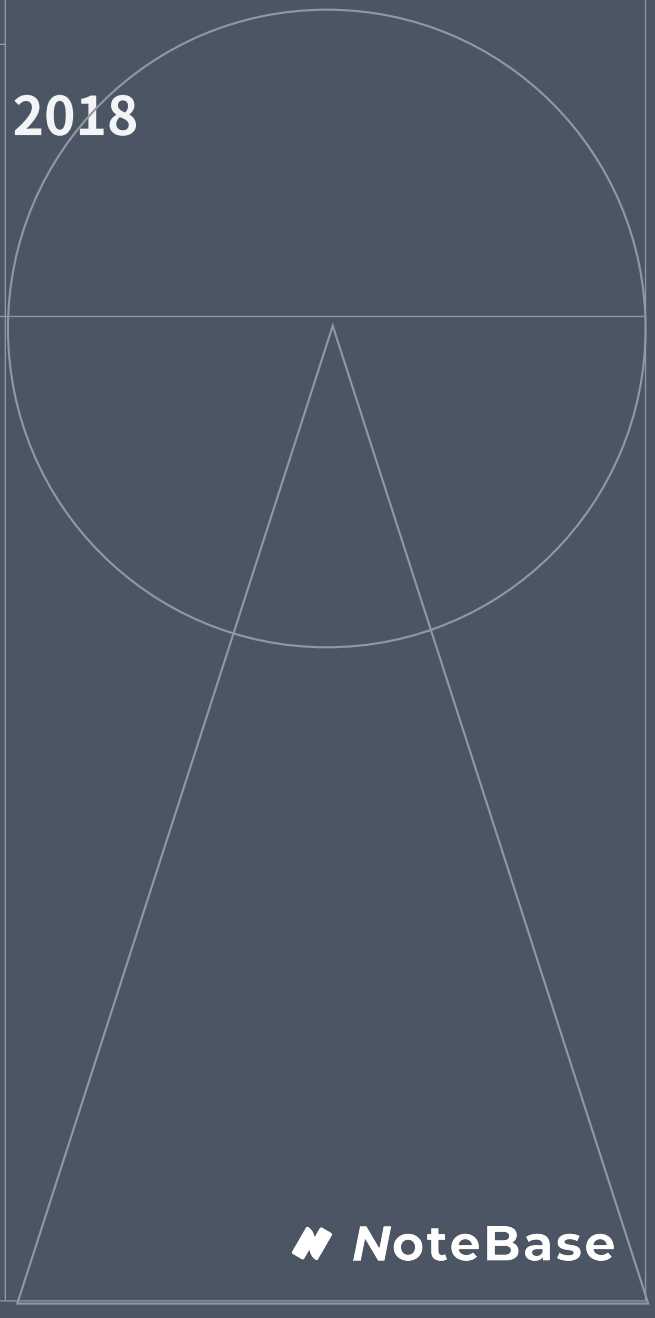
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2018

공무원/지방직/9급 · 화학 · 2018

문 1. 산소와 헬륨으로 이루어진 가스통을 가진 잠수부가 바다 속 60 m에서 잠수중이다. 이 깊이에서 가스통에 들어 있는 산소의 부분 압력이 1140 mmHg일 때, 헬륨의 부분 압력[atm]은? (단, 이 깊이에서 가스통의 내부 압력은 7.0 atm이다)

① 5.0

② 5.5

③ 6.0

④ 6.5

정답 2번

간단한 해설

산소와 헬륨의 **부분 압력을 더하면 전체 압력**이 된다. 산소의 부분 압력 1140 mmHg는 1.5 atm이므로, 헬륨의 부분 압력은 7.0 − 1.5 = 5.5 atm이다.

계산 과정

산소와 헬륨을 이상 기체로 취급하면 달톤의 부분 압력 법칙을 적용할 수 있다. 부분 압력은 각 성분 기체가 같은 온도에서 혼자 가스통 전체 부피를 차지할 때 나타내는 압력이다. 두 기체만 들어 있으므로 **전체 압력은 두 부분 압력의 합**이며, $P = p_{O_2} + p_{He}$이다. 수심 60 m에서의 전체 압력 P는 문제에서 7.0 atm으로 주어졌다.

압력을 빼기 전에 **단위를 atm으로 통일**한다. 1 atm = 760 mmHg이므로 산소의 부분 압력은 $p_{O_2} = \frac{1140}{760}\text{atm} = 1.5\text{atm}$이다. 이는 전체 압력 7.0 atm 중 산소가 기여하는 압력이다.

전체 압력에서 산소의 부분 압력을 빼면 헬륨의 부분 압력은 7.0 − 1.5 = 5.5 atm이다. 이는 ②의 5.5 atm에 해당한다.

NoteBase

문 2. 다음 각 원소들이 아래와 같은 원자 구성을 가지고 있을 때, 동위원소는?

${}^{410}_{186}A$	${}^{410}_{183}X$	${}^{412}_{186}Y$	${}^{412}_{185}Z$

① A, Y

② A, Z

③ X, Y

④ X, Z

정답 1번

간단한 해설

A와 Y는 **원자번호가 같고 질량수가 다르다**. 따라서 같은 원소이면서 중성자 수가 다른 동위원소이다.

공통 해설

동위원소는 **양성자 수가 같고 중성자 수가 다른** 원자이다. 원자번호는 양성자 수이고, 질량수는 양성자 수와 중성자 수의 합이므로, 원자번호가 같으면서 질량수가 다르면 동위원소에 해당한다. 그림에서 기호의 왼쪽 아래 숫자는 원자번호, 왼쪽 위 숫자는 질량수이다.

A와 Y의 원자번호는 모두 186이고, 질량수는 각각 410과 412이다. 양성자 수는 같지만 중성자 수가 다르므로 A와 Y는 동위원소이다.

X의 원자번호는 183, Z의 원자번호는 185이다. 나머지 후보 짝인 A·Z, X·Y, X·Z는 모두 **서로 원자번호가 다르다**. 따라서 이들은 동위원소가 아니다.

NoteBase

문 3. 다음 평형 반응식의 평형 상수 K값의 크기를 순서대로 바르게 나열한 것은?

ㄱ. $H_3PO_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2PO_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$
ㄴ. $H_2PO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$
ㄷ. $HPO_4^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons PO_4^{3-}(aq) + H_3O^+(aq)$

① ㄱ > ㄴ > ㄷ
② ㄱ = ㄴ = ㄷ
③ ㄴ > ㄷ > ㄱ
④ ㄷ > ㄴ > ㄱ

정답 1번

간단한 해설

인산은 양성자를 하나씩 내놓을수록 남은 입자의 음전하가 커져, 다음 양성자를 내놓기 어려워진다. 따라서 **단계가 진행될수록 산 해리 상수가 작아진다**.

선지별 해설

세 반응은 인산이 물에 양성자를 하나씩 내놓는 단계적 산 해리 반응이다. 같은 온도에서 각 반응의 평형 상수는 각각 산 해리 상수 K_{a1}, K_{a2}, K_{a3}이며, 그 값이 클수록 해당 단계에서 양성자를 내놓는 경향이 크다.

ㄱ: H_3PO_4가 첫 번째 양성자를 내놓는 반응이다. 전하를 띠지 않는 분자에서 양성자가 떨어져 나가므로, 음이온에서 양성자를 내놓는 다음 두 단계보다 해리가 쉽다. 따라서 **첫 번째 산 해리 상수가 가장 크다**.

ㄴ: $H_2PO_4^-$가 두 번째 양성자를 내놓는 반응이다. 이미 음전하를 띠고 있어 양전하를 띤 양성자를 붙잡는 정전기적 인력이 작용하므로, **첫 단계보다 양성자를 내놓기 어렵다**. 따라서 두 번째 산 해리 상수는 첫 번째보다 작다.

ㄷ: HPO_4^{2-}가 세 번째 양성자를 내놓는 반응이다. ㄴ의 산보다 음전하가 더 커 양성자를 붙잡는 정전기적 인력이 더 강하므로, 세 단계 중 양성자를 내놓기 가장 어렵다. 따라서 **세 번째 산 해리 상수가 가장 작다**.

따라서 평형 상수의 크기는 ㄱ > ㄴ > ㄷ이며, ①의 배열과 일치한다.

NoteBase

문 4. 방사성 실내 오염 물질은?

① 라돈(Rn)

② 이산화 질소(NO_2)

③ 일산화 탄소(CO)

④ 폼알데하이드(CH_2O)

정답 1번

간단한 해설

라돈(Rn)은 원자핵이 붕괴하면서 방사선을 방출하는 **방사성 기체**이다. 토양이나 암석에서 발생하여 실내로 유입될 수 있다.

공통 해설

방사성 실내 오염 물질은 **원자핵이 붕괴하면서 방사선을 방출**하는 물질이다. 라돈(Rn)은 토양·암석 속 자연 방사성 원소의 붕괴 과정에서 생성되는 기체이며, 지반이나 건물의 틈을 통해 실내로 유입될 수 있다. 따라서 라돈은 방사성 실내 오염 물질에 해당한다.

이산화 질소, 일산화 탄소, 폼알데하이드도 실내 공기를 오염시킬 수 있지만, 방사성 실내 오염 물질로 분류하지 않는다. 오염 물질의 독성 여부와 방사성 여부는 구별해야 하며, 여기서 판단 기준은 방사선의 방출이다.

NoteBase

문 5. 볼타 전지에서 두 반쪽 반응이 다음과 같을 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s) \quad E^\circ = 0.799V$
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s) \quad E^\circ = 0.337V$

① Ag는 환원 전극이고 Cu는 산화 전극이다.

② 알짜 반응은 자발적으로 일어난다.

③ 셀 전압(E°_{cell})은 1.261 V이다.

④ 두 반응의 알짜 반응식은 $2Ag^+(aq) + Cu(s) \rightarrow 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$이다.

정답 3번

간단한 해설

표준 셀 전압은 환원 전극과 산화 전극의 표준 환원 전위 차이이므로 0.799 - 0.337 = **0.462 V**이다. 전자 수를 맞추려고 반쪽 반응식의 계수를 2배로 해도 **전극 전위는 2배가 되지 않는다**.

선지별 해설

① O: 표준 환원 전위가 클수록 전자를 받아 환원되기 쉽다. Ag의 표준 환원 전위가 0.799 V로 Cu의 0.337 V보다 크므로, Ag 전극에서는 은 이온이 전자를 받아 Ag로 환원된다. Cu 전극에서는 Cu가 전자를 잃고 구리 이온으로 산화된다. 따라서 **Ag는 환원 전극, Cu는 산화 전극**이다.

② O: 볼타 전지는 **자발적인 산화·환원 반응**을 이용하여 전기 에너지를 얻는 전지이다. 이 전지의 표준 셀 전압은 양수이므로 표준 상태에서 알짜 반응이 자발적으로 진행된다.

③ X: 두 값 모두 표준 환원 전위이므로, 환원 전극인 Ag의 값에서 산화 전극인 Cu의 값을 빼야 한다. 표준 셀 전압은 0.799 - 0.337 = 0.462 V이므로, '1.261 V'는 '0.462 V'로 고친다. 은의 반쪽 반응식 계수를 2배로 하더라도 전극 전위는 반응량과 무관하므로 **전위에 2를 곱하지 않는다**. 1.261 V는 $2 \times 0.799 - 0.337$로 계산했을 때의 값이다.

④ O: 은의 환원 반응은 $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$이고, 구리의 산화 반응은 $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$이다. **주고받는 전자 수를 2개로 맞추기 위해** 은의 반쪽 반응식 계수를 2배로 한 뒤 두 식을 더하면 전자가 소거된다. 따라서 알짜 반응식은 $2Ag^+(aq) + Cu(s) \rightarrow 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$이다.

NoteBase

문 6. 끓는점이 가장 낮은 분자는?

① 물(H_2O)

② 일염화 아이오딘(ICl)

③ 삼플루오린화 붕소(BF_3)

④ 암모니아(NH_3)

정답 3번

간단한 해설

삼플루오린화 붕소(BF_3)는 대칭적인 평면 삼각형 구조여서 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되는 **무극성 분자**이다. 분자 사이에 수소 결합을 형성하지 않고 주로 분산력이 작용하므로, 제시된 물질 중 끓는점이 가장 낮다.

선지별 해설

같은 외부 압력에서 끓는점을 비교할 때는 액체의 분자들을 서로 떨어뜨리는 데 필요한 에너지를 생각한다. 이때 극복하는 것은 분자 사이의 인력이며, 분자 내부의 공유 결합을 끊는 것이 아니다. 분자 사이 인력이 강할수록 대체로 끓는점이 높다.

① 물(H_2O): 굽은형의 극성 분자이며, 산소에 직접 결합한 수소와 이웃 분자의 산소 사이에 **수소 결합**을 형성한다. 액체에서 분자들이 서로 강하게 끌어당기므로 수소 결합을 형성하지 않는 삼플루오린화 붕소보다 끓는점이 높다.

② 일염화 아이오딘(ICl): 두 원자의 전기음성도가 달라 **영구 쌍극자 사이의 인력**이 작용한다. 또한 아이오딘을 포함하여 전자 구름이 크고 쉽게 변형되므로 분산력도 크다. 이러한 분자 사이 인력으로 인해 삼플루오린화 붕소보다 끓는점이 높다.

③ 삼플루오린화 붕소(BF_3): 각각의 B–F 결합은 극성을 띠지만, 세 결합이 평면에서 120° 간격으로 대칭적으로 놓여 **결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄**된다. 따라서 분자 전체는 무극성이며, 순수한 물질에서 분자 사이에는 주로 순간적인 전자 분포 변화에 따른 분산력이 작용한다. 수소 결합도 형성하지 않아 제시된 물질 중 분자 사이 인력이 가장 약하다.

④ 암모니아(NH_3): 삼각뿔형의 극성 분자이며, 질소에 직접 결합한 수소와 이웃 분자의 질소 사이에 **수소 결합**을 형성한다. 분자량은 삼플루오린화 붕소보다 작지만 수소 결합의 영향으로 끓는점은 더 높다.

따라서 같은 압력에서 끓는점이 가장 낮은 것은 ③ 삼플루오린화 붕소이다.

NoteBase

문 7. 산화수 변화가 가장 큰 원소는?

$PbS(s) + 4H_2O_2(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 4H_2O(l)$

① Pb

② S

③ H

④ O

정답 2번

간단한 해설

황(S)의 산화수는 황화물에서 −2, 황산 이온에서 +6이므로 **−2에서 +6으로 증가**한다. 변화량의 크기가 8로 가장 크다.

선지별 해설

비교할 값은 **원자 1개당 산화수 변화량의 크기**이다. 반응식의 계수나 원자 수를 곱한 전자 이동량과 구별한다. 중성 화합물에서 산화수의 합은 0이고, 다원자 이온에서는 이온의 전하와 같다.

① Pb: PbS에서 황화 이온 S^{2-}의 전하가 −2이므로 Pb의 산화수는 +2이다. $PbSO_4$에서도 황산 이온 SO_4^{2-}의 전하가 −2이므로 Pb는 +2이다. +2 → +2로 변화량은 0이다.

② S: PbS에서 S의 산화수는 −2이다. 생성물의 황산 이온 SO_4^{2-}에서는 O의 산화수가 −2이므로, S의 산화수를 x라 두면 $x + 4 \cdot (-2) = -2$에서 $x = +6$이다. 따라서 −2 → +6으로 **산화수가 8만큼 증가**한다.

③ H: 과산화수소 H_2O_2와 물 H_2O에서 H의 산화수는 모두 +1이다. +1 → +1로 변화량은 0이다.

④ O: 산소의 산화수는 보통 −2이지만, **과산화물에서는 −1**이다. 따라서 H_2O_2의 O는 −1이고, 생성물인 $PbSO_4$와 H_2O의 O는 모두 −2이다. −1 → −2로 산화수가 1만큼 감소하므로 변화량의 크기는 1이다.

변화량의 크기는 Pb 0, S 8, H 0, O 1이므로 가장 큰 원소는 ② S이다.

NoteBase

문 8. 다음 중 분자 간 힘에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. NH_3의 끓는점이 PH_3의 끓는점보다 높은 이유는 분산력으로 설명할 수 있다.
ㄴ. H_2S의 끓는점이 H_2의 끓는점보다 높은 이유는 쌍극자－쌍극자 힘으로 설명할 수 있다.
ㄷ. HF의 끓는점이 HCl의 끓는점보다 높은 이유는 수소 결합으로 설명할 수 있다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

H_2S는 극성 분자여서 H_2와 달리 **쌍극자－쌍극자 힘**이 작용한다. HF와 NH_3의 상대적으로 높은 끓는점은 분자 사이의 **수소 결합**으로 설명한다.

보기별 해설

같은 외부 압력에서 분자 사이의 인력이 강할수록 액체 분자들이 기체로 흩어지기 어려워 일반적으로 끓는점이 높다. 분산력은 모든 분자 사이에 작용하며, 극성 분자 사이에는 쌍극자－쌍극자 힘도 작용한다.

ㄱ. X: NH_3의 끓는점이 더 높은 주된 이유는 **분산력이 아니라 수소 결합**이다. NH_3에서는 N에 직접 결합한 H와 이웃 분자 N의 비공유 전자쌍 사이에 수소 결합이 형성되지만, PH_3에서는 이에 해당하는 수소 결합이 형성되지 않는다. 분산력만 비교하면 전자 구름이 더 크고 쉽게 변형되는 PH_3 쪽이 더 강하므로, 분산력으로는 주어진 끓는점 관계를 설명할 수 없다.

ㄴ. O: H_2S는 굽은 구조의 극성 분자이므로 영구적인 쌍극자를 가지며, 분자 사이에 쌍극자－쌍극자 힘이 작용한다. 반면 H_2는 같은 원자 두 개로 이루어진 무극성 분자이므로 영구 쌍극자에 의한 힘은 없고 분산력이 작용한다. 따라서 H_2S에 추가로 작용하는 **쌍극자－쌍극자 힘**은 더 높은 끓는점을 설명하는 요인이다. 다만 두 물질의 분산력도 같지는 않으며, H_2S의 더 강한 분산력 역시 끓는점 차이에 기여한다.

ㄷ. O: HF에서는 전기 음성도가 큰 F에 직접 결합한 H와 이웃 분자 F의 비공유 전자쌍 사이에 **수소 결합**이 형성된다. HCl은 극성 분자이지만 일반적으로 이러한 수소 결합을 형성하지 않는다. HF 분자 사이의 수소 결합으로 인해 분자들을 서로 떼어 놓는 데 더 많은 에너지가 필요하므로, HF의 끓는점이 더 높다.

옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이며, 이 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 9. 원자들의 바닥 상태 전자 배치로 옳지 않은 것은?

① Co: $[Ar]4s^2 3d^8$

② Cr: $[Ar]4s^1 3d^5$

③ Cu: $[Ar]4s^1 3d^{10}$

④ Zn: $[Ar]4s^2 3d^{10}$

정답 1번

간단한 해설

Co는 원자번호가 27이므로 중성 원자의 전자는 27개이다. ①의 전자 배치는 전자 수가 28개이므로, 바닥 상태 배치는 **3d 전자가 7개**인 $[Ar]4s^2 3d^7$로 고쳐야 한다.

선지별 해설

바닥 상태는 전자 배치의 전체 에너지가 가장 낮은 상태이다. 중성 원자의 전자 수는 원자번호와 같으며, [Ar]은 아르곤의 전자 18개에 해당하는 내부 전자 배치를 뜻한다.

① X: Co의 원자번호는 27이므로 [Ar] 이후에 배치할 전자는 9개이다. 4s에 2개, 3d에 7개가 들어가 바닥 상태 전자 배치는 $[Ar]4s^2 3d^7$이다. 선지의 $[Ar]4s^2 3d^8$은 18 + 2 + 8 = 28개로, **Co의 전자 수보다 1개 많다**.

② O: Cr의 원자번호는 24이며, 바닥 상태 전자 배치는 $[Ar]4s^1 3d^5$이다. 단순한 채움 순서로 예상하는 $[Ar]4s^2 3d^4$보다 **3d 부껍질이 반쯤 채워진 배치**의 전체 에너지가 더 낮다. 3d의 다섯 오비탈에 전자가 하나씩 들어가며, 총전자 수는 18 + 1 + 5 = 24개이다.

③ O: Cu의 원자번호는 29이며, 바닥 상태 전자 배치는 $[Ar]4s^1 3d^{10}$이다. 단순한 채움 순서로 예상하는 $[Ar]4s^2 3d^9$보다 **3d 부껍질이 완전히 채워진 배치**의 전체 에너지가 더 낮다. 총전자 수는 18 + 1 + 10 = 29개이다.

④ O: Zn의 원자번호는 30이므로 [Ar] 이후에 배치할 전자는 12개이다. 3d 부껍질에는 10개, 4s 오비탈에는 2개가 들어가 **두 부껍질이 모두 완전히 채워진다**. 따라서 바닥 상태 전자 배치는 $[Ar]4s^2 3d^{10}$이며, 총전자 수는 18 + 2 + 10 = 30개이다.

NoteBase

문 10. 체심 입방(bcc) 구조인 타이타늄(Ti)의 단위 세포에 있는 원자의 알짜 개수는?

① 1

② 2

③ 4

④ 6

정답 2번

간단한 해설

체심 입방 구조에서는 꼭짓점 원자들이 한 단위 세포에 기여하는 몫이 합계 1개이고, **세포 중심의 원자 1개**가 더해져 원자의 알짜 개수는 2개이다.

계산 과정

꼭짓점 원자의 기여: 체심 입방(bcc) 구조에는 정육면체의 꼭짓점 8곳에 원자가 있다. 각 꼭짓점 원자는 **이웃한 단위 세포 8개가 공유**하므로, 한 단위 세포에 속하는 몫은 원자 1개당 1/8이다. 따라서 꼭짓점 원자들의 기여는 $8 \times \frac{1}{8} = 1$개이다.

중심 원자의 기여: 정육면체 중심에는 원자 1개가 있다. 이 원자는 **단위 세포 내부에 완전히 포함**되므로 이웃 세포와 나누지 않고 1개로 센다.

알짜 개수: 원자의 알짜 개수는 각 원자가 해당 단위 세포에 속하는 몫을 모두 더한 값이다. 따라서 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$개이며, 이는 ②의 2에 해당한다.

NoteBase

문 11. 0.50 M NaOH 수용액 500 mL를 만드는 데 필요한 2.0 M NaOH 수용액의 부피[mL]는?

① 125

② 200

③ 250

④ 500

정답 1번

간단한 해설

물을 넣어 희석해도 **NaOH의 몰수는 변하지 않는다**. 0.50 M 용액 500 mL에 필요한 NaOH는 0.25 mol이므로, 2.0 M 용액은 125 mL가 필요하다.

계산 과정

몰농도는 용액 1 L에 들어 있는 용질의 몰수이며, 단위 M은 mol/L이다. 몰농도를 C, 용액의 부피를 V(L), 용질의 몰수를 n이라 하면 $n = CV$이다. 물로 희석할 때는 **용질의 몰수가 보존**되므로, 취한 2.0 M 용액에 들어 있는 NaOH의 몰수와 최종 용액에 들어 있는 NaOH의 몰수가 같아야 한다.

필요한 NaOH의 몰수: 최종 용액의 부피는 500 mL = 0.500 L이다. 따라서 $n = 0.50 \cdot 0.500 = 0.25\text{mol}$이다. 이는 희석 전 용액에서 가져와야 할 NaOH의 양이다.

취할 용액의 부피: 2.0 M 용액은 1 L에 NaOH 2.0 mol을 포함하므로, 필요한 부피는 $V = \frac{n}{C} = \frac{0.25}{2.0} = 0.125\text{L}$이다. 즉 125 mL이며, ①의 값과 일치한다. 이 용액을 취한 뒤 물을 넣어 **최종 용액의 전체 부피가 500 mL**가 되도록 만든다.

NoteBase

문 12. 다음에서 실험식이 같은 쌍만을 모두 고르면?

ㄱ. 아세틸렌(C_2H_2), 벤젠(C_6H_6)
ㄴ. 에틸렌(C_2H_4), 에테인(C_2H_6)
ㄷ. 아세트산($C_2H_4O_2$), 글루코스($C_6H_{12}O_6$)
ㄹ. 에탄올(C_2H_6O), 아세트알데하이드(C_2H_4O)

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ

정답 1번

간단한 해설

실험식은 원소별 원자 수를 **가장 간단한 정수비**로 나타낸 것이다. 아세틸렌과 벤젠은 모두 CH, 아세트산과 글루코스는 모두 CH_2O로 나타난다.

보기별 해설

실험식은 화합물을 이루는 원소들의 원자 수 비를 가장 간단한 정수비로 나타낸 식이다. 분자식의 모든 아래첨자를 최대공약수로 나누어 구하며, 원소의 종류와 그 비가 모두 같아야 같은 실험식이다.

ㄱ. O: 아세틸렌 C_2H_2의 탄소와 수소 원자 수 비는 2:2이므로 2로 나누면 1:1이다. 벤젠 C_6H_6도 6:6을 6으로 나누면 1:1이다. 따라서 두 물질의 실험식은 모두 CH이다.

ㄴ. X: 에틸렌 C_2H_4는 원자 수 비 2:4를 줄이면 1:2이므로 실험식이 CH_2이다. 에테인 C_2H_6은 2:6을 줄이면 1:3이므로 실험식이 CH_3이다. 두 물질은 **탄소에 대한 수소의 비가 달라** 실험식이 같지 않다.

ㄷ. O: 아세트산 $C_2H_4O_2$의 탄소·수소·산소 원자 수 비 2:4:2를 2로 나누면 1:2:1이다. 글루코스 $C_6H_{12}O_6$도 6:12:6을 6으로 나누면 1:2:1이다. 따라서 두 물질의 실험식은 모두 CH_2O이다.

ㄹ. X: 에탄올 C_2H_6O와 아세트알데하이드 C_2H_4O의 원자 수 비는 각각 2:6:1과 2:4:1이다. 두 경우 모두 산소 원자 수가 1이므로 **모든 원자 수를 공통으로 나누어 더 줄일 수 없다**. 실험식은 각각 C_2H_6O, C_2H_4O로 서로 다르다.

실험식이 같은 쌍은 ㄱ, ㄷ이며, ①의 조합에 해당한다.

NoteBase

문 13. 분자 수가 가장 많은 것은? (단, C, H, O의 원자량은 각각 12.0, 1.00, 16.0이다)

① 0.5 mol 이산화 탄소 분자 수

② 84 g 일산화 탄소 분자 수

③ 아보가드로 수만큼의 일산화 탄소 분자 수

④ 산소 1.0 mol과 일산화 탄소 2.0 mol이 정량적으로 반응한 후 생성된 이산화 탄소 분자 수

정답 2번

간단한 해설

분자 수는 **물질량(mol)에 비례**한다. 일산화 탄소의 몰 질량은 28.0 g/mol이므로 84 g은 **3.0 mol**에 해당하며, 다른 조건의 분자 수보다 많다.

선지별 해설

분자 1 mol에는 아보가드로 수만큼의 분자가 들어 있다. 아보가드로 상수를 N_A, 물질량을 n, 분자 수를 N이라 하면 $N = nN_A$이므로, 물질의 종류와 관계없이 **물질량이 클수록 분자 수가 많다**.

① 이산화 탄소 0.5 mol: 물질량이 주어져 있으므로 분자 수는 $0.5N_A$이다.

② 일산화 탄소 84 g: 일산화 탄소 CO의 몰 질량은 12.0 + 16.0 = 28.0 g/mol이다. 질량을 몰 질량으로 나누면 물질량이므로 $n = \frac{84\text{g}}{28.0\text{g/mol}} = 3.0\text{mol}$이다. 따라서 분자 수는 $3.0N_A$이다.

③ 아보가드로 수만큼의 일산화 탄소 분자: 분자 수가 N_A이므로 물질량은 1 mol이다.

④ 반응으로 생성된 이산화 탄소: 반응식은 $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$이다. 반응 계수에 따른 물질량 비는 CO : 산소 : 이산화 탄소 = 2 : 1 : 2이다. 주어진 CO 2.0 mol과 산소 1.0 mol은 **반응 계수비에 맞게 모두 반응**하므로 이산화 탄소 2.0 mol이 생성된다. 생성된 이산화 탄소의 분자 수는 $2.0N_A$이다.

물질량을 비교하면 ② 3.0 mol > ④ 2.0 mol > ③ 1 mol > ① 0.5 mol이므로, 분자 수가 가장 많은 것은 ②의 일산화 탄소 84 g이다.

NoteBase

문 14. 0.30 M Na_3PO_4 10 mL와 0.20 M $Pb(NO_3)_2$ 20 mL를 반응시켜 $Pb_3(PO_4)_2$를 만드는 반응이 종결되었을 때, 한계 시약은?

$$2Na_3PO_4(aq) + 3Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow 6NaNO_3(aq) + Pb_3(PO_4)_2(s)$$

① Na_3PO_4

② $NaNO_3$

③ $Pb(NO_3)_2$

④ $Pb_3(PO_4)_2$

정답 3번

간단한 해설

반응식에서 Na_3PO_4와 $Pb(NO_3)_2$는 2 : 3의 몰비로 반응한다. Na_3PO_4 3.0 mmol을 모두 반응시키려면 $Pb(NO_3)_2$ 4.5 mmol이 필요하지만 4.0 mmol만 있으므로, **먼저 소모되는 한계 시약**은 $Pb(NO_3)_2$이다.

계산 과정

한계 시약은 반응식의 몰비에 따라 반응할 때 **먼저 모두 소모되어 생성물의 양을 제한하는 반응물**이다. 각 반응물의 물질량을 구한 뒤 필요한 몰비와 비교한다. 몰농도를 C, 용액의 부피를 V, 용질의 물질량을 n이라 하면 $n = CV$이다. 농도가 mol 단위의 물질량을 L 단위의 부피로 나눈 값이므로, M 농도를 사용할 때 부피를 L로 환산한다.

Na_3PO_4의 물질량: 10 mL는 0.010 L이므로, $0.30 \times 0.010 = 0.0030$ mol, 즉 3.0 mmol이다.

$Pb(NO_3)_2$의 물질량: 20 mL는 0.020 L이므로, $0.20 \times 0.020 = 0.0040$ mol, 즉 4.0 mmol이다.

반응 몰비 적용: 반응식의 계수로부터 Na_3PO_4 2 mol당 $Pb(NO_3)_2$ 3 mol이 필요하다. 따라서 Na_3PO_4 3.0 mmol을 전부 반응시키는 데 필요한 $Pb(NO_3)_2$의 양은 $3.0 \cdot \frac{3}{2} = 4.5$mmol이다. 실제로는 4.0 mmol만 있으므로 **필요량보다 부족한** $Pb(NO_3)_2$가 먼저 모두 소모되고, Na_3PO_4는 남는다.

따라서 한계 시약은 $Pb(NO_3)_2$이며, 이는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 15. 분자식이 C_5H_{12}인 화합물에서 가능한 이성질체의 총 개수는?

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

간단한 해설

탄소 5개의 연결 방식은 **일자 사슬, 가지 1개인 사슬, 중심 탄소에 가지가 모인 구조**의 세 가지이다. 사슬을 반대쪽에서 번호 매겨 같은 구조가 되는 경우는 중복해서 세지 않는다.

계산 과정

이성질체는 분자식은 같지만 원자의 연결 방식이나 공간 배열이 다른 화합물이다. C_5H_{12}는 알케인의 일반식 C_nH_{2n+2}에 해당하므로 고리나 다중 결합이 없는 포화 탄화수소이다. 탄소 5개를 연결한 골격을 가장 긴 탄소 사슬의 길이에 따라 나누어 센다.

가장 긴 사슬이 탄소 5개인 경우: 탄소를 일자로 연결한 펜테인 $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ 한 가지이다.

가장 긴 사슬이 탄소 4개인 경우: 나머지 탄소 1개가 메틸기로 붙은 2-메틸뷰테인 $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$ 한 가지이다. 3번 탄소에 붙인 구조는 **반대쪽에서 번호를 매기면 같은 구조**이고, 끝 탄소에 붙이면 가장 긴 사슬이 5개인 펜테인이 된다.

가장 긴 사슬이 탄소 3개인 경우: 나머지 탄소 2개를 모두 가운데 탄소에 메틸기로 붙인 2,2-다이메틸프로페인 $C(CH_3)_4$ 한 가지이다. 끝 탄소에 메틸기를 붙이면 가장 긴 사슬이 4개 이상이 되므로 이 경우에 포함되지 않는다.

세 구조 모두 기하 이성질체를 만들 이중 결합이나 고리가 없고, 서로 다른 네 원자단에 결합한 비대칭 탄소도 없어 광학 이성질체가 추가되지 않는다. 따라서 가능한 이성질체는 1 + 1 + 1 = 3개이며, ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 16. 다음 중 산화-환원 반응은?

① $Na_2SO_4(aq) + Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2NaNO_3(aq)$

② $3KOH(aq) + Fe(NO_3)_3(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3KNO_3(aq)$

③ $AgNO_3(aq) + NaCl(aq) \rightarrow AgCl(s) + NaNO_3(aq)$

④ $2CuCl(aq) \rightarrow CuCl_2(aq) + Cu(s)$

정답 4번

간단한 해설

④에서는 구리의 산화수가 +1에서 +2와 0으로 나뉜다. 같은 산화 상태의 구리 일부는 **산화**되고 나머지는 **환원**되는 불균등화 반응이다.

공통 해설

산화-환원 반응은 반응 전후에 원소의 산화수가 변하는 반응이다. 산화수가 증가하면 전자를 잃는 산화, 감소하면 전자를 얻는 환원에 해당한다. 물질의 결합 상대나 상태가 바뀌더라도 **산화수가 변하지 않으면** 산화-환원 반응이 아니다.

①~③에서는 각각 $PbSO_4$, $Fe(OH)_3$, $AgCl$ 침전이 생성되지만, 납은 +2, 철은 +3, 은은 +1의 산화수를 반응 전후에 그대로 유지한다. 나머지 원소의 산화수도 변하지 않으므로 세 반응 모두 산화-환원 반응에 해당하지 않는다.

④의 $CuCl$에서는 염소의 산화수가 −1이므로 구리의 산화수는 +1이다. 생성물 $CuCl_2$에서 구리는 +2이므로 +1 → +2로 산화되고, 홑원소 물질인 $Cu(s)$에서는 0이므로 +1 → 0으로 환원된다. 구리 일부가 잃은 전자를 다른 구리가 받아 **산화와 환원이 동시에** 일어나며, 같은 원소가 산화와 환원을 모두 겪는 이러한 반응을 불균등화 반응이라고 한다.

NoteBase

문 17. 분자 내 원자들 간의 결합 차수가 가장 높은 것을 포함하는 화합물은?

① CO_2

② N_2

③ H_2O

④ C_2H_4

정답 2번

간단한 해설

N_2의 두 질소 원자는 전자쌍 3개를 공유하여 **삼중 결합**을 이루므로 결합 차수가 3이다.

선지별 해설

결합 차수는 두 원자 사이의 결합을 기준으로 비교한다. 이 문항의 분자에서 단일 결합은 공유 전자쌍 1개로 결합 차수가 1, 이중 결합은 2, 삼중 결합은 3이다. 한 분자에 결합이 여러 개 있더라도 각 결합의 차수를 모두 더하지 않는다.

① CO_2: 루이스 구조는 O=C=O이며, 두 C=O 결합은 각각 이중 결합이다. 따라서 **각 C=O 결합의 차수는 2**이며, 두 결합을 합쳐 4로 판단하지 않는다.

② N_2: 질소 원자는 각각 원자가 전자 5개를 가지며, 두 원자가 전자쌍 3개를 공유하면 각각 옥텟을 만족한다. 따라서 N≡N의 **삼중 결합**을 이루고 결합 차수는 3이다.

③ H_2O: 산소 원자가 두 수소 원자와 각각 전자쌍 1개를 공유하므로, 두 O–H 결합은 모두 단일 결합이다. 각 결합의 차수는 1이다.

④ C_2H_4: 에틸렌의 두 탄소 원자는 이중 결합을 이루고, 각 탄소 원자는 두 수소 원자와 단일 결합을 이룬다. 따라서 C=C 결합의 차수는 2, C–H 결합의 차수는 1이며, 분자 내 가장 높은 결합 차수는 2이다.

각 분자에서 가장 높은 결합 차수는 차례로 2, 3, 1, 2이다. 따라서 가장 높은 결합 차수 3을 갖는 분자는 ②의 N_2이다.

NoteBase

문 19. 물리량들의 크기에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 산소(O_2) 내 산소 원자 간의 결합 거리 > 오존(O_3) 내 산소 원자 간의 평균 결합 거리

② 산소(O_2) 내 산소 원자 간의 결합 거리 > 산소 양이온(O_2^+) 내 산소 원자 간의 결합 거리

③ 산소(O_2) 내 산소 원자 간의 결합 거리 > 산소 음이온(O_2^-) 내 산소 원자 간의 결합 거리

④ 산소(O_2)의 첫 번째 이온화 에너지 > 산소 원자(O)의 첫 번째 이온화 에너지

정답 2번

간단한 해설

O_2에서 **반결합성 궤도의 전자 하나가 제거**되면 O_2^+가 된다. 이때 결합 차수가 2에서 2.5로 커져 결합이 강해지고, 산소 원자 사이의 결합 거리는 짧아진다.

선지별 해설

결합 차수는 원자 사이 결합의 정도를 나타내며, 여기서 비교하는 산소 원자 사이의 결합은 결합 차수가 클수록 결합 거리가 짧다. 분자 궤도 이론에서 결합성 궤도의 전자는 결합을 강화하고, 반결합성 궤도의 전자는 결합을 약화한다.

① X: O_2의 결합 차수는 2이다. O_3는 단일 결합과 이중 결합의 위치가 바뀐 두 공명 구조로 나타내며, 실제 두 산소–산소 결합은 동등하다. 공명에 따른 평균 결합 차수는 1.5이므로 **오존의 결합 거리가 더 길다**. 따라서 결합 거리는 $O_2 < O_3$이다.

② O: O_2에서 전자를 하나 떼어 낼 때에는 가장 높은 에너지의 반결합성 π^* 궤도에서 제거된다. **반결합성 전자가 줄어들어** 결합 차수가 2에서 2.5로 커지므로 O_2^+의 결합 거리가 더 짧다. 따라서 결합 거리는 $O_2 > O_2^+$이다.

③ X: O_2에 전자를 하나 더하면 반결합성 π^* 궤도에 들어가 O_2^-가 된다. **반결합성 전자가 늘어나** 결합 차수가 2에서 1.5로 작아지고 결합이 약해지므로 결합 거리는 길어진다. 따라서 결합 거리는 $O_2 < O_2^-$이다.

④ X: 첫 번째 이온화 에너지는 기체 상태의 중성 원자나 분자에서 전자 하나를 제거하는 데 필요한 최소 에너지이다. O_2에서는 반결합성 π^* 궤도의 전자를, O 원자에서는 2p 궤도의 전자를 제거한다. 실제 첫 번째 이온화 에너지는 O_2가 약 12.07 eV, O 원자가 약 13.62 eV로, **산소 분자가 더 작다**. 따라서 선지의 부등호는 반대이다.

NoteBase

문 20. 용액에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 순수한 물의 어는점보다 소금물의 어는점이 더 높다.

② 용액의 증기압은 순수한 용매의 증기압보다 높다.

③ 순수한 물의 끓는점보다 설탕물의 끓는점이 더 낮다.

④ 역삼투 현상을 이용하여 바닷물을 담수화할 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

바닷물 쪽에 **삼투압보다 큰 압력**을 가하면, 물이 반투막을 통해 염분이 적은 쪽으로 이동한다. 이 **역삼투**를 이용하면 바닷물에서 염분을 분리하여 담수를 얻을 수 있다.

선지별 해설

① X: 소금물의 어는점은 순수한 물보다 **낮다**. 소금이 녹으면 액체 상태의 물과 얼음이 평형을 이루는 온도가 낮아지는 '어는점 내림'이 나타난다. 따라서 같은 압력에서 소금물은 순수한 물보다 더 낮은 온도에서 얼기 시작한다.

② X: 소금이나 설탕처럼 **비휘발성 용질**이 녹은 용액은 같은 온도에서 순수한 용매보다 증기압이 낮다. 용질이 녹으면 용액에서 용매가 차지하는 몰분율이 감소하여 용매가 기체로 빠져나가려는 경향이 줄어들기 때문이다. 휘발성 용질이 포함된 용액의 전체 증기압은 용질의 증기압도 함께 고려해야 하므로, 모든 용액의 증기압이 더 높다고 일반화할 수 없다.

③ X: 설탕물의 끓는점은 순수한 물보다 **높다**. 끓음은 액체의 증기압이 외부 압력과 같아질 때 일어난다. 비휘발성인 설탕이 녹으면 같은 온도에서 물의 증기압이 낮아지므로, 같은 외부 압력에 도달하려면 순수한 물보다 더 높은 온도가 필요하다. 이를 '끓는점 오름'이라고 한다.

④ O: 물은 통과시키고 염류는 대부분 막는 반투막을 사이에 두면, 자연적인 삼투에서는 물이 염분이 적은 쪽에서 많은 쪽으로 이동한다. 바닷물 쪽에 **삼투압보다 큰 압력**을 가하면 물이 그 반대 방향으로 막을 통과하는 역삼투가 일어난다. 염류는 바닷물 쪽에 남고 물이 분리되므로, 이를 바닷물의 담수화에 이용할 수 있다.

NoteBase