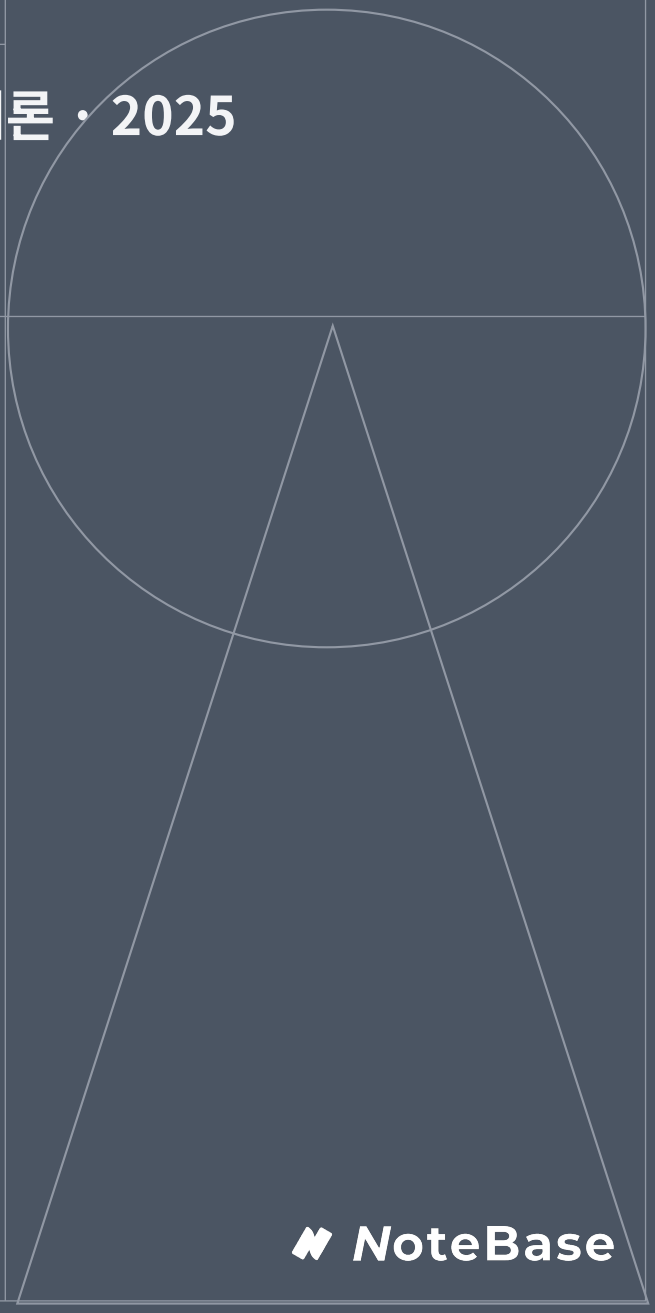
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2025

공무원/서울시/7급 · 화학개론 · 2025

문 1. 다음 중 중성자를 가장 적게 포함하고 있는 원소는?

① $^{50}_{22}\mathrm{Ti}$

② $^{51}_{23}\mathrm{V}$

③ $^{50}_{24}\mathrm{Cr}$

④ $^{54}_{26}\mathrm{Fe}$

정답 3번

출제 포인트

원자 표기법에서 질량수(위 첨자)와 원자번호(아래 첨자)를 구분하고, 중성자 수 = 질량수 - 원자번호 공식을 적용해 가장 작은 값을 찾는 문항이다.

조건 정리

① $^{50}_{22}\mathrm{Ti}$ — 질량수 50, 원자번호 22
② $^{51}_{23}\mathrm{V}$ — 질량수 51, 원자번호 23
③ $^{50}_{24}\mathrm{Cr}$ — 질량수 50, 원자번호 24
④ $^{54}_{26}\mathrm{Fe}$ — 질량수 54, 원자번호 26

사용할 공식

중성자 수 = 질량수 - 원자번호(양성자 수)

계산 과정

① Ti: 50 - 22 = 28
② V: 51 - 23 = 28
③ Cr: 50 - 24 = 26
④ Fe: 54 - 26 = 28

③ Cr이 26으로 네 원소 중 가장 적다.

NoteBase

선지 판단

① $^{50}_{22}\mathrm{Ti}$ — 중성자 수 28. 오답.
② $^{51}_{23}\mathrm{V}$ — 중성자 수 28. 오답.
③ $^{50}_{24}\mathrm{Cr}$ — 중성자 수 26. 네 선지 중 최솟값. 정답.
④ $^{54}_{26}\mathrm{Fe}$ — 중성자 수 28. 오답.

오답 포인트

①②④는 중성자 수가 모두 28로 같다. ③ Cr은 ① Ti와 질량수가 똑같이 50이지만 원자번호가 2 더 크므로 중성자가 2 적다. '질량수가 같으면 중성자도 같다'고 착각하면 틀린다. 질량수가 아니라 원자번호를 빼야 한다는 점을 잊지 말 것.

다시 나오면 이렇게 판단

'중성자 수가 가장 많은/적은 원소' 유형은 각 선지마다 (질량수 - 원자번호)를 계산해 수치를 나열한 후 대소를 비교한다. 질량수가 같은 선지 쌍을 먼저 찾으면 원자번호 차이만으로 바로 크기를 알 수 있어 계산 속도가 빠르다.

암기 포인트

원자 표기법 $^{A}_{Z}X$: A = 질량수, Z = 원자번호 = 양성자 수. 중성자 수 = A - Z. 이 문항 수치: ①②④ 중성자 28, ③ 크로뮴(Cr) 중성자 26.

NoteBase

문 2. 0.5M $CaCl_2$ **수용액** 250mL**를 온도 변화가 없는 방에 장시간 두었더니 물이 증발하여 농도가** 1.25M**이 되었다. 증발한 물의 부피**[mL]**는?**

① 100

② 125

③ 150

④ 200

정답 3번

출제 포인트

몰 농도(M) 정의를 이용해 용질 몰수를 구하고, 증발 후 부피와 처음 부피의 차이로 증발량을 계산한다. 온도 변화가 없으므로 용질($CaCl_2$) 몰수는 변하지 않는다.

조건 정리

처음 농도: 0.5 M, 처음 부피: 250 mL = 0.250 L, 증발 후 농도: 1.25 M, 용질 몰수는 증발 전후 동일.

사용할 공식

몰 농도(M) = 용질의 몰수(mol) / 용액의 부피(L), 즉 $n = M \times V$.

계산 과정

① 용질 몰수 계산: $n = 0.5\text{M} \times 0.250\text{L} = 0.125\text{mol}$
② 증발 후 용액 부피: $V = \frac{0.125\text{mol}}{1.25\text{M}} = 0.100\text{L} = 100\text{mL}$
③ 증발한 물의 부피: $250\text{mL} - 100\text{mL} = 150\text{mL}$

선지 판단

① 100 mL → 증발 후 남은 용액의 부피(100 mL)를 증발량으로 착각한 오답. 증발 후 부피≠증발량.
② 125 mL → 처음 부피의 절반 또는 농도비를 잘못 적용한 오답.
③ 150 mL → 250 mL − 100 mL = 150 mL. 계산 일치. 정답.
④ 200 mL → 처음 부피의 80%를 증발량으로 보는 오답.

오답 포인트

가장 많이 틀리는 것은 ①번: 증발 후 남은 용액 부피(100 mL)를 답으로 적는 실수다. 문제는 '증발한 물의 부피'를 물으므로, 반드시 처음 부피에서 남은 부피를 빼야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

농도가 높아졌다 → 용질 몰수 고정, 남은 용액 부피 역산 → 처음 부피 − 남은 부피 = 증발량. '농도 증가 = 부피 감소'임을 확인하고 빼기 단계를 빠뜨리지 않는다.

암기 포인트

용질 몰수 = 농도(M) × 부피(L). 물이 증발해도 용질 몰수 불변. 증발량 = 처음 부피 − 증발 후 부피.

NoteBase

문 3. $27^\circ C$에서 어떤 기체가 $0.6atm$의 압력으로 밀폐된 유리 용기에 담겨 있다. 유리 용기가 버틸 수 있는 최대 압력이 $1.8atm$일 때, 용기가 깨지지 않으면서 도달할 수 있는 최고 온도[$^\circ C$]는? (단, $0^\circ C = 273K$이다.)

① 627

② 673

③ 708

④ 900

정답 1번

출제 포인트

밀폐 용기(부피 고정) 속 기체의 온도 변화에 따른 압력 변화를 묻는 문항이다. 게이-뤼삭 법칙(압력-온도 법칙)을 적용한다.

조건 정리

초기 온도 $T_1 = 27°C = 300K$, 초기 압력 $P_1 = 0.6atm$, 용기가 버틸 수 있는 최대 압력 $P_2 = 1.8atm$, 부피 일정.

사용할 공식

부피가 일정할 때 압력과 절대온도는 비례한다(게이-뤼삭 법칙): $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$. 따라서 $T_2 = T_1 \times \frac{P_2}{P_1}$.

계산 과정

$T_2 = 300K \times \frac{1.8atm}{0.6atm} = 300 \times 3 = 900K$

섭씨 변환: $900K - 273 = 627°C$

선지 판단

① 627°C — $900K - 273 = 627°C$ ✓ 정답

② 673°C — $673 + 273 = 946K$. $P = 0.6 \times (946/300)$ ☒ $1.89atm$으로 최대 압력 초과, 오답

③ 708°C — $708 + 273 = 981K$. $P = 0.6 \times (981/300)$ ☒ $1.96atm$으로 최대 압력 초과, 오답

④ 900°C — $900 + 273 = 1173K$. $P = 0.6 \times (1173/300) = 2.346atm$으로 최대 압력 초과, 오답. 900은 절대온도 값이며, 이를 섭씨로 혼동하면 틀린다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 ④번 900을 선택하는 것이다. 게이-뤼삭 법칙으로 구한 900은 켈빈(K) 값이고, 문제는 섭씨[°C]를 묻고 있으므로 반드시 273을 빼야 한다. 또한 '0°C = 273K'라는 조건을 문제에서 명시했다는 점이 이 변환이 핵심임을 암시한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

밀폐 용기(부피 고정) + 기체 + 온도/압력 변화 → 게이-뤼삭 법칙. ① 주어진 온도를 반드시 K로 변환 ② $T_2 = T_1 \times (P_2/P_1)$ 계산 ③ 결과(K)에서 273을 빼서 °C로 반환. 이 3단계 순서를 지키면 실수 없다.

암기 포인트

게이-뤼삭 법칙: 부피 일정 → P/T = 일정(P와 T는 비례). 샤를 법칙: 압력 일정 → V/T = 일정. 보일 법칙: 온도 일정 → PV = 일정. 세 법칙 모두 T는 반드시 절대온도(K = °C + 273) 사용.

NoteBase

문 4. 몰랄농도로 표기되는 용액을 제조할 때 사용하지 않아도 되는 것은?

① 용질

② 용매

③ 저울

④ 부피 플라스크

정답 4번

출제 포인트

몰랄농도(m)의 정의가 '용매 질량(kg) 기준'이라는 점을 알면 어떤 기구가 필요하고 어떤 기구가 불필요한지 바로 판별할 수 있다.

핵심 개념

몰랄농도(molality, 단위 m) = 용질의 몰수(mol) ÷ 용매의 질량(kg). 부피가 아닌 질량 기반이므로 용질과 용매의 질량 측정이 핵심이다. 몰농도(M)는 전체 용액의 부피(L) 기준이어서 부피 플라스크가 필요하지만, 몰랄농도 제조에는 부피 플라스크가 전혀 필요하지 않다.

선지별 해설

① 용질 — 필요하다. 몰랄농도 계산에 용질의 몰수가 반드시 있어야 한다.
② 용매 — 필요하다. 몰랄농도 분모가 용매의 질량(kg)이므로 용매가 있어야 한다.
③ 저울 — 필요하다. 용질과 용매의 질량을 g 단위로 달아야 몰랄농도를 계산할 수 있다.
④ 부피 플라스크 — 불필요하다(정답). 부피 플라스크는 일정 부피의 용액을 만들 때 쓰는 기구로 몰농도 제조에 필요하다. 몰랄농도는 용매 질량(kg)만 알면 되므로 부피 플라스크가 없어도 된다.

오답 포인트

③ 저울을 '사용하지 않아도 된다'고 오해하기 쉽다. 저울은 용질과 용매의 질량을 측정하는 핵심 도구이므로 반드시 필요하다. 부피 플라스크와 혼동하지 않도록 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

몰랄농도 문제가 나오면 '부피 측정 기구(부피 플라스크, 눈금실린더 등)는 몰랄농도와 무관하다'고 바로 연결한다. 반대로 몰농도 제조 문제에서는 부피 플라스크가 필수다.

암기 포인트

몰랄농도(m) = 질량 기준 → 저울 필요, 부피 플라스크 불필요. 몰농도(M) = 부피 기준 → 부피 플라스크 필요.

NoteBase

문 5. <보기>는 화합물의 끓는점에 대한 설명이다. (가), (나)에 들어갈 말을 옳게 짝지은 것은?

<보기>
동일한 외부 압력에서는 화합물의 증기 압력이 높을수록 끓는점은 (가)지고, 화합물의 증기 압력이 같다면 외부 압력이 높을수록 끓는점은 (나)진다.

① (가): 높아, (나): 높아
② (가): 높아, (나): 낮아
③ (가): 낮아, (나): 높아
④ (가): 낮아, (나): 낮아

정답 3번

출제 포인트

끓는점의 정의(증기 압력 = 외부 압력이 되는 온도)를 이해하고, 증기 압력과 외부 압력 각각이 끓는점에 미치는 영향을 구별할 수 있는지 묻는다.

핵심 개념

끓는점: 액체의 증기 압력이 외부(대기) 압력과 같아지는 온도. 따라서 끓는점은 외부 압력에 따라 달라지며, 증기 압력이 높은 물질일수록 더 낮은 온도에서 외부 압력과 같아진다.

선지별 해설

① (가)높아, (나)높아 — (가)가 틀렸다. 동일한 외부 압력에서 증기 압력이 높은 물질은 낮은 온도에서 이미 끓는다. '높아'가 아니라 '낮아'가 맞다.
② (가)높아, (나)낮아 — (가), (나) 모두 틀렸다.
③ (가)낮아, (나)높아 — 정답. 증기 압력이 높을수록 낮은 온도에서 외부 압력에 도달하므로 끓는점이 낮아지고, 외부 압력이 높아지면 증기 압력이 그에 맞추려면 더 높은 온도가 필요하므로 끓는점이 높아진다.
④ (가)낮아, (나)낮아 — (나)가 틀렸다. 외부 압력이 높아지면 끓는점은 높아진다. 압력밥솥이 대표적 예다.

오답 포인트

(가)를 '높아'로 착각하기 쉽다. '증기 압력이 높다' = '잘 끓는다' = '낮은 온도에서 끓는다'의 흐름을 거꾸로 읽으면 오답이 된다. (나)는 압력밥솥 원리(외부 압력 증가 → 끓는점 상승)를 알면 틀리지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

끓는점 문제는 '끓는점 = 증기 압력이 외부 압력과 같아지는 온도' 정의에서 출발한다. 증기 압력이 커지면 더 일찍(낮은 온도에서) 조건을 만족 → 끓는점 하강. 외부 압력이 커지면 조건을 만족하기 더 어려워짐(더 높은 온도 필요) → 끓는점 상승.

암기 포인트

증기 압력 ↑ → 끓는점 ↓ (에탄올이 물보다 끓는점이 낮은 이유). 외부 압력 ↑ → 끓는점 ↑ (압력밥솥의 원리). 두 방향이 반대임을 세트로 기억한다.

NoteBase

문 6. 아세트산의 용융열은 $10.8 kJ mol^{-1}$이고 기화열은 $24.3 kJ mol^{-1}$일 때, 아세트산의 승화열$[kJ mol^{-1}]$은?

① 35.1

② 13.5

③ -35.1

④ -13.5

정답 1번

출제 포인트

승화열은 고체가 직접 기체로 변할 때 흡수하는 열이다. 헤스의 법칙에 따라, 고체 → 액체(용융) → 기체(기화)의 두 단계 엔탈피 합이 곧 고체 → 기체(승화)의 엔탈피와 같다. 따라서 승화열 = 용융열 + 기화열임을 아는지 묻는다.

조건 정리

용융열(고체 → 액체) = 10.8 kJ mol^{-1}, 기화열(액체 → 기체) = 24.3 kJ mol^{-1}

사용할 공식

승화열 = 용융열 + 기화열 (헤스의 법칙: 경로에 무관하게 엔탈피 변화의 합은 일정)

계산 과정

승화열 = 10.8 + 24.3 = 35.1 kJ mol^{-1}

선지 판단

① 35.1 — 용융열 + 기화열 = 10.8 + 24.3 = 35.1 kJ mol^{-1}. 정답.
② 13.5 — 기화열 - 용융열 = 24.3 - 10.8 = 13.5. 차(差)를 구했으므로 틀림.
③ -35.1 — 35.1의 부호를 반대로 취했으므로 틀림. 승화는 흡열 과정이므로 양수.
④ -13.5 — 차를 구한 뒤 부호까지 반대로 취했으므로 틀림.

오답 포인트

② 13.5는 24.3 - 10.8로, 두 값의 차를 구했을 때 나오는 수치다. 합이 아닌 차를 구하는 실수가 가장 흔하다.
③④는 방향(흡열/방열)을 혼동해 부호를 바꾼 경우다. 승화(고체→기체)는 흡열이므로 ΔH는 양수임을 기억한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

승화열이 주어지지 않고 용융열·기화열이 주어지면 무조건 합산한다. 역방향(기체→고체, 응고+액화)이면 부호를 바꿔 음수 처리한다. 헤스의 법칙 적용 순서: ①단계별 엔탈피를 화살표 방향에 맞게 나열 → ②더하기(방향 반대면 부호 반전).

암기 포인트

승화열 = 용융열 + 기화열. 고체→기체는 항상 흡열(양수). 역방향인 승화(기체→고체, 즉 증착·응화)는 방열(음수). 아세트산 예시: 10.8 + 24.3 = 35.1 kJ mol^{-1}.

NoteBase

문 7. <보기>의 반응식과 설명에 부합하는 속도식은? (단, k는 반응속도상수이다.)

<보기>
• 반응식 : $A(g) \rightarrow 2B(g)$
• 화학 반응은 몇 단계에 걸쳐서 일어난다.
• 화학 반응의 반감기는 반응물의 초기 농도 $[A]_0$에 비례한다.

① 속도 = k
② 속도 = $k[A]$
③ 속도 = $k[A]^2$
④ 속도 = $k[A]^3$

정답 1번

출제 포인트

반감기(half-life)와 반응 차수(reaction order)의 관계를 알고, 주어진 반감기 조건으로부터 속도식을 결정할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

• 반응식: A(g) → 2B(g)
• 화학 반응은 몇 단계(다단계)에 걸쳐 일어난다.
• 반감기는 반응물의 초기 농도 $[A]_0$에 비례한다.

사용할 공식

차수별 반감기 공식:
0차: $t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2k}$ → 반감기 $\propto [A]_0$
1차: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$ → 반감기 = 일정(농도 무관)
2차: $t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$ → 반감기 $\propto \frac{1}{[A]_0}$

계산 과정

세 번째 조건 '반감기 $\propto [A]_0$'를 각 차수 공식에 대입한다.
0차 반응의 반감기 = $[A]_0$ / (2k)이므로, $[A]_0$를 2배로 늘리면 반감기도 2배가 된다. → 비례 관계 성립.
따라서 이 반응은 0차 반응이고, 0차 반응의 속도식은 속도 = k이다.

NoteBase

선지 판단

① 속도 = k → 0차 반응. 반감기 = $[A]_0/(2k)$이므로 초기 농도에 비례. 조건과 일치. ✓ (정답)
② 속도 = k[A] → 1차 반응. 반감기 = (ln2)/k로 농도에 무관. 조건과 불일치. ☒
③ 속도 = $k[A]^2$ → 2차 반응. 반감기 = $1/(k[A]_0)$로 농도에 반비례. 조건과 불일치. ☒
④ 속도 = $k[A]^3$ → 3차 반응. 반감기 = $1/(2k[A]_0^2)$로 농도 제곱에 반비례. 조건과 불일치. ☒

오답 포인트

반감기가 초기 농도에 '비례'한다는 표현을 놓치면 1차나 2차 반응으로 오해한다. 비례 → 0차, 무관 → 1차, 반비례 → 2차임을 반감기 공식에서 직접 도출해야 한다. '다단계 반응'이라는 조건은 반응 메커니즘을 설명하는 것이지, 차수를 바꾸지 않으므로 속도식 결정에 직접 사용하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

반감기 조건이 주어지면 가장 먼저 세 가지 공식을 떠올리고 농도 의존성을 대조한다. '비례'이면 즉시 0차, '무관'이면 1차, '반비례'이면 2차로 결정하고 속도식을 적는다.

암기 포인트

0차: 속도 = k, $t_{1/2} = [A]_0/(2k)$, 반감기 $\propto [A]_0$
1차: 속도 = k[A], $t_{1/2} = (\ln 2)/k$, 반감기 = 일정
2차: 속도 = $k[A]^2$, $t_{1/2} = 1/(k[A]_0)$, 반감기 $\propto 1/[A]_0$

NoteBase

문 8. 수소 원자의 양자수와 관련된 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 주양자수(n)는 오비탈의 크기를 결정한다.
ㄴ. 각운동량 양자수(l)는 오비탈의 상대적 배향을 결정한다.
ㄷ. 자기양자수(m_l)는 오비탈의 모양을 결정한다.
ㄹ. $n = 3, l = 2$ 양자수를 가지는 오비탈의 개수는 5개이다.

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

수소 원자의 4가지 양자수(주양자수 n, 각운동량 양자수 l, 자기양자수 m_l, 스핀양자수 m_s)가 각각 오비탈의 어떤 성질을 결정하는지, 그리고 n과 l 값이 주어졌을 때 가능한 오비탈 개수를 계산할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

주양자수 n: 오비탈의 크기와 에너지 준위를 결정한다. n=1,2,3,… 로 커질수록 오비탈이 커지고 에너지가 높아진다.
각운동량 양자수 l: 오비탈의 모양(shape)을 결정한다. l=0이면 s(구형), l=1이면 p(아령형), l=2이면 d형이다. l의 범위는 0 이상 n-1 이하이다.
자기양자수 m_l: 오비탈의 공간적 배향(orientation)을 결정한다. m_l의 범위는 -l부터 +l까지 정수이므로, l이 정해지면 (2 l+1)개의 m_l 값이 가능하다. 이 (2 l+1)이 해당 부껍질의 오비탈 개수이다.
스핀양자수 m_s: 전자의 스핀 방향을 결정하며 +1/2 또는 -1/2이다.

NoteBase

선지별 해설

ㄱ. (옳음) 주양자수 n는 오비탈의 크기를 결정한다. n이 클수록 오비탈의 반경이 커지고 에너지가 높아지므로 맞는 설명이다.
ㄴ. (틀림) 각운동량 양자수 l는 오비탈의 '상대적 배향'이 아니라 오비탈의 '모양'을 결정한다. 상대적 배향을 결정하는 것은 자기양자수 m_l이다. l의 역할(모양)과 m_l의 역할(배향)이 뒤바뀐 서술이다.
ㄷ. (틀림) 자기양자수 m_l는 오비탈의 '모양'이 아니라 오비탈의 '배향'을 결정한다. 모양을 결정하는 것은 각운동량 양자수 l이다. ㄴ과 ㄷ은 l과 m_l의 역할을 서로 맞바꿔 놓은 함정이다.
ㄹ. (옳음) n=3, l=2이면 3d 오비탈이다. m_l은 -2,-1,0,+1,+2로 5가지이므로 오비탈의 개수는 5개이다. $(2l + 1) = 2 \times 2 + 1 = 5$

오답 포인트

l과 m_l의 역할을 혼동하는 것이 이 문항의 핵심 함정이다. 각운동량 양자수 l=모양, 자기양자수 m_l=배향으로 구분해야 한다. ㄴ과 ㄷ이 서로의 역할을 교환하여 기술하고 있으므로, 둘 다 틀린 선지이다. ①(ㄱ,ㄷ)과 ③(ㄴ,ㄷ)을 고르면 l과 m_l 구분에 실패한 것이고, ④(ㄱ,ㄴ,ㄹ)를 고르면 ㄴ을 옳다고 오판한 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

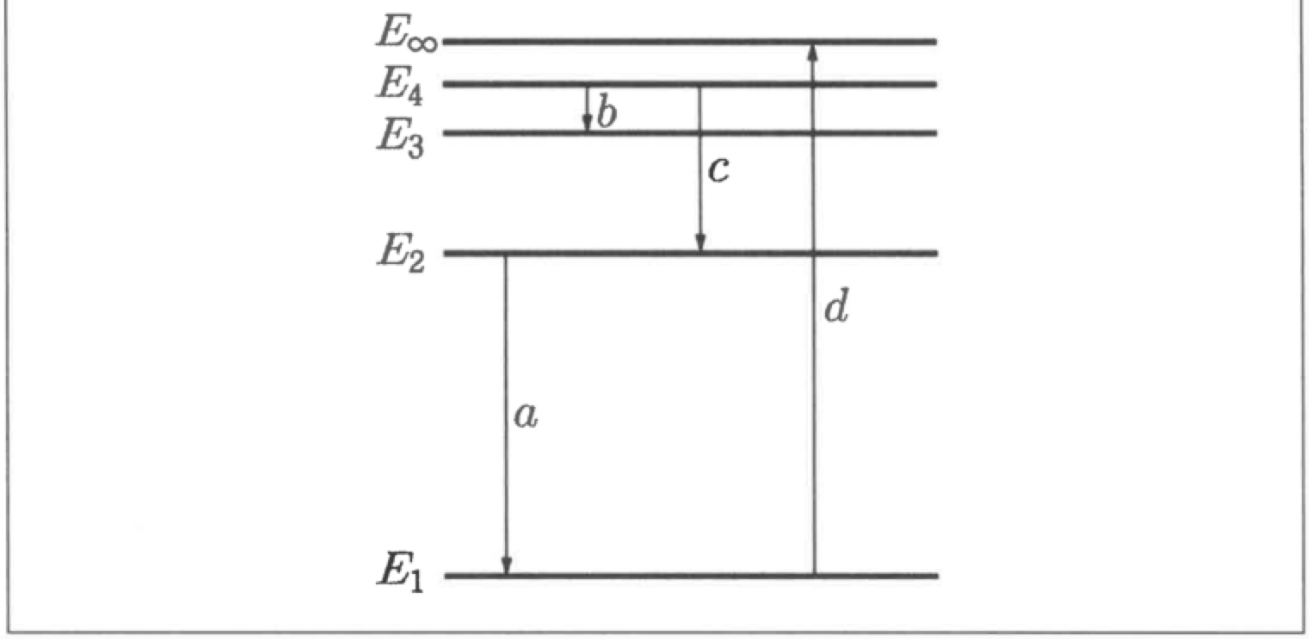
양자수 문제가 나오면 'n=크기·에너지, l=모양, m_l=배향, m_s=스핀'을 먼저 떠올린다. l과 m_l의 역할을 뒤바꾸는 선지는 항상 등장하는 함정이다. 오비탈 개수는 m_l의 개수인 (2 l+1)로 즉시 계산한다.

암기 포인트

n → 크기(에너지), l → 모양(0=s구형, 1=p아령형, 2=d형), m_l → 배향(개수: 2 l+1개), m_s → 스핀(+1/2 또는 -1/2). n=3,l=2이면 3d오비탈이고 오비탈 수 = 2 × 2 + 1 = 5개.

문 9. <보기>의 수소 원자의 에너지 준위에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① a의 전이로 방출되는 빛은 가시광선이다.

② b의 전이로 방출되는 빛은 눈으로 볼 수 없다.

③ a보다 c의 전이로 방출되는 빛의 파장이 더 짧다.

④ d에 해당하는 에너지를 수소의 전자친화도로 정의한다.

정답 2번

출제 포인트

수소 원자의 에너지 준위 다이어그램을 보고 각 전이(a, b, c, d)가 어느 스펙트럼 계열에 속하는지, 방출 빛의 파장과 가시 여부를 판단하는 문제다.

핵심 개념

수소 원자 스펙트럼은 전이 후 도달하는 최종 준위에 따라 계열이 나뉜다. Lyman 계열($n \geq 2 \rightarrow n=1$): 자외선(불가시). Balmer 계열($n \geq 3 \rightarrow n=2$): 가시광선($n=3\sim6 \rightarrow 2$) 일부 포함. Paschen 계열($n \geq 4 \rightarrow n=3$): 적외선(불가시). 전이 에너지는 $\Delta E = 13.6\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$ eV의 절댓값이며, 파장과 에너지는 반비례($\lambda = hc/\Delta E$)하므로 에너지가 클수록 파장이 짧다.

NoteBase

선지별 해설

① a(E2→E1)는 Lyman 계열로 방출 파장이 약 122 nm인 자외선이다. 가시광선이 아니므로 틀림. ② b(E4→E3)는 Paschen 계열로 에너지 차가 작아 적외선이 방출된다. 눈으로 볼 수 없으므로 옳음. ③ a(Lyman α)의 파장은 약 122 nm이고 c(Balmer α, E3→E2)의 파장은 약 656 nm이다. c의 파장이 a보다 훨씬 길다. 'c의 파장이 더 짧다'는 반대이므로 틀림. ④ d는 E2→E∞ 전이에 해당하는 에너지, 즉 n=2 들뜬 상태의 이온화 에너지다. 전자친화도는 기체 중성 원자가 전자 1개를 받아 음이온이 될 때 방출하는 에너지($H + e^- \rightarrow H^-$, 약 0.75 eV)로 정의와 물리량 모두 다르므로 틀림.

오답 포인트

①번 함정: Lyman 계열의 전이는 에너지 차가 가장 크지만 방출 빛은 자외선으로 불가시다. 에너지 크다 ≠ 가시광선. ③번 함정: 에너지와 파장은 반비례한다. a의 에너지 차(약 10.2 eV)가 c(약 1.89 eV)보다 크므로 a의 파장이 더 짧다. c가 더 짧다고 뒤집는 것이 전형적인 함정이다. ④번 함정: 이온화 에너지(전자를 떼어내는 에너지)와 전자친화도(전자를 받을 때 방출하는 에너지)를 혼동하지 말 것.

다시 나오면 이렇게 판단

에너지 준위 다이어그램이 나오면 먼저 각 화살표의 도착 준위(n)를 확인해 계열을 분류하고, 계열별 가시 여부(Lyman=자외선, Balmer=가시+자외선, Paschen=적외선)를 바로 적용한다. 파장 비교는 에너지 차 크기만 비교하면 되고, 에너지가 클수록 파장이 짧음을 기억하면 오답 함정을 피할 수 있다.

암기 포인트

Lyman → 자외선(불가시) / Balmer → 가시광선 포함(n=3~6→2) / Paschen → 적외선(불가시). 에너지-파장 반비례: $E = hc/\lambda$. 전자친화도(전자 받을 때 방출) ≠ 이온화 에너지(전자 떼어낼 때 흡수). 수소의 전자친화도 약 0.75 eV, 기저 상태 이온화 에너지 13.6 eV.

NoteBase

문 10. 1atm에서 물 100.0g에 포도당($C_6H_{12}O_6$) 9.0g이 포함된 용액의 어는점[°C]은? (단, C, H, O의 원자량은 각각 12, 1, 16이고, 물의 어는점 내림 상수(K_f)는 $1.86\,°C\,m^{-1}$이다.)

① 1.86

② 0.93

③ -1.86

④ -0.93

정답 4번

출제 포인트

묽은 용액의 어는점 내림 공식($\Delta T_f = K_f \times m$)을 적용해 포도당 수용액의 어는점을 구하는 계산 문제다. 분자량 계산 → 몰수 → 몰랄농도 → 어는점 내림 → 최종 어는점의 순서로 풀어야 한다.

조건 정리

용매(물) 질량: 100.0 g = 0.1000 kg / 용질: 포도당($C_6H_{12}O_6$) 9.0 g / 원자량: C=12, H=1, O=16 / 물의 어는점 내림 상수 K_f = 1.86 °C · m^{-1} / 물의 정상 어는점: 0 °C

사용할 공식

포도당 분자량: $M = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16$ / 몰랄농도: $m = \frac{n(\text{mol})}{W(\text{kg})}$ / 어는점 내림: $\Delta T_f = K_f \times m$ / 최종 어는점: $T_f = 0 - \Delta T_f$

계산 과정

① 포도당 분자량 계산: $M = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 72 + 12 + 96 = 180 \text{g/mol}$

② 포도당 몰수: $n = \frac{9.0}{180} = 0.05\ \text{mol}$

③ 몰랄농도: $m = \frac{0.05\ \text{mol}}{0.1000\ \text{kg}} = 0.5\ \text{mol/kg}$

④ 어는점 내림: $\Delta T_f = 1.86 \times 0.5 = 0.93\ °C$

⑤ 용액의 어는점: $T_f = 0 - 0.93 = -0.93\ °C$

선지 판단

① 1.86 → 오답. 어는점 내림 상수 K_f 값 자체를 어는점으로 혼동한 값이다.

② 0.93 → 오답. 어는점 내림 값(ΔT_f)은 맞지만, 최종 어는점은 0에서 이 값을 빼야 하므로 음수여야 한다.

③ -1.86 → 오답. 몰랄농도를 0.5가 아닌 1.0으로 잘못 계산(포도당 분자량을 90으로 오산)하거나 K_f를 그대로 취한 경우다.

④ -0.93 → 정답. $\Delta T_f = 1.86 \times 0.5 = 0.93\ °C$이고, 어는점 = $0 - 0.93 = -0.93\ °C$다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수 두 가지: 첫째, 어는점 내림($\Delta T_f = 0.93$)을 어는점 자체로 착각해 ②번을 고르는 것이다. 어는점 내림은 온도가 얼마나 내려가는지를 나타내므로 반드시 0에서 빼야 한다. 둘째, 포도당 분자량을 빠르게 계산하다 H의 개수(12개)를 놓쳐 틀리는 경우다.

다시 나오면 이렇게 판단

어는점 내림 문제는 항상 ① 분자량 확인 → ② 몰수 계산 → ③ 몰랄농도(용질 mol/용매 kg, 용액 kg이 아님) → ④ $\Delta T_f = K_f m$ → ⑤ 최종 어는점 = 0 − ΔTf 순서로 푼다. 포도당은 비전해질이므로 반트호프 인수 $i = 1$이어서 별도 보정 불필요하다.

암기 포인트

포도당($C_6H_{12}O_6$) 분자량 = 180g/mol (시험에 자주 나오므로 암기). 물의 K_f = 1.86 °C·m^{-1}, K_b = 0.512 °C·m^{-1}. 어는점 내림 = 용액이 순수한 용매보다 더 낮은 온도에서 얼기 때문에 항상 음(−) 방향.

NoteBase

문 11. 바닥 상태에서 원자 번호가 31이고 13족에 속하는 원소의 원자가 전자 수는?

① 1

② 3

③ 10

④ 13

정답 2번

출제 포인트

원자번호 31번 갈륨(Ga)의 전자 배치를 쓰고, 13족 원소에서 원자가 전자 수를 올바르게 세는 능력을 묻는다. 3d 오비탈 전자를 원자가 전자에 포함할지 여부가 핵심 함정이다.

조건 정리

원자번호 31, 13족 원소 → Ga(갈륨). 바닥 상태이므로 쌓음 원리에 따라 전자를 순서대로 채운다.

사용할 공식

전자 배치: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^1$ (총 31개). 원자가 전자 = 최외각 주껍질(n=4)의 전자 수 = $4s^2\ 4p^1$ = 3개.

계산 과정

$1s^2(2) + 2s^22p^6(8) + 3s^23p^6(8) + 3d^{10}(10) + 4s^24p^1(3) = 31$개.
최외각 껍질은 n=4이며, 여기 속한 전자는 $4s^2$(2개) + $4p^1$(1개) = 3개.
$3d^{10}$은 n=3 껍질의 d 오비탈로, n=4보다 안쪽에 있어 원자가 전자에 포함하지 않는다.

선지 판단

① 1 → 원자가 전자 1개는 1족(수소, 알칼리 금속) 계열. 오답.
② 3 → 13족의 원자가 전자 수(ns^2np^1 = 3개). 정답.
③ 10 → 3d 오비탈 전자 수. $3d^{10}$을 원자가 전자로 잘못 센 것. 오답.
④ 13 → 원자번호 자체를 원자가 전자로 혼동한 것. 오답.

오답 포인트

$3d^{10}$을 원자가 전자에 포함해 10이나 13을 고르는 실수가 가장 흔하다. 3d는 n=3 껍질에 속하고 이미 꽉 찬 내부 오비탈이므로 화학 반응에 실질적으로 참여하지 않는다. 13족이라는 힌트도 함께 활용하면 빠르게 확인할 수 있다(13족 = 원자가 전자 3개).

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

족 번호가 주어지면 원자가 전자 수는 족 번호의 끝자리로 바로 읽는다. 13족 → 3개, 14족 → 4개, 15족 → 5개. 전자 배치를 일일이 셀 필요 없이 족 번호로 바로 답을 확인하고, 전자 배치는 검산에만 사용한다.

암기 포인트

Ga(갈륨) 전자 배치: [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^1$. 원자가 전자 = $4s^2$ $4p^1$ = 3개. 13족 원소(B·Al·Ga·In·Tl)는 모두 원자가 전자 3개(ns^2np^1).

NoteBase

문 12. <보기>의 화학종 중 바닥 상태에서 홀전자가 가장 많은 것은?

<보기>

N_2, N_2^-, O_2, O_2^-

① N_2

② N_2^-

③ O_2

④ O_2^-

정답 3번

출제 포인트

분자 궤도(MO) 이론을 이용해 N_2, N_2^-, O_2, O_2^- 각 화학종의 바닥 상태 전자 배치를 구하고, 훈트 규칙(Hund's rule)에 따라 홀전자(unpaired electron) 수를 세는 문제이다.

핵심 개념

분자 궤도 에너지 순서: Z≤7(N_2, N_2^-)은 π_{2p}가 σ_{2p}보다 낮고, Z≥8(O_2, O_2^-)은 σ_{2p}가 π_{2p}보다 낮다.
축퇴(degenerate) 궤도에 전자가 채워질 때 훈트 규칙에 따라 먼저 각 궤도에 하나씩 배치되므로 홀전자가 발생한다. π_{2p}^*는 두 개의 축퇴 궤도로 이루어져 있다.

선지별 해설

① N_2 (전자 14개): 배치 $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{2p})^4(\sigma_{2p})^2$. π_{2p}^*에 전자 없음 → 홀전자 0개. (X)
② N_2^- (전자 15개): N_2 배치에서 전자 1개 추가 → π_{2p}^* 축퇴 궤도 중 하나에 1개 배치 → 홀전자 1개. (X)
③ O_2 (전자 16개): 배치 $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2p})^2(\pi_{2p})^4(\pi_{2p}^*)^2$. 훈트 규칙에 따라 π_{2p}^*의 두 축퇴 궤도에 각 1개씩 배치 → 홀전자 2개. (O) 가장 많음.
④ O_2^- (전자 17개): π_{2p}^*에 전자 3개 → 두 축퇴 궤도 중 하나에 2개, 하나에 1개 → 홀전자 1개. (X)

오답 포인트

N_2와 O_2의 MO 에너지 순서가 다르다는 점을 놓치기 쉽다(N_2계: $\pi_{2p} < \sigma_{2p}$; O_2계: $\sigma_{2p} < \pi_{2p}$). 그러나 홀전자 수에 결정적인 역할을 하는 것은 반결합 궤도 π_{2p}^*의 채워지는 방식이다. O_2에서 π_{2p}^*에 전자가 2개 들어오면 훈트 규칙으로 반드시 2개 모두 홀전자가 된다는 점이 핵심이다. O_2^-는 π_{2p}^*에 전자 3개라서 홀전자 1개만 남는다는 점도 혼동하지 않도록 주의한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

화학종별 총 전자 수를 먼저 세고, MO 배치를 순서대로 채운 뒤 π_{2p}^{*} 궤도에 남은 전자 수를 확인한다. 전자 수가 짝수여도 π^{*} 축퇴 궤도에 2개가 하나씩 들어가면 홀전자 2개(O_2)가 된다. 음이온은 전자 1개 추가, 양이온은 1개 감소로 계산한다.

암기 포인트

홀전자 수 요약: N_2=0, N_2^-=1, O_2=2(최대), O_2^-=1. O_2는 상자성(홀전자 2개)이며 이는 MO 이론의 대표적 성공 사례로 자주 출제된다. π_{2p}^{*} 축퇴 궤도 2개에 전자를 채울 때 훈트 규칙 적용을 기억한다.

NoteBase

문 13. <보기>의 기체 반응에서 AB의 결합 에너지는 A_2의 결합 에너지의 2배이고, B_2의 결합 에너지가 $415\,kJmol^{-1}$일 때, A_2의 결합 에너지[$kJmol^{-1}$]는?

<보기>

$A_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB(g),\ \Delta H = -335\,kJmol^{-1}$

① 80

② 250

③ 375

④ 750

정답 2번

출제 포인트

결합 에너지를 이용해 반응열(ΔH)을 구하는 공식을 역으로 적용하는 문제다. 결합 에너지 간 배수 관계를 변수로 설정하고, 헤스 법칙 기반의 결합 에너지 계산식에 대입해 미지수를 구한다.

조건 정리

반응: $A_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB(g)$, $\Delta H = -335\ kJ\ mol^{-1}$
$E(B_2) = 415\ kJ\ mol^{-1}$
$E(AB) = 2 \times E(A_2)$ (AB 결합 에너지는 A_2 결합 에너지의 2배)
구하는 것: $E(A_2)$

사용할 공식

결합 에너지를 이용한 반응열 계산:
$\Delta H = \Sigma$ (끊어지는 결합 에너지) - Σ (형성되는 결합 에너지)
끊어지는 결합: A_2 1몰, B_2 1몰
형성되는 결합: AB 2몰

NoteBase

계산 과정

$E(A_2)$ = x로 놓으면, E(AB) = 2x

$$\Delta H = [E(A_2) + E(B_2)] - 2 \cdot E(AB)$$
$$-335 = [x + 415] - 2(2x)$$
$$-335 = x + 415 - 4x$$
$$-335 = -3x + 415$$
$$-3x = -750$$
$$x = 250\ \text{kJ mol}^{-1}$$

선지 판단

① 80 kJ mol^{-1}: x = 80이면 ΔH = [80 + 415] − 2(160) = 495 − 320 = 175 kJ mol^{-1} → 계산값이 −335과 다르므로 오답.
② 250 kJ mol^{-1}: x = 250이면 ΔH = [250 + 415] − 2(500) = 665 − 1000 = −335 kJ mol^{-1} → 조건과 일치, 정답.
③ 375 kJ mol^{-1}: x = 375이면 ΔH = [375 + 415] − 2(750) = 790 − 1500 = −710 kJ mol^{-1} → 계산값이 −335와 다르므로 오답.
④ 750 kJ mol^{-1}: x = 750이면 ΔH = [750 + 415] − 2(1500) = 1165 − 3000 = −1835 kJ mol^{-1} → 계산값이 −335와 다르므로 오답.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 부호 혼동이다. ΔH 공식에서 '끊어지는 결합 − 형성되는 결합' 순서를 뒤집으면 −750 ÷ (−3) 대신 +750 ÷ 3으로 같은 값이 나오기도 하지만, 반응열이 음수(발열)인 상황에서 순서를 잘못 쓰면 부호가 틀린다. 또 E(AB) = 2x 조건을 반영할 때 2(2x) = 4x가 되어야 하는데 2x로만 계산하면 x = 250이 아닌 다른 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

결합 에너지 문제는 ① ΔH = (끊긴 결합 합) − (형성된 결합 합) 공식을 쓰고, ② 각 결합 에너지에 몰수를 곱한 뒤, ③ 주어진 배수 관계를 변수로 치환해 방정식을 세우면 된다. 반응물 쪽 결합이 끊어지고 생성물 쪽 결합이 형성된다는 방향을 항상 먼저 확인한다.

암기 포인트

결합 에너지 반응열 공식: ΔH = Σ(반응물 결합 에너지) − Σ(생성물 결합 에너지). 결합이 끊어질 때 에너지 흡수(양수 기여), 결합이 형성될 때 에너지 방출(음수 기여). 발열 반응(ΔH < 0)은 형성 에너지 합 > 끊어지는 에너지 합임을 의미한다.

NoteBase

문 14. A → P 반응의 속도 법칙은 <보기>와 같다. 반응물의 농도가 초기 농도 $[A]_0$에서 $[A]_0/2$가 되는 데 걸리는 시간을 t_1, $[A]_0$에서 $[A]_0/4$가 되는 데 걸리는 시간을 t_2라고 할 때, t_2/t_1의 값은? (단, k는 반응속도상수이다.)

<보기>

$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$

① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 2번

출제 포인트

2차 반응의 적분 속도 법칙을 이용해 반감기(농도가 절반이 되는 시간)와 그 두 배 감소 시간의 비를 구하는 문제다. 반응 차수에 따라 반감기가 농도에 의존하는지 여부가 핵심이다.

조건 정리

속도 법칙: $-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$ (2차 반응)
t_1: $[A]_0 \rightarrow [A]_0/2$ 가 되는 데 걸리는 시간
t_2: $[A]_0 \rightarrow [A]_0/4$ 가 되는 데 걸리는 시간
구하는 것: t_2/t_1

사용할 공식

2차 반응의 적분 속도 법칙: $\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$
(이 식은 $-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$를 직접 적분하면 얻는다.)

NoteBase

계산 과정

t_1 계산 ([A] = $[A]_0/2$일 때):
$\frac{1}{[A]_0/2} - \frac{1}{[A]_0} = kt_1$
$\frac{2}{[A]_0} - \frac{1}{[A]_0} = kt_1$
$\frac{1}{[A]_0} = kt_1$

t_2 계산 ([A] = $[A]_0/4$일 때):
$\frac{1}{[A]_0/4} - \frac{1}{[A]_0} = kt_2$
$\frac{4}{[A]_0} - \frac{1}{[A]_0} = kt_2$
$\frac{3}{[A]_0} = kt_2$

비율:
$\frac{t_2}{t_1} = \frac{3/([A]_0k)}{1/([A]_0k)} = 3$

선지 판단

① 2 → 오답. 이는 1차 반응(반감기 일정)일 때의 비이며, 주어진 2차 반응에서는 $t_2/t_1 = 3$이다.
② 3 → 정답. 위 계산에 의해 $t_2/t_1 = 3/1 = 3$.
③ 4 → 오답. $kt_2 = 3/[A]_0$, $kt_1 = 1/[A]_0$이므로 비는 3이며, 4가 되려면 [A]가 $[A]_0/5$까지 감소해야 한다($kt = 4/[A]_0$). 이 문제 조건과 맞지 않는다.
④ 5 → 오답. 비가 5가 되려면 [A]가 $[A]_0/6$까지 감소해야 하므로($kt = 5/[A]_0$), 1/4 감소 조건과 무관한 값이다.

오답 포인트

1차 반응의 반감기는 농도와 무관하게 일정하므로 $t_2 = 2t_1$, 비가 2다. 2차 반응의 반감기는 초기 농도에 반비례해서 늘어나기 때문에, 두 번째 절반감소(농도가 $[A]_0/2$ → $[A]_0/4$)에 걸리는 추가 시간($t_2 - t_1 = 2/([A]_0k)$)이 첫 번째 절반감소 시간($t_1 = 1/([A]_0k)$)보다 2배 더 길다. 1차와 2차의 반감기 의존성을 혼동하면 ①을 선택하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

속도 법칙이 주어지면 먼저 반응 차수를 확인하고, 그 차수에 맞는 적분 속도 법칙을 세운다. 2차 반응이면 1/[A] vs t가 선형이 되는 식을 사용한다. 농도 목표값을 두 경우 각각 대입해 kt 값을 구한 후 비율을 계산하면 된다.

암기 포인트

2차 반응 적분 속도 법칙: $\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$
2차 반응 반감기(1/2 감소 시간): $t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$
→ 반감기가 $[A]_0$에 반비례 — 농도가 낮아질수록 반감기가 길어진다.
1차 반응 반감기: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$ (농도 무관)

NoteBase

문 15. $-1\,^{\circ}\mathrm{C}$, 1atm에서 $H_2O(s)$가 $H_2O(l)$로 변할 때, 계의 엔탈피 변화(ΔH)와 자유 에너지 변화(ΔG)를 나타낸 것으로 가장 옳은 것은?

① $\Delta H > 0,\ \Delta G > 0$

② $\Delta H > 0,\ \Delta G < 0$

③ $\Delta H < 0,\ \Delta G > 0$

④ $\Delta H < 0,\ \Delta G < 0$

정답 1번

출제 포인트

녹는점 이하의 온도에서 진행되는 융해 반응(얼음 → 물)에 대해 엔탈피 변화(ΔH)와 깁스 자유 에너지 변화(ΔG)의 부호를 동시에 판단할 수 있는지 묻는 문항이다.

핵심 개념

ΔH(엔탈피 변화): 반응이 열을 흡수하면 ΔH > 0(흡열), 방출하면 ΔH < 0(발열).
ΔG(깁스 자유 에너지 변화): ΔG < 0이면 자발적, ΔG > 0이면 비자발적.
ΔG = ΔH − TΔS 관계식으로 두 값을 연결할 수 있다.
녹는점(T_m): 1 atm에서 얼음과 물이 평형을 이루는 온도. 물의 경우 0°C(273.15 K)이다. T_m보다 낮으면 얼음이 안정, 높으면 물이 안정.

선지별 해설

① ΔH > 0, ΔG > 0 — 옳다.
얼음이 녹는 융해는 흡열 과정이므로 ΔH > 0이다. 문제 조건 −1°C는 1 atm 기준 녹는점(0°C)보다 낮아, 이 온도에서 얼음 → 물 변환은 비자발적(ΔG > 0)이다.

② ΔH > 0, ΔG < 0 — 틀렸다.
ΔH > 0은 맞지만, −1°C에서 융해는 비자발적이므로 ΔG > 0이어야 한다. ΔG < 0이 되려면 온도가 녹는점(0°C)보다 높아야 한다.

③ ΔH < 0, ΔG > 0 — 틀렸다.
융해는 흡열(ΔH > 0)이지 발열이 아니다. ΔH < 0은 응고(물 → 얼음) 방향에 해당한다.

④ ΔH < 0, ΔG < 0 — 틀렸다.
ΔH < 0은 응고 방향이고, −1°C에서 응고(물 → 얼음)는 자발적(ΔG < 0)이지만, 문제는 융해(얼음 → 물) 방향을 묻는다. 융해 방향으로는 두 부호 모두 반대이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 오답은 ②번이다. 융해가 흡열(ΔH > 0)이라는 것은 알지만, 온도 조건(−1°C)이 녹는점 이하임을 간과해 'ΔG < 0(자발)'이라고 착각하는 경우이다. −1°C는 얼음이 안정한 영역이므로 얼음 → 물 방향은 비자발(ΔG > 0)임을 반드시 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

상변화 문제에서 ΔH와 ΔG의 부호가 함께 출제되면 두 단계로 접근한다. (1) 흡열·발열로 ΔH 부호를 먼저 결정한다(융해·기화·승화=흡열=ΔH>0, 응고·액화·응결=발열=ΔH<0). (2) 제시된 온도가 상전이 기준점보다 높은지 낮은지로 자발성을 판단해 ΔG 부호를 결정한다(기준점 이상이면 고온 방향 변화가 자발, 이하이면 저온 방향 변화가 자발).

암기 포인트

1 atm 기준: 물의 녹는점 0°C, 끓는점 100°C.
녹는점 이하(예: −1°C): 얼음이 안정 → 융해는 비자발(ΔG > 0), 응고는 자발(ΔG < 0).
녹는점 이상(예: +1°C): 물이 안정 → 융해는 자발(ΔG < 0), 응고는 비자발(ΔG > 0).
정확히 녹는점(0°C, 1 atm)에서는 두 상이 평형 → ΔG = 0.

NoteBase

문 16. 25°C에서 0.1M 농도의 NH_3 수용액에 포함된 NH_3 5%가 <보기>와 같이 이온화되었을 때, H^+ 이온의 농도[M]는?

<보기>

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

① 5.0×10^{-2}

② 2.0×10^{-2}

③ 5.0×10^{-12}

④ 2.0×10^{-12}

정답 4번

출제 포인트

약염기 NH_3의 이온화율이 주어졌을 때 OH^- 농도를 구한 뒤, 물의 이온곱 상수(Kw)를 이용해 H^+ 농도를 역산하는 계산 문제다.

조건 정리

NH_3 초기 농도 = 0.1 M, 이온화율 = 5%, 온도 25°C → Kw = 1.0×10^{-14}

사용할 공식

이온화된 NH_3 양: $[OH^-] = C \times \alpha$ (C = 초기 농도, α = 이온화율)
물의 이온곱: $K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$
따라서 $[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$

계산 과정

① OH^- 농도 계산
$[OH^-] = 0.1 \times 0.05 = 5.0 \times 10^{-3}$ M

② H^+ 농도 계산
$[H^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{5.0 \times 10^{-3}} = 2.0 \times 10^{-12}$ M

NoteBase

선지 판단

① 5.0×10^{-2} → OH^- 농도(5.0×10^{-3})의 10배 수준으로, H^+ 농도가 아닌 잘못된 값. 오답.
② 2.0×10^{-2} → 이온화율을 잘못 적용하거나 단위 환산을 틀렸을 때 나오는 값. 오답.
③ 5.0×10^{-12} → Kw를 OH^- 농도 0.02로 나누는 등 계산 오류에서 비롯된 값. 오답.
④ 2.0×10^{-12} → $[OH^-]=5.0\times10^{-3}$을 $K_w=1.0\times10^{-14}$로 나누면 정확히 이 값이 나온다. 정답.

오답 포인트

①②는 H^+ 농도가 아닌 OH^- 농도(5.0×10^{-3}) 또는 이와 유사한 스케일의 값으로, Kw 적용 단계를 빠뜨렸을 때 고른다. ③은 Kw 계산 방향은 맞지만 OH^- 계산에서 이온화율을 0.2(20%)로 잘못 읽었을 때 나온다. 이온화율 5%를 0.05로 정확히 변환하는 것이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

약산·약염기 이온화 문제에서 H^+(또는 OH^-)를 구하라는 문제는 2단계로 푼다. 1단계: 이온화율 × 초기 농도 = 이온화된 이온 농도. 2단계: Kw ÷ (구한 농도) = 반대 이온 농도. NH_3는 염기이므로 OH^-가 직접 나오고 H^+는 Kw로 역산한다.

암기 포인트

25°C $K_w = 1.0\times10^{-14}$ (반드시 암기). 이온화율 α가 퍼센트(%)로 주어지면 소수(0.05 등)로 변환 후 곱한다. NH_3 수용액은 염기성이므로 $[OH^-] > [H^+]$이고, H^+를 직접 계산하면 10^{-12} 수준의 매우 작은 값이 나온다는 것을 직관적으로 확인할 수 있다.

NoteBase

문 17. <보기>의 산화-환원 반응의 균형을 맞추었을 때, 1몰의 $Cr_2O_7^{2-}(aq)$가 모두 반응하여 얻을 수 있는 Cl_2 기체의 최대 몰 수는?

<보기>

$H^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + Cr^{3+}(aq) + H_2O(l)$

① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 2번

출제 포인트

산화-환원 반응식에서 반쪽 반응법(전자 균형)으로 계수를 맞추고, $Cr_2O_7^{2-}$ 1몰당 생성되는 Cl_2의 몰 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

미완성 반응식: $H^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + Cr^{3+}(aq) + H_2O(l)$. $Cr_2O_7^{2-}$ 1몰이 모두 반응한다고 가정.

사용할 공식

산화제가 얻는 전자 수 = 환원제가 잃는 전자 수. 반쪽 반응: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ (Cr: +6 → +3, Cr 1개당 $3e^-$ 얻음, Cr 2개이므로 총 $6e^-$). 환원 반쪽 반응: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ (Cl: -1 → 0, Cl_2 1몰당 $2e^-$ 잃음).

계산 과정

전자 균형: $Cr_2O_7^{2-}$ 1몰이 $6e^-$를 얻으므로, Cl^-도 총 $6e^-$를 잃어야 한다. Cl_2 1몰 생성 시 $2e^-$ 손실이므로, Cl_2의 몰 수 = 6 ÷ 2 = 3몰. H와 O 균형 확인: O 7개를 맞추려면 H_2O 7몰 생성, H^+는 14몰 필요. 균형 완성 반응식: $14H^+ + Cr_2O_7^{2-} + 6Cl^- \rightarrow 3Cl_2 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$. 전하 검토: 좌변 +14 - 2 - 6 = +6, 우변 +6 ✓.

선지 판단

① 2몰 — 전자 균형이 맞지 않는다. Cl_2 2몰이면 $4e^-$만 이동해 $Cr_2O_7^{2-}$의 $6e^-$ 수요를 채우지 못한다. X

② 3몰 — 균형 반응식에서 $Cr_2O_7^{2-}$ 1몰당 Cl_2 3몰 생성. 전자·원자·전하 모두 균형 맞음. O

③ 4몰 — Cl_2 4몰이면 $8e^-$가 이동해 $Cr_2O_7^{2-}$가 받는 $6e^-$를 초과한다. X

④ 5몰 — Cl_2 5몰이면 $10e^-$가 이동해 역시 과잉이다. X

NoteBase

오답 포인트

$Cr_2O_7^{2-}$에서 Cr 원자가 2개임을 놓치면 전자 이동 수를 3으로 잘못 계산해 Cl_2 1.5몰(비정수) 같은 오답이 나온다. 반드시 Cr 원자 개수를 곱해 총 전자 이동을 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

미완성 산화-환원 반응식에서 '1몰당 생성량'을 묻는 문제가 나오면, ①산화수 변화로 전자 이동 수를 구하고 ②전자 균형으로 목표 화학종의 계수를 결정한 뒤 ③원자·전하 균형으로 검증한다. $Cr_2O_7^{2-}$처럼 다원자 이온은 중심 원자 개수를 빠뜨리지 않도록 주의한다.

암기 포인트

$Cr_2O_7^{2-}$(산성) 반쪽 반응: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$. 이 식에서 $6e^-$를 기억하면 Cl^-/Cl_2 쌍($2e^-/Cl_2$)과 바로 비례식이 된다. 6 ÷ 2 = 3몰이 핵심 계산 단계.

NoteBase

문 18. 비커에 $18.2^\circ C$의 에탄올(C_2H_5OH) $100.0g$이 들어 있다. 에탄올이 열손실 없이 $984J$의 열을 모두 흡수한다면, 에탄올의 최종 온도[$^\circ C$]는? (단, 에탄올의 비열은 $2.46 J g^{-1} {}^\circ C^{-1}$이다.)

① 4.92

② 18.4

③ 22.2

④ 36.4

정답 3번

출제 포인트

비열 공식 q = mcΔT를 이용해 온도 변화를 구한 뒤, 초기 온도에 더하여 최종 온도를 계산하는 문제이다. 비열이 주어진 단위(J g^{-1} °C^{-1})와 질량·열량의 단위를 맞추는 것이 핵심이다.

조건 정리

초기 온도(T_0) = 18.2°C, 질량(m) = 100.0 g, 흡수한 열(q) = 984 J, 비열(c) = 2.46 J g^{-1} °C^{-1}, 열손실 없음.

사용할 공식

열량 공식: $q = mc\Delta T$

온도 변화: $\Delta T = \frac{q}{mc}$

최종 온도: $T = T_0 + \Delta T$

계산 과정

$\Delta T = \frac{984 J}{100.0 g \times 2.46 J\ g^{-1} {}^\circ C^{-1}} = \frac{984}{246} = 4.0 {}^\circ C$

최종 온도 = 18.2°C + 4.0°C = 22.2°C

선지 판단

① 4.92 → ΔT만 계산하면 약 4.0(정확히는 4.00)인데, 초기 온도를 더하지 않은 오류이다. 4.92는 분모를 200으로 잘못 적용한 결과이기도 하다. 어느 쪽이든 최종 온도가 아니므로 틀렸다.

② 18.4 → 초기 온도인 18.2와 비슷하게 보이지만, 계산 근거가 없다. 열을 거의 흡수하지 않은 것처럼 보이는 오답이다.

③ 22.2 → ΔT = 984 ÷ (100.0 × 2.46) = 4.0°C이고, 18.2 + 4.0 = 22.2°C. 올바른 최종 온도이다. 정답.

④ 36.4 → 18.2 × 2 = 36.4로 초기 온도를 2배 한 값이다. 비열 공식과 무관한 오답이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 ΔT(온도 변화)를 구하고 초기 온도(18.2℃)를 더하는 것을 잊어 ①번 4.92 근방의 값을 답으로 고르는 것이다. 최종 온도를 구하려면 반드시 $T = T_0 + \Delta T$로 마무리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

비열 문제가 나오면 ① $q = mc\Delta T$로 ΔT를 먼저 구하고, ② 초기 온도에 ΔT를 더(냉각이면 빼)하여 최종 온도를 구한다. '최종 온도'를 묻는지 '온도 변화'를 묻는지 발문을 끝까지 확인한다.

암기 포인트

에탄올 비열 = 2.46 J g^{-1} $℃^{-1}$ (물의 비열 4.18 J g^{-1} $℃^{-1}$보다 작다). 비열이 작을수록 같은 열량에서 온도 변화가 크다. 단위 환산 없이 바로 대입할 수 있도록 q(J), m(g), c(J g^{-1} $℃^{-1}$) 단위를 통일해 두는 것이 빠르다.

NoteBase

문 19. 화합물 중 명명법이 가장 옳지 않은 것은?

① $Fe(ClO_4)_2$ - 염소산 철

② Cs_2CO_3 - 탄산 세슘

③ $Ba(OH)_2$ - 수산화 바륨

④ Na_2SO_3 - 아황산 소듐

정답 1번

출제 포인트

산소산 이온(옥소음이온)의 명명 규칙을 정확히 적용할 수 있는지를 묻는다. 특히 ClO_4^-(과염소산 이온)와 ClO_3^-(염소산 이온)을 혼동하지 않는 것이 핵심이다.

핵심 개념

염소의 산소산 이온 계열은 산소 수에 따라 이름이 달라진다. ClO^- = 하이포아염소산 이온, ClO_2^- = 아염소산 이온, ClO_3^- = 염소산 이온, ClO_4^- = 과염소산 이온. 산소 원자 4개인 ClO_4^-는 '과염소산 이온'이며, 이를 포함한 화합물은 '과염소산 ~'으로 명명해야 한다.

선지별 해설

① $Fe(ClO_4)_2$: ClO_4^-는 산소 원자가 4개인 과염소산 이온이다. 따라서 $Fe(ClO_4)_2$의 올바른 이름은 '과염소산 철(II)'이다. '염소산 철'이라고 하면 ClO_3^-를 포함한 $Fe(ClO_3)_2$에 해당하므로 틀린 명명이다. → 오답(명명 오류, 정답 선지)

② Cs_2CO_3: CO_3^{2-}는 탄산 이온이다. Cs^+(세슘 이온)과 결합한 Cs_2CO_3는 '탄산 세슘'이다. → 옳은 명명

③ $Ba(OH)_2$: OH^-는 수산화 이온이다. Ba^{2+}(바륨 이온)과 결합한 $Ba(OH)_2$는 '수산화 바륨'이다. → 옳은 명명

④ Na_2SO_3: SO_3^{2-}는 아황산 이온이다. Na^+(소듐 이온)과 결합한 Na_2SO_3는 '아황산 소듐'이다. → 옳은 명명

오답 포인트

ClO_4^-를 'ClO_3^-(염소산 이온)'와 혼동하면 ①을 옳은 명명으로 잘못 판단한다. 산소 수가 많을수록 '과-'가 붙는다는 규칙을 기억해야 한다. ②③④는 모두 교과서 표준 명명 그대로이므로 자주 혼동하는 오답 유인이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

화합물 명명 문제에서 산소산 이온이 등장하면 산소 원자 수를 직접 세서 계열(하이포아/아/정/과)을 확정한 뒤 화합물 이름과 대조한다. ClO_4^- → 과염소산, ClO_3^- → 염소산을 헷갈리지 않도록 산소 개수를 실제로 세는 습관을 든다.

NoteBase

암기 포인트

염소 산소산 이온 산소 수 암기: ClO^-(1개)=하이포아염소산, ClO_2^-(2개)=아염소산, ClO_3^-(3개)=염소산, ClO_4^-(4개)=과염소산. '과(過)'는 산소가 가장 많은 이온에 붙는 접두사이다. 황과 질소 계열도 같은 규칙(SO_3^{2-}=아황산, SO_4^{2-}=황산; NO_2^-=아질산, NO_3^-=질산)이므로 패턴으로 묶어서 기억한다.

NoteBase

문 20. 이온 결합 화합물 MCl_2의 총 전자 수가 54일 때, 옳지 않은 것은? (단, M은 임의의 금속 원소이다.)

① 금속 M의 총 전자 수는 20이다.

② Cl^- 이온의 크기는 중성 상태의 Cl 원자의 크기보다 크다.

③ 화합물에서 금속 M은 M^{2+}로 존재한다.

④ 화합물에서 금속 M의 양이온의 크기는 중성 상태의 M 원자의 크기보다 크다.

정답 4번

출제 포인트

이온 결합 화합물의 총 전자 수로 금속 M을 특정한 뒤, 이온과 중성 원자의 크기 대소 관계를 묻는 문항이다. 양이온은 전자를 잃어 크기가 줄고, 음이온은 전자를 얻어 크기가 늘어난다는 원칙을 정확히 적용하는지 확인한다.

핵심 개념

① M 특정: MCl_2는 이온 결합 화합물이므로 M은 M^{2+}, Cl은 Cl^- 상태. Cl의 원자번호=17이므로 Cl^-의 전자 수=18. 총 전자 수 54에서 Cl^- 두 개의 전자 수(18×2=36)를 빼면 M^{2+}의 전자 수=18. M의 원자번호=18+2=20 → M은 칼슘(Ca).

② 이온 크기 원칙: 양이온은 중성 원자보다 작다(전자 손실 → 전자-전자 반발 감소 + 핵이 남은 전자를 더 강하게 당김). 음이온은 중성 원자보다 크다(전자 획득 → 반발 증가 + 유효 핵전하 감소).

선지별 해설

① Ca의 원자번호=20이므로 중성 원자의 전자 수도 20이다. 옳다.

② Cl^-는 Cl보다 전자가 1개 많아 전자-전자 반발이 커지고 유효 핵전하가 줄어 반지름이 증가한다. 옳다.

③ MCl_2에서 M은 전자 2개를 잃어 M^{2+}로, Cl은 전자 1개를 얻어 Cl^-로 존재한다. 옳다.

④ Ca^{2+}는 Ca에서 전자 2개를 잃은 상태로, 남은 전자에 대한 핵의 인력이 강해져 반지름이 줄어든다. Ca 약 197 pm, Ca^{2+} 약 100 pm으로 양이온이 중성 원자보다 훨씬 작다. '크기가 크다'는 설명은 틀렸다 → 올바른 표현: Ca^{2+}의 크기는 Ca보다 작다.

오답 포인트

④를 고르지 못하는 가장 흔한 실수는 이온 크기 규칙을 음이온과 양이온에 동일하게 적용하는 것이다. 전자를 잃으면(양이온) 크기 감소, 전자를 얻으면(음이온) 크기 증가 — 방향이 반대임을 혼동하지 말 것.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

총 전자 수가 주어진 이온 결합 화합물 문제가 나오면: (1) 음이온의 전자 수부터 계산해 금속 M을 특정하고, (2) 양이온·음이온·중성 원자의 크기 대소를 전자 수 변화로 판단한다. 양이온 크기 > 중성 원자라고 서술된 선지는 바로 오답 후보로 체크한다.

암기 포인트

양이온 < 중성 원자 < 음이온(같은 원소 비교). $Ca^{2+} < Ca$, $Cl < Cl^{-}$. 전자를 잃을수록 핵이 남은 전자를 더 강하게 끌어당겨 반지름 감소; 전자를 얻을수록 반발이 커져 반지름 증가.

NoteBase