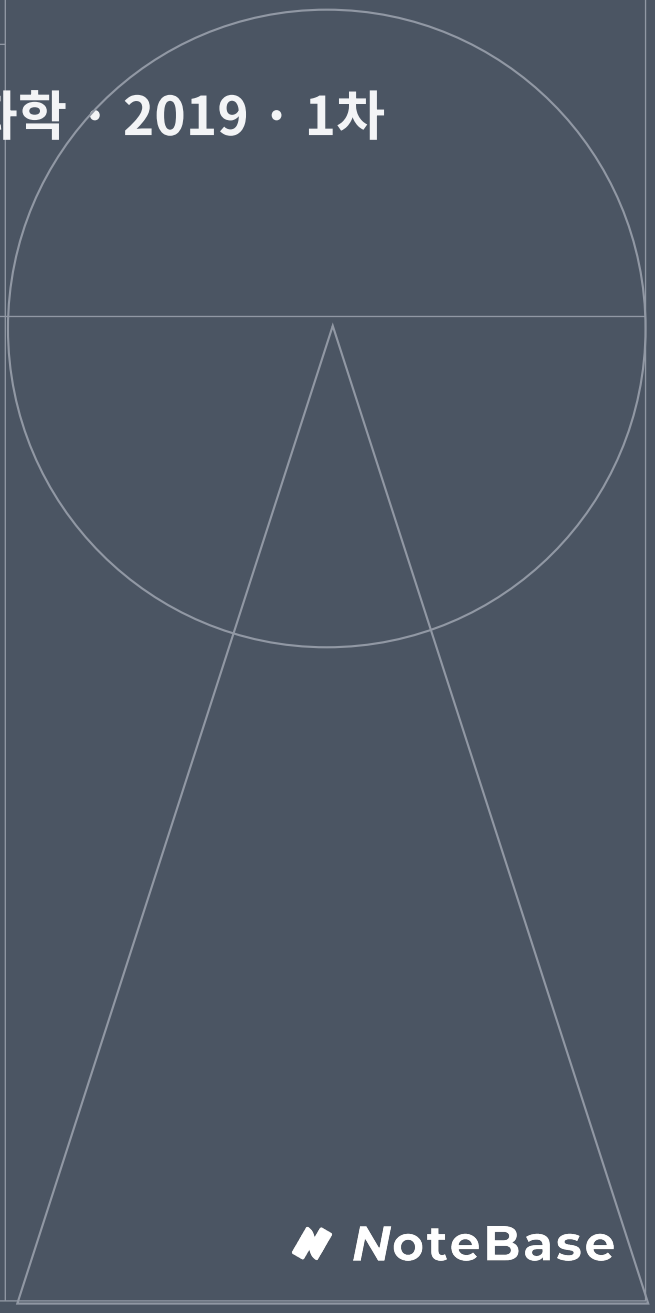
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2019 · 1차



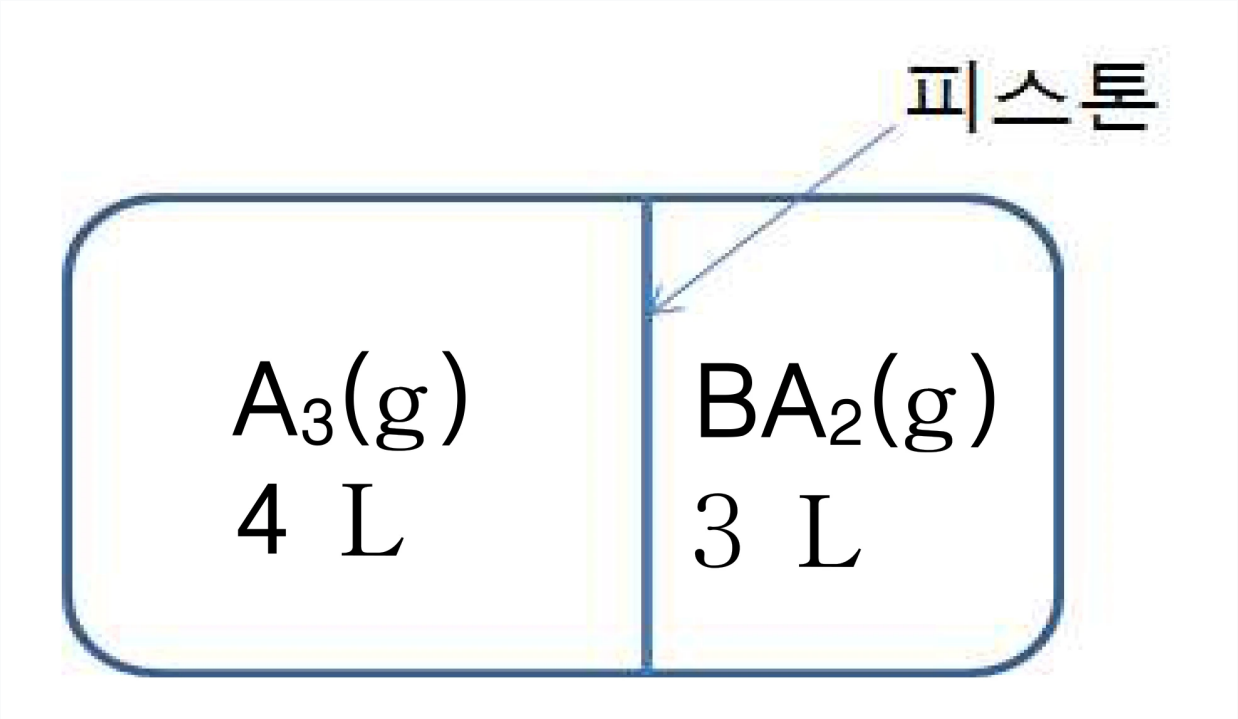
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2019 · 1차

공무원/해경/일반직 9급 · 화학 · 2019 · 1차

문 1. 다음 그림은 같은 질량의 기체 A_3와 BA_2가 실린더에 각각 들어 있는 것을 나타낸다. A와 B의 원자량 비(A:B)는? (단, A, B는 임의의 원소 기호이고, 온도는 일정하며 피스톤의 마찰은 무시한다.)



① 1:1

② 1:2

③ 1:3

④ 3:1

정답 2번

출제 포인트

마찰 없는 피스톤으로 분리된 두 기체의 압력이 같다는 점과 이상 기체 상태 방정식 $PV = nRT$를 이용하여 몰수비를 구한 뒤, 같은 질량 조건을 몰 질량비로 바꾸는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

두 기체의 질량과 온도는 같다. 마찰 없는 피스톤이 평형을 이루므로 두 기체의 압력도 같다. 부피는 A_3가 $4L$, BA_2가 $3L$이다. A의 원자량을 a, B의 원자량을 b라고 하면 몰 질량은 각각 $3a$, $b+2a$이다.

사용할 공식

이상 기체 상태 방정식은 $PV=nRT$이다. 두 기체의 압력과 온도가 같으므로 몰수는 부피에 비례하여 $n(A_3):n(BA_2)=4:3$이다. 또한 질량이 같을 때 $n=m/M$이므로 몰수는 몰 질량에 반비례한다.

계산 과정

몰수비와 몰 질량의 관계는 다음과 같다.
$\frac{n(A_3)}{n(BA_2)}=\frac{b+2a}{3a}=\frac{4}{3}$
따라서 $3(b+2a)=12a$, 즉 $3b=6a$이므로 $b=2a$이다. 그러므로 원자량 비는 $A:B=a:b=1:2$이다.

선지 판단

① X — 1:1은 계산 결과와 다르다. 올바른 원자량 비는 1:2이다.
② O — 계산 결과 $b=2a$이므로 $A:B=1:2$이다.
③ X — 1:3은 계산 결과와 다르다. 올바른 원자량 비는 1:2이다.
④ X — 3:1은 A와 B의 비를 잘못 산정한 값이다. 올바른 원자량 비는 1:2이다.

오답 포인트

부피비 4:3을 곧바로 원자량 비로 보면 안 된다. 같은 압력과 온도에서는 부피비가 몰수비이고, 같은 질량에서는 몰수비가 몰 질량비의 역수라는 두 관계를 차례로 적용해야 한다. 또한 A_3의 몰 질량은 $3a$, BA_2의 몰 질량은 $b+2a$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

피스톤 평형에서 압력이 같은지 확인하고, $PV=nRT$로 몰수비를 구한 다음, 같은 질량 조건에서는 $n=m/M$을 이용해 몰수비를 몰 질량비의 역수로 바꾸어 판단한다.

암기 포인트

같은 압력·온도에서는 $n\propto V$, 같은 질량에서는 $n\propto 1/M$이다.

NoteBase

문 2. 다음 반응에서 28 g의 NaOH이 들어있는 1 L 용액을 중화하기 위해 필요한 2 mol/L HCl의 부피는? (단, NaOH의 분자량은 40이다.)

$NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

① 150 mL

② 250 mL

③ 350 mL

④ 450 mL

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 중화 반응의 몰비를 이용해 필요한 염산 수용액의 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: NaOH의 질량은 $28g$, 몰질량은 $40g/mol$, HCl의 몰농도는 $2mol/L$이다.
구해야 할 값: NaOH을 완전히 중화하는 HCl 수용액의 부피이다.
주의할 조건: 반응식에서 NaOH과 HCl의 계수비가 1:1이므로 두 물질의 반응 몰수도 1:1이다.

사용할 공식

물질의 양은 $n = \frac{m}{M}$, 용액의 부피는 $V = \frac{n}{C}$로 구한다.
NaOH과 HCl이 1:1로 반응하므로 필요한 HCl의 몰수는 NaOH의 몰수와 같다.

계산 과정

1. NaOH의 몰수는 $\frac{28g}{40g/mol} = 0.7mol$이다.
2. 1:1 반응이므로 필요한 HCl의 몰수도 $0.7mol$이다.
3. HCl 수용액의 부피는 $V = \frac{0.7mol}{2mol/L} = 0.35L$이다.
4. $0.35L = 350mL$이다.

선지 판단

① X — $150mL$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $350mL$이다.
② X — $250mL$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $350mL$이다.
③ O — $2mol/L$ HCl 수용액 $350mL$에는 HCl이 $0.7mol$ 들어 있어 NaOH $0.7mol$을 정확히 중화한다.
④ X — $450mL$는 필요한 부피보다 크다. 올바르게는 $350mL$이다.

NoteBase

오답 포인트

NaOH이 들어 있는 용액의 전체 부피 1L를 HCl의 부피 계산에 직접 대입하면 안 된다. 먼저 NaOH의 질량으로 몰수를 구한 뒤 1:1 몰비를 적용하고, 마지막에 L를 mL로 변환해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

중화 계산은 질량을 몰수로 변환하고, 반응식의 계수비로 필요한 상대 물질의 몰수를 정한 뒤, 몰농도 식으로 용액의 부피를 구하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

질량 → 몰수 → 반응 몰비 → 부피의 순서이며, $NaOH : HCl = 1 : 1$이다.

NoteBase

문 3. 칼슘 40 g을 공기 중에서 연소시켜 백색의 산화칼슘이 56 g 생성되었다. 반응한 산소의 양과 산화칼슘의 화학식으로 가장 옳은 것은? (단, Ca 원자량은 40이다.)

① 16 g, CaO_2

② 8 g, CaO

③ 16 g, CaO

④ 8 g, CaO_2

정답 3번

출제 포인트

질량 보존 법칙으로 반응한 산소의 질량을 구하고, 칼슘과 산소의 결합 몰비로 산화칼슘의 화학식을 결정하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 칼슘 $40g$, 생성된 산화칼슘 $56g$
구해야 할 값: 반응한 산소의 질량과 산화칼슘의 화학식
주의할 조건: 생성물의 증가한 질량은 칼슘과 결합한 산소의 질량이다.

사용할 공식

m_O=m_생성물-m_Ca
$n = \frac{m}{M}$
반응 전후의 총질량이 보존되므로 생성물의 질량에서 칼슘의 질량을 빼면 반응한 산소의 질량을 구할 수 있다. 이어서 각 원소의 몰수를 비교하면 화학식의 원자 수비를 알 수 있다.

계산 과정

1. 반응한 산소의 질량은 $56g - 40g = 16g$이다.
2. 칼슘은 $40g \div 40g/mol = 1mol$이고, 산소 원자는 $16g \div 16g/mol = 1mol$이다.
3. 칼슘 원자와 산소 원자의 몰비가 1:1이므로 화학식은 CaO이다. 반응식은 $2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$로 나타낼 수 있다.

선지 판단

① X — 산소의 질량 $16g$은 맞지만 화학식 CaO_2가 틀렸다. 올바르게는 $16g$, CaO이다.
② X — 화학식 CaO는 맞지만 산소의 질량 $8g$이 틀렸다. 올바르게는 $16g$, CaO이다.
③ O — 질량 증가량은 $16g$이고 칼슘과 산소 원자의 몰비가 1:1이므로 CaO가 맞다.
④ X — 산소의 질량 $8g$과 화학식 CaO_2가 모두 틀렸다. 올바르게는 $16g$, CaO이다.

NoteBase

오답 포인트

산소가 자연 상태에서 O_2로 존재한다는 사실을 생성물의 화학식에 그대로 적용하면 CaO_2를 고르기 쉽다. 반응물인 산소 분자는 O_2이지만, 생성물의 화학식은 결합한 칼슘 원자와 산소 원자의 가장 간단한 정수비로 정하므로 CaO이다. 또한 산소 원자의 질량을 산소 분자 1몰의 몰질량으로 나누어 $8g$으로 착각하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

금속 연소 문제에서는 먼저 생성물 질량에서 금속 질량을 빼 산소의 질량을 구하고, 각 원소의 질량을 원자량으로 나누어 몰비를 정수비로 만든다. 반응물의 분자식과 생성물의 화학식을 구분한다.

암기 포인트

질량 증가량은 결합한 산소의 질량이고, 화학식은 원자의 가장 간단한 정수비이다.

NoteBase

문 4. 조성이 N_2 80% 및 O_2 20%인 공기가 있다. 27℃, 760 mmHg에서 이 공기의 밀도는 약 얼마인가? (단, 기체상수 $R = 0.1\left(\frac{atm \times L}{K \times mol}\right)$이다.)

① 3.21 g/L

② 2.34 g/L

③ 1.17 g/L

④ 0.96 g/L

정답 4번

출제 포인트

혼합기체의 평균 몰질량을 구한 뒤 이상기체 상태방정식으로 밀도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

몰분율: N_2 0.80, O_2 0.20

온도: $27^\circ C = 300K$

압력: $760mmHg = 1atm$

기체상수: $R = 0.1atm \cdot L/(K \cdot mol)$

구해야 할 값: 공기의 밀도 g/L

사용할 공식

혼합기체의 평균 몰질량은

$M_{\text{mix}} = \sum x_i M_i$

이고, 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$에서 $n = m/M$, $\rho = m/V$를 대입하면

$\rho = \frac{PM}{RT}$

가 된다. 주어진 공기를 이상기체 혼합물로 보고 밀도를 구하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 평균 몰질량을 구한다.

$M_{\text{mix}} = 0.80 \times 28 + 0.20 \times 32 = 28.8g/mol$

2. 온도와 압력을 절대온도와 atm 단위로 맞춘다.

$T = 27 + 273 = 300K, \qquad P = 1atm$

3. 밀도 공식에 대입한다.

$\rho = \frac{1 \times 28.8}{0.1 \times 300} = 0.96g/L$

NoteBase

선지 판단

① X — $3.21 g/L$는 계산값 $0.96 g/L$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $3.21 g/L$는 $0.96 g/L$로 고쳐야 한다.
② X — $2.34 g/L$는 계산값 $0.96 g/L$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $2.34 g/L$는 $0.96 g/L$로 고쳐야 한다.
③ X — $1.17 g/L$는 계산값 $0.96 g/L$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $1.17 g/L$는 $0.96 g/L$로 고쳐야 한다.
④ O — 평균 몰질량 $28.8 g/mol$, 압력 $1 atm$, 온도 $300 K$를 밀도 공식에 대입한 값이 $0.96 g/L$이므로 옳다.

오답 포인트

섭씨온도 27을 그대로 대입하거나 $760 mmHg$를 $1 atm$으로 바꾸지 않으면 오답이 된다. 또한 혼합기체의 몰질량은 80과 20을 그대로 곱하는 것이 아니라 몰분율 0.80과 0.20으로 가중평균한다.

다시 나오면 이렇게 판단

혼합기체 밀도 문제는 몰분율로 평균 몰질량을 구하고, 온도를 K, 압력을 기체상수와 같은 단위로 환산한 뒤 $\rho = PM/(RT)$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

혼합기체는 $M_{\text{mix}} = \sum x_i M_i$, 기체 밀도는 $\rho = PM/(RT)$이다.

NoteBase

문 5. 질산은($AgNO_3$) 수용액을 전기분해하여 (-)극에서 은(Ag) 10.8 g을 얻었을 때, (+)극에서 발생하는 기체의 종류와 0℃, 1기압에서의 부피로 가장 옳은 것은? (단, Ag의 원자량은 108이다.)

① O_2, 560 mL

② NO_2, 560 mL

③ O_2, 2,140 mL

④ NO_2, 2,140 mL

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전기분해에서 두 전극을 통과한 전자 몰수가 같다는 점을 이용하여 양극에서 생성되는 기체의 종류와 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 석출된 Ag의 질량은 $10.8g$, 원자량은 108이다.
구해야 할 값: 양극에서 발생하는 기체의 종류와 $0^\circ C$, $1atm$에서의 부피이다.
주의할 조건: 음극의 Ag^+ 환원에는 전자 1몰이 필요하지만, 양극에서 O_2 1몰이 생성될 때에는 전자 4몰이 방출된다.

사용할 공식

음극 반응: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$
양극 반응: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$
표준상태 기체의 몰 부피: $1mol = 22.4L$
두 전극에서 이동한 전자 몰수가 같으므로, 석출된 은의 몰수에서 전자 몰수를 구한 뒤 양극의 산소 몰수로 환산한다.

계산 과정

1. 석출된 은의 몰수는 $10.8g \div 108g/mol = 0.10mol$이다.
2. Ag^+ 1몰이 환원될 때 전자 1몰이 필요하므로 이동한 전자는 $0.10mol$이다.
3. 양극 반응에서 전자 4몰당 O_2 1몰이 생성되므로 O_2는 $0.10mol \div 4 = 0.025mol$ 생성된다.
4. 기체 부피는 $0.025mol \times 22.4L/mol = 0.560L = 560mL$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 양극에서는 물이 산화되어 O_2가 발생하고, 계산한 부피는 $560mL$이므로 옳다.
② X — $560mL$라는 부피는 맞지만 기체를 NO_2로 제시한 부분이 틀리다. 올바르게는 양극에서 O_2가 $560mL$ 발생한다.
③ X — 기체의 종류는 O_2가 맞지만 부피 2, $140mL$가 틀리다. 전자와 산소의 몰비 $4:1$을 적용하면 올바른 부피는 $560mL$이다.
④ X — 기체의 종류 NO_2와 부피 2, $140mL$가 모두 틀리다. 질산 이온이 아니라 물이 양극에서 산화되므로, 올바르게는 O_2가 $560mL$ 발생한다.

오답 포인트

질산은의 질산 이온을 보고 양극 기체를 곧바로 NO_2로 판단하는 것이 핵심 함정이다. 수용액의 양극에서는 물이 산화되어 O_2가 생성된다. 또한 은과 산소의 몰수를 같게 두지 않고, 전자 반응식에서 $Ag : O_2 = 4 : 1$임을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 전극의 반쪽 반응식을 쓰고, 석출된 물질의 몰수를 전자 몰수로 바꾼 다음, 양극 생성물의 전자 계수로 나누어 기체 몰수를 구한다. 마지막으로 주어진 온도와 압력에 맞는 몰 부피를 적용한다.

암기 포인트

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$, $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$이므로 $Ag : O_2 = 4 : 1$이다.

NoteBase

문 6. 원자 반지름과 이온 반지름에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 이온결합 물질의 전자 친화도 차이가 클수록 결합력이 강하다.

② 원자 반지름은 전자껍질 수가 많을수록 커지고, 유효 핵전하가 증가할수록 작아진다.

③ 이온 반지름의 크기는 $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$이다.

④ 이온 반지름의 크기는 Al^{3+}가 Mg^{2+}보다 크다.

정답 4번

출제 포인트

원자 반지름의 주기적 경향과 등전자 이온의 반지름을 결정하는 유효 핵전하를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

원자 반지름: 전자껍질 수가 늘면 커지고, 같은 주기에서는 유효 핵전하가 커질수록 전자가 핵에 더 강하게 끌려 작아진다.
이온 반지름: 같은 족의 같은 전하 이온은 아래로 갈수록 전자껍질 수가 늘어 커진다. 전자 수가 같은 등전자 이온끼리는 양성자 수가 많을수록 전자를 더 강하게 끌어당기므로 반지름이 작다.

선지별 해설

① O — 이 문항에서 말하는 일반적 경향으로는 두 원자의 전자 친화 성향 차이가 클수록 전자 이동에 의한 이온성이 커져 이온결합이 강해진다. 실제 이온결합 물질의 결합력에는 이온의 전하와 이온 사이 거리도 함께 영향을 준다.
② O — 전자껍질 수가 많아지면 최외각 전자가 핵에서 멀어져 원자 반지름이 커진다. 반대로 유효 핵전하가 증가하면 전자가 더 강하게 끌려 원자 반지름이 작아진다.
③ O — 할로젠화 이온은 같은 족에서 아래로 갈수록 전자껍질 수가 증가하므로 $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$ 순으로 이온 반지름이 커진다.
④ X — 틀린 부분은 'Al^{3+}가 Mg^{2+}보다 크다'이다. 두 이온은 모두 전자가 10개인 등전자 이온이지만, Al^{3+}의 양성자 수가 13개로 Mg^{2+}의 12개보다 많아 전자를 더 강하게 끌어당긴다. 따라서 올바른 크기 관계는 $Al^{3+} < Mg^{2+}$이다.

오답 포인트

④에서 양이온의 전하량만 보고 Al^{3+}가 더 크다고 판단하기 쉽다. 등전자 이온은 전자 수가 같으므로 양성자 수, 즉 핵전하가 큰 이온의 반지름이 더 작다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

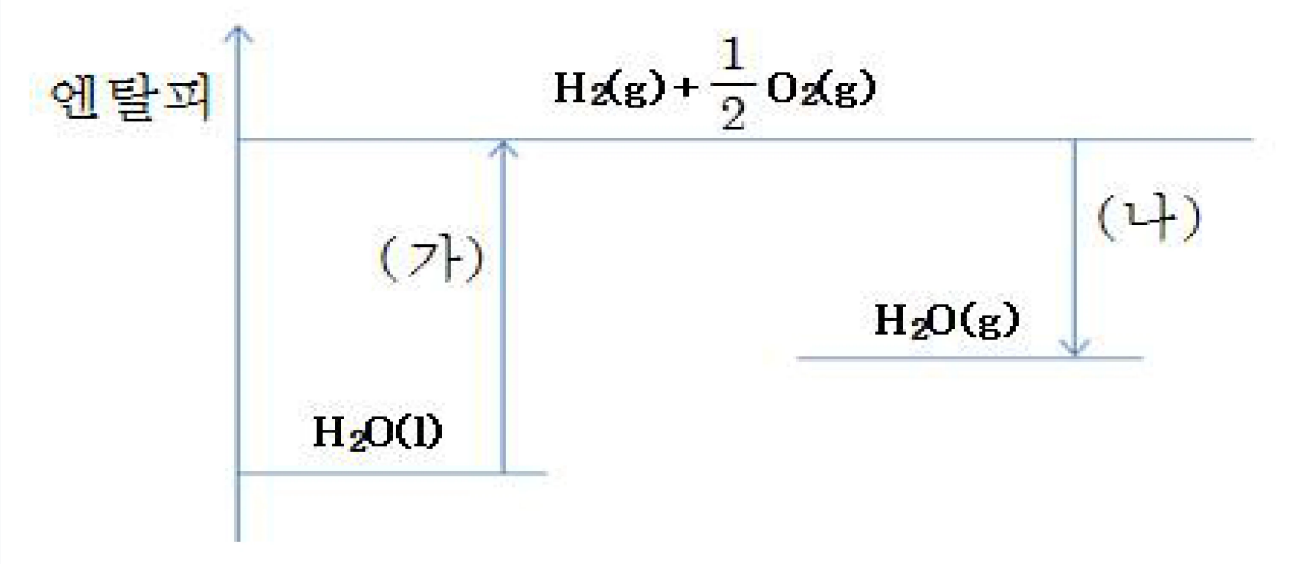
먼저 전자껍질 수를 비교한다. 전자껍질 수가 같거나 등전자 관계이면 유효 핵전하 또는 양성자 수를 비교하며, 그 값이 클수록 반지름이 작다고 판단한다.

암기 포인트

껍질 수가 많으면 반지름은 커지고, 등전자 이온에서는 핵전하가 크면 반지름은 작아진다.

NoteBase

문 7. 다음 그림은 25°C, 1기압에서 물과 관련된 반응의 엔탈피 변화(ΔH)를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?



㉠ (가)에서 $\Delta H > 0$이다.
㉡ (나)가 일어나면 주위의 온도가 올라간다.
㉢ 분해 엔탈피(ΔH)는 $H_2O(l)$이 $H_2O(g)$보다 크다.

① ㉠
② ㉠, ㉡
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 4번

출제 포인트

엔탈피 도식에서 화살표의 방향으로 반응의 흡열·발열 여부를 판단하고, 물의 상태에 따른 분해 엔탈피의 크기를 비교하는 문제이다. 도식의 엔탈피 준위는 $H_2O(l) < H_2O(g) < H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$이다.

NoteBase

선지별 해설

㉠ O — (가)는 $H_2O(l)$에서 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$로 올라가는 분해 과정이다. 생성물의 엔탈피가 반응물보다 높으므로 $\Delta H > 0$인 흡열 반응이다.
㉡ O — (나)는 엔탈피가 높은 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$에서 더 낮은 $H_2O(g)$로 내려가는 생성 과정이다. $\Delta H < 0$인 발열 반응이므로 방출된 열로 주위의 온도가 올라간다.
㉢ O — 분해 생성물의 엔탈피는 같지만 $H_2O(l)$의 엔탈피가 $H_2O(g)$보다 낮다. 따라서 생성물과의 엔탈피 차인 분해 엔탈피는 액체 물이 기체 물보다 크다.
① X — ㉠만 고른 조합이지만 ㉡과 ㉢도 옳다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉢이다.
② X — ㉠과 ㉡만 고른 조합이지만 ㉢도 옳다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉢이다.
③ X — ㉡과 ㉢만 고른 조합이지만 ㉠도 옳다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡, ㉢이다.
④ O — ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳으므로 정답 조합이다.

오답 포인트

화살표가 위로 향하면 $\Delta H > 0$인 흡열 반응이고, 아래로 향하면 $\Delta H < 0$인 발열 반응이다. 또한 분해 엔탈피는 생성물과 출발 물질의 엔탈피 차이이므로 출발 물질의 준위가 더 낮은 $H_2O(l)$의 값이 더 크다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반응물과 생성물의 엔탈피 준위를 확인한다. 생성물이 더 높으면 흡열, 더 낮으면 발열로 판단한다. 같은 생성물로 분해되는 물질끼리는 출발 엔탈피가 낮을수록 분해에 필요한 엔탈피가 더 크다.

암기 포인트

엔탈피 화살표는 위로 가면 흡열, 아래로 가면 발열이다. 같은 생성물까지 올라갈 때 출발점이 낮을수록 분해 엔탈피가 크다.

NoteBase

문 8. 다음 표는 $2A_3(g) \rightarrow 3A_2(g)$의 메커니즘과 각 단계의 활성화 에너지를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

반응 메커니즘		활성화 에너지 (kJ/mol)
단계(1)	$A_3 \rightarrow A + A_2$	20
단계(1)의 역과정	$A + A_2 \rightarrow A_3$	10
단계(2)	$A + A_3 \rightarrow 2A_2$	50

㉠ A는 반응 중간체이다.
㉡ 반응 속도 결정 단계는 단계(2)이다.
㉢ 전체 반응의 활성화 에너지는 50 kJ/mol이다.

① ㉠
② ㉠, ㉡
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 2번

출제 포인트

반응 메커니즘에서 중간체와 속도 결정 단계를 찾고, 정반응·역반응의 활성화 에너지로 단계(1)의 반응 엔탈피와 전체 반응의 활성화 에너지를 계산하는 문제이다.

조건 정리

단계(1): $A_3 \rightarrow A + A_2, E_{a,1} = 20kJ/mol$
단계(1)의 역과정: $A + A_2 \rightarrow A_3, E_{a,-1} = 10kJ/mol$
단계(2): $A + A_3 \rightarrow 2A_2, E_{a,2} = 50kJ/mol$
두 단계를 더하면 A가 소거되어 전체 반응 $2A_3 \rightarrow 3A_2$가 된다.

NoteBase

사용할 공식

한 단계의 반응 엔탈피는 정반응과 역반응의 활성화 에너지 차이이다.
$\Delta H_1 = E_{a,1} - E_{a,-1}$
전체 반응의 활성화 에너지는 최초 반응물의 에너지 준위에서 전체 경로 중 가장 높은 전이 상태까지의 에너지 차이이다. 단계(2)의 전이 상태는 단계(1) 뒤의 중간 상태보다 $50kJ/mol$ 높으므로, 먼저 그 중간 상태의 상대 에너지를 구해야 한다.

계산 과정

1. 단계(1)의 반응 엔탈피는 $20 - 10 = +10kJ/mol$이다. 따라서 단계(1) 뒤의 중간 상태는 최초 반응물보다 $10kJ/mol$ 높다.
2. 단계(2)의 전이 상태는 이 중간 상태보다 $50kJ/mol$ 높다.
3. 따라서 전체 반응의 활성화 에너지는 $10 + 50 = 60kJ/mol$이다.

선지 판단

㉠ O — A는 단계(1)에서 생성되고 단계(2)에서 소비되며 전체 반응식에서는 소거되므로 반응 중간체이다.
㉡ O — 단계(2)의 활성화 에너지 $50kJ/mol$은 단계(1)의 $20kJ/mol$보다 크므로 단계(2)가 느린 속도 결정 단계이다.
㉢ X — '전체 반응의 활성화 에너지는 $50kJ/mol$이다'가 틀렸다. $50kJ/mol$은 단계(2)의 중간 상태를 기준으로 한 활성화 에너지이고, 최초 반응물을 기준으로 하면 $10 + 50 = 60kJ/mol$이다. 올바른 문장은 '전체 반응의 활성화 에너지는 $60kJ/mol$이다'이다.
① X — ㉠만 고른 것은 참인 ㉡을 누락한다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡이다.
② O — 참인 ㉠과 ㉡만 포함하고 거짓인 ㉢을 제외한다.
③ X — 참인 ㉠을 누락하고 거짓인 ㉢을 포함한다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡이다.
④ X — 거짓인 ㉢을 포함한다. 올바른 조합은 ㉠, ㉡이다.

오답 포인트

㉢의 $50kJ/mol$을 그대로 전체 활성화 에너지로 보는 것이 함정이다. 이 값은 단계(2)가 시작되는 중간 상태에서 전이 상태까지의 장벽이다. 단계(1) 뒤 에너지 상승분 $10kJ/mol$을 더해야 최초 반응물 기준의 전체 활성화 에너지 $60kJ/mol$을 얻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 단계의 반응식을 더해 생성 후 소비되는 중간체를 찾는다. 다음으로 각 단계의 활성화 에너지를 비교해 속도 결정 단계를 정한다. 다단계 반응의 전체 활성화 에너지는 각 단계의 활성화 에너지를 단순 비교하거나 그대로 쓰지 않고, 최초 반응물에서 가장 높은 전이 상태까지의 상대 에너지로 계산한다.

NoteBase

암기 포인트

중간체는 생성되었다가 소비되어 전체 반응식에서 소거된다. 전체 활성화 에너지는 '출발점에서 가장 높은 봉우리까지'이다.

NoteBase

문 9. 다음은 C, H, O로 구성된 물질 X에 대한 자료이다. 물질 X에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, C, H, O의 원자량은 각각 12, 1, 16이다.)

◯ 질량 백분율은 O가 H의 4배이다.
◯ 완전 연소시 생성되는 CO_2와 H_2O의 몰 수는 같다.
◯ 분자량은 실험식량의 2배이다.

① 물질 X에서 질량 비는 $C : O = 3 : 4$이다.
② 실험식은 $C_2H_4O_2$이다.
③ 1몰을 완전 연소하면 H_2O 4몰이 생성된다.
④ 완전 연소시 반응하는 O_2와 생성되는 CO_2의 몰수는 같다.

정답 3번

출제 포인트

질량 백분율과 완전 연소 생성물의 몰수 관계로 실험식을 정하고, 분자량 조건으로 분자식을 구한 뒤 연소 반응을 판단하는 문제이다.

조건 정리

물질 X를 $C_aH_bO_c$라 한다. 산소의 질량 백분율이 수소의 4배이므로 산소 질량과 수소 질량의 비도 4:1이다. 완전 연소할 때 X 1몰에서 CO_2는 a몰, H_2O는 $b/2$몰 생성되며 두 생성물의 몰수가 같다. 분자량은 실험식량의 2배이다.

사용할 공식

질량 관계는 $16c = 4b$, 연소 생성물 관계는 $a = b/2$이다. 두 조건으로 원자 수의 가장 간단한 비를 구할 수 있다. 완전 연소에 필요한 산소의 몰수는 분자식 $C_xH_yO_z$에 대하여 $x + y/4 - z/2$이다.

계산 과정

1. $16c = 4b$이므로 $b = 4c$이다.
2. $a = b/2$이고 $b = 4c$이므로 $a = 2c$이다. 따라서 $a : b : c = 2 : 4 : 1$이고 실험식은 C_2H_4O이다.
3. 실험식량은 $2 \times 12 + 4 \times 1 + 16 = 44$이고 분자량은 그 2배이므로 분자식은 $C_4H_8O_2$이다.
4. 완전 연소식은 $C_4H_8O_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $C_4H_8O_2$에서 C와 O의 질량비는 48 : 32 = 3 : 2이다. '$C:O = 3:4$'가 틀렸으며, 올바르게는 '$C:O = 3:2$'이다.
② X — 원자 수의 가장 간단한 비는 2 : 4 : 1이므로 실험식은 C_2H_4O이다. '$C_2H_4O_2$'가 틀렸으며, 올바르게는 'C_2H_4O'이다.
③ O — 분자식이 $C_4H_8O_2$이므로 X 1몰을 완전 연소하면 수소 원자 8개에 대응하여 H_2O 4몰이 생성된다.
④ X — 완전 연소식에서 반응하는 O_2는 5몰이고 생성되는 CO_2는 4몰이다. '몰수는 같다'가 틀렸으며, 올바르게는 '반응하는 O_2의 몰수가 생성되는 CO_2의 몰수보다 1몰 많다'이다.

오답 포인트

'산소의 질량 백분율이 수소의 4배'는 원자 수의 비가 아니라 질량의 비이다. 또한 실험식에 2를 곱해 분자식을 구한 뒤에야 ③의 생성 몰수와 ④의 산소 계수를 정확히 판단할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

질량 조건을 원자량이 반영된 식으로 바꾸고, 연소 생성물의 계수로 원자 수의 비를 구한 다음, 실험식량과 분자량의 비로 분자식을 확정하여 각 선지를 검산한다.

암기 포인트

$C_xH_yO_z$ 1몰의 완전 연소에서는 CO_2가 x몰, H_2O가 $y/2$몰 생성되고 O_2가 $x + y/4 - z/2$몰 필요하다.

NoteBase

문 10. 다음은 4가지 물질의 양을 나타낸 것이다.
㉠ ~ ㉣의 몰 수를 가장 옳게 비교한 것은? (단, H, C, N의 원자량은 각각 1, 12, 14이고, 아보가드로수는 6.0×10^{23}이다.)

㉠ 32 g의 CH_4
㉡ 0℃, 1기압에서 33.6 L의 NH_3
㉢ 2.0×10^{23}개의 NO
㉣ 14 g의 N_2

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

정답 1번

출제 포인트

질량, 표준 상태의 기체 부피, 입자 수로 주어진 물질의 양을 각각 몰 수로 환산하여 비교하는 문제이다.

조건 정리

㉠은 CH_4의 질량, ㉡은 0℃·1기압에서 NH_3의 부피, ㉢은 NO의 분자 수, ㉣은 N_2의 질량으로 주어졌다.
0℃·1기압에서 기체 1몰의 부피는 $22.4L$이고, 1몰의 입자 수는 6.0×10^{23}개이다.

사용할 공식

질량으로 주어진 경우: $n = \frac{m}{M}$
기체 부피로 주어진 경우: $n = \frac{V}{22.4L/mol}$
입자 수로 주어진 경우: $n = \frac{N}{N_A}$
각 자료의 형태가 서로 다르므로 모두 같은 기준인 몰 수로 바꾼 뒤 비교한다.

계산 과정

㉠ CH_4의 몰 질량은 $16g/mol$이므로 $32g \div 16g/mol = 2mol$이다.
㉡ 표준 상태에서 $33.6L \div 22.4L/mol = 1.5mol$이다.
㉢ $2.0 \times 10^{23} \div 6.0 \times 10^{23} = \frac{1}{3}$이므로 $\frac{1}{3}mol$이다.
㉣ N_2의 몰 질량은 $28g/mol$이므로 $14g \div 28g/mol = 0.5mol$이다.
따라서 몰 수의 크기는 ㉠ $2mol$ > ㉡ $1.5mol$ > ㉣ $0.5mol$ > ㉢ $\frac{1}{3}mol$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — ㉠ > ㉡ > ㉣ > ㉢은 계산한 몰 수 $2 > 1.5 > 0.5 > \frac{1}{3}$과 일치한다.
② X — '㉠ > ㉢ > ㉡ > ㉣'은 ㉢을 ㉡보다 크게 배열한 점이 잘못되었다. 올바르게는 ㉠ > ㉡ > ㉣ > ㉢이다.
③ X — '㉡ > ㉠ > ㉣ > ㉢'은 ㉡을 ㉠보다 크게 배열한 점이 잘못되었다. ㉠은 $2mol$, ㉡은 $1.5mol$이므로 올바르게는 ㉠ > ㉡ > ㉣ > ㉢이다.
④ X — '㉡ > ㉠ > ㉢ > ㉣'은 ㉡을 ㉠보다 크게, ㉢을 ㉣보다 크게 배열한 점이 잘못되었다. ㉣의 $0.5mol$이 ㉢의 $\frac{1}{3}mol$보다 많으므로 올바르게는 ㉠ > ㉡ > ㉣ > ㉢이다.

오답 포인트

㉠과 ㉣은 분자의 원자량 합을 몰 질량으로 사용해야 한다. 특히 N_2의 몰 질량은 질소 원자 1개의 $14g/mol$이 아니라 $28g/mol$이다. 또한 ㉢의 2.0×10^{23}개는 1몰의 입자 수보다 작으므로 $\frac{1}{3}mol$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

주어진 양의 표현이 서로 다르면 질량은 몰 질량으로 나누고, 표준 상태 기체 부피는 $22.4L/mol$로 나누며, 입자 수는 아보가드로수로 나누어 모두 몰 수로 통일한 뒤 비교한다.

암기 포인트

몰 수는 '질량 ÷ 몰 질량, 표준 상태 기체 부피 ÷ $22.4L/mol$, 입자 수 ÷ 아보가드로수'로 구한다.

NoteBase

문 11. 다음은 HCl과 관련된 실험이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

(가) 염화수소(HCl) 기체를 물에 녹여 $A(aq)$를 만들었다.
(나) $A(aq)$에 $Mg(s)$을 넣었더니 $B(g)$가 발생하였다.
㉠ $A(aq)$는 전기전도성이 있다.
㉡ B는 Cl_2이다.
㉢ (나)에서 혼합 용액에 들어있는 전체 이온의 수는 반응 전과 후가 같다.

① ㉠
② ㉠, ㉢
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 1번

출제 포인트

염화수소 수용액의 전기전도성과 산-금속 반응에서 생성되는 기체 및 전체 이온 수의 변화를 묻는 문제이다.

핵심 개념

염화수소는 물에서 H^+와 Cl^-로 이온화하므로 수용액이 전기를 전도한다. 마그네슘을 넣으면 $Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$의 반응이 일어나 수소 기체가 발생한다. 이때 구경꾼 이온인 Cl^-의 수는 변하지 않지만, H^+ 2개가 소모될 때 Mg^{2+} 1개가 생기므로 용액 속 전체 이온 수는 감소한다.

선지별 해설

① O — ㉠만 옳다. HCl(aq)에는 이동 가능한 이온이 있으므로 전기전도성이 있다.
② X — ㉢이 틀렸다. 반응에서 H^+ 2개가 Mg^{2+} 1개로 바뀌므로 전체 이온 수는 같지 않고 감소한다. 올바르게는 '㉠'만 고른 것이다.
③ X — ㉡과 ㉢이 모두 틀리고, 옳은 ㉠도 빠져 있다. 발생 기체 B는 Cl_2가 아니라 H_2이며, 전체 이온 수는 감소한다. 올바르게는 '㉠'만 고른 것이다.
④ X — ㉡과 ㉢이 틀렸다. 마그네슘과 산의 반응으로 생기는 기체는 H_2이고, 용액 속 전체 이온 수는 감소한다. 올바르게는 '㉠'만 고른 것이다.

오답 포인트

염화수소에 염소 원자가 들어 있다는 이유로 B를 Cl_2로 판단하거나, 전하량 보존을 이온 수 보존으로 혼동하기 쉽다. 전하는 반응 전후에 보존되지만 이온의 개수는 보존되지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

산과 금속의 반응에서는 먼저 순이온 반응식을 세운다. 소모되는 이온과 생성되는 이온의 계수를 비교하면 생성 기체와 전체 이온 수의 변화를 함께 판단할 수 있다.

암기 포인트

산 + 금속 → 수소 기체, $2H^+$가 $1Mg^{2+}$로 바뀌면 전체 이온 수는 감소한다.

NoteBase

문 12. 다음은 $M_2CO_3(s)$을 묽은 염산에 넣었을 때 일어나는 화학반응식이다.
$M_2CO_3(s)$ w g이 반응하였을 때 $CO_2(g)$ 17.6 g이 생성되었다면 M의 원자량은? (단, M은 임의의 원소 기호이고, C, O의 원자량은 각각 12, 16이다.)

$M_2CO_3(s) + aHCl(aq) \rightarrow bMCl(aq) + cH_2O(l) + dCO_2(g)$
($a \sim d$는 반응 계수)

① $\frac{5w}{4} - 30$
② $\frac{5w}{4} - 60$
③ $\frac{5w}{2} - 30$
④ $5w - 30$

정답 1번

출제 포인트

탄산염과 염산의 반응식을 완성한 뒤, 생성된 이산화 탄소의 몰수와 탄산염의 몰수가 같다는 관계를 이용하여 M의 원자량을 구하는 문제이다.

조건 정리

균형 반응식은
$M_2CO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow 2MCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$
이다. 따라서 반응한 M_2CO_3과 생성된 CO_2의 몰수비는 1:1이다. CO_2의 몰 질량은 $12 + 2 \times 16 = 44g/mol$이고, M_2CO_3의 몰 질량은 $2M + 60g/mol$이다.

사용할 공식

$n(CO_2) = \frac{17.6g}{44g/mol}$
$n(M_2CO_3) = n(CO_2)$
$M_r(M_2CO_3) = 2M + 60$
반응식에서 두 물질의 계수가 모두 1이므로 생성된 CO_2의 몰수로 반응한 M_2CO_3의 몰수를 바로 알 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 이산화 탄소의 몰수는 $17.6/44 = 0.4mol$이다.
2. 반응한 M_2CO_3도 $0.4mol$이므로 그 몰 질량은 $w/0.4 = 5w/2g/mol$이다.
3. $2M + 60 = 5w/2$이므로

$2M = \frac{5w}{2} - 60$

$M = \frac{5w}{4} - 30$

이다.

선지 판단

① O — $M = (5w/2 - 60)/2 = 5w/4 - 30$이므로 계산 결과와 일치한다.

② X — $5w/4 - 60$은 탄산 이온 부분의 원자량 합 60을 빼는 단계와 M 원자 2개로 나누는 단계를 잘못 처리한 식이다. 올바르게는 $5w/4 - 30$이다.

③ X — $5w/2 - 30$은 $2M = 5w/2 - 60$에서 우변 전체를 2로 나누지 않고 첫째 항을 그대로 둔 식이다. 올바르게는 $5w/4 - 30$이다.

④ X — $5w - 30$은 탄산염의 몰 질량 $5w/2$와 $2M + 60$의 관계를 충족하지 않는다. 올바르게는 $5w/4 - 30$이다.

따라서 정답은 1번이다.

오답 포인트

핵심 함정은 M_2CO_3 한 화학식 단위에 M이 2개 들어 있다는 점이다. 탄산염의 몰 질량에서 60을 뺀 값은 M 한 원자의 원자량이 아니라 M 두 원자의 원자량 합이므로 마지막에 반드시 2로 나눈다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반응식을 맞추어 몰수비를 정하고, 생성물의 질량을 몰수로 바꾼 뒤 반응물의 몰 질량을 구한다. 마지막에는 화학식에 들어 있는 미지 원자의 개수까지 반영하여 원자량을 계산한다.

암기 포인트

탄산염 M_2CO_3 1몰은 CO_2 1몰을 만들며, 몰 질량은 $2M + 60$이다.

NoteBase

문 13. 다음은 2주기 원자 A~D에 대한 자료이다. A~D는 각각 Be, N, O, F 중 하나이다. A~D에 대한 설명으로 옳은 것을 보기에서 모두 고른 것은?

◯ 원자 반지름은 B가 D보다 크다.
◯ 전기 음성도는 C가 D보다 크다.
◯ 유효 핵전하는 A가 C보다 크다.

㉠ 제1 이온화 에너지는 A가 D보다 크다.
㉡ A와 B의 원자 반지름 차이는 C와 D의 원자 반지름 차이보다 크다.
㉢ B는 Be, D는 N이다.

① ㉠
② ㉠, ㉡
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 4번

출제 포인트

2주기에서 원자 반지름은 대체로 오른쪽으로 갈수록 작아지고, 전기 음성도와 유효 핵전하는 커진다는 경향을 이용하여 A~D를 결정하는 문제이다.

핵심 개념

Be, N, O, F를 주기율표의 왼쪽부터 쓰면 Be-N-O-F 순이다. 따라서 원자 반지름은 Be > N > O > F이고, 전기 음성도와 유효 핵전하는 Be < N < O < F이다.
원자 반지름이 B > D이므로 B는 D보다 왼쪽에 있고, 전기 음성도가 C > D이므로 C는 D보다 오른쪽에 있다. 유효 핵전하가 A > C이므로 A는 C보다 오른쪽에 있다. 따라서 위치 순서는 B-D-C-A이고, B=Be, D=N, C=O, A=F이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
㉠은 옳지만 ㉡과 ㉢도 모두 옳으므로 ㉠만 고른 것은 틀리다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 골라야 한다.

② X
㉠과 ㉡은 옳지만 ㉢도 옳다. B=Be이고 D=N이므로 ㉢을 제외한 것이 잘못이며, 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 골라야 한다.

③ X
㉡과 ㉢은 옳지만 ㉠도 옳다. A=F, D=N이고 제1 이온화 에너지는 F가 N보다 크므로 ㉠을 제외한 것이 잘못이다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 골라야 한다.

④ O
㉠은 F의 제1 이온화 에너지가 N보다 크므로 옳다. ㉡은 A와 B가 양 끝의 F와 Be이고 C와 D가 이웃한 O와 N이므로, A와 B의 원자 반지름 차이가 C와 D의 차이보다 커서 옳다. ㉢도 B=Be, D=N이므로 옳다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 고른 ④가 맞다.

오답 포인트

유효 핵전하와 전기 음성도는 오른쪽으로 갈수록 커지지만 원자 반지름은 반대로 작아진다. 이 방향을 하나라도 뒤집으면 B-D-C-A의 배열을 만들지 못한다. 또한 제1 이온화 에너지는 N과 O 사이에 예외가 있지만, 이 문항에서 비교하는 F와 N은 F가 더 크다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 주기의 원소는 먼저 왼쪽에서 오른쪽 순서를 세운다. 원자 반지름의 대소는 그 순서와 반대로, 전기 음성도와 유효 핵전하의 대소는 같은 방향으로 바꾸어 각 조건을 하나의 위치 사슬로 연결한다. 마지막에 확정된 원소를 보기의 각 문장에 대입한다.

암기 포인트

같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 유효 핵전하·전기 음성도는 커지고 원자 반지름은 작아진다. 이 문항의 배열은 B-D-C-A=Be-N-O-F이다.

NoteBase

문 14. 다음은 3가지 분자의 분자식이다. 3가지 분자에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

NH_3, BF_3, H_2O

㉠ 결합각이 가장 큰 분자는 BF_3이다.

㉡ 구성 원자가 모두 동일 평면에 존재하는 분자는 1가지이다.

㉢ 무극성 분자는 1가지이다.

① ㉠

② ㉡

③ ㉠, ㉢

④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 3번

출제 포인트

전자쌍 반발에 따른 분자 구조와 결합각을 비교하고, 결합 쌍극자 모멘트의 상쇄 여부로 분자의 극성을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

NH_3는 삼각뿔형이고 결합각은 약 107 °이며 극성 분자이다. 중심 N 원자와 세 H 원자가 모두 같은 평면에 있지 않는다.

BF_3는 평면 삼각형이고 결합각은 120 °이다. 세 $B-F$ 결합의 쌍극자 모멘트가 대칭적으로 상쇄되므로 무극성 분자이다.

H_2O는 굽은형이고 결합각은 약 104.5 °이며 극성 분자이다. 세 원자로 이루어져 있으므로 모든 구성 원자가 같은 평면에 있다.

선지별 해설

① X — ㉠은 옳지만 ㉢도 옳으므로 '㉠만 옳다'는 조합이 틀리다. 올바른 조합은 ㉠, ㉢이다.

② X — ㉡은 틀린 설명이다. 모든 구성 원자가 동일 평면에 있는 분자는 BF_3와 H_2O의 2가지이므로 '1가지'가 아니라 '2가지'이다. 올바른 조합은 ㉠, ㉢이다.

③ O — ㉠과 ㉢이 모두 옳고 ㉡은 틀리므로 옳은 설명을 빠짐없이 고른 조합이다. BF_3의 결합각 120 °가 가장 크며, 세 분자 중 무극성 분자는 BF_3 1가지이다.

④ X — ㉡까지 옳다고 포함한 부분이 틀리다. H_2O도 모든 원자가 동일 평면에 있으므로 평면에 모든 구성 원자가 있는 분자는 2가지이다. 올바른 조합은 ㉠, ㉢이다.

NoteBase

오답 포인트

‘평면형 분자’와 ‘모든 구성 원자가 한 평면에 있는 분자’를 같은 뜻으로 오해하기 쉽다. H_2O는 굽은형이지만 원자가 3개이므로 세 원자는 한 평면에 있다. 또한 결합이 극성이어도 BF_3처럼 대칭 구조에서는 결합 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 분자 전체는 무극성이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자 주위의 전자 영역으로 분자 구조와 결합각을 정한다. 다음으로 전체 원자의 동일 평면 여부를 따로 확인하고, 마지막으로 결합 쌍극자 모멘트를 벡터로 합하여 분자의 극성을 판단한다.

암기 포인트

BF_3: 평면 삼각형 · 120° · 무극성 / NH_3: 삼각뿔형 · 극성 / H_2O: 굽은형 · 극성 · 세 원자는 동일 평면이다.

NoteBase

문 15. 다음은 공기 중의 질소(N_2)의 순환과 관련된 반응의 화학 반응식이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

(가) $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$
(나) $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$
(다) $aNO_2 + H_2O \rightarrow bHNO_3 + cNO$($a \sim c$는 반응계수)
㉠ $a = b + c$이다.
㉡ (나)에서 NO는 산화제이다.
㉢ (가)⊠(다)는 모두 산화·환원 반응이다.

① ㉠
② ㉠, ㉢
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 2번

출제 포인트

반응식의 원자 수를 보존하여 반응계수의 관계를 확인하고, 산화수 변화로 산화제·환원제와 산화·환원 반응 여부를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

화학 반응식에서는 반응 전후 각 원소의 원자 수가 같아야 한다. 산화수 증가가 일어나는 물질은 산화되면서 환원제로 작용하고, 산화수 감소가 일어나는 물질은 환원되면서 산화제로 작용한다.
㉠ (다)에서 질소 원자 수를 비교하면 왼쪽은 a, 오른쪽은 $b + c$이므로 $a = b + c$이다. 실제로 계수를 맞추면 $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$이어서 $a = 3, b = 2, c = 1$이다. 따라서 ㉠은 옳다.
㉡ (나)에서 NO 속 질소의 산화수는 +2에서 +4로 증가한다. NO는 산화되므로 산화제가 아니라 환원제이다. 따라서 ㉡은 옳지 않다.
㉢ (가)는 질소와 산소의 산화수가 각각 $0 \rightarrow +2$, $0 \rightarrow -2$로 변하고, (나)도 질소와 산소의 산화수가 변한다. (다)에서는 +4인 질소가 +5와 +2로 동시에 변하는 불균등화 반응이 일어난다. 따라서 세 반응은 모두 산화·환원 반응이므로 ㉢은 옳다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㉠은 옳지만, 옳은 ㉢이 빠져 있다. '㉠'은 '㉠, ㉢'으로 고쳐야 한다.
② O — ㉠의 반응계수 관계가 성립하고 ㉢의 세 반응 모두에서 산화수가 변하며, ㉡은 NO가 환원제가 되므로 틀리다. 따라서 옳은 설명은 ㉠과 ㉢이다.
③ X — ㉡은 NO를 산화제로 본 점이 틀리고, 옳은 ㉠이 빠져 있다. '㉡, ㉢'은 '㉠, ㉢'으로 고쳐야 한다.
④ X — ㉡이 틀렸으므로 세 설명이 모두 옳지 않다. '㉠, ㉡, ㉢'은 '㉠, ㉢'으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

㉡에서 NO가 산소와 반응한다는 사실만 보고 산화제로 오인하기 쉽다. NO의 질소는 +2에서 +4로 산화되므로 NO는 상대 물질을 환원시키는 환원제이다. 또한 (다)는 한 원소가 동시에 산화되고 환원되는 불균등화 반응도 산화·환원 반응이라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반응 전후 원자 수로 계수 관계를 확인한 뒤, 각 원소의 산화수를 반응 전후로 비교한다. 산화수가 증가한 물질은 환원제, 감소한 물질은 산화제이며, 같은 원소의 산화수가 두 방향으로 변해도 산화·환원 반응이다.

암기 포인트

산화수 증가 물질은 환원제, 산화수 감소 물질은 산화제이며, 불균등화도 산화·환원 반응이다.

NoteBase

문 16. 다음 반응은 300K의 밀폐된 용기에서 평형상태를 이루고 있다. 평형의 위치가 정반응 방향으로 이동하기 위한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, 모든 기체는 이상기체이다.)

$A(g) + 2B(g) \rightarrow C(g) + D(g) \qquad \Delta H < 0$

㉠ 온도를 낮춘다.
㉡ 용기의 부피를 줄인다.
㉢ 기체 B를 제거한다.
㉣ 정반응을 촉진시키는 촉매를 용기 안에 넣는다.

① ㉠, ㉡
② ㉡, ㉢
③ ㉠, ㉡, ㉣
④ ㉡, ㉢, ㉣

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 온도, 부피, 농도, 촉매의 변화가 기체 평형의 이동 방향에 미치는 영향을 르샤틀리에 원리로 판단하는 문제이다.

핵심 개념

르샤틀리에 원리는 평형 상태의 계에 외부 변화가 가해지면 그 변화를 완화하는 방향으로 평형이 이동한다는 원리이다. 정반응이 발열 반응이므로 열을 생성물로 보면 온도를 낮출 때 정반응 방향으로 이동한다. 또한 반응물 쪽 기체 몰수는 3몰, 생성물 쪽은 2몰이므로 부피를 줄여 압력을 높이면 기체 몰수가 더 적은 생성물 쪽으로 이동한다. 반응물 B를 제거하면 B를 보충하는 역반응 방향으로 이동하며, 촉매는 정반응과 역반응의 속도를 모두 높일 뿐 평형의 위치는 바꾸지 않는다.

선지별 해설

① O — ㉠과 ㉡은 모두 평형을 정반응 방향으로 이동시킨다. 발열 반응에서 온도를 낮추면 열을 만드는 정반응이 유리해지고, 부피를 줄이면 기체 몰수가 3몰에서 2몰로 감소하는 정반응이 유리해진다.
② X — ㉢이 틀리고 ㉠이 빠져 있다. 기체 B를 제거하면 B를 보충하기 위해 평형이 역반응 방향으로 이동한다. 올바른 조합은 '㉠, ㉡'이다.
③ X — ㉣이 틀리다. 정반응을 촉진하는 촉매라도 역반응도 함께 촉진하여 평형 도달 시간만 줄이고 평형의 위치는 이동시키지 않는다. 올바른 조합은 '㉠, ㉡'이다.
④ X — ㉢과 ㉣이 틀리고 ㉠이 빠져 있다. B의 제거는 역반응 방향의 이동을 일으키고, 촉매는 평형의 위치를 바꾸지 않는다. 올바른 조합은 '㉠, ㉡'이다.

NoteBase

오답 포인트

㉣의 '정반응을 촉진시키는 촉매'라는 표현 때문에 정반응 쪽으로 평형이 이동한다고 오해하기 쉽다. 촉매는 정반응과 역반응의 활성화 에너지를 모두 낮추므로 평형상수와 평형 조성은 변하지 않는다. 또한 부피 감소에서는 반응식 계수가 아니라 양쪽의 기체 몰수 합을 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

온도 변화는 열을 반응물 또는 생성물로 놓고 판단하고, 압력·부피 변화는 양쪽의 기체 몰수 합을 비교한다. 물질을 제거하면 그 물질을 보충하는 방향으로 이동하며, 촉매는 평형 이동 요인에서 제외한다.

암기 포인트

발열 반응은 냉각 시 정반응, 압력 증가 시 기체 몰수가 적은 쪽으로 이동하며, 촉매는 평형 위치를 바꾸지 않는다.

NoteBase

문 17. 다음 표는 원소와 이온의 구성 입자 수를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면? (단, A~D는 임의의 원소 기호이다.)

	A	B	C	D
양성자수	7	8	6	6
중성자수	7	8	8	6
전자수	7	6	6	6

㉠ C의 원자번호는 8이다.
㉡ B는 양이온이다.
㉢ A와 C는 질량수가 같다.
㉣ B와 D는 동위원소다.

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

정답 1번

출제 포인트

양성자수·중성자수·전자수로 원자번호, 질량수, 이온의 전하 및 동위원소 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

A: 양성자 7, 중성자 7, 전자 7
B: 양성자 8, 중성자 8, 전자 6
C: 양성자 6, 중성자 8, 전자 6
D: 양성자 6, 중성자 6, 전자 6
원자번호는 양성자수이고, 질량수는 양성자수와 중성자수의 합이다. 양성자수가 전자수보다 많으면 양이온이다.
동위원소는 양성자수가 같고 중성자수가 다른 원자이다.

NoteBase

사용할 공식

$Z = N_p$

$A = N_p + N_n$

전하량은 양성자수와 전자수의 차이인 $N_p - N_e$로 판단한다. 여기서 Z는 원자번호, A는 질량수, N_p, N_n, N_e는 각각 양성자수, 중성자수, 전자수이다. 표가 세 입자 수를 직접 주므로 이 관계를 적용한다.

계산 과정

A: 원자번호 7, 질량수 $7 + 7 = 14$, 전하 $7 - 7 = 0$이다.
B: 원자번호 8, 질량수 $8 + 8 = 16$, 전하 $8 - 6 = +2$이므로 양이온이다.
C: 원자번호 6, 질량수 $6 + 8 = 14$, 전하 $6 - 6 = 0$이다.
D: 원자번호 6, 질량수 $6 + 6 = 12$, 전하 $6 - 6 = 0$이다.
따라서 ㉠은 거짓, ㉡과 ㉢은 참, ㉣은 거짓이다.

선지 판단

① O — ㉡과 ㉢은 모두 참이다. B는 양성자수가 전자수보다 2개 많아 양이온이고, A와 C의 질량수는 각각 14로 같다.
② X — '㉠, ㉡, ㉢' 중 ㉠이 틀렸다. C의 원자번호는 양성자수와 같은 6이므로, 올바르게는 '㉡, ㉢'이다.
③ X — '㉡, ㉢, ㉣' 중 ㉣이 틀렸다. 동위원소는 양성자수가 같아야 하는데 B와 D의 양성자수는 각각 8과 6이다. 올바르게는 '㉡, ㉢'이다.
④ X — '㉠, ㉡, ㉢, ㉣'에는 거짓인 ㉠과 ㉣이 포함되어 있다. 올바르게는 '㉡, ㉢'이다.

오답 포인트

㉠에서는 C의 중성자수 8을 원자번호로 착각하기 쉽다. 원자번호는 항상 양성자수이므로 C의 원자번호는 6이다.
㉣에서는 B와 D의 중성자수가 아니라 양성자수가 같은지부터 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

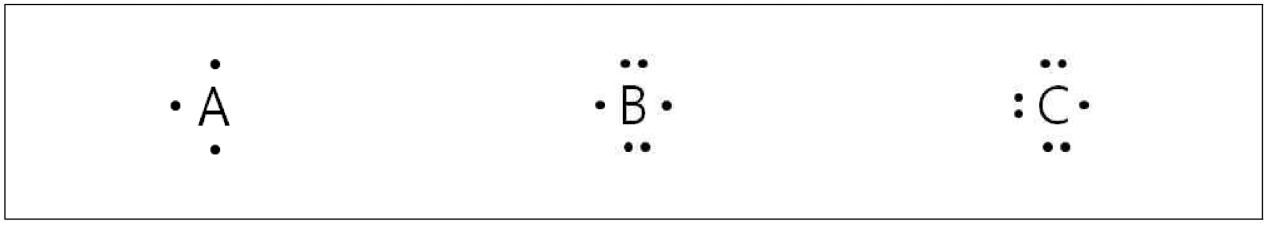
먼저 양성자수로 원자번호와 원소의 동일 여부를 정하고, 양성자수와 전자수의 차이로 이온을 판별한 뒤, 양성자수와 중성자수의 합으로 질량수를 계산한다. 동위원소 여부는 '양성자수는 같고 중성자수는 다른가'로 판단한다.

암기 포인트

원자번호는 양성자수, 질량수는 양성자수+중성자수, 양이온은 양성자수>전자수, 동위원소는 양성자수 같고 중성자수 다름이다.

NoteBase

문 18. 다음은 2주기 원소 A~C의 루이스 전자점식이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?
(단, A~C는 임의의 원소 기호이다.)



㉠ B_2 분자의 공유 전자쌍 수는 2개이다.
㉡ AC_3 분자에서 A는 옥텟 규칙을 만족한다.
㉢ BC_2 분자의 구조는 직선형이다.

① ㉠
② ㉠, ㉢
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 1번

출제 포인트

루이스 전자점식에서 원자가전자 수를 읽어 원소의 결합 수, 중심 원자의 옥텟 충족 여부, 분자 구조를 판단하는 문제이다. A, B, C의 원자가전자 수는 각각 3개, 6개, 7개이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- ㉠만 옳다. B는 원자가전자가 6개이므로 B_2에서 두 B 원자는 전자쌍 2개를 공유하는 이중 결합을 한다. 따라서 공유 전자쌍 수는 2개이다.

② X

- ㉢이 틀렸다. B는 산소족 원소, C는 할로젠 원소에 해당하므로 BC_2에서 중심 B에는 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있다. 전자쌍 배열은 정사면체형이지만 분자 구조는 직선형이 아니라 굽은형이다. 따라서 옳은 것의 조합은 ㉠, ㉢이 아니라 ㉠이다.

③ X

- ㉡과 ㉢이 모두 틀렸다. AC_3에서 A는 세 개의 단일 결합만 형성하므로 A 주위 전자는 6개이며 옥텟 규칙을 만족하지 않는다. 또한 BC_2의 분자 구조는 직선형이 아니라 굽은형이다. 따라서 옳은 것의 조합은 ㉡, ㉢이 아니라 ㉠이다.

④ X

- ㉡과 ㉢이 틀렸으므로 세 설명이 모두 옳지 않다. AC_3의 중심 A는 6전자만 가져 옥텟이 불완전하고, BC_2는 중심 B의 비공유 전자쌍 2개 때문에 굽은형이다. 따라서 옳은 것의 조합은 ㉠, ㉡, ㉢이 아니라 ㉠이다.

오답 포인트

㉡에서는 결합이 세 개라는 사실을 곧바로 옥텟 충족으로 오해하기 쉽다. 단일 결합 세 개가 중심 A에 제공하는 전자는 6개뿐이다. ㉢에서는 전자쌍 배열과 분자 구조를 혼동하기 쉽다. 중심 B 주위의 네 전자쌍 배열은 정사면체형이지만 비공유 전자쌍 2개를 제외한 원자 배열은 굽은형이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전자점의 수로 각 원자의 원자가전자 수를 정한다. 그다음 결합 후 중심 원자 주위의 전자 수를 세어 옥텟을 확인하고, 결합 전자쌍과 비공유 전자쌍을 모두 센 뒤 실제 원자의 배열로 분자 구조를 판단한다.

암기 포인트

원자가전자 3개인 중심 원자는 세 단일 결합에서 6전자만 가질 수 있고, 중심 원자에 결합 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으면 분자 구조는 굽은형이다.

NoteBase

문 19. 25°C에서 $[OH^-] = 3.0 \times 10^{-5}$M일 때, 이 용액의 pH값은? (단, $\log 3 = 0.47$이다.)

① 3.53

② 4.53

③ 9.47

④ 10.47

정답 3번

출제 포인트

수산화 이온 농도로부터 pOH를 구한 뒤, 25°C에서 $pH + pOH = 14.00$인 관계를 이용해 pH를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $[OH^-] = 3.0 \times 10^{-5}$M, $\log 3 = 0.47$
구해야 할 값: 용액의 pH
주의할 조건: 주어진 농도로 바로 구하는 값은 pH가 아니라 pOH이며, 25°C에서 pH와 pOH의 합은 14.00이다.

사용할 공식

$pOH = -\log[OH^-]$
$pH + pOH = 14.00$
수산화 이온 농도가 주어졌으므로 먼저 pOH를 계산하고, 25°C의 물에서 성립하는 관계를 사용해 pH로 바꾼다.

계산 과정

1. $pOH = -\log(3.0 \times 10^{-5})$이다.
2. $\log(3.0 \times 10^{-5}) = \log 3 - 5 = 0.47 - 5 = -4.53$이므로 $pOH = 4.53$이다.
3. $pH = 14.00 - 4.53 = 9.47$이다.

선지 판단

① X — 3.53은 계산된 pH가 아니다. 지수와 로그의 부호를 정확히 처리하면 pOH는 4.53이고, 올바른 pH는 9.47이다.
② X — 4.53은 pH가 아니라 pOH이다. 올바르게는 $pH = 14.00 - 4.53 = 9.47$이다.
③ O — 계산 결과 pH가 9.47이므로 옳다.
④ X — 10.47은 $pH + pOH = 14.00$의 관계를 올바르게 적용한 값이 아니다. 올바른 값은 $14.00 - 4.53 = 9.47$이다.

NoteBase

오답 포인트

②의 4.53을 그대로 고르면 pOH를 pH로 착각한 것이다. 또한 $-\log(3.0 \times 10^{-5})$에서 바깥의 음수와 지수의 음수를 함께 처리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

$[OH^-]$가 주어지면 먼저 pOH를 구하고, 25°C에서는 $pH = 14.00 - pOH$로 변환한다. 마지막으로 $[OH^-] > 10^{-7}$M이면 염기성이므로 pH가 7보다 커야 한다는 점으로 검산한다.

암기 포인트

$[H^+]$는 pH로, $[OH^-]$는 pOH로 먼저 바꾸며, 25°C에서는 $pH + pOH = 14.00$이다.

NoteBase

문 20. 어떤 온도에서 1 L 용기에 0.8 mol의 H_2와 0.4 mol의 N_2를 넣고 반응시켜 0.4 mol의 NH_3이 생성되면서 평형에 도달되었을 경우 이 온도에서 평형상수 K값은?

① 1

② 50

③ 100

④ 200

정답 3번

출제 포인트

반응식의 계수비로 평형 농도를 구한 뒤 농도 평형상수 K_c를 계산하는 문제이다.

조건 정리

반응식: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

초기 농도: 용기 부피가 $1L$이므로 $[H_2]_0 = 0.8M$, $[N_2]_0 = 0.4M$, $[NH_3]_0 = 0$이다.

구해야 할 값: 이 온도에서의 농도 평형상수 K_c이다.

주의할 조건: NH_3가 $0.4mol$ 생성될 때 반응 계수비에 따라 N_2는 $0.2mol$, H_2는 $0.6mol$ 소모된다.

사용할 공식

$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$

평형상수식의 각 지수에는 균형 반응식의 화학양론계수를 사용한다.

계산 과정

1. NH_3의 생성량이 $0.4mol$이므로 반응 진행량은 $0.4/2 = 0.2mol$이다.
2. 평형 몰수는 $N_2 : 0.4 - 0.2 = 0.2mol$, $H_2 : 0.8 - 0.6 = 0.2mol$, $NH_3 : 0.4mol$이다.
3. 부피가 $1L$이므로 평형 농도는 각각 $[N_2] = 0.2M$, $[H_2] = 0.2M$, $[NH_3] = 0.4M$이다.
4. 이를 평형상수식에 대입하면 다음과 같다.

$K_c = \frac{(0.4)^2}{(0.2)(0.2)^3} = \frac{0.16}{0.0016} = 100$

선지 판단

① X — 계산값은 1이 아니라 100이다. 틀린 값 1은 올바르게는 100이다.

② X — 계산값은 50이 아니라 100이다. 틀린 값 50은 올바르게는 100이다.

③ O — 평형 농도를 K_c 식에 대입한 값이 100이므로 옳다.

④ X — 계산값은 200이 아니라 100이다. 틀린 값 200은 올바르게는 100이다.

NoteBase

오답 포인트

NH_3가 $0.4mol$ 생성되었다고 해서 모든 물질이 $0.4mol$씩 변하는 것은 아니다. 반응식의 계수비 1 : 3 : 2를 적용해야 하며, 평형상수식에서도 [H_2]는 세제곱, [NH_3]는 제곱한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 반응식을 맞춘 뒤 생성량으로 반응 진행량을 구하고, 계수비에 따라 각 물질의 평형 몰수와 농도를 계산하여 평형상수식에 대입한다.

암기 포인트

평형 농도는 초기량에서 계수비만큼 증감하고, K_c의 지수는 균형 반응식의 계수와 같다.

NoteBase