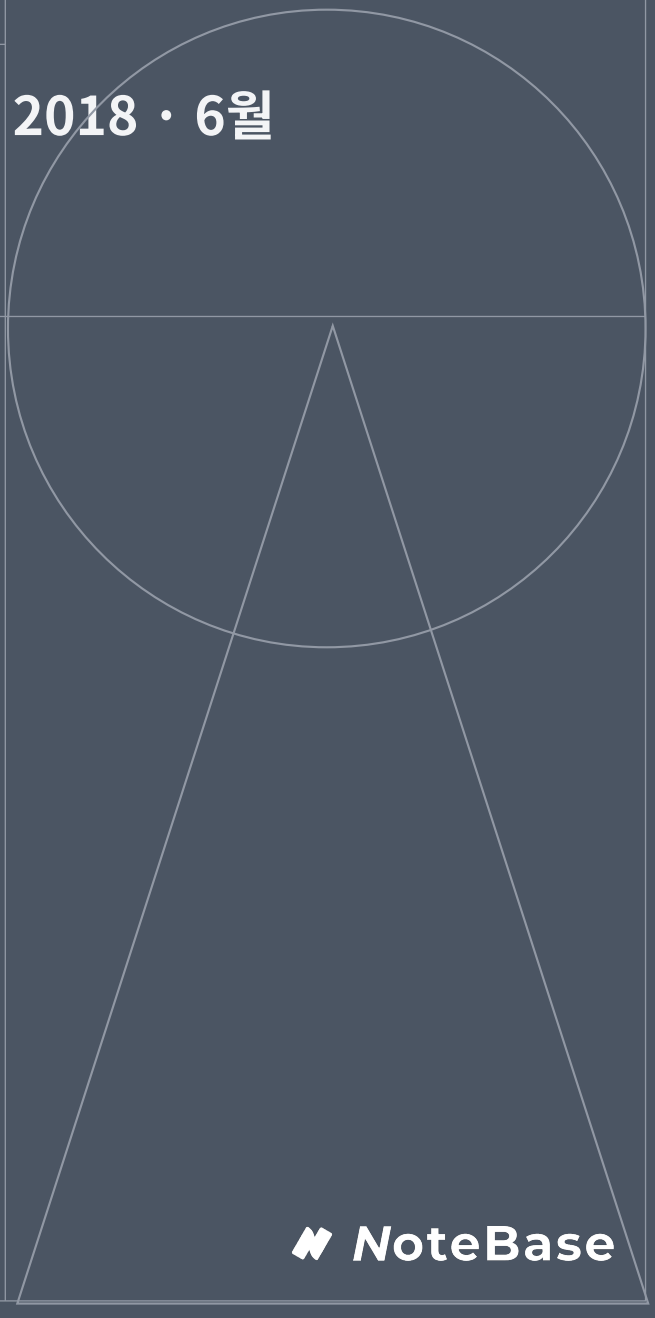
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 화학 · 2018 · 6월



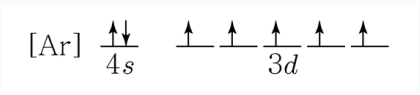
NoteBase

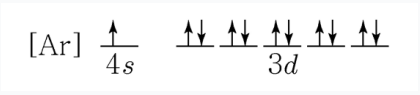
기출OX 해설집

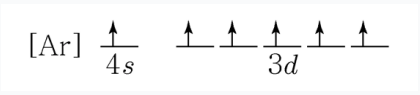
공무원/서울시/9급 · 화학 · 2018 · 6월

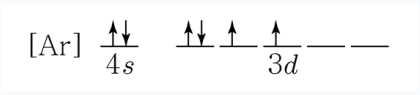
공무원/서울시/9급 · 화학 · 2018 · 6월

문 1. 전자배치 중에서 훈트 규칙(Hund's rule)을 위반한 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

간단한 해설

④는 빈 3d 오비탈이 남아 있는데도 한 오비탈에 전자쌍을 만들었다. 훈트 규칙에 따라 에너지가 같은 오비탈에는 **같은 스핀의 전자를 하나씩 먼저 배치**해야 한다.

공통 해설

훈트 규칙은 에너지가 같은 여러 오비탈에 전자를 채울 때, 전자가 **같은 스핀으로 서로 다른 오비탈을 먼저 차지**한 뒤 전자쌍을 이룬다는 규칙이다. 그림에서 가로선 하나는 오비탈 하나를, 화살표 하나는 전자 하나를 나타내며, 화살표 방향으로 스핀을 구별한다. 이 문제에서는 에너지가 같은 3d 오비탈 다섯 개의 전자배치를 살핀다.

①과 ③은 3d 오비탈 다섯 개에 같은 방향의 화살표가 하나씩 있으므로 훈트 규칙을 만족한다.

②는 3d 전자 10개가 다섯 오비탈을 모두 채운 상태이다. 모든 오비탈에 하나씩 배치한 뒤 나머지 전자가 짝을 이룬 배치이므로 이 규칙에 어긋나지 않는다.

④는 3d 전자 4개를 한 오비탈에 2개, 다른 두 오비탈에 각각 1개씩 배치하여 두 오비탈을 비워 두었다. **빈 오비탈이 남아 있는데 전자쌍을 만든 점**이 훈트 규칙 위반이다. 이를 바로잡으려면 3d 오비탈 네 개에 같은 스핀의 전자를 하나씩 배치하고, 나머지 한 오비탈은 비워 두어야 한다.

NoteBase

문 2. 탄소와 수소로만 이루어진 미지의 화합물을 원소분석한 결과 4.40g의 CO_2와 2.25g의 H_2O를 얻었다. 미지의 화합물의 실험식은? (단, 원자량은 H=1, C=12, O=16이다.)

① CH_2
② C_2H_5
③ C_4H_{12}
④ C_5H_2

정답 2번

간단한 해설

CO_2와 H_2O의 양으로부터 구한 탄소와 수소의 몰수는 각각 0.100 mol, 0.250 mol이다. 실험식은 **원자 수의 가장 간단한 정수비**를 나타내므로, C : H = 2 : 5에서 C_2H_5가 된다.

계산 과정

실험식은 화합물을 이루는 원자 수의 비를 가장 간단한 정수비로 나타낸 식이다. 탄소와 수소의 원소분석에서는 탄소가 CO_2로, 수소가 H_2O로 완전히 전환되므로 생성물의 양에서 각 원소의 몰수를 구한다. 몰수는 질량을 몰질량으로 나눈 값인 $n = \frac{m}{M}$으로 계산한다.

탄소의 몰수: CO_2의 몰질량은 $12 + 16 \times 2 = 44$ g/mol이다. 생성된 CO_2의 몰수는 $\frac{4.40}{44} = 0.100$ mol이며, CO_2 한 분자에 탄소 원자가 1개 있으므로 원래 화합물에 들어 있던 탄소도 0.100 mol이다.

수소의 몰수: H_2O의 몰질량은 $1 \times 2 + 16 = 18$ g/mol이다. 생성된 H_2O의 몰수는 $\frac{2.25}{18} = 0.125$ mol이다. H_2O 한 분자에는 **수소 원자가 2개** 있으므로 원래 화합물의 수소는 $2 \times 0.125 = 0.250$ mol이다.

실험식 결정: 원자 수의 비는 각 원소의 몰수비와 같으므로 C : H = 0.100 : 0.250 = 1 : 2.5이다. 두 항에 2를 곱해 **가장 간단한 정수비**로 바꾸면 C : H = 2 : 5가 된다. 따라서 실험식은 C_2H_5이며, ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 3. 백열전구가 켜지는 전기 회로의 전극을 H_2SO_4 용액에 넣었더니 백열전구가 밝게 불이 들어왔다. 이 용액에 묽은 염 용액을 첨가했더니 백열전구가 어두워졌다. 어느 염을 용액에 넣은 것인가?

① $Ba(NO_3)_2$
② K_2SO_4
③ $NaNO_3$
④ NH_4NO_3

정답 1번

간단한 해설

$Ba(NO_3)_2$에서 나온 바륨 이온은 황산 이온과 결합하여 물에 잘 녹지 않는 **$BaSO_4$ 침전**을 만든다. 침전에 들어간 이온은 용액 속에서 자유롭게 이동하며 전하를 운반하지 못한다.

공통 해설

수용액에서 전류는 자유롭게 움직이는 이온이 전하를 운반하여 흐른다. 이 문항에서 염을 구별하는 기준은 **황산 이온을 침전으로 제거할 수 있는가**이다. 침전을 이루는 이온은 고체에 묶이므로 용액 속 이동 이온으로서의 전도 기여가 사라진다.

$Ba(NO_3)_2$는 물에 녹아 바륨 이온과 질산 이온으로 나뉜다. 바륨 이온은 황산 용액의 황산 이온과 반응하여 물에 거의 녹지 않는 황산 바륨을 만든다. 알짜 이온 반응식은 $Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$이다. 이처럼 황산 이온을 침전으로 제거하는 반응을 일으키는 염은 $Ba(NO_3)_2$이다.

반면 K_2SO_4, $NaNO_3$, NH_4NO_3의 양이온인 K^+, Na^+, NH_4^+은 황산 이온과 물에 잘 녹는 염을 이루며, 질산염도 물에 잘 녹는다. 따라서 이 세 염은 황산 용액에서 **같은 침전 제거 반응을 일으키지 않는다**.

$BaSO_4$가 생성되어도 H^+와 NO_3^-은 용액에 남는다. 따라서 전구가 어두워진 현상을 모든 이온이 사라진 것으로 해석하지 않으며, 이 반응은 H^+를 물로 바꾸는 중화 반응도 아니다.

다만 용액의 전도도는 용액에 남아 있는 각 이온의 농도와 이동성에 따라 결정된다. $Ba(NO_3)_2$ 용액을 첨가하면 전하를 운반하는 질산 이온도 유입되고, 부피 증가에 따른 희석도 일어난다. 따라서 황산 이온이 침전된다는 사실만으로 전체 전도도가 반드시 감소한다고 단정할 수 없다. 이 문항의 출제 의도에 따른 답은 침전을 만드는 유일한 후보인 $Ba(NO_3)_2$이지만, 실제 밝기 감소를 엄밀하게 확정하려면 두 용액의 농도와 첨가량 등의 조건이 필요하다.

NoteBase

문 4. 반응식의 균형을 맞출 경우에, (가)~(다)로 가장 옳은 것은?

<보기>

$3NaHCO_3(aq) + C_6H_8O_7(aq) \rightarrow$ (가)$CO_2(g)$ +
(나)$H_2O(l)$ + (다)$Na_3C_6H_5O_7(aq)$

① (가): 2, (나): 3, (다): 2

② (가): 3, (나): 3, (다): 1

③ (가): 2, (나): 3, (다): 3

④ (가): 3, (나): 3, (다): 3

정답 2번

간단한 해설

반응 전후에 **원소별 원자 수가 같아야** 한다. Na 원자 수를 맞추면 (다)는 1이고, 이를 기준으로 C와 H 원자 수를 맞추면 (가)와 (나)는 각각 3이다.

NoteBase

계산 과정

반응식의 균형은 반응 전후에 각 원소의 원자 수가 보존되도록 맞춘다. 화학식 앞의 계수는 그 물질을 이루는 모든 원자의 수에 곱해지며, **화학식의 아래 첨자는 바꾸지 않는다**. 주어진 $NaHCO_3$의 계수는 3, $C_6H_8O_7$의 계수는 1이다.

(다): 1. 반응물의 Na 원자는 $3NaHCO_3$에 들어 있는 3개이다. 생성물 중 Na를 포함하는 물질은 $Na_3C_6H_5O_7$뿐이고, 화학식 하나에 Na 원자가 3개 있으므로 계수는 1이다.

(가): 3. 반응물의 C 원자 수는 $3NaHCO_3$에서 3개, $C_6H_8O_7$에서 6개로 총 9개이다. 계수가 1인 $Na_3C_6H_5O_7$에 C 원자 6개가 있으므로, **나머지 C 원자 3개**는 CO_2에 들어가야 한다. CO_2 하나에는 C 원자가 1개이므로 계수는 3이다.

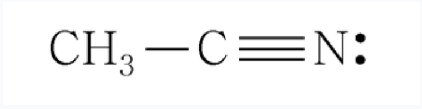
(나): 3. 반응물의 H 원자 수는 $3NaHCO_3$에서 3개, $C_6H_8O_7$에서 8개로 총 11개이다. $Na_3C_6H_5O_7$에 H 원자 5개가 있으므로 물에 들어갈 H 원자는 $11 - 5 = 6$개이다. H_2O 하나에는 H 원자가 2개이므로, $2 \times 3 = 6$이 되도록 계수를 3으로 맞춘다.

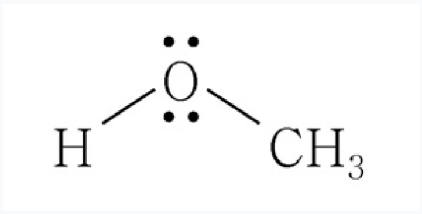
O 원자 수 확인: 반응물에는 $3 \times 3 + 7 = 16$개가 있다. 생성물에는 $3CO_2$의 6개, $3H_2O$의 3개, $Na_3C_6H_5O_7$의 7개를 합해 16개가 있으므로 O 원자 수도 일치한다.

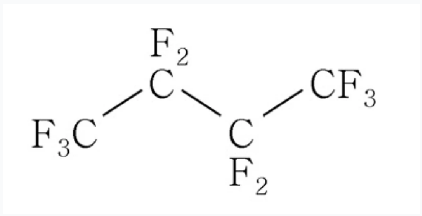
따라서 (가), (나), (다)는 각각 3, 3, 1이며, ②의 계수 조합과 일치한다.

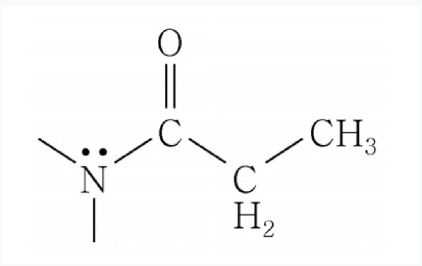
NoteBase

문 5. 순수한 상태에서 강한 수소결합이 가능한 분자는?

① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

간단한 해설

메탄올은 **O–H 결합과 산소의 비공유전자쌍**을 함께 가지고 있어, 한 분자의 수소와 다른 분자의 산소 사이에 강한 수소결합을 형성할 수 있다.

NoteBase

공통 해설

강한 수소결합은 보통 N·O·F에 직접 결합한 수소와 다른 분자의 비공유전자쌍 사이에 형성된다. 수소를 제공하는 부분을 수소결합 주개, 비공유전자쌍을 제공하는 부분을 수소결합 받개라고 한다. 순수한 물질이 분자 사이에 이런 수소결합을 형성하려면 **그 분자 자체에 주개와 받개가 모두 있어야 한다**.

메탄올의 O–H 결합은 수소결합 주개이고, 산소의 비공유전자쌍은 받개이다. 따라서 한 메탄올 분자의 O–H와 다른 메탄올 분자의 산소 사이에 O–H···O 형태의 수소결합이 형성된다.

①의 아세토나이트릴은 질소에 비공유전자쌍이 있지만 수소가 모두 탄소에 결합해 있어 주개가 없다.

③은 탄소와 플루오린으로만 이루어져 수소 자체가 없다.

④의 아마이드는 산소가 받개로 작용할 수 있지만, 질소에 수소가 결합해 있지 않고 O–H 결합도 없어 주개가 없다.

이들은 **순수한 상태에서 강한 수소결합을 형성하는 데 필요한 주개가 없다**는 공통된 이유로 제외된다.

NoteBase

문 6. $^{90}_{38}\mathrm{Sr}$ (스트론튬)의 양성자(p) 및 중성자(n)의 수가 바르게 짝지어진 것은?

① 양성자(p): 38, 중성자(n): 52

② 양성자(p): 38, 중성자(n): 90

③ 양성자(p): 52, 중성자(n): 38

④ 양성자(p): 90, 중성자(n): 38

정답 1번

간단한 해설

원자번호 38은 **양성자 수**이고, 질량수 90은 **양성자 수와 중성자 수의 합**이다. 따라서 양성자는 38개, 중성자는 90 − 38 = 52개이다.

계산 과정

원자 표기 $^{A}_{Z}\mathrm{X}$에서 왼쪽 위의 A는 질량수, 왼쪽 아래의 Z는 원자번호이다. 원자번호는 양성자 수이며, 질량수는 **양성자 수와 중성자 수의 합**이므로 $A = Z + N$이다. 여기서 N은 중성자 수이다.

양성자 수: 주어진 스트론튬의 원자번호가 38이므로 양성자는 38개이다.

중성자 수: 질량수 90에서 양성자 수 38을 빼면 중성자 수를 얻는다. 따라서 중성자는 90 − 38 = 52개이다.

양성자 38개와 중성자 52개의 짝은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 7. 이원자 분자 중 p오비탈-s오비탈 혼합을 고려해서 분자 오비탈의 에너지 순서를 정하고 전자를 채웠을 때, 분자와 자기성을 나타낸 것으로 가장 옳지 않은 것은?

① B_2, 상자기성

② C_2, 반자기성

③ O_2, 상자기성

④ F_2, 상자기성

정답 4번

간단한 해설

F_2는 분자 오비탈에 전자를 채우면 **모든 전자가 짝을 이루므로 반자기성**을 나타낸다. 상자기성은 홀전자가 있을 때 나타나는 성질이다.

선지별 해설

바닥상태에서 홀전자가 있으면 상자기성, 모든 전자가 짝을 이루면 반자기성이다. 전자는 에너지가 낮은 오비탈부터 채우며, 에너지가 같은 두 오비탈에는 훈트 규칙에 따라 먼저 하나씩 들어간다. 네 분자 모두 σ_{2s}와 σ_{2s}^{*}에 각각 전자 2개가 채워지고, 안쪽 껍질의 전자도 모두 짝을 이룬다.

B_2와 C_2에서는 s-p 혼합으로 σ_{2p}의 에너지가 높아져 π_{2p}보다 높다. 따라서 두 π_{2p} 오비탈을 먼저 채운다. O_2와 F_2에서는 혼합이 약해 σ_{2p}, 두 π_{2p}, 두 π_{2p}^{*} 오비탈 순서로 채운다. 별표는 반결합성 오비탈을 뜻한다.

① O: B_2의 원자가전자 6개 중 4개는 2s 유래 오비탈에 들어간다. 나머지 2개는 에너지가 같은 두 π_{2p} 오비탈에 **하나씩 따로 들어가므로 홀전자가 2개**이다. 따라서 상자기성을 나타낸다.

② O: C_2의 원자가전자는 8개이다. 2s 유래 오비탈을 채우고 남은 4개가 두 π_{2p} 오비탈에 각각 2개씩 들어간다. **모든 전자가 짝을 이루므로** 반자기성을 나타낸다.

③ O: O_2의 원자가전자는 12개이다. 2s 유래 오비탈에 4개, σ_{2p}에 2개, 두 π_{2p} 오비탈에 4개가 들어간다. 남은 2개는 두 π_{2p}^{*} 오비탈에 하나씩 들어가므로 **반결합성 오비탈에 홀전자 2개**가 존재하여 상자기성을 나타낸다.

④ X: F_2의 원자가전자는 14개이다. 2s 유래 오비탈에 4개, σ_{2p}에 2개, 두 π_{2p} 오비탈에 4개가 들어가고, 나머지 4개는 두 π_{2p}^{*} 오비탈을 각각 2개씩 채운다. 홀전자가 없으므로 선지의 상자기성은 **반자기성**으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 8. <보기>의 괄호에 들어갈 4A족 원소에 해당하는 것으로 가장 옳은 것은?

<보기>
( ) (은)는 연한 은빛 금속으로 압연하여 박막으로 만들 수 있으며 수 세기 동안 청동, 땜납, 백랍과 같은 합금에 사용되어 왔다. 현재 강철의 보호 피막에 사용된다.

① 탄소
② 규소
③ 저마늄
④ 주석

정답 4번

간단한 해설

얇게 펼칠 수 있는 연한 은빛 금속이며, 청동·땜납·백랍의 성분과 강철의 보호 피막으로 쓰이는 원소는 **주석(Sn)**이다.

공통 해설

보기의 성질과 용도는 4A족(14족) 원소인 주석(Sn)에 해당한다. 주석은 연한 은빛 금속이며, 누르거나 두드려 얇게 펼칠 수 있는 **전성**이 있어 압연으로 얇은 금속박을 만들 수 있다. 청동은 구리와 주석의 합금이고, 주석은 땜납과 백랍의 성분으로도 사용된다. 또한 강철 표면에 주석을 입히면 보호 피막이 형성되어 부식을 억제할 수 있다.

후보 중 탄소는 비금속이고 규소와 저마늄은 준금속이므로, 보기처럼 **연하고 얇게 펼칠 수 있는 금속**이라는 성질에 맞지 않는다. 따라서 괄호에는 이러한 금속 성질과 합금·도금 용도를 갖는 주석이 들어간다.

NoteBase

문 9. 오존이 분해되어 산소가 되는 반응이 <보기>의 두 단계를 거쳐 이루어질 때, 반응 메카니즘과 일치하는 반응속도식은? (단, 첫 단계에서는 빠른 평형을 이루고, 두 번째 단계는 매우 느리게 진행한다.)

<보기>

$O_3(g) \rightleftharpoons O_2(g) + O$

$O + O_3(g) \longrightarrow 2O_2(g)$

① $k[O_3]$

② $k[O_3]^2$

③ $k[O_3]^2[O_2]$

④ $k[O_3]^2[O_2]^{-1}$

정답 4번

간단한 해설

전체 반응속도는 **느린 두 번째 단계**가 결정한다. 첫 단계의 빠른 평형으로 구한 산소 원자의 농도를 대입하면, 속도는 오존 농도의 제곱에 비례하고 **산소 분자 농도에 반비례**하여 $v = k[O_3]^2[O_2]^{-1}$이 된다.

계산 과정

1. 느린 단계의 속도식: 두 번째 단계는 산소 원자 O와 오존이 반응하는 단일 단계이며, **반응속도 결정 단계**이다. 이 단계의 속도상수를 k_2라 하면 전체 반응의 진행 속도는 $v = k_2[O][O_3]$로 나타낸다. 대괄호는 각 물질의 몰농도를 뜻한다. O는 첫 단계에서 생성되고 두 번째 단계에서 소비되는 중간체이므로, 그 농도를 다른 물질의 농도로 나타내야 한다.

2. 빠른 평형에서 중간체 농도 구하기: 첫 단계에서는 **정반응과 역반응의 속도가 같다**. 이 단계의 농도 평형상수를 K_c라 하면 $K_c = \frac{[O_2][O]}{[O_3]}$이다. 이를 정리하면 $[O] = K_c\frac{[O_3]}{[O_2]}$이다. 즉, 같은 오존 농도에서 산소 분자 농도가 클수록 평형을 이루는 산소 원자 농도는 작아진다.

3. 속도식에 대입하기: 중간체 농도를 느린 단계의 속도식에 대입하면 $v = k_2K_c\frac{[O_3]^2}{[O_2]}$이다. 일정한 온도에서 $k = k_2K_c$로 묶으면 $v = k[O_3]^2[O_2]^{-1}$이 된다. 오존에 대해서는 2차, 산소 분자에 대해서는 −1차인 속도식으로, ④의 식과 일치한다.

NoteBase

문 10. 암모니아를 생산하는 하버 프로세스가 <보기>와 같을 때, 암모니아 생성을 방해하는 것으로 가장 옳은 것은?

<보기>

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \qquad \Delta H° = -92.2\text{kJ}$

① 고온

② 고압

③ 수소 추가

④ 생성된 암모니아 제거

정답 1번

간단한 해설

암모니아 생성은 열을 방출하는 **발열 반응**이다. 온도를 높이면 열을 흡수하는 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로, 평형에서 암모니아 생성량이 감소한다.

선지별 해설

르샤틀리에 원리에 따르면 평형 상태에서 온도·압력·농도를 바꾸면 그 변화를 줄이는 방향으로 평형이 이동한다. 주어진 반응에서 오른쪽은 암모니아가 생성되는 정반응 방향이고, 왼쪽은 암모니아가 분해되는 역반응 방향이다. 각 조건이 평형에서의 암모니아 생성에 미치는 영향을 비교한다.

① 고온: 정반응의 ΔH°가 −92.2 kJ이므로 암모니아 생성은 발열 반응이다. 온도를 높이면 추가된 열을 흡수하는 **역반응 방향**으로 평형이 이동한다. 따라서 평형에서 암모니아 생성량이 감소하여 생성을 방해한다.

② 고압: 반응식의 계수에 따르면 기체의 몰수는 반응물 쪽이 질소 1몰과 수소 3몰로 총 4몰이고, 생성물 쪽은 암모니아 2몰이다. 같은 온도에서 압축하여 압력을 높이면 **기체의 몰수가 적은 쪽**으로 평형이 이동하므로 암모니아 생성이 유리해진다.

③ 수소 추가: 반응물인 수소를 추가하면 **추가된 수소를 소비하는 방향**인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 암모니아 생성이 유리해진다.

④ 생성된 암모니아 제거: 생성물인 암모니아를 제거하면 **줄어든 암모니아를 보충하는 방향**인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 암모니아가 더 생성된다.

네 조건 중 평형을 역반응 쪽으로 이동시켜 암모니아 생성을 방해하는 조건은 ①의 고온이다.

NoteBase

문 11. 프로판올(C_3H_7OH)이 산소와 반응하면 물과 이산화탄소가 생긴다. 120.0g의 프로판올이 완전 연소될 때 생성되는 물의 질량은? (단, 수소의 원자량은 1.0g/mol, 탄소의 원자량은 12.0g/mol, 산소의 원자량은 16.0g/mol이다.)

① 36.0g

② 72.0g

③ 144.0g

④ 180.0g

정답 3번

간단한 해설

프로판올 1 mol에는 수소 원자가 8 mol 들어 있으므로, 완전 연소하면 **물 4 mol**이 생성된다. 프로판올 120.0 g은 2 mol이므로 물 8 mol, 즉 144.0 g이 생긴다.

계산 과정

1. 물의 생성 몰비: 프로판올 C_3H_7OH 한 분자에는 OH의 수소까지 포함하여 수소 원자가 8개 있다. 완전 연소할 때 이 수소가 모두 물로 바뀌고, 물 한 분자에는 수소 원자가 2개 들어 있다. 따라서 **프로판올 1 mol당 물 4 mol**이 생성된다.

2. 프로판올의 물질량: 주어진 원자량을 적용하면 프로판올의 몰 질량은 $3 \times 12.0 + 8 \times 1.0 + 16.0 = 60.0$ g/mol이다. 질량을 몰 질량으로 나누면 물질량을 구할 수 있으므로, 프로판올의 물질량은 $\frac{120.0\text{g}}{60.0\text{g/mol}} = 2\text{mol}$ 이다.

3. 생성되는 물의 질량: 앞에서 구한 **몰비 1 : 4**를 적용하면 물의 물질량은 $2 \times 4 = 8$ mol이다. 물 H_2O의 몰 질량은 $2 \times 1.0 + 16.0 = 18.0$ g/mol이므로, 물의 질량은 $8\text{ mol} \times 18.0\text{ g/mol} = 144.0$ g이다. 이는 ③의 144.0 g에 해당한다.

NoteBase

문 12. 주양자수 $n = 5$에 대해서, 각운동량 양자수 l의 값과 각 부껍질 명칭으로 가장 옳지 않은 것은?

① $l = 0,\ 5s$

② $l = 1,\ 5p$

③ $l = 3,\ 5f$

④ $l = 4,\ 5e$

정답 4번

간단한 해설

각운동량 양자수 $l = 4$에 대응하는 부껍질 기호는 **g**이므로, 주양자수 $n = 5$일 때 명칭은 **5g**이다. 5e는 잘못된 명칭이다.

공통 해설

각운동량 양자수 l은 부껍질의 종류를 구분하며, 주양자수 n이 주어지면 $l = 0, 1, \ldots, n - 1$의 정숫값을 갖는다. 따라서 $n = 5$에서는 $l = 0, 1, 2, 3, 4$가 모두 허용된다.

부껍질 기호는 $l = 0, 1, 2, 3, 4$에 차례로 **s, p, d, f, g**가 대응하며, 앞에 주양자수를 붙여 부껍질을 나타낸다. 이에 따라 다섯째 껍질의 부껍질은 5s, 5p, 5d, 5f, 5g이다.

제시된 5s, 5p, 5f는 각각 $l = 0, 1, 3$과 일치한다. 반면 $l = 4$의 부껍질 명칭은 **5e가 아니라 5g**이다.

NoteBase

문 13. <보기> 중 반지름이 가장 큰 이온은?

<보기>

ㄱ. $_{38}Sr^{2+}$ ㄴ. $_{34}Se^{2-}$

ㄷ. $_{35}Br^{-}$ ㄹ. $_{37}Rb^{+}$

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄹ

정답 2번

간단한 해설

네 이온은 모두 전자가 36개인 **등전자 이온**이므로, 양성자 수가 적을수록 전자를 끌어당기는 힘이 약해 반지름이 크다. Se^{2-}는 **양성자 수가 가장 적어** 반지름이 가장 크다.

선지별 해설

양이온은 중성 원자에서 전자를 잃고, 음이온은 전자를 얻어 만들어진다. 원자 번호는 양성자 수이므로 이를 바탕으로 각 이온의 전자 수를 구한다. 네 이온은 모두 전자가 36개로 전자 배치가 같다. 이러한 등전자 이온끼리는 **양성자 수가 많을수록** 원자핵이 전자를 더 강하게 끌어당겨 반지름이 작아진다.

ㄱ. Sr^{2+}: 양성자는 38개, 전자는 38 − 2 = 36개이다. 네 이온 중 양성자 수가 가장 많아 전자를 가장 강하게 끌어당기므로 반지름이 가장 작다.

ㄴ. Se^{2-}: 양성자는 34개, 전자는 34 + 2 = 36개이다. 전자 수는 다른 이온과 같지만 **양성자 수가 가장 적어** 전자를 끌어당기는 힘이 가장 약하므로 반지름이 가장 크다.

ㄷ. Br^{-}: 양성자는 35개, 전자는 35 + 1 = 36개이다. 양성자 수가 ㄴ보다 많고 ㄹ보다 적으므로 반지름은 ㄴ보다 작고 ㄹ보다 크다.

ㄹ. Rb^{+}: 양성자는 37개, 전자는 37 − 1 = 36개이다. 양성자 수가 ㄷ보다 많고 ㄱ보다 적으므로 반지름은 ㄷ보다 작고 ㄱ보다 크다.

반지름은 ㄴ > ㄷ > ㄹ > ㄱ 순서이다. 가장 큰 이온은 ㄴ의 Se^{2-}로, ②에 해당한다.

NoteBase

문 14. 전자기파의 파장이 증가하는 (에너지가 감소하는) 순서대로 바르게 나열한 것은?

① 마이크로파 < 적외선 < 가시광선 < 자외선

② 마이크로파 < 가시광선 < 적외선 < 자외선

③ 자외선 < 가시광선 < 적외선 < 마이크로파

④ 자외선 < 적외선 < 가시광선 < 마이크로파

정답 3번

간단한 해설

적외선은 **가시광선보다 파장이 길고**, 마이크로파보다 파장이 짧다. 광자 하나의 에너지는 파장에 반비례하므로 파장이 길어질수록 작아진다.

올바른 순서

자외선 → 가시광선 → 적외선 → 마이크로파

자외선: 제시된 네 영역 중 파장이 가장 짧다. 진공에서 광자 하나의 에너지는 $E = \frac{hc}{\lambda}$이며, h는 플랑크 상수, c는 진공에서의 빛의 속력, λ는 파장이다. 따라서 **파장이 짧을수록 광자 하나의 에너지가 크므로** 자외선은 네 영역 중 광자 에너지가 가장 크다.

가시광선: 자외선보다 파장이 길고 적외선보다 짧다. 따라서 파장이 증가하는 순서에서 자외선 다음에 놓이며, 광자 에너지는 자외선보다 작고 적외선보다 크다.

적외선: **가시광선보다 파장이 길고 마이크로파보다 짧다.** 따라서 가시광선 다음에 놓이며, 광자 에너지는 가시광선보다 작고 마이크로파보다 크다.

마이크로파: 제시된 네 영역 중 파장이 가장 길므로 마지막에 놓인다. 파장과 광자 에너지는 반비례하므로 광자 하나의 에너지는 네 영역 중 가장 작다.

NoteBase

문 15. 과망간산 칼륨($KMnO_4$)은 산화제로 널리 쓰이는 시약이다. 염기성 용액에서 과망간산 이온은 물을 산화시키며 이산화망간으로 환원되는데, 이때의 화학 반응식으로 가장 옳은 것은?

① $MnO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightarrow MnO_2(s) + H_2(g) + OH^-(aq)$

② $MnO_4^-(aq) + 6H_2O(l) \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2(g) + 8OH^-(aq)$

③ $4MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow 4MnO_2(s) + 3O_2(g) + 4OH^-(aq)$

④ $2MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 3O_2(g) + 4OH^-(aq)$

정답 3번

간단한 해설

과망간산 이온의 망간은 전자 3개를 받아 이산화망간으로 환원되고, 물의 산소는 전자를 잃어 **산소 기체**가 된다. 주고받는 **전자 수를 같게** 맞추면 과망간산 이온과 산소의 계수비는 4 : 3이다.

계산 과정

산화수 변화: 산화는 전자를 잃는 변화이고, 환원은 전자를 얻는 변화이다. MnO_4^-에서 망간의 산화수는 +7이고 MnO_2에서는 +4이므로, 망간 원자 1개가 전자 3개를 받는다. 물에서 산소의 산화수는 −2이므로, 물이 산화되면 산소의 산화수가 0인 O_2가 생성된다. 따라서 기체 생성물은 **수소가 아니라 산소**이다.

반쪽 반응식: 염기성 용액에서는 물과 수산화 이온을 이용해 수소·산소 원자 수를 맞추고, 전자를 이용해 전하를 맞춘다. 환원 반응은 $MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$이다. 산화 반응은 $4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$이다. 두 반쪽 반응식은 각각 양쪽의 원자 수와 전하가 같다.

전자 수와 계수: 환원 반응에서 받는 전자는 3개, 산화 반응에서 내놓는 전자는 4개이므로, 최소공배수인 12개로 맞춘다. **환원 반응에 4, 산화 반응에 3**을 곱해 더하면 전자가 소거된다. 이때 양쪽에 공통으로 있는 물 6개와 수산화 이온 12개도 소거하여 가장 간단한 정수 계수를 얻는다.

전체 반응식: $4MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow 4MnO_2(s) + 3O_2(g) + 4OH^-(aq)$이다. 양쪽의 망간·산소·수소 원자 수는 각각 4개·18개·4개이고, 총전하는 모두 −4이다. 이 반응식은 **망간이 이산화망간으로 환원되고 물이 산화된다는 조건**과 원자 수·전하 보존을 모두 만족하며, ③의 반응식과 일치한다.

NoteBase

문 16. $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, $[Co(NH_3)_5(NCS)]^{2+}$, $[Co(NH_3)_5(H_2O)]^{2+}$**는 각각 노란색, 진한 주황색, 빨간색을 띤다.** NH_3, NCS^-, H_2O**의 분광화학적 계열 순서를 크기에 따라 표시한 것으로 가장 옳은 것은?**

① $NH_3 > NCS^- > H_2O$
② $NH_3 < NCS^- < H_2O$
③ $NCS^- > H_2O > NH_3$
④ $NCS^- < H_2O < NH_3$

정답 1번

간단한 해설

분광화학적 계열은 리간드가 **d 궤도함수의 에너지 분열을 크게 만드는 정도**를 비교한 것이다. NH_3가 만드는 분열은 H_2O보다 크며, 질소로 배위한 NCS^-는 통상적인 계열에서 그 사이에 놓인다.

올바른 순서

$NH_3 \rightarrow NCS^- \rightarrow H_2O$

위 배열은 리간드장 세기가 큰 쪽에서 작은 쪽으로 나열한 것이다. 분광화학적 계열은 흡수 스펙트럼을 바탕으로 정립된 경험적 순서이며, 같은 중심 금속 이온과 배위 구조에서 **d 궤도함수의 분열 에너지가 클수록** 강한 장 리간드라고 한다.

제시된 노란색·진한 주황색·빨간색은 관찰되는 색으로, 흡수한 빛의 색과 구별해야 한다. 또한 NH_3와 H_2O는 중성이고 NCS^-는 −1가이므로, 주어진 세 착이온에서 Co의 산화수는 각각 +3, +3, +2이다. **마지막 착이온은 중심 금속의 산화수가 다르므로** 세 색의 차이를 리간드 효과만으로 설명할 수 없다. 여기서는 알려진 분광화학적 계열을 적용한다.

NH_3: 질소의 비공유 전자쌍으로 배위하며, 통상적인 분광화학적 계열에서 나머지 두 리간드보다 강한 장을 형성한다. 같은 조건에서 비교하면 세 리간드 중 d 궤도함수의 분열을 가장 크게 만든다.

NCS^-: **질소 원자로 배위한** 티오시안산 이온이다. 이 배위 방식에서는 H_2O보다 강한 장을 형성하지만 NH_3보다는 약하므로 가운데에 놓인다. 황 원자로 배위한 SCN^-의 계열상 위치와 혼동하지 않아야 한다.

H_2O: 산소의 비공유 전자쌍으로 배위하며, 통상적인 분광화학적 계열에서 앞의 두 리간드보다 약한 장을 형성한다. 따라서 같은 비교 조건에서는 세 리간드 중 d 궤도함수의 분열이 가장 작다.

NoteBase

문 17. 알칼리 금속에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 나트륨(Na)의 '원자가 전자 배치'는 $3s^1$이다.

② 물과 반응할 때, 환원력의 순서는 Li>K>Na이다.

③ 일차 이온화 에너지는 Li<K<Na이다.

④ 세슘(Cs)도 알칼리 금속이다.

정답 3번

간단한 해설

알칼리 금속은 같은 족에서 아래로 갈수록 원자가 전자가 핵에서 멀어져, 이를 떼는 데 필요한 **일차 이온화 에너지가 작아진다**. 따라서 세 원소의 일차 이온화 에너지는 **K < Na < Li** 순이다.

선지별 해설

① O: 나트륨의 원자 번호는 11이며, 바닥상태 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$이다. 가장 바깥 전자껍질에 있는 **원자가 전자 한 개**가 3s 오비탈에 있으므로 원자가 전자 배치는 $3s^1$이다.

② O: 환원력은 자신이 전자를 내놓아 상대를 환원시키는 능력이다. 물속에서는 금속이 전자를 잃는 데 드는 에너지뿐 아니라, 생성된 양이온이 물 분자에 둘러싸여 안정화되는 **수화 효과**도 고려해야 한다. 특히 작은 리튬 이온은 강하게 수화되어 안정화되므로 리튬의 환원력이 가장 크다. 표준 수용액 조건에서 각 금속 이온이 금속으로 환원될 때의 전위는 Li가 약 −3.04 V, K가 약 −2.92 V, Na가 약 −2.71 V이다. 이 전위가 더 음수일수록 금속의 환원력이 크므로 순서는 Li > K > Na이다. 이는 반응의 열역학적 경향을 비교한 것으로, 물과 반응하는 속도나 격렬함의 순서를 뜻하지 않는다.

③ X: 일차 이온화 에너지는 기체 상태의 중성 원자에서 전자 한 개를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. Li, Na, K의 원자가 전자는 각각 2s, 3s, 4s 오비탈에 있다. 같은 족에서 아래로 갈수록 전자껍질 수가 늘고 내부 전자의 가림 효과도 커져, 바깥 전자가 핵에 덜 강하게 붙잡힌다. 따라서 일차 이온화 에너지는 Li에서 K로 갈수록 작아지며, 선지의 순서는 **K < Na < Li**로 고쳐야 한다.

④ O: 알칼리 금속은 주기율표에서 수소를 제외한 1족 금속으로, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr가 해당한다. 세슘은 6주기 1족 원소이며 원자가 전자 배치가 $6s^1$이므로 **알칼리 금속**에 속한다.

NoteBase

문 18. <보기>의 화학반응식의 산화 반쪽반응으로 가장 옳은 것은?

<보기>

$Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$

① $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

② $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$

③ $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

④ $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$

정답 1번

간단한 해설

아연이 Zn^{2+}로 변하면서 **전자 2개를 잃으므로 산화**된다. 산화 반쪽반응에서는 잃은 전자를 생성물 쪽에 쓴다.

공통 해설

산화는 전자를 잃는 변화이며, 산화 반쪽반응에는 전자가 생성물 쪽에 나타난다. 다만 이 문제에서는 **주어진 전체 반응의 진행 방향**에 맞는 산화 과정을 찾아야 한다.

전체 반응에서 $Zn(s)$은 $Zn^{2+}(aq)$로 변한다. 전하가 0에서 +2로 증가한 것은 전자 2개를 잃었기 때문이다. 따라서 산화 반쪽반응은 $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$이다. 오른쪽의 +2와 전자 2개의 전하 합은 0이므로 양쪽의 전하도 보존된다.

반대로 Zn^{2+}가 전자를 받아 Zn이 되거나, H^+가 전자를 받아 H_2가 되는 변화는 환원이다. H_2가 전자를 잃고 H^+가 되는 식은 산화 반쪽반응이지만, **보기의 수소 변화와 반대 방향**이므로 이 전체 반응의 산화 과정이 될 수 없다.

NoteBase

문 19. <보기> 중 끓는점이 가장 높은 것은?

<보기>

ㄱ. H_2O

ㄴ. H_2S

ㄷ. H_2Se

ㄹ. H_2Te

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄹ

정답 1번

간단한 해설

물은 분자 사이에 **강한 수소 결합**을 형성하므로, 분자량이 더 큰 다른 16족 수소 화합물보다 끓는점이 높다.
끓으려면 이 분자 사이 인력을 극복해야 하므로 더 높은 온도가 필요하다.

NoteBase

선지별 해설

같은 외부 압력에서 분자성 물질의 끓는점은 분자 사이 인력의 영향을 받는다. 분자 사이 인력이 강할수록 분자들이 액체에서 기체로 떨어져 나가는 데 더 많은 에너지가 필요하여 끓는점이 높다.

ㄱ. H_2O: 산소는 전기음성도가 크므로 O–H 결합의 극성이 크다. 한 물 분자의 수소와 이웃 물 분자의 산소 사이에 **수소 결합**이 형성되고, 액체 물에서는 이러한 결합이 연결되어 있다. 이 강한 분자 사이 인력 때문에 네 물질 중 끓는점이 가장 높다.

ㄴ. H_2S: 물과 같은 강한 수소 결합을 형성하지 않으며, 분자 사이에는 쌍극자–쌍극자 힘과 분산력이 작용한다. 황·셀레늄·텔루륨의 수소 화합물 중 전자 수가 가장 적고 전자 구름이 작아 **분산력이 가장 약하므로** 세 물질 중 끓는점이 가장 낮다.

ㄷ. H_2Se: 물과 같은 강한 수소 결합을 형성하지 않는다. H_2S보다 전자 수가 많고 전자 구름이 쉽게 변형되어 분산력이 크므로 끓는점이 더 높다. 그러나 물의 수소 결합에 의한 효과에는 미치지 못하여 물보다 끓는점이 낮다.

ㄹ. H_2Te: 물과 같은 강한 수소 결합을 형성하지 않는다. 황·셀레늄·텔루륨의 수소 화합물 중 전자 수가 가장 많고 전자 구름이 가장 쉽게 변형되어 **분산력이 가장 크다**. 따라서 이 세 물질 중에서는 끓는점이 가장 높지만, 수소 결합을 형성하는 물보다는 낮다.

끓는점은 ㄴ < ㄷ < ㄹ < ㄱ 순이므로, 가장 높은 것은 ㄱ의 물이다.

NoteBase

문 20. VSEPR(원자가 껍질 전자쌍 반발이론)에 근거하여 가장 안정된 형태의 구조가 삼각쌍뿔인 분자는?

① $BeCl_2$

② CH_4

③ PCl_5

④ IF_5

정답 3번

간단한 해설

PCl_5의 중심 원자 P에는 **결합전자쌍 5개가 있고 비공유전자쌍은 없다**. 다섯 결합이 서로의 반발을 줄이도록 배치되면 삼각쌍뿔 구조가 된다.

공통 해설

VSEPR에서는 중심 원자 주위의 전자쌍들이 서로 반발하여 가능한 한 멀리 떨어지도록 배치된다. 분자의 모양을 판단할 때는 결합전자쌍뿐 아니라 **비공유전자쌍도 함께 고려**해야 한다. 삼각쌍뿔 분자 구조는 중심 원자에 결합전자쌍 5개가 있고 비공유전자쌍은 없을 때 나타난다. 세 결합은 한 평면에서 삼각형 방향으로, 나머지 두 결합은 그 평면의 위아래 방향으로 뻗는다.

PCl_5에서 P의 원자가전자는 5개이며, 다섯 Cl과 단일 결합을 형성하고 중심 원자에 남는 비공유전자쌍이 없다. 따라서 **다섯 결합의 배열이 그대로 분자의 모양**이 되어 삼각쌍뿔 구조를 이룬다.

$BeCl_2$와 CH_4의 중심 원자에는 결합전자쌍이 각각 2개와 4개이므로 다섯 결합이 필요한 조건을 만족하지 않는다. IF_5는 결합전자쌍이 5개이지만, 원자가전자 7개인 I에 비공유전자쌍 1개가 남는다. 따라서 중심 원자 주위의 전자쌍은 총 6개로 팔면체 배열을 이루며, 원자들의 배치로 보는 분자 모양은 **사각뿔**이다.

NoteBase