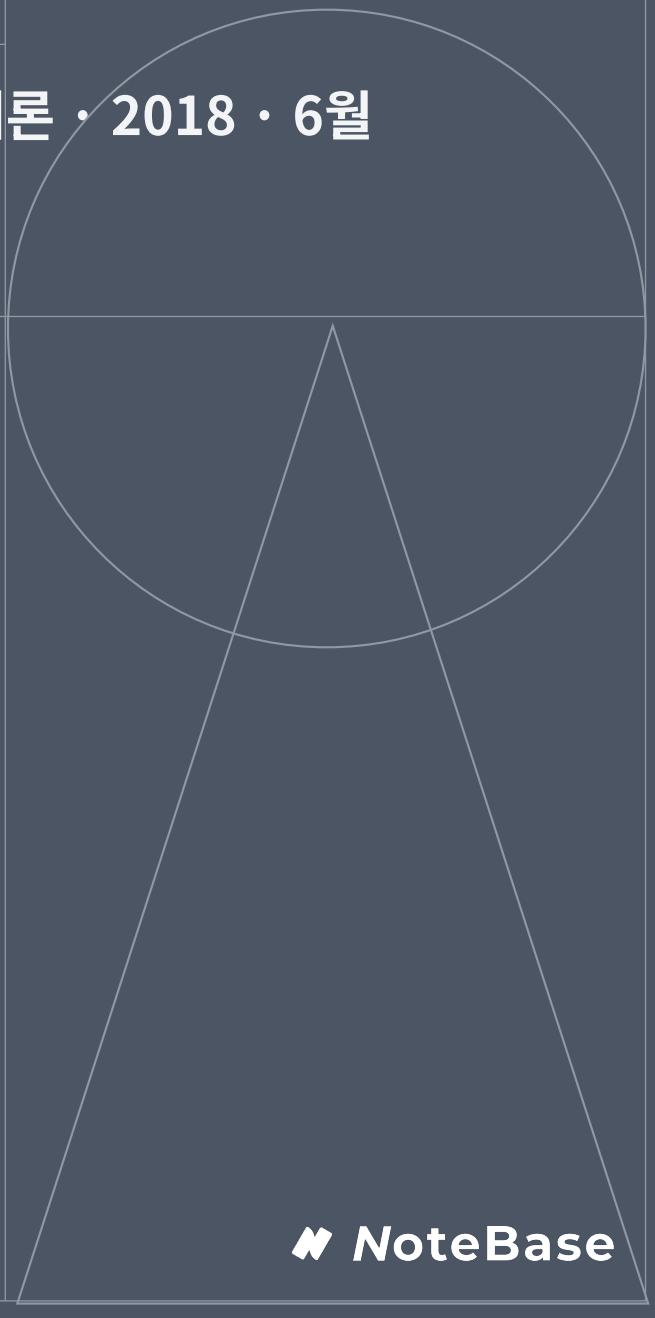
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2018 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2018 · 6월

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2018 · 6월

문 1. 원자 안에 있는 특정 전자에 대한 양자수를 n, l, m_l, m_s 순으로 나타낸 것 중 가장 옳지 않은 것은? (단, n은 주양자수, l은 각운동량양자수, m_l는 자기양자수, m_s은 전자스핀양자수이다.)

① n: 4, l: 3, m_l: -2, m_s: +1/2

② n: 3, l: 2, m_l: -3, m_s: -1/2

③ n: 3, l: 0, m_l: 0, m_s: +1/2

④ n: 4, l: 1, m_l: 1, m_s: -1/2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 네 가지 양자수 n, l, m_l, m_s의 허용 범위를 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

주양자수 n은 전자의 에너지 준위와 껍질을 나타내는 양자수이며 1 이상의 정수이다.
각운동량양자수 l은 오비탈의 모양을 나타내며 0부터 $n-1$까지의 정수이다.
자기양자수 m_l은 오비탈의 방향을 나타내며 $-l$부터 $+l$까지의 정수이다.
전자스핀양자수 m_s는 전자의 스핀 방향을 나타내며 $+1/2$ 또는 $-1/2$이다.

선지별 해설

1번 O: $n=4$이면 l은 0, 1, 2, 3이 될 수 있으므로 $l=3$은 가능하다. 또 $l=3$이면 m_l은 -3부터 +3까지 가능하므로 $m_l=-2$도 가능하고, $m_s=+1/2$도 허용된다.
2번 X: 틀린 부분은 $m_l=-3$이다. $n=3, l=2$이면 m_l은 $-2, -1, 0, +1, +2$ 중 하나여야 하므로 -3은 될 수 없다. 올바르게는 m_l이 -2부터 +2 사이의 정수여야 한다.
3번 O: $l=0$인 s 오비탈에서는 m_l이 0만 가능하므로 $n=3, l=0, m_l=0$의 조합은 옳다. $m_s=+1/2$도 허용된다.
4번 O: $n=4$이면 $l=1$이 가능하고, $l=1$이면 m_l은 -1, 0, +1이 될 수 있으므로 $m_l=1$은 옳다. $m_s=-1/2$도 허용된다.

NoteBase

오답 포인트

자기양자수 m_l의 범위를 주양자수 n에 직접 맞춰 생각하면 2번을 놓치기 쉽다. m_l의 범위는 항상 l을 기준으로 $-l$부터 $+l$까지 정해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

양자수 문제는 $n \rightarrow l \rightarrow m_l \rightarrow m_s$ 순서로 허용 범위를 확인하면 된다. 먼저 n이 1 이상의 정수인지 보고, 다음으로 l이 0부터 $n-1$인지, 이어서 m_l이 $-l$부터 $+l$인지, 마지막으로 m_s가 $\pm 1/2$인지 판단한다.

암기 포인트

n은 껍질, l은 모양, m_l은 방향, m_s는 스핀이다. 범위는 $l = 0 \sim n-1$, $m_l = -l \sim +l$, $m_s = \pm 1/2$로 정리된다.

NoteBase

문 2. <보기>의 반응식에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>

$5H_2O_2 + 2MnO_4^- + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + xO_2$

① x는 5이다.

② H_2O_2는 환원되었다.

③ MnO_4^-는 산화제이다.

④ 반응 전후 화합물 내 H의 산화수는 모두 같다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 산성 용액에서 과망가니즈산 이온과 과산화수소의 산화·환원 반응을 맞추고, 계수와 산화수 변화를 통해 각 선지의 옳고 그름을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 MnO_4^-가 Mn^{2+}로 바뀌고, H_2O_2가 O_2로 바뀌는 산성 조건의 산화·환원 반응이다.
구해야 할 내용은 반응식의 계수 x, H_2O_2의 산화·환원 여부, MnO_4^-의 역할, H의 산화수 변화이다.
주의할 점은 산화되는 물질과 산화제의 개념을 뒤바꾸지 않는 것이다.

사용할 공식

원자수 보존과 산화수 변화를 함께 본다.
$2MnO_4^- + 5H_2O_2 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$
이 식을 쓰는 이유는 산성 조건에서 과망가니즈산 이온이 Mn^{2+}로 환원될 때 전자 수와, 과산화수소가 O_2로 산화될 때 전자 수를 맞추면 전체 반응식의 계수와 각 물질의 역할이 한꺼번에 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. MnO_4^-에서 Mn의 산화수는 $+7$, Mn^{2+}에서 Mn의 산화수는 $+2$이므로 Mn은 환원된다.
2. H_2O_2에서 O의 산화수는 -1, O_2에서 O의 산화수는 0이므로 H_2O_2는 산화된다.
3. 전자 수를 맞추면 $2MnO_4^-$와 $5H_2O_2$가 대응하고, 산성 조건에서 $6H^+$, $8H_2O$를 보정하면 $x = 5$가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 완성된 반응식이 $2MnO_4^- + 5H_2O_2 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$이므로 $x = 5$이다.
② X: H_2O_2의 O는 -1에서 0으로 증가하므로 전자를 잃는다. 따라서 H_2O_2는 환원된 것이 아니라 산화된 것이다. 틀린 표현은 '환원되었다'이고, 올바르게는 '산화되었다'이다.
③ O: MnO_4^-는 상대 물질을 산화시키고 자신은 Mn^{2+}로 환원되므로 산화제이다.
④ O: H_2O_2, H^+, H_2O에서 H의 산화수는 모두 $+1$이다. 반응 전후에 H의 산화수는 변하지 않는다.

오답 포인트

산화된 물질과 산화제를 같은 뜻으로 착각하면 ②와 ③을 함께 틀리기 쉽다. 산화제는 다른 물질을 산화시키는 물질이고, 자신은 환원된다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

산화·환원 반응 선지는 먼저 각 원소의 산화수 변화를 잡고, 그다음 '산화된 물질'과 '산화제'를 분리해서 판단하면 된다. 계수 문제는 전자 수를 맞춘 뒤 원자수와 전하를 함께 검산하면 된다.

암기 포인트

산화수 증가 = 산화, 산화제는 상대를 산화시키고 자신은 환원된다.

NoteBase

문 3. <보기>는 기체 A와 기체 B가 반응하여 기체 C를 생성하는 반응의 화학 반응식과, 부피가 2 L인 서로 다른 용기 X와 Y에서 A와 B가 반응하여 평형에 도달한 상태의 반응물과 생성물의 양을 나타낸 표이다. $\frac{b}{a}$는? (단, 온도는 일정하다.)

<보기>

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

A: 용기 X a몰, 용기 Y 0.1몰

B: 용기 X 0.4몰, 용기 Y b몰

C: 용기 X 0.1몰, 용기 Y 0.2몰

① $\frac{1}{16}$

② $\frac{1}{8}$

③ 8

④ 16

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 같은 온도에서 같은 반응의 평형상수 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]}$가 일정하다는 점을 이용해 $\frac{b}{a}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반응식은 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$이고, X와 Y의 부피는 각각 2 L이다.

X의 평형 몰수는 A가 a몰, B가 0.4몰, C가 0.1몰이다.

Y의 평형 몰수는 A가 0.1몰, B가 b몰, C가 0.2몰이다.

구해야 할 값: $\frac{b}{a}$이다.

주의할 조건: 두 용기의 부피가 같으므로 농도 비는 몰수 비와 같게 정리된다.

사용할 공식

평형상수는 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]}$ 이다.

이 공식을 쓰는 이유: 같은 반응을 같은 온도에서 평형에 두면 K가 같고, 이 반응은 생성물 C의 계수가 2이므로 C의 농도에 제곱이 붙는다.

NoteBase

계산 과정

1. 용기 X에서
$K = \frac{(0.1/2)^2}{(a/2)(0.4/2)} = \frac{0.1^2}{a \cdot 0.4} = \frac{0.025}{a}$
2. 용기 Y에서
$K = \frac{(0.2/2)^2}{(0.1/2)(b/2)} = \frac{0.2^2}{0.1b} = \frac{0.4}{b}$
3. 두 값이 같으므로
$\frac{0.025}{a} = \frac{0.4}{b}$
$0.025b = 0.4a$
$\frac{b}{a} = \frac{0.4}{0.025} = 16$

선지별 해설

① X
- $\frac{b}{a}$는 $\frac{1}{16}$이 아니라 16이다. 최종 비를 거꾸로 두면 나오는 역수 오답이다.

② X
- $\frac{1}{8}$은 평형상수 식에서 $[C]$를 제곱하지 않거나 비를 잘못 뒤집으면 나오는 값이다. 올바른 값은 16이다.

③ X
- 8은 계산 중 $0.1^2 \div 0.4 = 0.025$를 다른 값으로 잘못 처리했을 때 나오는 오답이다. 용기 X의 평형상수 정리는 $\frac{0.025}{a}$가 되어야 하므로 정답이 아니다.

④ O
- 두 용기의 K를 같게 두면 $\frac{0.025}{a} = \frac{0.4}{b}$이고, 따라서 $\frac{b}{a} = 16$이 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

부피가 같다는 조건을 보고 농도 대신 몰수로 바로 비를 세울 수 있는데, 이때 가장 흔한 실수는 생성물 C의 계수 2 때문에 $[C]^2$가 된다는 점을 놓치거나 최종 비 $\frac{b}{a}$를 $\frac{a}{b}$로 뒤집는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 반응이 같은 온도에서 여러 평형 상태로 주어지면 먼저 각 상태의 평형상수 식을 같은 형태로 쓰고, 공통 부피가 소거되는지 확인한 뒤 두 식을 같게 두어 미지수의 비를 구하면 된다.

암기 포인트

같은 온도에서는 같은 반응의 K가 같고, 반응식의 계수는 평형상수 식의 지수가 된다.

NoteBase

문 4. 임의의 기체 A가 100K, 1기압에서 20 L의 부피를 차지한다. 온도와 압력을 200K, 4기압으로 변화시켰을 때 부피는?

① 5 L

② 10 L

③ 40 L

④ 80 L

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 상태 변화에서 $V \propto T/P$ 비례관계를 이용해 최종 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

초기 상태는 $T_1 = 100K$, $P_1 = 1$기압, $V_1 = 20L$이다.
변화 후 상태는 $T_2 = 200K$, $P_2 = 4$기압이다.
기체의 양은 같다고 보고, 온도는 절대온도 K로 계산하며 압력은 부피와 반비례한다.

사용할 공식

같은 양의 이상기체에는 $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$가 성립한다.
이 공식을 쓰는 이유는 같은 기체의 양이 일정한 상태에서 온도, 압력, 부피가 함께 변하는 조건이기 때문이다.

계산 과정

공식을 V_2에 대해 정리하면 다음과 같다.
$V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1} \times \frac{P_1}{P_2}$
값을 대입하면
$V_2 = 20 \times \frac{200}{100} \times \frac{1}{4} = 20 \times 2 \times \frac{1}{4} = 10L$
따라서 최종 부피는 10 L이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 5 L는 압력만 1기압에서 4기압으로 증가한 효과만 반영한 값이다. 온도가 100K에서 200K로 2배가 되는 조건이 빠졌다. 올바르게는 10 L이다.
2번 O: $V_2 = 10L$이므로 계산 결과와 일치한다.
3번 X: 40 L는 온도가 2배가 되면 부피도 2배가 된다는 관계만 적용하고 압력 4배 증가에 따른 부피 감소를 반영하지 않은 값이다. 올바르게는 10 L이다.
4번 X: 80 L는 온도 2배와 압력 4배를 모두 부피 증가 요인처럼 잘못 처리한 값이다. 압력은 부피와 반비례하므로 올바르게는 10 L이다.

오답 포인트

온도와 압력이 함께 변할 때 한쪽만 반영하면 쉽게 틀린다. 특히 압력은 부피와 반비례하는데 이를 정비례처럼 처리하면 40 L나 80 L 같은 오답으로 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 상태변화 문제는 먼저 온도, 압력, 부피 중 무엇이 변하는지 정리한 뒤 $V \propto T/P$ 또는 (PV)/(T)=일정을 적용해 비례 방향이 맞는지 검산한다.

암기 포인트

같은 양의 기체에서는 온도는 부피를 키우고 압력은 부피를 줄인다. 즉 $V \propto T/P$이다.

NoteBase

문 5. 16.0 g 메탄올과 11.5 g 에탄올의 혼합 시료를 완전연소시켰다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1.0, 12.0, 16.0이다.)

① 발생하는 CO_2는 66.0 g이다.

② 발생하는 H_2O는 31.5 g이다.

③ 완전연소를 위해 소요되는 산소 기체(O_2)의 최소량은 0.750몰이다.

④ 메탄올 대신 같은 g 수의 메탄(CH_4)을 넣어도 발생하는 CO_2의 양은 같다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 메탄올과 에탄올의 완전연소 반응식을 세운 뒤 몰수비로 생성물의 양과 필요한 산소량을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

메탄올은 CH_3OH, 몰질량은 32.0g/mol이므로 $16.0 \div 32.0 = 0.500$ mol이다.
에탄올은 C_2H_5OH, 몰질량은 46.0g/mol이므로 $11.5 \div 46.0 = 0.250$ mol이다.
완전연소에서는 탄소는 모두 CO_2로, 수소는 모두 H_2O로 간다.

사용할 공식

반응식은 $CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$이다.
완전연소 문제이므로 각 물질 1 mol이 만드는 CO_2, H_2O의 몰수와 소비하는 O_2의 몰수를 반응식 계수로 바로 읽는다.

계산 과정

메탄올 0.500 mol은 CO_2 0.500 mol, H_2O 1.000 mol, O_2 0.750 mol을 만든다.
에탄올 0.250 mol은 CO_2 0.500 mol, H_2O 0.750 mol, O_2 0.750 mol을 만든다.
따라서 전체는 CO_2 1.000 mol, H_2O 1.750 mol, O_2 1.500 mol이다.
질량으로 바꾸면 CO_2는 $1.000 \times 44.0 = 44.0$ g, H_2O는 $1.750 \times 18.0 = 31.5$ g이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 발생하는 CO_2는 총 1.000 mol이므로 44.0 g이다. 틀린 표현은 "66.0 g"이고, 올바르게는 "44.0 g"이다.
2번 O: 발생하는 H_2O는 총 1.750 mol이므로 $1.750 \times 18.0 = 31.5$ g이다.
3번 X: 완전연소에 필요한 O_2는 메탄올에서 0.750 mol, 에탄올에서 0.750 mol이 필요하므로 총 1.500 mol이다. 틀린 표현은 "0.750몰"이고, 올바르게는 "1.500몰"이다.
4번 X: 메탄올 16.0 g은 0.500 mol이라 CO_2 0.500 mol을 만들지만, 같은 질량의 메탄 CH_4 16.0 g은 1.000 mol이라 CO_2 1.000 mol을 만든다. 틀린 표현은 "발생하는 CO_2의 양은 같다"이고, 올바르게는 "같은 질량이면 메탄이 메탄올보다 CO_2를 더 많이 만든다"이다.

오답 포인트

질량을 바로 비교하면 틀리기 쉽다. 이 문항의 함정은 메탄올과 에탄올의 질량을 보고 생성물 질량이나 산소량을 감으로 판단하게 만드는 데 있고, 실제로는 먼저 몰수로 바꾼 뒤 반응식 계수를 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소 계산 문제는 분자식 확인 → 몰질량으로 몰수 환산 → 반응식 계수 적용 → 마지막에 질량 환산 순서로 판단하면 흔들리지 않는다. 같은 g수 비교가 나오면 반드시 같은 mol수가 아니라는 점을 먼저 점검한다.

암기 포인트

완전연소는 탄소 수로 CO_2, 수소 수로 H_2O, 필요한 O_2는 반응식 계수로 정리한다.

NoteBase

문 6. 에텐 C_2H_4과 옥살레이트 이온 $C_2O_4^{2-}$에 존재하는 파이 (π) 결합 수의 총합은?

① 2

② 3

③ 4

④ 6

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 분자의 결합 구조를 보고 이중결합 하나가 π 결합 하나를 만든다는 원리로 전체 π 결합 수를 세는 문제이다.

조건 정리

주어진 물질은 에텐 C_2H_4과 옥살레이트 이온 $C_2O_4^{2-}$이다.
구해야 할 값은 두 종에 존재하는 π 결합 수의 총합이다.
주의할 조건은 이중결합 1개가 π 결합 1개를 뜻한다는 점과, 카복실레이트의 공명도 π 결합 수를 없애지 않는다는 점이다.

사용할 공식

원리는 이중결합 1개 = σ 결합 1개 + π 결합 1개이다.
이 원리를 쓰는 이유는 에텐과 옥살레이트 이온 모두 결합 차수를 직접 세면 π 결합 수를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 에텐 C_2H_4는 $CH_2 = CH_2$ 구조이므로 $C = C$ 이중결합 1개에서 π 결합 1개를 가진다.
2. 옥살레이트 이온 $C_2O_4^{2-}$는 두 개의 카복실레이트기를 가지며, 각 카복실레이트기마다 공명으로 표현되는 π 결합이 1개씩 있다.
3. 따라서 전체 π 결합 수는 $1 + 2 = 3$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 총합을 2개로 본 선택지이다. 에텐에서 이미 π 결합 1개가 있고, 옥살레이트 이온에서도 두 카복실레이트기로부터 π 결합 2개가 있으므로 합은 3개이다. 틀린 표현은 "총합이 2개"이고, 올바르게는 "총합이 3개"이다.
② O: 에텐의 $C=C$에서 π 결합 1개, 옥살레이트 이온의 두 카복실레이트기에서 π 결합 2개가 나와 총 3개가 된다.
③ X: 총합을 4개로 본 선택지이다. 이는 이중결합 하나를 π 결합 2개처럼 잘못 세거나 공명 구조를 중복 계산한 경우에 해당한다. 틀린 표현은 "총합이 4개"이고, 올바르게는 "총합이 3개"이다.
④ X: 총합을 6개로 본 선택지이다. 이는 이중결합의 σ 결합과 π 결합을 모두 π 결합처럼 합산한 오류에 가깝다. 틀린 표현은 "총합이 6개"이고, 올바르게는 "총합이 3개"이다.

오답 포인트

공명 구조가 여러 개 그려진다고 해서 π 결합 수까지 배로 세면 안 된다. 또한 이중결합 하나를 결합 두 개이므로 π도 두 개라고 착각하면 ③ 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

구조식 문제는 먼저 각 물질의 이중결합 개수를 세고, 그다음 이중결합 1개당 π 결합 1개라는 기준으로 합산하면 된다. 공명은 위치를 바꿔 그린 표현일 뿐 π 결합 개수를 새로 늘리는 것이 아니다.

암기 포인트

이중결합 1개당 π 1개, 카복실레이트 한 묶음당 π 1개로 정리된다.

NoteBase

문 7. 어떠한 용액에서 순수한 에탄올의 부피 퍼센트의 두 배 값을 proof라고 정의한다. 예를 들어, 어떠한 용액 속 95vol%(부피 퍼센트)의 에탄올은 190proof이다. 92proof의 에탄올/물 용액 속 에탄올의 몰농도는? (단, 에탄올의 밀도=0.80g/cm^3, 물의 밀도=1.0g/cm^3, 에탄올의 몰질량=46g/mol)

① 0.8 M

② 1.6 M

③ 8.0 M

④ 16 M

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 proof를 부피 퍼센트로 바꾼 뒤 용액 1 L 기준으로 에탄올의 몰농도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 92proof, 에탄올의 밀도 $0.80 g/cm^3$, 에탄올의 몰질량 $46 g/mol$이다.
구해야 할 값: 에탄올/물 용액 속 에탄올의 몰농도이다.
주의할 조건: proof는 에탄올 부피 퍼센트의 두 배이므로 92proof는 46vol%이다.

사용할 공식

proof/2 = 에탄올의 vol%
몰농도 M = 용질의 몰수 / 용액의 부피(L)이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 준 proof는 에탄올의 부피비를 뜻하므로 먼저 용액 1 L 속 에탄올 부피를 구해야 하고, 그다음 질량과 몰수로 바꾸어 몰농도를 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 92proof는 에탄올의 부피 퍼센트가 46%라는 뜻이므로 용액 $1L$ 속 에탄올의 부피는 $0.46L = 460cm^3$이다.
2. 에탄올의 질량은 $460cm^3 \times 0.80g/cm^3 = 368g$이다.
3. 에탄올의 몰수는 $368g \div 46g/mol = 8.0mol$이다.
4. 용액의 전체 부피는 $1.0L$이므로 몰농도는 $8.0mol \div 1.0L = 8.0M$이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2018 · 6월

선지 판단

1번 X: 0.8M는 46vol%를 460 mL가 아니라 46 mL로 잘못 읽었을 때의 값이다.
$46cm^3 \times 0.80g/cm^3 \div 46g/mol = 0.8mol$이므로 잘못된 값이고, 올바른 값은 8.0$M$이다.
2번 X: 1.6M는 92proof를 에탄올 92 mL로 잘못 해석했을 때의 값이다.
$92cm^3 \times 0.80g/cm^3 \div 46g/mol = 1.6mol$이지만, proof는 에탄올의 부피 퍼센트를 뜻하므로 올바른 값은 8.0M이다.
3번 O: 92proof = 46vol%이므로 용액 1 L 속 에탄올은 460 mL이고, 이를 몰수로 바꾸면 8.0 mol이다. 따라서 몰농도는 8.0M이므로 옳다.
4번 X: 16M는 92proof를 그대로 92vol%로 오해했을 때의 값이다.
$920cm^3 \times 0.80g/cm^3 \div 46g/mol = 16mol$이지만, proof는 vol%의 두 배이므로 올바르게는 46vol%를 써서 8.0M가 된다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 proof를 곧바로 vol%로 읽거나, 46vol%를 460 mL가 아니라 46 mL로 줄여 읽는 데 있다. 물의 밀도는 이 문제에서 몰농도를 구하는 데 직접 필요하지 않으므로 불필요한 값을 붙잡고 계산하면 오히려 흐름이 흔들린다.

다시 나오면 이렇게 판단

proof가 나오면 먼저 2로 나누어 vol%로 바꾸고, 용액 1 L를 기준으로 에탄올 부피를 잡은 뒤 질량, 몰수, 몰농도 순서로 계산하면 된다.

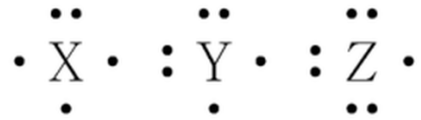
암기 포인트

proof는 vol%의 두 배이고, 몰농도는 용액 1 L 속 용질 몰수이다.

NoteBase

문 8. 임의의 2주기 원소 기호 X, Y, Z의 루이스 전자점식이 <보기>와 같을 때 <보기>에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① X는 최대 2개의 공유결합을 이룰 수 있다.

② 공유 전자쌍 수는 X_2가 Y_2보다 많다.

③ 비공유 전자쌍 수는 XZ_3가 YZ_2보다 적다.

④ Y_2에는 삼중 결합이 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 루이스 전자점식에서 원자가전자 수를 읽어 X, Y, Z를 각각 *N*, *O*, *F*로 대응시키고, 그에 따라 결합수와 공유 전자쌍 수를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X는 최대 2개의 공유결합을 이룰 수 있다. → X
X는 원자가전자 5개를 가진 N이므로 옥텟을 채우려면 보통 3개의 공유결합을 만든다. 틀린 표현은 "최대 2개"이고, 올바르게는 "최대 3개의 공유결합을 이룰 수 있다"이다.

② 공유 전자쌍 수는 X_2가 Y_2보다 많다. → O
X_2는 N_2이므로 삼중결합을 하여 공유 전자쌍이 3쌍이고, Y_2는 O_2이므로 이중결합을 하여 공유 전자쌍이 2쌍이다. 따라서 X_2가 Y_2보다 공유 전자쌍 수가 많다.

③ 비공유 전자쌍 수는 XZ_3가 YZ_2보다 적다. → X
XZ_3는 NF_3, YZ_2는 OF_2로 볼 수 있다. 분자 전체의 비공유 전자쌍 수를 세면 NF_3는 질소의 1쌍과 플루오린 3개의 9쌍을 합쳐 10쌍이고, OF_2는 산소의 2쌍과 플루오린 2개의 6쌍을 합쳐 8쌍이다. 틀린 표현은 "적다"이고, 올바르게는 "XZ_3가 YZ_2보다 많다"이다.

④ Y_2에는 삼중 결합이 있다. → X
Y는 원자가전자 6개를 가진 O이므로 O_2에서는 이중결합이 형성된다. 틀린 표현은 "삼중 결합"이고, 올바르게는 "이중결합"이다.

오답 포인트

루이스 전자점식의 점 개수만 보고 막연히 결합 수를 추정하면 ①과 ④에서 흔들리기 쉽다. 또한 ③은 중심 원자만 보지 말고 분자식 전체의 비공유 전자쌍을 합산해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 점 개수로 원자가전자 수를 읽어 2주기 원소를 확정한 뒤, 이원자 분자는 옥텟을 채우는 데 필요한 공유 전자쌍 수를 계산한다. 분자 전체의 비공유 전자쌍을 묻는 선지는 중심 원자와 말단 원자의 고립전자쌍을 모두 합산해 비교한다.

암기 포인트

2주기에서 N은 보통 3결합, O는 2결합, F는 1결합을 만든다. 따라서 N_2는 삼중결합, O_2는 이중결합이다.

NoteBase

문 9. 25°C에서 0.4M CH_3COOH(aq) 500mL와 0.1M CH_3COONa(aq) 500mL를 혼합할 때, 이 혼합 수용액의 pH는? (단, 25°C에서 CH_3COOH의 pKa=4.74이고 log2=0.3이다.)

① 4.14

② 4.34

③ 4.74

④ 5.04

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 아세트산-아세트산나트륨 완충용액에서 Henderson-Hasselbalch 식으로 혼합 후 pH를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 0.4 M 아세트산 500 mL, 0.1 M 아세트산나트륨 500 mL, $pK_a = 4.74$, $\log 2 = 0.3$이다.
구해야 할 값: 혼합 수용액의 pH이다.
주의할 조건: 완충용액은 혼합 후 농도 자체보다 산과 짝염기의 몰수비 $\frac{[A^-]}{[HA]}$를 정확히 잡는지가 핵심이다.

사용할 공식

$pH = pK_a + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 약산인 아세트산과 그 짝염기인 아세트산 이온이 함께 존재하는 완충용액이므로 완충식으로 바로 pH를 구할 수 있다.

계산 과정

1. 아세트산의 몰수는 $0.4 \times 0.5 = 0.20\text{mol}$이다.
2. 아세트산 이온의 몰수는 $0.1 \times 0.5 = 0.05\text{mol}$이다.
3. 따라서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{0.05}{0.20} = \frac{1}{4}$이다. 두 용액을 같은 부피만큼 섞었으므로 농도비는 몰수비와 같다.
4. $\log\frac{1}{4} = -\log 4 = -2\log 2 = -0.6$이다.
5. $pH = 4.74 - 0.6 = 4.14$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 4.14이므로 옳다.

② X: 4.34는 $\log \frac{1}{4}$의 음수 크기를 작게 잡거나 비율 계산을 부정확하게 했을 때 나오는 값이다. 틀린 수치 4.34 → 올바르게는 pH는 4.14이다.

③ X: 4.74는 $[A^-] = [HA]$일 때만 성립하여 $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_a$가 되는 경우의 값이다. 이 문제는 산이 짝염기보다 4배 많으므로 해당하지 않는다. 틀린 수치 4.74 → 올바르게는 pH는 4.14이다.

④ X: 5.04는 짝염기가 더 많다고 착각하여 0.3을 더하는 방향으로 계산했을 때 가까워지는 값이다. 실제로는 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{1}{4}$이므로 pH는 $\mathrm{p}K_a$보다 작다. 틀린 수치 5.04 → 올바르게는 pH는 4.14이다.

오답 포인트

혼합 후 총부피가 1.0 L가 된다는 사실에만 끌려 절대 농도를 다시 계산하려 하거나, $\frac{[A^-]}{[HA]}$를 $\frac{[HA]}{[A^-]}$로 뒤집는 실수가 자주 나온다. 또한 $\log \frac{1}{4}$를 -0.3이나 $+0.3$으로 잘못 처리하면 ②, ④ 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

약산과 그 염을 섞는 문제는 먼저 산 몰수와 짝염기 몰수를 구한 뒤 $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$에 대입한다. 짝염기 비가 1보다 작으면 pH는 $\mathrm{p}K_a$보다 작아지고, 1이면 같아진다.

암기 포인트

완충용액은 pH=pK_a+짝염기약산이며, 짝염기:약산이 1 : 4이면 $\log \frac{1}{4} = -0.6$이 되어 pH는 $\mathrm{p}K_a$보다 0.6만큼 작아진다.

NoteBase

문 10. <보기>에 제시한 엔탈피(enthalpy) 자료를 보고 25°C에서 7.00 g의 질소 기체 (N_2)가 과량의 수소 기체 (H_2)와 반응하여 암모니아 기체 (NH_3)를 생성할 때 발생하는 열을 계산한 것으로 가장 옳은 것은? (단, H, N의 원자량은 각각 1.0, 14.0이다.)

<보기>
결합엔탈피 ($N \equiv N$) = 941kJ/mol
결합엔탈피 ($H - H$) = 436kJ/mol
결합엔탈피 ($N - H$) = 393kJ/mol

① 27kJ/mol
② 56kJ/mol
③ 109kJ/mol
④ 112kJ/mol

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 결합엔탈피로 반응엔탈피를 구한 뒤, 7.00 g의 질소 기체에 해당하는 실제 발생열을 환산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 반응은 $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$이다.
주어진 값은 결합엔탈피 $N \equiv N = 941$, $H - H = 436$, $N - H = 393$kJ/mol이다.
질소 기체 7.00 g은 $7.00/28.0 = 0.250$ mol이다.
구해야 할 값은 0.250 mol의 N_2가 반응할 때 방출하는 열의 크기이다.

사용할 공식

반응엔탈피는 Δ H = Σ (끊는 결합의 결합엔탈피) - Σ (생성되는 결합의 결합엔탈피)로 계산한다.
결합엔탈피는 결합을 끊는 데 필요한 에너지와 결합이 형성될 때 방출되는 에너지의 차이로 반응열을 구하는 방식이므로 이 공식을 쓴다.

NoteBase

계산 과정

1. 반응물에서 끊는 결합의 총합은 $1 \times 941 + 3 \times 436 = 2249\text{kJ/mol}$이다.
2. 생성물에서 만들어지는 결합의 총합은 $2 \times 3 \times 393 = 2358\text{kJ/mol}$이다.
3. 따라서 1 mol의 N_2가 반응할 때 $\Delta H = 2249 - 2358 = -109\text{kJ/mol}$이다.
4. 문제의 질소는 0.250 mol이므로 발생열의 크기는 $0.250 \times 109 = 27.25\text{ kJ}$이다.
5. 따라서 수치상 가장 옳은 값은 27이다.

선지 판단

1번 O: 반응엔탈피의 크기 109kJ/mol에 질소의 실제 몰수 0.250 mol을 곱하면 27.25 kJ가 된다. 따라서 27에 해당하는 1번이 맞다.
2번 X: 56은 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 56이라는 수치이며, 올바르게는 7.00 g의 N_2 기준 발생열의 크기가 약 27 kJ이다. 56은 반응물 계수나 몰수 환산을 중간에 잘못 처리하면 나올 수 있는 오답이다.
3번 X: 109는 1 mol의 N_2가 반응할 때의 반응엔탈피 크기이다. 틀린 표현은 7.00 g의 질소에 그대로 109를 적용한 점이며, 올바르게는 0.250 mol만 반응하므로 약 27 kJ가 된다.
4번 X: 112는 $2249 - 2358$의 산술 차이를 잘못 구하거나 반응엔탈피의 크기만 어림잡아 적용한 값이다. 틀린 표현은 112라는 수치이며, 올바르게는 1 mol N_2 기준 109kJ/mol, 7.00 g 기준 약 27 kJ이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 반응엔탈피를 1 mol 반응 기준으로 구한 값과 실제 주어진 질량 기준 발생열을 구분하지 못하는 데 있다. 109kJ/mol을 구하고 끝내면 3번으로 끌리기 쉽고, 부호를 열의 크기로 바꾸는 과정이나 몰수 환산을 빼먹어도 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

결합엔탈피 문제는 반응식 계수를 먼저 맞춘 뒤 끊는 결합과 생성되는 결합을 나누어 ΔH를 구하고, 마지막에 실제 주어진 몰수나 질량으로 다시 환산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

결합엔탈피는 끊는 결합의 합에서 생성 결합의 합을 뺀다. 실제 발생열은 이렇게 구한 mol당 반응열에 실제 반응 몰수를 곱해 정한다.

NoteBase

문 11. 분자궤도함수 이론을 이용하여 분자궤도함수 에너지준위를 그렸을 때 가장 옳은 것은?

① O_2와 NO 모두 상자기성(paramagnetic)이다.

② O_2의 결합세기는 NO의 결합세기보다 강하다.

③ NO^+와 CN^-는 모두 상자기성이지만 결합차수는 다르다.

④ NO의 이온화 에너지는 NO^+의 이온화 에너지보다 크다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 분자궤도함수 이론으로 O2, NO, NO+, CN-의 자기성, 결합차수, 이온화 에너지의 상대적 크기를 비교할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

O2는 가전자 12개를 가져 π_{2p}^*에 홀전자 2개가 남는 상자기성 분자이다.
NO는 가전자 11개를 가져 π^*에 홀전자 1개가 남는 상자기성 분자이다.
NO+와 CN-는 모두 가전자 10개의 등전자종이므로 반자기성이며 결합차수는 3이다.

선지별 해설

1번 O: O2는 π_{2p}^*에 홀전자 2개, NO는 π^*에 홀전자 1개가 있어 둘 다 상자기성이다.
2번 X: 틀린 부분은 'O2의 결합세기는 NO의 결합세기보다 강하다'이다. 실제로는 O2의 결합차수가 2, NO의 결합차수가 2.5이므로 NO의 결합이 더 강하다.
3번 X: 틀린 부분은 'NO+와 CN-는 모두 상자기성이지만 결합차수는 다르다'이다. 실제로는 NO+와 CN-가 모두 10전자 등전자종이므로 둘 다 반자기성이며 결합차수도 3으로 같다.
4번 X: 틀린 부분은 'NO의 이온화 에너지는 NO+의 이온화 에너지보다 크다'이다. 실제로는 NO에서 전자를 하나 떼는 것보다, 이미 전자를 하나 잃은 NO+에서 전자를 더 떼는 것이 더 어렵다. 따라서 NO의 이온화 에너지가 NO+의 이온화 에너지보다 작다.

오답 포인트

결합세기와 자기성을 한 번에 외우려 하면 2번과 3번에서 흔들린다. 이 문항은 전하 부호를 보고 성질을 추정하는 문제가 아니라, 총 전자 수를 세어 홀전자 수와 결합차수를 직접 확인하는 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

분자궤도 문제는 먼저 총 가전자 수를 세고, 다음으로 홀전자 수로 자기성을 판단하며, 결합차수 $(N_b - N_a)/2$로 결합세기를 비교한다. 이온화 에너지는 가장 바깥 전자가 반결합 전자인지와 양전하를 띤 종인지까지 함께 본다.

NoteBase

암기 포인트

홀전자가 있으면 상자기성이고, 결합차수가 클수록 결합이 강하며, 반결합 전자를 제거하면 분자가 더 안정해진다.

NoteBase

문 12. C_4H_{10} **기체 1 L를 완전 연소시키는 데 필요한 공기의 부피는? (단, 산소는 공기 중에 부피비율 20%로 존재한다.)**

① 6.5 L

② 13 L

③ 19.5 L

④ 32.5 L

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 완전 연소 반응식의 계수비를 기체 부피비에 적용한 뒤 공기 중 산소의 부피분율로 전체 공기 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: C_4H_{10} 1 L
구해야 할 값: 완전 연소에 필요한 공기의 부피
주의할 조건: 산소는 공기 중에 부피비 20%로 존재한다.

사용할 공식

연소 반응식은 $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$이다.
같은 온도와 압력에서 기체의 부피비는 반응식의 계수비와 같으므로, 먼저 필요한 산소의 부피를 계수비로 구한 다음 공기 중 산소 비율 20%를 적용해 전체 공기 부피로 바꾼다.

계산 과정

반응식에서 $2L$의 C_4H_{10}에 $13L$의 O_2가 필요하다.
따라서 $1L$의 C_4H_{10}에 필요한 산소는 $13 \div 2 = 6.5L$이다.
공기 중 산소가 20%이므로 필요한 공기 부피는 $6.5 \div 0.20 = 32.5L$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 6.5 L는 필요한 산소의 부피일 뿐 공기의 부피가 아니다. 틀린 표현은 최종 공기량을 산소량으로 쓴 점이며, 올바르게는 공기 32.5 L가 필요하다.
2번 X: 13 L는 반응식의 산소 계수를 부탄 1 L에 그대로 대응시킨 값이다. 틀린 표현은 반응식이 $2L$의 부탄 기준이라는 점을 무시한 것이며, 올바르게는 부탄 1 L에 산소 6.5 L가 필요하고 공기로는 32.5 L이다.
3번 X: 19.5 L는 산소량 6.5 L에 3을 곱한 값으로 공기 중 산소 비율을 잘못 적용한 결과이다. 틀린 표현은 산소 20%를 전체 공기량으로 환산할 때 5배가 아니라 3배로 본 점이며, 올바르게는 $6.5 \div 0.20 = 32.5L$이다.
4번 O: 부탄 1 L에 필요한 산소는 6.5 L이고, 산소가 공기의 20%이므로 전체 공기 부피는 32.5 L가 된다.

오답 포인트

산소량과 공기량을 구분하지 않으면 6.5 L에서 멈추기 쉽다. 또 반응식의 13을 그대로 쓰거나 20%를 0.2가 아니라 막연한 배수로 처리하면 13 L나 19.5 L 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소 기체량 문제는 반응식 계수로 필요한 산소 부피를 먼저 구하고, 공기 조성 비율로 나누어 전체 공기 부피로 환산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

완전 연소 공기량은 반응식으로 구한 산소량을 공기 중 산소의 부피분율로 나눈 값이다.

NoteBase

문 13. 0.1M NaOH 수용액의 하이드로늄이온 H_3O^+의 농도는? (단, 온도는 25°C이다.)

① 1.0×10^{-14}M

② 1.0×10^{-13}M

③ 1.0×10^{-12}M

④ 1.0×10^{-7}M

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 25°C에서의 이온곱 K_w와 강염기 NaOH의 해리로부터 $[H_3O^+]$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 0.1 M NaOH 수용액, 25°C
구해야 할 값: 하이드로늄이온 $[H_3O^+]$의 농도
주의할 조건: NaOH는 강염기이므로 $[OH^-]$를 0.1 M로 본다.

사용할 공식

25°C에서 물의 이온곱은 $[H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 $[OH^-]$를 NaOH 농도로 바로 알 수 있으므로, 이온곱으로 $[H_3O^+]$를 역산할 수 있다.

계산 과정

NaOH는 강염기이므로 $[OH^-] = 0.1 = 1.0 \times 10^{-1}M$이다.
따라서
$[H_3O^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-1}} = 1.0 \times 10^{-13}M$
계산 결과 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-13}M$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $1.0 \times 10^{-14} M$는 물의 이온곱 값 자체를 그대로 적은 값이다. $[OH^-] = 0.1M$로 나누는 단계가 빠졌다. 틀린 표현은 "$[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-14} M$"이고, 올바르게는 "$[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-13} M$"이다.
2번 O: $[H_3O^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{0.1} = 1.0 \times 10^{-13} M$이므로 맞다.
3번 X: $1.0 \times 10^{-12} M$는 지수를 한 자리 잘못 옮긴 오답이다. 0.1은 10^{-1}이므로 나누면 지수가 한 단계만 커져야 한다. 틀린 표현은 "$1.0 \times 10^{-12} M$"이고, 올바르게는 "$1.0 \times 10^{-13} M$"이다.
4번 X: $1.0 \times 10^{-7} M$는 중성 물에서의 $[H_3O^+]$이다. NaOH가 들어간 염기성 용액에서는 이보다 훨씬 작아야 한다. 틀린 표현은 "중성일 때의 $[H_3O^+]$를 그대로 적용한 값"이고, 올바르게는 "NaOH 농도를 반영한 $1.0 \times 10^{-13} M$"이다.

오답 포인트

이온곱 1.0×10^{-14}를 $[H_3O^+]$ 값으로 착각하거나, 0.1을 10^{-1}로 바꾸는 과정에서 지수를 한 자리 잘못 처리하면 틀린다. 4번처럼 중성 수용액의 10^{-7}을 기계적으로 대입하는 실수도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

강산·강염기 수용액의 $[H_3O^+]$ 또는 $[OH^-]$를 묻으면 먼저 해리로 한쪽 이온 농도를 정하고, 25℃에서는 $[H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$를 적용해 다른 쪽 농도를 구한다.

암기 포인트

25℃에서 $K_w = 10^{-14}$이고, 강염기 용액에서는 $[H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$이다.

NoteBase

문 14. 대기 중에 이산화탄소의 양이 100년 동안 4배 증가하였다고 가정하자. 현재의 산성비의 pH가 5.0이라고 할 때, 현재와 같은 온도에서 100년 전 H^+의 농도는? (단, 대기 중 물과 이산화탄소에 의해서 발생된 H_2CO_3만 산성비의 pH에 영향을 준다고 가정하고, $H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H^+(aq)$의 평형상수($K_a$)는 5.0×10^{-8}이다.)

① 1.0×10^{-6}M

② 2.0×10^{-6}M

③ 5.0×10^{-6}M

④ 2.0×10^{-5}M

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 약산 평형식과 $[H^+] \propto \sqrt{C}$ 관계를 이용해 100년 전 수소 이온 농도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 현재 산성비의 pH = 5.0, 따라서 현재 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-5}$M이다.
주어진 값: CO_2 양은 100년 전이 현재의 1/4이다.
주어진 값: $H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H^+(aq)$, $K_a = 5.0 \times 10^{-8}$이다.
구해야 할 값: 100년 전 $[H^+]$이다.
주의할 조건: 약산에서는 산의 총농도가 1/4로 줄어도 $[H^+]$는 1/4가 아니라 제곱근 비율로 변한다.

사용할 공식

$K_a = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$
탄산만 산성비의 산도를 결정하므로 해리로 생기는 $[HCO_3^-]$와 $[H^+]$는 같다고 둘 수 있다. 따라서 초기 탄산 농도를 C, 평형에서의 $[H^+]$를 x라 두면 $K_a = \frac{x^2}{C-x}$가 된다.
현재와 100년 전의 온도가 같고 같은 약산 평형을 따르므로 $[H^+]$는 탄산의 총농도 C의 제곱근에 비례한다.

계산 과정

1. 현재 pH = 5.0이므로 [H^+]_현재=1.0 × 10^-5 M이다.
2. 현재 탄산의 총농도는 C_현재 ≈ (x^2)/(K_a)=((1.0 × 10^-5)^2)/(5.0 × 10^-8)=2.0 × 10^-3 M이다.
3. 100년 전에는 CO_2 양이 현재의 1/4이므로 C_100=(1)/(4)C_현재=5.0 × 10^-4 M이다.
4. 따라서 100년 전의 $[H^+]$를 x라 하면
$x \approx \sqrt{K_a C_{100}} = \sqrt{(5.0 \times 10^{-8})(5.0 \times 10^{-4})} = \sqrt{2.5 \times 10^{-11}} = 5.0 \times 10^{-6}$M이다.
5. 정확식을 써도 $\frac{x^2}{5.0 \times 10^{-4} - x} = 5.0 \times 10^{-8}$에서 $x \approx 4.99 \times 10^{-6}$M이므로 선택지는 5.0×10^{-6}M이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 1.0×10^{-6}M는 너무 작은 값이다. 이 값이면 현재보다 $[H^+]$가 1/10로 줄었다는 뜻인데, 문제 조건은 탄산 농도가 1/4로 줄어든 경우이다. 약산에서는 $[H^+]$가 농도에 정비례하지 않고 제곱근에 비례하므로 틀린 표현은 최종 농도값이다. 올바르게는 5.0×10^{-6}M이다.
② X: 2.0×10^{-6}M도 작다. 이 값은 탄산 농도 감소를 지나치게 크게 반영한 결과이다. $[H^+]$는 현재값 1.0×10^{-5}M의 절반이 되어야 하므로 틀린 표현은 최종 농도값이다. 올바르게는 5.0×10^{-6}M이다.
③ O: 탄산 농도가 현재의 1/4이면 약산 평형에서 $[H^+]$는 $\sqrt{1/4} = 1/2$배가 된다. 따라서 현재 1.0×10^{-5}M의 절반인 5.0×10^{-6}M가 맞다.
④ X: 2.0×10^{-5}M는 현재값보다 오히려 크다. 100년 전은 대기 중 CO_2가 더 적은 상황이므로 $[H^+]$가 커질 수 없다. 틀린 표현은 증가 방향과 최종 농도값이다. 올바르게는 5.0×10^{-6}M이다.

오답 포인트

대기 중 CO_2 양이 1/4로 줄면 $[H^+]$도 1/4로 줄 것이라고 직선적으로 생각하면 틀린다. 약산 평형에서는 $[H^+]$가 총농도의 제곱근에 비례하므로 농도비를 먼저 보고 그다음 제곱근 비율로 바꾸어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

약산 평형 계산 문제는 먼저 pH로 현재 $[H^+]$를 구하고, $K_a = \frac{x^2}{C-x}$에서 $[H^+]$와 총농도의 관계를 확인한 뒤, 총농도 변화가 있으면 $[H^+]$가 그 제곱근 비율로 변하는지 점검하면 된다.

암기 포인트

같은 약산, 같은 온도에서는 총농도 1/4배가 $[H^+]$ 1/2배로 이어진다.

NoteBase

문 15. 35.5 g의 고체 Na_2SO_4(몰질량: $142 g/mol$)와 180 g의 물(몰질량: $18 g/mol$)을 온도 T에서 섞었을 때 용액의 증기압은? (단, 온도 T에서 순수한 물의 증기압은 $\frac{1}{20}$atm이다. 용액은 라울의 법칙(Raoult's law)을 만족하고, Na_2SO_4은 수용액에서 모두 해리된다고 가정한다.)

① $\frac{2}{43}$atm
② $\frac{1}{21}$atm
③ $\frac{2}{41}$atm
④ $\frac{1}{20}$atm

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 라울의 법칙에서 용매의 몰분율을 구할 때 전해질의 해리까지 반영할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: Na2SO4 35.5 g, 몰질량 142g/mol, 물 180 g, 물의 몰질량 18g/mol, 순수한 물의 증기압 $\frac{1}{20}$ atm이다.
구해야 할 값: 용액의 증기압이다.
주의할 조건: Na2SO4는 수용액에서 모두 해리되므로 입자수는 3배로 계산된다.

사용할 공식

라울의 법칙은 $P = X_{H_2O} P^{\circ}_{H_2O}$이다.
여기서 $X_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_{H_2O} + n_{\text{solute particles}}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 용액이 라울의 법칙을 만족한다고 주어졌고, 비휘발성 용질 Na2SO4의 해리로 인해 물의 몰분율이 감소하기 때문이다.

계산 과정

1. Na2SO4의 몰수는 $\frac{35.5}{142} = 0.25$ mol이다.
2. 물의 몰수는 $\frac{180}{18} = 10$ mol이다.
3. Na2SO4는 $2Na^+ + SO_4{}^{2-}$로 모두 해리되므로 용질 입자수는 $0.25 \times 3 = 0.75$ mol이다.
4. 물의 몰분율은 $X_{H_2O} = \frac{10}{10 + 0.75} = \frac{10}{10.75} = \frac{40}{43}$이다.
5. 용액의 증기압은 $P = \frac{40}{43} \times \frac{1}{20} = \frac{2}{43}$ atm이다.

NoteBase

선지별 해설

1번(O): 계산 결과가 $\frac{2}{43}$ atm이므로 맞다.
2번(X): 틀린 값은 $\frac{1}{21}$ atm이다. 이 값은 Na2SO4가 두 개의 입자만 만드는 것처럼 계산할 때 나오며, 올바르게는 Na2SO4 1몰이 3개의 이온 입자를 만든다. 따라서 올바른 값은 $\frac{2}{43}$ atm이다.
3번(X): 틀린 값은 $\frac{2}{41}$ atm이다. 이 값은 Na2SO4의 해리를 무시하고 용질 몰수를 0.25 mol 그대로 더할 때 나온다. 올바르게는 해리 후 입자수 0.75 mol을 써서 $\frac{2}{43}$ atm이 된다.
4번(X): 틀린 값은 $\frac{1}{20}$ atm이다. 이는 순수한 물의 증기압 그대로로, 용질이 들어가도 증기압이 낮아지지 않는다고 본 값이다. 올바르게는 용매의 몰분율이 1보다 작아지므로 증기압은 $\frac{1}{20}$ atm보다 작고 실제 값은 $\frac{2}{43}$ atm이다.

오답 포인트

Na2SO4의 해리를 반영하지 않거나, 해리된 이온 수를 2개로 잘못 세면 오답이 된다. 이 문제의 함정은 용질의 몰수가 아니라 용액 속 전체 용질 입자수를 분모에 넣어야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

증기압 내림 계산은 먼저 용질과 용매의 몰수를 구하고, 전해질이면 해리 후 입자수로 바꾼 다음, 용매의 몰분율을 구해 라울의 법칙에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

라울의 법칙에서는 증기압이 용매의 몰분율에 비례하고, 전해질은 해리된 입자수만큼 용매의 몰분율을 더 크게 낮춘다.

NoteBase

문 16. 질량 백분율이 20%인 아세트산 CH_3COOH 수용액 A의 밀도는 dg/mL이다. 100mL의 수용액 A를 묽혀 수용액 B 250mL를 만들었다. 수용액 B에서 CH_3COOH의 몰농도는? (단, CH_3COOH의 분자량은 60이다.)

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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 질량 백분율과 밀도를 이용해 용질의 몰수를 구한 뒤, 희석 후 부피로 나누어 몰농도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수용액 A의 질량 백분율은 20%, 밀도는 dg/mL, 사용한 부피는 100 mL이다.
구해야 할 값: 수용액 B에서 CH_3COOH의 몰농도이다.
주의할 조건: 질량 백분율은 질량 기준이므로 먼저 100 mL 용액의 질량을 밀도로 바꾸어야 하고, 최종 부피 250 mL는 $0.25L$로 바꾸어야 한다.

사용할 공식

용액의 질량 = 밀도 × 부피, 용질의 질량 = 질량 백분율 × 용액의 질량, 몰농도 M=용질의 몰수용액의 부피(L)이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 농도 단위가 질량 백분율로 주어졌으므로 바로 몰농도를 쓸 수 없고, 먼저 용질 질량과 몰수를 구한 뒤 희석된 전체 부피로 나누어야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 100 mL의 수용액 A의 질량은 $100dg$이다.
2. 그중 아세트산의 질량은 $100d \times 0.20 = 20dg$이다.
3. 아세트산의 몰수는 $\frac{20d}{60} = \frac{d}{3}mol$이다.
4. 희석 후 수용액 B의 부피는 $250mL = 0.25L$이다.
5. 따라서 몰농도는 $\frac{d/3}{0.25} = \frac{4d}{3}M$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{3}{4d}M$은 정답 $\frac{4d}{3}M$의 역수 형태로 뒤집힌 값이다. 밀도로 질량을 구한 뒤 몰수를 부피로 나누어야 하는데, 이 관계를 거꾸로 처리한 값이다. 올바르게는 $\frac{4d}{3}M$이다.
② X: $\frac{4}{3d}M$은 밀도 d를 분자에 두어야 할 자리에 분모로 넣은 값이다. 100 mL 용액의 질량은 $100dg$이므로 몰농도는 d에 비례한다. 올바르게는 $\frac{4d}{3}M$이다.
③ X: $\frac{3d}{4}M$은 희석 후 부피 250 mL 처리나 분수 계산에서 계수를 잘못 정리한 값이다. $\frac{d}{3}$ mol을 $0.25L$로 나누면 $\frac{4d}{3}M$가 되어야 한다. 올바르게는 $\frac{4d}{3}M$이다.
④ O: 100 mL 용액의 질량을 $100dg$로 바꾸고, 그중 20%인 아세트산 질량을 몰수로 환산한 뒤 0.25 L로 나누면 $\frac{4d}{3}M$가 된다.

오답 포인트

질량 백분율을 부피 백분율처럼 다루거나, 밀도 d를 분모에 두는 실수가 자주 나온다. 또 250 mL를 그대로 250으로 두고 나누면 몰농도 단위가 맞지 않으므로 반드시 $0.25L$로 바꾸어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

질량 백분율과 밀도가 함께 나오면 먼저 용액 전체 질량을 구하고, 그다음 용질 질량과 몰수를 구한 뒤, 마지막에 최종 부피를 L 단위로 바꾸어 몰농도를 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

질량% 문제는 질량으로 바꾼 뒤 몰수로, 몰농도는 마지막에 mol/L로 정리하는 구조이다.

NoteBase

문 17. 다음 중 헨리의 법칙(Henry’s law)에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 기체의 용해도에 대한 법칙이다.

② 용액의 증기압에 대한 법칙이다.

③ 액체의 끓는점에 대한 법칙이다.

④ 고체의 녹는점에 대한 법칙이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 헨리의 법칙이 무엇을 설명하는지, 즉 기체의 용해도와 압력의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

헨리의 법칙은 일정한 온도에서 액체에 녹는 기체의 양이 그 기체의 부분 압력에 비례한다는 법칙이다.
핵심 키워드는 기체, 용해도, 부분 압력이다.
증기압, 끓는점, 녹는점과 구별하는지가 판단 기준이다.

선지별 해설

① O: 헨리의 법칙은 액체에 녹는 기체의 용해도를 설명하는 법칙이므로 옳다. 압력이 커질수록 기체의 용해도도 커진다.
② X: 틀린 부분은 "용액의 증기압"이다. 올바르게는 "용액의 증기압은 라울의 법칙으로 설명한다"이다. 헨리의 법칙은 용액의 증기압이 아니라 액체 속 기체의 용해와 압력의 관계를 다룬다.
③ X: 틀린 부분은 "액체의 끓는점"이다. 올바르게는 "액체의 끓는점은 증기압이 외부 압력과 같아지는 온도와 관련된다"이다. 헨리의 법칙은 끓는점 변화가 아니라 기체의 용해도를 설명한다.
④ X: 틀린 부분은 "고체의 녹는점"이다. 올바르게는 "고체의 녹는점은 고체와 액체의 상평형으로 결정된다"이다. 헨리의 법칙은 고체의 녹는점이 아니라 액체에 녹는 기체의 양을 다루는 법칙이다.

오답 포인트

헨리의 법칙, 라울의 법칙, 끓는점·녹는점 개념을 모두 용액의 성질이라는 이유로 한 범주로 묶어 버리면 오답이 된다. 특히 ②의 "증기압"은 라울의 법칙과 연결되는 대표 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

법칙 이름이 나오면 먼저 무엇 사이의 관계를 설명하는지부터 확인한다. 헨리의 법칙은 "기체의 부분 압력-기체의 용해도"를 연결하면 바로 판단할 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

헨리의 법칙은 기체의 용해도, 라울의 법칙은 용액의 증기압이다.

NoteBase

문 18. 같은 몰수의 벤젠과 톨루엔이 섞인 액체 혼합물이 30°C에서 그 증기와 평형상태에 있다. 이 용액이 이상용액일 때, 톨루엔 증기의 몰분율은? (단, 30°C에서 순수한 벤젠과 톨루엔의 증기압은 각각 120mmHg 및 40mmHg으로 가정한다.)

① 0.25

② 0.50

③ 0.75

④ 1.00

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상용액에서 라울의 법칙을 적용해 기상 조성, 즉 톨루엔 증기의 몰분율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 액상에서 벤젠과 톨루엔의 몰수는 같으므로 액상 몰분율은 각각 0.50이다.
- 30°C에서 순수한 벤젠의 증기압은 120 mmHg, 순수한 톨루엔의 증기압은 40 mmHg이다.

구해야 할 값:
- 기상에서 톨루엔의 몰분율

주의할 조건:
- 이상용액이므로 각 성분의 부분증기압은 $P_i = x_i P_i^*$를 따른다.

사용할 공식

$P_{\text{benzene}} = x_{\text{benzene}} P^*_{\text{benzene}}, \quad P_{\text{toluene}} = x_{\text{toluene}} P^*_{\text{toluene}}$

$y_{\text{toluene}} = \frac{P_{\text{toluene}}}{P_{\text{total}}}$

이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 이상용액이라고 주어졌으므로 액상 조성으로 각 성분의 부분증기압을 구한 뒤, 그 비로 기상 몰분율을 정할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 액상 조성은 벤젠 0.50, 톨루엔 0.50이다.
2. 벤젠의 부분증기압은 $0.50 \times 120 = 60\text{mmHg}$이다.
3. 톨루엔의 부분증기압은 $0.50 \times 40 = 20\text{mmHg}$이다.
4. 전체 증기압은 $60 + 20 = 80\text{mmHg}$이다.
5. 따라서 톨루엔 증기의 몰분율은 $20/80 = 0.25$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 톨루엔 증기의 몰분율은 0.25이므로 맞다.

② X
- 0.50은 액상 몰분율을 기상 몰분율과 같다고 본 값이다. 기상 조성은 각 성분의 증기압 차이를 반영하므로 틀리다. 올바르게는 톨루엔 증기의 몰분율이 0.25이다.

③ X
- 0.75는 오히려 기상에서 벤젠의 몰분율에 해당한다. 벤젠이 더 휘발성이 크므로 기상에서 더 많아지고, 톨루엔은 그 나머지인 0.25가 된다. 올바르게는 톨루엔 증기의 몰분율이 0.25이다.

④ X
- 1.00은 기상이 전부 톨루엔이라는 뜻인데, 실제로는 벤젠도 60mmHg의 부분증기압을 가져 함께 기화한다. 따라서 틀리며, 올바르게는 톨루엔 증기의 몰분율이 0.25이다.

오답 포인트

액상에서 몰수가 같다는 조건을 보고 기상 몰분율도 0.50이라고 바로 두기 쉽다. 그러나 이상용액의 기상 조성은 액상 몰분율 자체가 아니라 $x_i P_i^*$의 상대적 크기로 정해진다. 증기압이 큰 벤젠이 기상에 더 많이 들어간다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상용액의 기상 조성을 묻는 문제는 먼저 액상 몰분율을 정하고, 다음에 라울의 법칙으로 각 부분증기압을 구한 뒤, 마지막에 전체 증기압으로 나누어 원하는 성분의 기상 몰분율을 계산한다.

암기 포인트

이상용액에서 기상 조성은 액상 조성이 아니라 $x_i P_i^*$의 비로 정해지며, 증기압이 큰 성분이 기상에 더 풍부하다.

NoteBase

문 19. 분자 기하 구조가 같은 것끼리 짝지은 것으로 가장 옳지 않은 것은?

① $BeCl_2$, C_2H_2

② BF_3, NO_3^-

③ CH_4, SO_3^{2-}

④ NH_3, H_3O^+

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 중심 원자의 전자영역 수와 비공유전자쌍 유무로 분자 기하 구조를 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

분자 기하 구조는 중심 원자 주위의 결합 전자쌍과 비공유전자쌍 배열로 결정된다.
선형은 중심 원자에서 결합 방향이 2개인 구조이다.
평면 삼각형은 전자영역이 3개이고 비공유전자쌍이 없는 구조이다.
정사면체는 전자영역이 4개이고 비공유전자쌍이 없는 구조이다.
삼각뿔형은 전자영역이 4개이지만 그중 1개가 비공유전자쌍인 구조이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
$BeCl_2$는 중심 원자 Be에 결합이 2개이고 비공유전자쌍이 없어 선형이다. C_2H_2도 각 탄소를 기준으로 결합 방향이 직선으로 배열되어 전체 골격이 선형이므로 같은 분자 기하 구조끼리 묶은 것이 맞다.

② O
BF_3는 중심 원자 B 주위에 전자영역이 3개이고 비공유전자쌍이 없어 평면 삼각형이다. NO_3^-도 중심 원자 N 주위에 결합 방향이 3개인 평면 삼각형이므로 같은 구조이다.

③ X
틀린 부분은 CH_4와 SO_3^{2-}를 같은 분자 기하 구조로 본 점이다. CH_4는 중심 원자 C 주위에 전자영역 4개가 모두 결합쌍이어서 정사면체이다. SO_3^{2-}는 중심 원자 S 주위에 결합 3개와 비공유전자쌍 1개가 있어 전자영역 배열은 정사면체이지만 분자 기하는 삼각뿔형이다. 올바르게는 CH_4는 정사면체, SO_3^{2-}는 삼각뿔형으로 서로 다르다.

④ O
NH_3는 결합 3개와 비공유전자쌍 1개를 가져 삼각뿔형이다. H_3O^+도 중심 원자 O에 결합 3개와 비공유전자쌍 1개가 남아 있어 삼각뿔형이므로 같은 구조이다.

오답 포인트

③에서 SO_3^{2-}의 전자영역 배열이 정사면체라는 점만 보고 CH_4와 같은 것으로 처리하기 쉽다. 그러나 문제는 전자영역 배열이 아니라 분자 기하 구조를 묻기 때문에 비공유전자쌍을 제외한 실제 원자 배치를 봐야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

중심 원자를 먼저 잡고 전자영역 수를 센 다음, 비공유전자쌍이 있는지를 확인하면 된다. 전자영역 수가 같아도 비공유전자쌍 개수가 다르면 분자 기하 구조는 달라질 수 있다.

암기 포인트

전자영역 4개는 CH_4이면 정사면체, NH_3·H_3O^+·SO_3^{2-}처럼 비공유전자쌍 1개가 끼면 삼각뿔형이다.

NoteBase

문 20. 바닥 상태에 있는 2주기 원자 A와 B에서 A의 전자가 들어 있는 s오비탈의 수와 B의 p오비탈에 들어 있는 전자의 수가 같고, A의 전자쌍의 수와 B의 전자가 들어 있는 오비탈의 수가 같을 때, 가장 옳은 것은?

① A는 금속이다.

② 전자친화도는 B가 A보다 크다.

③ 원자 반지름은 B가 A보다 크다.

④ 제1이온화에너지는 B가 A보다 크다.

정답 3번

출제 포인트

전자가 들어 있는 오비탈 수, 전자쌍 수, 2주기 주기율 경향을 함께 써서 A와 B를 특정하는 문제이다.

핵심 개념

바닥 상태 2주기 원자는 1 s와 2 s에 모두 전자가 있으므로, A의 전자가 들어 있는 s오비탈 수는 항상 2이다. 조건에서 이 값이 B의 p오비탈 전자 수와 같으므로 B의 2p 전자는 2개이고, 전자배치가 $1s^2 2s^2 2p^2$인 B는 탄소(C)이다. 탄소의 2p 전자 2개는 훈트 규칙에 따라 서로 다른 2p 오비탈에 하나씩 채워지므로, 전자가 들어 있는 오비탈은 1 s, 2 s, 그리고 채워진 2p 오비탈 2개로 모두 4개이다. 조건에서 A의 전자쌍 수가 이 값과 같으므로 A의 전자쌍 수는 4이다. 전자배치가 $1s^2 2s^2 2p^5$인 F는 1 s에 1쌍, 2 s에 1쌍, 그리고 채워진 2p 오비탈 2개에 각각 1쌍씩 모두 4개의 전자쌍을 가지고 남은 2p 오비탈에 홀전자가 1개 있으므로, 전자쌍 수가 4인 A는 F이다.

선지별 해설

① X: A는 F이므로 17족 비금속이다. 틀린 표현은 '금속'이다. 올바르게는 'A는 비금속이다.'

② X: B는 C, A는 F이다. 전자친화도는 같은 주기에서 대체로 오른쪽으로 갈수록 커지므로 F가 C보다 크다. 틀린 표현은 'B가 A보다 크다'이다. 올바르게는 '전자친화도는 A가 B보다 크다.'

③ O: 원자 반지름은 같은 주기에서 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 작아진다. C가 F보다 왼쪽에 있으므로 B의 원자 반지름이 A보다 크다.

④ X: 제1이온화에너지는 같은 주기에서 대체로 오른쪽으로 갈수록 커진다. F가 C보다 크므로 틀린 표현은 'B가 A보다 크다'이다. 올바르게는 '제1이온화에너지는 A가 B보다 크다.'

오답 포인트

A와 B를 먼저 특정하지 않고 성질만 바로 비교하면 ②와 ④를 뒤집기 쉽다. 또한 '전자가 들어 있는 오비탈 수'를 전자 수로 세면 B를 잘못 잡기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

조건형 원자 추론 문제는 전자배치를 먼저 쓰고 전자 수, 점유 오비탈 수, 전자쌍 수를 서로 구분해 센다. 그다음 원소를 확정한 뒤 주기율 성질을 비교하면 된다.

암기 포인트

C는 p전자 2개, 점유 오비탈 4개이고 F는 전자쌍 4개이다. 2주기에서 반지름은 왼쪽이 크고 전자친화도와 제1이온화에너지는 오른쪽이 크다.

NoteBase