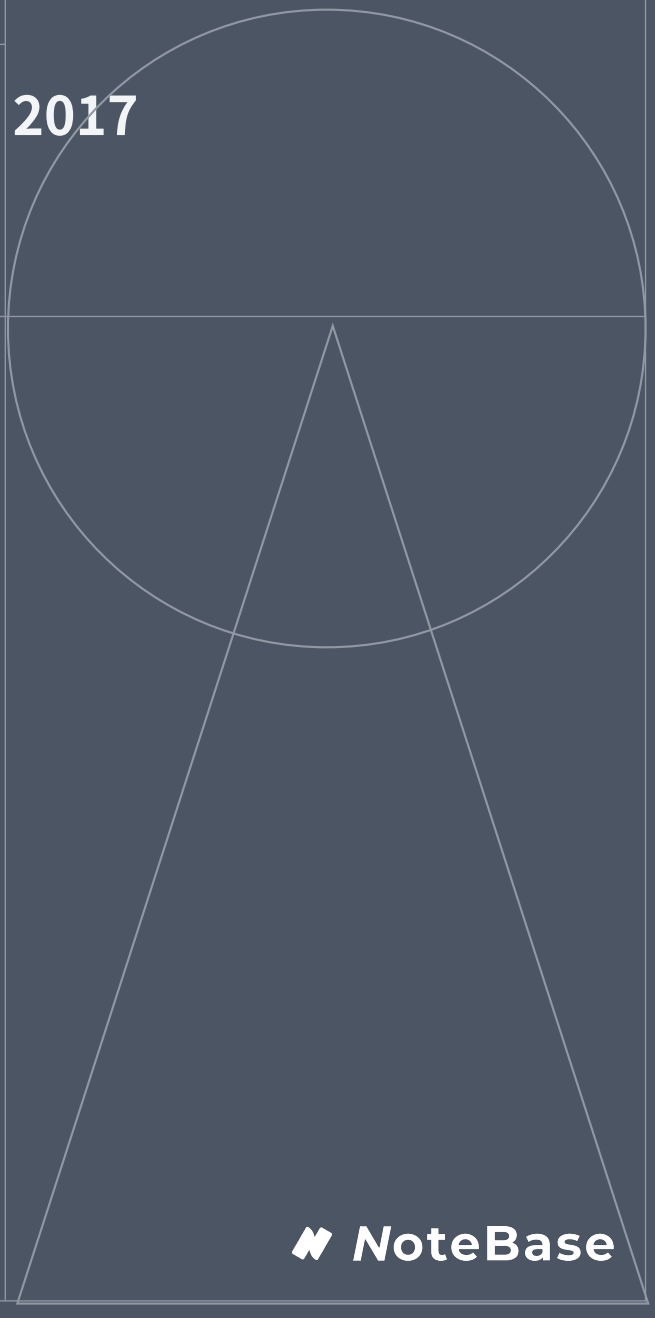
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2017

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2017

문 1. 다음 중 산화-환원 반응이 아닌 것은?

① $2Al+6HCl \rightarrow 3H_2+2AlCl_3$

② $2H_2O \rightarrow 2H_2+O_2$

③ $2NaCl+Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbCl_2+2NaNO_3$

④ $2NaI+Br_2 \rightarrow 2NaBr+I_2$

정답 3번

간단한 해설

NaCl과 $Pb(NO_3)_2$의 반응은 $PbCl_2$ 침전이 생성되는 반응으로, 반응 전후 모든 원소의 **산화수가 변하지 않는다**. 따라서 전자 이동을 수반하는 산화·환원 반응에 해당하지 않는다.

공통 해설

산화·환원 반응은 전자의 이동에 따라 원소의 산화수가 변하는 반응이다. **산화수가 증가하면 산화, 감소하면 환원**이며 두 과정은 함께 일어난다. 홑원소 물질의 산화수는 0이고, 이 문제의 화합물에서 H는 +1, O는 −2이다.

NaCl과 $Pb(NO_3)_2$의 반응에서는 Pb가 +2, Cl이 −1인 상태를 유지하면서 $PbCl_2$ 침전이 생성된다. Na는 +1, N은 +5, O는 −2로 반응 전후에 동일하다. 즉, 이온들의 결합 상대가 바뀌지만 **어느 원소의 산화수도 변하지 않으므로** 산화·환원 반응이 아니다.

나머지 반응에는 모두 산화수 변화가 있다. Al과 HCl의 반응에서는 Al이 0에서 +3으로 산화되고 H가 +1에서 0으로 환원된다. 물의 분해에서는 O가 −2에서 0으로 산화되고 H가 +1에서 0으로 환원된다. NaI와 Br_2의 반응에서는 I가 −1에서 0으로 산화되고 Br이 0에서 −1로 환원된다.

NoteBase

문 2. 주기율표에서 원소들의 주기적 경향성을 설명한 내용으로 옳지 않은 것은?

① Al의 1차 이온화 에너지가 Na의 1차 이온화 에너지보다 크다.

② F의 전자 친화도가 O의 전자 친화도보다 더 큰 음의 값을 갖는다.

③ K의 원자 반지름이 Na의 원자 반지름보다 작다.

④ Cl의 전기음성도가 Br의 전기음성도보다 크다.

정답 3번

간단한 해설

K는 Na와 같은 1족에서 더 아래에 있어 전자가 차지하는 껍질 수가 많다. 따라서 K의 원자 반지름은 Na보다 **크다**.

선지별 해설

① O: 1차 이온화 에너지는 기체 상태의 중성 원자에서 전자 하나를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. Na와 Al은 같은 3주기에 있으며, Al은 Na보다 원자가 전자가 느끼는 핵의 유효 인력이 크다. 따라서 Al의 전자를 떼어 내는 데 **더 많은 에너지**가 필요하다.

② O: 기체 상태의 중성 원자에 전자 하나가 첨가될 때의 에너지 변화를 전자 친화도로 나타낼 수 있다. 이때 에너지를 방출하면 음수로 표시한다. F는 O보다 전자를 받아들일 때 **더 많은 에너지를 방출**하므로 전자 친화도가 더 큰 음의 값을 갖는다. 즉, 그 절댓값이 더 크다.

③ X: 같은 족에서 아래로 내려가면 전자가 차지하는 껍질 수가 늘고, 안쪽 전자들이 핵의 인력을 가리는 차폐 효과도 커져 원자 반지름이 대체로 증가한다. Na는 3주기, K는 4주기 원소이므로 **K의 원자 반지름이 Na보다 크다**. 선지의 '작다'를 '크다'로 고쳐야 한다.

④ O: 전기음성도는 화학 결합을 이룬 원자가 공유 전자를 끌어당기는 상대적인 능력이다. 같은 17족에서 Cl은 Br보다 위에 있어 원자 반지름이 작고 차폐 효과가 작다. 따라서 결합 전자를 **더 강하게 끌어당기는** Cl의 전기음성도가 Br보다 크다.

NoteBase

문 3. 온도와 부피가 일정한 상태의 밀폐된 용기에 15.0 mol의 O_2와 25.0 mol의 He가 들어있다. 이 때, 전체 압력은 8.0 atm이었다. O_2 기체의 부분 압력[atm]은? (단, 용기에는 두 기체만 들어 있고, 서로 반응하지 않는 이상 기체라고 가정한다)

① 3.0

② 4.0

③ 5.0

④ 8.0

정답 1번

간단한 해설

서로 반응하지 않는 이상 기체의 부분 압력은 **전체 압력에 해당 기체의 몰분율을 곱한 값**이다. O_2의 몰분율을 적용하면 부분 압력은 3.0 atm이다.

계산 과정

부분 압력의 관계: 부분 압력은 혼합 기체의 각 성분이 같은 온도에서 용기 전체를 혼자 차지할 때 나타내는 압력이다. 이상 기체는 같은 온도와 부피에서 압력이 몰수에 비례하므로, 각 성분의 부분 압력은 $P_i = x_i P$이다. 여기서 P_i는 성분 i의 부분 압력, x_i는 그 성분의 몰분율, P는 전체 압력이다. 몰분율은 **해당 성분의 몰수를 전체 몰수로 나눈 비율**이다.

O_2의 몰분율: 용기에는 서로 반응하지 않는 O_2와 He만 있으므로 전체 몰수는 15.0 + 25.0 = 40.0 mol이다. 따라서 $x_{O_2} = \frac{15.0}{40.0} = 0.375$이다. 이는 전체 기체 입자 중 O_2가 차지하는 비율이 37.5%라는 뜻이다.

O_2의 부분 압력: 전체 압력 8.0 atm에 O_2의 몰분율을 곱하면 $P_{O_2} = 0.375 \cdot 8.0 = 3.0$ atm이다. 계산한 3.0 atm은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. Al과 Br_2로부터 Al_2Br_6가 생성되는 반응에서, 4 mol의 Al과 8 mol의 Br_2로부터 얻어지는 Al_2Br_6의 최대 몰수는? (단, Al_2Br_6가 유일한 생성물이다)

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

Al 4 mol이 모두 반응하는 데 필요한 Br_2는 6 mol이므로, 주어진 Br_2 8 mol은 충분하다. **Al이 먼저 소모되어** 반응이 멈추며, Al 2 mol당 Al_2Br_6 1 mol이 생성되므로 최대 생성량은 2 mol이다.

계산 과정

반응식: Al_2Br_6가 유일한 생성물이므로 양쪽의 Al과 Br 원자 수를 맞추면 $2Al + 3Br_2 \rightarrow Al_2Br_6$이다. 반응식의 계수는 **반응하거나 생성되는 물질의 몰수 비**를 나타내므로, Al 2 mol과 Br_2 3 mol이 반응하여 Al_2Br_6 1 mol이 생성된다.

한계 반응물: Al 4 mol이 모두 반응하는 데 필요한 Br_2의 양은 $4\ \text{mol} \times \frac{3}{2} = 6\ \text{mol}$이다. 주어진 Br_2는 8 mol이므로 필요한 양보다 2 mol 많다. 따라서 Br_2가 남아 있어도 **Al이 먼저 소모되어 반응을 제한**한다. 이처럼 최대 생성량을 결정하는 반응물을 한계 반응물이라고 한다.

최대 생성량: Al과 Al_2Br_6의 몰수 비가 2 : 1이므로, Al 4 mol에서 생성되는 Al_2Br_6는 $4\ \text{mol} \times \frac{1}{2} = 2\ \text{mol}$이다. 최대 몰수 2 mol은 ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 5. 이온 결합과 공유 결합에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 격자 에너지는 이온 화합물이 생성되는 여러 단계의 에너지를 서로 곱하여 계산한다.

② 이온의 공간 배열이 같을 때, 격자 에너지는 이온 반지름이 감소할수록 증가한다.

③ 공유 결합의 세기는 결합 엔탈피로부터 측정할 수 있다.

④ 공유 결합에서 두 원자 간 결합수가 증가함에 따라 두 원자 간 평균 결합 길이는 감소한다.

정답 1번

간단한 해설

격자 에너지는 보른–하버 순환에서 **헤스 법칙에 따라 각 단계의 엔탈피 변화를 부호를 고려하여 더해** 구한다. 여러 단계의 에너지를 서로 곱하는 것이 아니다.

선지별 해설

① X: 엔탈피는 상태 함수이므로 전체 과정의 엔탈피 변화는 그 과정을 구성하는 **단계별 엔탈피 변화의 합**과 같다. 보른–하버 순환에서는 원자의 기체화, 이온화, 전자 획득, 이온 결정 형성 등의 단계를 연결하고, 알려진 엔탈피 변화와 화합물의 생성 엔탈피를 이용해 격자 에너지를 구한다. 따라서 '서로 곱하여'는 '각 단계의 부호를 고려하여 더하는 관계를 이용하여'로 고쳐야 한다.

② O: 격자 에너지를 이온 결정 1몰을 기체 이온으로 완전히 분리하는 데 필요한 에너지로 나타내면, 이온 사이의 인력이 강할수록 그 값이 크다. 이온의 공간 배열과 전하가 같을 때 이온 반지름이 작아지면 양이온과 음이온 사이의 거리가 짧아져 **정전기적 인력이 강해진다**. 따라서 격자 에너지가 증가한다. 반대로 기체 이온이 결정을 형성하는 과정의 엔탈피로 나타내면 음수이며, 인력이 강할수록 그 절댓값이 커진다.

③ O: 결합 엔탈피는 기체 상태에서 특정 공유 결합 1몰을 끊는 데 필요한 엔탈피 변화이다. **결합을 끊는 데 더 많은 에너지가 필요할수록** 강한 결합이므로, 결합 엔탈피로 공유 결합의 세기를 평가할 수 있다.

④ O: 같은 원자쌍의 결합을 비교하면 단일 결합, 이중 결합, 삼중 결합 순으로 결합 차수가 증가한다. 일반적으로 결합 차수가 높을수록 두 핵 사이의 결합 전자 밀도가 커져 두 원자를 더 강하게 묶으므로 **평균 결합 길이는 짧아진다**.

NoteBase

문 6. 0.100 M의 NaOH 수용액 24.4 mL를 중화하는 데 H_2SO_4 수용액 20.0 mL를 사용하였다. 이 때, 사용한 H_2SO_4 수용액의 몰 농도 [M]는?

$2NaOH(aq)+H_2SO_4(aq)\rightarrow Na_2SO_4(aq)+2H_2O(l)$

① 0.0410

② 0.0610

③ 0.122

④ 0.244

정답 2번

간단한 해설

중화에 필요한 H_2SO_4의 몰수는 반응식의 계수비에 따라 NaOH 몰수의 **절반**이다. 이를 사용한 H_2SO_4 수용액의 부피로 나누면 몰 농도는 0.0610 M이다.

계산 과정

1. NaOH의 몰수: 몰 농도는 용액 1 L에 들어 있는 용질의 몰수이므로, 몰수는 몰 농도와 용액 부피를 곱해 구한다. 부피를 **L로 환산**하면 24.4 mL = 0.0244 L이므로, 사용한 NaOH의 몰수는
$n(\mathrm{NaOH}) = 0.100 \times 0.0244 = 0.00244$ mol이다.

2. H_2SO_4의 몰수: 주어진 반응식에서 **NaOH 2 mol과 H_2SO_4 1 mol**이 반응한다. 따라서 NaOH 0.00244 mol을 중화하는 데 필요한 H_2SO_4의 몰수는 $n(H_2SO_4) = \frac{0.00244}{2} = 0.00122$ mol이다.

3. H_2SO_4의 몰 농도: 몰 농도는 용질의 몰수를 **해당 용액의 부피**로 나눈 값이다. H_2SO_4 수용액 20.0 mL = 0.0200 L에 H_2SO_4 0.00122 mol이 들어 있으므로, $C = \frac{0.00122\ \mathrm{mol}}{0.0200\ \mathrm{L}} = 0.0610$ mol/L이다.

따라서 H_2SO_4 수용액의 몰 농도는 0.0610 M이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 다음 반응은 500 °C에서 평형 상수 K=48이다.
같은 온도에서 10 L 용기에 H_2 0.01 mol, I_2 0.03 mol, HI 0.02 mol로 반응을 시작하였다. 이때, 반응 지수 Q의 값과 평형을 이루기 위한 반응의 진행 방향으로 옳은 것은?

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2HI(g)$

① Q=1.3, 왼쪽에서 오른쪽

② Q=13, 왼쪽에서 오른쪽

③ Q=1.3, 오른쪽에서 왼쪽

④ Q=13, 오른쪽에서 왼쪽

정답 1번

간단한 해설

주어진 초기 농도로 계산한 반응 지수는 **Q ≈ 1.3**이다. 같은 온도의 평형 상수 K = 48보다 작으므로, HI가 생성되어 Q가 커지는 **왼쪽에서 오른쪽**으로 반응이 진행된다.

계산 과정

초기 농도: 반응 지수 Q는 평형에 도달하기 전의 조성으로 계산한다. 각 기체의 몰농도는 물질량을 용기 부피 10 L로 나눈 값이다. 따라서 $[H_2] = \frac{0.01}{10} = 0.001\text{mol/L}$, $[I_2] = \frac{0.03}{10} = 0.003\text{mol/L}$, $[HI] = \frac{0.02}{10} = 0.002\text{mol/L}$이다.

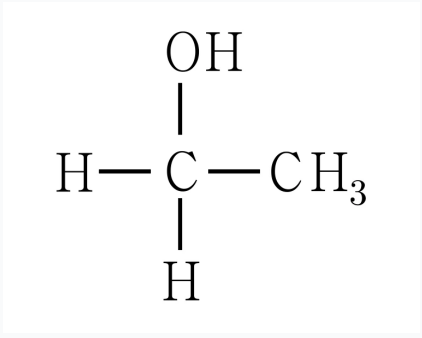
반응 지수 계산: 반응식 $H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2HI(g)$에서 생성물의 농도는 분자에, 반응물의 농도는 분모에 놓고 **반응식의 계수를 지수로** 쓴다. 따라서 $Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$이다. 초기 농도를 대입하면 $Q = \frac{(0.002)^2}{0.001 \cdot 0.003} = \frac{4}{3} \approx 1.3$이다. 이 반응에서는 분자와 분모의 농도 차수가 같아 단위가 상쇄된다.

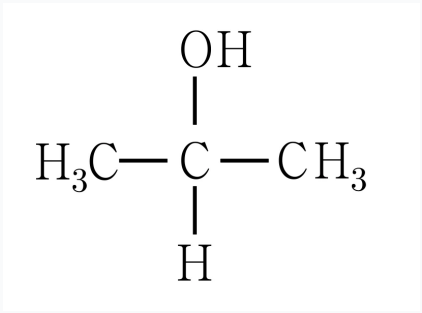
진행 방향: 500 °C에서 Q ≈ 1.3은 K = 48보다 작다. 이는 평형 상태에 비해 반응물 농도의 곱에 대한 HI 농도 제곱의 비가 작다는 뜻이다. **H_2와 I_2가 소모되고 HI가 생성되는 정반응**이 진행되면 분자는 커지고 분모는 작아져 Q가 증가한다. Q가 K와 같아질 때 평형에 도달하므로 진행 방향은 왼쪽에서 오른쪽이다.

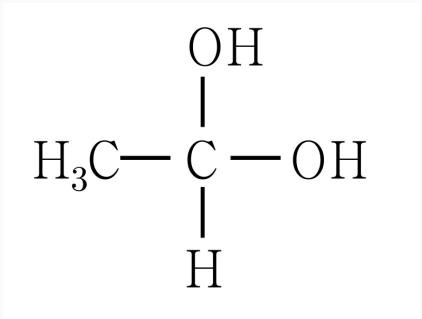
Q ≈ 1.3이고 진행 방향이 왼쪽에서 오른쪽인 조합은 ①에 해당한다.

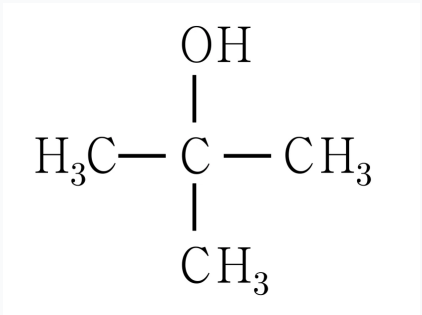
NoteBase

문 8. 다음 알코올 중 산화 반응이 일어날 수 없는 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

간단한 해설

④는 OH가 붙은 탄소에 메틸기 세 개가 결합한 3차 알코올로, **그 탄소에 수소가 없다**. 따라서 탄소 골격을 유지하면서 카보닐기를 만드는 일반적인 알코올 산화가 일어나지 않는다.

NoteBase

공통 해설

일반적인 알코올 산화에서는 OH의 수소와 **OH가 붙은 탄소의 수소**가 제거되면서 탄소–산소 이중 결합인 카보닐기가 만들어진다. 따라서 분자 전체의 수소 수가 아니라, OH가 직접 붙은 탄소에 수소가 있는지를 확인해야 한다. 여기서 말하는 산화는 연소나 탄소 골격의 분해가 아니라, 탄소 골격을 유지하는 통상적인 알코올 산화이다.

①·②·③은 OH가 붙은 탄소에 수소가 각각 2개·1개·1개 있으므로 이 방식의 산화가 가능하다. 특히 ③은 같은 탄소에 OH가 두 개 붙은 구조이지만, 그 탄소에 수소가 남아 있다. 이 수소와 한 OH의 수소가 제거되어 카보닐기가 생기면 다른 OH는 남으므로 카복실산으로 산화될 수 있다.

OH가 붙은 탄소에 메틸기 세 개가 결합한 3차 알코올은 그 탄소에 수소가 없다. OH 자체와 메틸기에는 수소가 있어도 필요한 위치의 수소가 없으므로, 탄소 골격을 유지하는 일반적인 산화로 카보닐기를 만들 수 없다.

NoteBase

문 9. 다음은 어떤 갈바니 전지(또는 볼타 전지)를 표준 전지 표시법으로 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

$Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$

① 단일 수직선(|)은 염다리를 나타낸다.

② 이중 수직선(∥) 왼쪽이 환원 전극 반쪽 전지이다.

③ 전지에서 Cu^{2+}는 전극에서 Cu로 환원된다.

④ 전자는 외부 회로를 통해 환원 전극에서 산화 전극으로 흐른다.

정답 3번

간단한 해설

전지 표시의 오른쪽은 환원 전극이다. 이곳에서 Cu^{2+}는 **전자 2개를 받아 Cu로 환원**되어 구리 전극 표면에 석출된다.

선지별 해설

① X: 단일 수직선(|)은 **서로 다른 상 사이의 경계**를 나타낸다. 여기서는 고체 금속 전극과 수용액 사이의 경계이다. 염다리는 두 반쪽 전지 사이의 이중 수직선(∥)으로 표시한다.

② X: 표준 전지 표시법에서는 왼쪽에 **산화 전극 반쪽 전지**, 오른쪽에 환원 전극 반쪽 전지를 쓴다. 따라서 왼쪽 아연 전극에서는 $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$의 산화 반응이 일어난다.

③ O: 오른쪽 구리 전극에서는 $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$의 반응이 일어난다. 수용액의 Cu^{2+}가 **전자 2개를 얻어** 금속 Cu로 변하므로 환원 반응이며, 생성된 구리는 전극 표면에 석출된다.

④ X: 전자는 외부 회로를 통해 **산화 전극에서 환원 전극으로** 흐른다. 이 전지에서는 아연의 산화로 방출된 전자가 아연 전극에서 구리 전극으로 이동하여 Cu^{2+}의 환원에 쓰인다.

NoteBase

문 10. 다음은 25 ℃, 수용액 상태에서 산의 세기를 비교한 것이다. 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. $H_2O < H_2S$
ㄴ. $HI < HCl$
ㄷ. $CH_3COOH < CCl_3COOH$
ㄹ. $HBrO < HClO$

① ㄱ, ㄴ
② ㄷ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

간단한 해설

같은 족의 수소 화합물은 아래로 갈수록 수소와의 결합이 약해져 산의 세기가 커진다. 따라서 ㄴ의 비교는 **HCl < HI**로 고쳐야 한다.

NoteBase

보기별 해설

산의 세기는 H^+를 내놓기 쉬운 정도이다. 이를 비교할 때는 수소와의 결합 세기와 H^+를 잃고 생기는 짝염기의 안정성을 함께 살핀다.

ㄱ. O: H_2S는 H_2O보다 강한 산이다. 같은 족에서 S는 O보다 원자 크기가 커서 **H–S 결합이 H–O 결합보다 약하다**. 또한 H^+를 잃고 생긴 HS^-는 OH^-보다 크기가 커 음전하가 더 넓게 퍼진다. 이 때문에 H_2S가 H_2O보다 H^+를 내놓기 쉽다.

ㄴ. X: 할로젠화 수소의 산의 세기는 같은 족에서 아래로 갈수록 커지므로 **HCl < HI**이다. I는 Cl보다 원자 크기가 커 H–I 결합이 H–Cl 결합보다 약하고, 생성되는 I^-도 음전하를 넓게 분산시킨다. HCl과 HI는 모두 수용액에서 강산으로 작용하지만, 산의 세기 순서를 HI < HCl로 비교한 것은 반대이다.

ㄷ. O: CCl_3COOH는 CH_3COOH보다 강한 산이다. CCl_3COOH의 Cl 원자들은 전기음성도가 커서 결합을 따라 전자 밀도를 끌어당기는 **전자 끌기 유도 효과**를 나타낸다. 이 효과가 H^+를 잃고 생긴 CCl_3COO^-의 음전하를 안정화하므로, CH_3COOH보다 H^+를 내놓기 쉽다.

ㄹ. O: HClO와 HBrO처럼 구조와 산소 원자 수가 같은 산소산은 **중심 원자의 전기음성도가 클수록** 강한 산이다. Cl은 Br보다 전기음성도가 커서 산소를 통해 전자 밀도를 더 강하게 끌어당긴다. 이에 따라 O–H 결합에서 H^+가 떨어져 나가기 쉬워지고 짝염기 ClO^-도 안정화되므로, HBrO < HClO이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 11. 화석 연료는 주로 탄화수소(C_nH_{2n+2})로 이루어지며, 소량의 황, 질소 화합물을 포함하고 있다. 화석 연료를 연소하여 에너지를 얻을 때, 연소 반응의 생성물 중에서 산성비 또는 스모그의 주된 원인이 되는 물질이 아닌 것은?

① CO_2

② SO_2

③ NO

④ NO_2

정답 1번

간단한 해설

이산화 탄소(CO_2)는 빗물에 녹아 약한 탄산을 만들지만, **산성비나 스모그의 주된 원인은 아니다**. 산성비는 주로 황 산화물과 질소 산화물에서 생성되는 황산·질산 때문에 발생한다.

선지별 해설

① X: 이산화 탄소(CO_2)는 물에 녹아 약한 산인 탄산을 형성하므로 자연 상태의 빗물도 약한 산성을 띤다. 그러나 산성비는 주로 황산·질산에 의해 빗물이 자연 상태보다 더 산성화되는 현상이다. 따라서 CO_2를 **산성비나 스모그의 주된 원인 물질로 보지 않는다**.

② O: 이산화 황(SO_2)은 연료에 포함된 황 성분이 연소할 때 발생한다. 대기 중에서 산화되고 물과 반응하여 **황산을 형성**하므로 산성비의 주요 원인 물질이다.

③ O: 일산화 질소(NO)는 대기 중에서 이산화 질소(NO_2)로 산화된다. NO와 NO_2를 포함하는 질소 산화물은 휘발성 유기 화합물과 함께 햇빛 아래에서 반응하여 오존 등 광화학 산화제가 생성되는 데 관여하므로 **광화학 스모그의 원인 물질**에 해당한다.

④ O: 이산화 질소(NO_2)는 대기 중의 반응을 거쳐 **질산을 형성하여 산성비를 유발**한다. 또한 햇빛을 받아 광분해되는 과정은 오존 생성으로 이어지므로 광화학 스모그에도 관여한다.

NoteBase

문 12. 다음 원자들에 대한 설명으로 옳은 것은?

① ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$, 원자 번호: 1, 양성자 수: 1, 전자 수: 2, 중성자 수: 2, 질량수: 3

② ${}^{13}_{6}\mathrm{C}$, 원자 번호: 6, 양성자 수: 6, 전자 수: 6, 중성자 수: 7, 질량수: 13

③ ${}^{17}_{8}\mathrm{O}$, 원자 번호: 8, 양성자 수: 8, 전자 수: 8, 중성자 수: 8, 질량수: 16

④ ${}^{15}_{7}\mathrm{N}$, 원자 번호: 7, 양성자 수: 7, 전자 수: 8, 중성자 수: 8, 질량수: 15

정답 2번

간단한 해설

${}^{13}_{6}\mathrm{C}$는 원자 번호가 6이므로 양성자가 6개이며, **전기적으로 중성인 원자**이므로 전자도 6개이다. 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이므로 중성자는 13 − 6 = 7개이다.

선지별 해설

원자 기호 ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$에서 아래 첨자 Z는 원자 번호로 양성자 수와 같고, 위 첨자 A는 질량수로 양성자 수와 중성자 수의 합이다. 따라서 중성자 수는 질량수에서 원자 번호를 뺀 값이다. 이 문제의 원자들은 전하가 표시되지 않은 중성 원자이므로 전자 수와 양성자 수가 같다.

① X: ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$의 원자 번호와 양성자 수는 1이고, 질량수는 3이다. 중성자 수는 3 − 1 = 2로 제시된 값과 같지만, 중성 원자의 **전자 수는 2가 아니라 1**이다.

② O: ${}^{13}_{6}\mathrm{C}$의 원자 번호와 양성자 수는 6이고, 중성 원자이므로 전자 수도 6이다. 중성자 수는 13 − 6 = 7이며, **양성자 6개와 중성자 7개의 합**이 질량수 13과 일치한다. 제시된 다섯 항목이 모두 맞는다.

③ X: ${}^{17}_{8}\mathrm{O}$의 원자 번호, 양성자 수, 전자 수는 각각 8이다. 그러나 기호의 **위 첨자 17이 질량수**이므로 질량수는 16이 아니라 17이고, 중성자 수는 8이 아니라 17 − 8 = 9이다.

④ X: ${}^{15}_{7}\mathrm{N}$의 원자 번호와 양성자 수는 7이고, 질량수는 15이다. 중성자 수는 15 − 7 = 8로 제시된 값과 같지만, 중성 원자의 **전자 수는 8이 아니라 7**이다.

NoteBase

문 13. 다음 화학 반응식을 균형 맞춘 화학 반응식으로 만들었을 때, 얻어지는 계수 a, b, c, d의 합은? (단, a, b, c, d는 최소 정수비를 가진다)

$aC_8H_{18}(l) + bO_2(g) \rightarrow cCO_2(g) + dH_2O(g)$

① 60

② 61

③ 62

④ 63

정답 2번

간단한 해설

옥테인의 계수를 1로 두면 산소의 계수가 $\frac{25}{2}$가 되므로, **모든 계수를 2배** 하여 최소 정수비로 만든다. 이때 계수는 2, 25, 16, 18이고 합은 61이다.

계산 과정

화학 반응에서는 반응 전후에 각 원소의 원자 수가 보존된다. 따라서 화학식의 아래첨자는 그대로 두고, 각 물질 앞의 계수를 조절하여 양쪽의 원자 수를 맞춘다.

탄소와 수소: 먼저 $a = 1$로 두면 C_8H_{18}에 탄소 원자 8개와 수소 원자 18개가 있다. CO_2에는 탄소 원자가 1개씩 있으므로 $c = 8$, H_2O에는 수소 원자가 2개씩 있으므로 $d = \frac{18}{2} = 9$이다.

산소: 생성물의 산소 원자 수는 이산화 탄소에서 $8 \times 2 = 16$개, 물에서 $9 \times 1 = 9$개로 총 25개이다. 반응물의 산소 분자 O_2 하나에는 산소 원자가 2개 있으므로 $b = \frac{25}{2}$이다.

최소 정수비: 지금까지 얻은 계수비는 $a : b : c : d = 1 : \frac{25}{2} : 8 : 9$이다. **비율을 유지하면서 모든 계수를 정수로** 만들기 위해 네 계수를 모두 2배 하면 $a = 2, b = 25, c = 16, d = 18$이 된다. 네 정수의 공약수는 1뿐이므로 최소 정수비를 만족한다.

계수의 합: $a + b + c + d = 2 + 25 + 16 + 18 = 61$이며, 이는 ②의 61에 해당한다.

NoteBase

문 14. 다음은 중성 원자 A⊠D의 전자 배치를 나타낸 것이다. A⊠D에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, A⊠D는 임의의 원소 기호이다.)

A: $1s^2 3s^1$
B: $1s^2 2s^2 2p^3$
C: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
D: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

① A는 바닥 상태의 전자 배치를 가지고 있다.
② B의 원자가 전자 수는 4개이다.
③ C의 홀전자 수는 D의 홀전자 수보다 많다.
④ C의 가장 안정한 형태의 이온은 C^+이다.

정답 4번

간단한 해설

C는 가장 바깥의 3s 전자 1개를 잃으면 **네온과 같은 닫힌 전자 껍질**을 이루므로, 가장 안정한 형태의 이온은 C^+이다.

선지별 해설

① X: A의 전자는 총 3개이다. 바닥 상태에서는 1s 오비탈에 전자 2개가 채워진 뒤, 남은 전자 1개가 3s보다 에너지가 낮은 2s 오비탈에 들어간다. 따라서 바닥 상태의 전자 배치는 $1s^2 2s^1$이며, 제시된 $1s^2 3s^1$은 **들뜬 상태**의 전자 배치이다.

② X: B의 가장 바깥 전자 껍질은 두 번째 껍질이다. 여기에 2s 전자 2개와 2p 전자 3개가 있으므로, 원자가 전자 수는 2 + 3 = **5개**이다.

③ X: 홀전자는 오비탈에 짝을 이루지 않고 홀로 들어 있는 전자이다. C는 3s에 전자 1개가 있으므로 홀전자가 1개이다. D의 3p 전자 4개는 훈트 규칙에 따라 세 p 오비탈에 하나씩 들어간 뒤, 네 번째 전자가 한 오비탈에서 짝을 이룬다. 따라서 D의 홀전자는 2개이며, **C의 홀전자 수가 D보다 적다**.

④ O: C는 전자가 11개인 나트륨에 해당한다. 가장 바깥의 3s 전자 1개를 잃으면 C^+가 되고, 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$이 된다. 이는 네온과 같은 전자 배치로, 가장 바깥 전자 껍질에 전자 8개가 채워진 **안정한 닫힌 껍질 구조**이다. 따라서 C의 가장 안정한 형태의 이온은 C^+이다.

NoteBase

문 15. 메테인(CH_4)과 에텐(C_2H_4)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① ∠ H–C–H의 결합각은 메테인이 에텐보다 크다.

② 메테인의 탄소는 sp^2 혼성을 한다.

③ 메테인 분자는 극성 분자이다.

④ 에텐은 Br_2와 첨가 반응을 할 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

에텐의 탄소 사이 이중 결합에는 **첨가 반응에 참여하는 π 결합**이 있다. Br_2가 첨가되면 이중 결합이 단일 결합으로 바뀌고, 두 탄소에 Br이 하나씩 결합한다.

선지별 해설

① X: 메테인은 탄소를 중심으로 네 수소가 정사면체를 이루므로 H–C–H 결합각이 약 109.5°이다. 에텐에서는 각 탄소 주위가 평면 삼각형에 가까운 구조를 이루어 H–C–H 결합각이 이보다 크다. 따라서 결합각은 **메테인이 에텐보다 작다**.

② X: 메테인의 탄소는 sp^3 **혼성**을 한다. 탄소의 s 오비탈 하나와 p 오비탈 세 개가 혼성하여 만든 네 혼성 오비탈이 각각 수소와 σ 결합을 형성한다. sp^2 혼성은 에텐의 각 탄소에 해당하며, 혼성에 참여하지 않은 p 오비탈끼리 겹쳐 π 결합을 만든다.

③ X: 메테인은 **무극성 분자**이다. C–H 결합의 작은 쌍극자 모멘트들이 대칭적인 정사면체 구조에서 서로 상쇄되므로 분자 전체의 쌍극자 모멘트는 0이다. 결합에 극성이 있더라도 분자 전체가 반드시 극성인 것은 아니다.

④ O: 에텐의 C=C 이중 결합은 σ 결합 하나와 π 결합 하나로 이루어진다. Br_2와 반응하면 **π 결합이 끊어지고 각 탄소에 C–Br 결합이 하나씩 형성**된다. 탄소 사이에는 단일 결합이 남으며, 생성물은 $CH_2Br–CH_2Br$인 1,2-다이브로모에테인이다. 이처럼 이중 결합에 원자들이 더해지는 반응이 첨가 반응이다.

NoteBase

문 16. 0.100 *M* CH_3COOH($K_a = 1.80 \times 10^{-5}$) **수용액 20.0 mL에** 0.100 *M NaOH* **수용액 10.0 mL를 첨가한 후, 용액의 pH를 구하면? (단,** $\log 1.80 = 0.255$**이다)**

① 2.875

② 4.745

③ 5.295

④ 7.875

정답 2번

간단한 해설

첨가한 NaOH가 아세트산의 절반을 중화하므로, 남은 아세트산과 생성된 아세트산 이온의 **물질량이 같아진다**. 이 완충 용액에서는 pH ≈ pK_a이므로 pH는 5 − 0.255 = 4.745이다.

계산 과정

1. 중화 전 물질량: 아세트산의 물질량은 0.100 × 0.0200 = 0.00200 mol, 즉 2.00 mmol이다. NaOH의 물질량은 0.100 × 0.0100 = 0.00100 mol, 즉 1.00 mmol이다. NaOH는 강염기이므로 수용액에서 해리하여 같은 물질량의 OH^-을 공급한다.

2. 중화 후 조성: 중화 반응은 $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$이며, 아세트산과 수산화 이온이 1 : 1로 반응한다. 따라서 수산화 이온은 모두 소모되고, 아세트산은 2.00 − 1.00 = 1.00 mmol 남으며 아세트산 이온은 1.00 mmol 생성된다. 약산과 그 짝염기가 함께 있는 **완충 용액**이 된다. 두 성분은 같은 용액 부피를 공유하므로, 물질량이 같으면 농도도 같다. 혼합 부피를 30.0 mL로 보면 각 농도는 약 0.0333 M이며, 산 해리에 따른 추가 농도 변화는 이 값에 비해 작다고 근사할 수 있다.

3. pH 계산: 아세트산의 산 해리 평형에서 $K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$이다. 이를 수소 이온 농도로 정리하면 $[H^+] = K_a\frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$이다. 중화 후 **약산과 짝염기의 농도비가 1**이므로 완충 용액 근사에서 $[H^+] \approx K_a$가 된다. 따라서 pH ≈ $-\log(1.80 \times 10^{-5})$이고, 주어진 로그값을 대입하면 pH는 5 − 0.255 = 4.745로 ②에 해당한다.

NoteBase

문 17. 다음은 오존(O_3)층 파괴의 주범으로 의심되는 프레온-12 (CCl_2F_2)와 관련된 화학 반응의 일부이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

(가) $CCl_2F_2(g) + h\nu \rightarrow CClF_2(g) + Cl(g)$
(나) $Cl(g) + O_3(g) \rightarrow ClO(g) + O_2(g)$
(다) $O(g) + ClO(g) \rightarrow Cl(g) + O_2(g)$

① (가) 반응을 통해 탄소(C)는 환원되었다.
② (나) 반응에서 생성되는 ClO에는 홀전자가 있다.
③ 오존(O_3) 분자 구조내의 π 결합은 비편재화되어 있다.
④ 오존(O_3) 분자 구조내의 결합각 ∠O-O-O은 180°이다.

정답 4번

간단한 해설

오존은 중심 산소에 비공유 전자쌍이 있어 **굽은형 구조**를 이룬다. O–O–O 결합각은 180°가 아니라 **약 117°**이다.

선지별 해설

① O: 산화수가 감소하면 환원이다. CCl_2F_2에서 Cl과 F의 산화수는 각각 −1이므로 탄소의 산화수는 +4이다. (가)에서 생성된 중성 라디칼 $CClF_2$에서는 탄소의 산화수가 +3이다. 따라서 탄소는 **산화수가 +4에서 +3으로 감소**하여 환원되었다.

② O: Cl의 원자가전자는 7개, O의 원자가전자는 6개이므로 중성 ClO의 원자가전자 수는 7 + 6 = 13개이다. 전자수가 **홀수**이므로 모든 전자가 쌍을 이룰 수 없으며, 홀전자가 존재한다. 따라서 (나)에서 생성된 ClO는 라디칼이다.

③ O: 오존의 루이스 구조는 이중 결합의 위치가 서로 다른 두 공명 구조로 나타낸다. 실제 분자는 어느 한 공명 구조에 고정된 것이 아니라 공명 혼성체이므로, **π 전자가 세 산소 원자에 걸쳐 비편재화**되어 있다. 따라서 두 O–O 결합은 동등하며 단일 결합과 이중 결합의 중간 성격을 갖는다.

④ X: 오존의 중심 산소에는 결합에 참여하는 전자 영역 2개와 비공유 전자쌍 1개가 있다. 다중 결합도 전자 영역 하나로 세므로, 중심 산소 주위의 전자 영역은 총 3개이다. 전자 영역의 배치는 평면 삼각형이지만 원자들의 배열은 **굽은형**이다. 비공유 전자쌍의 반발로 O–O–O 결합각은 120°보다 작은 약 117°이며, 180°인 직선형이 아니다.

NoteBase

문 18. 몰질량이 56 g/mol인 금속 M 112 g을 산화시켜 실험식이 M_xO_y인 산화물 160 g을 얻었을 때, 미지수 x, y를 각각 구하면? (단, O의 몰질량은 16 g/mol이다)

① $x = 2, y = 3$

② $x = 3, y = 2$

③ $x = 1, y = 5$

④ $x = 1, y = 2$

정답 1번

간단한 해설

산화물에서 늘어난 질량 48 g은 결합한 산소의 질량이다. 금속 M과 산소 원자의 몰수는 각각 2 mol과 3 mol이므로, 실험식의 아래 첨자는 **몰수의 가장 간단한 정수비**에 따라 $x = 2$, $y = 3$이다.

계산 과정

산소의 질량: 금속 M 112 g이 산소와 결합하여 산화물 160 g이 되었으므로, **증가한 질량이 결합한 산소의 질량**이다. 따라서 산소의 질량은 160 − 112 = 48 g이다.

금속 M의 몰수: 몰질량은 물질 1 mol의 질량이므로, 질량을 몰질량으로 나누어 몰수를 구한다. 금속 M의 몰수는 $n(\mathrm{M}) = \frac{112\mathrm{g}}{56\mathrm{g/mol}} = 2\mathrm{mol}$이다.

산소 원자의 몰수: 산화물의 원자 수 비를 구하므로 **산소 원자 O의 몰질량 16 g/mol**을 사용한다. 산소 원자의 몰수는 $n(\mathrm{O}) = \frac{48\mathrm{g}}{16\mathrm{g/mol}} = 3\mathrm{mol}$이다.

실험식 결정: 실험식은 화합물을 이루는 원자 수의 가장 간단한 정수비를 나타낸다. 원자 수 비는 몰수 비와 같으므로 $x : y = n(\mathrm{M}) : n(\mathrm{O}) = 2 : 3$이다. 2와 3은 더 줄일 수 없는 정수비이므로 실험식은 $\mathrm{M_2O_3}$이며, $x = 2, y = 3$인 ①에 해당한다.

NoteBase

문 19. H_2와 ICl이 기체상에서 반응하여 I_2와 HCl을 만든다. 이 반응은 다음과 같이 두 단계 메커니즘으로 일어난다. 전체 반응에 대한 속도 법칙으로 옳은 것은?

$H_2(g) + 2ICl(g) \rightarrow I_2(g) + 2HCl(g)$
단계 1: $H_2(g) + ICl(g) \rightarrow HI(g) + HCl(g)$ (속도 결정 단계)
단계 2: $HI(g) + ICl(g) \rightarrow I_2(g) + HCl(g)$ (빠름)

① 속도 = $k[H_2][ICl]^2$
② 속도 = $k[HI][ICl]^2$
③ 속도 = $k[H_2][ICl]$
④ 속도 = $k[HI][ICl]$

정답 3번

간단한 해설

전체 반응의 속도는 **속도 결정 단계인 단계 1**에 의해 정해진다. 이 단계에는 수소와 일염화 아이오딘이 한 분자씩 참여하므로 속도 법칙은 $v = k[H_2][ICl]$이다.

공통 해설

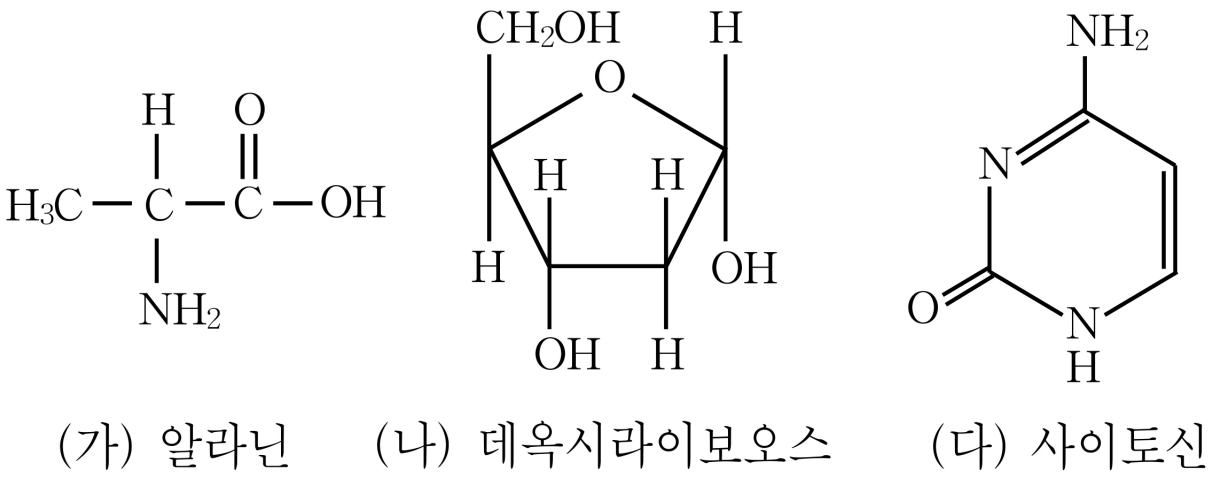
여러 단계를 거치는 반응에서 느린 속도 결정 단계가 전체 반응의 진행 속도를 제한한다. 주어진 메커니즘의 각 단계는 단일 단계 반응이므로, 그 단계의 속도 법칙에서는 **반응물의 계수가 농도의 지수**가 된다. 여기서 대괄호는 해당 물질의 몰 농도, k는 속도 상수이다.

단계 1은 $H_2 + ICl \rightarrow HI + HCl$이며 속도 결정 단계로 주어져 있다. 반응물인 H_2와 ICl의 계수가 각각 1이므로 두 물질의 농도에 각각 1차로 비례한다. 따라서 전체 반응의 속도 법칙은 $v = k[H_2][ICl]$이다.

전체 반응식에서 ICl의 계수가 2인 것은 두 단계를 합했을 때 소모되는 양을 뜻한다. 전체 반응식의 계수를 **그대로 반응 차수로 쓰면 안 된다**. 또한 HI는 단계 1에서 생성되어 빠른 단계 2에서 소모되는 중간체이므로, 이 메커니즘에서는 속도 결정 단계의 반응물인 H_2 대신 속도 법칙에 넣지 않는다.

NoteBase

문 20. 다음 화합물들에 대한 설명으로 옳은 것은?



① (가)는 뉴클레오타이드를 구성하는 기본 단위이다.

② (가)는 브뢴스테드-로우리 산과 염기로 모두 작용할 수 있다.

③ (나)는 단백질을 구성하는 기본 단위이다.

④ 데옥시라이보핵산(DNA)에서 (다)는 인산과 직접 연결되어 있다.

정답 2번

간단한 해설

(가)의 알라닌은 카복실기(–COOH)가 양성자를 내놓고, 아미노기(–NH_2)가 양성자를 받을 수 있다. 따라서 **브뢴스테드-로우리 산과 염기로 모두 작용**할 수 있다.

NoteBase

선지별 해설

① X: (가)는 아미노기와 카복실기를 가진 아미노산인 알라닌으로, **단백질을 구성하는 기본 단위**이다. 뉴클레오타이드는 아미노산이 아니라 인산, 오탄당, 질소 염기로 이루어진다.

② O: 브뢴스테드-로우리 산은 양성자(H^+)를 주는 물질이고, 염기는 양성자를 받는 물질이다. 알라닌의 카복실기(–COOH)는 H^+를 내놓아 $–COO^-$가 될 수 있고, 아미노기($–NH_2$)는 H^+를 받아 $–NH_3^+$가 될 수 있다. 이처럼 **양성자를 주고받을 수 있는 작용기를 함께 가지므로** 산과 염기로 모두 작용할 수 있다.

③ X: (나)는 오탄당인 데옥시라이보오스로, **DNA의 뉴클레오타이드를 구성하는 당**이다. 단백질의 기본 단위는 데옥시라이보오스가 아니라 알라닌과 같은 아미노산이다.

④ X: (다)는 DNA를 구성하는 질소 염기인 사이토신이다. DNA에서 사이토신은 인산이 아니라 **데옥시라이보오스와 직접 연결**된다. 인산도 데옥시라이보오스에 결합하여 당과 함께 DNA의 골격을 이루므로, 염기와 인산 사이에는 당이 놓인다.

NoteBase