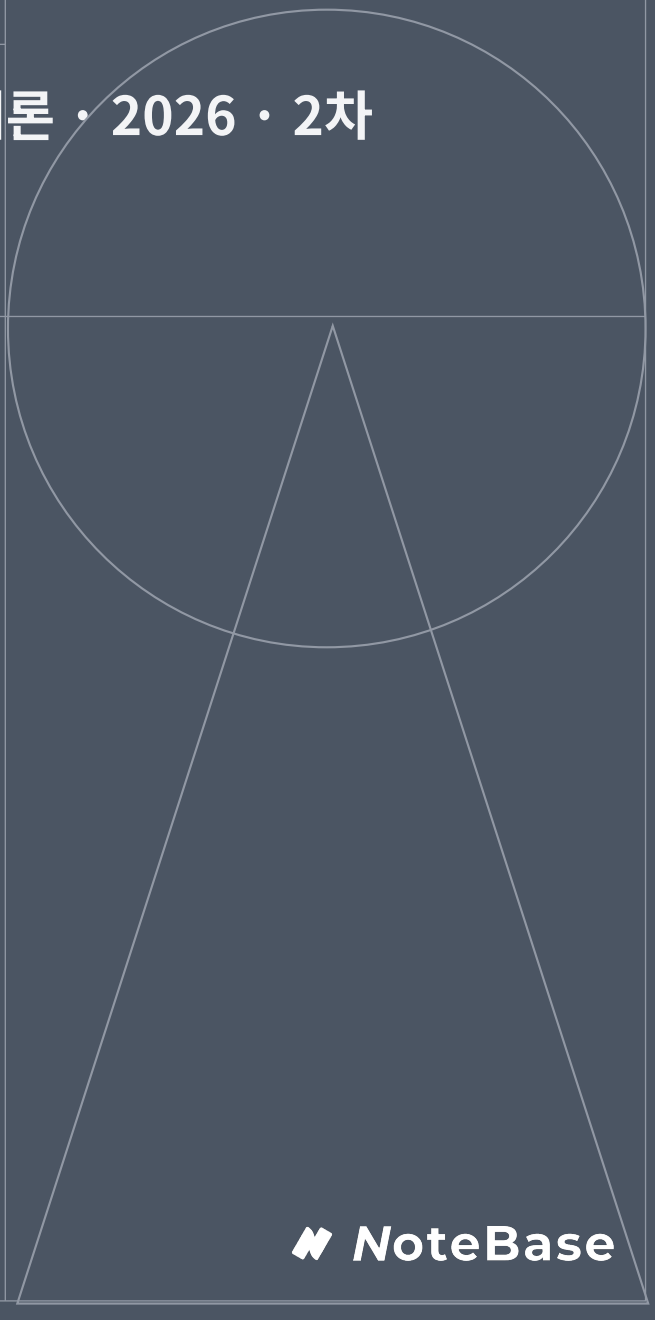
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2026 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2026 · 2차

공무원/국가직/7급 · 화학개론 · 2026 · 2차

문 1. 팔전자 규칙을 만족시키지 않는 분자는?

① BF_3

② F_2

③ CF_4

④ CO_2

정답 1번

간단한 해설

BF_3의 B는 F와 단일 결합 3개를 형성하여 주위에 전자 6개만 갖는다. 따라서 **전자 8개를 채우지 못하는 전자 부족 분자**로, 팔전자 규칙의 예외에 해당한다.

NoteBase

선지별 해설

팔전자 규칙은 원자가 결합을 형성하여 최외각에 전자 8개를 갖추려는 경향을 말한다. 루이스 구조에서는 비공유 전자와 결합에 참여한 공유 전자를 모두 세며, 공유 전자쌍은 결합한 두 원자 각각의 전자 수에 포함한다. 아래 O/X는 각 분자의 팔전자 규칙 만족 여부를 나타낸다.

① X: BF_3에서 B는 F 3개와 각각 단일 결합을 형성하고 비공유 전자쌍은 갖지 않는다. 따라서 B 주위의 전자는 3 × 2 = 6개로, **8개에 미치지 못한다**. 각 F는 팔전자 규칙을 만족하지만 B가 만족하지 않으므로, 이 분자는 팔전자 규칙의 예외인 전자 부족 분자이다.

② O: F_2의 두 F는 단일 결합 하나로 연결된다. 각 F는 공유 전자쌍 1개와 비공유 전자쌍 3개를 가지므로, 주위의 전자 수는 2 + 6 = 8개이다. 따라서 **두 F 모두 팔전자 규칙을 만족한다**.

③ O: CF_4에서 C는 F 4개와 각각 단일 결합을 형성한다. C 주위에는 **공유 전자쌍 4개**, 즉 전자 8개가 있다. 각 F도 공유 전자쌍 1개와 비공유 전자쌍 3개로 전자 8개를 갖추므로, 모든 원자가 팔전자 규칙을 만족한다.

④ O: CO_2의 루이스 구조는 O=C=O이며, C와 각 O 사이에 이중 결합이 있다. **이중 결합 하나에는 공유 전자쌍 2개**가 있으므로, C는 두 이중 결합을 통해 전자 8개를 갖는다. 각 O도 이중 결합의 공유 전자 4개와 비공유 전자쌍 2개의 전자 4개를 합하여 전자 8개를 갖추므로, 모든 원자가 팔전자 규칙을 만족한다.

NoteBase

문 2. 15.0 M 질산 수용액 40 mL에 물을 추가하여 1.2 M 용액으로 희석하고자 한다. 필요한 물의 부피[mL]는?

① 280

② 320

③ 460

④ 500

정답 3번

간단한 해설

희석할 때는 **질산의 몰수가 일정**하므로, 1.2 M이 되려면 전체 용액의 부피가 500 mL가 되어야 한다. 원래 용액 40 mL를 제외하면 추가할 물은 460 mL이다.

계산 과정

처음 질산의 몰수: 몰농도는 용액 1 L에 들어 있는 용질의 몰수이며, M은 mol/L를 뜻한다. 물만 추가하므로 **희석 전후 질산의 몰수는 변하지 않는다**. 처음 용액의 부피 40 mL를 0.040 L로 바꾸면, 질산의 몰수는 $n = CV = 15.0\text{mol/L} \times 0.040\text{L} = 0.600\text{mol}$이다.

희석 후 용액의 부피: 몰농도 관계 $C = \frac{n}{V}$에서 $V = \frac{n}{C}$이므로, 0.600 mol의 질산을 1.2 M로 만들 때 필요한 전체 용액의 부피는 $V = \frac{0.600\text{mol}}{1.2\text{mol/L}} = 0.500\text{L}$, 즉 500 mL이다. 이는 **물을 넣은 뒤의 전체 용액 부피**이다.

추가할 물의 부피: 혼합에 따른 부피 변화는 무시하고, 최종 용액 부피에서 처음 용액 부피를 뺀다. 필요한 물의 부피는 500 − 40 = 460 mL로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 수소형 원자의 전자에 대한 양자수 조합으로 가능하지 않은 것은? (단, n은 주양자수, l은 각 운동량 양자수, m_l은 자기 양자수, m_s는 스핀 양자수이다)

① n: 2, l: 1, m_l: −1, m_s: $+\frac{1}{2}$

② n: 2, l: 2, m_l: 1, m_s: $+\frac{1}{2}$

③ n: 3, l: 2, m_l: 0, m_s: $-\frac{1}{2}$

④ n: 4, l: 0, m_l: 0, m_s: $+\frac{1}{2}$

정답 2번

간단한 해설

각 운동량 양자수 l은 **0부터 $n-1$까지의 정수**만 가능하다. 따라서 $n=2$일 때는 $l=0, 1$만 허용되므로, $l=2$인 조합은 성립하지 않는다.

선지별 해설

양자수는 각각 독립적으로 아무 값이나 가질 수 있는 것이 아니다. 주양자수 n은 양의 정수이고, 각 운동량 양자수 l은 0부터 $n-1$까지의 정수이다. 자기 양자수 m_l은 $-l$부터 $+l$까지의 정수이며, 전자의 스핀 양자수 m_s는 $+\frac{1}{2}$ 또는 $-\frac{1}{2}$이다. 이 조건을 모두 만족해야 가능한 조합이다.

① O: $n=2$에서 허용되는 l은 0과 1이므로 $l=1$은 가능하다. 이때 m_l은 −1, 0, 1 중 하나이므로 주어진 −1도 허용된다. $m_s=+\frac{1}{2}$도 허용되므로 모든 조건을 만족한다.

② X: $n=2$일 때 l의 최댓값은 1이므로 $l=2$**는 허용되지 않는다**. $m_l=1$과 $m_s=+\frac{1}{2}$가 각각 해당 범위에 들어가더라도, n과 l의 관계를 위반하므로 불가능하다. 나머지 값을 유지하면서 $l=2$를 $l=1$로 바꾸면 가능한 조합이 된다.

③ O: $n=3$에서 l은 0, 1, 2가 가능하므로 $l=2$는 허용된다. 이때 m_l은 −2, −1, 0, 1, 2 중 하나이므로 0도 가능하다. $m_s=-\frac{1}{2}$도 허용되므로 가능한 조합이다.

④ O: $n=4$에서 l은 0, 1, 2, 3이 가능하므로 $l=0$은 허용된다. $l=0$**이면** m_l**도 반드시 0**이어야 하며, 주어진 값이 이 조건과 일치한다. $m_s=+\frac{1}{2}$도 허용되므로 가능한 조합이다.

NoteBase

문 4. 우라늄($^{238}_{92}U$)의 원자핵이 한 번의 알파(α) 붕괴와 두 번의 베타(β) 붕괴를 통해 생성된 핵종의 양성자수와 중성자수를 바르게 연결한 것은?

① 양성자수: 90, 중성자수: 144

② 양성자수: 92, 중성자수: 142

③ 양성자수: 92, 중성자수: 144

④ 양성자수: 94, 중성자수: 140

정답 2번

간단한 해설

α 붕괴는 질량수를 4, 양성자수를 2 감소시키고, β^- 붕괴는 **질량수 변화 없이 양성자수를 1 증가**시킨다. α 붕괴 한 번과 β^- 붕괴 두 번을 거치면 질량수는 234, 양성자수는 92이므로 중성자수는 142이다.

계산 과정

핵종 표기 $^{A}_{Z}X$에서 질량수 A는 양성자수와 중성자수의 합이고, 원자번호 Z는 양성자수이다. 따라서 중성자수 N은 $N = A - Z$로 구한다. 처음 우라늄은 질량수 238, 양성자수 92이므로 중성자수는 238 − 92 = 146이다.

α 붕괴 한 번: α 입자는 양성자 2개와 중성자 2개로 이루어진 헬륨 원자핵이다. 이를 방출하면 **양성자수와 중성자수가 각각 2 감소**한다. 따라서 질량수는 238 − 4 = 234, 양성자수는 92 − 2 = 90, 중성자수는 146 − 2 = 144가 된다.

β 붕괴 두 번: 이 문항의 β 붕괴는 전자를 방출하는 β^- 붕괴로, 핵 안의 **중성자 1개가 양성자 1개로 바뀌는** 과정이다. 한 번마다 양성자수는 1 증가하고 중성자수는 1 감소하므로 두 번 후 양성자수는 90 + 2 = 92, 중성자수는 144 − 2 = 142가 된다. 양성자와 중성자의 총수는 변하지 않아 질량수는 234로 유지된다.

최종 핵종의 중성자수는 질량수에서 양성자수를 빼서도 234 − 92 = 142로 확인할 수 있다. 따라서 양성자수 92, 중성자수 142의 연결은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 5. 다원자 음이온에 대한 명명으로 옳은 것은?

① 음이온: SO_3^{2-}, 명명: 황산 이온

② 음이온: HCO_3^-, 명명: 탄산수소 이온

③ 음이온: ClO^-, 명명: 아염소산 이온

④ 음이온: MnO_4^-, 명명: 망가니즈산 이온

정답 2번

간단한 해설

HCO_3^-는 탄산 이온 CO_3^{2-}에 수소 이온 H^+ 하나가 결합한 형태이므로 **탄산수소 이온**이라고 한다.

선지별 해설

① X: SO_3^{2-}는 **아황산 이온**이다. 황산 이온은 SO_4^{2-}이며, 아황산 이온은 황산 이온보다 산소 원자가 하나 적다.

② O: HCO_3^-는 **탄산수소 이온**이다. 탄산 이온 CO_3^{2-}에 수소 이온 H^+ 하나가 결합하여 수소 원자를 포함하고, 전체 전하는 −2에서 −1이 된다.

③ X: ClO^-는 **차아염소산 이온**이다. 아염소산 이온은 ClO_2^-이며, 차아염소산 이온보다 산소 원자가 하나 많다.

④ X: MnO_4^-는 **과망가니즈산 이온**이다. 망가니즈산 이온은 MnO_4^{2-}이다. 두 이온은 원자의 종류와 개수가 같지만 전체 전하가 각각 −1과 −2로 다르므로 전하까지 구별해야 한다.

NoteBase

문 6. $CuSO_4$ 수용액을 전기 분해하여 구리(Cu)를 도금하는 과정에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 패러데이 상수는 96,500 C mol^{-1}이다)

ㄱ. Cu 도금은 환원 전극에서 일어난다.
ㄴ. Cu 도금은 (-)극에서 일어난다.
ㄷ. Cu 1 mol이 도금될 때, $\frac{96,500}{2}$ C의 전하가 흐른다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

구리 이온은 **전자를 받아 환원**되면서 금속 구리로 도금되며, 전기 분해에서는 전자를 공급받는 (-)극에서 이 반응이 일어난다. 구리 1 mol의 도금에는 **전자 2 mol**이 필요하므로 전하량은 193,000 C이다.

보기별 해설

ㄱ. O: 황산 구리 수용액의 Cu^{2+}가 전자를 받아 금속 구리로 석출되는 반응은 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$이다. 전자를 얻는 반응이 **환원**이므로, 구리 도금은 환원 전극에서 일어난다.

ㄴ. O: 전기 분해에서는 외부 전원이 환원 전극에 전자를 공급한다. 이 전극은 전원의 음극에 연결된 **(-)극**이며, Cu^{2+}가 여기서 전자를 받아 도금된다.

ㄷ. X: Cu^{2+} 1개가 구리 원자 1개로 환원될 때 전자 2개를 받으므로, Cu 1 mol을 도금하려면 **전자 2 mol**이 필요하다. 패러데이 상수 96,500 C mol^{-1}은 전자 1 mol에 해당하는 전하량이므로, 필요한 전하량은 $2 \times 96,500 = 193,000$ C이다. 따라서 제시된 $\frac{96,500}{2}$ C를 193,000 C로 고쳐야 한다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, 이를 모두 포함한 조합은 ①이다.

NoteBase

문 7. 다음 세 가지 화합물에서 질소(N)의 산화수의 합은?

NH_3 NF_3 $LiNO_3$

① 3

② 5

③ 9

④ 11

정답 2번

간단한 해설

각 화합물에서 원자들의 **산화수의 합은 0**이다. H는 +1, F는 −1, Li는 +1, O는 −2를 적용하면 질소의 산화수는 각각 −3, +3, +5이므로 합은 5이다.

계산 과정

세 화합물은 모두 전기적으로 중성이므로 **각 원자의 산화수에 원자 수를 곱하여 더한 값은 0**이다. 각 화합물에서 질소의 산화수를 x로 두고 계산한다.

NH_3: 질소와 결합한 H의 산화수는 +1이다. H 원자 3개의 산화수 합이 +3이므로, $x + 3(+1) = 0$에서 $x = -3$이다.

NF_3: F의 산화수는 −1이다. F 원자 3개의 산화수 합이 −3이므로, $x + 3(-1) = 0$에서 $x = +3$이다.

$LiNO_3$: Li의 산화수는 +1이고 O의 산화수는 −2이다. Li 원자 1개와 O 원자 3개의 산화수 합은 −5이므로, $(+1) + x + 3(-2) = 0$에서 $x = +5$이다.

세 화합물에서 질소의 산화수를 더하면 (−3) + (+3) + (+5) = 5로, ②의 값과 일치한다. 산화수에는 단위가 없다.

NoteBase

문 8. 중심 원자의 혼성 오비탈이 dsp^3인 것은?

① $BeCl_2$

② XeF_4

③ SO_3

④ PCl_5

정답 4번

간단한 해설

PCl_5의 P는 Cl 다섯 개와 결합하고 비공유 전자쌍이 없어 **전자 영역이 5개**이다. 이 문항의 혼성 오비탈 모형에서는 이를 dsp^3, 즉 sp^3d 혼성으로 나타낸다.

선지별 해설

혼성 오비탈은 중심 원자 주위의 전자 영역 수와 연결하여 판단한다. 결합한 원자 하나가 만드는 결합 영역은 결합 차수와 관계없이 하나로 세며, 비공유 전자쌍도 각각 하나의 영역으로 센다. 이 문항에서 dsp^3는 d 오비탈 1개, s 오비탈 1개, p 오비탈 3개를 조합하는 모형으로, 전자 영역 5개에 대응하며 sp^3d로도 쓴다.

① X: $BeCl_2$ 분자의 중심 Be에는 Be–Cl 결합 영역이 2개이고 비공유 전자쌍은 없다. 따라서 전자 영역은 2개이며, **직선형의 sp 혼성**에 해당한다. dsp^3 혼성이 아니다.

② X: XeF_4의 중심 Xe에는 결합 영역 4개와 비공유 전자쌍 2개가 있어 **전자 영역은 총 6개**이다. 전자 영역의 배치는 정팔면체형이고, 혼성은 sp^3d^2로 나타낸다. 두 비공유 전자쌍이 서로 마주 보는 위치를 차지하므로 분자 모양은 평면 사각형이다. 결합한 F가 4개라는 이유로 전자 영역도 4개라고 세면 안 된다.

③ X: SO_3의 중심 S에는 O와의 결합 영역이 3개이고 비공유 전자쌍은 없다. S–O 결합을 다중 결합으로 표시하더라도 **각 S–O 결합은 전자 영역 하나**로 센다. 따라서 전자 영역은 3개이고, 평면 삼각형의 sp^2 혼성에 해당한다.

④ O: PCl_5 분자의 중심 P에는 P–Cl 결합 영역이 5개이고 비공유 전자쌍은 없다. 따라서 **전자 영역 5개가 삼각쌍뿔형으로 배치**되며, 이 문항의 혼성 오비탈 모형에서는 dsp^3, 즉 sp^3d 혼성으로 나타낸다.

NoteBase

문 9. 부피가 V인 밀폐된 강철 용기에 A(g) 1 mol이 들어 있고, 온도가 T일 때, 압력은 P이다. 이 용기에 A(g) 1 mol을 추가하고 온도를 2T로 높였을 때의 압력은? (단, A(g)는 이상 기체이다)

① P

② 2P

③ 4P

④ 8P

정답 3번

간단한 해설

부피가 일정한 이상 기체의 압력은 **물질량과 절대온도의 곱에 비례**한다. 물질량과 절대온도가 각각 2배가 되므로 압력은 처음의 4배인 4P가 된다.

계산 과정

이상 기체에는 상태 방정식 $PV = nRT$가 성립한다. 여기서 n은 기체의 물질량, R은 기체 상수, T는 절대온도(K)이다. 강철 용기의 **부피 V가 일정**하므로 $P = \frac{nRT}{V}$에서 압력은 물질량과 절대온도의 곱에 비례한다.

A(g)를 1 mol 추가하면 전체 물질량은 1 + 1 = 2 mol이 되어 처음의 2배가 된다. 온도도 T에서 2T로 높아지므로 절대온도가 처음의 2배가 된다.

나중 압력을 P_2라 하면 $P_2 = P \cdot \frac{2}{1} \cdot \frac{2T}{T} = 4P$이다. 즉, 물질량 증가에 따른 2배와 온도 상승에 따른 2배를 곱하므로 나중 압력은 ③의 4P이다.

NoteBase

문 10. 사염화 탄소(CCl_4)에 대한 용해도가 가장 큰 것은?

① NH_3
② H_2O
③ CH_3OH
④ Br_2

정답 4번

간단한 해설

CCl_4는 분자 전체의 전하 분포가 대칭인 **비극성 용매**이다. Br_2도 **비극성 분자**이므로 CCl_4와 분산력으로 상호작용하여 잘 녹는다.

선지별 해설

용해도는 용질과 용매 사이의 상호작용을 기준으로 비교한다. 일반적으로 극성이 비슷한 물질끼리 잘 녹는다. CCl_4는 C–Cl 결합 각각은 극성이지만, 정사면체 구조에서 결합의 쌍극자 모멘트가 서로 상쇄되어 **분자 전체는 비극성**이다.

① NH_3: 삼각뿔 구조여서 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는 **극성 분자**이다. NH_3 분자 사이에는 수소 결합도 형성되므로, 비극성인 CCl_4보다는 극성 용매와의 친화성이 크다.

② H_2O: 굽은 구조의 극성 분자이며, 물 분자 사이에는 **수소 결합**이 형성된다. CCl_4는 물과 이러한 수소 결합을 형성하지 못하므로, 물은 CCl_4에 잘 녹지 않는다.

③ CH_3OH: 비극성 부분인 메틸기를 가지지만, **극성인 하이드록실기(–OH)** 때문에 분자 전체는 극성을 띤다. 메탄올 분자 사이에는 수소 결합도 형성되므로, 비극성인 Br_2에 비해 CCl_4와 분자 간 상호작용의 성격이 덜 비슷하다.

④ Br_2: 같은 원자 두 개가 결합하여 영구적인 쌍극자를 갖지 않는 **비극성 분자**이다. Br_2와 CCl_4는 모두 분산력이 주된 분자 간 인력이므로 서로 잘 섞인다.

따라서 네 후보 중 비극성 용매 CCl_4에 대한 용해도가 가장 큰 물질은 ④ Br_2이다.

NoteBase

문 11. 탄소(C), 수소(H), 산소(O)만으로 이루어진 화합물 6.0 g을 완전 연소시켰더니 13.2 g의 이산화탄소(CO_2)와 7.2 g의 물(H_2O)이 생성되었다. 이 화합물의 실험식은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다)

① C_2H_5O
② C_2H_6O
③ C_3H_8O
④ $C_3H_8O_2$

정답 3번

간단한 해설

완전 연소로 얻은 이산화 탄소와 물에서 탄소·수소의 양을 구하고, 시료 질량에서 두 원소의 질량을 빼면 산소의 양을 알 수 있다. 각 원소의 **몰수비가 C : H : O = 3 : 8 : 1**이므로 실험식은 C_3H_8O이다.

계산 과정

탄소의 양: 완전 연소하면 시료 속 탄소는 모두 이산화 탄소(CO_2)가 된다. CO_2의 몰질량은 $12 + 16 \times 2 = 44$ g/mol이고, CO_2 1몰에는 탄소 원자 1몰이 들어 있다. 따라서 탄소의 몰수는 $n(\mathrm{C}) = \frac{13.2}{44} = 0.30\,\mathrm{mol}$이며, 탄소의 질량은 $0.30 \times 12 = 3.6$ g이다.

수소의 양: 시료 속 수소는 모두 물(H_2O)이 되며, **물 1몰에는 수소 원자 2몰**이 들어 있다. 물의 몰질량은 $1 \times 2 + 16 = 18$ g/mol이므로, 물의 몰수는 $\frac{7.2}{18} = 0.40\,\mathrm{mol}$이다. 수소 원자의 몰수는 $0.40 \times 2 = 0.80$ mol이고, 수소의 질량은 $0.80 \times 1 = 0.80$ g이다.

산소의 양: 연소 생성물의 산소에는 연소에 공급된 산소도 포함되므로, **시료 속 산소의 질량은 시료 질량에서 탄소와 수소의 질량을 빼서** 구한다. 화합물은 C, H, O만으로 이루어져 있으므로 산소의 질량은 $6.0 - 3.6 - 0.80 = 1.6$ g이고, 산소 원자의 몰수는 $n(\mathrm{O}) = \frac{1.6}{16} = 0.10\,\mathrm{mol}$이다.

실험식 결정: 실험식은 구성 원자 수의 가장 간단한 정수비를 나타내므로 각 원소의 질량비가 아니라 **원자 몰수비**를 사용한다. C : H : O의 몰수비 0.30 : 0.80 : 0.10을 가장 작은 몰수인 0.10으로 나누면 3 : 8 : 1이다. 따라서 실험식은 C_3H_8O이며, ③에 해당한다.

NoteBase

문 12. 바닥 상태 전자배치에서 홀전자 수가 가장 많은 원자는?

① N

② O

③ Cr

④ Fe

정답 3번

간단한 해설

Cr은 바닥 상태에서 $[Ar]3d^5 4s^1$의 전자배치를 갖는다. 3d의 전자 5개와 4s의 전자 1개가 모두 짝을 이루지 않아 **홀전자가 6개**이다.

선지별 해설

홀전자는 한 오비탈에 짝을 이루지 않고 홀로 들어 있는 전자이다. 훈트 규칙에 따라 같은 부껍질의 에너지가 같은 오비탈에는 전자가 먼저 하나씩 같은 스핀 방향으로 들어간 뒤 짝을 이룬다. p 부껍질에는 오비탈이 3개, d 부껍질에는 5개 있으며, 전자가 2개씩 채워진 오비탈에는 홀전자가 없다.

① N: 바닥 상태 전자배치는 $[He]2s^2 2p^3$이다. 2p의 세 오비탈에 전자가 하나씩 들어 있으므로 홀전자는 3개이다.

② O: 바닥 상태 전자배치는 $[He]2s^2 2p^4$이다. 2p의 세 오비탈에 전자가 하나씩 들어간 뒤 네 번째 전자가 한 오비탈에서 짝을 이루므로 홀전자는 2개이다.

③ Cr: 바닥 상태 전자배치는 $[Ar]3d^5 4s^1$이다. 단순한 채움 순서로 예상하는 $[Ar]3d^4 4s^2$와 달리 **3d와 4s의 전자를 모두 함께 고려한 에너지가 더 낮은 배치**를 갖는다. 3d의 다섯 오비탈에 전자가 하나씩 있고 4s에도 전자 1개가 있으므로 홀전자는 5 + 1 = 6개이다.

④ Fe: 바닥 상태 전자배치는 $[Ar]3d^6 4s^2$이다. 3d의 다섯 오비탈에 전자가 하나씩 들어간 뒤 여섯 번째 전자가 한 오비탈에서 짝을 이루므로 3d의 홀전자는 4개이다. **4s의 전자 2개는 짝을 이루므로** 전체 홀전자 수도 4개이다.

홀전자 수는 Cr 6개 > Fe 4개 > N 3개 > O 2개이므로, 가장 많은 원자는 ③ Cr이다.

NoteBase

문 13. 메테인(CH_4) 8 g을 산소(O_2) 16 g으로 완전 연소시켰다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다)

① 한계 반응물은 CH_4이다.

② 생성되는 CO_2는 11 g이다.

③ 생성되는 H_2O는 1.0 mol이다.

④ 반응 후 남아 있는 O_2는 0.25 mol이다.

정답 2번

간단한 해설

산소가 먼저 소모되는 **한계 반응물**이다. 반응식에서 O_2와 CO_2의 몰비는 2 : 1이므로, O_2 0.50 mol이 반응하면 CO_2 0.25 mol, 즉 **11 g**이 생성된다.

선지별 해설

완전 연소 반응식은 $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$이다. 반응식의 계수는 반응하거나 생성되는 물질의 몰비를 나타낸다. 주어진 원자량으로 구한 CH_4, O_2, CO_2의 몰질량은 각각 16 g/mol, 32 g/mol, 44 g/mol이다. 초기 몰수는 CH_4가 $\frac{8\text{ g}}{16\text{ g/mol}} = 0.50\text{ mol}$, O_2가 $\frac{16\text{ g}}{32\text{ g/mol}} = 0.50\text{ mol}$이다.

① X: CH_4 0.50 mol이 모두 연소하려면 O_2가 1.0 mol 필요하지만, 주어진 O_2는 0.50 mol뿐이다. 따라서 먼저 소모되어 생성물의 양을 제한하는 **한계 반응물은 O_2**이며, CH_4는 일부 남는다.

② O: O_2 2 mol이 반응할 때 CO_2 1 mol이 생성되므로, CO_2의 생성량은 $0.50 \times \frac{1}{2} = 0.25\text{ mol}$이다. 이를 질량으로 바꾸면 0.25 mol × 44 g/mol = **11 g**이다.

③ X: 반응식에서 O_2와 H_2O의 몰비는 2 : 2, 즉 1 : 1이다. O_2 0.50 mol이 모두 반응하므로 생성되는 H_2O는 1.0 mol이 아니라 **0.50 mol**이다.

④ X: O_2는 한계 반응물이므로 반응이 끝날 때 **모두 소모되어 0 mol** 남는다. 남는 것은 CH_4이며, 반응한 CH_4가 0.25 mol이므로 초기 0.50 mol에서 이를 빼면 0.25 mol이 남는다.

NoteBase

문 14. 0.1 M 약산 HA 수용액의 pH는 3.5이다. 1 M HA 수용액에서 HA의 해리 분율에 가장 가까운 것은? (단, 온도는 25 °C로 일정하다)

① $10^{-2.5}$

② 10^{-3}

③ $10^{-3.5}$

④ 10^{-4}

정답 2번

간단한 해설

같은 온도에서 산 해리 상수는 일정하며, 해리가 적은 약산의 해리 분율은 **농도의 제곱근에 반비례**한다. 주어진 pH로 구한 산 해리 상수를 1 M 용액에 적용하면 해리 분율은 약 10^{-3}, 즉 0.1%이다.

계산 과정

해리 평형과 해리 분율: HA는 $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$로 해리한다. HA의 처음 농도를 C, 해리하여 생긴 수소 이온의 농도를 x라 하면, 물의 자동 이온화를 무시할 때 평형 농도는 $[H^+] = [A^-] = x$, $[HA] = C - x$이다. 따라서 산 해리 상수는 $K_a = \frac{x^2}{C-x}$이고, 해리 분율은 **처음 넣은 HA 중 해리한 비율**인 $\alpha = \frac{x}{C}$이다.

0.1 M 용액에서 산 해리 상수 구하기: pH가 3.5이므로 $x = 10^{-3.5}$M이며, 이는 약 3.16×10^{-4}M이다. 해리 분율은 $\frac{3.16 \times 10^{-4}}{0.1} \approx 0.00316$, 즉 약 0.316%이다. **해리한 양이 처음 농도에 비해 매우 작으므로** $C - x \approx C$로 놓을 수 있다. 이에 따라 $K_a \approx \frac{(10^{-3.5})^2}{0.1} = 10^{-6}$을 얻는다.

1 M 용액의 해리 분율 구하기: 온도가 25 °C로 같으므로 산 해리 상수도 같다. 해리가 적다는 근사를 적용하면 $K_a \approx \frac{x^2}{C}$이므로 $x \approx \sqrt{K_a C}$이다. C = 1 M을 대입하면 $x \approx \sqrt{10^{-6} \cdot 1} = 10^{-3}$M이다. 이 값은 **해리하여 생긴 이온의 농도**이므로, 처음 농도로 나누어 $\alpha = \frac{x}{C} \approx \frac{10^{-3}}{1} = 10^{-3}$을 얻는다. 해리 분율은 단위가 없는 비율이며 0.1%에 해당하므로, 해리가 적다는 근사도 타당하다.

구한 해리 분율 10^{-3}은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 다음은 구리판을 질산 은($AgNO_3$) 수용액에 넣었을 때 일어나는 반응식이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 원자량은 Ag > Cu이다)

$2Ag^+(aq) + Cu(s) \rightarrow 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$

ㄱ. Ag^+는 산화제이다.

ㄴ. 반응 후 구리판 전체의 질량은 증가한다.

ㄷ. 반응이 진행될수록 수용액 속 양이온의 총수는 증가한다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

구리 원자 1개가 녹아 나갈 때 은 원자 2개가 구리판에 석출되므로, 주어진 원자량 조건에서 **구리판 전체의 질량은 증가한다**. 반면 수용액에서는 Ag^+ 2개가 사라지고 Cu^{2+} 1개가 생기므로 **양이온의 총수는 감소한다**.

보기별 해설

ㄱ. O: 산화제는 상대 물질을 산화시키고 자신은 전자를 받아 환원되는 물질이다. Ag^+는 $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$와 같이 전자를 받아 은으로 석출되므로 **자신이 환원되는 산화제**이다. 반대로 Cu는 $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$와 같이 전자를 잃고 산화되므로 환원제이다.

ㄴ. O: 반응식의 계수에 따라 Cu 1 mol이 녹아 나갈 때 Ag 2 mol이 구리판에 석출된다. 구리판 전체의 질량 변화는 **붙은 은의 질량에서 녹아 나간 구리의 질량을 뺀 값**이다. Ag의 원자량이 Cu보다 크므로 Ag 2 mol의 질량은 Cu 1 mol의 질량보다 크다. 따라서 석출된 은을 포함한 구리판 전체의 질량은 증가한다.

ㄷ. X: 반응식에서 수용액 속 Ag^+ 2개가 고체 Ag로 바뀌어 사라지는 동안, Cu^{2+}는 1개 생긴다. 따라서 반응이 진행될수록 양이온의 총수는 증가하는 것이 아니라 **감소한다**. Cu^{2+} 1개의 전하가 Ag^+ 1개의 전하보다 크더라도, 이온의 개수를 셀 때는 각각 1개로 센다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이므로 ①의 조합에 해당한다.

NoteBase

문 16. 표는 반응물 A와 B 각각의 일차 반응에 대한 반응속도 실험 결과이다. 실험 I과 II에 대한 설명 중 옳은 것만을 모두 고르면? (단, t는 반응 시간[s]이고, k_1, k_2는 각각 실험 I, II에 대한 반응속도상수이다)

실험	반응식	$t = 0$에서 반응물의 농도[M]	$t = 30$에서 반응물의 농도[M]
I	$\mathrm{A} \xrightarrow{k_1} \mathrm{P}$	1.2	0.6
II	$\mathrm{B} \xrightarrow{k_2} \mathrm{Q}$	1.6	0.4

ㄱ. $k_2 = 2k_1$이다.

ㄴ. $t = 0 \sim 30$에서 반응물의 평균 소모 속도는 I<II이다.

ㄷ. $t = 60$일 때, 반응물의 농도는 I>II이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

일차 반응은 농도가 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간인 **반감기가 일정하다**. 표에서 실험 I의 반감기는 30초, II는 15초이며, 반응속도상수는 반감기에 반비례하므로 $k_2 = 2k_1$이다.

NoteBase

보기별 해설

일차 반응에서는 반응물의 농도가 반감기마다 절반으로 줄어든다. 반감기를 $t_{1/2}$, 반응속도상수를 k라 하면 $k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$이므로 반감기가 짧을수록 반응속도상수가 크다.

ㄱ. O: 표의 0초와 30초 농도를 비교하면, 실험 I에서 A는 1.2 M에서 0.6 M로 줄어들었으므로 반감기는 30초이다. 실험 II에서 B는 1.6 M에서 0.4 M로 줄어들었다. 이는 1.6 → 0.8 → 0.4 M로 **두 번 절반으로 감소**한 것이므로 반감기는 15초이다. 따라서 $\frac{k_2}{k_1} = \frac{30}{15} = 2$이므로 $k_2 = 2k_1$이다.

ㄴ. O: 평균 소모 속도는 **감소한 반응물 농도를 걸린 시간으로 나눈 값**이다. 0~30초 동안 실험 I에서는 $\frac{1.2 - 0.6}{30} = 0.02$ M/s이고, 실험 II에서는 $\frac{1.6 - 0.4}{30} = 0.04$ M/s이다. 같은 30초 동안 II에서 소모된 농도가 더 크므로 평균 소모 속도는 I < II이다.

ㄷ. O: 30초에서 60초까지 실험 I에서는 반감기가 한 번 지나므로 A의 농도는 0.6 M에서 0.3 M로 줄어든다. 실험 II에서는 반감기가 두 번 지나므로 B의 농도는 0.4 → 0.2 → 0.1 M로 줄어든다. 따라서 60초일 때 반응물의 농도는 **I의 0.3 M가 II의 0.1 M보다 크다**.

ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 성립하므로 이들을 모두 포함한 조합은 ④이다.

NoteBase

문 17. 오존(O_3) 분해 반응에 대한 메커니즘이 다음과 같을 때, 전체 반응의 속도 법칙은? (단, k_1, k_1^{-1}, k_2는 반응속도상수이다)

단계 1: O_3 [k_1^-1]k_1 O_2+O (빠른 평형)
단계 2: $O_3 + O \rightarrow 2O_2$ (느림)

① 속도 = $k_2\frac{[O_3]}{[O_2]}$
② 속도 = $k_1[O_3] + k_2[O_3][O]$
③ 속도 = $\frac{k_1}{k_1^{-1}}\frac{[O_3]}{[O_2]}$
④ 속도 = $\frac{k_1k_2}{k_1^{-1}}\frac{[O_3]^2}{[O_2]}$

정답 4번

간단한 해설

전체 반응의 속도는 **느린 단계 2**가 결정하며, 빠른 평형을 이용해 중간체 $[O]$를 제거한다. 그 결과 속도 법칙은 $v = \frac{k_1k_2}{k_1^{-1}}\frac{[O_3]^2}{[O_2]}$로, 오존 농도의 제곱에 비례하고 산소 농도에 반비례한다.

계산 과정

단계 2의 속도식: 대괄호는 각 화학종의 농도를 나타낸다. 단계 2는 O_3와 O가 반응하는 단일 단계이므로 속도식은 $v = k_2[O_3][O]$이다. 이 단계가 느리므로 **전체 반응의 속도를 결정**한다. 다만 O는 단계 1에서 생성되어 단계 2에서 소모되는 중간체이므로, 그 농도를 다른 화학종의 농도로 바꾸어야 한다.

단계 1의 빠른 평형: 문제의 k_1^{-1}는 단계 1 역반응의 속도상수를 나타낸다. **평형에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로** $k_1[O_3] = k_1^{-1}[O_2][O]$이다. 이를 중간체 농도에 대해 정리하면 $[O] = \frac{k_1}{k_1^{-1}}\frac{[O_3]}{[O_2]}$를 얻는다.

전체 속도 법칙: 단계 2의 속도식에 위의 중간체 농도를 대입하면 $v = \frac{k_1k_2}{k_1^{-1}}\frac{[O_3]^2}{[O_2]}$이다. 단계 2의 $[O_3]$에 중간체 농도에서 나온 $[O_3]$가 곱해져 제곱이 되고, $[O_2]$는 분모에 남는다. 이 식은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 18. 양이온 A와 음이온 B로 이루어진 이온성 고체에서 B가 면심입방 격자를 이루고, 이 격자의 모든 사면체 구멍을 A가 차지한다. 이 고체의 화학식과 A 및 B의 배위수를 바르게 연결한 것은?

① 화학식: AB_2, 배위수(A): 4, 배위수(B): 8

② 화학식: AB_2, 배위수(A): 8, 배위수(B): 4

③ 화학식: A_2B, 배위수(A): 4, 배위수(B): 8

④ 화학식: A_2B, 배위수(A): 8, 배위수(B): 4

정답 3번

간단한 해설

면심입방 격자의 사면체 구멍은 B 이온 수의 두 배이므로, 이를 모두 A가 채우면 화학식은 A_2B이다. 사면체 중심의 A는 B 4개에 둘러싸이고, B 주위의 사면체 자리도 모두 채워져 **A의 배위수는 4, B의 배위수는 8**이다.

공통 해설

B가 면심입방 격자를 이루고 A가 모든 사면체 구멍을 채우는 배열은 역형석 구조이다. 이 격자의 사면체 구멍 수는 B 이온 수의 두 배이므로, 모든 구멍이 채워지면 **A:B의 개수비는 2:1**이 된다. 따라서 화학식은 A_2B이다. AB_2는 이 개수비를 거꾸로 나타낸 것이다.

여기서 배위수는 한 이온에 가장 가까이 있는 반대 전하 이온의 수이다. 사면체 구멍은 B 이온 4개가 꼭짓점을 이루는 공간이므로 그 안에 있는 A의 배위수는 4이다. 한편 B 하나의 주위에는 사면체 자리가 8개 있으며, 문제에서는 이 자리가 모두 A로 채워져 있으므로 B의 배위수는 8이다. 따라서 이 구조에 해당하는 연결은 화학식 A_2B, A의 배위수 4, B의 배위수 8이다.

NoteBase

문 19. 아세트알데하이드(acetaldehyde)를 염기 촉매하에서 알돌 첨가반응을 시킨 후, 이어서 탈수 반응까지 진행하였을 때 주생성물은?

① 2-butenal

② 2-butanone

③ 1,3-butanediol

④ 3-hydroxybutanal

정답 1번

간단한 해설

아세트알데하이드의 알돌 첨가 생성물인 3-hydroxybutanal은 탈수되면서 **α,β-불포화 알데하이드**인 2-butenal이 된다. 3-hydroxybutanal은 탈수 전의 중간 생성물이다.

공통 해설

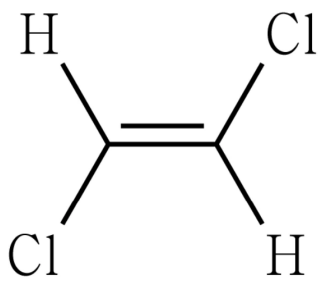
염기 촉매하에서 아세트알데하이드의 카보닐기 바로 옆 탄소인 α 탄소에서 수소가 떨어져 나가면 에놀레이트가 생긴다. 이 에놀레이트가 다른 아세트알데하이드 분자의 카보닐 탄소를 공격하여 탄소–탄소 결합을 만들고, 이어 양성자를 받으면 β-하이드록시 알데하이드인 3-hydroxybutanal, $CH_3CH(OH)CH_2CHO$이 생성된다.

이후 탈수에서는 카보닐기 옆 α 탄소의 수소와 β 탄소의 하이드록시기가 물로 제거되며, **α 탄소와 β 탄소 사이에 이중결합**이 형성된다. 알데하이드기는 그대로 유지되므로 최종 생성물은 $CH_3CH=CHCHO$이다. 알데하이드 탄소를 1번으로 세면 이중결합이 2번과 3번 탄소 사이에 있으므로 이름은 2-butenal이다.

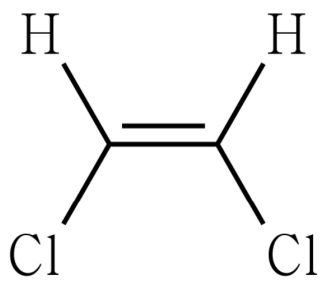
따라서 생성물을 구별하는 공통 기준은 알데하이드기를 유지하고 그 옆에 탄소–탄소 이중결합이 생겼는가이다. 3-hydroxybutanal은 첨가 단계까지만 진행된 물질이며, 케톤인 2-butanone이나 알데하이드기가 없는 1,3-butanediol은 이 반응의 최종 생성물 구조에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 20. 분자 (가)와 (나)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



(가)



(나)

ㄱ. 정상 끓는점은 (가)가 (나)보다 높다.
ㄴ. (가)와 (나) 모두 평면 구조이다.
ㄷ. (가)와 (나)는 기하 이성질체 관계이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

간단한 해설

(가)는 결합 쌍극자가 상쇄되는 트랜스형이고, (나)는 분자 전체에 쌍극자가 남는 시스형이다. 이 두 분자에서는 (나)에 쌍극자–쌍극자 인력이 추가로 작용하므로 정상 끓는점은 **(나)가 (가)보다 높다**.

NoteBase

보기별 해설

그림에서 (가)는 두 Cl이 C=C의 서로 반대쪽에 있는 트랜스-1,2-다이클로로에텐이고, (나)는 두 Cl이 같은 쪽에 있는 시스-1,2-다이클로로에텐이다.

ㄱ. X: 정상 끓는점은 외부 압력이 1기압일 때의 끓는점이다. (가)는 대칭적인 구조여서 결합 쌍극자가 상쇄되지만, (나)는 결합 쌍극자가 상쇄되지 않아 극성을 띤다. 두 분자 모두 분산력이 작용하며, (나)에는 쌍극자–쌍극자 인력도 작용한다. 따라서 액체의 분자들을 기체로 떼어 내는 데 더 많은 에너지가 필요한 **(나)의 정상 끓는점이 더 높다**.

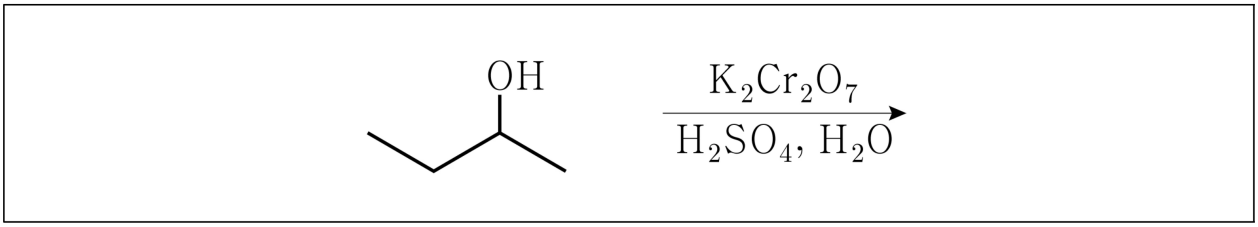
ㄴ. O: 두 분자의 C=C를 이루는 탄소는 모두 sp^2 혼성화되어 각 탄소에 결합한 세 원자가 평면 삼각형으로 배열된다. 또한 두 탄소의 p 오비탈이 나란히 겹쳐 π 결합을 이루므로, 두 탄소와 이들에 결합한 H·Cl은 **모두 같은 평면에 놓인다**.

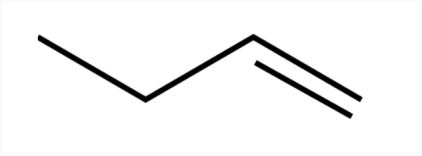
ㄷ. O: 두 분자는 분자식과 원자의 결합 순서가 같지만, Cl의 공간 배치가 서로 다르다. C=C의 각 탄소에는 서로 다른 두 원자인 H와 Cl이 결합해 있고, 이중 결합은 자유롭게 회전할 수 없어 Cl이 반대쪽에 있는 트랜스형과 같은 쪽에 있는 시스형이 구별된다. 따라서 두 분자는 **기하 이성질체** 관계이다.

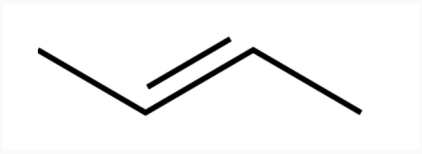
옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이므로 이 조합에 해당하는 선택지는 ③이다.

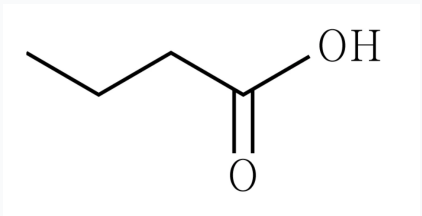
NoteBase

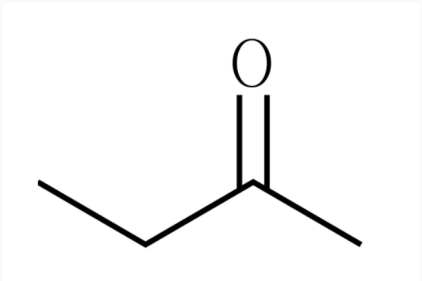
문 21. 다음 반응의 주생성물은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

간단한 해설

반응물은 2차 알코올인 2-뷰탄올이므로, 산성 중크로뮴산 칼륨에 의해 **케톤인 2-뷰탄온**으로 산화된다.

NoteBase

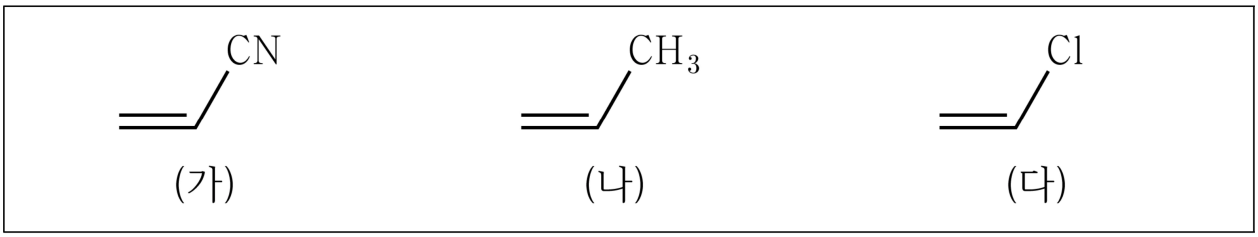
공통 해설

반응물에서 OH가 붙은 탄소는 에틸기와 메틸기, 즉 다른 탄소 두 개에 결합하므로 2차 알코올이다. 황산 산성의 중크로뮴산 칼륨으로 2차 알코올을 산화하면 **탄소 골격과 작용기의 위치를 유지하면서** OH가 붙었던 탄소에 카보닐기(C=O)가 형성되어 케톤이 된다. 이때 OH의 수소와 OH가 붙은 탄소의 수소가 제거된다.

따라서 탄소 4개의 사슬에서 2번 탄소에 카보닐기가 있는 2-뷰탄온이 생성된다. C=C가 있는 두 알켄 구조나 사슬 끝에 카복실기가 있는 뷰탄산 구조는 이 2차 알코올의 산화 생성물에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 22. (가) ~ (다) 단량체의 음이온 중합반응 시, 반응성이 큰 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?



① (가), (나), (다)
② (가), (다), (나)
③ (다), (가), (나)
④ (다), (나), (가)

정답 2번

간단한 해설

음이온 중합에서는 **사슬 말단의 탄소 음이온을 안정화하는 전자 끌개**가 반응에 유리하다. 사이아노기(-CN)는 음전하를 공명으로 분산시키지만, 메틸기는 전자를 밀어 주어 탄소 음이온을 불안정하게 한다.

올바른 순서

(가) → (다) → (나)

(가) 아크릴로나이트릴: 음이온 중합은 사슬 말단의 탄소 음이온이 단량체의 탄소–탄소 이중결합에 첨가되면서 진행된다. 사이아노기(-CN)는 전자를 강하게 끌어당겨 이중결합에 대한 음이온의 공격을 유리하게 하고, 첨가 후 형성되는 탄소 음이온의 **음전하를 공명으로 분산**시킨다. 따라서 세 단량체 중 음이온 중합 반응성이 가장 크다.

(다) 염화 비닐: 염소는 전기음성도가 커서 결합을 통해 전자를 끌어당기는 **전자 끌기 유도 효과**를 나타낸다. 이 효과는 탄소 음이온의 안정화에 유리하지만, 사이아노기의 강한 전자 끌기 및 공명 안정화 효과보다는 약하다. 따라서 반응성은 (가)보다 작고, 전자를 밀어 주는 메틸기가 있는 (나)보다 크다.

(나) 프로펜: 메틸기는 **전자를 밀어 주는 전자 주개**이다. 이중결합의 전자 밀도를 높여 음이온의 공격에 불리하게 작용하며, 생성되는 탄소 음이온의 음전하도 안정화하지 못한다. 따라서 세 단량체 중 음이온 중합 반응성이 가장 작다.

NoteBase

문 23. 2,3-dichlorobutane의 입체이성질체 수와 광학 활성 입체이성질체 수를 바르게 연결한 것은?

① 입체이성질체 수: 3, 광학 활성 입체이성질체 수: 2

② 입체이성질체 수: 3, 광학 활성 입체이성질체 수: 3

③ 입체이성질체 수: 4, 광학 활성 입체이성질체 수: 2

④ 입체이성질체 수: 4, 광학 활성 입체이성질체 수: 3

정답 1번

간단한 해설

두 비대칭 탄소에서 가능한 네 배열 중 (2R,3S)와 (2S,3R)는 **동일한 메소형**이다. 따라서 입체이성질체는 총 3개이며, 메소형을 제외한 거울상 이성질체 2개가 각각 광학 활성을 가진다.

계산 과정

1. 가능한 배열: 2,3-dichlorobutane의 2번·3번 탄소에는 각각 Cl, H, 메틸기, 나머지 탄소 사슬이라는 서로 다른 네 치환기가 결합하므로 비대칭 탄소는 2개이다. 비대칭 탄소가 n개이면 각 탄소에 R 또는 S 배열이 가능하므로 입체이성질체 수의 최댓값은 2^n이다. 여기서는 $2^2 = 4$로, (2R,3R), (2S,3S), (2R,3S), (2S,3R)의 네 배열을 먼저 고려한다.

2. 입체이성질체 수: 분자의 양 끝이 같은 메틸기이고 두 비대칭 탄소의 치환기 구성이 같으므로, (2R,3S)와 (2S,3R)는 **분자의 방향을 바꾸면 서로 겹쳐지는 같은 구조**이다. 이 구조는 대칭면을 갖는 배치가 가능하여 거울상과 겹쳐지는 메소 화합물이다. 따라서 네 배열 중 중복된 하나를 빼면 서로 다른 입체이성질체는 4 − 1 = 3개이다.

3. 광학 활성 입체이성질체 수: (2R,3R)와 (2S,3S)는 서로 겹쳐지지 않는 거울상 이성질체로, 각각 순수한 상태에서 편광면을 회전시키는 광학 활성을 가진다. 반면 메소형은 비대칭 탄소가 있어도 **분자 전체가 비카이랄이므로 광학 불활성**이다. 따라서 광학 활성 입체이성질체는 전체 3개에서 메소형 1개를 뺀 3 − 1 = 2개이다.

입체이성질체 수 3개, 광학 활성 입체이성질체 수 2개이므로 ①의 연결과 일치한다.

NoteBase

문 24. 이온 결합 화합물의 격자 에너지(lattice energy)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① MgO는 NaF보다 격자 에너지가 크다.

② 격자 에너지가 클수록 녹는점이 낮아진다.

③ 이온 사이의 거리가 멀수록 격자 에너지가 커진다.

④ NaF, NaCl, NaBr 중 격자 에너지가 가장 큰 것은 NaBr이다.

정답 1번

간단한 해설

MgO를 이루는 Mg^{2+}와 O^{2-}는 NaF의 Na^{+}와 F^{-}보다 **이온 전하량의 곱의 절댓값이 크다**. 따라서 이온 사이의 정전기적 인력이 더 강하여 MgO의 격자 에너지가 더 크다.

선지별 해설

여기서 격자 에너지는 이온 결합 고체 1몰을 서로 떨어진 기체 상태의 이온으로 분리하는 데 필요한 에너지로 본다. 격자 에너지가 클수록 이온들이 더 강하게 결합되어 있다.

① O: MgO는 Mg^{2+}와 O^{2-}로, NaF는 Na^{+}와 F^{-}로 이루어져 있다. MgO는 **양이온과 음이온의 전하량의 곱의 절댓값**이 NaF보다 커서 이온 사이의 정전기적 인력이 더 강하다. 따라서 MgO의 격자 에너지가 NaF보다 크다.

② X: 격자 에너지가 클수록 이온들이 강하게 결합되어 있으므로, 결정의 규칙적인 배열을 무너뜨리는 데 더 많은 열에너지가 필요하다. 따라서 이온 결합 화합물은 일반적으로 격자 에너지가 클수록 **녹는점이 높아지는 경향**이 있다.

③ X: 이온의 전하량과 결정 구조 등 다른 조건이 같다면, 이온 사이의 거리가 멀수록 정전기적 인력이 약해진다. 따라서 격자 에너지는 **이온 사이의 거리가 가까울수록 커진다**.

④ X: 세 화합물은 양이온이 모두 Na^{+}이고 음이온의 전하량도 같으므로, 음이온의 크기를 비교한다. 음이온의 크기는 $F^{-} < Cl^{-} < Br^{-}$ 순이어서 NaF에서 이온 사이의 거리가 가장 가깝다. 따라서 격자 에너지의 크기는 **NaF > NaCl > NaBr** 순이며, 가장 큰 것은 NaF이다.

NoteBase

문 25. 결정장 이론에 근거한 착이온 $Fe(CN)_6^{4-}$와 $Fe(H_2O)_6^{2+}$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① $Fe(CN)_6^{4-}$는 반자기성이다.
② $Fe(H_2O)_6^{2+}$의 홀전자 수는 3이다.
③ $Fe(CN)_6^{4-}$의 d□^{2}_□^{2} 오비탈은 비어 있다.
④ 결정장 갈라짐 에너지는 $Fe(H_2O)_6^{2+}$ < $Fe(CN)_6^{4-}$이다.

정답 2번

간단한 해설

$Fe(H_2O)_6^{2+}$는 물이 약한 장 리간드이므로 고스핀 전자 배치를 이룬다. 철의 d 전자 6개 중 한 쌍만 짝지어져 있으므로 홀전자 수는 3개가 아니라 **4개**이다.

선지별 해설

두 착이온에서 CN^-는 전하가 −1이고 H_2O는 중성이므로 철의 산화수는 모두 +2이며, Fe^{2+}의 d 전자 배치는 $3d^6$이다. 정팔면체 결정장에서 d 오비탈은 에너지가 낮은 세 개의 t_{2g} 오비탈과 높은 두 개의 e_g 오비탈로 갈라진다.

① O: CN^-는 강한 장 리간드이므로 오비탈 사이의 갈라짐 에너지가 전자쌍 형성 에너지보다 크다. 따라서 전자 6개가 낮은 에너지의 세 오비탈에 두 개씩 들어가 $t_{2g}^6e_g^0$의 저스핀 배치를 이룬다. **모든 전자가 짝지어져** 홀전자가 없으므로 반자기성이다.

② X: H_2O는 약한 장 리간드이므로 갈라짐 에너지가 전자쌍 형성 에너지보다 작다. 전자는 먼저 다섯 d 오비탈에 하나씩 들어간 뒤 여섯 번째 전자가 낮은 에너지 오비탈의 전자와 짝을 이룬다. 이 고스핀 배치는 $t_{2g}^4e_g^2$이며, 낮은 에너지 오비탈에 홀전자 2개, 높은 에너지 오비탈에 홀전자 2개가 있다. 따라서 홀전자 수는 **3개가 아니라 4개**이다.

③ O: $d_{x^2-y^2}$ 오비탈은 정팔면체 결정장에서 에너지가 높은 e_g에 속한다. $Fe(CN)_6^{4-}$에서는 전자 6개가 모두 t_{2g}에 들어가므로 **높은 에너지의 두 오비탈은 모두 비어 있다**.

④ O: 두 착이온은 중심 금속과 산화수, 정팔면체 구조가 같으므로 리간드의 장 세기를 비교한다. **CN^-는 H_2O보다 강한 장 리간드**이므로 $Fe(CN)_6^{4-}$의 결정장 갈라짐 에너지가 $Fe(H_2O)_6^{2+}$보다 크다.

NoteBase