
$n_N = \frac{11.8}{14} = 0.843, \quad n_O = \frac{13.4}{16} = 0.8375$
2. 가장 작은 값인 0.8375로 나누면 몰수비는 약 7.02 : 5.01 : 1.01 : 1이므로 정수비는 7 : 5 : 1 : 1이다. 따라서 실험식은 C_7H_5NO이다.
3. 실험식량은 $7 \times 12 + 5 \times 1 + 14 + 16 = 119$이다. 주어진 분자량도 119이므로 $k = 119/119 = 1$이고, 분자식은 실험식과 같은 C_7H_5NO이다.

NoteBase

선지 판단

① X — C_6H_5NO의 분자량은 $6 \times 12 + 5 + 14 + 16 = 107$이고, 계산한 탄소 원자수 7과도 맞지 않는다. 틀린 C_6을 C_7로 고치면 C_7H_5NO이다.
② X — $C_6H_5N_2O_2$의 분자량은 137이며, 몰수비에서 N과 O는 각각 1이므로 N_2O_2가 될 수 없다. 올바른 분자식은 C_7H_5NO이다.
③ O — C_7H_5NO는 원자수비 7 : 5 : 1 : 1과 일치하고 분자량도 119이므로 조건을 모두 만족한다.
④ X — $C_7H_5N_2O$의 분자량은 133이고, 계산한 N의 원자수는 1이므로 N_2가 틀렸다. N_2를 N으로 고친 C_7H_5NO가 올바르다.

오답 포인트

질량 백분율의 숫자를 그대로 원자수비로 사용하거나, 몰수비를 정수화한 뒤 분자량 검산을 생략하는 것이 함정이다. 특히 ②와 ④처럼 N이나 O의 아래첨자를 임의로 2로 만들면 주어진 조성과 분자량을 동시에 만족하지 못한다.

다시 나오면 이렇게 판단

화합물 100 g 가정 → 각 질량을 원자량으로 나눔 → 최소 몰수로 나누어 정수비 산출 → 실험식량과 분자량 비교의 순서로 판단한다.

암기 포인트

질량%는 원자량으로 나누어 몰수비로 바꾸고, 분자식은 실험식에 분자량/실험식량을 반영한다.

NoteBase

문 13. 다음에 나열된 화합물의 산도가 큰 순서부터 바르게 나열한 것은?

(가) $HClO_4$ (나) HIO (다) $HClO$ (라) $HBrO$

① (가) > (나) > (다) > (라)
② (가) > (다) > (라) > (나)
③ (나) > (라) > (다) > (가)
④ (나) > (가) > (라) > (다)

정답 2번

출제 포인트

산소산의 산도를 비교할 때 산소 원자 수와 중심 원자의 전기음성도가 산의 세기에 미치는 영향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

산소산은 수소 이온을 내놓은 뒤 생성되는 짝염기가 안정할수록 강한 산이다. 중심 원자가 같으면 산소 원자 수가 많을수록 유도 효과와 공명에 의한 짝염기 안정화가 커져 산도가 증가한다. 따라서 $HClO_4$는 $HClO$보다 훨씬 강한 산이다.
산소 원자 수가 같은 하이포아할로젠산 HOX끼리는 중심 원자 X의 전기음성도가 클수록 $O-H$ 결합의 전자가 더 강하게 끌려 산도가 증가한다. 전기음성도는 $Cl > Br > I$이므로 $HClO > HBrO > HIO$이다.
따라서 전체 산도 순서는 (가) $HClO_4$ > (다) $HClO$ > (라) $HBrO$ > (나) HIO이다.

선지별 해설

① X — (나) HIO를 (다) $HClO$와 (라) $HBrO$보다 강한 산으로 둔 부분이 틀렸다. 하이포아할로젠산에서는 중심 원자의 전기음성도가 큰 순서대로 산도가 크므로 올바른 순서는 (가) > (다) > (라) > (나)이다.
② O — $HClO_4$가 가장 강하고, 같은 형태의 $HClO$, $HBrO$, HIO는 중심 원자의 전기음성도 순서인 $Cl > Br > I$에 따라 산도가 감소한다. 따라서 (가) > (다) > (라) > (나)가 맞다.
③ X — (나) HIO를 가장 강하게, (가) $HClO_4$를 가장 약하게 둔 부분이 틀렸다. 실제로는 (가) $HClO_4$가 가장 강하고 (나) HIO가 가장 약하므로 (가) > (다) > (라) > (나)이다.
④ X — (나) HIO를 (가) $HClO_4$보다 강하게 두고, (라) $HBrO$를 (다) $HClO$보다 강하게 둔 부분이 틀렸다. 올바른 순서는 (가) > (다) > (라) > (나)이다.

오답 포인트

모든 물질을 할로젠의 전기음성도만으로 비교하면 $HClO_4$와 $HClO$의 산소 원자 수 차이를 놓치기 쉽다. 먼저 산소 원자 수가 많은 $HClO_4$를 가장 강한 산으로 판단한 뒤, 산소 원자 수가 같은 $HClO$, $HBrO$, HIO만 전기음성도로 비교해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

산소산의 중심 원자가 같으면 산소 원자 수를 먼저 비교하고, 산소 원자 수와 구조가 같으면 중심 원자의 전기음성도를 비교한다. 산소가 많을수록, 같은 형태에서는 중심 원자의 전기음성도가 클수록 산도가 크다.

암기 포인트

산소산은 '같은 중심 원자면 산소 수, 같은 산소 수면 전기음성도'로 비교한다. 이 문항의 순서는 $HClO_4 > HClO > HBrO > HIO$이다.

문 14. 다음 반응식의 25°C에서의 표준 반응열은 얼마인가?

$4HCl(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 2Cl_2(g)$
(단, 표준생성열은 $HCl(g)$: −32.063kcal/gmol, $H_2O(g)$: −65.798kcal/gmol)

① −1.344kcal
② −3.344kcal
③ −33.735kcal
④ 33.735kcal

정답 2번

출제 포인트

표준 생성 엔탈피를 이용하여 반응식 전체의 표준 반응열을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $\Delta H_f^\circ [HCl(g)] = -32.063 kcal/gmol$, $\Delta H_f^\circ [H_2O(g)] = -65.798 kcal/gmol$이다.
구해야 할 값: 반응식이 나타내는 반응 1회의 표준 반응열이다.
주의할 조건: 표준 상태의 원소인 $O_2(g)$와 $Cl_2(g)$의 표준 생성 엔탈피는 0이며, 각 물질의 계수를 반드시 곱한다.

사용할 공식

Δ H_rxn^=Σ vΔ H_f^(생성물)-Σ vΔ H_f^(반응물)
생성 엔탈피는 각 물질 1몰이 표준 상태의 원소로부터 생성될 때의 엔탈피 변화이므로, 생성물의 합에서 반응물의 합을 빼면 주어진 반응의 엔탈피 변화가 된다.

계산 과정

1. 생성물의 생성 엔탈피 합은 $2(-65.798) + 2(0) = -131.596 kcal$이다.
2. 반응물의 생성 엔탈피 합은 $4(-32.063) + 1(0) = -128.252 kcal$이다.
3. 따라서 $\Delta H_{rxn}^\circ = -131.596 - (-128.252) = -3.344 kcal$이다. 음수이므로 이 반응은 발열 반응이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $-1.344kcal$는 생성물 합에서 반응물 합을 정확히 빼서 얻는 값이 아니다. 올바른 값은 $-3.344kcal$이다.
② O — 계산 결과가 $-3.344kcal$이므로 옳다.
③ X — $-33.735kcal$는 계수까지 반영한 생성 엔탈피의 차와 일치하지 않는다. 올바른 값은 $-3.344kcal$이다.
④ X — $33.735kcal$는 크기뿐 아니라 부호도 맞지 않는다. 생성물의 엔탈피 합이 반응물보다 작으므로 올바른 값은 $-3.344kcal$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 생성 엔탈피 값만 더하거나 반응식의 계수를 빠뜨리는 것이다. 또한 '생성물 합 - 반응물 합'에서 음수인 반응물 합을 빼므로 부호가 바뀐다는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 생성 엔탈피에 반응 계수를 곱하고, 생성물 합에서 반응물 합을 뺀 뒤, 표준 상태 원소의 생성 엔탈피가 0인지와 최종 부호를 검산한다.

암기 포인트

반응열은 '생성물의 생성 엔탈피 합 - 반응물의 생성 엔탈피 합'이며, 표준 상태 원소의 표준 생성 엔탈피는 0이다.

NoteBase

문 15. 다음은 황산의 제조와 이용에 관련된 반응식이다. 이 반응에 대한 설명으로 [보기]에서 옳은 것을 모두 고른 것은?

(*A*) $2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) + 2H_2O(\ell)$

(*B*) $SO_3(g) + H_2O(\ell) \rightarrow H_2SO_4(aq)$

(*C*) $BaO_2(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + H_2O_2(aq)$

[보기]

(가) (A)에서 H_2S 1몰당 이동한 전자의 몰수는 6이다.

(나) (B)에서 S의 산화수는 증가한다.

(다) (C)에서 BaO_2는 환원제로 작용한다.

① (가)

② (나)

③ (다)

④ (나), (다)

정답 1번

출제 포인트

각 반응에서 원소의 산화수 변화를 확인하여 이동한 전자의 몰수와 산화제·환원제의 해당 여부를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

산화는 산화수가 증가하면서 전자를 잃는 변화이고, 환원은 산화수가 감소하면서 전자를 얻는 변화이다.
환원제는 자신이 산화되면서 다른 물질을 환원시키며, 반응 전후 모든 원소의 산화수가 그대로이면 산화·환원 반응이 아니다.

(A): H_2S의 S는 -2에서 SO_2의 $+4$로 변하므로 S 원자 1개당 전자 6개를 잃는다.

(B): SO_3와 H_2SO_4에서 S의 산화수는 모두 $+6$이다.

(C): BaO_2와 H_2O_2의 O는 모두 과산화물의 산화수 -1을 가지며, 다른 원소의 산화수도 변하지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① O — (가)만 옳다. (A)에서 S의 산화수는 −2에서 +4로 6만큼 증가하므로 H_2S 1몰당 전자 6몰이 이동한다.
② X — (나)의 'S의 산화수는 증가한다'가 틀렸다. 올바르게는 (B)에서 S의 산화수는 반응 전후 모두 +6으로 변하지 않는다. 따라서 (가)만 옳으므로 (나)만 고른 ②는 틀리다.
③ X — (다)의 'BaO_2는 환원제로 작용한다'가 틀렸다. 올바르게는 (C)에서 모든 원소의 산화수가 변하지 않으므로 BaO_2는 환원제로 작용하지 않는다. 따라서 (가)만 옳으므로 (다)만 고른 ③은 틀리다.
④ X — (나)와 (다)가 모두 틀렸으므로 해당 조합은 옳지 않다. 올바른 조합은 (가)만 포함한 ①이다.

오답 포인트

화합물의 형태가 바뀌었다는 사실만으로 산화·환원 반응이라고 판단하면 틀린다. 특히 (B)의 S는 두 물질에서 모두 +6이고, (C)의 과산화물 O는 BaO_2와 H_2O_2에서 모두 −1이므로 산화수 변화가 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응물과 생성물에서 같은 원소의 산화수를 먼저 비교한다. 산화수 증가량에 물질 1몰에 들어 있는 해당 원자의 수를 곱하면 잃은 전자의 몰수가 되며, 어느 원소의 산화수도 변하지 않으면 산화제와 환원제를 정하지 않는다.

암기 포인트

산화수 증가 = 전자 방출, 산화수 감소 = 전자 획득이다. 과산화물의 O는 −1이다.

NoteBase

문 16. C, H, O로 구성된 임의의 물질 X 23 mg에 충분한 양의 산소를 공급하면서 가열하여 완전히 연소시켰다. 실험 결과 물 27 mg과 이산화탄소 44 mg이 생성되었다. X의 실험식으로 가장 적절한 것은 무엇인가?

① CHO

② CH_3O

③ C_2H_6O

④ $C_{12}H_3O_8$

정답 3번

출제 포인트

완전 연소로 생성된 이산화탄소와 물의 양에서 X에 들어 있는 C와 H의 몰수를 구하고, 질량 보존으로 O의 몰수를 구해 가장 간단한 정수비를 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: X의 질량은 $23mg$, 생성된 CO_2는 $44mg$, 생성된 H_2O는 $27mg$이다.
구해야 할 값: X를 구성하는 C, H, O의 가장 간단한 원자수비이다.
주의할 조건: X 속 O의 질량은 X 전체 질량에서 C와 H의 질량을 뺀 값으로 구한다. 연소에 공급한 산소의 질량을 X 속 O의 질량으로 보아서는 안 된다.

사용할 공식

$n(C) = n(CO_2), \qquad n(H) = 2n(H_2O)$
$m(O \text{ in } X) = m(X) - m(C) - m(H)$
각 원소의 몰수를 구한 뒤 가장 작은 몰수로 나누어 정수비를 만든다. 완전 연소에서 X의 C는 모두 CO_2로, H는 모두 H_2O로 전환되므로 이 관계를 사용한다.

계산 과정

1. CO_2의 몰수는 $44mg \div 44mg/mmol = 1mmol$이므로 C는 $1mmol$이고, 그 질량은 $12mg$이다.
2. H_2O의 몰수는 $27mg \div 18mg/mmol = 1.5mmol$이므로 H 원자는 $2 \times 1.5 = 3mmol$이고, 그 질량은 $3mg$이다.
3. X 속 O의 질량은 $23 - 12 - 3 = 8mg$이므로 O는 $8mg \div 16mg/mmol = 0.5mmol$이다.
4. 원자수비는 $C : H : O = 1 : 3 : 0.5 = 2 : 6 : 1$이다. 따라서 실험식은 C_2H_6O이다.

NoteBase

선지 판단

① X — CHO의 원자수비는 1 : 1 : 1로, 계산된 2 : 6 : 1과 다르다. 올바른 실험식은 C_2H_6O이다.
② X — CH_3O의 원자수비는 1 : 3 : 1이지만 계산 결과는 1 : 3 : 0.5이며, 이를 정수비로 만들면 2 : 6 : 1이다. 따라서 CH_3O가 아니라 C_2H_6O이다.
③ O — C_2H_6O의 원자수비 2 : 6 : 1은 연소 자료로 계산한 비와 정확히 일치한다.
④ X — $C_{12}H_3O_8$의 원자수비 12 : 3 : 8은 계산된 2 : 6 : 1과 일치하지 않는다. 올바른 실험식은 C_2H_6O이다.
계산 결과 실험식이 C_2H_6O이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 X 속 O를 연소 생성물에서 직접 읽으려는 것이다. CO_2와 H_2O의 O에는 외부에서 공급한 산소도 포함되므로, 먼저 X 속 C와 H의 질량을 구한 다음 X의 질량에서 빼야 한다. 또한 1 : 3 : 0.5를 그대로 CH_3O로 쓰지 않고 전체에 2를 곱해 정수비 2 : 6 : 1로 바꾸어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

C·H·O 화합물의 연소 분석은 생성된 CO_2에서 C, H_2O에서 H를 구하고, 시료 질량의 차로 O를 구한 뒤 몰수비를 가장 간단한 정수비로 바꾸는 순서로 판단한다.

암기 포인트

연소 분석의 순서는 'CO_2에서 C, H_2O에서 H, 질량 차로 O, 마지막에 정수비'이다.

NoteBase

문 17. 다음 중 반응 속도에 영향을 미치는 요인으로 가장 거리가 먼 것은?

① 부피

② 농도

③ 촉매

④ 압력

정답 1번

출제 포인트

반응 속도에 직접 영향을 주는 대표 요인과, 다른 상태량을 바꿈으로써 간접적으로 영향을 줄 수 있는 요인을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

반응 속도는 단위 시간당 반응물의 감소량 또는 생성물의 증가량으로 나타낸다. 반응물의 농도가 높거나 기체 반응물의 압력이 높으면 단위 부피 안의 입자 수가 많아져 유효 충돌 횟수가 증가한다. 촉매는 활성화 에너지가 더 낮은 반응 경로를 제공하여 반응 속도를 변화시킨다. 부피는 그 자체가 대표적인 직접 요인이라기보다 농도나 기체 압력을 변화시킬 때 간접적으로 반응 속도에 영향을 준다.

선지별 해설

① O — 부피는 반응 속도의 대표적인 직접 요인과 가장 거리가 멀다. 부피 변화로 농도나 기체 압력이 달라지면 반응 속도가 변할 수 있지만, 이때 직접 작용하는 것은 농도 또는 압력의 변화이다.
② X — '농도'를 반응 속도와 거리가 먼 요인으로 보는 것은 옳지 않다. 올바르게는 농도가 높아질수록 입자 사이의 유효 충돌 횟수가 증가하므로 농도는 반응 속도에 직접 영향을 주는 요인이다.
③ X — '촉매'를 반응 속도와 거리가 먼 요인으로 보는 것은 옳지 않다. 올바르게는 촉매가 활성화 에너지가 더 낮은 반응 경로를 제공하므로 촉매는 반응 속도에 직접 영향을 주는 요인이다.
④ X — '압력'을 반응 속도와 거리가 먼 요인으로 보는 것은 옳지 않다. 올바르게는 기체 반응에서 압력이 높아지면 단위 부피당 입자 수와 유효 충돌 횟수가 증가하므로 압력은 반응 속도에 직접 영향을 주는 요인이다.

오답 포인트

부피를 줄이면 반응 속도가 빨라질 수 있다는 사실만 보고 부피를 직접 요인으로 고르기 쉽다. 그러나 기체의 부피 감소가 반응 속도를 바꾸는 까닭은 압력 또는 농도가 변하기 때문이다. 이 문항은 직접 요인과 간접 원인을 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

각 요인이 입자의 유효 충돌 횟수나 활성화 에너지를 직접 바꾸는지 판단한다. 농도와 기체 압력은 유효 충돌 횟수를, 촉매는 활성화 에너지를 직접 바꾸지만 부피는 주로 농도나 압력을 거쳐 간접적으로 작용한다.

암기 포인트

농도·기체 압력은 충돌 횟수, 촉매는 활성화 에너지, 부피는 농도·압력을 통한 간접 영향이다.

NoteBase

문 18. 다음은 강철 용기에서 일어나는 $A(g) + 2B(g) \rightarrow C(g)$의 반응에서 반응속도식을 구하기 위해 몇 번의 실험을 했을 때 이와 관련된 자료이다. n번째 실험에서 A와 B의 초기 농도와 초기 반응 속도는 각각 $[A]_n$, $[B]_n$, v_n이다.
이 반응의 반응 속도식은? (단, 온도는 일정하고, k는 반응 속도 상수이다.)

○ $\frac{[A]_2}{[A]_1}$가 1이고, $\frac{[B]_2}{[B]_1}$가 2일 때 $\frac{v_2}{v_1}$는 4이다.
○ $\frac{[A]_3}{[A]_2}$가 3이고, $\frac{[B]_3}{[B]_2}$가 $\frac{1}{2}$일 때 $\frac{v_3}{v_2}$은 $\frac{3}{4}$이다.

① $v = k[A]$

② $v = k[B]$

③ $v = k[A][B]$

④ $v = k[A][B]^2$

정답 4번

출제 포인트

초기 반응 속도의 비와 반응물 농도의 비를 비교하여 A와 B에 대한 반응차수를 각각 구하는 문제이다.

조건 정리

일반적인 반응 속도식을 $v = k[A]^m[B]^n$으로 둔다. 여기서 m과 n은 각각 A와 B에 대한 반응차수이다.
반응차수는 반응식의 계수로 정하는 것이 아니라 실험 자료로 결정한다.

사용할 공식

온도가 일정하므로 속도 상수 k는 일정하다. 따라서 두 실험의 속도비는 다음과 같다.
$\frac{v_j}{v_i} = \left(\frac{[A]_j}{[A]_i}\right)^m \left(\frac{[B]_j}{[B]_i}\right)^n$
이 식을 사용하면 한 반응물의 농도가 같을 때 다른 반응물의 차수를 먼저 구하고, 그 결과를 다음 실험비에 대입할 수 있다.

계산 과정

1. 실험 1과 2를 비교하면 A의 농도는 같고 B의 농도는 2배, 속도는 4배이다.
$4 = 1^m \times 2^n$
따라서 $2^n = 4$이므로 $n = 2$이다.
2. 실험 2와 3을 비교하면 A의 농도는 3배, B의 농도는 $\frac{1}{2}$배, 속도는 $\frac{3}{4}$배이다.
$\frac{3}{4} = 3^m\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{3^m}{4}$
따라서 $3^m = 3$이므로 $m = 1$이다.
3. 그러므로 반응 속도식은 $v = k[A][B]^2$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $v = k[A]$는 B의 농도 변화가 속도에 미치는 영향을 빠뜨렸다. B의 농도를 2배로 했을 때 속도가 4배가 되므로 올바른 식은 $v = k[A][B]^2$이다.
② X — $v = k[B]$는 A에 대한 1차 반응과 B에 대한 2차 반응이라는 실험 결과를 모두 반영하지 못한다. 올바른 식은 $v = k[A][B]^2$이다.
③ X — $v = k[A][B]$에서 B의 지수를 1로 둔 부분이 틀렸다. B의 농도가 2배일 때 속도가 4배이므로 B의 지수는 2이며, 올바른 식은 $v = k[A][B]^2$이다.
④ O — 실험 자료에서 구한 A에 대한 반응차수는 1, B에 대한 반응차수는 2이므로 $v = k[A][B]^2$가 맞다.

오답 포인트

반응식 $A + 2B \rightarrow C$의 계수를 보고 곧바로 속도식을 정하면 안 된다. 이 문항에서는 B의 농도만 2배가 될 때 속도가 4배가 된다는 자료로 B의 차수가 2임을 먼저 정하고, 두 번째 속도비에서 A의 차수를 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 실험에서 농도가 변하지 않은 반응물을 먼저 찾고, 변한 반응물의 농도비와 속도비를 비교해 그 반응차수를 구한다. 이어서 구한 차수를 다른 실험의 속도비 식에 대입하여 나머지 차수를 결정한다.

암기 포인트

농도 2배에 속도 4배이면 2차, 농도 2배에 속도 2배이면 1차이다. 반응차수는 반응식의 계수가 아니라 실험으로 결정한다.

NoteBase

문 19. 암모니아 합성 반응이 다음과 같을 경우 280g의 N_2와 64g의 H_2를 515°C, 300atm에서 반응시켜 평형상태에서 28몰의 기체가 존재하였을 때, 이 평형상태에서 존재한 NH_3의 몰수는 다음 중 어느 것인가?

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

① 10몰

② 12몰

③ 14몰

④ 16몰

정답 3번

출제 포인트

반응 진행도에 따른 각 기체의 몰수 변화와 전체 기체 몰수 변화를 이용하여 평형 상태의 NH_3 몰수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: N_2 280 g, H_2 64 g, 평형 상태의 전체 기체 28몰이다.
몰 질량은 $N_2 = 28 g/mol$, $H_2 = 2 g/mol$이므로 초기 몰수는 각각 10몰과 32몰이다.
구해야 할 값은 평형 상태의 NH_3 몰수이다.

사용할 공식

반응 진행도를 x몰이라 하면 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$에서 전체 기체 몰수는 반응이 x몰 진행될 때 $1 + 3 - 2 = 2$몰 감소한다. 따라서 n_평형, 전체=n_초기, 전체-2x를 사용한다. 반응식의 계수에 따라 반응물 4몰이 줄고 생성물 2몰이 생기기 때문이다.

계산 과정

1. 초기 몰수는 $n(N_2) = 280/28 = 10$몰, $n(H_2) = 64/2 = 32$몰이므로 전체 42몰이다.
2. 평형에서 전체 기체가 28몰이므로 $42 - 2x = 28$이고, $x = 7$몰이다.
3. 암모니아는 반응 진행도 1몰당 2몰 생성되므로 $n(NH_3) = 2x = 14$몰이다.

또한 필요한 수소는 $3x = 21$몰로 초기 32몰보다 적으므로 계산한 반응 진행도가 가능한 범위에 있다.

NoteBase

선지 판단

① X — 10몰은 초기 N_2의 몰수일 뿐 평형 상태의 NH_3 몰수가 아니다. '10몰'은 올바르게는 '14몰'이다.
② X — 전체 몰수 감소량 14몰을 반응 진행도와 혼동하면 안 된다. 반응 진행도는 14/2 = 7몰이고 암모니아는 그 2배인 14몰이므로, '12몰'은 올바르게는 '14몰'이다.
③ O — 평형 상태의 NH_3는 $2x = 2 \times 7 = 14$몰이다.
④ X — 반응식의 계수와 전체 몰수 감소량을 적용하면 16몰이 아니라 14몰이다. '16몰'은 올바르게는 '14몰'이다.

오답 포인트

전체 기체 몰수의 감소량 14몰을 곧바로 암모니아 생성량으로 보는 것이 핵심 함정이다. 이 반응에서는 반응 진행도 1몰당 전체 몰수는 2몰 감소하고 암모니아도 2몰 생성되므로 결과적으로 두 값이 같지만, 반드시 반응식의 계수로 각각 계산해야 한다. 초기 N_2 10몰을 정답으로 고르는 오류도 주의해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

질량을 먼저 몰수로 바꾼 뒤, 반응 진행도를 x로 두고 반응식의 계수에 따라 각 성분과 전체 몰수의 변화를 적는다. 마지막에는 반응물의 초기 몰수로 가능한 반응 진행도인지 검산한다.

암기 포인트

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$에서는 반응 진행도 1몰당 전체 기체가 2몰 감소하고 NH_3가 2몰 생성된다.

NoteBase

문 20. 아래의 표는 2, 3주기의 임의의 3가지 원소 A~C의 순차적 이온화 에너지를 나타낸 것이다. A~C에 대한 설명으로 가장 적절한 것은 무엇인가?

구 분	순차적 이온화 에너지 (kJ/mol)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	577	1,816	2,912	11,577
B	738	1,451	7,733	10,540
C	899	1,757	14,849	21,006

① A의 산화물의 화학식은 A_2O이다.

② B의 원자번호가 가장 작다.

③ C의 바닥상태 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$이다.

④ A와 B는 같은 주기의 원소이다.

정답 4번

출제 포인트

순차적 이온화 에너지에서 값이 급격히 커지는 지점을 찾아 원자가전자 수를 정하고, 같은 족에서는 주기가 커질수록 대체로 이온화 에너지가 작아진다는 경향으로 원소를 판별하는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 표의 단위가 kJ/mol이고 각 행이 제1~제4 이온화 에너지임을 확인한다.
2. A는 E_3와 E_4 사이, B와 C는 E_2와 E_3 사이에서 값이 크게 뛰는 것을 찾는다.
3. 따라서 A는 원자가전자 3개인 13족, B와 C는 원자가전자 2개인 2족 원소로 분류한다.
4. B보다 C의 제1·제2 이온화 에너지가 크므로 C는 2주기 Be, B는 3주기 Mg로 정하고, A의 값은 3주기 Al에 해당한다고 연결한다.

핵심 근거

A는 $E_3 = 2{,}912$에서 $E_4 = 11{,}577$로 급증하므로 전자 3개를 잃은 뒤 안정한 내부 전자껍질이 드러나는 13족 원소이며, 주어진 2·3주기 범위에서는 Al이다. B와 C는 모두 E_2 다음에 급증하므로 2족 원소이다. 두 원소 중 이온화 에너지가 더 큰 C가 2주기 Be이고 더 작은 B가 3주기 Mg이다. 따라서 A와 B는 모두 3주기 원소이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

A는 13족의 Al이므로 보통 Al^{3+}을 형성하고 산화물은 Al_2O_3이다. 틀린 표현 A_2O는 A_2O_3으로 고쳐야 한다.

② X

B는 3주기 Mg이고 C는 2주기 Be이므로 원자번호는 B가 12, C가 4이다. 따라서 원자번호가 가장 작은 원소는 B가 아니라 C이다.

③ X

C는 Be이므로 바닥상태 전자배치는 $1s^2 2s^2$이다. 제시된 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$는 Mg의 전자배치이므로 C가 아니라 B에 해당한다.

④ O

A는 Al, B는 Mg로 모두 3주기 원소이다. 표에서도 A와 B의 제1 이온화 에너지가 각각 577과 738로 3주기 원소에 해당하며, 각 급증 지점은 A가 13족, B가 2족임을 보여 준다.

오답 포인트

급증하기 직전의 이온화 에너지 번호를 원자가전자 수로 읽어야 한다. A는 E_4에서 급증하므로 원자가전자가 4개인 것이 아니라, 이미 원자가전자 3개를 제거한 뒤 네 번째 전자를 떼면서 급증한 13족 원소이다. 또한 B와 C는 급증 지점이 같아 모두 2족이지만, 이온화 에너지의 크기를 비교해야 서로 다른 주기를 구분할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 E_n과 E_{n+1} 사이의 가장 큰 도약을 찾는다. 그 도약이 나타나기 전에 제거한 전자 수 n이 주족 원소의 원자가전자 수이다. 같은 족 후보끼리는 이온화 에너지가 큰 쪽을 위 주기, 작은 쪽을 아래 주기로 판단한다.

암기 포인트

큰 도약 전까지 뗀 전자 수가 원자가전자 수이다. A는 3개이므로 Al, B와 C는 2개이며 큰 쪽 C가 Be, 작은 쪽 B가 Mg이다.

NoteBase