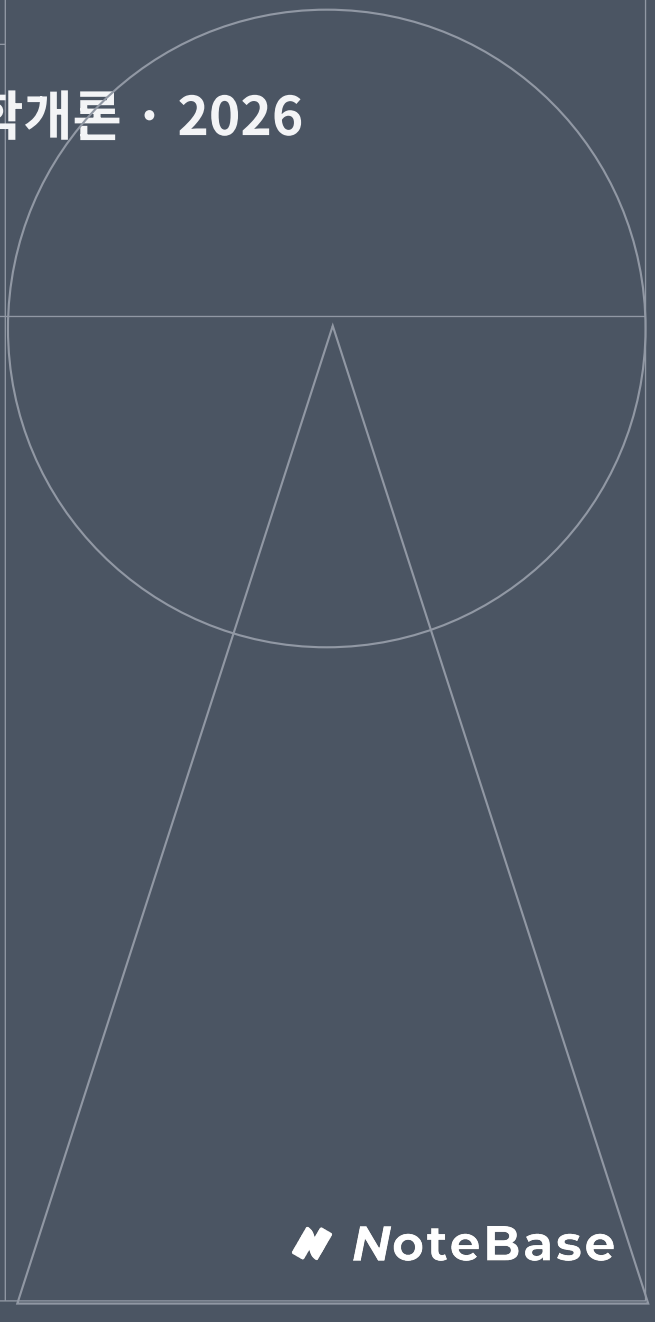
기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 화학개론 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 화학개론 · 2026

공무원/소방/간부후보 · 화학개론 · 2026

문 1. 화합물 중 대기압에서 끓는점이 가장 높은 것은?

① $HOCH_2CH_2CH_3$

② $HOCH_2CH_2OH$

③ $CH_3OCH_2CH_2OCH_3$

④ $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

⑤ $CH_3CH_2OCH_2CH_3$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 분자량만이 아니라 분자 간 힘, 특히 수소 결합을 만들 수 있는 -OH기의 개수가 끓는점에 미치는 영향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

끓는점은 분자 사이 인력이 클수록 높아진다.
알코올과 글리콜은 -OH기를 통해 수소 결합을 형성할 수 있고, -OH기가 2개인 분자는 분자 사이 수소 결합 네트워크가 더 강해진다.
에터는 산소 원자가 있어 극성은 있지만 O-H 결합이 없어 같은 분자끼리 수소 결합을 주고받기 어렵고, 알케인은 거의 분산력만 작용한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $HOCH_2CH_2CH_3$은 1-프로판올로 -OH기가 1개인 알코올이다. 수소 결합을 할 수 있지만 ②의 에틸렌글리콜처럼 -OH기가 2개인 분자보다 분자 간 수소 결합이 약하다.
- 틀린 표현은 '가장 높은 것'으로 보는 판단이다. 올바르게는 1-프로판올의 끓는점은 에틸렌글리콜보다 낮다.

② O
- $HOCH_2CH_2OH$은 에틸렌글리콜로 -OH기가 2개이다. 두 -OH기가 강한 분자 간 수소 결합을 많이 만들 수 있어 제시된 화합물 중 끓는점이 가장 높다.

③ X
- $CH_3OCH_2CH_2OCH_3$은 에터 결합을 가진 화합물이다. 산소가 2개 있어 극성은 있지만 O-H 결합이 없으므로 같은 분자끼리 강한 수소 결합을 제공하지 못한다.
- 틀린 표현은 '산소가 2개이므로 가장 높다'는 판단이다. 올바르게는 -OH기가 2개인 ②가 더 강한 수소 결합을 형성한다.

④ X
- $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$은 펜테인으로 비극성 탄화수소이다. 주된 분자 간 힘은 분산력뿐이므로 수소 결합을 하는 ②보다 끓는점이 낮다.
- 틀린 표현은 '탄소 수가 많아 가장 높다'는 판단이다. 올바르게는 분자량 증가 효과보다 -OH기에 의한 수소 결합 효과가 더 크게 작용한다.

⑤ X
- $CH_3CH_2OCH_2CH_3$은 다이에틸 에터이다. 에터는 O-H 결합이 없어서 같은 분자끼리 수소 결합을 형성하지 못하고, 알코올이나 글리콜보다 끓는점이 낮다.
- 틀린 표현은 '에터 산소 때문에 가장 높다'는 판단이다. 올바르게는 수소 결합을 강하게 형성하는 ②가 가장 높다.

오답 포인트

③처럼 산소 원자 수만 세거나 ④처럼 탄소 수와 분자량만 보고 판단하면 틀린다. 이 문항의 함정은 '산소가 있다'와 'O-H 결합이 있어 수소 결합을 제공할 수 있다'를 구별하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

끓는점 비교에서는 먼저 수소 결합 가능 여부를 확인하고, 그다음 극성, 분자량, 표면적에 따른 분산력을 비교한다. -OH기가 2개인 글리콜은 비슷한 크기의 알코올·에터·알케인보다 끓는점이 크게 높아진다.

NoteBase

암기 포인트

끓는점은 글리콜(OH 2개) > 알코올(OH 1개) > 에터 > 알케인 순으로 강한 분자 간 힘을 우선 비교한다.

NoteBase

문 2. 화합물 중 격자 에너지가 가장 큰 것은?

① LiF

② $MgCl_2$

③ CaO

④ Na_2O

⑤ MgO

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 이온 결합 화합물의 격자 에너지 크기를 이온 전하와 이온 반지름으로 비교하는 문제이다.

핵심 개념

격자 에너지는 기체 상태의 이온들이 모여 이온 결정 1 mol을 만들 때 방출되는 에너지의 크기이다.
격자 에너지는 이온 전하의 곱이 클수록 커지고, 양이온과 음이온 사이의 거리가 짧을수록, 즉 이온 반지름이 작을수록 커진다.
따라서 +2와 -2 이온으로 이루어진 산화물은 +1/-1 또는 +2/-1 조합보다 유리하고, 같은 +2/-2 조합에서는 더 작은 양이온을 가진 화합물이 더 큰 격자 에너지를 가진다.

NoteBase

선지별 해설

① X
LiF는 Li+와 F-로 이루어진 +1/-1 조합이다. Li+와 F-가 작아서 격자 에너지가 비교적 크지만, 전하 곱이 1이므로 +2/-2 조합인 MgO보다 작다. 틀린 표현은 "LiF가 가장 크다"이다. 올바르게는 MgO가 가장 크다.

② X
$MgCl_2$는 Mg2+와 Cl-로 이루어져 전하 곱이 2인 조합이다. Mg2+는 작지만 Cl-의 전하가 -1이고 반지름도 O2-보다 크므로 +2/-2 조합인 MgO보다 격자 에너지가 작다. 틀린 표현은 "$MgCl_2$가 가장 크다"이다. 올바르게는 MgO가 가장 크다.

③ X
CaO는 Ca2+와 O2-로 이루어진 +2/-2 조합이므로 격자 에너지가 큰 편이다. 그러나 MgO도 +2/-2 조합이고, Mg2+가 Ca2+보다 작아 이온 사이 거리가 더 짧다. 따라서 MgO의 격자 에너지가 CaO보다 크다. 틀린 표현은 "CaO가 가장 크다"이다. 올바르게는 같은 산화물에서는 MgO가 CaO보다 크다.

④ X
Na_2O는 Na+와 O2-로 이루어져 전하 곱이 2인 조합이다. O2-를 포함하지만 양이온 전하가 +1이므로 Mg2+와 O2-의 전하 곱 4를 갖는 MgO보다 격자 에너지가 작다. 틀린 표현은 "Na_2O가 가장 크다"이다. 올바르게는 MgO가 가장 크다.

⑤ O
MgO는 Mg2+와 O2-로 이루어진 +2/-2 조합이라 전하 곱이 4이다. 또한 Mg2+는 Ca2+보다 작아 같은 +2/-2 산화물인 CaO보다 이온 사이 거리가 짧다. 전하 곱과 이온 반지름을 함께 고려하면 제시된 화합물 중 MgO의 격자 에너지가 가장 크다.

오답 포인트

LiF처럼 이온 반지름이 작은 화합물만 보고 고르면 틀리기 쉽다. 격자 에너지는 반지름보다 먼저 전하 곱의 영향이 크게 작용하므로 +2/-2 조합을 우선 찾고, 그다음 같은 전하 조합끼리 반지름을 비교한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 양이온과 음이온의 전하 곱을 비교한다. 전하 곱이 큰 화합물을 우선 고르고, 전하 곱이 같으면 이온 반지름이 더 작은 조합을 고른다.

암기 포인트

격자 에너지는 전하 곱이 클수록, 이온 반지름이 작을수록 커진다. +2/-2 산화물끼리는 Mg2+가 Ca2+보다 작으므로 MgO가 CaO보다 크다.

NoteBase

문 3. 길이가 나머지와 다른 하나는?

① $10^{-17}\mathrm{Tm}$

② $10^{-8}\mathrm{km}$

③ $10^{-3}\mathrm{cm}$

④ 10^{5}Å

⑤ $10^{10}\mathrm{pm}$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 길이 단위의 접두어와 AA, pm를 모두 m로 환산해 같은 길이인지 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: ① $10^{-17}Tm$, ② $10^{-8}km$, ③ $10^{-3}cm$, ④ $10^{5}\mathrm{AA}$, ⑤ $10^{10}pm$
구해야 할 값: 나머지 네 개와 길이가 다른 선택지
주의할 조건: $T=10^{12}$, $k=10^{3}$, $c=10^{-2}$, $\mathrm{AA}=10^{-10}m$, $p=10^{-12}$이다.

사용할 공식

단위 환산은 수치×단위의 m 환산값으로 계산한다.
이 공식을 쓰는 이유: 선택지마다 단위가 다르므로 같은 기준 단위인 m로 바꾸어야 서로 같은 길이인지 비교할 수 있다.

계산 과정

① $10^{-17}Tm=10^{-17}\times10^{12}m=10^{-5}m$
② $10^{-8}km=10^{-8}\times10^{3}m=10^{-5}m$
③ $10^{-3}cm=10^{-3}\times10^{-2}m=10^{-5}m$
④ $10^{5}\mathrm{AA}=10^{5}\times10^{-10}m=10^{-5}m$
⑤ $10^{10}pm=10^{10}\times10^{-12}m=10^{-2}m$
따라서 ①~④는 모두 $10^{-5}m$이고, ⑤만 $10^{-2}m$이다.

NoteBase

선지 판단

① X

- $10^{-17}Tm$는 $10^{-5}m$이다. ②, ③, ④와 같은 길이이므로 나머지와 다른 하나가 아니다. 틀린 판단은 ①을 다른 길이로 보는 것이며, 올바르게는 ①은 $10^{-5}m$이다.

② X

- $10^{-8}km$는 $10^{-5}m$이다. ①, ③, ④와 같은 길이이므로 나머지와 다른 하나가 아니다. 틀린 판단은 km의 10^{3}을 빼먹는 것이며, 올바르게는 ②는 $10^{-5}m$이다.

③ X

- $10^{-3}cm$는 $10^{-5}m$이다. ①, ②, ④와 같은 길이이므로 나머지와 다른 하나가 아니다. 틀린 판단은 cm를 $10^{-3}m$로 보는 것이며, 올바르게는 $1cm = 10^{-2}m$이다.

④ X

- 10^{5}AA는 $10^{-5}m$이다. ①, ②, ③과 같은 길이이므로 나머지와 다른 하나가 아니다. 틀린 판단은 AA의 환산값을 놓치는 것이며, 올바르게는 $1\text{AA} = 10^{-10}m$이다.

⑤ O

- $10^{10}pm$는 $10^{-2}m$이다. ①~④의 $10^{-5}m$와 다르므로 나머지와 다른 하나에 해당한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 접두어의 지수를 단위 앞의 지수와 더하는 과정이다. 특히 ⑤에서 pm의 $p = 10^{-12}$를 적용하면 $10^{10} \times 10^{-12} = 10^{-2}$가 되는데, 이를 10^{-5}로 착각하면 ①~④와 같은 값으로 잘못 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

서로 다른 길이 단위 비교 문제는 모든 선택지를 먼저 m로 통일한 뒤, 단위 접두어의 지수를 선택지의 지수와 더해서 비교한다.

암기 포인트

$T = 10^{12}$, $k = 10^{3}$, $c = 10^{-2}$, $\text{AA} = 10^{-10}m$, $p = 10^{-12}$를 기준으로 지수를 더해 환산한다.

NoteBase

문 4. Zn^{2+}의 바닥상태 전자 배치를 바르게 쓴 것은?

① $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$

② $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$

③ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$

④ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4p^6$

⑤ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4p^6 3d^2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 중성 Zn의 전자배치와 Zn^{2+}가 될 때 전자가 빠지는 순서를 묻는 문제이다.

핵심 개념

Zn의 원자번호는 30이므로 중성 Zn의 바닥상태 전자배치는 $[Ar]3d^{10}4s^2$이다.
전이금속 양이온을 만들 때는 먼저 채워진 순서가 아니라 주양자수 n이 큰 최외각 전자부터 제거하므로 Zn은 $4s$ 전자 2개가 먼저 빠진다.
따라서 Zn^{2+}의 바닥상태 전자배치는 $[Ar]3d^{10}$, 즉 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$은 총 28개의 전자를 가진 Zn^{2+}의 전자배치이다. 중성 Zn에서 $4s^2$ 전자 2개가 제거된 형태이므로 옳다.

② X
- 틀린 부분은 $4s^2 3d^8$이다.
- 실제로는 $4s$ 전자 2개가 먼저 빠지고 $3d$ 전자는 10개가 유지되므로 $3d^{10}$이 되어야 한다. 올바른 표현은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$이다.

③ X
- 틀린 부분은 $4s^2$가 남아 있다는 점이다.
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$은 전자 수가 30개인 중성 Zn의 배치이다. Zn^{2+}는 전자 2개를 잃어 $4s^2$가 없어져야 한다.

④ X
- 틀린 부분은 $4s^2 4p^6$이다.
- Zn^{2+}에서는 $4s$ 전자가 제거되고, $4p$ 오비탈은 바닥상태 Zn 계열의 전자배치에 채워지지 않는다. 올바르게는 $3d^{10}$까지 채워진 $[Ar]3d^{10}$이다.

⑤ X
- 틀린 부분은 $4s^2 4p^6 3d^2$이다.
- Zn 또는 Zn^{2+}의 바닥상태 배치에서는 $3d$가 10개까지 채워지고, Zn^{2+}에서는 $4s$ 전자가 남지 않는다. 올바른 표현은 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전자배치를 채울 때 $4s$가 $3d$보다 먼저 채워진다는 사실을, 양이온이 될 때도 $3d$부터 전자가 빠진다고 착각하게 만드는 점이다. 전이금속 양이온에서는 더 바깥 껍질인 $4s$ 전자가 먼저 제거된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중성 원자의 전자 수로 바닥상태 배치를 쓴 뒤, 양이온 전하만큼 전자를 제거한다. 전이금속에서는 ns 전자를 먼저 제거하고 그다음 $(n-1)d$ 전자를 따진다.

암기 포인트

Zn: $[Ar]3d^{10}4s^2$, Zn^{2+}: $[Ar]3d^{10}$. 전이금속 이온화는 $4s$ 먼저 제거이다.

NoteBase

문 5. 특정 원자와 이온을 표시한 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

$^{11}_{5}B$ $^{12}_{6}C$ $^{13}_{6}C$ $^{19}_{9}F^-$

<보기>
ㄱ. $^{11}_{5}B$와 $^{12}_{6}C$의 중성자 수가 다르다.
ㄴ. $^{12}_{6}C$의 질량수는 12이다.
ㄷ. $^{12}_{6}C$와 $^{13}_{6}C$의 전자수가 같다.
ㄹ. $^{19}_{9}F^-$의 원자가 전자수는 10이다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ
⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

원자 표기 $^{A}_{Z}X$에서 질량수 A, 원자번호 Z, 중성자 수, 전자 수, 원자가 전자 수를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이고, 원자번호는 양성자 수이다.
중성 원자에서는 전자 수가 양성자 수와 같고, 음이온은 전자를 얻었으므로 전자 수가 원자번호보다 크다.
중성자 수는 질량수 - 원자번호로 구한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ만 옳다고 한 선택지이다. ㄱ은 틀리고 ㄴ, ㄷ이 옳으므로 ①은 정답이 아니다. 틀린 표현은 "ㄱ"이며, 올바르게는 "ㄴ, ㄷ"이다.

② X
ㄱ, ㄷ이 옳다고 한 선택지이다. ㄷ은 옳지만 ㄱ은 틀리므로 ②는 정답이 아니다. 틀린 표현은 "ㄱ, ㄷ"이며, 올바르게는 "ㄴ, ㄷ"이다.

③ O
ㄴ, ㄷ이 옳다고 한 선택지이다. ${}^{12}_{6}C$의 질량수는 위첨자 12이고, ${}^{12}_{6}C$와 ${}^{13}_{6}C$는 모두 중성 탄소 원자라서 전자 수가 원자번호와 같은 6이다. 따라서 ③이 정답이다.

④ X
ㄴ, ㄹ이 옳다고 한 선택지이다. ㄴ은 옳지만 ㄹ은 틀리므로 ④는 정답이 아니다. 틀린 표현은 "ㄴ, ㄹ"이며, 올바르게는 "ㄴ, ㄷ"이다.

⑤ X
ㄴ, ㄷ, ㄹ이 옳다고 한 선택지이다. ㄴ, ㄷ은 옳지만 ㄹ은 틀리므로 ⑤는 정답이 아니다. 틀린 표현은 "ㄴ, ㄷ, ㄹ"이며, 올바르게는 "ㄴ, ㄷ"이다.

보기 ㄱ: X. ${}^{11}_{5}B$의 중성자 수는 $11-5=6$, ${}^{12}_{6}C$의 중성자 수는 $12-6=6$이다. 틀린 표현은 "중성자 수가 다르다"이며, 올바르게는 "중성자 수가 같다"이다.
보기 ㄴ: O. ${}^{12}_{6}C$에서 위첨자 12가 질량수이므로 질량수는 12이다.
보기 ㄷ: O. ${}^{12}_{6}C$와 ${}^{13}_{6}C$는 모두 원자번호가 6인 중성 원자이므로 전자 수는 각각 6으로 같다.
보기 ㄹ: X. ${}^{19}_{9}F^{-}$는 원자번호가 9이고 전자 1개를 더 가진 음이온이므로 전체 전자 수는 10이다. 그러나 원자가 전자 수는 가장 바깥 전자껍질의 전자 수를 뜻하며, F^{-}는 네온과 같은 전자 배치가 되어 원자가 전자 수가 8이다. 틀린 표현은 "원자가 전자수는 10"이며, 올바르게는 "전체 전자수는 10, 원자가 전자수는 8"이다.

오답 포인트

ㄱ은 중성자 수를 질량수끼리만 비교하면 틀리기 쉽다. 반드시 질량수에서 원자번호를 빼야 한다.
ㄹ은 전체 전자 수와 원자가 전자 수를 섞은 함정이다. F^{-}의 전체 전자 수는 10이지만, 원자가 전자 수는 8이다.

다시 나오면 이렇게 판단

원자 표기 ${}^{A}_{Z}X$가 나오면 먼저 원자번호 Z=양성자 수, 질량수 A=양성자 수+중성자 수로 읽는다. 그다음 중성 원자는 전자 수=원자번호, 음이온은 전자 수=원자번호+전하량의 절댓값으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

아래 숫자는 양성자 수, 위 숫자는 질량수, 중성자 수는 위-아래이다. 음이온의 전체 전자 수와 원자가 전자 수는 같은 말이 아니다.

문 6. 일차반응을 하는 물질 $A(g)$를 서로 다른 온도 T_1, T_2에서 측정한 분해반응 결과의 일부이다. 시간에 따른 A의 농도는 표와 같다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 반응 시 온도 변화는 없고, 반응 용기의 부피는 일정하다)

시간 / 온도	0	t	$2t$	$3t$
T_1	4	a	$\frac{1}{2}$	
T_2	$2b$	a		$\frac{1}{8}b$

<보 기>

ㄱ. $a < 2$이다.

ㄴ. T_2보다 T_1에서 반감기가 더 길다.

ㄷ. $b > 2$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 1차 반응에서 같은 시간 간격마다 농도 감소비가 일정하다는 성질을 이용해 a, 반감기 비교, b를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: T_1에서는 시간 0에서 농도 4, 시간 t에서 a, 시간 $2t$에서 1/2이다. T_2에서는 시간 0에서 농도 $2b$, 시간 t에서 a, 시간 $3t$에서 $b/8$이다.
구해야 할 값: ㄱ의 $a < 2$, ㄴ의 반감기 비교, ㄷ의 $b > 2$ 여부이다.
주의할 조건: 1차 반응이므로 농도 자체의 차가 아니라 같은 시간 간격의 비율을 비교한다.

사용할 공식

1차 반응의 농도식은 $[A]_t = [A]_0 e^{-kt}$이다. 같은 시간 t마다 감소비 $r = e^{-kt}$가 일정하므로 $[A]_{nt} = [A]_0 r^n$으로 둘 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유: 표가 0, t, $2t$, $3t$처럼 같은 시간 간격의 농도를 제시하므로 각 온도에서 한 간격 감소비를 구하면 미지수와 반감기를 판단할 수 있다.

계산 과정

1. T_1에서 한 간격 감소비를 r_1이라 하면 $4r_1^2 = 1/2$이므로 $r_1^2 = 1/8$, $r_1 = 1/(2\sqrt{2})$이다.
2. 따라서 $a = 4r_1 = 4/(2\sqrt{2}) = \sqrt{2}$이고, $\sqrt{2} < 2$이다.
3. T_2에서 한 간격 감소비를 r_2라 하면 $(2b)r_2^3 = b/8$이므로 $r_2^3 = 1/16$, $r_2 = 2^{-4/3}$이다.
4. 반감기는 $t_{1/2} = \ln 2/k$이고 $r = e^{-kt}$이다. 같은 t에서 r이 작을수록 k가 크고 반감기는 짧다. $r_1 = 2^{-3/2}$, $r_2 = 2^{-4/3}$이므로 $r_1 < r_2$, 따라서 T_1의 반감기가 T_2보다 짧다.
5. T_2의 시간 t에서 $a = 2br_2$이므로 $b = a/(2r_2) = 2^{1/2}/(2 \cdot 2^{-4/3}) = 2^{5/6}$이다. $2^{5/6} < 2$이므로 $b > 2$가 아니다.

보기 판단

ㄱ O: $a = \sqrt{2}$이고 $\sqrt{2} < 2$이므로 옳다.
ㄴ X: $r_1 < r_2$이므로 T_1에서 반응이 더 빠르고 반감기는 더 짧다. 틀린 표현 'T_2보다 T_1에서 반감기가 더 길다'는 올바르게는 'T_1보다 T_2에서 반감기가 더 길다'이다.
ㄷ X: $b = 2^{5/6}$이고 $2^{5/6} < 2$이므로 $b > 2$가 아니다. 틀린 표현 'b>2'는 올바르게는 'b<2'이다.

선지 판단

① O: 옳은 보기는 ㄱ뿐이므로 ①이 맞다.
② X: ㄴ은 반감기 비교가 반대이므로 정답이 될 수 없다. 틀린 선택 조합 'ㄴ'은 올바르게는 'ㄱ'이다.
③ X: ㄱ은 맞지만 ㄷ은 $b < 2$이므로 틀리다. 틀린 선택 조합 'ㄱ, ㄷ'은 올바르게는 'ㄱ'이다.
④ X: ㄴ과 ㄷ이 모두 틀리므로 정답이 될 수 없다. 틀린 선택 조합 'ㄴ, ㄷ'은 올바르게는 'ㄱ'이다.
⑤ X: ㄱ은 맞지만 ㄴ과 ㄷ이 틀리므로 정답이 될 수 없다. 틀린 선택 조합 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'은 올바르게는 'ㄱ'이다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 농도의 감소량을 직접 비교하거나, T_1에서 농도가 더 많이 줄었다는 사실을 반감기가 길다는 뜻으로 거꾸로 해석하는 데 있다. 1차 반응에서는 같은 시간 동안의 감소비 r이 작을수록 반응 속도상수 k가 크고 반감기는 짧다.

다시 나오면 이렇게 판단

1차 반응 표가 나오면 먼저 같은 시간 간격의 감소비 r를 둔다. 여러 간격 뒤 농도는 $[A]_0 r^n$으로 놓고 미지수를 구한 뒤, 반감기 비교는 r이 작은 쪽이 더 짧다고 판단한다.

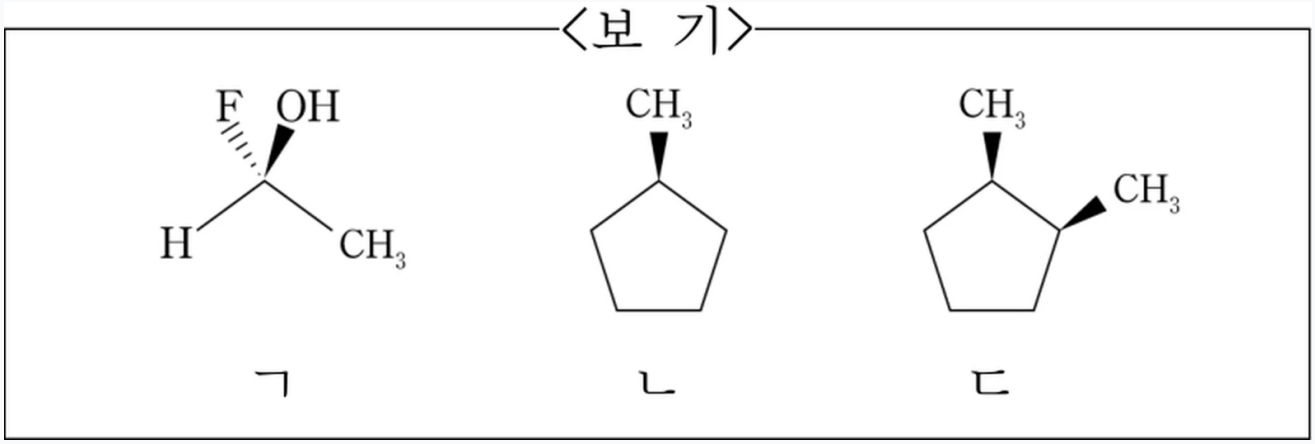
암기 포인트

1차 반응은 '같은 시간, 같은 비율'이다. 감소비 r이 작으면 더 빨리 줄어드는 반응이고 반감기는 더 짧다.

NoteBase

문 7. 카이랄 분자를 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>



① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 구조식에서 입체중심과 분자 내부 대칭성을 확인하여 카이랄 분자를 고르는 문제이다. 한 탄소에 네 가지 서로 다른 치환기가 붙어도, 분자 전체에 대칭면이 있으면 카이랄 분자가 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- ㄱ만 카이랄 분자이다. ㄱ의 중심 탄소에는 OH, F, H, CH3가 각각 붙어 네 치환기가 모두 다르므로 입체중심이 되고, 분자 전체에 대칭면도 없다.

② X
- ㄴ은 카이랄 분자가 아니다. ㄴ의 치환 탄소는 CH3와 H 외에 고리의 양쪽 방향으로 이어지는 두 경로가 서로 같으므로 네 가지 서로 다른 치환기를 가진 입체중심이 아니다. 틀린 표현은 "ㄱ, ㄴ"이고, 올바르게는 "ㄱ"이다.

③ X
- ㄷ은 카이랄 분자가 아니다. ㄷ은 인접한 두 탄소에 같은 CH3가 같은 면으로 붙어 있어 분자 전체에서 대칭성이 남는 경우로, 거울상과 겹칠 수 있다. 틀린 표현은 "ㄱ, ㄷ"이고, 올바르게는 "ㄱ"이다.

④ X
- ㄴ과 ㄷ은 모두 카이랄 분자가 아니다. ㄴ은 치환 탄소에서 고리 양쪽 경로가 같고, ㄷ은 동일한 두 치환기가 같은 면에 놓여 대칭성이 남는다. 틀린 표현은 "ㄴ, ㄷ"이고, 올바르게는 "ㄱ"이다.

⑤ X
- 세 분자가 모두 카이랄인 것은 아니다. ㄱ만 네 가지 서로 다른 치환기를 가진 비대칭 중심을 가지며, ㄴ과 ㄷ은 각각 고리 경로의 동일성 또는 내부 대칭성 때문에 비카이랄이다. 틀린 표현은 "ㄱ, ㄴ, ㄷ"이고, 올바르게는 "ㄱ"이다.

오답 포인트

쐐기와 점선 결합이 보이면 무조건 카이랄이라고 판단하는 것이 함정이다. ㄴ은 쐐기 결합으로 CH3가 표시되어도 치환 탄소의 고리 양쪽 경로가 같고, ㄷ은 입체 표시가 두 개 있어도 동일 치환기 배열에 따른 대칭성을 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

입체중심 후보 탄소마다 네 치환기가 모두 다른지 먼저 확인하고, 그다음 분자 전체에 대칭면이나 대칭중심이 남는지 확인한다. 네 치환기가 모두 다른 비대칭 중심이 있고 분자 전체가 거울상과 겹치지 않을 때 카이랄 분자이다.

암기 포인트

카이랄 판단은 "네 치환기 모두 다름"과 "분자 전체 대칭성 없음"을 함께 본다.

NoteBase

문 8. 점화장치가 있는 단단한 철제 용기에 수소와 산소가 3:1 부피 비율로 혼합되어 있다. 이때 용기 내부의 압력과 온도는 각각 P_0와 273.15K이다. 이 혼합기체를 연소시킨 후 내부 온도를 측정하였더니 546.30K이다. 연소 후 철제 용기의 내부 압력은? (단, 반응 전후의 기체는 이상 기체라고 가정한다)

① $0.5P_0$

② $1.0P_0$

③ $1.5P_0$

④ $2.0P_0$

⑤ $2.5P_0$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반응 전후 기체 몰수 변화와 일정 부피에서의 이상기체식 $P \propto nT$를 이용해 연소 후 압력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수소와 산소의 초기 부피비는 $3:1$, 초기 압력은 P_0, 초기 온도는 $273.15K$이다.
구해야 할 값: 연소 후 철제 용기 내부 압력이다.
주의할 조건: 철제 용기는 부피가 일정하고, 반응 전후 기체는 이상기체이며, 연소 후 물은 기체로 존재한다고 본다.

사용할 공식

일정 부피에서 이상기체식은 다음과 같이 쓴다.
$\frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2 T_2}{n_1 T_1}$
이 공식을 쓰는 이유는 용기의 부피가 변하지 않으므로 압력은 기체의 총 몰수와 절대온도에 비례하기 때문이다.

계산 과정

반응식은 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$이다.
초기 몰수를 부피비와 같게 보아 $H_2 = 3$, $O_2 = 1$로 두면, 산소 1이 모두 반응할 때 수소 2가 소모되고 물 2가 생긴다.
따라서 연소 후에는 남은 수소 1과 생성된 수증기 2가 있어 총 기체 몰수는 3이다.
초기 총 몰수는 $3 + 1 = 4$이고, 온도는 $273.15K$에서 $546.30K$로 2배가 된다.
$\frac{P_2}{P_0} = \frac{3 \times 546.30}{4 \times 273.15} = \frac{3}{4} \times 2 = 1.5$
따라서 연소 후 압력은 $1.5P_0$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $0.5P_0$는 계산 결과 $1.5P_0$보다 작다. 틀린 표현 $0.5P_0$ → 올바르게는 $1.5P_0$이다.

② X
- $1.0P_0$는 반응 후 총 몰수 감소와 온도 2배 증가를 함께 반영한 값이 아니다. 틀린 표현 $1.0P_0$ → 올바르게는 $1.5P_0$이다.

③ O
- 반응 후 총 기체 몰수는 초기의 3/4배이고 온도는 2배이므로 압력은 $(3/4) \times 2 = 1.5$배가 된다. 따라서 $1.5P_0$가 맞다.

④ X
- $2.0P_0$는 온도 상승만 반영하고 반응 후 총 기체 몰수가 4에서 3으로 감소한 점을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현 $2.0P_0$ → 올바르게는 $1.5P_0$이다.

⑤ X
- $2.5P_0$는 반응 후 몰수 변화와 온도비를 올바르게 결합한 값이 아니다. 틀린 표현 $2.5P_0$ → 올바르게는 $1.5P_0$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 온도가 정확히 2배가 된다는 점만 보고 압력도 $2.0P_0$라고 판단하게 하는 것이다. 그러나 연소 반응에서는 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ 때문에 총 기체 몰수가 4에서 3으로 줄어든다.

다시 나오면 이렇게 판단

밀폐된 일정 부피 용기에서 반응 후 압력을 묻는 계산형 문제는 먼저 한계 반응물을 정하고, 반응 후 남는 기체와 생성 기체의 총 몰수를 구한 뒤, $P \propto nT$에 대입해 판단한다.

암기 포인트

일정 부피 이상기체 반응 문제에서는 압력비를 바로 온도비로 보지 않고, 반드시 압력비=몰수비×온도비로 계산한다.

NoteBase

문 9. 산화수가 가장 높은 금속 원자를 포함하는 화합물은?

① $K_4[Fe(CN)_6]$

② $Pt(NH_3)_2F_2$

③ $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$

④ $[Ru(NH_3)_5(H_2O)]Cl_2$

⑤ $Fe(CO)_5$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 착화합물 전체 전하와 리간드 전하를 이용해 중심 금속의 산화수를 구한 뒤 가장 큰 값을 고르는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: K^+, 바깥쪽 Cl^-, 리간드 CN^-, F^-, 배위된 Cl^-, 중성 리간드 NH_3, H_2O, CO이다.
구해야 할 값: 각 화합물의 중심 금속 산화수이다.
주의할 조건: 대괄호 밖 이온은 착이온의 전하를 결정하고, 대괄호 안의 Cl^-는 리간드로 계산한다.

사용할 공식

중심 금속의 산화수를 x라 하면
x+리간드 전하의 합=착이온 또는 화합물의 전체 전하
이 공식을 쓰는 이유는 착화합물에서도 모든 원자와 이온의 산화수 합이 전체 전하와 같기 때문이다.

계산 과정

① $K_4[Fe(CN)_6]$: $4K^+$가 있으므로 $[Fe(CN)_6]^{4-}$이다. CN^- 6개의 합은 -6이므로 $x-6=-4$, $x=+2$이다.
② $Pt(NH_3)_2F_2$: 전체가 중성이고 NH_3는 중성, F^- 2개의 합은 -2이다. $x-2=0$, $x=+2$이다.
③ $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$: 바깥쪽 Cl^- 1개 때문에 착이온은 $+1$이다. H_2O는 중성, 배위된 Cl^- 2개의 합은 -2이므로 $x-2=+1$, $x=+3$이다.
④ $[Ru(NH_3)_5(H_2O)]Cl_2$: 바깥쪽 Cl^- 2개 때문에 착이온은 $+2$이다. NH_3와 H_2O는 모두 중성이므로 $x=+2$이다.
⑤ $Fe(CO)_5$: 전체가 중성이고 CO는 중성 리간드이므로 $x=0$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $K_4[Fe(CN)_6]$의 Fe 산화수는 +2이다. 가장 높은 산화수가 아니므로 ①을 정답으로 보는 판단이 틀리며, 올바르게는 Fe(II) 착화합물이다.

② X
- $Pt(NH_3)_2F_2$의 Pt 산화수는 +2이다. NH_3를 음전하 리간드로 계산하면 틀리며, 올바르게는 NH_3는 중성이고 F^-만 −1로 계산한다.

③ O
- $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$에서 바깥쪽 Cl^- 때문에 착이온은 +1이고, 안쪽 Cl^- 2개를 반영하면 Cr 산화수는 +3이다. 보기 중 가장 높은 금속 산화수이다.

④ X
- $[Ru(NH_3)_5(H_2O)]Cl_2$의 Ru 산화수는 +2이다. 바깥쪽 Cl_2를 대괄호 안 리간드처럼 더하면 틀리며, 올바르게는 바깥쪽 Cl^- 2개가 착이온 전하 +2를 알려 준다.

⑤ X
- $Fe(CO)_5$의 Fe 산화수는 0이다. CO를 산소 때문에 음전하 리간드로 보면 틀리며, 올바르게는 CO는 중성 리간드이다.

계산 결과 가장 큰 산화수는 ③의 Cr +3이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 대괄호 밖 Cl^-와 대괄호 안 Cl^-를 구분하는 부분이다. ③의 바깥쪽 Cl은 착이온 전하를 +1로 만들고, 안쪽 Cl_2는 리간드 전하 −2로 계산된다. 또한 NH_3, H_2O, CO는 중성 리간드라는 점을 놓치면 ②, ④, ⑤를 잘못 계산할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

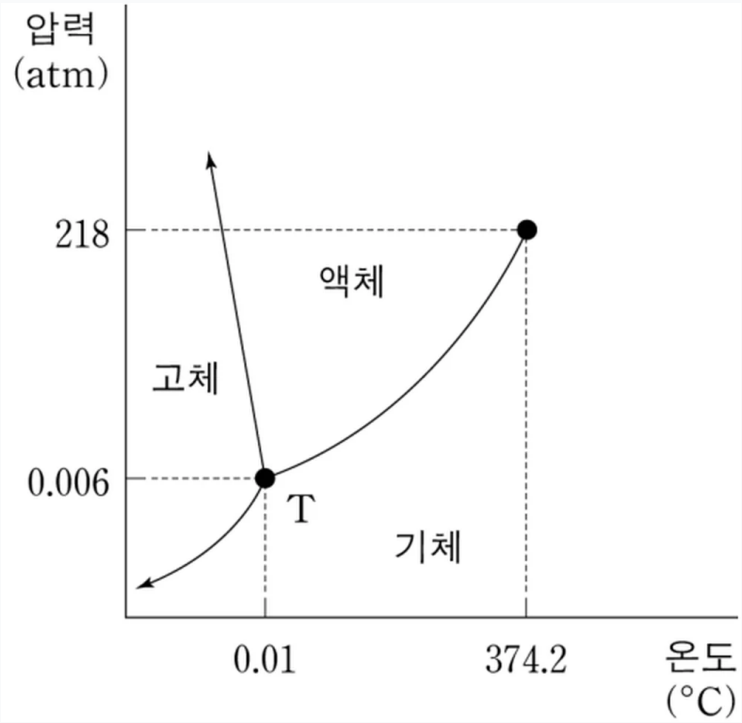
착화합물 산화수 문제는 먼저 대괄호 밖 이온으로 착이온 전하를 정하고, 다음으로 대괄호 안 리간드 전하의 합을 더해 중심 금속의 산화수를 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

중성 리간드는 NH_3, H_2O, CO이고, 대표적인 음전하 리간드는 CN^-, F^-, Cl^-이다. 착이온에서는 산화수 합이 대괄호의 전하와 같다.

NoteBase

문 10. 물질 A의 상도표이다. A에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 0.01°C, 1atm에서 A는 기체이다.

② −1°C에서 기체가 응축되는 압력이 존재한다.

③ 대기압에서 고체가 승화하는 온도가 존재한다.

④ T에서 A는 고체와 액체로만 존재한다.

⑤ 0.006atm보다 낮은 압력에서 A는 액체로 존재하지 않는다.

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 상도표에서 삼중점, 임계점, 고체-기체 경계, 액체가 존재할 수 있는 압력 범위를 읽는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 세로축은 압력, 가로축은 온도임을 확인한다.
2. T는 삼중점이므로 고체, 액체, 기체가 함께 평형을 이루는 점이다.
3. 삼중점 압력보다 낮은 영역에는 고체-기체 경계만 있고 액체 영역이 없음을 확인한다.

NoteBase

핵심 근거

도표에서 T는 $0.01^\circ C$, $0.006atm$에 있는 삼중점이다. 액체 영역은 삼중점 압력보다 높은 쪽에서만 나타나므로 $0.006atm$보다 낮은 압력에서는 A가 액체로 존재할 수 없다.

선지별 해설

① X
- 근거 위치: $0.01^\circ C$에서 $1atm$은 삼중점보다 압력이 훨씬 높은 위치이다.
- 이 위치는 기체 영역이 아니라 액체 영역에 해당한다. 틀린 표현은 "기체"이고, 올바르게는 "액체"이다.

② X
- 근거 위치: $-1^\circ C$는 삼중점 온도보다 낮은 온도이므로 액체 영역으로 들어가는 기체-액체 평형선이 존재하지 않는다.
- 이 온도에서 경계는 고체-기체 평형선이므로 기체가 액체로 응축되는 압력이라고 할 수 없다. 틀린 표현은 "기체가 응축되는 압력"이고, 올바르게는 "고체와 기체가 평형을 이루는 압력"이다.

③ X
- 근거 위치: 대기압 $1atm$은 삼중점 압력 $0.006atm$보다 높다.
- 이 압력에서는 고체를 가열하면 고체-액체 경계를 지나 액체가 되므로 승화가 아니라 융해가 일어난다. 틀린 표현은 "고체가 승화하는 온도"이고, 올바르게는 "고체가 융해하는 온도"이다.

④ X
- 근거 위치: T는 고체-액체-기체 세 경계가 만나는 삼중점이다.
- 삼중점에서는 고체와 액체만 존재하는 것이 아니라 고체, 액체, 기체가 모두 평형으로 존재한다. 틀린 표현은 "고체와 액체로만"이고, 올바르게는 "고체, 액체, 기체로"이다.

⑤ O
- 근거 위치: $0.006atm$은 삼중점의 압력이고, 그보다 낮은 압력에는 액체 영역이 표시되어 있지 않다.
- 삼중점 압력보다 낮으면 고체와 기체 사이의 평형만 가능하므로 A는 액체로 존재하지 않는다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 삼중점 아래 압력에서 액체 영역이 사라진다는 점을 놓치는 데 있다. 특히 ③처럼 대기압을 낮은 압력으로 착각하면 승화와 융해를 반대로 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

상도표에서는 먼저 삼중점을 찾고, 그보다 낮은 압력에 액체 영역이 있는지를 확인한다. 액체 영역이 없으면 고체-기체 변화는 승화 또는 증착이고, 액체와 관련된 응축·끓음·융해 판단은 삼중점 이상의 압력에서 검토된다.

NoteBase

암기 포인트

삼중점보다 낮은 압력에서는 액체가 존재하지 않고 고체와 기체만 상평형을 이룬다.

NoteBase

문 11. 세 반응의 ΔH는 다음과 같다.

$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g) \quad \Delta H = -113.2kJ$
$2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = -182.6kJ$
$2N_2O(g) \rightarrow 2N_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = -163.2kJ$

다음 반응의 Δ H_반응는?
3NO(g) → N_2O(g) + NO_2(g) Δ H_반응 = ?

① $-157.6kJ$
② $+157.6kJ$
③ $-315.1kJ$
④ $+315.1kJ$
⑤ $-614.5kJ$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 헤스 법칙을 이용해 주어진 세 열화학 반응을 더하고 빼서 목표 반응 $3NO(g) \rightarrow N_2O(g) + NO_2(g)$의 ΔH를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g), \Delta H = -113.2kJ$
$2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g), \Delta H = -182.6kJ$
$2N_2O(g) \rightarrow 2N_2(g) + O_2(g), \Delta H = -163.2kJ$
구해야 할 값: $3NO(g) \rightarrow N_2O(g) + NO_2(g)$의 ΔH
주의할 조건: 반응식을 뒤집으면 ΔH의 부호가 바뀌고, 반응식 계수를 1/2배하면 ΔH도 1/2배된다.

사용할 공식

헤스 법칙에 따라 여러 반응식을 더해 목표 반응식을 만들면 전체 반응의 ΔH는 각 반응의 ΔH 합과 같다.
$\Delta H_{target} = \sum n_i \Delta H_i$
이 공식을 쓰는 이유: 엔탈피는 상태함수이므로 중간 물질인 O_2와 N_2가 소거되도록 반응식을 조합하면 목표 반응의 엔탈피 변화만 남는다.

NoteBase

계산 과정

첫째 반응은 NO_2가 목표 반응에서 1몰 필요하므로 1/2배한다.
$NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO_2(g), \quad \Delta H = -56.6kJ$
둘째 반응은 그대로 사용한다.
$2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g), \quad \Delta H = -182.6kJ$
셋째 반응은 목표 반응에서 N_2O가 생성물이어야 하므로 뒤집고 1/2배한다.
$N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow N_2O(g), \quad \Delta H = +81.6kJ$
세 식을 더하면 N_2와 O_2가 소거되어
$3NO(g) \rightarrow N_2O(g) + NO_2(g)$
가 된다. 따라서
$\Delta H = -56.6 - 182.6 + 81.6 = -157.6kJ$
이다.

선지 판단

① O
계산 결과가 $-157.6kJ$이므로 목표 반응의 ΔH와 일치한다.

② X
$+157.6kJ$는 부호가 반대이다. 틀린 표현 $+157.6kJ$ → 올바르게는 $-157.6kJ$이다.

③ X
$-315.1kJ$는 목표 반응의 계수를 약 2배로 잡았을 때에 가까운 값이다. 문제의 목표 반응은
$3NO(g) \rightarrow N_2O(g) + NO_2(g)$이므로 틀린 표현 $-315.1kJ$ → 올바르게는 $-157.6kJ$이다.

④ X
$+315.1kJ$는 크기도 목표 반응의 약 2배이고 부호도 반대이다. 틀린 표현 $+315.1kJ$ → 올바르게는 $-157.6kJ$이다.

⑤ X
$-614.5kJ$는 주어진 반응들의 계수 조정과 반전 관계를 목표 반응에 맞추지 않은 값이다. 목표 반응을 만들면 중간 물질이 소거되고 $-157.6kJ$가 나오므로 틀린 표현 $-614.5kJ$ → 올바르게는 $-157.6kJ$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 셋째 반응을 그대로 쓰는 실수이다. 목표 반응에서는 N_2O가 생성물인데, 주어진 셋째 반응에서는 N_2O가 반응물이므로 반드시 반응식을 뒤집어 ΔH의 부호를 +로 바꾸어야 한다. 또한 첫째와 셋째 반응을 1/2배해야 하는데, 이 계수 조정을 빠뜨리면 ③, ④처럼 크기가 맞지 않는 값으로 간다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

헤스 법칙 문제는 목표 반응에 있는 물질의 위치와 계수를 먼저 맞춘 뒤, 남는 중간 물질이 소거되는지 확인하고, 마지막에 각 ΔH의 부호와 배수를 합산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

반응식 뒤집기 → ΔH 부호 반대, 반응식 n배 → ΔH도 n배이다.

NoteBase

문 12. C_4H_6의 연소 반응식이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다)

$aC_4H_6(g) + bO_2(g) \rightarrow cCO_2(g) + dH_2O(g)$

<보기>

ㄱ. $a + b + c + d = 33$이다.

ㄴ. 총 분자 수는 반응 전이 반응 후보다 작다.

ㄷ. 온도와 압력이 동일한 $C_4H_6(g)$ 1L와 $O_2(g)$ 5L를 반응시킬 때, 한계 반응물은 $O_2(g)$이다.

ㄹ. C_4H_6 1mol이 모두 반응할 때, 생성되는 물의 질량은 108g이다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄴ, ㄷ

③ ㄷ, ㄹ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 탄화수소 C_4H_6의 완전 연소 반응식을 맞춘 뒤, 반응 계수의 합, 반응 전후 기체 분자 수, 기체 부피비, 생성물 질량을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응식은 $aC_4H_6(g) + bO_2(g) \rightarrow cCO_2(g) + dH_2O(g)$이다.

탄소 원자 수를 맞추면 C_4H_6 1몰에서 CO_2 4몰이 생긴다.

수소 원자 수를 맞추면 C_4H_6 1몰에서 H_2O 3몰이 생긴다.

이때 산소 원자 수는 $4 \times 2 + 3 \times 1 = 11$개이므로 O_2는 $\frac{11}{2}$몰 필요하다.

정수 계수로 쓰면 $2C_4H_6 + 11O_2 \rightarrow 8CO_2 + 6H_2O$이다.

사용할 공식

완전 연소식의 계수 관계는 원자 수 보존으로 맞춘다.

$2C_4H_6 + 11O_2 \rightarrow 8CO_2 + 6H_2O$

같은 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰수비, 즉 반응 계수비와 같다.

물의 질량은 $n \times M$으로 구하고, H_2O의 몰질량은 $18g/mol$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 계수는 $a=2, b=11, c=8, d=6$이므로 $a+b+c+d=27$이다.
2. 반응 전 총 기체 분자 수 계수 합은 $2+11=13$, 반응 후 총 기체 분자 수 계수 합은 $8+6=14$이다.
3. C_4H_6 1부피에는 O_2 $\frac{11}{2}=5.5$부피가 필요하므로, $C_4H_6(g)$ $1L$와 $O_2(g)$ $5L$를 반응시키면 O_2가 부족한 한계 반응물이다.
4. C_4H_6 1몰이 모두 반응하면 H_2O 3몰이 생성되고, 물의 질량은 $3\times18=54g$이다.

NoteBase

선지별 해설

ㄱ. X

- $a+b+c+d=2+11+8+6=27$이므로 33이 아니다. 틀린 표현 '33'은 올바르게는 '27'이다.

ㄴ. O

- 반응 전 기체 분자 수의 계수 합은 13, 반응 후는 14이므로 총 분자 수는 반응 전이 반응 후보다 작다.

ㄷ. O

- 같은 온도와 압력에서 기체 부피비는 계수비와 같다. C_4H_6 $1L$에 필요한 O_2는 $5.5L$인데 실제 O_2는 $5L$이므로 한계 반응물은 $O_2(g)$이다.

ㄹ. X

- C_4H_6 1몰은 H_2O 3몰을 만들고, 물 3몰의 질량은 $54g$이다. 틀린 표현 '108 g'은 올바르게는 '$54g$'이다.

① X

- ①은 ㄱ, ㄴ을 고른 선택지인데 ㄱ이 틀렸으므로 정답이 아니다. 틀린 조합 'ㄱ, ㄴ'은 올바르게는 'ㄴ, ㄷ'이다.

② O

- ②는 옳은 설명인 ㄴ, ㄷ만 고른 선택지이므로 정답이다.

③ X

- ③은 ㄷ, ㄹ을 고른 선택지인데 ㄹ이 틀렸으므로 정답이 아니다. 틀린 조합 'ㄷ, ㄹ'은 올바르게는 'ㄴ, ㄷ'이다.

④ X

- ④는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 고른 선택지인데 ㄱ이 틀렸으므로 정답이 아니다. 틀린 조합 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'은 올바르게는 'ㄴ, ㄷ'이다.

⑤ X

- ⑤는 ㄴ, ㄷ, ㄹ을 고른 선택지인데 ㄹ이 틀렸으므로 정답이 아니다. 틀린 조합 'ㄴ, ㄷ, ㄹ'은 올바르게는 'ㄴ, ㄷ'이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 정수 계수를 맞춘 뒤 산소 계수 11을 빠뜨리거나, 물 생성 몰수를 6몰로 착각하는 것이다. $2C_4H_6$ 기준에서는 H_2O가 6몰이지만, ㄹ은 C_4H_6 1몰 기준이므로 물은 3몰만 생성된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

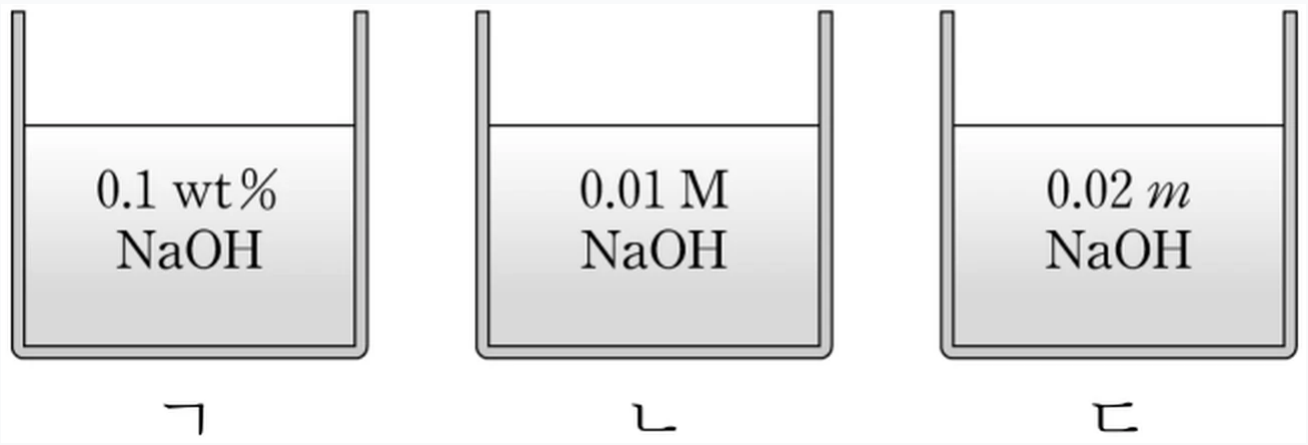
연소 반응식 문제는 탄소, 수소, 산소 순서로 계수를 맞춘 뒤 정수 계수로 바꾼다. 기체 부피 문제는 같은 온도와 압력에서 계수비를 그대로 부피비로 사용하고, 질량 문제는 반드시 문제에서 묻는 기준 몰수로 다시 환산한다.

암기 포인트

C_xH_y의 완전 연소는 CO_2가 x몰, H_2O가 $\frac{y}{2}$몰 생긴다. 따라서 C_4H_6 1몰은 CO_2 4몰, H_2O 3몰을 만든다.

NoteBase

문 13. 그림은 25°C, 1atm에서 서로 다른 농도의 NaOH 수용액이다. 농도가 진한 순서대로 나열한 것은? (단, NaOH의 화학식량은 40이고, NaOH 수용액의 밀도는 1g/mL이다)



① ㄱ > ㄴ > ㄷ

② ㄱ > ㄷ > ㄴ

③ ㄴ > ㄱ > ㄷ

④ ㄴ > ㄷ > ㄱ

⑤ ㄷ > ㄴ > ㄱ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 질량 백분율, 몰농도, 몰랄농도를 같은 기준으로 환산해 NaOH 수용액의 진한 정도를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: NaOH의 화학식량은 40, 수용액의 밀도는 $1 g/mL$이다.
구해야 할 값: ㄱ, ㄴ, ㄷ의 농도가 진한 순서이다.
주의할 조건: 서로 다른 농도 단위를 그대로 비교하면 안 되고, 같은 기준으로 환산해야 한다.

사용할 공식

질량 백분율은 용질의 질량용액의 질량× 100이다.
몰농도는 M=용질의 몰수용액의 부피(L)이다.
몰랄농도는 m=용질의 몰수용매의 질량(kg)이다.
이 공식을 쓰는 이유: ㄱ은 질량 백분율, ㄴ은 몰농도, ㄷ은 몰랄농도로 주어졌으므로 NaOH 몰수 기준으로 환산해야 농도의 대소를 비교할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

ㄱ: 0.1 wt%는 용액 100 g에 NaOH 0.1 g이 들어 있다는 뜻이다. 밀도가 $1 g/mL$이므로 용액 100 g의 부피는 100 mL, 즉 $0.100 L$이다. NaOH 0.1 g은 $0.1/40 = 0.0025 mol$이므로 몰농도는 $0.0025/0.100 = 0.025 M$이다.
ㄴ: 0.01 M는 그대로 $0.010 M$이다.
ㄷ: 0.02 m는 물 1 kg에 NaOH 0.02 mol이 들어 있다는 뜻이다. NaOH 질량은 $0.02 \times 40 = 0.8 g$이고, 용액 질량은 약 1000.8 g이다. 밀도가 $1 g/mL$이므로 부피는 약 $1.0008 L$, 몰농도는 $0.02/1.0008 \approx 0.020 M$이다.
따라서 진한 순서는 ㄱ $0.025 M$ > ㄷ $0.020 M$ > ㄴ $0.010 M$이다.

선지 판단

① X
- ㄱ > ㄴ > ㄷ은 ㄴ과 ㄷ의 순서가 틀리다. ㄷ은 약 $0.020 M$, ㄴ은 $0.010 M$이므로 올바르게는 ㄱ > ㄷ > ㄴ이다.

② O
- ㄱ은 약 $0.025 M$, ㄷ은 약 $0.020 M$, ㄴ은 $0.010 M$이므로 ㄱ > ㄷ > ㄴ이 맞다.

③ X
- ㄴ > ㄱ > ㄷ은 ㄴ을 가장 진하다고 본 점이 틀리다. ㄴ은 $0.010 M$로 가장 묽으므로 올바르게는 ㄱ > ㄷ > ㄴ이다.

④ X
- ㄴ > ㄷ > ㄱ은 전체 순서가 틀리다. ㄱ이 약 $0.025 M$로 가장 진하고 ㄴ이 $0.010 M$로 가장 묽으므로 올바르게는 ㄱ > ㄷ > ㄴ이다.

⑤ X
- ㄷ > ㄴ > ㄱ은 ㄷ을 가장 진하다고 본 점과 ㄱ을 가장 묽다고 본 점이 틀리다. ㄱ은 약 $0.025 M$, ㄷ은 약 $0.020 M$, ㄴ은 $0.010 M$이므로 올바르게는 ㄱ > ㄷ > ㄴ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 wt%, M, m를 숫자 크기만 보고 비교하게 만드는 것이다. 0.1 wt%의 0.1, 0.01 M의 0.01, 0.02 m의 0.02는 서로 다른 기준의 숫자이므로 바로 대소 비교를 할 수 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

서로 다른 농도 단위가 섞이면 먼저 용질의 몰수로 바꾸고, 밀도 조건을 이용해 용액 부피 또는 용매 질량 기준을 맞춘 뒤 비교한다.

NoteBase

암기 포인트

wt%는 용액 질량 기준, M은 용액 부피 기준, m는 용매 질량 기준이다. 단위가 다르면 숫자만 비교하지 않는다.

문 14. 소금물에 대한 설명으로 옳지 않은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 소금물의 증기압력은 순수한 물의 증기압력보다 낮다.
ㄴ. 묽은 소금물에 소금을 더 녹여주면 용액의 끓는점은 더 낮아진다.
ㄷ. 묽은 소금물에 증류수를 더 넣어주면 용액의 어는점은 더 높아진다.
ㄹ. 0.01M 소금물 1L를 만드는 데 필요한 0.2M 소금물의 부피는 0.02L이다.

① ㄴ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ
⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 소금물의 총괄성질과 희석식 $C_1V_1 = C_2V_2$를 이용해 옳지 않은 보기의 조합을 고르는 문제이다.

조건 정리

소금은 물에 녹아 비휘발성 용질로 작용하므로 용액의 증기압은 순수한 물보다 낮아진다.
소금물이 더 진해지면 끓는점 오름은 커지고, 어는점 내림도 커진다.
묽은 소금물에 증류수를 더 넣으면 농도가 낮아지므로 어는점은 순수한 물의 어는점에 가까워져 높아진다.
$0.01M$ 소금물 $1L$를 $0.2M$ 소금물로부터 만들 때 필요한 원액 부피는 희석식으로 계산한다.

사용할 공식

$C_1V_1 = C_2V_2$
희석 전후 용질의 몰수는 같으므로 농도와 부피의 곱을 같게 둔다.

계산 과정

$C_1 = 0.2M$, $C_2 = 0.01M$, $V_2 = 1L$이다.
$0.2 \times V_1 = 0.01 \times 1$
$V_1 = \frac{0.01}{0.2} = 0.05L$
따라서 필요한 $0.2M$ 소금물의 부피는 $0.02L$가 아니라 $0.05L$이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ O - 소금은 물보다 증기압에 거의 기여하지 않는 비휘발성 용질이므로 소금물의 증기압은 순수한 물의 증기압보다 낮다.
ㄴ X - 틀린 표현은 "끓는점은 더 낮아진다"이다. 소금을 더 녹이면 용액의 농도가 커져 증기압 내림이 커지고, 그 결과 끓는점은 더 높아진다.
ㄷ O - 증류수를 더 넣으면 소금물의 농도가 낮아져 어는점 내림의 크기가 작아진다. 따라서 어는점은 순수한 물의 어는점 쪽으로 올라간다.
ㄹ X - 틀린 표현은 "0.02L"이다. 희석식 $C_1V_1 = C_2V_2$에 따르면 필요한 $0.2M$ 소금물의 부피는 $0.05L$이다.

선지 판단

① X - ①은 ㄴ만 옳지 않다고 보지만, ㄹ도 $0.02L$가 아니라 $0.05L$이므로 함께 옳지 않다.
② X - ②는 ㄷ을 옳지 않다고 보지만, 증류수를 넣으면 농도가 낮아져 어는점은 높아지므로 ㄷ은 옳다.
③ X - ③은 ㄱ을 옳지 않다고 보지만, 소금물의 증기압은 순수한 물보다 낮으므로 ㄱ은 옳다. 또한 ㄷ도 옳다.
④ O - 옳지 않은 보기는 ㄴ, ㄹ이므로 정답 조합과 일치한다.
⑤ X - ⑤는 ㄷ까지 옳지 않다고 포함하지만, ㄷ은 농도 감소에 따른 어는점 상승을 말하므로 옳다.

오답 포인트

ㄴ은 소금 농도가 커질 때 끓는점이 낮아진다고 뒤집은 함정이다. 비휘발성 용질을 넣으면 증기압은 낮아지고 끓는점은 올라간다.
ㄹ은 희석식에서 원액 부피를 계산하지 않고 숫자를 임의로 고른 함정이다. 0.01/0.2를 계산하면 0.02가 아니라 0.05가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

소금물 문제는 먼저 농도가 진해지는지 묽어지는지를 본다. 농도가 진해지면 증기압은 낮아지고 끓는점은 높아지며 어는점은 낮아진다. 희석 계산은 용질 몰수가 보존된다는 점에서 $C_1V_1 = C_2V_2$를 적용한다.

암기 포인트

비휘발성 용질을 넣으면 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림이 나타난다. 묽히면 이 효과가 작아져 어는점은 올라간다.

NoteBase

문 15. 표는 1L의 단단한 철제 용기 안에서 일어나는 $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g)$ 반응의 반응물과 생성물의 초기 농도와 평형 농도를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 전체 과정에서 온도는 일정하다)

구분	$A(g)$	$B(g)$	$C(g)$
초기 농도(M)	0.4	0.4	0
평형 농도(M)	0.2	0.2	0.4

<보 기>

ㄱ. $c = 2a$이다.

ㄴ. 평형 상수(K)는 8이다.

ㄷ. 반응 지수(Q) = 3일 때, 정반응이 자발적으로 진행된다.

ㄹ. 평형 상태에서 기체 B 0.2mol을 첨가하여 새롭게 도달한 평형에서 C의 농도는 0.48M이다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄱ, ㄷ, ㄹ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 평형 전후 농도 변화량으로 반응 계수비를 정하고, 그 계수로 평형상수 K, 반응지수 Q, 평형 이동 후 농도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g)$이다.

초기 농도는 $[A] = 0.4M$, $[B] = 0.4M$, $[C] = 0M$이다.

평형 농도는 $[A] = 0.2M$, $[B] = 0.2M$, $[C] = 0.4M$이다.

따라서 변화량은 A가 $0.2M$ 감소, B가 $0.2M$ 감소, C가 $0.4M$ 증가이다.

NoteBase

사용할 공식

농도 변화량의 비는 반응 계수비와 같다.

$a : b : c = 0.2 : 0.2 : 0.4 = 1 : 1 : 2$

따라서 반응식은 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$로 둘 수 있다.

이때 평형상수와 반응지수는 다음과 같다.

$K = \frac{[C]^2}{[A][B]}, \qquad Q = \frac{[C]^2}{[A][B]}$

이 공식을 쓰는 이유는 기체 반응의 평형상수식에서 각 물질의 농도 지수가 반응 계수와 같기 때문이다.

계산 과정

1. 계수비 계산

$\Delta A : \Delta B : \Delta C = 0.2 : 0.2 : 0.4 = 1 : 1 : 2$

따라서 $a = b, c = 2a$이다.

2. 평형상수 계산

$K = \frac{(0.4)^2}{(0.2)(0.2)} = \frac{0.16}{0.04} = 4$

따라서 K는 8이 아니라 4이다.

3. $Q = 3$일 때 진행 방향

정반응은 $Q < K$일 때 자발적으로 진행된다. 여기서는 $3 < 4$이므로 정반응 방향으로 진행된다.

4. 평형 상태에서 B $0.2mol$ 첨가 후 새 평형

용기가 $1L$이므로 B $0.2mol$ 첨가는 $[B]$를 $0.2M$ 증가시킨다. 첨가 직후 농도는 $[A] = 0.2M$, $[B] = 0.4M$, $[C] = 0.4M$이다.

정반응으로 xM만큼 이동하면

$[A] = 0.2 - x, \quad [B] = 0.4 - x, \quad [C] = 0.4 + 2x$

새 평형에서도 $K = 4$이므로

$\frac{(0.4 + 2x)^2}{(0.2 - x)(0.4 - x)} = 4$

$(0.4 + 2x)^2 = 4(0.2 - x)(0.4 - x)$

$0.16 + 1.6x + 4x^2 = 0.32 - 2.4x + 4x^2$

$4.0x = 0.16, \qquad x = 0.04$

따라서 새 평형에서

$[C] = 0.4 + 2(0.04) = 0.48M$

이다.

NoteBase

선지 판단

ㄱ. O
농도 변화량이 $A:B:C=0.2:0.2:0.4=1:1:2$이므로 반응 계수비도 $a:b:c=1:1:2$이다. 따라서 $c=2a$가 맞다.

ㄴ. X
평형상수는 $K=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{(0.4)^2}{(0.2)(0.2)}=4$이다. 틀린 표현은 "평형 상수 K는 8"이고, 올바르게는 "평형 상수 K는 4"이다.

ㄷ. O
$Q=3$이고 $K=4$이므로 $Q<K$이다. 반응지수가 평형상수보다 작으면 생성물 쪽으로 더 진행되어야 하므로 정반응이 자발적으로 진행된다.

ㄹ. O
평형 상태에서 B $0.2mol$을 $1L$ 용기에 첨가하면 첨가 직후 $[B]$는 $0.4M$가 된다. 새 평형을 $[A]=0.2-x$, $[B]=0.4-x$, $[C]=0.4+2x$로 두고 $K=4$를 적용하면 $x=0.04$이고, $[C]=0.48M$가 된다.

① X
①은 ㄱ, ㄴ을 고른 선택지인데 ㄴ이 거짓이고 ㄷ, ㄹ이 빠져 있다. 올바르게는 ㄱ, ㄷ, ㄹ을 골라야 한다.

② X
②는 ㄱ, ㄷ을 고른 선택지인데 ㄹ도 참이므로 불완전하다. 올바르게는 ㄱ, ㄷ, ㄹ을 골라야 한다.

③ O
③은 참인 ㄱ, ㄷ, ㄹ만 고른 선택지이므로 맞다.

④ X
④는 ㄴ, ㄷ, ㄹ을 고른 선택지인데 ㄴ이 거짓이고 ㄱ이 빠져 있다. 올바르게는 ㄱ, ㄷ, ㄹ을 골라야 한다.

⑤ X
⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ을 모두 고른 선택지인데 ㄴ이 거짓이다. 올바르게는 ㄱ, ㄷ, ㄹ만 골라야 한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 생성물 C의 계수 2를 평형상수식의 지수로 넣어야 한다는 점이다. K를 $\frac{[C]}{[A][B]}$처럼 계산하면 잘못된 값이 나온다. 또 B를 첨가한 뒤에는 단순히 C가 르샤틀리에 원리에 따라 증가한다고만 판단하지 말고, 새 평형에서도 같은 $K=4$가 성립하도록 이동량 x를 계산해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

평형 농도표가 주어지면 먼저 변화량의 비로 계수비를 확정한다. 그다음 계수를 지수로 넣어 K 또는 Q를 계산한다. 물질을 추가한 뒤 새 평형을 묻는 경우에는 첨가 직후 농도를 먼저 쓰고, 이동량 x를 둔 뒤 같은 평형상수식에 대입해 계산한다.

암기 포인트

평형 문제는 "변화량비 = 계수비", "$Q < K$이면 정반응", "새 평형에서도 K는 온도가 같으면 일정"으로 정리한다.

NoteBase

문 16. 25°C **수용액의 pH가 높은 순서대로 나열한 것은? (단,** 25°C**에서 물의 이온화 상수(**K_w**)는** 1.0×10^{-14}**이다)**

<보기>

ㄱ. 0.1MNa_2SO_4

ㄴ. 0.1M$NaHCO_3$

ㄷ. 0.5MHA($K_a = 2 \times 10^{-6}$)

ㄹ. $[OH^-] = 1 \times 10^{-9}$M

① ㄱ > ㄴ > ㄹ > ㄷ

② ㄱ > ㄹ > ㄴ > ㄷ

③ ㄴ > ㄱ > ㄹ > ㄷ

④ ㄴ > ㄷ > ㄱ > ㄹ

⑤ ㄷ > ㄹ > ㄱ > ㄴ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 염의 가수분해, 양쪽성 이온, 약산 해리, K_w 관계를 이용해 각 수용액의 pH를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 25도에서 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$이다.
구해야 할 값: ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ의 pH가 높은 순서이다.
주의할 조건: $[OH^-] = 1 \times 10^{-9}M$은 염기성이 아니라 $pOH = 9$, 즉 $pH = 5$인 산성 조건이다.

사용할 공식

물의 이온곱은 $K_w = [H^+][OH^-]$, 따라서 25도에서 $pH + pOH = 14$이다.
약산 HA는 근사적으로 $[H^+] \simeq \sqrt{K_aC}$를 쓴다.
양쪽성 이온 HCO_3^-는 대략 $pH \simeq \frac{1}{2}(pK_{a1} + pK_{a2})$로 판단한다.
이 공식을 쓰는 이유: ㄷ은 약산 해리 평형, ㄹ은 K_w 관계, ㄴ은 양쪽성 이온의 산-염기 평형, ㄱ은 염의 가수분해 여부를 비교해야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

ㄱ. 0.1M Na_2SO_4: Na^+는 중성이고 SO_4^{2-}는 HSO_4^-의 짝염기이다. HSO_4^-의 산성이 비교적 강하므로 SO_4^{2-}의 염기성은 매우 약해 pH는 거의 7, 약한 염기성이다.
ㄴ. 0.1M $NaHCO_3$: HCO_3^-는 산으로도 염기로도 작용하는 양쪽성 이온이다. 탄산계에서 $pH \simeq \frac{1}{2}(pK_{a1} + pK_{a2}) \approx 8.3$이므로 ㄱ보다 pH가 높다.
ㄷ. 0.5M HA: $[H^+] \simeq \sqrt{(2 \times 10^{-6})(0.5)} = \sqrt{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-3} M$이므로 $pH = 3$이다.
ㄹ. $[OH^-] = 1 \times 10^{-9} M$: $pOH = 9$이고 $pH = 14 - 9 = 5$이다.
따라서 pH가 높은 순서는 ㄴ > ㄱ > ㄹ > ㄷ이다.

선지 판단

① X
- ㄱ > ㄴ > ㄹ > ㄷ이라고 했지만, $NaHCO_3$의 HCO_3^-는 양쪽성 이온으로 pH가 약 8.3이고 Na_2SO_4는 거의 중성이라 ㄴ이 ㄱ보다 높다. 틀린 표현은 "ㄱ > ㄴ"이고, 올바르게는 "ㄴ > ㄱ"이다.

② X
- ㄱ > ㄹ > ㄴ > ㄷ이라고 했지만, ㄴ의 pH가 약 8.3으로 가장 높다. 틀린 표현은 "ㄹ > ㄴ"이고, 올바르게는 "ㄴ > ㄱ > ㄹ"이다.

③ O
- ㄴ은 약 8.3, ㄱ은 거의 7, ㄹ은 5, ㄷ은 3이므로 ㄴ > ㄱ > ㄹ > ㄷ이 맞다.

④ X
- ㄴ > ㄷ > ㄱ > ㄹ이라고 했지만, ㄷ은 $pH = 3$인 약산 용액으로 가장 낮고, ㄱ은 거의 중성이라 ㄷ보다 높다. 틀린 표현은 "ㄷ > ㄱ > ㄹ"이고, 올바르게는 "ㄱ > ㄹ > ㄷ"이다.

⑤ X
- ㄷ > ㄹ > ㄱ > ㄴ이라고 했지만, ㄷ은 pH 3으로 가장 낮고 ㄴ은 약 8.3으로 가장 높다. 틀린 표현은 전체 순서이고, 올바르게는 "ㄴ > ㄱ > ㄹ > ㄷ"이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 $[OH^-] = 1 \times 10^{-9} M$을 보고 염기성으로 착각하는 것이다. 25도에서는 $pOH = 9$이면 $pH = 5$이므로 산성이다. 또 Na_2SO_4를 강염기성 염처럼 과대평가하면 ㄱ을 ㄴ보다 앞에 두게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

pH 비교 문제는 먼저 강산·강염기·약산·염·양쪽성 이온을 구분하고, 주어진 $[H^+]$ 또는 $[OH^-]$는 $pH + pOH = 14$로 바꾸어 같은 기준에서 비교한다.

NoteBase

암기 포인트

HCO_3^-는 양쪽성 이온이라 약염기성, $[OH^-] < 10^{-7}M$이면 산성, 약산 HA는 $[H^+] \simeq \sqrt{K_aC}$로 판단한다.

문 17. 수용액 250mL에 약산 HA와 HB가 섞여 있다. 이 수용액에 증류수를 첨가하여 500mL로 희석한 뒤, 50mL를 취하여 0.1M NaOH(aq)으로 적정하였다. 적정 곡선에는 두 개의 뚜렷한 당량점이 나타났고, 각 당량점에서 첨가된 0.1M NaOH(aq)의 부피는 각각 $V_1 = 10mL$, $V_2 = 30mL$였다. 초기 250mL 용액에 들어 있던 HB의 몰농도는? (단, HA의 K_a가 HB의 K_a보다 크고, 온도는 25°C로 일정하며, 각 당량점에서 완전히 중화된다고 가정한다)

① 0.002M

② 0.008M

③ 0.02M

④ 0.04M

⑤ 0.08M

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 두 약산 혼합물의 적정 곡선에서 두 당량점의 의미를 이용해 초기 용액 속 HB의 몰농도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초기 수용액 250 mL, 희석 후 전체 부피 500 mL, 그중 50 mL를 취해 $0.1M$ NaOH로 적정한다.
당량점: $V_1 = 10mL$, $V_2 = 30mL$이다.
주의할 조건: HA의 K_a가 HB의 K_a보다 크므로 HA가 더 강한 산이고, 첫 번째 당량점은 HA 중화, 두 번째 당량점은 HA와 HB 전체 중화를 뜻한다.

사용할 공식

중화 당량점에서는 산의 몰수와 첨가된 NaOH의 몰수가 같다.
$n(OH^-) = C_{NaOH}V_{NaOH}$
이 공식을 쓰는 이유: 각 당량점에서 완전히 중화된다고 했으므로, 첨가된 OH^-의 몰수로 그때까지 중화된 산의 몰수를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 첫 번째 당량점까지 들어간 NaOH 몰수는 $0.1M \times 0.010L = 0.001mol$이다. 따라서 50 mL 시료 속 HA는 $0.001mol$이다.
2. 두 번째 당량점까지 들어간 NaOH 몰수는 $0.1M \times 0.030L = 0.003mol$이다. 이는 50 mL 시료 속 HA와 HB의 합이다.
3. 50 mL 시료 속 HB의 몰수는 $0.003 - 0.001 = 0.002mol$이다.
4. 50 mL는 희석 후 전체 500 mL의 1/10이므로, 희석 후 전체 용액 속 HB의 몰수는 $0.002mol \times 10 = 0.020mol$이다.
5. 희석은 몰수를 바꾸지 않으므로 초기 250 mL 용액 속 HB도 $0.020mol$이다.
6. 초기 HB 몰농도는 $0.020mol/0.250L = 0.080M$이다.

선지 판단

① X
- $0.002M$는 50 mL 시료 속 HB 몰수 $0.002mol$을 농도로 착각한 값이다. 올바르게는 시료 속 몰수를 전체 희석액으로 환산한 뒤 초기 250 mL로 나누어야 한다.

② X
- $0.008M$는 50 mL 시료 속 HB 몰수 $0.002mol$을 전체 부피 환산 없이 250 mL로만 나누는 식의 오류에서 나올 수 있다. 올바르게는 $0.002mol \times 10 = 0.020mol$을 사용한다.

③ X
- $0.02M$는 희석 후 전체 용액 속 HB 몰수 $0.020mol$을 최종 부피 1 L 기준처럼 잘못 처리한 값이다. 올바르게는 초기 부피 $0.250L$로 나누어 $0.080M$가 된다.

④ X
- $0.04M$는 희석 후 500 mL의 농도 $0.020mol/0.500L = 0.040M$에 해당한다. 문제는 초기 250 mL 용액에서의 HB 몰농도를 묻고 있으므로 올바른 값은 $0.080M$이다.

⑤ O
- 두 당량점 차이 $30mL - 10mL = 20mL$가 50 mL 시료 속 HB 중화에 해당한다. 따라서 HB는 시료에 $0.1M \times 0.020L = 0.002mol$, 초기 전체에는 $0.020mol$이고, 초기 농도는 $0.080M$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 두 가지이다. 첫째, 두 번째 당량점 30 mL를 HB만의 중화량으로 보면 안 되고, HB만의 중화량은 두 당량점의 차이인 20 mL이다. 둘째, 적정한 것은 희석 후 500 mL 전체가 아니라 그중 50 mL 시료이므로 10배 환산을 해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

여러 산의 적정에서 당량점이 여러 개 나오면, 각 당량점의 절대 부피와 당량점 사이의 부피 차이를 구분한다. 더 강한 산이 먼저 중화되고, 특정 산의 양은 해당 산이 중화되는 구간의 NaOH 몰수로 계산한 뒤 시료 부피와 전체 부피의 비율을 반영한다.

암기 포인트

두 약산 혼합물에서 K_a가 큰 산이 먼저 중화된다. 두 번째 산의 몰수는 두 당량점의 차이 부피에 해당하는 NaOH 몰수로 잡는다.

NoteBase

문 18. 어떤 소방공무원이 표의 각 항목을 하나씩 선택하여 pH가 5인 완충 용액을 제조할 때, 완충 용량이 가장 큰 것은?

산의 종류		산의 농도		완충 성분의 농도 비	
가	HA_1 $K_a = 1 \times 10^{-4}$	ㄱ	$0.01\,M$	a	$\frac{[A_1^-]}{[HA_1]} = 0.1$
나	HA_2 $K_a = 1 \times 10^{-5}$	ㄴ	$0.1\,M$	b	$\frac{[A_2^-]}{[HA_2]} = 1$
다	HA_3 $K_a = 1 \times 10^{-6}$	ㄷ	$1\,M$	c	$\frac{[A_3^-]}{[HA_3]} = 10$

① 산의 종류: 가, 산의 농도: ㄱ, 완충 성분의 농도 비: c

② 산의 종류: 가, 산의 농도: ㄴ, 완충 성분의 농도 비: c

③ 산의 종류: 나, 산의 농도: ㄱ, 완충 성분의 농도 비: b

④ 산의 종류: 나, 산의 농도: ㄷ, 완충 성분의 농도 비: b

⑤ 산의 종류: 다, 산의 농도: ㄴ, 완충 성분의 농도 비: a

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Henderson-Hasselbalch식을 이용해 pH 5가 되는 산과 짝염기 농도비를 맞추고, 그중 완충용량이 가장 큰 조합을 고르는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 목표 pH는 5이고, 산은 HA_1, HA_2, HA_3이다.
HA_1: $K_a = 1 \times 10^{-4}$, $pK_a = 4$
HA_2: $K_a = 1 \times 10^{-5}$, $pK_a = 5$
HA_3: $K_a = 1 \times 10^{-6}$, $pK_a = 6$
완충 성분의 농도비는 a: $[A^-]/[HA] = 0.1$, b: $[A^-]/[HA] = 1$, c: $[A^-]/[HA] = 10$이다.
주의할 조건: pH 5를 만들 수 있는 조합이어야 하고, 완충용량은 산의 총 농도가 클수록, 또 pH가 pK_a에 가까울수록 커진다.

사용할 공식

약산 완충용액에는 Henderson-Hasselbalch식을 사용한다.
$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 약산 HA와 짝염기 A^-의 농도비를 선택해 목표 pH 5의 완충용액을 만들라고 했기 때문이다.

계산 과정

1. HA_1은 $pK_a = 4$이므로 $5 = 4 + \log([A_1^-]/[HA_1])$이다. 따라서 $\log([A_1^-]/[HA_1]) = 1$, $[A_1^-]/[HA_1] = 10$이므로 농도비 c가 맞다.
2. HA_2는 $pK_a = 5$이므로 $5 = 5 + \log([A_2^-]/[HA_2])$이다. 따라서 $\log([A_2^-]/[HA_2]) = 0$, $[A_2^-]/[HA_2] = 1$이므로 농도비 b가 맞다.
3. HA_3는 $pK_a = 6$이므로 $5 = 6 + \log([A_3^-]/[HA_3])$이다. 따라서 $\log([A_3^-]/[HA_3]) = -1$, $[A_3^-]/[HA_3] = 0.1$이므로 농도비 a가 맞다.
4. pH 5에서는 HA_2가 $pK_a = 5$로 목표 pH와 정확히 같아 완충효율이 가장 좋고, 선택지 ④는 산 농도도 $1M$로 가장 크다. 따라서 ④의 조합이 완충용량이 가장 크다.

NoteBase

선지 판단

① X

- HA_1에 pH 5를 만들려면 농도비 c는 맞지만, 산 농도 ㄱ은 0.01M로 작고 pH가 pK_a보다 1 크다. ④의 HA_2, 1M, b 조합보다 완충용량이 작다. 틀린 표현은 "가, ㄱ, c가 가장 크다"이고, 올바르게는 "가와 c는 pH 조건은 맞지만 완충용량 최대 조합은 아니다"이다.

② X

- HA_1과 농도비 c는 pH 5 조건에 맞고 농도 ㄴ은 0.1M이지만, HA_2의 $pK_a = 5$ 조합보다 pH와 pK_a의 차이가 크고 농도도 ④보다 작다. 틀린 표현은 "가, ㄴ, c가 가장 크다"이고, 올바르게는 "가, ㄴ, c는 pH 조건은 맞아도 ④보다 완충용량이 작다"이다.

③ X

- HA_2와 농도비 b는 pH 5 조건에 가장 잘 맞지만, 산 농도 ㄱ은 0.01M뿐이다. 같은 HA_2, 같은 농도비 b라면 농도 ㄷ 1M인 ④가 훨씬 큰 완충용량을 가진다. 틀린 표현은 "나, ㄱ, b가 가장 크다"이고, 올바르게는 "나와 b는 맞지만 농도는 ㄷ이 되어야 한다"이다.

④ O

- HA_2는 $pK_a = 5$라서 목표 pH 5와 같고, 이때 필요한 농도비는 b인 $[A_2^-]/[HA_2] = 1$이다. 또한 산 농도 ㄷ은 1M로 제시된 농도 중 가장 크므로 완충용량이 가장 크다.

⑤ X

- HA_3에 pH 5를 만들려면 농도비 a는 맞지만, pH가 $pK_a = 6$보다 1 작고 산 농도 ㄴ은 0.1M이다. ④처럼 $pH = pK_a$이고 농도가 1M인 조합보다 완충용량이 작다. 틀린 표현은 "다, ㄴ, a가 가장 크다"이고, 올바르게는 "다와 a는 pH 조건은 맞지만 완충용량 최대 조합은 아니다"이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 pH를 맞추는 농도비만 고르고 완충용량의 크기 조건을 빠뜨리는 것이다. ①, ②, ⑤처럼 pH 5를 만들 수 있는 조합도 완충용량 최대가 아닐 수 있고, ③처럼 pK_a와 농도비가 맞아도 총 농도가 작으면 ④보다 작다.

다시 나오면 이렇게 판단

완충용액 선택 문제는 먼저 $pH = pK_a + \log([A^-]/[HA])$로 목표 pH에 맞는 농도비를 정하고, 그다음 pH와 pK_a가 가장 가까운지와 총 농도가 가장 큰지를 비교한다.

암기 포인트

완충용량은 $pH = pK_a$일 때 가장 유리하고, 같은 조건에서는 완충 성분의 총 농도가 클수록 커진다.

NoteBase

문 19. 이중 나선 구조의 DNA에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>
ㄱ. DNA가 이중 나선 구조를 형성하는 이유는 염기 간의 이온 결합 때문이다.
ㄴ. 같은 염기 수를 가진 DNA에서 아데닌(A)-타이민(T) 결합에 비해 구아닌(G)-시토신(C) 결합의 수가 많을수록 DNA의 녹는점이 높아진다.
ㄷ. 아데닌(A)-타이민(T) 결합은 3개의 수소 결합으로 이루어진다.
ㄹ. DNA는 유기용매인 벤젠에 잘 녹는다.

① ㄴ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ
⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 DNA 이중 나선 구조에서 염기쌍 결합의 종류, A-T와 G-C 염기쌍의 수소 결합 수, 그리고 DNA의 용해성 특징을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

DNA 이중 나선: 두 가닥의 DNA가 상보적 염기쌍을 이루며 꼬인 구조이다.
A-T 염기쌍: 아데닌과 타이민이 2개의 수소 결합으로 결합한다.
G-C 염기쌍: 구아닌과 시토신이 3개의 수소 결합으로 결합한다.
녹는점: DNA 두 가닥이 분리되는 온도이며, 같은 길이에서는 G-C 비율이 높을수록 일반적으로 높아진다.
용해성: DNA는 인산 골격 때문에 전하를 띠는 극성 고분자이므로 벤젠 같은 비극성 유기용매에 잘 녹지 않는다.

NoteBase

보기별 판단

ㄱ X: 틀린 표현은 "염기 간의 이온 결합"이다. 실제로 DNA의 상보적 염기쌍은 주로 수소 결합으로 연결되며, 이중 나선 안정성에는 염기쌍 형성과 염기 쌓임 상호작용이 관여한다.
ㄴ O: 같은 염기 수를 가진 DNA에서는 G-C 결합이 많을수록 수소 결합 수와 염기쌍 안정성이 커져 녹는점이 높아진다.
ㄷ X: 틀린 표현은 "A-T 결합은 3개의 수소 결합"이다. 실제로 A-T 결합은 2개의 수소 결합이고, G-C 결합이 3개의 수소 결합이다.
ㄹ X: 틀린 표현은 "벤젠에 잘 녹는다"이다. 실제로 DNA는 극성이고 전하를 띠는 인산 골격을 가지므로 비극성 용매인 벤젠에는 잘 녹지 않는다.

선지별 해설

① O: ㄴ만 옳다. G-C 결합이 많을수록 DNA의 녹는점이 높아진다는 설명만 맞다.
② X: ㄷ은 A-T 수소 결합 수를 3개라고 한 점이 틀리다. 올바르게는 A-T는 2개, G-C는 3개의 수소 결합이다.
③ X: ㄱ과 ㄹ은 모두 틀리다. 올바르게는 이중 나선의 염기쌍은 이온 결합이 아니라 수소 결합으로 연결되고, DNA는 벤젠에 잘 녹지 않는다.
④ X: ㄴ은 맞지만 ㄷ이 틀리므로 정답 조합이 아니다. 올바르게는 ㄴ만 선택해야 한다.
⑤ X: ㄴ은 맞지만 ㄷ과 ㄹ이 틀리므로 정답 조합이 아니다. 올바르게는 ㄴ만 선택해야 한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 G-C의 3개 수소 결합을 A-T에 붙여 바꾸는 ㄷ, 그리고 DNA의 유기분자라는 말만 보고 벤젠 같은 유기용매에 녹는다고 판단하게 하는 ㄹ이다. DNA는 유기 고분자이지만 인산 골격 때문에 극성·전하성을 가진다.

다시 나오면 이렇게 판단

DNA 이중 나선 문제에서는 먼저 염기쌍 결합을 확인한다. A-T는 2개 수소 결합, G-C는 3개 수소 결합이므로 G-C 비율이 높으면 녹는점이 높아진다. 용해성은 유기물 여부가 아니라 분자의 극성과 전하성으로 판단한다.

암기 포인트

A-T는 2개, G-C는 3개 수소 결합이다. G-C가 많을수록 DNA는 더 잘 버티고, DNA는 벤젠보다 물 쪽에 가까운 극성 고분자이다.

NoteBase

문 20. $[FeCl_6]^{3-}$와 $[Fe(CN)_6]^{3-}$의 d궤도 함수에 존재하는 전자가 바닥상태일 때 홀전자 수는?

① $[FeCl_6]^{3-}$: 1, $[Fe(CN)_6]^{3-}$: 1

② $[FeCl_6]^{3-}$: 1, $[Fe(CN)_6]^{3-}$: 5

③ $[FeCl_6]^{3-}$: 3, $[Fe(CN)_6]^{3-}$: 3

④ $[FeCl_6]^{3-}$: 5, $[Fe(CN)_6]^{3-}$: 1

⑤ $[FeCl_6]^{3-}$: 5, $[Fe(CN)_6]^{3-}$: 3

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 착이온에서 금속의 산화수와 d 전자 수를 구한 뒤, 리간드 장 세기에 따라 고스핀/저스핀 전자배치를 판단해 홀전자 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 착이온은 $[FeCl_6]^{3-}$와 $[Fe(CN)_6]^{3-}$이다.
두 착이온에서 리간드는 모두 -1 전하를 가지므로 Fe의 산화수는 $+3$이다.
Fe는 원자번호 26이고 Fe(III)는 d^5 전자배치를 가진다.
Cl^-는 약장 리간드라 고스핀 착물을 만들고, CN^-는 강장 리간드라 저스핀 착물을 만든다.

사용할 공식

산화수 판단: $x + 6(-1) = -3$이므로 $x = +3$이다.
d 전자 수 판단: Fe(III)는 d^5이다.
팔면체 d^5 착물에서 약장 리간드는 $t_{2g}^3 e_g^2$의 고스핀으로 홀전자 5개, 강장 리간드는 t_{2g}^5의 저스핀으로 홀전자 1개가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 착이온이 모두 배위수 6의 팔면체형이고, 홀전자 수가 리간드 장 세기에 따른 전자쌍 형성 여부로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. $[FeCl_6]^{3-}$: $x + 6(-1) = -3$이므로 Fe는 $+3$, 즉 d^5이다.
2. Cl^-는 약장 리간드이므로 전자들이 가능한 한 홀전자로 배치되는 고스핀 상태가 된다. 따라서 d^5에서 홀전자 수는 5이다.
3. $[Fe(CN)_6]^{3-}$: 마찬가지로 Fe는 $+3$, 즉 d^5이다.
4. CN^-는 강장 리간드이므로 낮은 t_{2g} 궤도에서 전자쌍을 먼저 만들며 저스핀 상태가 된다. 따라서 t_{2g}^5가 되어 홀전자 수는 1이다.
5. 따라서 $[FeCl_6]^{3-}$의 홀전자 수는 5, $[Fe(CN)_6]^{3-}$의 홀전자 수는 1이다.

선지 판단

① X
- ①은 $[FeCl_6]^{3-}$와 $[Fe(CN)_6]^{3-}$를 모두 홀전자 1개로 본 것이다. 틀린 표현은 $[FeCl_6]^{3-}$의 1개이며, 올바르게는 $[FeCl_6]^{3-}$는 약장 리간드 Cl^- 때문에 고스핀 d^5가 되어 홀전자 5개이다.

② X
- ②는 $[FeCl_6]^{3-}$를 1개, $[Fe(CN)_6]^{3-}$를 5개로 본 것이다. 틀린 표현은 두 값이 서로 뒤바뀐 부분이며, 올바르게는 $[FeCl_6]^{3-}$가 5개, $[Fe(CN)_6]^{3-}$가 1개이다.

③ X
- ③은 두 착이온을 모두 홀전자 3개로 본 것이다. 틀린 표현은 3개와 3개이며, 올바르게는 Fe(III)가 d^5라도 약장/강장 리간드에 따라 각각 고스핀 5개, 저스핀 1개로 나뉜다.

④ O
- $[FeCl_6]^{3-}$는 Cl^- 약장 리간드의 고스핀 d^5 착물이므로 홀전자 5개이고, $[Fe(CN)_6]^{3-}$는 CN^- 강장 리간드의 저스핀 d^5 착물이므로 홀전자 1개이다.

⑤ X
- ⑤는 $[FeCl_6]^{3-}$를 5개로 본 부분은 맞지만 $[Fe(CN)_6]^{3-}$를 3개로 본 부분이 틀리다. 틀린 표현은 $[Fe(CN)_6]^{3-}$의 3개이며, 올바르게는 강장 리간드 CN^-에 의한 저스핀 d^5라서 홀전자 1개이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 두 착이온의 금속 이온이 모두 Fe(III), 즉 d^5로 같다는 점에만 집중하고 리간드 장 세기를 빠뜨리게 하는 것이다. Cl^-와 CN^-는 같은 -1 리간드이지만 장 세기가 달라서 홀전자 수가 각각 5개와 1개로 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

배위화합물의 홀전자 수 문제는 산화수 결정 → 금속 이온의 d 전자 수 결정 → 배위수와 기하구조 확인 → 리간드가 약장인지 강장인지 확인 → 고스핀/저스핀 전자배치 판단의 순서로 푼다.

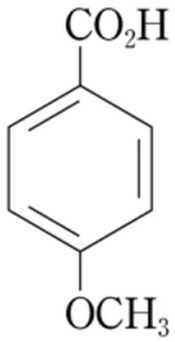
암기 포인트

Fe(III)는 d^5이고, 팔면체 d^5에서 약장 리간드는 고스핀 5홀전자, 강장 리간드는 저스핀 1홀전자이다.
대표적으로 Cl^-는 약장, CN^-는 강장이다.

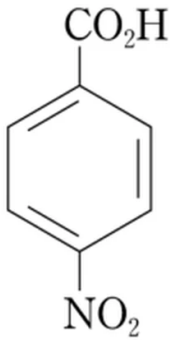
NoteBase

문 21. <보기>에서 카르복실산의 pK_a 값을 작은 것부터 순서대로 나열한 것은?

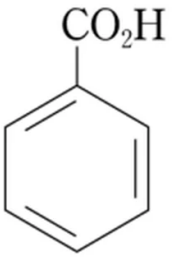
<보 기>



ㄱ



ㄴ



ㄷ

① ㄱ < ㄴ < ㄷ

② ㄱ < ㄷ < ㄴ

③ ㄴ < ㄱ < ㄷ

④ ㄴ < ㄷ < ㄱ

⑤ ㄷ < ㄴ < ㄱ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 치환기가 벤조산의 짝염기 안정도와 pK_a에 미치는 전자 효과를 묻는 문제이다.

핵심 개념

낮은 pK_a일수록 더 강한 산이다.

ㄴ: p-니트로벤조산은 NO_2가 강한 전자 끌개로 작용해 카복실레이트 음이온을 안정화하므로 pK_a가 가장 작다.

ㄷ: 벤조산은 치환기가 없어 기준이 되는 중간 산도이다.

ㄱ: p-메톡시벤조산은 OCH_3가 para 위치에서 공명으로 전자를 주어 카복실레이트 음이온을 상대적으로 불안정하게 하므로 pK_a가 가장 크다.

따라서 작은 pK_a부터의 순서는 ㄴ < ㄷ < ㄱ이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ < ㄴ < ㄷ이라고 하여 p-메톡시벤조산을 가장 작은 pK_a로 두었다. 틀린 표현은 'ㄱ < ㄴ < ㄷ'이다. 올바르게는 전자 끌개인 NO_2를 가진 ㄴ이 가장 작고, 전자 주개인 OCH_3를 가진 ㄱ이 가장 커서 ㄴ < ㄷ < ㄱ이다.

② X
ㄱ < ㄷ < ㄴ이라고 하여 ㄱ을 가장 작은 pK_a, ㄴ을 가장 큰 pK_a로 두었다. 틀린 표현은 'ㄱ < ㄷ < ㄴ'이다. 올바르게는 NO_2 치환체 ㄴ이 가장 강산이라 pK_a가 가장 작고, OCH_3 치환체 ㄱ이 가장 약산이라 pK_a가 가장 크다.

③ X
ㄴ < ㄱ < ㄷ이라고 하여 ㄱ이 ㄷ보다 pK_a가 작다고 보았다. 틀린 표현은 'ㄱ < ㄷ' 방향이다. 올바르게는 OCH_3의 공명 전자 주개 효과 때문에 ㄱ의 pK_a가 벤조산 ㄷ보다 커서 ㄷ < ㄱ이다.

④ O
ㄴ < ㄷ < ㄱ은 맞는 순서이다. NO_2는 짝염기를 안정화해 산성을 증가시키고 pK_a를 낮추며, 무치환 벤조산 ㄷ은 중간, OCH_3는 공명 전자 주개 효과로 산성을 낮추어 pK_a를 높인다.

⑤ X
ㄷ < ㄴ < ㄱ이라고 하여 무치환 벤조산 ㄷ이 p-니트로벤조산 ㄴ보다 pK_a가 작다고 보았다. 틀린 표현은 'ㄷ < ㄴ'이다. 올바르게는 전자 끌개 NO_2가 있는 ㄴ이 ㄷ보다 더 강산이므로 ㄴ < ㄷ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '강한 산'과 '큰 pK_a'를 같은 방향으로 착각하게 하는 점이다. 산이 강할수록 pK_a는 작아진다. 또한 para-OCH_3는 유도 효과만 보면 전자를 끌 수 있지만, 이 문제의 산도 비교에서는 공명 전자 주개 효과가 중요해 ㄱ의 pK_a가 벤조산보다 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

벤조산 치환체의 pK_a 순서는 먼저 '전자 끌개는 짝염기 안정화 → 산성 증가 → pK_a 감소', '전자 주개는 짝염기 불안정화 → 산성 감소 → pK_a 증가'로 판단한다. 그다음 무치환 벤조산을 중간 기준으로 놓는다.

암기 포인트

벤조산 산도는 NO_2 치환체가 더 강산, 무치환이 중간, OCH_3 치환체가 더 약산이다. 작은 pK_a 순서는 ㄴ < ㄷ < ㄱ이다.

NoteBase

문 22. 두 반쪽 반응과 표준 환원 전위(E°), 표준 전지 전위(E^o_전지)와 평형 상수(K)의 관계식이다. 25°C에서 두 반쪽 반응을 연결하고 염다리를 설치하여 갈바닉 전지를 구성할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하며, 제시된 반응 이외의 반응은 고려하지 않는다)

$Cu^{2+}(aq, 1.0M) + xe^- \rightleftharpoons Cu(s) \quad E^\circ = 0.34V$

$MnO_4^-(aq, 0.1M) + 4H^+(aq, 1.0M) + ye^- \rightleftharpoons MnO_2(s) + 2H_2O(l) \quad E^\circ = 1.68V$

E^o_전지 = (0.06)/(n) K

<보기>

ㄱ. $x + y = 6$이다.

ㄴ. $Cu(s)$는 산화되고, MnO_4^-는 환원된다.

ㄷ. 갈바닉 전지의 E_전지는 1.32V이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 산화·환원 반쪽 반응의 전자 수를 맞추고, 갈바니 전지에서 환원 전위가 큰 반응이 환원 전극이 된다는 원리를 이용해 전지 전위를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $Cu^{2+} + xe^- \rightleftharpoons Cu, E^\circ = 0.34V; MnO_4^- + 4H^+ + ye^- \rightleftharpoons MnO_2 + 2H_2O, E^\circ = 1.68V$ 이다.

구해야 할 값: x, y, 산화·환원 방향, 실제 갈바니 전지 전위이다.

주의할 조건: MnO_4^- 농도는 표준 농도 $1.0M$이 아니라 $0.1M$이므로, 표준 전지 전위 $1.68 - 0.34$만으로 실제 전지 전위를 판단하면 안 된다.

NoteBase

사용할 공식

전자 수는 원자 수와 전하 보존으로 구한다.
$E_{\text{red}} = E^\circ - \frac{0.06}{n}\log Q$
$E_{\text{cell}} = E_{\text{cathode}} - E_{\text{anode, red}}$
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 $25\,^\circ\text{C}$에서 농도가 주어진 갈바니 전지이므로, 표준 환원 전위의 큰쪽을 환원 전극으로 정한 뒤 비표준 농도 조건을 반영해야 한다.

계산 과정

1. 구리 반쪽 반응은 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$이므로 $x = 2$이다.
2. 망가니즈 반쪽 반응은 $\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + y\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$이다. 왼쪽 전하는 $-1 + 4 - y = 3 - y$, 오른쪽 전하는 0이므로 $y = 3$이다.
3. 따라서 $x + y = 2 + 3 = 5$이다.
4. 표준 환원 전위가 $1.68V$인 $\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2$ 반응이 환원되고, Cu/Cu^{2+} 반응은 역방향으로 진행되어 Cu(s)가 산화된다.
5. 망가니즈 반쪽 반응의 반응 지수는 $Q = 1/(0.1 \times 1^4) = 10$이고 $n = 3$이므로
$E_{\text{Mn}} = 1.68 - (0.06/3)\log 10 = 1.66V$이다.
6. 구리 반쪽 전위는 Cu^{2+}가 $1.0M$이므로 $0.34V$이다. 따라서 $E_{\text{cell}} = 1.66 - 0.34 = 1.32V$이다.

선지 판단

① X
ㄱ만 고른 선택지이다. ㄱ의 "$x + y = 6$"이 틀렸다. 올바르게는 $x = 2$, $y = 3$이므로 $x + y = 5$이다.

② X
ㄴ만 고른 선택지이다. ㄴ은 맞지만, ㄷ도 맞으므로 정답 조합이 아니다. ㄷ의 실제 전지 전위는 $1.32V$이다.

③ X
ㄱ, ㄴ을 고른 선택지이다. ㄴ은 맞지만 ㄱ이 틀렸다. ㄱ의 "$x + y = 6$"은 전체 반응을 맞출 때 오가는 전자 수 6과 반쪽 반응의 $x + y$를 혼동한 표현이고, 올바르게는 $x + y = 5$이다.

④ X
ㄱ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄷ은 맞지만 ㄱ이 틀렸다. 올바르게는 $x + y = 5$이다.

⑤ O
ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. Cu(s)는 Cu^{2+}로 산화되고, MnO_4^-는 MnO_2로 환원된다. 또한 MnO_4^-가 $0.1M$인 조건을 반영하면 $E_{\text{cell}} = 1.32V$이므로 ㄴ과 ㄷ이 모두 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 두 가지이다. 첫째, 전체 반응을 맞출 때 최소공배수로 맞추는 전자 수 6을 반쪽 반응의 계수 합 $x + y$로 착각하면 ㄱ을 맞다고 보게 된다. 둘째, MnO_4^- 농도 $0.1M$을 무시하고 표준 전지 전위만 계산하면 $1.68 - 0.34 = 1.34V$가 되어 ㄷ을 틀렸다고 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

반쪽 반응 문제는 먼저 원자 수와 전하 보존으로 전자 계수 x, y를 각각 구한다. 그 다음 환원 전위가 큰 반응을 환원 전극으로 정하고, 농도가 표준 상태가 아니면 Nernst 식으로 전극 전위를 보정한 뒤 전지 전위를 계산한다.

암기 포인트

반쪽 반응의 전자 계수와 전체 반응의 교환 전자 수는 다르다. 갈바니 전지는 큰 환원 전위 쪽이 환원되고, 농도가 $1.0M$이 아니면 실제 전위는 표준 전위에서 보정된다.

NoteBase

문 23. 단위격자당 원자 수가 1이고, 입방격자 구조를 가진 고체 A, B의 결정에 X-ray를 입사시켜 다음과 같은 결과를 얻었다. 회절차수가 1일 때, 실험 결과에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

	X−ray 파장(pm)	최대 회절 각도(°)	원자층 간격(pm)
A 결정	150	a	b
B 결정	200	45	c

<보기>

ㄱ. $a = 45$이면, $\frac{b}{c} = \frac{3}{4}$이다.

ㄴ. $b = c$이면, $a < 45^\circ$이다.

ㄷ. B 결정을 150pm X-ray로 측정했다면 최대 회절 각도는 감소한다.

ㄹ. A, B의 단위격자 한 변의 길이는 각각 $\frac{2b}{\sqrt{3}}$, $\frac{2c}{\sqrt{3}}$이다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄹ

③ ㄷ, ㄹ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 회절차수 1일 때 Bragg 법칙 $n\lambda = 2d\sin\theta$로 원자층 간격과 회절각의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A 결정은 $\lambda = 150pm$, 회절각 a, 원자층 간격 b이고, B 결정은 $\lambda = 200pm$, 회절각 45°, 원자층 간격 c이다.

구해야 할 값: 보기 ㄱ~ㄹ의 참거짓과 그 조합이다.

주의할 조건: 회절차수 $n = 1$이므로 $\lambda = 2d\sin\theta$를 그대로 사용한다.

NoteBase

사용할 공식

$n\lambda = 2d\sin\theta$

이 공식을 쓰는 이유: X-ray 회절에서 인접한 원자층 간격 d, X-ray 파장 λ, 회절각 θ 사이의 조건을 Bragg 법칙으로 연결하기 때문이다. 회절차수가 1이면 $d = \frac{\lambda}{2\sin\theta}$이다.

계산 과정

1. B 결정에서 $c = \frac{200}{2\sin 45^\circ} = \frac{200}{\sqrt{2}} = 100\sqrt{2}\,pm$이다.
2. ㄱ에서 $a = 45^\circ$라면 $b = \frac{150}{2\sin 45^\circ} = \frac{150}{\sqrt{2}} = 75\sqrt{2}\,pm$이므로 $\frac{b}{c} = \frac{75\sqrt{2}}{100\sqrt{2}} = \frac{3}{4}$이다.
3. ㄴ에서 $b = c$라면 같은 원자층 간격에서 $\sin\theta$는 λ에 비례한다. A의 파장 150 pm은 B의 파장 200 pm보다 작으므로 $\sin a < \sin 45^\circ$, 따라서 $a < 45^\circ$이다.
4. ㄷ에서 B 결정을 150 pm X-ray로 측정하면 같은 c에 대해 $\sin\theta = \lambda/(2c)$가 작아지므로 최대 회절 각도는 감소한다.
5. ㄹ은 원자층 간격 b, c를 곧바로 단위격자 한 변과 $2d/\sqrt{3}$ 관계로 연결한 점이 틀리다. 단위격자당 원자 수가 1인 입방격자는 단순입방 구조로 보며, 이 조건만으로 한 변의 길이를 각각 $2b/\sqrt{3}$, $2c/\sqrt{3}$라고 할 수 없다.

선지 판단

ㄱ O: $a = 45^\circ$이면 A와 B는 회절각이 같고 파장만 150 pm, 200 pm으로 다르므로 원자층 간격의 비도 $150 : 200 = 3 : 4$가 되어 $b/c = 3/4$이다.
ㄴ O: $b = c$이면 원자층 간격이 같을 때 파장이 더 짧은 A의 $\sin a$가 더 작으므로 $a < 45^\circ$이다.
ㄷ O: B 결정에서 원자층 간격은 그대로 두고 X-ray 파장을 200 pm에서 150 pm으로 줄이면 $\sin\theta$가 작아져 회절각도 감소한다.
ㄹ X: 틀린 표현은 "한 변의 길이는 각각 $2b/\sqrt{3}$, $2c/\sqrt{3}$"이다. 올바르게는 이 문제의 b, c는 Bragg 법칙에 들어가는 원자층 간격이며, 단위격자당 원자 수가 1인 입방격자라는 조건만으로 한 변의 길이를 $2d/\sqrt{3}$ 꼴로 정할 수 없다.
① X: ㄱ, ㄴ만 고른 선택지인데 ㄷ도 옳다. 틀린 표현은 "ㄱ, ㄴ"이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.
② X: ㄱ은 옳지만 ㄹ은 틀리다. 틀린 표현은 "ㄹ"이고, 올바르게는 ㄴ, ㄷ이 추가되어 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.
③ X: ㄷ은 옳지만 ㄹ은 틀리다. 틀린 표현은 "ㄹ"이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ이 포함되어야 한다.
④ O: ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳고 ㄹ만 틀리므로 정답 조합이다.
⑤ X: ㄴ, ㄷ은 옳지만 ㄹ은 틀리다. 틀린 표현은 "ㄹ"이고, 올바르게는 ㄹ 대신 ㄱ이 포함되어 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 X-ray 파장이 작아지면 회절각도 작아진다는 비례 관계를 놓치거나, 원자층 간격 d를 단위격자 한 변의 길이와 임의의 기하식으로 바꾸는 것이다. 이 문제에서는 $n = 1$이므로 $\sin\theta = \lambda/(2d)$만으로 ㄱ~ㄷ을 판단할 수 있고, ㄹ의 $2d/\sqrt{3}$ 관계는 주어진 구조 조건과 맞지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

X-ray 회절 계산형 문제는 먼저 $n\lambda = 2d\sin\theta$를 쓰고, 같은 d에서는 λ가 작을수록 θ가 작아지며, 같은 θ에서는 d가 λ에 비례한다고 판단한다.

암기 포인트

Bragg 법칙 1차 회절은 $\lambda = 2d\sin\theta$이다. 같은 층간격이면 파장 감소는 회절각 감소, 같은 각도이면 층간격 비는 파장비와 같다.

NoteBase

문 24. 방사성 물질 Po와 Ra의 핵반응식이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

gathered^216_84Po → ^a_bPb+z\\^224_88Ra → ^220_86Rn+zgathered
<보 기>
ㄱ. $a+b=294$이다.
ㄴ. z는 알파 입자이다.
ㄷ. z는 양성자 2개와 중성자 2개로 이루어진 원자이다.
ㄹ. z는 방사선 중에 투과력이 가장 큰 입자이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ
⑤ ㄱ, ㄷ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 핵반응식에서 질량수와 원자번호가 각각 보존된다는 원리를 이용해 방출 입자 z와 납 원자의 a, b를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 핵반응식은 $^{216}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{a}_{b}\mathrm{Pb} + z$, $^{224}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{220}_{86}\mathrm{Rn} + z$이다.
구해야 할 값은 z의 정체와 $a+b$이다.
핵반응식에서는 반응 전후의 질량수 합과 원자번호 합이 각각 같아야 한다.

사용할 공식

질량수 보존: 반응 전 질량수 합 = 반응 후 질량수 합
원자번호 보존: 반응 전 원자번호 합 = 반응 후 원자번호 합
이 공식을 쓰는 이유는 핵반응에서 핵종이 바뀌어도 전체 질량수와 전체 전하수, 즉 원자번호 합은 보존되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

라듐 반응식에서 $^{224}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{220}_{86}\mathrm{Rn} + z$이므로 z의 질량수는 $224 - 220 = 4$, 원자번호는 $88 - 86 = 2$이다.
따라서 z는 $^{4}_{2}\mathrm{He}$, 즉 알파 입자이다.
폴로늄 반응식에서 $^{216}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{a}_{b}\mathrm{Pb} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$이므로 $a = 216 - 4 = 212$, $b = 84 - 2 = 82$이다.
따라서 $a + b = 212 + 82 = 294$이다.

보기 판단

ㄱ O: $a = 212$, $b = 82$이므로 $a + b = 294$가 맞다.
ㄴ O: z는 질량수 4, 원자번호 2인 $^{4}_{2}\mathrm{He}$ 핵이므로 알파 입자이다.
ㄷ X: 틀린 표현은 "원자"이다. z는 양성자 2개와 중성자 2개로 이루어진 헬륨 원자핵, 즉 알파 입자이지 전자를 포함한 중성 원자가 아니다.
ㄹ X: 틀린 표현은 "투과력이 가장 큰 입자"이다. 알파 입자는 투과력이 작고, 방사선 중 투과력이 가장 큰 것은 감마선이다.

선지 판단

① O: 옳은 보기 ㄱ, ㄴ만 고른 조합이므로 맞다.
② X: ㄷ이 포함되어 틀리다. ㄷ의 "원자"는 올바르게는 "원자핵"이다.
③ X: ㄹ이 포함되어 틀리다. ㄹ의 "투과력이 가장 큰 입자"는 올바르게는 알파 입자가 아니라 감마선이다.
④ X: ㄷ이 포함되어 틀리다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.
⑤ X: ㄷ과 ㄹ이 포함되고 ㄴ이 빠져 틀리다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 알파 입자를 "헬륨 원자"로 착각하게 하는 ㄷ과, 방사선 투과력 순서를 묻는 ㄹ이다. 알파 입자는 헬륨 원자핵이고, 투과력은 일반적으로 $\alpha < \beta < \gamma$ 순서로 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

핵반응식 문제는 먼저 질량수 보존과 원자번호 보존으로 빠진 입자의 A, Z를 구하고, $^{4}_{2}\mathrm{He}$가 나오면 알파 입자로 판단한다.

암기 포인트

알파 입자는 $^{4}_{2}\mathrm{He}$ 원자핵이다. 질량수는 4, 원자번호는 2이며 투과력은 작다.

NoteBase

문 25. 동일한 재질의 금속판 A, B에 각각 금과 은을 도금하려고 한다. 금속판 A를 Au^{3+} 수용액에 넣고 576초 동안 일정한 전류를 흘려주었을 때, 3.92mg의 금이 도금되었다. 금속판 B를 Ag^{+} 수용액에 넣고 동일한 전류로 480초 동안 도금할 경우, 도금된 은의 양은? (단, 금의 원자량은 196, 은의 원자량은 107, 패러데이 상수는 96,000C/mol이고, 전류는 금속 도금에만 쓰였다고 가정한다)

① 2.67mg

② 5.35mg

③ 8.02mg

④ 10.7mg

⑤ 16.1mg

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 패러데이 전기분해 법칙 $n(e^-) = Q/F = It/F$와 석출 금속의 이온 전하수를 이용해 같은 전류에서 은의 석출 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 금속판 A에서 Au^{3+}가 576초 동안 환원되어 금 3.92 mg이 석출되었다. 금속판 B에서는 같은 전류로 Ag^{+}를 480초 동안 환원한다.
구해야 할 값: 금속판 B에 석출된 은의 질량.
주의할 조건: 전류는 금속 도금에만 쓰이며 두 실험의 전류는 동일하다. Au^{3+} 1몰에는 전자 3몰, Ag^{+} 1몰에는 전자 1몰이 필요하다.

사용할 공식

전기량과 전자 몰수의 관계는 $n(e^-) = Q/F$이다. 금속 이온 M^{z+}가 환원될 때 석출 금속 몰수는 $n(M) = n(e^-)/z$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 일정한 전류를 흘린 전기분해에서 석출량은 지나간 전자 몰수와 이온의 전하수에 의해 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 금의 몰수는 $0.00392 g / 196 g mol^{-1} = 2.00 \times 10^{-5} mol$이다.
2. Au^{3+} 1몰은 전자 3몰을 받으므로, 사용된 전자 몰수는 $3 \times 2.00 \times 10^{-5} = 6.00 \times 10^{-5} mol$이다.
3. 금 도금 때의 전기량은 $Q = nF = 6.00 \times 10^{-5} \times 96000 = 5.76 C$이고, 전류는 $I = Q/t = 5.76/576 = 0.0100 A$이다.
4. 은 도금 때의 전기량은 $Q = It = 0.0100 \times 480 = 4.80 C$이다.
5. 은 도금 때 전자 몰수는 $4.80/96000 = 5.00 \times 10^{-5} mol$이다. Ag^{+}는 전자 1몰당 은 1몰이 석출되므로 은의 몰수도 $5.00 \times 10^{-5} mol$이다.
6. 은의 질량은 $5.00 \times 10^{-5} \times 107 g = 0.00535 g = 5.35 mg$이다.

선지 판단

① X
- 계산 결과는 5.35 mg이다. 틀린 표현은 2.67 mg이고, 올바르게는 5.35 mg이다.

② O
- 같은 전류에서 480초 동안 흐른 전기량은 4.80 C이고, Ag^{+}는 전자 1몰당 은 1몰을 석출하므로 은의 질량은 5.35 mg이다.

③ X
- 계산 결과는 5.35 mg이므로 8.02 mg은 맞지 않다. 틀린 표현은 8.02 mg이고, 올바르게는 5.35 mg이다.

④ X
- 금의 질량 3.92 mg을 단순히 은의 원자량 비로만 바꾸거나 전하수와 시간 조건을 잘못 처리하면 큰 값이 나올 수 있다. 틀린 표현은 10.7 mg이고, 올바르게는 5.35 mg이다.

⑤ X
- 은의 석출량은 전기량 4.80 C와 Ag^{+}의 전하수 1로 정해지므로 16.1 mg까지 증가하지 않는다. 틀린 표현은 16.1 mg이고, 올바르게는 5.35 mg이다.

계산 결과 5.35 mg이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 금과 은의 원자량만 비교하는 것이 아니라 이온 전하수와 도금 시간을 함께 반영해야 한다는 점이다. 특히 Au^{3+}는 금 1몰 석출에 전자 3몰이 필요하지만, Ag^{+}는 은 1몰 석출에 전자 1몰만 필요하다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

전기분해 석출량 문제는 먼저 한 실험에서 $n(e^-)$와 전류 I를 구한 뒤, 같은 전류 조건을 다른 시간에 적용하고 마지막에 이온 전하수 z로 금속 몰수를 환산한다.

암기 포인트

전기분해 질량은 질량 It × 원자량 / 전하수로 판단한다. 같은 전류라면 시간, 원자량, 이온 전하수를 함께 비교한다.

NoteBase