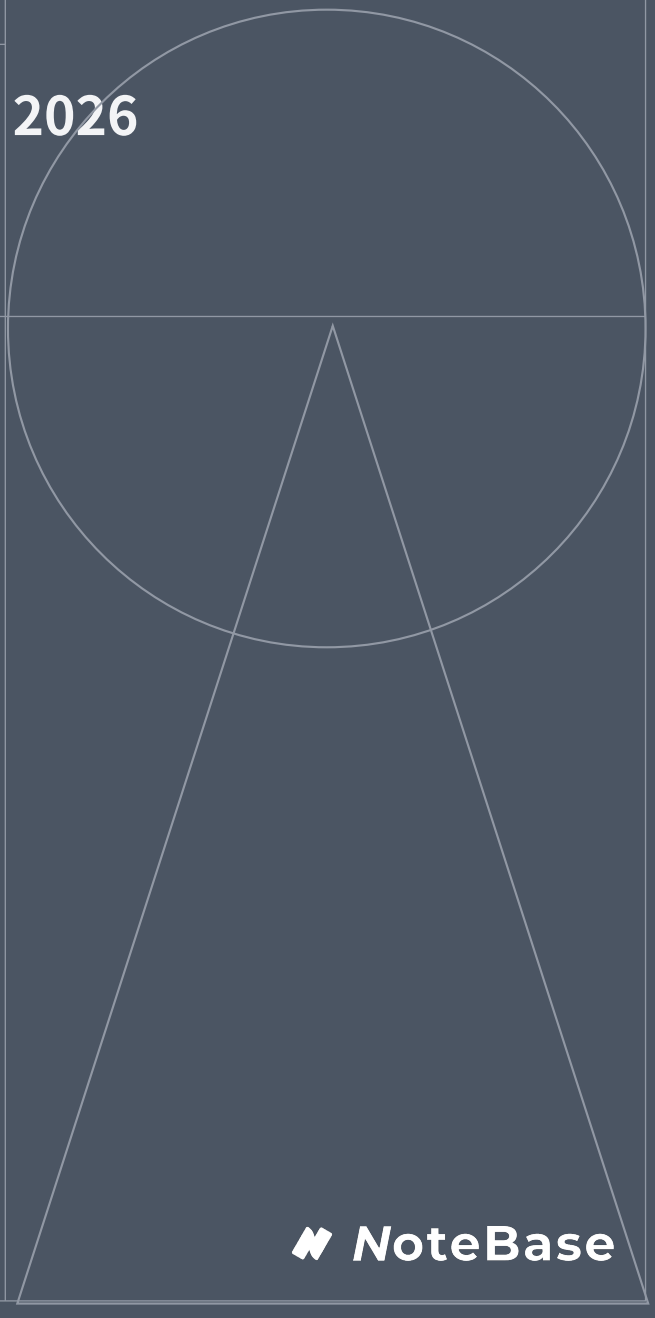
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 화학 · 2026

공무원/국가직/9급 · 화학 · 2026

문 1. C 24 g, H 4 g, O 32 g으로 이루어진 탄수화물의 실험식은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다)

① CHO

② CH_2O

③ C_2H_2O

④ $C_2H_4O_2$

정답 2번

간단한 해설

실험식은 구성 원자의 **가장 간단한 정수비**를 나타낸다. 각 원소의 질량을 몰수로 바꾸면 C : H : O = 2 : 4 : 2 = 1 : 2 : 1이므로 실험식은 CH_2O이다.

계산 과정

실험식은 화합물을 이루는 원자 수의 가장 간단한 정수비를 나타낸 식이다. 원자 수는 몰수에 비례하므로, 주어진 **질량을 각 원소의 몰질량으로 나누어** 몰수부터 구한다. 몰수 n, 질량 m, 몰질량 M 사이의 관계는 $n = \frac{m}{M}$이다.
주어진 원자량에 따라 C, H, O의 몰질량은 각각 12 g/mol, 1 g/mol, 16 g/mol이다.

C의 몰수: $n(\mathrm{C}) = \frac{24\mathrm{g}}{12\mathrm{g/mol}} = 2\mathrm{mol}$.

H의 몰수: $n(\mathrm{H}) = \frac{4\mathrm{g}}{1\mathrm{g/mol}} = 4\mathrm{mol}$.

O의 몰수: $n(\mathrm{O}) = \frac{32\mathrm{g}}{16\mathrm{g/mol}} = 2\mathrm{mol}$.

따라서 원자 수의 비는 C : H : O = 2 : 4 : 2이다. 이를 **가장 작은 몰수인 2 mol로 각각 나누면** 가장 간단한 정수비 1 : 2 : 1을 얻는다.

이 비를 화학식의 원자 수로 나타내면 CH_2O이므로 ②에 해당한다. ④의 $C_2H_4O_2$도 원자 수의 비는 같지만, 아래 첨자 2 : 4 : 2를 더 줄일 수 있으므로 실험식이 아니다.

NoteBase

문 2. 다음 균형 반응식에서 반응 계수의 합 $a+b+c$는?

$$a\mathrm{Fe}(s)+\mathrm{O_2}(g)+b\mathrm{H_2O}(l)\rightarrow c\mathrm{Fe(OH)_2}(s)$$

① 6

② 7

③ 8

④ 9

정답 1번

간단한 해설

반응 전후의 **원소별 원자 수가 같아야 하므로** $a=b=c=2$가 된다. 물음은 산소의 계수 1을 제외한 $a+b+c$이므로 그 합은 6이다.

계산 과정

균형 반응식에서는 각 원소의 원자 수가 반응 전후에 보존된다. 주어진 식에서 $\mathrm{O_2}$의 계수는 1로 고정되어 있으며, 구할 값은 나머지 계수의 합 $a+b+c$이다.

철과 수소: 철 원자는 반응물에 a개, 생성물에 c개 있으므로 $a=c$이다. 물 한 분자와 $\mathrm{Fe(OH)_2}$ 한 화학식 단위에는 각각 수소 원자가 2개씩 있으므로 $2b=2c$, 즉 $b=c$이다.

산소: 반응물의 산소 원자 수는 산소 분자에서 2개, 물에서 b개로 총 $2+b$개이다. 생성물에는 $\mathrm{Fe(OH)_2}$ 한 화학식 단위마다 산소 원자가 2개 있으므로 $2+b=2c$이다. 여기에 $b=c$를 대입하면 $2+c=2c$이므로 $c=2$이고, 따라서 $a=2$, $b=2$이다.

구하는 합: **산소의 계수 1은 합에 포함하지 않는다.** $a+b+c=2+2+2=6$이므로 ①의 6과 일치한다. 반응 계수는 입자 수나 물질량의 비를 나타내므로 이 합에는 단위가 없다.

NoteBase

문 3. 0 °C, 1 atm에서 11.2 L의 프로페인(C_3H_8) 기체가 완전 연소될 때, 생성되는 CO_2의 질량[g]은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이고, 기체는 이상기체이다)

① 11

② 22

③ 44

④ 66

정답 4번

간단한 해설

프로페인 1 mol이 완전 연소하면 **CO_2 3 mol**이 생성된다. 0 °C, 1 atm에서 프로페인 11.2 L는 0.5 mol이므로, 생성되는 CO_2는 1.5 mol이고 질량은 66 g이다.

계산 과정

프로페인의 몰수: 0 °C, 1 atm에서 이상기체 1 mol의 부피는 약 22.4 L이다. 기체의 부피를 이 조건의 몰부피로 나누면 몰수 n을 구할 수 있으므로, $n = \frac{11.2\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 0.5\text{mol}$이다.

CO_2의 몰수: 완전 연소 반응식은 $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$이다. 프로페인 한 분자에 들어 있는 탄소 원자 3개가 각각 CO_2를 이루므로, 반응한 프로페인과 생성된 CO_2의 **몰수비는 1 : 3**이다. 따라서 프로페인 0.5 mol에서 생성되는 CO_2는 $0.5 \times 3 = 1.5$ mol이다.

CO_2의 질량: 주어진 원자량으로 구한 CO_2의 몰질량은 $12 + 16 \times 2 = 44$ g/mol이다. 이는 **CO_2 1 mol의 질량이 44 g**이라는 뜻이다. 질량은 몰수와 몰질량의 곱이므로 $1.5 \times 44 = 66$ g이며, ④의 66에 해당한다.

NoteBase

문 4. 화학적 변화만을 모두 고르면?

ㄱ. 석영관이 깨졌다.
ㄴ. 얼음이 녹아 물로 되었다.
ㄷ. 대기 중의 오존이 산소로 되었다.

① ㄴ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

오존과 산소는 같은 산소 원자로 이루어져 있지만 **분자의 구성이 다른 물질**이다. 오존이 산소로 바뀌면 새로운 물질이 생성되므로 화학 변화에 해당한다.

보기별 해설

화학 변화는 물질의 조성과 결합이 달라져 새로운 물질이 생성되는 변화이다. 물리 변화는 물질의 종류는 유지된 채 모양이나 상태 등이 달라지는 변화이다.

ㄱ. 물리 변화: 석영관이 깨져도 석영이라는 물질 자체는 그대로이고 **크기와 모양만 달라진다**. 새로운 물질이 생성되지 않으므로 화학 변화가 아니다.

ㄴ. 물리 변화: 얼음이 녹으면 고체에서 액체로 상태가 바뀌지만, 구성 입자는 여전히 **같은 물 분자**이다. 물질의 종류가 달라지지 않는 상태 변화이다.

ㄷ. 화학 변화: 오존 분자는 산소 원자 3개로, 산소 분자는 산소 원자 2개로 이루어진다. 오존이 산소로 바뀌는 과정에서는 원자 사이의 결합이 재배열되어 **분자의 종류가 달라진다**. 구성 원소가 같더라도 다른 물질이 생성되므로 화학 변화이다.

화학 변화에 해당하는 것은 ㄷ뿐이므로 ②의 구성과 일치한다.

NoteBase

문 5. 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 모형에 근거할 때, 쌍극자 모멘트를 갖는 분자는?

① CO_2

② SO_2

③ XeF_4

④ I_3^-

정답 2번

간단한 해설

SO_2는 중심 S 원자에 비공유 전자쌍이 있어 **굽은형**을 이룬다. 두 S–O 결합의 쌍극자 모멘트가 **서로 상쇄되지 않아** 분자 전체의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

선지별 해설

VSEPR 모형에서는 중심 원자 주위의 전자 영역들이 반발을 최소화하도록 배치된다. 단일 결합과 다중 결합은 각각 하나의 전자 영역으로 세며, 비공유 전자쌍도 하나의 전자 영역으로 센다. 분자 모양은 이 배치에서 원자들의 위치로 정하고, 분자 전체의 쌍극자 모멘트는 결합 쌍극자들의 방향을 고려하여 판단한다.

① X: CO_2의 중심 C 원자에는 결합 전자 영역 2개가 있고 비공유 전자쌍은 없다. 따라서 O–C–O가 180°를 이루는 **선형**이다. 각각의 C–O 결합은 극성이 있지만, 크기가 같은 두 결합 쌍극자가 반대 방향으로 작용하여 상쇄되므로 분자 전체의 쌍극자 모멘트는 0이다.

② O: SO_2의 중심 S 원자에는 결합 전자 영역 2개와 비공유 전자쌍 1개가 있다. 세 전자 영역은 평면 삼각형으로 배치되지만, 원자들만 보면 **굽은형**이다. 두 S–O 결합 쌍극자가 서로 반대 방향으로 놓이지 않아 합이 0이 되지 않으므로 쌍극자 모멘트를 갖는다.

③ X: XeF_4의 중심 Xe 원자에는 결합 전자 영역 4개와 비공유 전자쌍 2개가 있다. 여섯 전자 영역은 정팔면체로 배치되고, 두 비공유 전자쌍은 서로 반대쪽에 자리하여 분자 모양은 **평면 정사각형**이 된다. 마주 보는 Xe–F 결합 쌍극자들이 서로 상쇄되므로 분자 전체의 쌍극자 모멘트는 0이다.

④ X: I_3^-의 중심 I 원자에는 결합 전자 영역 2개와 비공유 전자쌍 3개가 있다. 다섯 전자 영역은 삼각쌍뿔로 배치되며, 비공유 전자쌍 3개가 적도 위치를 차지하고 두 결합은 축 방향으로 놓인다. 따라서 I–I–I는 **선형**이고, 양쪽의 동일한 결합이 대칭으로 놓여 결합 쌍극자가 상쇄된다. 이 문항의 VSEPR 판단에서 쌍극자 모멘트를 갖는 대상에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 6. 다음은 원소 A의 동위원소에 대한 자료이다. A의 원자량이 $m + 0.3$일 때 x는? (단, 동위원소의 원자량은 질량수와 같다.)

동위원소	$^{m}\mathrm{A}$	$^{m+1}\mathrm{A}$	$^{m+2}\mathrm{A}$
존재 비율[%]	$90 - x$	x	10

① 0

② 5

③ 10

④ 15

정답 3번

간단한 해설

원자량은 동위원소의 **존재 비율을 반영한 가중평균**이다. 질량수 m을 기준으로 한 평균 증가량이 0.3이므로 $\frac{x+20}{100} = 0.3$에서 x = 10이다.

계산 과정

표에서 질량수가 m, $m + 1$, $m + 2$인 동위원소의 존재 비율은 각각 $(90 - x)$%, x%, 10%이며, 합은 100%이다. 각 동위원소의 원자량을 질량수와 같다고 했으므로, 원소 A의 원자량은 이 질량수들을 **존재 비율에 따라 가중평균**하여 구한다.

질량수 m을 기준으로 보면 세 동위원소의 원자량 증가분은 각각 0, 1, 2이다. 따라서 평균 증가량은 $\frac{x}{100} + \frac{2 \cdot 10}{100}$, 즉 $\frac{x+20}{100}$이다. 질량수가 m인 동위원소는 **기준값과의 차이가 0**이므로 증가량에 기여하지 않는다.

A의 원자량이 $m + 0.3$이므로 평균 증가량은 0.3이다. 따라서 $\frac{x+20}{100} = 0.3$이고, 양변에 100을 곱하면 $x + 20 = 30$이므로 $x = 10$이다. 이는 질량수가 $m + 1$인 동위원소의 존재 비율이 10%라는 뜻이다.

구한 x의 값 10은 ③의 10과 일치한다.

NoteBase

문 7. 다음은 3가지 이온 A^+, B^{2+}, C^{2-}의 전자 배치이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, A~C는 임의의 원소 기호이다)

$A^+ : 1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$
$B^{2+} : 1s^2 2s^2 2p^6$
$C^{2-} : 1s^2 2s^2 2p^6$

① A^+은 들뜬상태이다.

② A^+의 홀전자 개수는 2이다.

③ 원자 반지름은 B가 A보다 크다.

④ 제1차 이온화 에너지는 C가 B보다 크다.

정답 3번

간단한 해설

A는 Na, B는 Mg이므로 두 원자는 같은 3주기에 속한다. 같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 핵이 전자를 더 강하게 끌어당겨 원자 반지름이 작아지므로, **B가 A보다 작다**.

NoteBase

선지별 해설

세 이온의 전자 수는 모두 10개이다. A^+는 중성 원자 A가 전자 1개를 잃은 것이므로 A의 원자번호는 11이며 Na이다. B^{2+}는 전자 2개를 잃은 것이므로 B의 원자번호는 12이며 Mg이다. C^{2-}는 전자 2개를 얻은 것이므로 C의 원자번호는 8이며 O이다.

① O: A^+의 전자 수는 10개이다. 전자 10개가 가장 낮은 에너지로 배치된 바닥상태는 $1s^2 2s^2 2p^6$이다. 주어진 배치에서는 2p 전자 하나가 더 높은 에너지의 3s 오비탈로 옮겨 가 있으므로 **들뜬상태**이다.

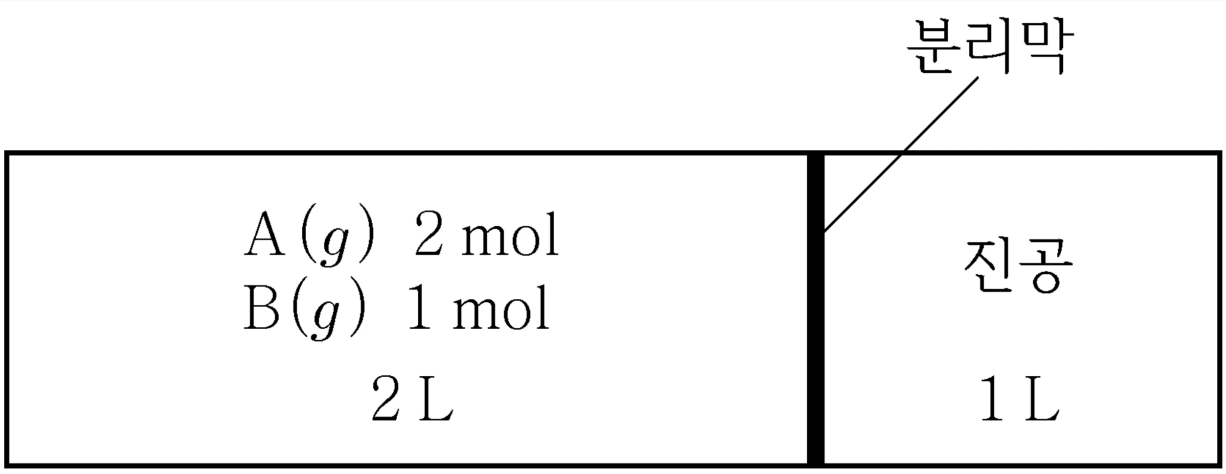
② O: 홀전자는 한 오비탈에 짝을 이루지 않고 혼자 있는 전자이다. $2p^5$에서는 세 p 오비탈에 전자를 하나씩 채운 뒤 두 전자가 짝을 이루므로 홀전자 1개가 남는다. $3s^1$에도 홀전자 1개가 있고, 채워진 1s와 2s에는 홀전자가 없으므로 **홀전자는 총 2개**이다.

③ X: 원자 반지름은 이온이 아니라 중성 원자 A와 B를 비교해야 한다. Na와 Mg은 같은 3주기에 속하며, 바닥상태의 최외각 전자 배치는 각각 $3s^1$, $3s^2$이다. 같은 주기에서 Na보다 Mg의 유효 핵전하가 커 전자가 핵에 더 강하게 끌리므로, **원자 반지름은 B가 A보다 작다**.

④ O: 제1차 이온화 에너지는 기체 상태의 바닥상태 중성 원자에서 전자 하나를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. C인 O의 최외각 전자는 2번째 전자껍질에, B인 Mg의 최외각 전자는 3번째 전자껍질에 있다. O의 최외각 전자가 핵에 더 강하게 결합되어 있어 떼어 내기 어려우므로, **O의 제1차 이온화 에너지가 Mg보다 크다**.

NoteBase

문 8. 그림은 분리막이 달린 강철 용기에 이상기체 A(g)와 B(g)가 들어 있는 상태를 나타낸 것이고, 이때 A(g)의 부분 압력은 P_1 atm이다. 분리막을 제거한 후 기체의 전체 압력[atm]은? (단, 온도는 일정하고, 기체는 반응하지 않으며, 분리막의 부피는 무시한다)



① $\frac{2}{3}P_1$

② P_1

③ $\frac{4}{3}P_1$

④ $\frac{5}{3}P_1$

정답 2번

간단한 해설

분리막을 제거하면 전체 3 mol의 기체가 3 L를 차지한다. 온도가 일정하므로 최종 전체 압력은 처음 2 mol의 A가 2 L에서 나타내던 **부분 압력과 같은** P_1 atm이다.

NoteBase

계산 과정

처음 상태: 그림에서 A 2 mol과 B 1 mol은 함께 2 L의 공간에 들어 있고, 나머지 1 L는 진공이다. 부분 압력은 혼합기체의 각 성분이 같은 온도에서 그 공간을 단독으로 차지할 때의 압력이다. 이상기체 상태 방정식 $PV = nRT$에서 P는 압력, V는 부피, n은 몰수, R은 기체 상수, T는 절대온도이다.

처음 전체 압력: 같은 온도와 부피에서는 압력이 몰수에 비례한다. A의 몰수는 2 mol이고 전체 몰수는 2 + 1 = 3 mol이므로, 처음 전체 압력은 A의 부분 압력의 $\frac{3}{2}$배인 $\frac{3}{2}P_1$ atm이다. **A의 부분 압력과 처음 전체 압력은 구별**해야 한다.

분리막 제거 후: 강철 용기의 전체 부피는 2 + 1 = 3 L이다. 반응이 없어 전체 몰수는 3 mol로 유지되고 온도도 일정하므로, **압력은 기체가 차지하는 부피에 반비례**한다. 기체가 차지하는 부피가 2 L에서 3 L로 늘어나므로 전체 압력은 처음의 $\frac{2}{3}$배가 된다.

최종 전체 압력은 $\frac{3}{2}P_1 \cdot \frac{2}{3} = P_1$ atm이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 다음은 300 K, 1 atm에서 $AgCl(s)$의 용해 평형에 대한 자료이다. 용해 과정의 ΔG° [kJ mol^{-1}]는? (단, 기체상수는 8.3 J mol^{-1} K^{-1}이다)

$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \qquad K_{sp} = 10^{-9.8}$

① $-2.49 \times \ln 10^{-9.8}$

② $-2.49 \times \log 10^{-9.8}$

③ $2.49 \times \ln 10^{-9.8}$

④ $2.49 \times \log 10^{-9.8}$

정답 1번

간단한 해설

표준 깁스 에너지 변화는 평형상수와 $\Delta G^\circ = -RT\ln K$의 관계에 있으므로 **자연로그와 음의 부호**를 사용한다. 주어진 값을 대입하면 $\Delta G^\circ = -2.49\ln 10^{-9.8}\text{kJmol}^{-1}$이며, 평형상수가 1보다 작으므로 이 값은 양수이다.

계산 과정

평형상수와 적용 공식: 주어진 반응은 AgCl 고체가 은 이온과 염화 이온으로 용해되는 과정이다. 순수한 고체의 활동도는 1이므로 이 반응의 평형상수는 주어진 용해도곱 $K_{sp} = 10^{-9.8}$이다. 반응 깁스 에너지 변화는 $\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ln Q$이고, 평형에서는 $\Delta G = 0$, $Q = K_{sp}$이므로 $\Delta G^\circ = -RT\ln K_{sp}$가 된다. 여기서 Q는 반응지수이며, **평형에서 0인 것은 표준값이 아닌 실제 반응의 깁스 에너지 변화**이다.

에너지 단위 맞추기: T는 절대온도로 300 K이며, R은 주어진 $8.3\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$를 사용한다. 따라서 $RT = 2490\text{Jmol}^{-1}$이다. 문제에서 요구한 단위가 kJmol^{-1}이므로 **J를 kJ로 환산**하면 $RT = 2.49\text{kJmol}^{-1}$가 된다. 이 값이 로그 항에 곱해지는 에너지 계수이다.

대입과 선택지 연결: $\Delta G^\circ = -2.49\ln 10^{-9.8}\text{kJmol}^{-1}$이므로 ①의 식과 일치한다. $K_{sp} < 1$이면 $\ln K_{sp} < 0$이므로 앞의 음의 부호에 의해 표준 깁스 에너지 변화는 양수가 된다. 상용로그를 사용하려면 $\ln K = (\ln 10)\log K$로 바꾸어야 하므로, 계수를 그대로 두고 ln만 log로 바꿀 수는 없다.

NoteBase

문 10. 다음은 $A(aq) + B(aq) \rightarrow C(aq) + D(aq)$ 반응의 실험 결과이다. 반응의 속도 상수는? (단, 온도는 일정하다)

A의 초기 농도 [M]	B의 초기 농도 [M]	C의 초기 생성 속도 [M s^{-1}]
0.1	0.01	2×10^{-5}
0.1	0.02	4×10^{-5}
0.2	0.01	8×10^{-5}

① 0.2 M s^{-1}

② 0.2 M^{-2} s^{-1}

③ 2 M s^{-1}

④ 2 M^{-2} s^{-1}

정답 2번

간단한 해설

A의 농도를 2배로 하면 초기 속도가 4배가 되고, B의 농도를 2배로 하면 2배가 되므로 **A에 대해 2차, B에 대해 1차** 반응이다. 속도식 $v = k[A]^2[B]$에 실험값을 대입하면 속도 상수는 0.2 M^{-2}s^{-1}이다.

NoteBase

계산 과정

속도식 설정: C의 초기 생성 속도를 v, A와 B의 초기 농도를 각각 $[A]$, $[B]$라 두면 $v = k[A]^m[B]^n$으로 나타낼 수 있다. k는 속도 상수이고, m과 n은 각 물질에 대한 반응차수이다. 온도가 일정하므로 실험 사이에서 같은 k를 사용한다. 반응차수는 **반응식의 계수가 아니라 실험값**으로 결정한다.

B에 대한 반응차수: 표의 첫째 행과 둘째 행에서 A의 농도는 0.1 M로 일정하고, B의 농도는 0.01 M에서 0.02 M로 2배가 된다. C의 초기 생성 속도도 $2 \cdot 10^{-5}$에서 $4 \cdot 10^{-5}$ $\mathrm{Ms^{-1}}$로 2배가 되므로 $2 = 2^n$, 즉 $n = 1$이다.

A에 대한 반응차수: 첫째 행과 셋째 행에서 B의 농도는 0.01 M로 일정하고, A의 농도는 0.1 M에서 0.2 M로 2배가 된다. 초기 속도는 $2 \cdot 10^{-5}$에서 $8 \cdot 10^{-5}$ $\mathrm{Ms^{-1}}$로 4배가 되므로 $4 = 2^m$, 즉 $m = 2$이다. 따라서 속도식은 $v = k[A]^2[B]$이고, 전체 반응차수는 $2 + 1 = 3$이다.

속도 상수 계산: 속도를 농도 항으로 나누면 $k = \frac{v}{[A]^2[B]}$이다. 첫째 행의 값을 대입하면 수치는 $\frac{2 \cdot 10^{-5}}{(0.1)^2 \cdot 0.01} = 0.2$이다. 분모는 속도식에서 농도의 영향을 나타내는 항이며, 이 값으로 나누어 농도와 구별되는 속도 상수를 구한다.

단위와 선택지 대응: 속도의 단위는 $\mathrm{Ms^{-1}}$이고, 농도 항 $[A]^2[B]$의 단위는 $\mathrm{M^3}$이다. 따라서 속도 상수의 단위는 $\frac{\mathrm{Ms^{-1}}}{\mathrm{M^3}} = \mathrm{M^{-2}s^{-1}}$이다. 속도 상수는 $k = 0.2$ $\mathrm{M^{-2}s^{-1}}$로, 수치와 단위가 모두 ②에 해당한다.

NoteBase

문 11. 다음 중 pH가 가장 작은 혼합 용액은? (단, 온도는 25 °C이다)

① 1 M $NH_3(aq)$ 100 mL + 2 M $HCl(aq)$ 50 mL

② 1 M $NaOH(aq)$ 100 mL + 1 M $H_2SO_4(aq)$ 50 mL

③ 1 M $NaOH(aq)$ 100 mL + 2 M $CH_3COOH(aq)$ 50 mL

④ 2 M $NaOH(aq)$ 50 mL + 1 M $HCl(aq)$ 100 mL

정답 1번

간단한 해설

암모니아와 염산이 같은 몰수로 반응하면 **약염기의 짝산인 암모늄 이온**이 생긴다. 이 이온이 물에 양성자를 주어 산성을 나타내므로, 다른 혼합 용액보다 pH가 작다.

선지별 해설

먼저 농도와 부피로 산·염기의 몰수를 구하고, 중화 후 남는 이온의 산·염기성을 비교한다. 황산은 1 mol당 수산화 이온 2 mol과 반응한다. 25 °C에서 산성 용액은 pH가 7보다 작고, 중성 용액은 pH가 7이다.

① 암모니아는 $1 \times 0.100 = 0.100$ mol, 염산은 $2 \times 0.050 = 0.100$ mol이다. $NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$에 따라 둘이 같은 몰수로 반응하여 염화 암모늄이 생긴다. 염화 이온은 산·염기성에 거의 영향을 주지 않지만, **암모늄 이온은 약산**이므로 $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$의 반응으로 산성을 나타낸다. 따라서 pH는 7보다 작다.

② 수산화 나트륨은 $1 \times 0.100 = 0.100$ mol, 황산은 $1 \times 0.050 = 0.050$ mol이다. **황산과 수산화 이온은 1 : 2로 반응**하므로 산이나 수산화 이온이 과량으로 남지 않고 황산 나트륨이 생긴다. 나트륨 이온은 산·염기성에 거의 영향을 주지 않으며, 황산 이온은 매우 약한 염기이므로 이 용액은 산성을 나타내지 않는다. 따라서 pH는 ①보다 크다.

③ 수산화 나트륨은 $1 \times 0.100 = 0.100$ mol, 아세트산은 $2 \times 0.050 = 0.100$ mol이다. $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$에 따라 같은 몰수로 반응하여 아세트산 나트륨이 생긴다. **약산의 짝염기인 아세트산 이온**은 $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$의 반응으로 염기성을 나타낸다. 따라서 pH는 7보다 크다.

④ 수산화 나트륨은 $2 \times 0.050 = 0.100$ mol, 염산은 $1 \times 0.100 = 0.100$ mol이다. 강산과 강염기가 같은 당량으로 반응하여 염화 나트륨이 생긴다. 나트륨 이온과 염화 이온은 물과 반응하여 산·염기성을 나타내는 정도가 무시할 만큼 작으므로, 혼합 용액은 **중성**이며 pH는 7이다.

중화 후 암모늄 이온에 의해 산성을 나타내는 ①의 pH가 가장 작다.

NoteBase

문 12. 다음 갈바니 전지에 대한 설명으로 옳은 것은?

$\mathrm{Pt}(s) \mid \mathrm{Sn}^{2+}(aq),\ \mathrm{Sn}^{4+}(aq) \parallel \mathrm{Ag}^{+}(aq) \mid \mathrm{Ag}(s)$

① 전체 전지 반응식은 $\mathrm{Sn}^{4+}(aq) + 2\mathrm{Ag}(s) \rightarrow \mathrm{Sn}^{2+}(aq) + 2\mathrm{Ag}^{+}(aq)$이다.

② 전지가 작동할 때 전자는 외부 도선을 따라 Pt 전극에서 Ag 전극으로 이동한다.

③ 전지가 작동할 때 산화 전극의 질량은 감소한다.

④ 전지가 작동할 때 환원 전극의 질량은 감소한다.

정답 2번

간단한 해설

Pt 전극 쪽에서는 주석(II) 이온이 산화되면서 전자를 내놓고, Ag 전극 쪽에서는 은 이온이 그 전자를 받아 환원된다. 따라서 전자는 외부 도선을 따라 **Pt 전극에서 Ag 전극으로** 이동한다.

선지별 해설

주어진 전지 표기에서 왼쪽은 산화 전극, 오른쪽은 환원 전극이다. Pt 전극 쪽의 산화 반응은 $\mathrm{Sn}^{2+} \rightarrow \mathrm{Sn}^{4+} + 2e^{-}$, Ag 전극 쪽의 환원 반응은 $2\mathrm{Ag}^{+} + 2e^{-} \rightarrow 2\mathrm{Ag}$이다.

① X: 두 반쪽 반응을 더하면 전체 전지 반응은 $\mathrm{Sn}^{2+} + 2\mathrm{Ag}^{+} \rightarrow \mathrm{Sn}^{4+} + 2\mathrm{Ag}$이다. 선지는 **실제 반응의 역반응**을 나타낸다.

② O: Pt 전극 쪽에서 주석(II) 이온이 전자를 잃고, Ag 전극 쪽에서 은 이온이 전자를 얻는다. 전자는 **산화 전극에서 환원 전극으로** 이동하므로 외부 도선에서의 이동 방향은 Pt 전극 → Ag 전극이다.

③ X: 산화 전극인 Pt는 전자를 전달하는 불활성 전극이다. 산화되는 물질은 용액 속 주석(II) 이온이며 Pt 자체가 용해되는 것이 아니므로, **Pt 전극의 질량은 변하지 않는다**. 산화 전극이라고 해서 항상 전극의 질량이 감소하는 것은 아니다.

④ X: 환원 전극에서는 은 이온이 전자를 받아 금속 은으로 석출되어 Ag 전극에 붙는다. 따라서 **Ag 전극의 질량은 증가한다**.

NoteBase

문 13. 다음 3가지 평형 반응에서 평형 상수 $K_1 \sim K_3$의 관계로 옳은 것은? (단, 온도는 일정하다)

$\mathrm{NO}(g) + \frac{1}{2}\mathrm{O_2}(g) \rightleftarrows \mathrm{NO_2}(g) \quad K_1$
$\frac{1}{2}\mathrm{N_2}(g) + \frac{1}{2}\mathrm{O_2}(g) \rightleftarrows \mathrm{NO}(g) \quad K_2$
$\mathrm{N_2}(g) + 2\mathrm{O_2}(g) \rightleftarrows 2\mathrm{NO_2}(g) \quad K_3$

① $K_3 = 2(K_1 + K_2)$

② $K_3 = K_1 K_2$

③ $K_3 = 2K_1 K_2$

④ $K_3 = (K_1 K_2)^2$

정답 4번

간단한 해설

첫째 반응과 둘째 반응을 더한 뒤 전체 계수를 2배 하면 셋째 반응이 된다. 반응식을 **더하면 평형 상수는 곱하고**, **계수를 2배 하면 평형 상수는 제곱**하므로 $K_3 = (K_1 K_2)^2$이다.

계산 과정

온도가 일정하므로 주어진 세 반응의 평형 상수를 같은 온도에서 비교한다. 평형 상수 식에서는 각 물질의 활동도가 반응 계수를 지수로 갖는다. 따라서 **반응식을 더하면 평형 상수는 곱해지고**, 반응식의 모든 계수를 2배 하면 평형 상수 식의 지수도 2배가 되어 기존 평형 상수의 제곱이 된다.

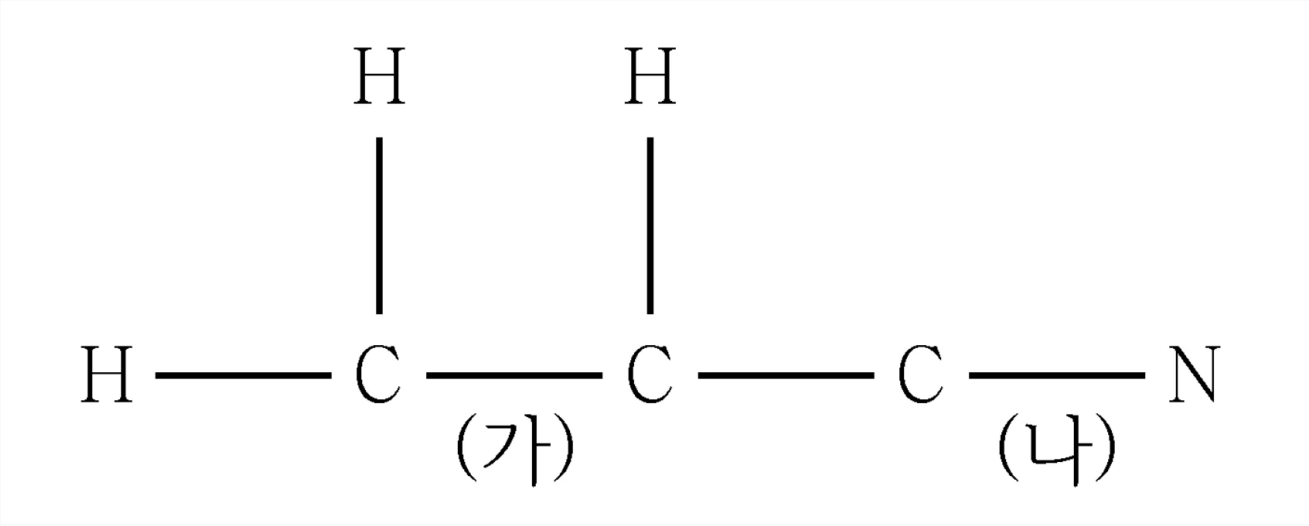
첫째 반응과 둘째 반응을 더하면 첫째 반응에서 소모되는 NO와 둘째 반응에서 생성되는 NO가 상쇄된다. 산소의 계수는 $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$이므로, 합한 반응은 $\frac{1}{2}\mathrm{N_2}(g) + \mathrm{O_2}(g) \rightleftharpoons \mathrm{NO_2}(g)$이다. 이 중간 반응의 평형 상수를 K라 하면 $K = K_1 K_2$이다.

중간 반응의 **모든 계수를 2배** 하면 $\mathrm{N_2}(g) + 2\mathrm{O_2}(g) \rightleftharpoons 2\mathrm{NO_2}(g)$로 셋째 반응과 일치한다. 따라서 $K_3 = K^2 = (K_1 K_2)^2$이며, 이는 ④의 관계식과 일치한다.

NoteBase

문 14. 다음은 아크릴로나이트릴(C_3H_3N) 분자의 결합 골격을 나타낸 것이다.

(가)와 (나) 중 더 짧은 결합과, 분자 내 π 결합의 총 개수를 바르게 연결한 것은?



① 짧은 결합: (가), π 결합 총 개수: 2

② 짧은 결합: (가), π 결합 총 개수: 3

③ 짧은 결합: (나), π 결합 총 개수: 2

④ 짧은 결합: (나), π 결합 총 개수: 3

정답 4번

간단한 해설

(가)는 C=C 이중 결합이고 (나)는 C≡N 삼중 결합이므로 **(나)가 더 짧다**. 이중 결합의 π 결합 1개와 삼중 결합의 π 결합 2개를 합하면 **총 3개**이다.

NoteBase

선지별 해설

그림의 선은 원자 사이의 연결을 나타내는 결합 골격이다. 탄소는 보통 결합 차수를 합한 값이 4가 되도록 결합한다. 왼쪽 탄소는 수소 2개와 결합하므로 가운데 탄소와 이중 결합을 한다. 가운데 탄소는 수소 1개 및 왼쪽 탄소와 이미 결합 차수의 합이 3이므로 오른쪽 탄소와 단일 결합을 한다. 오른쪽 탄소는 질소와 삼중 결합을 하여 구조가 CH_2=CH–C≡N이 된다.

(가)와 (나)의 길이: (가)는 C=C 이중 결합, (나)는 C≡N 삼중 결합이다. 이 분자에서는 **C≡N 삼중 결합이 C=C 이중 결합보다 짧다**. 따라서 더 짧은 결합은 (나)이다.

π 결합 총 개수: 단일 결합은 σ 결합 1개, 이중 결합은 σ 결합 1개와 π 결합 1개, 삼중 결합은 σ 결합 1개와 π 결합 2개로 이루어진다. 따라서 **다중 결합 하나를 π 결합 하나로 세면 안 된다**. C=C에서 1개, C≡N에서 2개이므로 분자 전체의 π 결합은 1 + 2 = 3개이다.

① (가), 2개: 더 짧은 결합은 (나)이고 π 결합은 3개이므로 두 항목 모두 실제 구조와 다르다.

② (가), 3개: π 결합의 개수는 일치하지만, 더 짧은 결합은 (가)가 아니라 (나)이다.

③ (나), 2개: 더 짧은 결합은 일치하지만, π 결합의 개수는 2개가 아니라 3개이다.

④ (나), 3개: 더 짧은 C≡N 결합과 분자 전체의 π 결합 3개를 모두 바르게 연결한다.

따라서 두 기준을 모두 충족하는 연결은 ④의 (나), 3개이다.

NoteBase

문 15. 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 모형에 근거할 때, 결합각이 가장 작은 분자는?

① $BeCl_2$

② PH_3

③ NO_3^-

④ NH_4^+

정답 2번

간단한 해설

PH_3는 중심 P 원자에 **비공유 전자쌍이 1개** 있어 결합 전자쌍들을 더 밀어내므로, 결합각이 정사면체 기준각인 109.5°보다 작다. 나머지 후보의 결합각은 109.5° 이상이다.

선지별 해설

VSEPR 모형에서는 중심 원자 주위의 전자 영역들이 서로의 반발을 줄이는 방향으로 배열된다. 단일 결합과 다중 결합은 각각 하나의 전자 영역으로 세며, 비공유 전자쌍도 하나의 영역을 차지한다. 결합각은 중심 원자와 결합한 두 원자 사이의 각이다.

① $BeCl_2$: 중심 Be 원자 주위에 결합 전자 영역이 2개이고 비공유 전자쌍은 없다. 두 영역이 서로 가장 멀어지는 **직선형**으로 배열되므로 Cl–Be–Cl 결합각은 180°이다.

② PH_3: P의 원자가 전자 5개 중 3개가 H와의 결합에 참여하고, 남은 2개는 비공유 전자쌍 1개를 이룬다. 결합 전자 영역 3개와 비공유 전자쌍 1개의 배열은 정사면체를 바탕으로 하지만, 원자들로 이루어진 분자 모양은 삼각뿔형이다. **비공유 전자쌍과 결합 전자쌍 사이의 반발이 더 커서** 결합 전자쌍 사이의 각이 압축되므로 H–P–H 결합각은 109.5°보다 작다.

③ NO_3^-: 중심 N 원자는 세 O 원자와 결합하고 비공유 전자쌍은 없다. 루이스 구조에 이중 결합이 나타나더라도 그 결합은 하나의 전자 영역으로 센다. 세 결합 전자 영역이 **평면 삼각형**으로 배열되고 공명에 의해 세 N–O 결합이 동등하므로 O–N–O 결합각은 120°이다.

④ NH_4^+: 중심 N 원자 주위에 결합 전자 영역이 4개이고 비공유 전자쌍은 없다. 네 결합 전자 영역이 동등하게 반발하여 **정사면체형**을 이루므로 H–N–H 결합각은 약 109.5°이다.

결합각은 $PH_3 < NH_4^+ < NO_3^- < BeCl_2$ 순으로 커지므로, 가장 작은 것은 ②의 PH_3이다.

NoteBase

문 16. 다음 3가지 화학종에 대한 설명으로 옳은 것은?

NO_2^+	NO_2	NO_2^-

① 중심 원자 N의 혼성 오비탈은 모두 sp^2이다.

② 반자기성을 띠는 것은 NO_2뿐이다.

③ 쌍극자 모멘트가 없는 것은 NO_2^-뿐이다.

④ 결합각이 가장 큰 것은 NO_2^+이다.

정답 4번

간단한 해설

NO_2^+는 중심 N 주위의 두 결합 전자 영역이 서로 가장 멀리 떨어지는 **직선형**이며 결합각은 180°이다. NO_2와 NO_2^-는 굽은형이므로 결합각이 이보다 작다.

선지별 해설

① X: NO_2^+의 중심 N에는 두 개의 σ 결합과 비공유 전자쌍이 없는 구조가 형성된다. 다중 결합도 하나의 전자 영역으로 세므로 전자 영역은 두 개이며, 혼성 오비탈은 sp이다. NO_2와 NO_2^-의 중심 N은 sp^2 혼성으로 설명한다. 따라서 세 화학종이 모두 sp^2라는 설명은 성립하지 않는다.

② X: **홀전자가 있으면 상자기성**을 띠고, 모든 전자가 짝을 이루면 반자기성을 띤다. NO_2의 원자가 전자는 5 + 6 × 2 = 17개로 홀수이므로 홀전자 한 개가 있어 상자기성을 띤다. NO_2^+와 NO_2^-의 원자가 전자는 각각 16개와 18개이며, 바닥상태에서 모두 짝을 이루므로 두 이온이 반자기성을 띤다.

③ X: 쌍극자 모멘트가 없는 것은 **대칭인 직선형**의 NO_2^+이다. 두 N–O 결합의 쌍극자가 크기는 같고 방향은 반대여서 서로 상쇄된다. NO_2^-는 중심 N에 비공유 전자쌍 한 쌍이 있는 굽은형이고, NO_2도 굽은형이므로 두 결합의 쌍극자가 상쇄되지 않는다.

④ O: NO_2^+는 중심 N 주위에 두 결합 전자 영역만 있어 전자 영역 사이의 반발이 최소가 되는 **직선형**을 이루며, O–N–O 결합각은 180°이다. NO_2는 중심 N의 홀전자, NO_2^-는 중심 N의 비공유 전자쌍의 영향으로 굽은형을 이루어 결합각이 180°보다 작다. 따라서 세 화학종 중 결합각이 가장 큰 것은 NO_2^+이다.

NoteBase

문 17. 상수도 시설의 정수 처리에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 세균을 제거하기 위해 주로 플루오린(F_2)을 사용한다.

② 물에 녹아 있는 철 이온을 제거하기 위해 환원 방법을 사용한다.

③ 입자성 물질의 효과적 제거를 위한 응집제로 $Al_2(SO_4)_3$을 사용할 수 있다.

④ 염소(Cl_2)를 물에 넣으면 염소산($HClO_3$)이 생성된다.

정답 3번

간단한 해설

황산 알루미늄 $Al_2(SO_4)_3$은 정수 처리에 쓰이는 **응집제**이다. 물속의 미세 입자들을 큰 덩어리로 뭉치게 하여 침전·여과로 쉽게 제거하도록 돕는다.

선지별 해설

① X: 세균을 제거하는 소독에는 플루오린 F_2이 아니라 **염소 Cl_2 등의 소독제**를 사용한다. 염소는 물과 반응하여 소독 작용을 하는 차아염소산 HClO를 생성한다.

② X: 물에 녹아 있는 철 이온을 제거할 때는 환원이 아니라 **산화** 방법을 사용한다. 용존 철(II) 이온 Fe^{2+}을 철(III) 이온 Fe^{3+}으로 산화시키면, 정수 처리 조건에서 물에 잘 녹지 않는 수산화 철(III) $Fe(OH)_3$ 침전이 형성되어 침전·여과로 제거할 수 있다.

③ O: 황산 알루미늄 $Al_2(SO_4)_3$은 입자성 물질을 제거하기 위한 응집제로 사용할 수 있다. 적절한 pH에서 물과 반응해 생성되는 수산화 알루미늄 $Al(OH)_3$이 미세 입자를 흡착·포집하여 **큰 덩어리인 플록**을 형성하므로 침전·여과가 쉬워진다.

④ X: 염소 Cl_2를 물에 넣으면 염소산 $HClO_3$이 아니라 **차아염소산 HClO**와 염산 HCl이 생성된다. 반응은 $Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HClO + HCl$로 나타내며, 차아염소산은 소독 작용을 한다.

NoteBase

문 18. 산성비 피해를 줄이기 위해, 공장에서 배출되는 유해 기체를 세정하는 공정의 반응으로 옳은 것은?

① $CaO + SO_2 \rightarrow CaSO_3$

② $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$

③ $CaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + H_2O + CO_2$

④ $CaCO_3 + 2NaCl \rightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$

정답 1번

간단한 해설

산성비의 원인 기체인 이산화황은 **염기성 산화물인 산화칼슘과 반응하여 아황산칼슘으로 포집**된다. 이 반응으로 공장 배출 기체에 포함된 이산화황을 줄일 수 있다.

핵심 풀이

배출 기체의 세정은 유해 기체를 제거하는 공정이다. 이 문항에서는 산성비의 원인 물질인 이산화황을 염기성 물질과 반응시켜 포집하는 반응이 해당한다.

① 산화칼슘은 염기성 산화물이고 이산화황은 산성 산화물이다. 두 물질은 $CaO + SO_2 \rightarrow CaSO_3$의 반응으로 아황산칼슘을 만든다. **기체인 이산화황을 고체 화합물로 전환**하므로 배출 기체에서 이산화황을 제거할 수 있다.

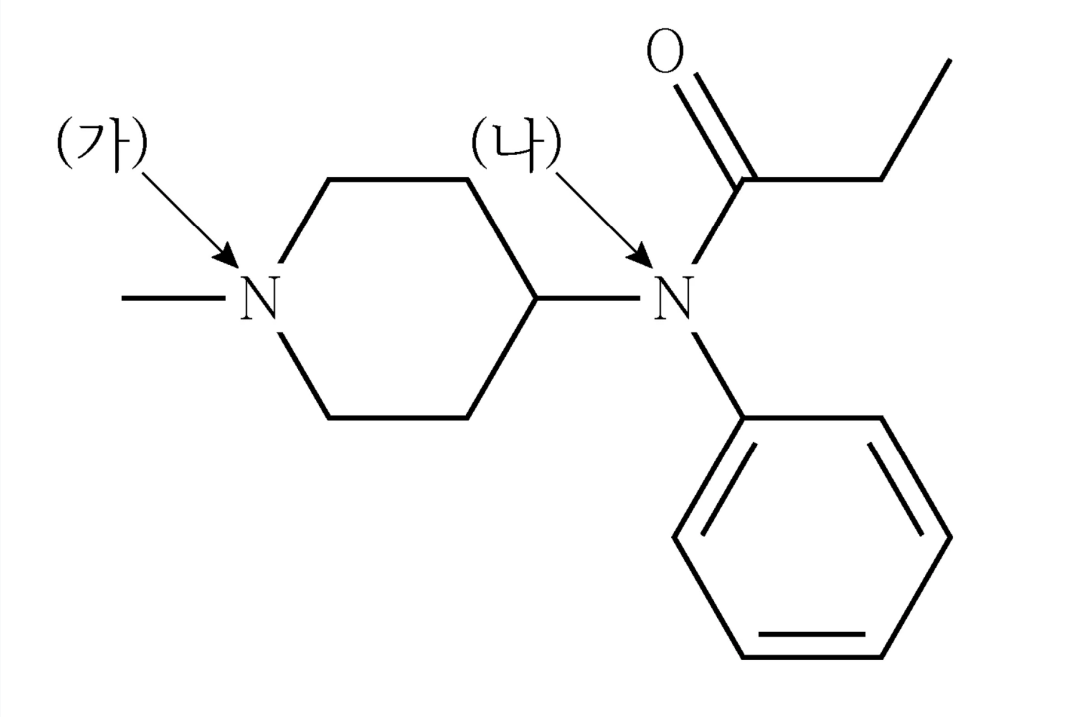
② 탄화칼슘과 물이 반응하여 수산화칼슘과 아세틸렌을 생성한다. 이는 **아세틸렌 기체를 발생시키는 반응**으로, 배출 기체 속 산성 유해 기체를 제거하는 반응이 아니다.

③ 탄산칼슘이 수소 이온과 반응하여 칼슘 이온, 물, 이산화탄소를 생성한다. 이 반응에서 중화되는 대상은 **용액 속 수소 이온**이다. 탄산칼슘도 배연 탈황에 사용될 수 있지만, 제시된 반응식은 이산화황 기체를 포집하는 반응을 나타내지 않는다.

④ 제시된 식은 탄산칼슘과 염화나트륨에서 탄산나트륨과 염화칼슘이 생성되는 형태이다. 반응물에 제거할 산성 유해 기체가 없으므로 배출 기체를 세정하는 반응에 해당하지 않는다.

따라서 산성비 원인 기체인 이산화황을 제거하는 반응은 ①이다.

문 19. 다음 분자에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 수소 원자 개수는 21이다.

② sp^2 혼성 오비탈을 갖는 탄소 원자의 개수는 6이다.

③ 아민(amine) 작용기와 케톤(ketone) 작용기를 모두 갖는다.

④ 양성자(H^+)와 결합하는 능력은 (가)가 (나)보다 크다.

정답 4번

간단한 해설

(가)는 질소의 비공유 전자쌍으로 양성자를 받아들이는 아민이다. (나)는 **비공유 전자쌍이 카보닐기와 공명하는 아마이드**이므로, 양성자와 결합하는 능력은 (가)가 더 크다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 골격식에서 탄소는 총 결합 차수가 4가 되도록 수소를 갖는다. 왼쪽 포화 고리에는 수소가 2개씩 붙은 탄소 4개와 수소가 1개 붙은 탄소 1개가 있어 수소가 9개이다. 여기에 왼쪽 질소에 붙은 메틸기의 수소 3개, 벤젠 고리의 수소 5개, 카보닐기 오른쪽 에틸기의 수소 5개를 더하면 9 + 3 + 5 + 5 = 22개이다. 두 질소에는 수소가 붙어 있지 않으므로 전체 수소 원자 수는 **21개가 아니라 22개**이다.

② X: 벤젠 고리의 탄소 6개는 각각 sp^2 혼성화되어 있다. 여기에 산소와 이중 결합한 **카보닐 탄소 1개도 포함**해야 하므로, sp^2 혼성 오비탈을 갖는 탄소 원자는 6 + 1 = 7개이다. 나머지 탄소는 모두 단일 결합만 형성하는 sp^3 혼성 탄소이다.

③ X: (가)의 질소는 탄소 3개에 단일 결합한 3차 아민을 이룬다. 반면 (나)의 질소는 카보닐 탄소에 직접 결합하므로 그 부분은 **케톤이 아니라 아마이드 작용기**이다. 케톤은 카보닐 탄소의 양쪽에 탄소가 결합한 구조인데, 이 분자의 카보닐 탄소에는 한쪽에 질소가 결합해 있다. 따라서 아민과 아마이드 작용기를 갖는다.

④ O: 양성자와 결합하려면 질소의 비공유 전자쌍을 결합에 제공할 수 있어야 한다. (가)는 지방족 아민의 질소로, 비공유 전자쌍이 인접한 카보닐기와 공명하지 않는다. (나)는 아마이드의 질소로, **비공유 전자쌍이 카보닐기와 공명하여 비편재화**되어 있으므로 양성자와의 결합에 이용되기 어렵다. 따라서 질소 자리의 양성자 수용 능력은 (가)가 (나)보다 크다.

NoteBase

문 20. 바닥상태 중성 원자 X에서 $n + l$이 3인 전자는 총 7개이다. X에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, n, l, m_l은 각각 주양자수, 각운동량 양자수, 자기 양자수이다)

ㄱ. 3주기 원소이다.
ㄴ. 가장 안정한 이온은 X^-이다.
ㄷ. m_l이 0인 전자의 총 개수는 7이다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

$n + l = 3$인 부껍질은 **2p와 3s**이다. 바닥상태에서 여기에 전자가 총 7개 있으므로 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$이며, X는 **나트륨(Na)**이다.

보기별 해설

$n + l = 3$을 만족하는 부껍질은 2p($n = 2$, $l = 1$)와 3s($n = 3$, $l = 0$)이다. 바닥상태에서는 2p에 전자 6개가 채워진 뒤 3s에 전자가 들어가므로, 주어진 7개는 2p의 6개와 3s의 1개이다. 따라서 X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$이고, 원자 번호가 11인 나트륨(Na)이다.

ㄱ. O: 전자가 들어 있는 껍질 중 주양자수의 최댓값이 $n = 3$이므로 **3주기 원소**이다.

ㄴ. X: 나트륨은 3s의 전자 1개를 잃으면 네온과 같은 $1s^2 2s^2 2p^6$의 닫힌 껍질 전자 배치가 된다. 따라서 가장 안정한 이온은 X^-가 아니라 $\mathbf{X^+}$이다.

ㄷ. O: s 부껍질은 $l = 0$이므로 모든 전자의 m_l이 0이다. 따라서 1s, 2s, 3s에서 각각 2개, 2개, 1개가 해당한다. p 부껍질의 m_l은 −1, 0, +1이며, 완전히 채워진 2p에는 각 오비탈에 전자가 2개씩 있으므로 **2p에서 해당하는 전자는 2개**이다. 이를 합하면 2 + 2 + 1 + 2 = 7개이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이므로 ③에 해당한다.

NoteBase