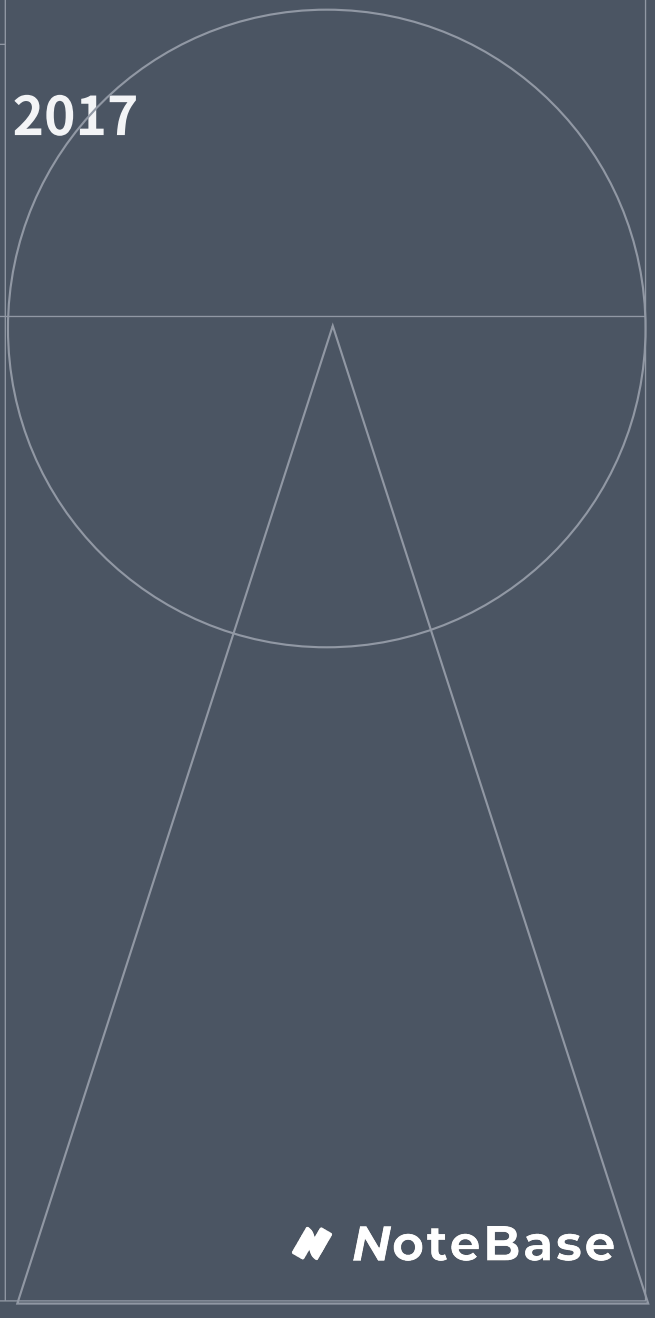
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 화학 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 화학 · 2017

공무원/서울시/9급 · 화학 · 2017

문 1. 다음 반응식에서 BC 용액의 농도는 0.200M이고 용액의 부피는 250mL이다. 용액이 100% 반응하는 동안 0.6078g의 A가 반응했다면 A의 몰질량은?

$$A(s) + 2BC(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + 2C^{-}(aq) + B_2(g)$$

① 12.156g/mol

② 24.312g/mol

③ 36.468g/mol

④ 48.624g/mol

정답 2번

간단한 해설

반응식의 **A와 BC의 몰비는 1 : 2**이므로 BC 0.0500 mol이 모두 반응할 때 A는 0.0250 mol이 반응한다. 이 물질량으로 A의 질량 0.6078 g을 나누면 몰질량은 24.312 g/mol이다.

계산 과정

1. BC의 물질량: 몰농도는 용액 1 L에 들어 있는 용질의 물질량이므로, 용액의 부피를 L로 바꾼 뒤 농도와 곱한다. 250 mL = 0.250 L이므로 BC의 물질량은 $0.200 \times 0.250 = 0.0500$ mol이다.

2. 반응한 A의 물질량: 반응식에서 A와 BC의 계수는 각각 1과 2이므로 **BC 2 mol당 A 1 mol**이 반응한다. BC가 100% 반응하므로 반응한 A의 물질량은 $n(\mathrm{A}) = \frac{1}{2} \cdot 0.0500 = 0.0250\,\mathrm{mol}$이다.

3. A의 몰질량: 몰질량은 물질 1 mol의 질량이므로 **반응한 A의 질량을 반응한 A의 물질량으로** 나눈다. $M_{\mathrm{A}} = \frac{0.6078\,\mathrm{g}}{0.0250\,\mathrm{mol}} = 24.312\,\mathrm{g/mol}$이므로 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 돌턴(Dalton)의 원자론에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 각 원소는 원자라고 하는 작은 입자로 이루어져 있다.

② 원자는 양성자, 중성자, 전자로 구성된다.

③ 같은 원소의 원자는 같은 질량을 가진다.

④ 화합물은 서로 다른 원소의 원자들이 결합함으로써 형성된다.

정답 2번

간단한 해설

돌턴은 원자를 **더 이상 나눌 수 없는 입자**로 보았으므로, 양성자·중성자·전자로 이루어진 내부 구조를 제시하지 않았다. 이러한 내부 구조에 관한 설명은 후대의 원자 모형에 해당한다.

선지별 해설

① O: 돌턴은 **원소를 이루는 기본 입자가 원자**라고 설명하였다. 원소마다 고유한 원자가 있으며, 물질은 이러한 원자들로 이루어진다고 보았다.

② X: 돌턴의 원자론에서 원자는 **더 이상 나눌 수 없는 입자**이다. 따라서 돌턴이 원자의 구성 입자를 양성자·중성자·전자로 설명한 것은 아니다. 이 선지는 후대에 밝혀진 원자의 내부 구조를 돌턴의 원자론과 혼동하였다.

③ O: 돌턴은 **같은 원소의 원자는 질량과 성질이 같다**고 가정하였다. 현대에는 같은 원소라도 중성자 수가 달라 질량이 다른 동위 원소가 존재함을 알지만, 이 문항은 현대 원자론이 아니라 돌턴의 원자론을 묻는다.

④ O: 돌턴은 화합물이 **서로 다른 원소의 원자들이 결합**하여 만들어진다고 설명하였다. 이때 서로 다른 원자들이 일정한 개수비로 결합하여 화합물을 형성한다고 보았다.

NoteBase

문 3. 다음 물질을 끓는점이 높은 순서대로 옳게 나열한 것은?

NH_3, He, H_2O, HF

① HF > H_2O > NH_3 > He

② HF > NH_3 > H_2O > He

③ H_2O > NH_3 > He > HF

④ H_2O > HF > NH_3 > He

정답 4번

간단한 해설

물은 분자 사이에 **넓은 수소 결합 그물**을 형성하므로 HF보다 끓는점이 높다. HF는 암모니아보다 수소 결합이 강하고, 헬륨은 원자 사이의 분산력이 매우 약해 끓는점이 가장 낮다.

선지별 해설

같은 외부 압력에서 비교하면, 액체 입자 사이의 인력이 강할수록 입자를 기체로 떼어 내기 어려워 끓는점이 높다. 이때 극복하는 것은 입자 사이의 인력이며, 분자 내부의 공유 결합을 끊는 것은 아니다.

H_2O: 물 분자는 수소 결합을 주는 수소 원자 두 개와 수소 결합을 받는 산소의 비공유 전자쌍 두 개를 가진다. 따라서 여러 이웃 분자와 **입체적인 수소 결합 그물**을 형성할 수 있어 네 물질 중 끓는점이 가장 높다.

HF: F의 전기음성도가 커서 분자 사이에 강한 수소 결합이 형성된다. 다만 HF의 수소 결합은 주로 사슬 형태로 이어지며, 물처럼 넓게 연결된 그물을 이루지는 않는다. 끓는점은 **수소 결합 하나의 세기뿐 아니라 연결 양상**에도 좌우되므로 물보다 낮고 암모니아보다 높다.

NH_3: N에 결합한 수소와 N의 비공유 전자쌍이 있어 분자 사이에 수소 결합을 형성한다. 그러나 N은 F보다 전기음성도가 작고 암모니아의 수소 결합은 HF보다 약하므로, 끓는점도 HF보다 낮다. 수소 결합이 없는 헬륨보다는 입자 사이의 인력이 강하다.

He: 단원자 물질로 영구 쌍극자가 없고 수소 결합도 형성하지 않는다. 전자 수가 적고 전자 구름이 잘 변형되지 않아 원자 사이의 **런던 분산력이 매우 약하므로** 끓는점이 가장 낮다.

끓는점은 H_2O > HF > NH_3 > He 순이며, 이 배열에 해당하는 선지는 ④이다.

NoteBase

문 4. 96g의 구리가 20°C에서 7.2kJ의 에너지를 흡수할 때, 구리의 최종 온도는? (단, 구리의 비열은 0.385J/g·K이고, 온도에 따른 비열 변화는 무시하며, 최종 온도는 소수점 첫째 자리에서 반올림한다.)

① 195K

② 215K

③ 468K

④ 488K

정답 4번

간단한 해설

흡수한 열량을 질량과 비열의 곱으로 나누면 **온도 상승량**은 약 195 K이다. 여기에 처음 온도 293.15 K를 더하면 최종 온도는 반올림하여 488 K이다.

계산 과정

비열은 물질 1 g의 온도를 1 K 높이는 데 필요한 열량이다. 비열을 일정하게 보므로 흡수한 열량은 $q = mc\Delta T$로 나타낸다. 여기서 q는 흡수한 열량, m은 질량, c는 비열이며, ΔT는 **최종 온도가 아니라 온도 상승량**이다.

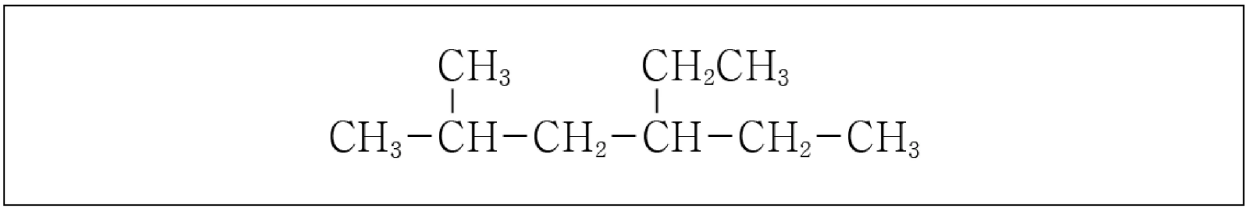
비열의 에너지 단위가 J이므로 7.2 kJ = 7200 J로 바꾼다. 구리 전체의 열용량은 $mc = 96 \times 0.385 = 36.96$ J/K이다. 즉, 이 구리의 온도를 1 K 높이는 데 36.96 J이 필요하다.

흡수한 열량을 열용량으로 나누면 온도 상승량을 얻는다. $\Delta T = \frac{q}{mc} = \frac{7200}{36.96} \approx 194.805$ K이다.

처음 온도 20°C를 절대온도로 바꾸면 20 + 273.15 = 293.15 K이다. 따라서 최종 온도는 293.15 + 194.805 ≈ 487.955 K이다. 이를 소수점 첫째 자리에서 반올림하면 **488 K**이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 다음 구조식의 탄소화합물을 IUPAC 명명법에 따라 올바르게 명명한 것은?



① 4 – 에틸 – 2 – 메틸헥세인 (4 – ethyl – 2 – methylhexane)

② 2 – 메틸 – 4 – 에틸헥세인 (2 – methyl – 4 – ethylhexane)

③ 3 – 에틸 – 5 – 메틸헥세인 (3 – ethyl – 5 – methylhexane)

④ 5 – 메틸 – 3 – 에틸헥세인 (5 – methyl – 3 – ethylhexane)

정답 1번

간단한 해설

가장 긴 연속 탄소 사슬은 6개이며, 치환기 위치 번호는 **2,4**가 되도록 매긴다. 이름을 쓸 때는 번호 크기와 관계없이 **에틸(ethyl)을 메틸(methyl)보다 먼저** 적는다.

핵심 풀이

주사슬 선택: 가지가 있는 알케인은 가장 긴 연속 탄소 사슬을 주사슬로 정한다. 그림의 가로 방향 사슬에는 탄소가 6개 있고, 가지를 거쳐도 이보다 긴 사슬은 없으므로 기본 이름은 헥세인(hexane)이다. 가로 사슬을 주사슬로 잡으면 위쪽에 탄소 1개의 메틸기와 탄소 2개의 에틸기가 가지로 남는다.

위치 번호 결정: 가로 사슬의 왼쪽 끝에서 번호를 매기면 메틸기는 2번, 에틸기는 4번 탄소에 붙어 있다. 반대쪽에서 매기면 에틸기는 3번, 메틸기는 5번에 붙는다. 위치 번호를 작은 것부터 나열하여 **처음 차이가 나는 번호가 더 작은 쪽**을 선택하므로, 3,5보다 2,4를 택한다. 따라서 ③·④처럼 3번 에틸기와 5번 메틸기로 표시하면 번호 부여 규칙에 맞지 않는다.

치환기 나열과 이름 완성: 서로 다른 치환기는 **영문 이름의 알파벳순**으로 적는다. ethyl의 e가 methyl의 m보다 앞이므로, 위치 번호가 4와 2여도 에틸을 먼저 쓴다. ②·④처럼 메틸을 에틸보다 앞에 적지 않는다. 주사슬 이름과 합치면 4-에틸-2-메틸헥세인(4-ethyl-2-methylhexane)이다.

NoteBase

문 6. 0.5mol/L의 KOH 수용액을 만들기 위해 KOH 15.4g을 사용했다면 이때 사용한 물의 양은? (단, KOH의 화학식량은 56g이며 사용된 KOH의 부피는 무시한다.)

① 0.55L

② 0.64L

③ 0.86L

④ 1.10L

정답 1번

간단한 해설

KOH 15.4 g은 0.275 mol이며, 몰농도 0.5 mol/L가 되려면 용액의 부피는 0.55 L이어야 한다. KOH의 부피를 무시하므로 **물의 부피도 0.55 L**이다.

계산 과정

1. KOH의 물질량: 주어진 화학식량에 해당하는 몰질량은 56 g/mol이다. 질량을 몰질량으로 나누면 KOH의 물질량은 $n = \frac{15.4}{56} = 0.275$ mol이다.

2. 용액의 부피: 몰농도는 **용액 1 L에 녹아 있는 용질의 물질량**이다. 몰농도를 c, 용질의 물질량을 n, 용액의 부피를 V라 하면 $c = \frac{n}{V}$이므로 $V = \frac{n}{c}$이다. 따라서 필요한 용액의 부피는 $V = \frac{0.275}{0.5} = 0.55$ L이다.

3. 물의 부피: 문제에서 **KOH의 부피를 무시**하므로 물의 부피를 용액의 부피와 같게 취급한다. 따라서 사용한 물은 0.55 L이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 주기율표에서 원소의 주기성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 원자번호는 Li=3, C=6, O=8, Na=11, Al=13, K=19, Rb=37이다.)

① Na은 Al보다 원자 반지름이 크다.

② Li은 K보다 원자 반지름이 작다.

③ C는 O보다 일차 이온화에너지가 크다.

④ K은 Rb보다 일차 이온화에너지가 크다.

정답 3번

간단한 해설

③의 일차 이온화에너지는 **C보다 O가 크다**. 두 원소는 같은 2주기에 있고, O가 원자가 전자를 끌어당기는 유효 핵전하가 더 커 전자 하나를 떼어 내는 데 더 많은 에너지가 필요하다.

선지별 해설

일차 이온화에너지는 기체 상태의 바닥상태 중성 원자에서 전자 하나를 떼어 내는 데 필요한 에너지이다. 핵이 가장 바깥 전자를 강하게 붙잡을수록 이 에너지는 커진다.

① O: Na과 Al은 같은 3주기 원소이다. 같은 주기에서 오른쪽으로 갈수록 전자가 느끼는 핵의 실질적인 양전하인 **유효 핵전하가 대체로 증가**한다. 전자껍질 수는 같으면서 핵이 전자를 더 강하게 끌어당기므로, 오른쪽에 있는 Al의 원자 반지름이 Na보다 작다.

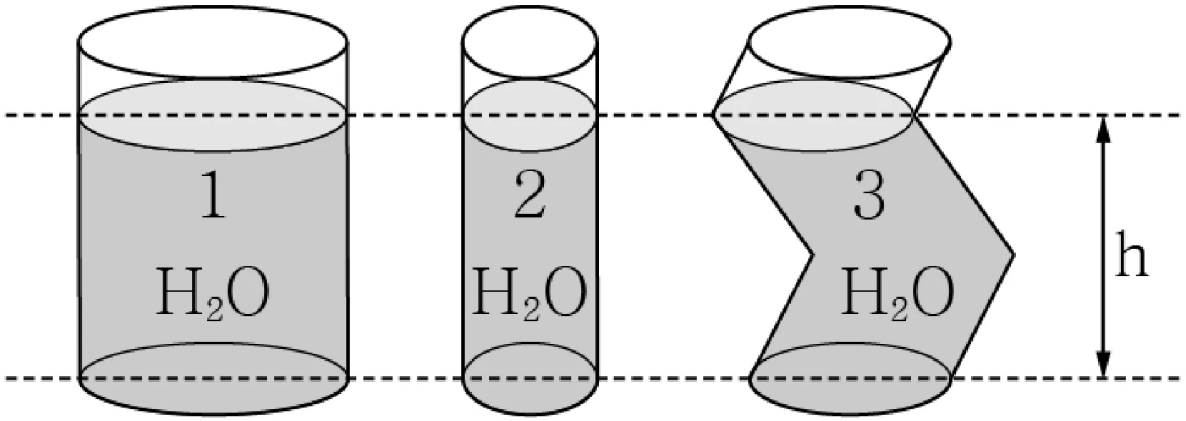
② O: Li과 K는 같은 1족 원소이며, Li은 2주기, K는 4주기에 있다. 같은 족에서 아래로 갈수록 **전자껍질 수가 증가**하여 가장 바깥 전자가 핵에서 더 멀리 분포한다. 따라서 Li의 원자 반지름은 K보다 작다.

③ X: C와 O는 같은 2주기 원소이며, O가 C보다 오른쪽에 있다. O는 C보다 유효 핵전하가 커서 같은 두 번째 전자껍질의 전자를 더 강하게 끌어당긴다. 따라서 일차 이온화에너지는 **C보다 O가 크다**. 선지의 'C는 O보다 일차 이온화에너지가 크다'는 'C는 O보다 일차 이온화에너지가 작다'로 고쳐야 한다.

④ O: K와 Rb는 같은 1족 원소이며, K는 4주기, Rb는 5주기에 있다. Rb는 K보다 전자껍질이 하나 더 많아 가장 바깥 전자가 핵에서 더 멀고, 안쪽 전자에 의한 가림 효과도 크다. 그 결과 Rb의 가장 바깥 전자는 더 쉽게 떨어져 나가므로, **일차 이온화에너지는 K가 Rb보다 크다**.

NoteBase

문 8. 다음 그림과 같이 높이는 같지만 서로 다른 양의 물이 담긴 3개의 원통형 용기가 있다. 3번 용기 반지름은 2번 용기 반지름의 2배이고, 1번 용기 반지름은 2번 용기 반지름의 3배이다. 3개 용기 바닥의 압력에 관한 내용으로 옳은 것은?



① 1번 용기 바닥 압력이 가장 높다.

② 2번 용기 바닥 압력이 가장 높다.

③ 3번 용기 바닥 압력이 가장 높다.

④ 3개 용기 바닥 압력이 동일하다.

정답 4번

간단한 해설

정지한 물의 압력은 물의 양이나 용기 모양이 아니라 **수면에서의 수직 깊이**에 따라 달라진다. 그림에서 세 용기 모두 바닥까지의 깊이가 h로 같으므로 바닥 압력도 같다.

NoteBase

선지별 해설

수면이 같은 대기압을 받는 열린 용기에서 바닥의 압력은 $p = p_0 + \rho gh$이다. 여기서 p_0는 대기압, ρ는 물의 밀도, g는 중력가속도, h는 수면에서 바닥까지의 수직 깊이이다. 그림의 두 점선은 수면과 바닥의 높이를 나타내며, 세 용기의 수직 깊이는 모두 h이다. 같은 물이므로 밀도도 같다.

1번 용기: 반지름이 2번의 3배여서 물의 양은 더 많지만, 바닥까지의 깊이는 h이다. 따라서 바닥 압력은 $p_0 + \rho gh$이다. **물의 양이 많다는 것만으로 압력이 커지지는 않는다.**

2번 용기: 반지름이 가장 작아도 물의 밀도와 깊이가 다른 용기와 같다. 따라서 바닥 압력은 똑같이 $p_0 + \rho gh$이다. 바닥 면적이 작다는 이유로 압력이 더 커지지 않는다.

3번 용기: 반지름은 2번의 2배이고 옆면이 꺾여 있지만, 압력을 결정하는 깊이는 **용기를 따라 잰 길이가 아니라 수직 높이 h**이다. 따라서 바닥 압력은 다른 두 용기와 같은 $p_0 + \rho gh$이다.

세 용기의 바닥 압력은 모두 같으며, 이는 ④의 내용과 일치한다.

NoteBase

문 9. 원자로에서 우라늄($^{235}_{92}U$)은 붕괴를 통해 바륨($^{141}_{56}Ba$)과 크립톤($^{92}_{36}Kr$) 원소가 생성되며, 이 반응을 촉발하기 위해서 중성자 1개가 우라늄에 충돌한다. 반응의 결과물로 생성되는 중성자의 개수는?

① 1개

② 2개

③ 3개

④ 4개

정답 3번

간단한 해설

핵반응에서는 **질량수의 합이 보존**된다. 입사 중성자 1개까지 포함한 반응 전의 합은 236이고, 바륨과 크립톤의 합은 233이므로 생성되는 중성자는 3개이다.

계산 과정

질량수는 양성자와 중성자의 수를 합한 값이며, 핵반응 전후 질량수의 합은 같다. 중성자 1개의 질량수는 1이므로, **반응을 촉발한 중성자도 반응 전의 합에 포함**한다.

생성되는 중성자 수를 x라 하면, 반응 전 질량수의 합은 $235 + 1 = 236$이고 바륨과 크립톤의 질량수 합은 $141 + 92 = 233$이다. 따라서 $235 + 1 = 141 + 92 + x$이며, $x = 236 - 233 = 3$이다. 두 생성 원자핵에 포함되지 않은 핵자 3개가 중성자로 방출된다.

생성되는 중성자는 3개이므로 ③의 3개에 해당한다.

NoteBase

문 10. 다음은 금속나트륨이 염소기체와 반응하여 고체상태의 염화나트륨을 생성하는 반응이다. 이 반응의 전체 에너지 변화(ΔE)는?

$Na(s) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \rightarrow NaCl(s)$

Na(s)의 승화에너지($Na(s) \rightarrow Na(g)$)=110 kJ/mol

$Cl_2(g)$의 결합 해리에너지($Cl_2(g) \rightarrow 2Cl(g)$)=240 kJ/mol

Na(g)의 이온화에너지($Na(g) \rightarrow Na^+(g)+e^-$)=500 kJ/mol

Cl(g)의 전자친화도($Cl(g)+e^- \rightarrow Cl^-(g)$)=−350 kJ/mol

NaCl(s)의 격자에너지($Na^+(g)+Cl^-(g) \rightarrow NaCl(s)$)=−790 kJ/mol

① −410 kJ/mol

② −290 kJ/mol

③ 290 kJ/mol

④ 410 kJ/mol

정답 1번

간단한 해설

전체 에너지 변화는 각 단계의 에너지 변화를 더해 구한다. 염소 기체는 1/2 mol만 필요하므로 **결합 해리에너지의 절반**을 반영하며, 합계는 −410 kJ/mol이다.

NoteBase

계산 과정

주어진 반응은 Na(s) 1 mol과 Cl_2(g) 1/2 mol로 NaCl(s) 1 mol을 만드는 과정이다. 에너지 변화는 처음과 마지막 상태로 결정되므로, 같은 반응을 여러 단계로 나누어도 **각 단계의 에너지 변화를 합한 값**은 전체 반응의 에너지 변화와 같다.

Na의 승화: Na(s) → Na(g)에서 고체 나트륨을 기체 원자로 만드는 데 110 kJ/mol을 흡수한다.

Cl_2의 해리: Cl_2(g) → 2Cl(g)의 에너지 변화는 240 kJ/mol이다. NaCl 1 mol을 만들 때 필요한 Cl 원자는 1 mol이므로, **Cl_2 1/2 mol만 해리**한다. 이 단계의 에너지 변화는 $\frac{1}{2} \times 240 = 120$kJ/mol이다.

Na의 이온화: Na(g) → Na^+(g) + e^-에서 기체 나트륨 원자로부터 전자를 떼어 내는 데 500 kJ/mol을 흡수한다.

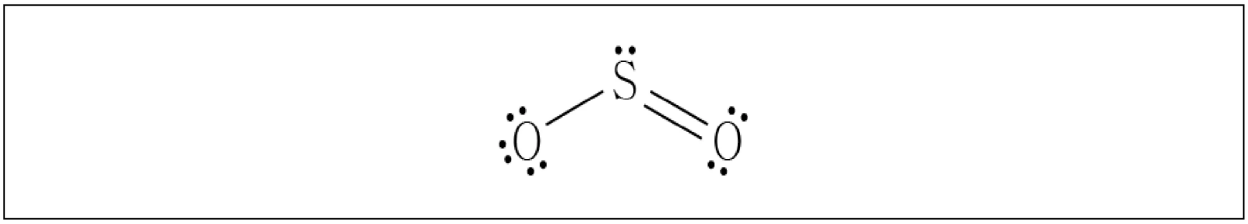
Cl의 전자 획득: Cl(g) + e^- → Cl^-(g)의 에너지 변화는 문제에서 −350 kJ/mol로 주어졌다. 전자를 받아 음이온이 되는 과정에서 350 kJ/mol을 방출하므로 **음의 부호를 그대로** 반영한다.

NaCl의 격자 형성: Na^+(g) + Cl^-(g) → NaCl(s)에서 기체 이온들이 고체 결정을 이루며 790 kJ/mol을 방출한다. 주어진 값은 **격자를 형성하는 방향**의 에너지 변화이므로 −790 kJ/mol을 더한다.

전체 에너지 변화: 위 단계들을 더하면 중간에 생성·소모되는 기체 원자, 이온 및 전자가 소거되어 주어진 생성 반응이 남는다. 흡수한 에너지는 110 + 120 + 500 = 730 kJ/mol이고, 방출 과정의 에너지 변화 합은 −350 − 790 = −1140 kJ/mol이다. 따라서 전체 에너지 변화는 730 − 1140 = −410 kJ/mol로, ①의 값과 일치한다. 음의 부호는 NaCl 1 mol이 생성될 때 에너지 410 kJ이 순방출됨을 뜻한다.

NoteBase

문 11. SO_2 **분자의 루이스 구조가 다음과 같은 형태로 되어 있을 때, 각 원자의 형식전하를 모두 더한 값은?**



① −2

② −1

③ 0

④ 1

정답 3번

간단한 해설

그림에서 황의 형식전하는 +1, 단일 결합한 산소는 −1, 이중 결합한 산소는 0이다. 이를 모두 더하면 **형식전하의 합은 0**으로, 중성 분자의 전체 전하와 같다.

계산 과정

형식전하는 결합 전자를 두 원자에 똑같이 나누어 배정했을 때의 전하이다. 원자가전자 수를 V, 비공유 전자 수를 N, 결합 전자 수를 B라 하면 $F = V - N - \frac{B}{2}$로 계산한다. **비공유 전자는 모두, 결합 전자는 절반만** 해당 원자에 배정하므로 이 값을 원자가전자 수에서 뺀다. 황과 산소의 원자가전자는 각각 6개이다.

황(S): 그림에서 비공유 전자쌍이 1개이고, 산소와 단일 결합 1개 및 이중 결합 1개를 이룬다. 따라서 비공유 전자는 2개, 결합 전자는 6개이므로 형식전하는 $6 - 2 - \frac{6}{2} = +1$이다.

왼쪽 산소(O): 단일 결합을 이루며 비공유 전자쌍이 3개이다. 비공유 전자는 6개, 결합 전자는 2개이므로 형식전하는 $6 - 6 - \frac{2}{2} = -1$이다.

오른쪽 산소(O): 이중 결합을 이루며 비공유 전자쌍이 2개이다. 비공유 전자는 4개, 결합 전자는 4개이므로 형식전하는 $6 - 4 - \frac{4}{2} = 0$이다.

형식전하의 합: (+1) + (−1) + 0 = 0이다. 각 원자의 형식전하를 모두 더하면 분자 전체의 전하가 되며, 중성인 이 분자의 합은 0이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 이산화질소와 일산화탄소의 반응 메커니즘은 다음의 두 단계를 거친다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 단계별 반응 속도상수는 $k_1 \ll k_2$의 관계를 가진다.)

1단계: $NO_2(g) + NO_2(g) \rightarrow NO_3(g) + NO(g)$
2단계: $NO_3(g) + CO(g) \rightarrow NO_2(g) + CO_2(g)$

① 반응 중간체는 $NO_3(g)$이다.
② 반응속도 결정단계는 1단계 반응이다.
③ 1단계 반응은 일분자 반응이고, 2단계 반응은 이분자 반응이다.
④ 전체반응의 속도식은 $k_1[NO_2]^2$이다.

정답 3번

간단한 해설

③의 1단계는 NO_2 분자 두 개가 함께 반응하므로 **일분자 반응이 아니라 이분자 반응**이다. 분자성은 반응물의 종류 수가 아니라 한 단일 단계에 참여하는 반응물 입자의 수로 판단한다.

선지별 해설

① O: 반응 중간체는 반응 도중 생성되었다가 다음 단계에서 소모되어 전체 반응식에는 남지 않는 물질이다. $NO_3(g)$는 **1단계에서 생성되고 2단계에서 소모**된다. 두 단계를 더하면 NO_3와 양쪽에 공통으로 있는 NO_2가 소거되어 전체 반응은 $NO_2(g) + CO(g) \rightarrow NO(g) + CO_2(g)$가 된다.

② O: 반응속도 결정단계는 여러 단계 중 전체 반응의 진행을 제한하는 느린 단계이다. 주어진 $k_1 \ll k_2$ 조건에서는 **1단계를 느린 단계**로 보므로, 이 단계가 전체 반응속도를 결정한다.

③ X: 분자성은 한 단일 단계에서 함께 반응하는 반응물 입자의 수이다. 1단계에는 NO_2 분자 두 개가, 2단계에는 NO_3 분자 한 개와 CO 분자 한 개가 참여하므로 **두 단계 모두 이분자 반응**이다. 1단계의 반응물 종류가 NO_2 한 종류라는 사실은 일분자 반응이라는 뜻이 아니다.

④ O: 단일 단계 반응의 속도식은 그 단계에 참여하는 반응물의 계수를 농도의 지수로 하여 쓴다. 느린 1단계에서 NO_2 분자 두 개가 반응하므로 전체 반응의 속도식은 $v = k_1[NO_2]^2$이다. CO는 빠른 2단계에 참여하므로, 이 메커니즘의 **느린 단계로 정한 속도식에는 CO 농도가 나타나지 않는다**.

NoteBase

문 13. 옥사이드 이온(O^{2-})과 메탄올(CH_3OH) 사이의 반응은 다음과 같다. 브뢴스테드-로리 이론(Brønsted-Lowry theory)에 따른 산과 염기로 옳은 것은?

$O^{2-} + CH_3OH \rightleftharpoons CH_3O^- + OH^-$

① 산: O^{2-}, OH^-, 염기: CH_3OH, CH_3O^-

② 산: CH_3OH, OH^-, 염기: O^{2-}, CH_3O^-

③ 산: O^{2-}, CH_3O^-, 염기: CH_3OH, OH^-

④ 산: CH_3OH, CH_3O^-, 염기: O^{2-}, OH^-

정답 2번

간단한 해설

브뢴스테드-로리 산은 **양성자를 내놓는 물질**이다. 정반응에서는 CH_3OH이, 역반응에서는 OH^-이 양성자를 내놓으므로 둘 다 산에 해당한다.

구성 요소별 해설

브뢴스테드-로리 이론에서 산은 양성자(H^+)를 주는 물질이고, 염기는 양성자를 받는 물질이다. 주어진 반응은 가역반응이므로 **정반응과 역반응에서의 역할**을 모두 살핀다.

O^{2-}: 정반응에서 CH_3OH로부터 **양성자 하나를 받아** OH^-이 되므로 염기이다.

CH_3OH: 정반응에서 하이드록실기(−OH)의 **양성자 하나를 내놓아** CH_3O^-이 되므로 산이다.

CH_3O^-: 역반응에서 OH^-로부터 양성자 하나를 받아 CH_3OH이 되므로 염기이다. CH_3OH이 양성자를 내놓고 남은 물질이므로 그 **짝염기**이다.

OH^-: 역반응에서 양성자 하나를 내놓아 O^{2-}가 되므로 산이다. O^{2-}가 양성자를 받아 생성된 물질이므로 그 **짝산**이다. 음이온이라도 이 반응처럼 양성자를 내놓으면 산으로 작용한다.

따라서 산은 CH_3OH과 OH^-, 염기는 O^{2-}와 CH_3O^-이며, 이 분류에 해당하는 선택지는 ②이다.

NoteBase

문 14. 어떤 전이금속 이온의 5개 d 전자궤도함수는 동일한 에너지 준위를 이루고 있다. 이 전이금속 이온이 4개의 동일한 음이온 배위를 받아 정사면체 착화합물을 형성할 때 나타나는 에너지 준위 도표로 옳은 것은?

① d_{xy} d_{yz} d_{zx} / $d_{x^2-y^2}$ d_{z^2}

② d_{z^2} d_{yz} d_{zx} / $d_{x^2-y^2}$ d_{xy}

③ $d_{x^2-y^2}$ d_{z^2} / d_{xy} d_{yz} d_{zx}

④ $d_{x^2-y^2}$ d_{xy} / d_{z^2} d_{yz} d_{zx}

정답 1번

간단한 해설

정사면체 착화합물에서는 $d_{x^2-y^2}$, d_{z^2}가 **낮은 에너지 준위**를, d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}가 **높은 에너지 준위**를 이룬다. 이는 리간드의 배치 방향에 따라 각 궤도함수가 받는 정전기적 반발의 크기가 다르기 때문이다.

공통 해설

결정장 이론에서는 음이온 리간드와 금속 이온의 전자 사이의 정전기적 반발로 궤도함수의 에너지 차이를 설명한다. 정사면체의 네 꼭짓점에 동일한 리간드가 배치되면, 표준적인 좌표축 배치에서 리간드는 좌표축 사이 방향에 놓인다. 이때 d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}는 $d_{x^2-y^2}$, d_{z^2}보다 리간드 방향에 상대적으로 가까워 **더 큰 반발**을 받는다.

따라서 다섯 궤도함수는 두 에너지 준위로 갈라진다. $d_{x^2-y^2}$, d_{z^2} 두 개는 낮은 e 준위를 이루고, d_{xy}, d_{yz}, d_{zx} 세 개는 높은 t_2 준위를 이룬다. 같은 묶음 안의 궤도함수들은 서로 에너지가 같다.

에너지 준위 도표에서는 위에 있는 수평선일수록 에너지가 높다. 따라서 **아래에 두 개의 e 궤도함수, 위에 세 개의 t_2 궤도함수**가 각각 같은 높이로 놓여야 한다. 두 묶음의 높낮이를 뒤집거나, 서로 다른 묶음의 궤도함수를 같은 높이에 섞어 놓은 도표는 이 정사면체 결정장의 분리 관계에 맞지 않는다.

NoteBase

문 15. n-형 반도체는 실리콘에 일정량의 불순물 원자를 첨가하는 도핑(doping) 과정을 통해 제조할 수 있다. 다음 중 n-형 반도체를 제조하기 위해 사용되기 어려운 원소는 무엇인가?

① $_{15}P$

② $_{33}As$

③ $_{49}In$

④ $_{51}Sb$

정답 3번

간단한 해설

인듐(In)은 원자가 전자가 3개인 13족 원소로, 실리콘에 도핑하면 **전자가 아니라 정공을 증가시키는 p-형 반도체**를 만든다. n-형 반도체에는 전자를 제공하는 15족 불순물이 적합하다.

공통 해설

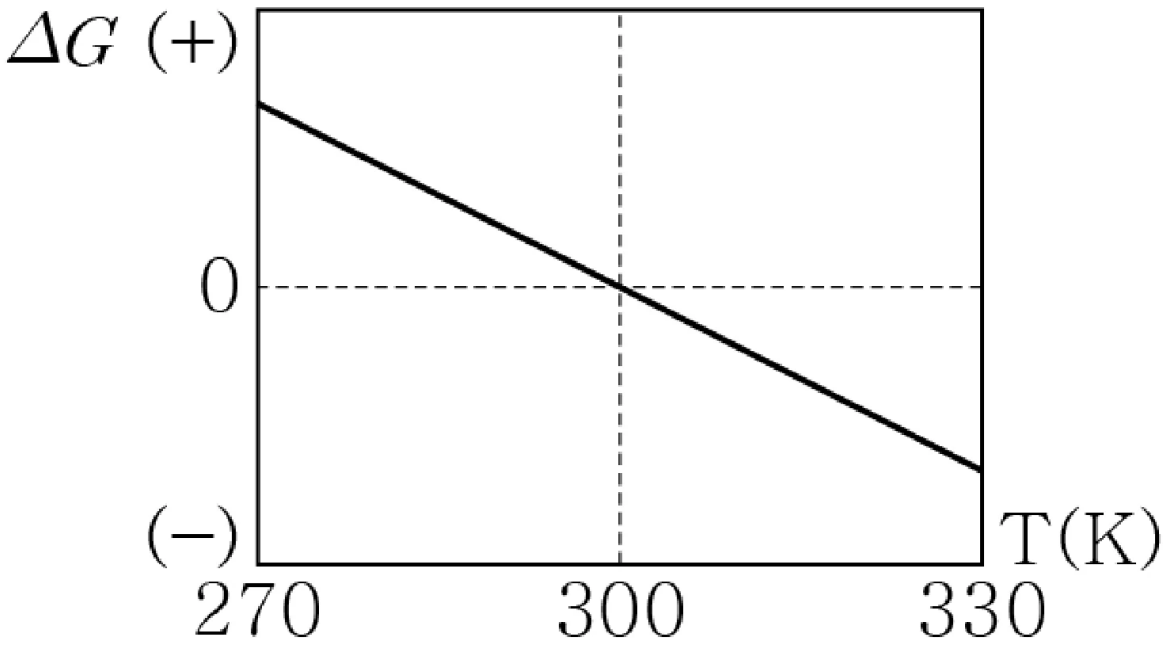
실리콘은 원자가 전자가 4개이며, 결정에서 주변 원자 4개와 공유 결합을 한다. 불순물이 실리콘 원자의 자리를 차지할 때, 원자가 전자가 실리콘보다 하나 많으면 전자를 제공하는 도너로, 하나 적으면 전자를 받아들여 정공을 만드는 억셉터로 작용한다. 전자가 주된 전하 운반자인 반도체는 n-형이고, 전자가 비어 있는 자리인 정공이 주된 전하 운반자인 반도체는 p-형이다.

인(P), 비소(As), 안티모니(Sb)는 모두 15족 원소로 원자가 전자가 5개이다. 이 중 4개가 주변 실리콘 원자와의 공유 결합에 참여하고, 남은 전자 1개는 비교적 쉽게 이동 가능한 전자가 된다. 따라서 이들은 **전자를 제공하는 도너**로 작용하여 n-형 반도체 제조에 사용된다.

인듐(In)은 13족 원소로 원자가 전자가 3개이므로, 실리콘의 공유 결합을 채우는 데 필요한 전자가 하나 부족하다. 주변에서 전자를 받아들이면 그 전자가 있던 곳에 정공이 생긴다. 따라서 인듐은 **정공을 증가시키는 억셉터**로 작용하여 p-형 반도체를 만들므로, n-형 반도체 제조용 불순물로는 적합하지 않다.

NoteBase

문 16. 일정한 압력에서 일어나는 어느 반응에 대해 온도에 따른 Gibbs 자유에너지 변화(ΔG)는 다음과 같다. 이 그림에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 엔트로피 변화(ΔS)는 양수이다.

② 이 계는 300K에서 평형상태에 있다.

③ 이 반응은 온도가 300K보다 높을 때 자발적으로 일어난다.

④ 이 반응의 엔탈피 변화(ΔH)는 음수이다.

정답 4번

간단한 해설

그래프의 기울기가 음수이므로 엔트로피 변화는 양수이다. 300 K에서 $\Delta G = 0$이므로 $\Delta H = T\Delta S > 0$이며, 이 반응은 엔탈피 변화가 **양수인 흡열 반응**이다.

NoteBase

선지별 해설

Gibbs 자유에너지 변화는 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$로 나타낸다. 여기서 T는 절대온도, ΔH는 엔탈피 변화, ΔS는 엔트로피 변화이다. 일정한 온도와 압력에서 $\Delta G < 0$이면 정반응이 자발적으로 진행되고, $\Delta G = 0$이면 평형이다.

① O: 그림에서 온도가 높아질수록 ΔG가 감소한다. 이 직선 관계를 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$와 비교하면 **기울기는 엔트로피 변화의 음수**인 $-\Delta S$이다. 기울기가 음수이므로 $\Delta S > 0$이다.

② O: 300 K에서 직선이 $\Delta G = 0$인 수평 점선과 만난다. 이때는 정반응과 역반응 어느 쪽으로도 순변화가 일어나려는 자유에너지상의 구동력이 없으므로 **평형상태**이다.

③ O: 그림에서 300 K보다 높은 온도 영역의 직선은 $\Delta G = 0$인 점선 아래에 있다. 따라서 $\Delta G < 0$이 되어 **정반응이 자발적으로 진행**된다. 반대로 300 K보다 낮은 영역에서는 $\Delta G > 0$이므로 정반응이 비자발적이다.

④ X: 300 K에서 $\Delta G = 0$이므로 $\Delta H = T\Delta S$이다. 이 온도는 양수이고, 직선의 음의 기울기로부터 $\Delta S > 0$임을 알 수 있으므로 $\Delta H > 0$이다. 따라서 엔탈피 변화는 음수가 아니라 **양수**이며, 열을 흡수하는 반응이다.

NoteBase

문 17. 25 °C의 물에서 $Cd(OH)_2(s)$의 용해도를 S라고 할 때, $Cd(OH)_2(s)$의 용해도곱 상수(solubility product constant, K_{sp})로 옳은 것은?

① $2S^2$

② S^3

③ $2S^3$

④ $4S^3$

정답 4번

간단한 해설

수산화 카드뮴이 녹으면 카드뮴 이온과 수산화 이온이 **1 : 2의 몰비**로 생성된다. 따라서 두 이온의 농도는 각각 S와 2S이며, $K_{sp} = S(2S)^2 = 4S^3$이다.

계산 과정

1. 용해 평형: 25 °C에서 수산화 카드뮴의 용해 평형은 $Cd(OH)_2(s) \rightleftharpoons Cd^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$이다. 고체 1몰이 녹을 때 카드뮴 이온 1몰과 수산화 이온 2몰이 생긴다.

2. 이온의 농도: S를 mol/L 단위의 몰용해도로 해석하면, 포화 용액 1 L에 녹아 있는 수산화 카드뮴은 S몰이다. 물의 자동 이온화로 생기는 수산화 이온을 무시하면 $[Cd^{2+}] = S$, $[OH^-] = 2S$이다. **수산화 이온의 농도는 용해도의 2배**라는 점에 주의한다.

3. 용해도곱 계산: 묽은 용액에서 이온의 활동도를 몰농도로 근사하면 $K_{sp} = [Cd^{2+}][OH^-]^2$이다. 순수한 고체의 활동도는 1이므로 식에서 생략하고, 각 이온 농도에는 **용해 반응식의 계수를 지수**로 적용한다. 따라서 $K_{sp} = S(2S)^2 = 4S^3$이며, 이는 ④의 식과 일치한다.

NoteBase

문 18. 양성자 교환막 연료 전지는 수소기체와 산소기체가 만나 물을 얻는 반응을 이용하여 전기를 생산한다. 이때 산화 전극에서 일어나는 반쪽 반응은 다음과 같다.
다음 중 환원전극에서 일어나는 반쪽 반응으로 옳은 것은?

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

① $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

② $O_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$

③ $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$

④ $2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + 4e^- + O_2(g)$

정답 1번

간단한 해설

환원 전극에서는 산소가 **전자를 받아** 수소 이온과 함께 물을 생성한다. 따라서 환원 반쪽 반응식에서 전자는 **반응물 쪽**에 놓인다.

공통 해설

환원은 전자를 얻는 반응이다. 이 연료 전지에서는 산화 전극에서 수소가 수소 이온과 전자를 내놓는다. 수소 이온은 양성자 교환막을 통해, 전자는 외부 회로를 통해 환원 전극으로 이동한다. 환원 전극에서는 산소가 이들을 받아 물을 생성한다.

따라서 환원 전극의 반쪽 반응은 $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$이다. 산소가 **전자 4개를 받아 환원**되며, 양변의 수소·산소 원자 수와 전체 전하가 각각 보존된다.

수소와 산소에서 물이 생성되는 전체 반응식은 두 전극의 반응을 합하여 전자가 소거된 식이다. 수소 이온과 수산화 이온에서 물이 생성되는 식도 전자의 이동을 나타내지 않는다. 이들은 **전자를 받는 환원 반쪽 반응식이 아니다**. 물에서 수소 이온·전자·산소가 생성되는 식은 전자가 생성물 쪽에 있으므로, 전자를 내놓는 산화 반쪽 반응식이다.

NoteBase

문 20. 6×10^{-3}M H_3O^+ 이온을 함유한 아세트산 수용액의 pH는? (단, log2=0.301, log3=0.477이며, 소수점 셋째 자리에서 반올림한다.)

① 2.22

② 2.33

③ 4.67

④ 4.78

정답 1번

간단한 해설

pH는 **H_3O^+의 몰농도에 음의 상용로그를 취한 값**이다. 주어진 농도를 적용하면 $pH = 3 - \log 6$이므로, 반올림한 pH는 2.22이다.

계산 과정

H_3O^+의 몰농도는 $[H_3O^+] = 6 \times 10^{-3}$M이다. pH는 이 농도를 mol/L 단위로 나타낸 수치에 음의 상용로그를 취하여 $pH = -\log[H_3O^+]$로 구한다. **H_3O^+의 농도가 이미 주어졌으므로** 아세트산의 이온화 상수나 이온화도를 별도로 구할 필요가 없다.

로그의 곱셈 법칙에 따라 $\log 6 = \log 2 + \log 3$이다. 주어진 값을 대입하면 0.301 + 0.477 = 0.778이다.

따라서 $pH = -\log(6 \times 10^{-3})$이고, $\log 10^{-3} = -3$이므로 $pH = 3 - \log 6$이다. 이를 계산하면 3 - 0.778 = 2.222이다. 소수점 셋째 자리에서 반올림하면 pH는 2.22로, ①의 값과 일치한다. pH에는 단위를 붙이지 않는다.

NoteBase