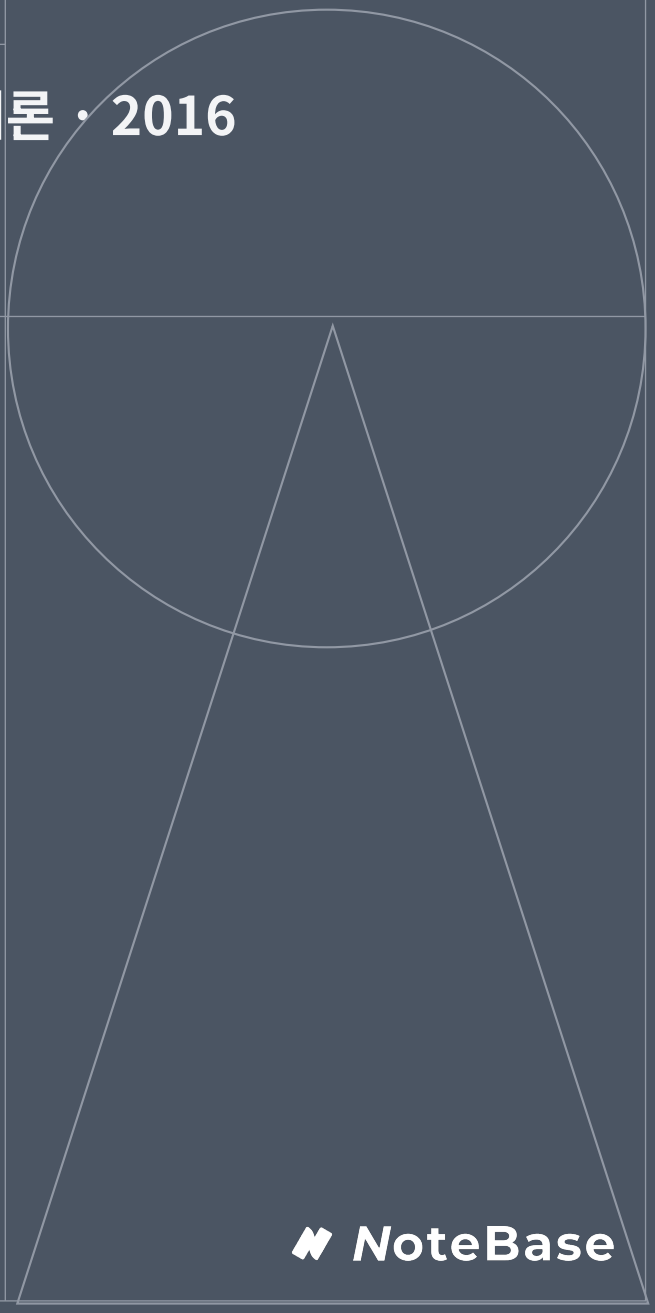
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2016



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2016

공무원/지방직/7급 · 화학개론 · 2016

문 1. 알칼리 토금속 M xg을 묽은 염산과 완전 반응시켰더니 y몰의 수소 기체가 발생하였다. 이 금속 M의 원자량은?

① xy

② $\frac{x}{y}$

③ $2\sqrt{xy}$

④ $x+y$

정답 2번

출제 포인트

알칼리 토금속이 산과 반응할 때 금속과 수소 기체의 몰비를 이용하여 금속의 원자량을 구하는 문제이다.

조건 정리

금속 M의 질량은 xg이고, 발생한 수소 기체의 양은 $ymol$이다. 구해야 할 값은 금속 M의 원자량이다.

사용할 공식

알칼리 토금속의 이온은 M^{2+}이므로 반응은 $M+2H^{+}\rightarrow M^{2+}+H_2$로 나타낸다. 따라서 M과 H_2의 몰비는 $1:1$이다.

계산 과정

발생한 H_2의 양이 이미 $ymol$로 주어졌다. 몰비가 $M:H_2=1:1$이므로 반응한 금속 M의 몰수도 $ymol$이다. 금속 M의 원자량을 A라 하면 $\frac{x}{A}=y$이므로 $A=\frac{x}{y}$이다.

선지 판단

① X. xy는 질량과 몰수를 곱한 값이어서 원자량의 단위가 되지 않는다. 틀린 표현 xy → 올바르게는 $\frac{x}{y}$이다.
② O. 반응한 M의 몰수가 $ymol$이므로 원자량은 $\frac{xg}{ymol}=\frac{x}{y}g/mol$이다.
③ X. $2\sqrt{xy}$는 반응식의 몰비나 원자량의 정의에서 나오지 않는다. 틀린 표현 $2\sqrt{xy}$ → 올바르게는 $\frac{x}{y}$이다.
④ X. $x+y$는 질량과 몰수를 더한 것으로 단위가 서로 달라 계산할 수 없다. 틀린 표현 $x+y$ → 올바르게는 $\frac{x}{y}$이다.

NoteBase

오답 포인트

수소 기체의 양이 질량이 아니라 이미 *ymol*로 제시되었다는 점이 핵심이다. 이를 다시 수소의 몰질량으로 나누거나 곱하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

금속의 이온 전하로 반응식을 먼저 세운 뒤, 금속과 기체의 몰비를 적용한다. 마지막으로 원자량=금속 질량금속 몰수로 계산한다.

암기 포인트

2가 금속 M: $M + 2H^+ \rightarrow M^{2+} + H_2$, M과 H_2의 몰비는 $1 : 1$이다.

NoteBase

문 2. 우라늄 $^{238}_{92}\mathrm{U}$ 원자핵은 여덟 번의 알파(α) 붕괴와 여섯 번의 베타(β) 붕괴를 통해 안정한 $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$ 원자핵으로 변환된다. 어떤 광석을 분석하였더니 소량의 $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$과 $^{4}_{2}\mathrm{He}$ 4.0×10^{-9} 몰이 검출되었다면 붕괴되기 전에 이 광석에 포함되어 있던 $^{238}_{92}\mathrm{U}$의 양[몰]은? (단, 알파 붕괴는 $^{4}_{2}\mathrm{He}$를 방출하고, 베타 붕괴는 $^{0}_{-1}\mathrm{e}$를 방출한다)

① 4.0×10^{-4}

② 5.0×10^{-8}

③ 4.0×10^{-9}

④ 5.0×10^{-10}

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $^{238}_{92}\mathrm{U}$ 1몰이 붕괴할 때 나오는 $^{4}_{2}\mathrm{He}$의 몰수를 이용하여, 처음 있던 우라늄의 몰수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 헬륨의 양은 $4.0 \times 10^{-9}\mathrm{mol}$이다. 우라늄 원자핵 1개는 8번의 알파 붕괴를 하며, 알파 붕괴 1번마다 $^{4}_{2}\mathrm{He}$ 원자핵 1개가 방출된다. 따라서 우라늄 1몰이 붕괴하면 헬륨 8몰이 생성된다. 여섯 번의 베타 붕괴는 전자를 방출할 뿐 헬륨 생성 몰수에는 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

$n(^{4}_{2}\mathrm{He}) = 8n(^{238}_{92}\mathrm{U})$

알파 붕괴 횟수가 8번이므로, 생성된 헬륨의 몰수는 처음 우라늄 몰수의 8배가 된다.

계산 과정

1. $^{238}_{92}\mathrm{U}$ 1몰에서 $^{4}_{2}\mathrm{He}$가 8몰 생성된다.
2. 따라서 $n(^{238}_{92}\mathrm{U}) = \frac{4.0 \times 10^{-9}}{8}\mathrm{mol}$이다.
3. 계산하면 처음 우라늄의 양은 $5.0 \times 10^{-10}\mathrm{mol}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 4.0×10^{-4}mol은 계산값보다 8.0×10^{5}배 크다. 틀린 표현 4.0×10^{-4}mol → 올바르게는 5.0×10^{-10}mol이다.
② X: 5.0×10^{-8}mol은 헬륨의 몰수 4.0×10^{-9}mol을 8로 나누지 않고 지수를 잘못 처리한 값이다. 틀린 표현 5.0×10^{-8}mol → 올바르게는 5.0×10^{-10}mol이다.
③ X: 4.0×10^{-9}mol은 검출된 헬륨의 양 자체이다. 우라늄 1몰당 헬륨이 8몰 생성되므로 우라늄의 양은 이 값을 8로 나누어야 한다. 틀린 표현 4.0×10^{-9}mol → 올바르게는 5.0×10^{-10}mol이다.
④ O: $4.0 \times 10^{-9} \div 8 = 5.0 \times 10^{-10}$이므로 처음 $^{238}_{92}\mathrm{U}$의 양은 5.0×10^{-10}mol이다.

오답 포인트

③처럼 검출된 헬륨의 양을 처음 우라늄의 양과 같다고 보는 실수가 대표적이다. 헬륨 1개가 아니라 알파 붕괴 8번에 따라 헬륨 8개가 생성된다는 계수를 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

붕괴 계열 문제에서는 먼저 원자번호와 질량수 변화로 알파·베타 붕괴 횟수를 확인한 뒤, 방출 입자 1개당 생성량을 곱해 몰수 비를 세운다. 이 문항에서는 He : U = 8 : 1이다.

암기 포인트

알파 붕괴 1번은 $^{4}_{2}\mathrm{He}$ 1개 방출이다. 알파 붕괴가 8번이면 He : U = 8 : 1이다.

NoteBase

문 3. 다음은 에테인(C_2H_6)의 연소 반응에 대한 균형 화학 반응식이다. C_2H_6 30g을 O_2 224g과 완전 연소시켰을 때 생성되는 CO_2와 H_2O의 질량[g]은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다)

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g)$$

① CO_2: 44, H_2O: 27

② CO_2: 44, H_2O: 36

③ CO_2: 88, H_2O: 54

④ CO_2: 176, H_2O: 108

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 제한 반응물을 확인한 뒤, 균형 화학 반응식의 몰비로 CO_2와 H_2O의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 에테인 C_2H_6의 질량은 30g이고, 몰질량은 30g/mol이므로 1mol이다.
산소 O_2의 질량은 224g이고, 몰질량은 32g/mol이므로 7mol이다.
반응식에서 1mol의 C_2H_6에는 3.5mol의 O_2가 필요하므로, 산소는 남고 에테인이 제한 반응물이다.

사용할 공식

몰수는 $n = \frac{m}{M}$, 질량은 $m = nM$로 구한다.
반응식 $2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$에서 1mol의 C_2H_6는 2mol의 CO_2와 3mol의 H_2O를 만든다. 제한 반응물인 에테인의 몰수를 기준으로 생성물의 몰수를 정한다.

계산 과정

1. $n(C_2H_6) = \frac{30\text{g}}{30\text{g/mol}} = 1\text{mol}$이다.
2. 1mol의 C_2H_6가 반응하면 CO_2는 2mol, H_2O는 3mol 생성된다.
3. $m(CO_2) = 2\text{mol} \times 44\text{g/mol} = 88\text{g}$이고, $m(H_2O) = 3\text{mol} \times 18\text{g/mol} = 54\text{g}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: CO_2 44g, H_2O 27g는 실제 생성량의 절반이다. 틀린 표현 → 올바르게는 CO_2 88g, H_2O 54g이다.
② X: CO_2 44g, H_2O 36g는 1mol의 에테인에서 생성되는 2 : 3의 몰비를 만족하지 않는다. 틀린 표현 → 올바르게는 CO_2 2mol, H_2O 3mol이므로 각각 88g, 54g이다.
③ O: 에테인 1mol로부터 CO_2 2mol = 88g, H_2O 3mol = 54g가 생성된다.
④ X: CO_2 176g, H_2O 108g는 에테인 2mol이 모두 반응할 때의 생성량이다. 틀린 표현 → 주어진 에테인은 30g = 1mol이므로 생성량은 각각 88g, 54g이다.

오답 포인트

산소가 7mol로 많이 주어졌다는 이유만으로 산소의 양을 기준으로 계산하면 안 된다. 에테인 1mol에는 산소 3.5mol만 필요하므로 산소는 과량이며, ④처럼 생성량을 두 배로 계산하는 오류가 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

연소 반응 계산에서는 각 반응물의 몰수를 먼저 구하고, 반응식 계수로 필요한 몰수를 비교하여 제한 반응물을 정한다. 그 뒤 제한 반응물과 생성물의 계수비를 적용하고 $m = nM$으로 질량을 계산한다.

암기 포인트

C_2H_6 1mol 연소 → CO_2 2mol, H_2O 3mol이다.

NoteBase

문 4. 다음은 원자 또는 이온에 대한 양성자 수, 중성자 수, 전자 수를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은? (단, A ~ D는 임의의 원소 기호이다)

원자 또는 이온	A	B	C	D
양성자 수	5	5	7	8
중성자 수	5	6	7	8
전자 수	5	5	10	8

ㄱ. 중성인 화학종은 총 2개이다.

ㄴ. C의 전하는 -3이다.

ㄷ. A와 B는 동위원소이다.

ㄹ. 질량수는 D가 C보다 크다.

① ㄱ

② ㄴ, ㄹ

③ ㄱ, ㄴ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 표의 양성자 수, 중성자 수, 전자 수를 비교하여 원자의 전하, 동위원소 여부, 질량수를 판단하는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 양성자 수와 전자 수를 비교하여 전하를 판단한다.
2. 양성자 수가 같고 중성자 수가 다른지 확인하여 동위원소를 판단한다.
3. 양성자 수와 중성자 수를 더하여 질량수를 비교한다.

핵심 근거

A, B, D는 양성자 수와 전자 수가 같으므로 중성 원자이다. 따라서 중성인 화학종은 3개이다.
C는 양성자 7개, 전자 10개이므로 전자가 3개 더 많아 전하가 -3이다.
A와 B는 양성자 수가 5로 같고 중성자 수가 각각 5, 6으로 달라 동위원소이다. D의 질량수는 16, C의 질량수는 14이므로 D가 더 크다.

NoteBase

선지별 해설

① ㄱ: X. 표에서 중성인 화학종은 A, B, D의 3개이다. 틀린 표현인 '총 2개'는 '총 3개'로 고쳐야 한다. 따라서 ㄱ만 고른 것은 틀리다.
② ㄴ, ㄹ: X. ㄴ과 ㄹ은 옳지만, A와 B가 동위원소라는 ㄷ도 옳다. 올바른 조합은 'ㄴ, ㄷ, ㄹ'이다.
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ: X. ㄴ과 ㄷ은 옳지만 ㄱ은 틀리고, 옳은 ㄹ이 빠져 있다. 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'은 'ㄴ, ㄷ, ㄹ'로 고쳐야 한다.
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ: O. C의 전하는 -3이고, A와 B는 동위원소이며, D의 질량수 16은 C의 질량수 14보다 크다.

오답 포인트

ㄱ에서 중성자 수까지 같아야 중성이라고 오해하기 쉽다. 중성 여부는 양성자 수와 전자 수가 같은지만으로 판단한다. 또한 동위원소는 전자 수가 아니라 양성자 수가 같고 중성자 수가 다른 원자이다.

다시 나오면 이렇게 판단

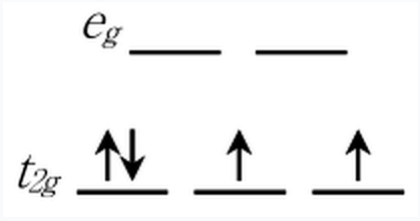
표에서 먼저 양성자 수와 전자 수의 차이로 전하를 확인한다. 다음으로 같은 양성자 수를 찾아 동위원소를 판단하고, 마지막으로 양성자 수와 중성자 수를 더해 질량수를 비교한다.

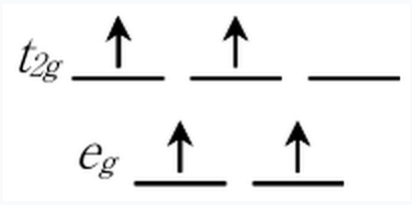
암기 포인트

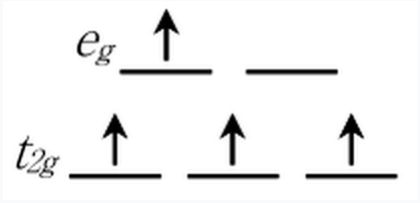
전하: 양성자 수와 전자 수의 차이, 동위원소: 양성자 수 같고 중성자 수 다름, 질량수: 양성자 수와 중성자 수의 합이다.

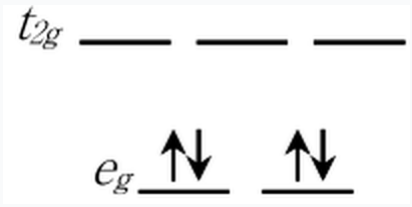
NoteBase

문 5. 결정장 이론에 따른 $[Mn(CN)_6]^{3-}$의 d 오비탈 전자 배치는? (단, Mn의 원자 번호는 25이다)

① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

출제 포인트

팔면체 착물 $[Mn(CN)_6]^{3-}$에서 금속의 산화수와 d 전자 수를 구한 뒤, CN^-의 강한 장에 따른 저스핀 전자 배치를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

배위자 CN^- 6개의 전하가 -6이므로 Mn의 산화수는 +3이다. Mn은 원자번호 25로 $[Ar]3d^5 4s^2$이며, Mn^{3+}는 d^4이다. CN^-는 강한 장 배위자이므로 전자가 높은 e_g 오비탈로 올라가기보다 낮은 t_{2g} 오비탈에서 먼저 짝을 이룬다. 따라서 저스핀 d^4의 배치는 $t_{2g}^4 e_g^0$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: t_{2g}의 세 오비탈에 전자 4개가 한 쌍과 홀전자 2개로 들어 있고 e_g는 비어 있다. 즉 $t_{2g}^4 e_g^0$으로, CN^- 착물의 저스핀 d^4 배치와 일치한다.

② X: t_{2g}에 2개, e_g에 2개를 배치한 그림이다. 틀린 표현은 낮은 t_{2g} 오비탈을 남겨 둔 채 e_g에 전자를 넣은 점이며, 올바르게는 $t_{2g}^4 e_g^0$이다.

③ X: $t_{2g}^3 e_g^1$은 약한 장 배위자에서의 고스핀 d^4 배치이다. CN^-는 강한 장 배위자이므로 올바른 배치는 $t_{2g}^4 e_g^0$이다.

④ X: 전자 4개를 모두 높은 e_g 오비탈에 넣은 배치이다. 틀린 표현은 낮은 t_{2g} 오비탈을 비워 두는 것이며, 올바르게는 전자 4개가 t_{2g}에 우선 배치되어 $t_{2g}^4 e_g^0$이 된다.

오답 포인트

③의 $t_{2g}^3 e_g^1$은 d^4라는 전자 수만 보면 그럴듯하지만, 이는 약한 장에서의 고스핀 배치이다. 이 문항에서는 CN^-가 강한 장 배위자라는 조건이 전자 배치를 결정한다.

다시 나오면 이렇게 판단

착물의 전체 전하와 배위자 전하로 금속의 산화수를 먼저 구하고, 금속 이온의 d 전자 수를 센다. 이어서 배위자가 강한 장이면 t_{2g}에서 짝지음을 우선하고, 약한 장이면 e_g로 먼저 홀전자를 보낸다고 판단한다.

암기 포인트

CN^-는 강한 장, d^4 저스핀은 $t_{2g}^4 e_g^0$이다.

NoteBase

문 6. 어떤 반응에서 표준 엔탈피 변화를 ΔH°, 표준 엔트로피 변화를 ΔS°라고 할 때, 이 반응이 자발적으로 일어나기 위한 온도 T[K]의 조건은?

① $T > \Delta H^\circ \times \Delta S^\circ$

② $T > \Delta H^\circ / \Delta S^\circ$

③ $T = \Delta H^\circ + \Delta S^\circ$

④ $T = \Delta H^\circ - \Delta S^\circ$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 깁스 자유에너지 변화식으로 반응이 자발적이 되는 온도 조건을 구하는 문제이다.

조건 정리

자발적 변화의 조건은 표준 깁스 자유에너지 변화가 0보다 작은 것이다.
주어진 값은 표준 엔탈피 변화 ΔH°와 표준 엔트로피 변화 ΔS°이며, 구할 값은 온도 T의 조건이다.

사용할 공식

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$
자발적으로 일어나려면 $\Delta G^\circ < 0$이어야 하므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. 자발성 조건을 식에 대입하면 $\Delta H^\circ - T\Delta S^\circ < 0$이다.
2. 이를 정리하면 $T\Delta S^\circ > \Delta H^\circ$이다.
3. 양변을 ΔS°로 나누어 온도에 대하여 정리한다. 이때 부등호의 방향은 나누는 ΔS°의 부호에 따라 달라지는데, 이 유형의 문제는 통상 흡열이면서 엔트로피가 증가하는 반응, 즉 $\Delta S^\circ > 0$인 경우를 전제로 한다. $\Delta S^\circ > 0$이면 부등호가 그대로 유지되어 $T > \Delta H^\circ / \Delta S^\circ$이 된다(만약 $\Delta S^\circ < 0$이라면 부등호가 뒤집혀 $T < \Delta H^\circ / \Delta S^\circ$이 된다). 또한 $\Delta H^\circ / \Delta S^\circ$의 단위는 K이므로 온도의 단위와 일치한다.

NoteBase

선지 판단

① X. $\Delta H^\circ \times \Delta S^\circ$는 자발성 조건을 정리하여 얻는 식이 아니며, 온도와 단위도 맞지 않는다. 틀린 표현 $\Delta H^\circ \times \Delta S^\circ \rightarrow$ 올바르게는 $\Delta H^\circ / \Delta S^\circ$이다.
② O. $\Delta G^\circ < 0$을 만족하도록 정리한 온도 조건은 $T > \Delta H^\circ / \Delta S^\circ$이다. 이는 $\Delta S^\circ > 0$임을 전제로 양변을 ΔS°로 나눈 결과이다.
③ X. ΔH°와 ΔS°는 단위가 서로 달라 단순히 더할 수 없고, 그 합이 온도 조건도 아니다. 틀린 표현 $T = \Delta H^\circ + \Delta S^\circ \rightarrow$ 올바르게는 $T > \Delta H^\circ / \Delta S^\circ$이다.
④ X. ΔH°와 ΔS°의 단순한 차도 온도 조건이 될 수 없다. 틀린 표현 $T = \Delta H^\circ - \Delta S^\circ \rightarrow$ 올바르게는 $T > \Delta H^\circ / \Delta S^\circ$이다.

오답 포인트

①처럼 엔탈피와 엔트로피를 곱하거나 ③·④처럼 더하고 빼는 함정이 있다. 엔트로피 항은 반드시 $T\Delta S^\circ$의 형태로 깁스 자유에너지식에 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

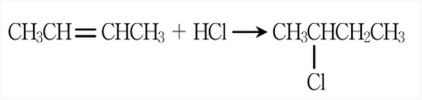
자발성 여부를 물으면 먼저 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$를 쓰고, $\Delta G < 0$으로 부등식을 세운 뒤 온도 T에 대해 정리한다.

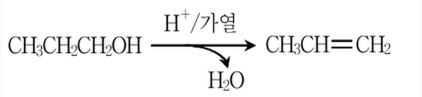
암기 포인트

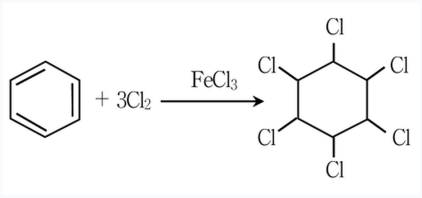
자발성의 기준은 $\Delta G < 0$, 온도 경계는 $T = \Delta H / \Delta S$이다.

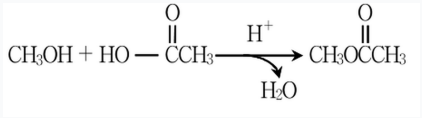
NoteBase

문 7. 다음 화학 반응 중 주생성물이 옳지 않은 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 알켄의 첨가 반응, 알코올의 탈수 반응, 벤젠의 치환 반응, 카복실산의 에스터화 반응을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

첨가 반응은 이중 결합 등에 원자가 더해져 불포화도가 감소하는 반응이다.
탈수 반응은 알코올에서 물이 빠져나가 알켄이 생성되는 반응이다.
벤젠은 $FeCl_3$ 같은 루이스산 촉매와 Cl_2가 작용하면 방향족성을 유지하는 염소 치환 반응을 한다.
에스터화 반응은 카복실산과 알코올이 산 촉매 하에서 반응하여 에스터와 물을 만드는 반응이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

2-부텐에 HCl이 첨가되면 이중 결합이 끊어지고 2-클로로부탄이 생성된다. 2-부텐은 양쪽 탄소의 치환 정도가 같으므로 이 반응에서는 위치 선택성의 차이가 없다.

② O

1-프로판올은 H^+와 가열 조건에서 물이 제거되어 프로펜이 생성된다. 이는 알코올의 산 촉매 탈수 반응이다.

③ X

틀린 표현은 $FeCl_3$ 촉매에서 벤젠에 Cl_2 3분자가 첨가되어 육염화사이클로헥산이 생성된다는 부분이다. 실제로 $FeCl_3/Cl_2$ 조건의 벤젠은 방향족 치환 반응을 하여 클로로벤젠과 HCl을 생성한다. 육염화사이클로헥산은 빛 등의 조건에서 염소가 벤젠에 첨가될 때 생성될 수 있다.

④ O

메탄올과 아세트산은 H^+ 촉매 하에서 축합하여 아세트산 메틸과 물을 생성한다. 이는 카복실산과 알코올의 에스터화 반응이다.

오답 포인트

③은 벤젠에 염소가 반응한다는 사실만 보고 첨가 반응으로 판단하기 쉽다. 그러나 $FeCl_3$는 벤젠의 방향족성을 보존하는 친전자성 치환 반응 조건이며, 첨가 생성물에는 빛과 같은 다른 조건이 필요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

벤젠 반응식에서는 먼저 조건을 확인한다. $FeCl_3$, $AlCl_3$ 같은 루이스산 촉매와 할로젠이 함께 있으면 방향족 치환 반응인지 판단하고, 생성물에도 벤젠 고리가 유지되는지 확인한다.

암기 포인트

벤젠 + $Cl_2/FeCl_3$는 고리 보존 치환, 벤젠 + Cl_2/빛은 고리 첨가이다.

NoteBase

문 8. 다음은 질소와 산소가 반응하여 일산화 질소가 생성되는 반응의 평형 반응식이다. 이 반응이 밀폐된 강철 용기에서 일어날 때, 평형 상수 K_p는 2,200K에서 1.1×10^{-3}이고 2,500K에서 3.6×10^{-3}이었다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$

① 이 반응은 발열 반응이다.

② 용기 내 압력은 2,200K에서와 2,500K에서가 동일하다.

③ 2,200K의 평형에서 용기 내 압력을 높이면 평형은 왼쪽으로 이동한다.

④ 2,500K의 평형에서 용기에 He(g)를 주입하면 NO(g)의 부분 압력은 변하지 않는다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 온도 변화에 따른 평형 상수의 변화로 반응열을 판단하고, 기체 몰수 변화로 압력 변화에 따른 평형 이동과 부분 압력 변화를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

평형 상수 K_p가 온도 상승과 함께 커지면 정반응은 열을 흡수하는 흡열 반응이다.
기체 반응에서 압력을 높였을 때는 기체 몰수 합이 더 작은 쪽으로 평형이 이동하지만, 이 반응은 좌우 기체 몰수 합이 모두 2이므로 압력 변화만으로는 평형이 이동하지 않는다.
밀폐된 강철 용기처럼 부피가 일정한 용기에 불활성 기체를 넣으면 반응 기체의 몰수와 부피가 그대로이므로 각 반응 기체의 부분 압력은 변하지 않는다.

선지별 해설

① X: 온도가 2,200 K에서 2,500 K로 올라갈 때 K_p가 1.1×10^{-3}에서 3.6×10^{-3}으로 증가한다. 높은 온도에서 정반응이 더 유리하므로 정반응은 흡열 반응이다. 틀린 표현은 '발열 반응'이며, 올바르게는 '흡열 반응'이다.
② X: 밀폐된 강철 용기에서는 부피가 일정하고, 이 반응은 반응 전후 기체 몰수 합이 같아서 반응 진행에 따른 전체 기체 몰수 변화도 없다. 같은 양의 기체가 들어 있다면 전체 압력은 온도에 비례하므로 2,500 K에서의 압력이 2,200 K에서보다 크다. 틀린 표현은 '동일하다'이며, 올바르게는 '2,500 K에서 더 크다'이다.
③ X: $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$는 좌우 기체 몰수 합이 모두 2이다. 압축하여 모든 부분 압력이 같은 비율로 커져도 반응 지수 $Q_p = \frac{p_{NO}^2}{p_{N_2} p_{O_2}}$는 변하지 않으므로 평형은 이동하지 않는다. 틀린 표현은 '왼쪽으로 이동한다'이며, 올바르게는 '평형이 이동하지 않는다'이다.
④ O: 부피와 온도가 일정한 용기에 He를 주입해도 $p_{NO} = n_{NO}RT/V$에서 NO의 몰수, 온도, 부피가 모두 변하지 않는다. 따라서 NO의 부분 압력은 변하지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

불활성 기체를 넣으면 전체 압력은 커질 수 있지만, 부피가 일정하면 반응 기체의 부분 압력은 변하지 않는다는 점이 함정이다. 또한 압력 증가 시 무조건 왼쪽이나 오른쪽으로 이동하는 것이 아니라, 좌우 기체 몰수 합을 먼저 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 온도 상승 시 K의 증감으로 흡열·발열을 판단한다. 다음으로 반응식의 기체 계수 합을 좌우에서 비교한다. 계수 합이 같으면 압력 변화에 따른 평형 이동은 없고, 부피 일정 조건에서 불활성 기체 주입은 반응 기체의 부분 압력을 바꾸지 않는다.

암기 포인트

온도↑에서 K↑이면 흡열, 기체 몰수 합이 같으면 압력 변화에도 평형 이동 없음, 부피 일정에서 He 주입은 부분 압력 불변이다.

NoteBase

문 9. 착화합물 $K_3[NiCl_6]$에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은? (단, Ni의 원자 번호는 28이다)

ㄱ. Ni의 배위수는 6이다.
ㄴ. Ni의 산화수는 -3이다.
ㄷ. $K_3[NiCl_6]$은 상자성(paramagnetic)이다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 착이온의 배위수, 중심 금속의 산화수, 그리고 d 전자 수에 따른 자성을 함께 판단하는 문제이다.

핵심 개념

배위수는 중심 금속 Ni에 직접 결합한 리간드의 수이다. $[NiCl_6]^{3-}$에서는 Cl^-가 6개이므로 배위수는 6이다.
산화수는 착이온 전체 전하로부터 구한다. Ni의 산화수를 x라 하면 $x + 6(-1) = -3$이므로 $x = +3$이다.
Ni^{3+}는 d^7 전자배치를 가지며, Cl^-는 약한 장 리간드이므로 팔면체 착물에서 홀전자들이 남아 상자성이다.
ㄱ은 O, ㄴ은 X, ㄷ은 O이다.

선지별 해설

① X: ㄱ은 옳지만 ㄷ도 옳다. 틀린 부분은 'ㄱ'만 고른 점이며, 올바른 조합은 'ㄱ, ㄷ'이다.
② O: Cl^- 리간드가 6개이므로 ㄱ은 옳다. Ni의 산화수는 +3이고 Cl^- 약한 장에서 Ni^{3+}(d^7)는 홀전자를 가져 상자성이므로 ㄷ도 옳다.
③ X: 틀린 부분은 ㄴ을 포함한 점이다. Ni의 산화수는 −3이 아니라 +3이며, 올바른 조합은 'ㄱ, ㄷ'이다.
④ X: 틀린 부분은 ㄴ을 포함한 점이다. ㄴ은 'Ni의 산화수는 −3이다'가 아니라 'Ni의 산화수는 +3이다'로 고쳐야 하며, 올바른 조합은 'ㄱ, ㄷ'이다.

오답 포인트

착이온 $[NiCl_6]^{3-}$의 전하 −3을 Ni 자체의 산화수로 잘못 보는 경우가 많다. Cl^- 6개의 전하까지 함께 더해야 Ni의 산화수가 +3으로 계산된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 대괄호 안 리간드 수로 배위수를 센다. 다음으로 '중심 금속 산화수 + 리간드 전하의 합 = 착이온 전하'를 세운다. 마지막으로 중심 금속 이온의 d 전자 수와 홀전자 유무를 확인해 자성을 판단한다.

암기 포인트

$[NiCl_6]^{3-}$: 배위수 6, Ni는 +3, Cl^- 착물은 홀전자 존재 → 상자성이다.

NoteBase

문 10. 다음은 4가지 산소 화학종을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

O_2 O_2^+ O_2^- O_2^{2-}

① O_2^-의 결합 차수는 2이다.
② O_2^{2-}는 반자성(diamagnetic)이다.
③ 결합 세기는 O_2가 O_2^{2-}보다 크다.
④ 결합 길이가 가장 짧은 것은 O_2^+이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 분자 오비탈에서 반결합성 전자 수 변화에 따른 결합 차수, 자기적 성질, 결합 세기와 길이의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

결합 차수는 결합성 전자 수−반결합성 전자 수/2이다. 전자를 하나 잃으면 반결합성 전자가 줄어 결합 차수가 커지고, 전자를 하나 얻으면 반결합성 전자가 늘어 결합 차수가 작아진다. O_2는 결합 차수 2, O_2^+는 2.5, O_2^-는 1.5, O_2^{2-}는 1이다. 결합 차수가 클수록 결합은 세고 결합 길이는 짧다.

선지별 해설

① X: O_2^-에는 O_2보다 반결합성 오비탈 전자가 하나 더 있으므로 결합 차수는 1.5이다. 틀린 표현은 '2'이며, 올바르게는 'O_2^-의 결합 차수는 1.5이다.'이다.
② O: O_2^{2-}는 반결합성 오비탈의 두 전자가 모두 짝지어져 있어 홀전자가 없으므로 반자성이다.
③ O: O_2의 결합 차수는 2이고 O_2^{2-}의 결합 차수는 1이므로, 결합 차수가 더 큰 O_2의 결합 세기가 더 크다.
④ O: O_2^+는 반결합성 전자 하나가 제거되어 결합 차수가 2.5로 가장 크므로 결합 길이가 가장 짧다.

오답 포인트

O_2^-의 전자 하나 증가를 결합성 전자 증가로 착각하면 ①을 맞는 선지로 판단하게 된다. O_2 계열에서는 추가되거나 제거되는 전자가 반결합성 오비탈에 관련된다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

O_2를 기준으로 양이온은 반결합성 전자가 감소하여 결합 차수가 증가하고, 음이온은 반결합성 전자가 증가하여 결합 차수가 감소한다고 판단한다. 이어서 결합 차수가 클수록 결합 세기는 크고 결합 길이는 짧다고 연결한다.

NoteBase

암기 포인트

O_2^+: 결합 차수 2.5·가장 짧음, O_2: 2, O_2^-: 1.5, O_2^{2-}: 1·반자성이다.

NoteBase

문 11. 원소의 주기적 성질에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 원자 반지름은 Li이 F보다 더 크다.
ㄴ. 이온 반지름은 Mg^{2+}이 Na^{+}보다 더 크다.
ㄷ. 2차 이온화 에너지는 Mg이 Na보다 더 크다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

같은 주기 원자의 원자 반지름, 등전자 이온의 이온 반지름, 2차 이온화 에너지의 크기를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

원자 반지름은 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 유효 핵전하가 커져 작아진다. 전자 수가 같은 이온은 핵전하가 클수록 전자를 더 강하게 끌어당겨 반지름이 작다. 2차 이온화 에너지는 1가 양이온에서 전자 1개를 더 떼어 내는 데 필요한 에너지이며, 안정한 전자배치에서 전자를 떼면 매우 커진다.

선지별 해설

① ㄱ: O. Li와 F는 같은 2주기 원소이고, 오른쪽으로 갈수록 원자 반지름이 작아진다. 따라서 Li의 원자 반지름이 F보다 크다.
② ㄴ: X. Mg^{2+}와 Na^{+}는 모두 전자 10개인 등전자 이온이다. 핵전하가 더 큰 Mg^{2+}가 전자를 더 강하게 끌어당기므로 반지름은 Mg^{2+}가 더 작다. 틀린 표현은 'Mg^{2+}이 Na^{+}보다 더 크다'이며, 올바르게는 'Mg^{2+}가 Na^{+}보다 더 작다'이다.
③ ㄱ, ㄷ: X. ㄱ은 옳지만 ㄷ이 틀리므로 이 조합은 정답이 아니다. Na는 1차 이온화 후 Ne와 같은 안정한 전자배치가 되어 2차 이온화에서 내부 전자를 떼어 내야 한다. 따라서 2차 이온화 에너지는 Mg가 아니라 Na가 더 크다. 틀린 표현은 'Mg가 Na보다 더 크다'이며, 올바르게는 'Na가 Mg보다 더 크다'이다.
④ ㄴ, ㄷ: X. ㄴ과 ㄷ이 모두 틀리므로 이 조합은 정답이 아니다. ㄴ에서는 Mg^{2+}의 반지름이 더 작고, ㄷ에서는 Na의 2차 이온화 에너지가 더 크다.

오답 포인트

ㄴ은 양이온의 전하량만 보고 Mg^{2+}가 더 작다는 점을 놓치기 쉽다. ㄷ은 원자 번호가 큰 Mg의 이온화 에너지가 항상 더 클 것이라고 생각하기 쉽지만, Na^{+}가 이미 Ne형 안정 전자배치라는 점이 결정적이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

반지름 비교에서는 먼저 같은 주기인지, 등전자인지를 확인한다. 같은 주기 원자는 오른쪽으로 갈수록 작고, 등전자 이온은 양성자 수가 많을수록 작다. 연속 이온화 에너지는 앞 단계에서 안정한 전자배치가 만들어지는 원소의 다음 이온화 에너지가 크게 뛴다고 판단한다.

암기 포인트

같은 주기: 오른쪽으로 갈수록 작다. 등전자 이온: 양성자 수가 많을수록 작다. 안정배치 뒤 이온화: 에너지가 급증한다.

NoteBase

문 12. 다음 착화합물 수용액에 $AgNO_3$ 수용액을 첨가하였을 때, 침전이 생성되는 것은?

① $[Cr(NH_3)_3Cl_3]$

② $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$

③ $[Cr(NH_3)_4Cl_2]NO_3$

④ $Na_3[Cr(CN)_6]$

정답 2번

출제 포인트

착화합물에서 대괄호 밖의 이온만 수용액에서 해리되는지를 판단하고, 유리된 Cl^-가 Ag^+와 $AgCl$ 침전을 만드는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

배위권은 대괄호 안의 중심 금속 이온과 리간드로 이루어진 부분이며, 그 안의 리간드는 보통 자유 이온으로 해리되지 않는다. 대괄호 밖의 반대 이온은 수용액에서 해리된다. 따라서 $AgNO_3$를 넣었을 때는 배위권 밖에 있는 Cl^-만 Ag^+와 반응하여 $AgCl$ 침전을 만든다.

선지별 해설

① X: $[Cr(NH_3)_3Cl_3]$에서 세 Cl^-는 모두 대괄호 안의 배위 리간드이다. 틀린 판단은 배위된 Cl^-를 자유 Cl^-로 보는 것이다. 올바르게는 Cl^-가 대괄호 밖의 반대 이온으로 존재해야 $AgCl$ 침전을 만든다.
② O: $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$는 수용액에서 $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$와 3개의 Cl^-로 해리된다. 이 자유 Cl^-가 Ag^+와 반응하여 $AgCl$ 침전을 만든다.
③ X: $[Cr(NH_3)_4Cl_2]NO_3$에서 Cl^- 두 개는 대괄호 안에 배위되어 있고, 대괄호 밖의 이온은 NO_3^-이다. 틀린 표현은 외부 이온을 Cl^-로 보는 것이다. 올바르게는 외부 이온은 NO_3^-이므로 이 조건에서 $AgCl$ 침전이 생기지 않는다.
④ X: $Na_3[Cr(CN)_6]$에서는 Na^+가 대괄호 밖의 이온이고 CN^-는 배위권 안의 리간드이다. 틀린 판단은 배위된 CN^-가 자유 이온으로 해리된다고 보는 것이다. 올바르게는 자유 Cl^-가 없으므로 $AgNO_3$ 첨가에 따른 $AgCl$ 침전이 생기지 않는다.

오답 포인트

①과 ③은 화학식에 Cl이 보이지만 모두 대괄호 안에 있어 자유 Cl^-가 아니다. ②의 Cl_3만 대괄호 밖에 있으므로 침전 반응에 참여한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 대괄호 안과 밖을 나눈다. $AgNO_3$ 첨가 문제에서는 대괄호 밖에 Cl^-가 있는지 확인하고, 있으면 $AgCl$ 침전이 생성된다고 판단한다.

암기 포인트

대괄호 밖 Cl^-만 은 이온과 만나 $AgCl$을 만든다.

NoteBase

문 13. 다음은 어떤 갈바니 전지를 선 표시법으로 나타낸 것이다. 이 전지에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 온도는 25 °C이다)

$\mathrm{Fe}(s) \mid \mathrm{Fe}^{2+}(aq) \parallel \mathrm{MnO_4^-}(aq), \mathrm{Mn}^{2+}(aq) \mid \mathrm{Pt}(s)$

① 산화 전극은 Fe(*s*)이다.

② 작동할 때 산소 기체가 발생한다.

③ 전지의 전위는 각 이온들의 농도와 무관하다.

④ 표준 환원 전위(E°)는 $\mathrm{Fe}^{2+}/\mathrm{Fe}$이 $\mathrm{MnO_4^-}/\mathrm{Mn}^{2+}$보다 크다.

정답 1번

출제 포인트

갈바니 전지의 선 표기에서 왼쪽 전극은 산화가 일어나는 음극, 오른쪽 전극은 환원이 일어나는 양극임을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

산화 전극은 전자를 내놓는 반응이 일어나는 전극이고, 환원 전극은 전자를 받는 반응이 일어나는 전극이다. 이 전지에서는 Fe(s)가 Fe^{2+}(aq)로 산화되고, MnO_4^-(aq)가 Mn^{2+}(aq)로 환원된다.
왼쪽 반쪽 전지: $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$
오른쪽 반쪽 전지: $MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$

선지별 해설

① O: Fe(s)가 Fe^{2+}(aq)로 되면서 전자 2개를 내놓으므로 Fe(s) 전극은 산화 전극이다.
② X: 이 전지의 환원 반응은 MnO_4^-가 Mn^{2+}로 되는 반응이다. 틀린 표현은 '산소 기체가 발생한다'이며, 올바르게는 과망가니즈산 이온이 환원되면서 물이 생성된다.
③ X: 전지 전위는 이온의 농도에 따라 변한다. 틀린 표현은 '농도와 무관하다'이며, 올바르게는 표준 상태가 아닐 때 Nernst 식에 따라 각 이온의 농도가 전지 전위에 영향을 준다.
④ X: 표준 환원 전위는 MnO_4^-/Mn^{2+}가 Fe^{2+}/Fe보다 크다. 틀린 표현은 'Fe^{2+}/Fe이 …보다 크다'이며, 올바르게는 $E^\circ(MnO_4^-/Mn^{2+}) > E^\circ(Fe^{2+}/Fe)$이다.

오답 포인트

①에서 산화 전극을 산소가 생기는 전극으로 오해하기 쉽다. 산화는 산소 발생 여부가 아니라 전자를 잃는지로 판단한다. 또한 ③은 표준 전위와 실제 전지 전위를 혼동하게 만드는 선지이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

선 표기에서 각 반쪽 반응식을 먼저 쓴다. 전자가 생성되는 쪽은 산화 전극, 전자가 소모되는 쪽은 환원 전극으로 정리한 뒤, 표준 상태가 아니면 농도가 전지 전위에 영향을 준다고 판단한다.

암기 포인트

갈바니 전지에서는 왼쪽이 산화·음극, 오른쪽이 환원·양극이다. 산화는 전자 방출, 환원은 전자 수용이다.

NoteBase

문 14. 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 이론에 근거할 때, 입체 구조가 평면인 것은?

① SO_3^{2-}

② NO_3^-

③ PF_3

④ IF_4^+

정답 2번

출제 포인트

VSEPR 이론에서 중심 원자의 결합영역 수와 비공유전자쌍 수로 분자 모양이 평면형인지 판단하는 문제이다.

핵심 개념

VSEPR 이론은 중심 원자 주위의 전자영역이 서로 멀어지도록 배치된다고 보는 모형이다. 중심 원자에 결합영역 3개만 있고 비공유전자쌍이 없으면 삼각평면형이 된다. 결합영역 3개에 비공유전자쌍 1개가 있으면 삼각뿔형이 되며, 결합영역 4개에 비공유전자쌍 1개가 있으면 시소형이 된다.

선지별 해설

① X: SO_3^{2-}의 중심 S에는 S–O 결합영역 3개와 비공유전자쌍 1개가 있다. 따라서 분자 모양은 삼각뿔형이다. 틀린 표현은 '평면형'이며, 올바르게는 '삼각뿔형'이다.

② O: NO_3^-의 중심 N에는 결합영역 3개가 있고 비공유전자쌍이 없다. 세 전자영역이 한 평면에서 120°로 배열하므로 삼각평면형이다.

③ X: PF_3의 중심 P에는 P–F 결합영역 3개와 비공유전자쌍 1개가 있다. 따라서 분자 모양은 삼각뿔형이다. 틀린 표현은 '평면형'이며, 올바르게는 '삼각뿔형'이다.

④ X: IF_4^+의 중심 I에는 I–F 결합영역 4개와 비공유전자쌍 1개가 있어 전자영역 배열은 삼각쌍뿔형이고 분자 모양은 시소형이다. 틀린 표현은 '평면형'이며, 올바르게는 '시소형'이다.

오답 포인트

①과 ③은 중심 원자에 비공유전자쌍 1개가 있다는 점을 빼먹으면 삼각평면형으로 잘못 판단하기 쉽다. ④도 결합한 원자 수만 4개라고 보지 말고 중심 I에 남는 비공유전자쌍 1개까지 세어야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심 원자의 결합영역 수와 비공유전자쌍 수를 센다. 결합영역 3개·비공유전자쌍 0개이면 삼각평면형이고, 비공유전자쌍이 1개 있으면 삼각뿔형이다. 결합영역 4개·비공유전자쌍 1개이면 시소형으로 판단한다.

암기 포인트

AX_3는 삼각평면형, AX_3E는 삼각뿔형, AX_4E는 시소형이다.

NoteBase

문 15. 다음은 염기성 수용액 속에서 $I^- + OCl^- \rightarrow Cl^- + OI^-$ 반응이 일어날 때 제안된 메커니즘이다. 전체 반응에 대한 반응 속도식으로 가장 적절한 것은?

○ 단계 1: $OCl^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HOCl(aq) + OH^-(aq)$
(빠른 평형, 평형 상수 = K_1)

○ 단계 2: $I^-(aq) + HOCl(aq) \rightarrow HOI(aq) + Cl^-(aq)$
(반응 속도 상수: k_2, 느림)

○ 단계 3: $OH^-(aq) + HOI(aq) \rightarrow H_2O(l) + OI^-(aq)$
(반응 속도 상수: k_3, 빠름)

① $k_2[I^-]$
② $k_2k_3[I^-][OCl^-]$
③ $K_1k_3[I^-][OH^-]$
④ $K_1k_2[I^-][OCl^-]/[OH^-]$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 빠른 평형으로 생성되는 HOCl의 농도를 나타낸 뒤, 느린 단계의 속도식에 대입하여 전체 반응 속도식을 구하는 문제이다.

조건 정리

1단계는 빠른 평형이며, 물은 순수 액체이므로 평형식에 포함하지 않는다.
2단계는 느린 단계이므로 전체 반응 속도를 결정한다.
3단계는 빠르므로 속도 결정 단계의 속도상수에 포함되지 않는다.

사용할 공식

1단계의 평형상수는 $K_1 = \frac{[HOCl][OH^-]}{[OCl^-]}$이다. 따라서 $[HOCl] = K_1\frac{[OCl^-]}{[OH^-]}$이다.
느린 2단계의 속도식은 $v = k_2[I^-][HOCl]$이다. 느린 단계가 전체 속도를 결정하므로 이 식에 평형식으로 구한 [HOCl]을 대입한다.

NoteBase

계산 과정

1. 빠른 평형식에서 $[HOCl] = K_1[OCl^-]/[OH^-]$를 얻는다.
2. 느린 2단계의 속도식 $v = k_2[I^-][HOCl]$에 이를 대입한다.
3. 따라서 $v = K_1k_2[I^-][OCl^-]/[OH^-]$이다.

선지 판단

① X. $k_2[I^-]$는 느린 2단계의 반응물 HOCl의 농도를 빠뜨렸다. 틀린 표현은 HOCl 농도를 생략한 부분이며, 올바르게는 $K_1k_2[I^-][OCl^-]/[OH^-]$이다.
② X. $k_2k_3[I^-][OCl^-]$는 빠른 3단계의 속도상수 k_3를 불필요하게 곱했고 $[OH^-]$도 빠뜨렸다. 틀린 표현은 k_3를 포함한 부분이며, 올바르게는 $K_1k_2[I^-][OCl^-]/[OH^-]$이다.
③ X. $K_1k_3[I^-][OH^-]$는 속도 결정 단계의 속도상수 k_2 대신 k_3를 사용했고, $[OCl^-]$와 $[OH^-]$의 위치도 바꾸었다. 틀린 표현은 $k_3[OH^-]$ 부분이며, 올바르게는 $k_2[OCl^-]/[OH^-]$이다.
④ O. 빠른 평형식으로 HOCl을 제거하면 $v = K_1k_2[I^-][OCl^-]/[OH^-]$가 되어 제시식과 일치한다.

오답 포인트

3단계가 빠르다는 이유로 k_3를 속도식에 넣는 것이 함정이다. 전체 속도는 느린 2단계가 결정하며, 1단계 평형식에서 HOCl을 대입할 때 $[OH^-]$는 분모에 위치한다.

다시 나오면 이렇게 판단

빠른 평형-느린 반응 메커니즘에서는 먼저 느린 단계로 속도식을 세운 다음, 그 식에 들어 있는 중간체 농도를 앞선 빠른 평형식으로 치환하여 판단한다.

암기 포인트

빠른 평형은 중간체 농도를 바꾸고, 느린 단계는 전체 속도를 결정한다.

NoteBase

문 16. 소량의 지시약을 넣은 아세트산(CH_3COOH) 수용액 50.0 mL를 0.200 M 수산화 포타슘(KOH) 수용액으로 적정할 때 당량점까지 들어간 KOH 수용액의 부피는 100 mL이었다. 이 적정에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 온도는 25 °C이다)

① 아세트산의 농도는 0.100 M이다.

② 당량점의 pH는 7이다.

③ 지시약으로 적절한 것은 메틸 오렌지이다.

④ 알짜 이온 반응식은 $CH_3COOH(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l) + CH_3COO^-(aq)$이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 약산인 아세트산을 강염기 KOH로 적정할 때의 몰수 관계, 당량점의 pH, 지시약 및 알짜 이온 반응식을 판단하는 문제이다.

조건 정리

아세트산 용액의 부피는 $50.0mL$이고, 당량점까지 사용한 KOH는 $0.200M$, $100mL$이다.
아세트산과 KOH는 1 : 1 몰비로 반응한다.
당량점에서는 아세트산이 모두 아세트산 이온으로 바뀌며, 아세트산 이온의 가수 분해 때문에 용액은 염기성을 띤다.

사용할 공식

당량점에서 $n(CH_3COOH) = n(KOH) = CV$이다.
이 식을 쓰는 이유는 아세트산과 OH^-의 반응 몰비가 1 : 1이기 때문이다.

계산 과정

1. KOH의 몰수는 $0.200M \times 0.100L = 0.0200mol$이다.
2. 당량점에서는 아세트산의 몰수도 $0.0200mol$이다.
3. 따라서 아세트산의 농도는 $0.0200mol/0.0500L = 0.400M$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. 아세트산의 농도는 $0.100M$이 아니라 $0.400M$이다. 틀린 표현 '0.100 M' → 올바르게는 '0.400 M'이다. 50.0 mL를 0.200 L처럼 잘못 바꾸거나 몰수 계산을 잘못하면 오답값이 나올 수 있다.
② X. 약산-강염기 적정의 당량점에는 아세트산 이온이 남아 물과 반응하여 OH^-를 생성하므로 pH는 7보다 크다. 틀린 표현 'pH는 7' → 올바르게는 'pH는 7보다 크다'이다.
③ X. 메틸 오렌지의 변색 범위는 산성 영역이므로 염기성인 이 당량점에 적절하지 않다. 틀린 표현 '메틸 오렌지' → 올바르게는 '페놀프탈레인과 같이 염기성 변색 범위를 갖는 지시약'이다.
④ O. 약산은 알짜 이온 반응식에서 분자 상태로 쓰고, 강염기 KOH는 OH^-로 쓴다. 따라서 $CH_3COOH(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l) + CH_3COO^-(aq)$가 옳다.

오답 포인트

①에서는 당량점의 KOH 몰수가 곧 처음 아세트산 몰수라는 1 : 1 관계를 놓치기 쉽다. ②와 ③에서는 '당량점 pH는 항상 7'이라고 생각하는 것이 함정이다. 당량점의 pH는 산과 염기의 세기에 따라 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

산-염기 적정 문제는 먼저 반응식의 몰비로 당량점의 몰수를 맞춘 뒤 농도를 계산한다. 이어서 강산·강염기인지, 약산·강염기인지 구분하여 당량점 pH와 지시약의 변색 범위를 판단한다.

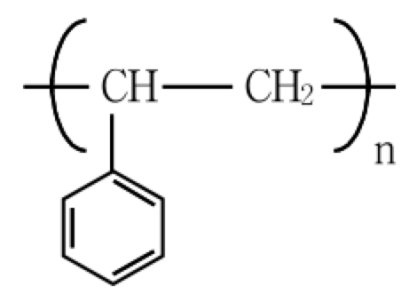
암기 포인트

약산+강염기 적정의 당량점: 짝염기의 가수 분해로 $pH > 7$, 지시약은 염기성 범위가 적절하다.

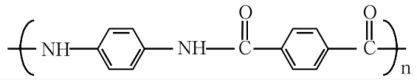
NoteBase

문 17. 다음 중 단위체(monomer)로부터 고분자가 합성될 때 물이 함께 생성되는 것은?

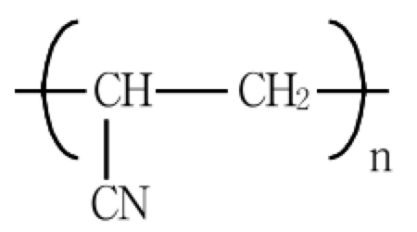
① 폴리스타이렌



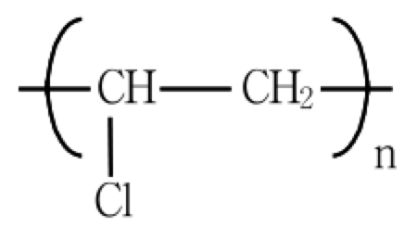
② 폴리아마이드



③ 폴리아크릴로나이트릴(PAN)



④ 폴리염화바이닐(PVC)



정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단위체가 결합할 때 작은 분자가 함께 빠져나오는 축합 중합과, 이중 결합이 열리며 연결되는 첨가 중합을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

축합 중합은 단위체의 작용기가 결합하면서 물·염화수소 같은 작은 분자가 함께 생성되는 중합이다. 첨가 중합은 단위체의 이중 결합이 열려 연결되는 중합으로, 일반적으로 물이 생성되지 않는다.
폴리아마이드는 아미드 결합 $-CO-NH-$을 만들며 축합 중합으로 생성되고, 폴리스타이렌·PAN·PVC는 각각 비닐계 단위체의 첨가 중합으로 생성된다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 폴리스타이렌은 스타이렌의 탄소-탄소 이중 결합이 열려 생성되는 첨가 중합체이다. 틀린 표현 → 물이 함께 생성되는 중합체가 아니라, 물이 생성되지 않는 첨가 중합체이다.
② O: 폴리아마이드는 카복실기와 아미노기가 반응하여 아미드 결합을 만들 때 물이 생성되는 축합 중합체이다.
③ X: 폴리아크릴로나이트릴(PAN)은 아크릴로나이트릴의 이중 결합이 열려 생성되는 첨가 중합체이다. 틀린 표현 → 물이 함께 생성되는 중합체가 아니라, 물이 생성되지 않는 첨가 중합체이다.
④ X: 폴리염화비닐(PVC)은 염화비닐의 이중 결합이 열려 생성되는 첨가 중합체이다. 틀린 표현 → 물이 함께 생성되는 중합체가 아니라, 물이 생성되지 않는 첨가 중합체이다.

오답 포인트

모든 고분자가 단위체에서 만들어지므로 물이 생성된다고 보기 쉽다. 그러나 물의 생성 여부는 고분자 이름이 아니라 결합 형성 방식으로 판단한다. ②에는 아미드 결합이 있어 축합 중합을, ①·③·④에는 비닐계 탄소 사슬이 있어 첨가 중합을 떠올린다.

다시 나오면 이렇게 판단

반복 단위에 에스터 결합이나 아미드 결합처럼 작용기끼리 결합한 흔적이 있으면 축합 중합과 작은 분자의 생성을 먼저 검토한다. 반복 단위가 주로 탄소-탄소 단일결합 사슬이고 곁사슬만 다르면, 단위체의 이중 결합이 열린 첨가 중합으로 판단한다.

암기 포인트

아미드 결합은 축합 중합, 비닐계 이중 결합은 첨가 중합이다.

NoteBase

문 18. 다음 산화 · 환원 반응에서 산화제와 환원제는?

$$16H^+(aq) + 2Cr_2O_7^{2-}(aq) + C_2H_5OH(l) \rightarrow 4Cr^{3+}(aq) + 11H_2O(l) + 2CO_2(g)$$

① 산화제: H^+, 환원제: $Cr_2O_7^{2-}$

② 산화제: H^+, 환원제: C_2H_5OH

③ 산화제: C_2H_5OH, 환원제: $Cr_2O_7^{2-}$

④ 산화제: $Cr_2O_7^{2-}$, 환원제: C_2H_5OH

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 산화제와 환원제를 산화수 변화로 구별하는 문제이다.

핵심 개념

산화제는 상대 물질을 산화시키고 자신은 환원되어 전자를 받는 물질이다. $Cr_2O_7^{2-}$의 Cr은 +6에서 Cr^{3+}의 +3으로 감소하므로 산화제이다.
환원제는 상대 물질을 환원시키고 자신은 산화되어 전자를 내놓는 물질이다. C_2H_5OH은 CO_2로 변하면서 탄소의 산화수가 증가하므로 환원제이다.
H^+는 산성 용액에서 반응식의 H와 O를 맞추는 데 참여하며, 이 반응에서 산화수 변화로 산화제·환원제가 되지 않는다.

선지별 해설

① X. H^+는 산화제가 아니고, $Cr_2O_7^{2-}$는 환원제가 아니다. 틀린 표현은 '산화제 H^+, 환원제 $Cr_2O_7^{2-}$'이며, 올바르게는 산화제는 $Cr_2O_7^{2-}$, 환원제는 C_2H_5OH이다.
② X. C_2H_5OH을 환원제로 본 것은 맞지만 H^+를 산화제로 본 것이 틀리다. 틀린 표현은 '산화제 H^+'이며, 올바르게는 산화제는 $Cr_2O_7^{2-}$이다.
③ X. C_2H_5OH과 $Cr_2O_7^{2-}$의 역할이 서로 바뀌었다. 틀린 표현은 '산화제 C_2H_5OH, 환원제 $Cr_2O_7^{2-}$'이며, 올바르게는 산화제는 $Cr_2O_7^{2-}$, 환원제는 C_2H_5OH이다.
④ O. $Cr_2O_7^{2-}$는 Cr의 산화수가 +6에서 +3으로 감소하여 환원되므로 산화제이고, C_2H_5OH은 산화되어 CO_2가 되므로 환원제이다.

오답 포인트

반응식의 왼쪽에 있는 H^+를 산화제로 오인하기 쉽다. 산화·환원제는 반응물의 위치가 아니라 산화수 변화로 판단하며, ③처럼 산화제와 환원제의 역할을 서로 바꾸는 함정도 주의한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

반응 전후 원소의 산화수를 비교한다. 산화수가 감소한 물질은 전자를 받아 환원된 산화제이고, 산화수가 증가한 물질은 전자를 내놓아 산화된 환원제이다.

암기 포인트

Cr(+6) → Cr(+3)은 산화제, 에탄올 → 이산화 탄소는 환원제이다.

NoteBase

문 19. 분자식이 $C_3H_6Cl_2$인 화합물에서 가능한 모든 이성질체의 수는?

① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 분자식 $C_3H_6Cl_2$에서 염소 원자의 치환 위치와 거울상 이성질체까지 구별하여 가능한 모든 이성질체 수를 세는 문제이다.

핵심 개념

구조 이성질체는 원자의 연결 순서 또는 치환 위치가 다른 물질이다. 입체 이성질체는 연결 순서는 같지만 공간 배열이 다른 물질이며, 비대칭 탄소를 가진 1,2-디클로로프로판은 서로 겹치지 않는 한 쌍의 거울상 이성질체를 만든다.

치환 위치에 따른 구조는 1,1-디클로로프로판, 1,2-디클로로프로판, 1,3-디클로로프로판, 2,2-디클로로프로판의 4종이다. 이 중 1,2-디클로로프로판만 2번 탄소가 비대칭 탄소이므로 거울상 2종으로 센다.

선지별 해설

① X: 가능한 이성질체 수는 3개가 아니다. 구조 이성질체만 해도 4종이므로 부족하다. 틀린 표현 '3개' → 올바르게는 '5개'이다.

② X: 가능한 이성질체 수는 4개가 아니다. 구조 이성질체 4종에 1,2-디클로로프로판의 거울상 이성질체 2종을 반영하면 총 5종이다. 틀린 표현 '4개' → 올바르게는 '5개'이다.

③ O: 1,1-, 1,3-, 2,2-디클로로프로판은 각각 1종이고, 1,2-디클로로프로판은 비대칭 탄소 때문에 거울상 이성질체 2종이다. 따라서 총수는 $1 + 1 + 1 + 2 = 5$종이다.

④ X: 가능한 이성질체 수는 6개가 아니다. 비대칭 탄소를 가지는 구조는 1,2-디클로로프로판뿐이므로 거울상 이성질체가 추가되는 경우도 한 쌍뿐이다. 틀린 표현 '6개' → 올바르게는 '5개'이다.

오답 포인트

치환 위치가 다른 구조 4종만 세어 4개로 답하기 쉽다. 그러나 '모든 이성질체'에서는 1,2-디클로로프로판의 2번 탄소에 H, Cl, CH_3, CH_2Cl의 네 가지 다른 치환기가 결합하므로 거울상 한 쌍을 따로 세어야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 탄소 골격에서 치환 위치가 다른 구조 이성질체를 빠짐없이 나열한다. 그다음 각 구조에 네 가지 서로 다른 치환기가 붙은 탄소가 있는지 확인하여, 있으면 거울상 이성질체 2종으로 센다.

암기 포인트

구조를 먼저 세고, 비대칭 탄소가 있으면 거울상 한 쌍을 더한다. $C_3H_6Cl_2$는 구조 4종, 전체 이성질체 5종이다.

NoteBase

문 20. 일정 온도와 압력에서 어떤 기체 X 60.0mL가 분출하는 데 10초 걸렸다. 같은 조건에서 수소 기체(H_2) 480.0mL가 분출하는 데 20초가 걸렸다면, 기체 X의 분자량은? (단, H의 원자량은 1이다)

① 4

② 16

③ 32

④ 64

정답 3번

출제 포인트

같은 온도와 압력에서 기체의 분출 속도와 분자량의 관계를 이용하여 기체 X의 분자량을 구하는 문제이다.

조건 정리

기체 X의 분출 속도는 $60.0mL/10s = 6.0mL/s$이다. 수소 기체의 분출 속도는 $480.0mL/20s = 24.0mL/s$이다. 수소 원자량이 1이므로 수소 기체 H_2의 분자량은 2이다.

사용할 공식

그레이엄 법칙에 따라 같은 온도와 압력에서는 분출 속도 r가 분자량 M의 제곱근에 반비례한다. 즉 $\frac{r_{H_2}}{r_X} = \sqrt{\frac{M_X}{M_{H_2}}}$이다. 두 기체가 같은 조건에서 분출하므로 이 속도비 관계를 적용한다.

계산 과정

1. 속도비는 $\frac{r_{H_2}}{r_X} = \frac{24.0}{6.0} = 4$이다.
2. 따라서 $4 = \sqrt{\frac{M_X}{2}}$이다.
3. 양변을 제곱하면 $16 = \frac{M_X}{2}$이므로 $M_X = 32$이다.

선지 판단

① X — 분자량이 4가 되려면 속도비를 제곱하지 않거나 수소 기체의 분자량 2를 잘못 처리한 경우이다. 틀린 표현 '분자량은 4' → 올바르게는 '분자량은 32'이다.

② X — 분자량 16은 속도비 4의 제곱값만 취하고 H_2의 분자량 2를 곱하지 않은 값이다. 틀린 표현 '분자량은 16' → 올바르게는 '분자량은 32'이다.

③ O — 계산 결과 기체 X의 분자량은 32이므로 옳다.

④ X — 분자량 64는 H_2의 분자량을 4로 보거나 속도비를 과대하게 적용한 값이다. 틀린 표현 '분자량은 64' → 올바르게는 '분자량은 32'이다.

NoteBase

오답 포인트

분출 속도비 4를 분자량비 4로 바로 두는 함정이 있다. 속도는 분자량의 제곱근에 반비례하므로 속도비를 먼저 제곱하고, 기준 기체 H_2의 분자량 2를 곱한다.

다시 나오면 이렇게 판단

분출량을 시간으로 나누어 각 기체의 분출 속도를 구한 뒤, $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$에 대입한다. 마지막에는 속도비가 아니라 그 제곱이 분자량비임을 검산한다.

암기 포인트

가벼운 기체일수록 빠르다. 속도비를 제곱하면 분자량비가 된다.

NoteBase