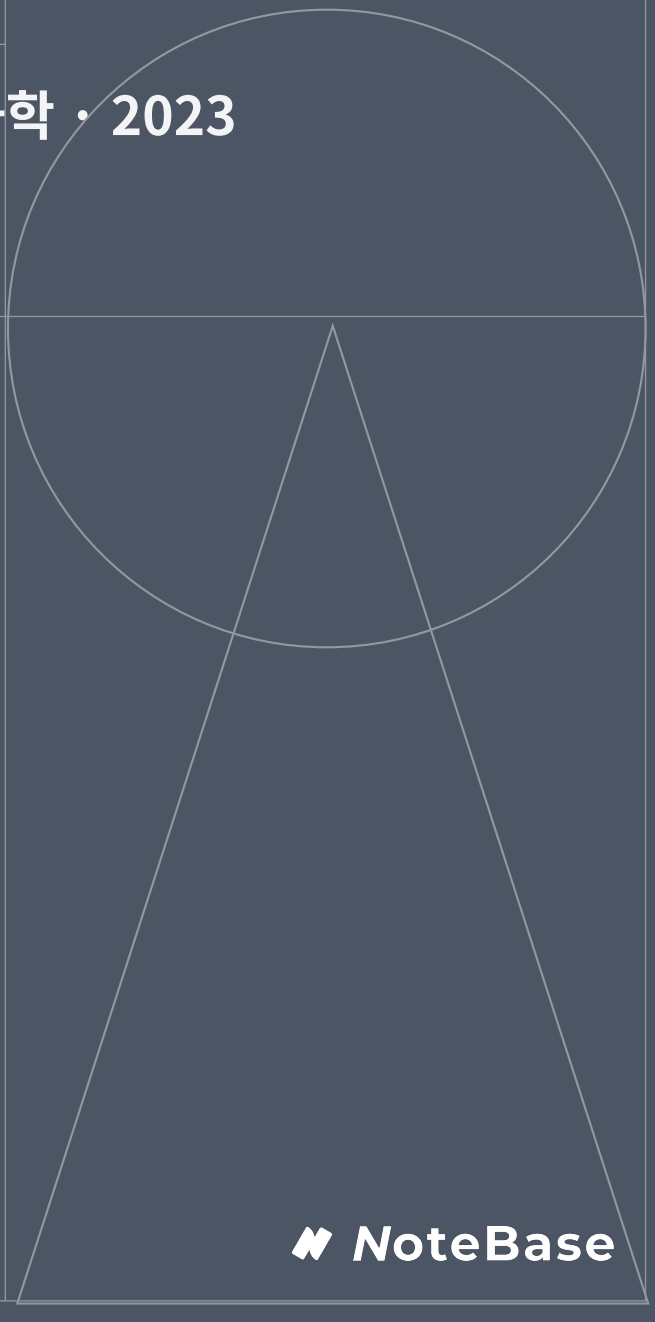
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 공업화학 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 공업화학 · 2023

공무원/지방직/9급 · 공업화학 · 2023

문 1. 다음 원유의 성분 중 상압에서 끓는점이 가장 낮은 것은?

① 경유

② 중유

③ 등유

④ 경질 나프타

정답 4번

간단한 해설

경질 나프타는 제시된 유분 중 탄소 수와 분자량이 상대적으로 작아 분자 사이의 분산력이 약하다. 따라서 같은 상압에서 **가장 낮은 온도 범위에서 끓는다**.

선지별 해설

원유의 유분은 여러 탄화수소가 섞인 혼합물이므로 일정한 한 온도보다 끓는점 범위로 비교한다. 일반적으로 탄소 수와 분자량이 큰 탄화수소일수록 분자 사이의 분산력이 강해져, 같은 압력에서 끓는 온도가 높아진다.

① 경유: 등유보다 무거운 탄화수소가 주로 포함되어 **등유보다 끓는점 범위가 높다**. 경질 나프타보다는 높은 온도에서 증류된다.

② 중유: 원유에서 가벼운 유분을 증류해 낸 뒤 남는 무거운 성분을 주로 포함한다. 네 유분 중 **끓는점 범위가 가장 높다**.

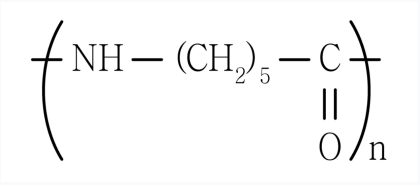
③ 등유: 나프타보다 무겁고 경유보다 가벼운 유분이다. 끓는점 범위는 **경질 나프타보다 높고 경유보다 낮다**.

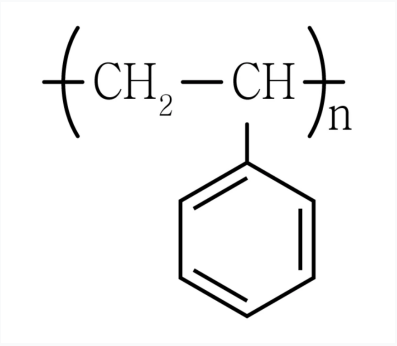
④ 경질 나프타: 비교 대상 중 탄소 수와 분자량이 상대적으로 작은 탄화수소로 이루어진 가벼운 유분이다. 분자 사이의 분산력이 상대적으로 약하므로 **가장 낮은 온도 범위에서 끓는다**.

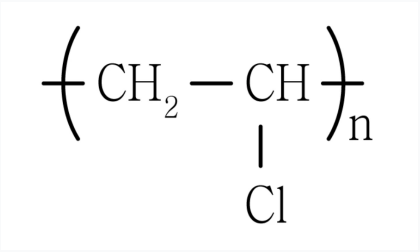
상압에서 끓는점 범위가 낮은 순서는 경질 나프타 < 등유 < 경유 < 중유이므로, 가장 낮은 것은 ④ 경질 나프타이다.

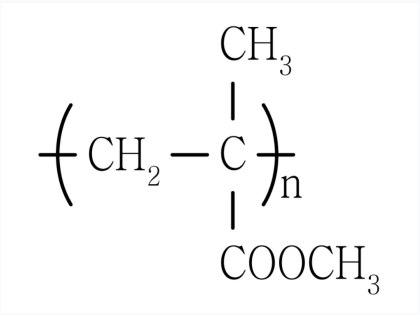
NoteBase

문 2. 폴리스타이렌(polystyrene)의 화학 구조식은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

간단한 해설

폴리스타이렌은 탄소 주사슬에 **페닐기가 곁가지로 달린** 고분자이다. 스타이렌의 비닐기 이중결합이 중합에 참여하고 벤젠 고리는 그대로 유지된다.

NoteBase

공통 해설

폴리스타이렌은 스타이렌 $CH_2=CH-C_6H_5$이 첨가중합하여 만들어진다. 비닐기의 탄소–탄소 이중결합이 단일결합으로 바뀌면서 단위체들이 연결되고, 페닐기 C_6H_5는 주사슬 옆에 붙어 남는다. 따라서 반복단위는 $[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$이며, n은 반복단위의 수를 나타낸다.

제시된 구조식에서는 **탄소 두 개로 이루어진 주사슬 단위와 그중 한 탄소에 직접 연결된 벤젠 고리**를 찾으면 된다. 육각형 안에 교대로 이중결합이 표시된 고리가 페닐기에 해당한다. 주사슬에 질소와 카보닐기가 들어 있거나, 곁가지가 염소 또는 에스터기인 구조는 이 반복단위와 다르다.

NoteBase

문 3. 밑줄 친 원자의 산화수로 옳지 않은 것은?

① H_2O: −2

② $AlCl_3$: +3

③ $MgSO_4$: +1

④ Na_2CO_3: +4

정답 3번

간단한 해설

③의 Mg는 2족 금속이므로 $MgSO_4$에서 산화수가 **+1이 아니라 +2**이다.

선지별 해설

중성 화합물에서는 각 원자의 산화수에 해당 원자의 개수를 곱하여 더한 값이 0이다.

① O: 물 H_2O에서 수소의 산화수는 +1이다. 산소의 산화수를 x라 하면 $2(+1)+x=0$이므로 산소의 산화수는 **−2**이다.

② O: $AlCl_3$에서 염소의 산화수는 −1이다. 알루미늄의 산화수를 x라 하면 $x+3(-1)=0$이므로 알루미늄의 산화수는 **+3**이다.

③ X: Mg는 2족 금속으로 화합물에서 산화수가 **+2**이다. 황산 이온 SO_4^{2-}의 전하가 −2이므로, 중성 화합물인 $MgSO_4$에서 Mg의 산화수 +2와 합쳐 전체가 0이 된다. 따라서 Mg의 산화수는 +1이 아니라 +2로 고쳐야 한다.

④ O: Na_2CO_3에서 나트륨의 산화수는 +1, 산소의 산화수는 −2이다. 탄소의 산화수를 x라 하면 $2(+1)+x+3(-2)=0$이므로 탄소의 산화수는 **+4**이다.

NoteBase

문 4. 비료의 3요소가 아닌 것은?

① 인

② 아연

③ 질소

④ 칼륨

정답 2번

간단한 해설

아연은 식물에 필요한 **미량 필수원소**이지만, 비료의 3요소에는 포함되지 않는다. 비료의 3요소는 **질소(N)·인(P)·칼륨(K)**이다.

선지별 해설

비료의 3요소는 질소(N)·인(P)·칼륨(K)이다. 아래 O/X는 각 원소가 비료의 3요소에 포함되는지를 나타낸다.

① O: 인(P)은 비료의 3요소에 포함된다. 핵산과 ATP의 구성 성분으로, 식물의 유전정보 유지와 **에너지 전달**에 관여한다.

② X: 아연(Zn)은 비료의 3요소에 포함되지 않는다. 식물의 효소 작용 등에 필요한 **미량 필수원소**이다. 식물에 꼭 필요한 원소라는 사실과 비료의 3요소에 속한다는 것은 구별해야 한다.

③ O: 질소(N)는 비료의 3요소에 포함된다. 아미노산·단백질·엽록소 등의 구성 성분으로, **잎과 줄기의 생장**에 중요한 역할을 한다.

④ O: 칼륨(K)은 비료의 3요소에 포함된다. 단백질처럼 유기물의 골격을 이루기보다는 이온 상태로 **삼투압 조절과 효소 활성화** 등에 관여한다.

NoteBase

문 5. 계(system)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 계의 종류로는 열린계(open system), 닫힌계(closed system), 고립계(isolated system)가 있다.

② 열린계는 계와 주위(surroundings) 사이에 물질 및 에너지 이동이 가능하다.

③ 닫힌계는 계와 주위 사이에 물질 이동이 불가능하나 에너지 이동이 가능하다.

④ 고립계는 계와 주위 사이에 물질 이동이 가능하나 에너지 이동이 불가능하다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '물질 이동이 가능'하다는 설명이 잘못되었다. 고립계는 주위와 **물질과 에너지를 모두 교환할 수 없는 계**이다.

선지별 해설

① O: 계는 연구 대상으로 정한 부분이고, 주위는 계를 제외한 나머지 부분이다. 계와 주위 사이의 경계를 통해 **물질과 에너지를 교환할 수 있는지**에 따라 열린계, 닫힌계, 고립계로 구분한다.

② O: 열린계는 주위와 **물질과 에너지를 모두 교환할 수 있다**. 뚜껑을 열고 물을 끓이는 냄비를 계로 잡으면 수증기가 밖으로 나가는 물질 이동과 가열에 의한 에너지 이동이 가능하다.

③ O: 닫힌계는 **물질 이동은 불가능하지만 에너지 이동은 가능하다**. 밀폐된 용기를 가열하면 내용물이 경계를 통과하지 않아도 열이 전달되므로, 밀폐되었다는 사실만으로 고립계가 되는 것은 아니다.

④ X: 고립계는 주위와 **물질도 에너지도 교환할 수 없다**. 따라서 '물질 이동이 가능하나'를 '물질 이동이 불가능하고'로 고쳐야 한다. 에너지 이동이 불가능하다는 부분은 맞지만, 물질 이동이 가능하다는 부분이 고립계의 정의에 어긋난다.

NoteBase

문 6. 다음 반응이 300 K, 표준상태에서 평형에 도달할 때, $\ln K$는? (단, K는 평형상수, _ rG^은 300 K에서의 표준반응깁스에너지, 기체상수 $R = 8\ \mathrm{J mol^{-1} K^{-1}}$이다)

N_2(g)+3H_2(g) 2NH_3(g) _ rG^=-32 kJ mol^-1

① $\frac{4}{3}$
② $\frac{40}{3}$
③ $\frac{400}{3}$
④ $\frac{4,000}{3}$

정답 2번

간단한 해설

평형에서는 _ rG^=-RT K가 성립한다. **에너지 단위를 J로 통일**하여 대입하면 $\ln K = \frac{40}{3}$이며, 이는 단위가 없는 값이다.

계산 과정

평형 관계식: 반응깁스에너지는 _ rG=_ rG^+RT Q로 나타낸다. 여기서 Q는 반응 혼합물의 조성을 나타내는 반응지수이다. **평형에서는 실제 반응깁스에너지가 0**이고 Q가 평형상수 K와 같으므로, _ rG^=-RT K를 얻는다. 평형이라는 이유로 표준반응깁스에너지까지 0으로 놓아서는 안 된다.

단위 통일: 온도 T는 300 K이고, 기체상수 R은 8 J/(mol·K)이다. 따라서 **표준반응깁스에너지를 J 기준으로 환산**하여 −32 kJ/mol = −32,000 J/mol을 사용한다. RT = 8 × 300 = 2,400 J/mol이므로 분자와 분모의 에너지 단위가 같아진다.

대입과 계산: 관계식을 정리하면 K=-(_ rG^)/(RT)이다. 수치를 대입하면 $\ln K = -\frac{-32,000}{2,400} = \frac{40}{3}$이다. 표준반응깁스에너지가 음수이므로 그 앞의 음수 부호와 상쇄되어 양수가 된다.

결과: 구한 값은 K 자체가 아니라 그 자연로그인 $\ln K$이며, 단위는 없다. $\frac{40}{3}$은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 자발적 화학반응에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, A는 계의 헬름홀츠(Helmholtz)에너지, H는 계의 엔탈피(enthalpy), S와 S_{surr}는 각각 계와 주위의 엔트로피(entropy)이다)

① $\Delta A > 0$

② $\Delta H < 0$

③ $\Delta S + \Delta S_{surr} > 0$

④ 반응물의 운동에너지가 생성물의 운동에너지보다 낮다.

정답 3번

간단한 해설

자발적 반응에서는 **계와 주위를 합한 전체 엔트로피가 증가**하므로 $\Delta S + \Delta S_{surr} > 0$이다. 계의 엔트로피만으로 판단하는 것이 아니라 주위의 변화까지 합해야 한다.

선지별 해설

① X: 헬름홀츠 에너지로 자발성을 판단할 때는 **온도와 부피가 일정한 조건**이 필요하다. 팽창·압축 이외의 일이 없는 닫힌계에서 이 조건을 만족하면 자발적 변화는 헬름홀츠 에너지가 감소하는 방향으로 일어나므로, $\Delta A > 0$이 아니라 $\Delta A < 0$이다.

② X: $\Delta H < 0$은 발열반응을 뜻하며, 자발적 반응이 반드시 발열반응인 것은 아니다. 온도와 압력이 일정하고 팽창·압축 이외의 일이 없는 닫힌계에서는 깁스 에너지 G의 변화인 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$가 음수일 때 자발적이다. 여기서 T는 절대온도이고 ΔS는 계의 엔트로피 변화이다. **흡열반응도** 엔트로피 증가에 따른 $T\Delta S$가 ΔH보다 크면 $\Delta G < 0$이 되어 자발적으로 일어날 수 있다.

③ O: 열역학 제2법칙에 따르면 자발적 변화에서 **계와 주위를 합한 전체 엔트로피는 증가**한다. 전체 엔트로피 변화는 $\Delta S + \Delta S_{surr}$이므로 이 합은 0보다 크다. 계의 엔트로피가 감소하더라도 주위의 엔트로피 증가량이 그 감소량보다 크면 자발적일 수 있다.

④ X: 자발적 반응에서 생성물의 운동에너지가 반응물보다 반드시 큰 것은 아니다. 운동에너지는 입자의 운동과 관련된 에너지이며, 반응 전후 운동에너지의 대소만으로 자발성을 판단할 수 없다. 이 선지는 **계와 주위의 전체 엔트로피가 증가하는 방향으로 반응이 진행된다**는 설명으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 8. 친핵성 치환반응에 대한 설명으로 옳은 것은?

① S_N1반응은 탄소양이온 중간체가 안정할수록 느려진다.

② S_N2반응은 기질(substrate)의 입체장애가 클수록 빨라진다.

③ S_N2반응의 반응속도는 기질의 농도에 영향을 받지 않는다.

④ S_N1반응에서 삼차 할로젠화 알킬이 일차 할로젠화 알킬보다 반응성이 크다.

정답 4번

간단한 해설

S_N1 반응은 탄소양이온이 형성되는 단계가 전체 속도를 좌우하므로, **탄소양이온이 안정할수록** 빠르게 진행된다. 삼차 할로젠화 알킬은 일차 할로젠화 알킬보다 안정한 탄소양이온을 형성하므로 반응성이 크다.

선지별 해설

① X: S_N1 반응에서는 이탈기가 먼저 떨어져 탄소양이온을 형성하는 느린 단계가 전체 반응속도를 결정한다. 탄소양이온이 안정할수록 이 단계가 유리해지므로, 반응은 느려지는 것이 아니라 **빨라진다**.

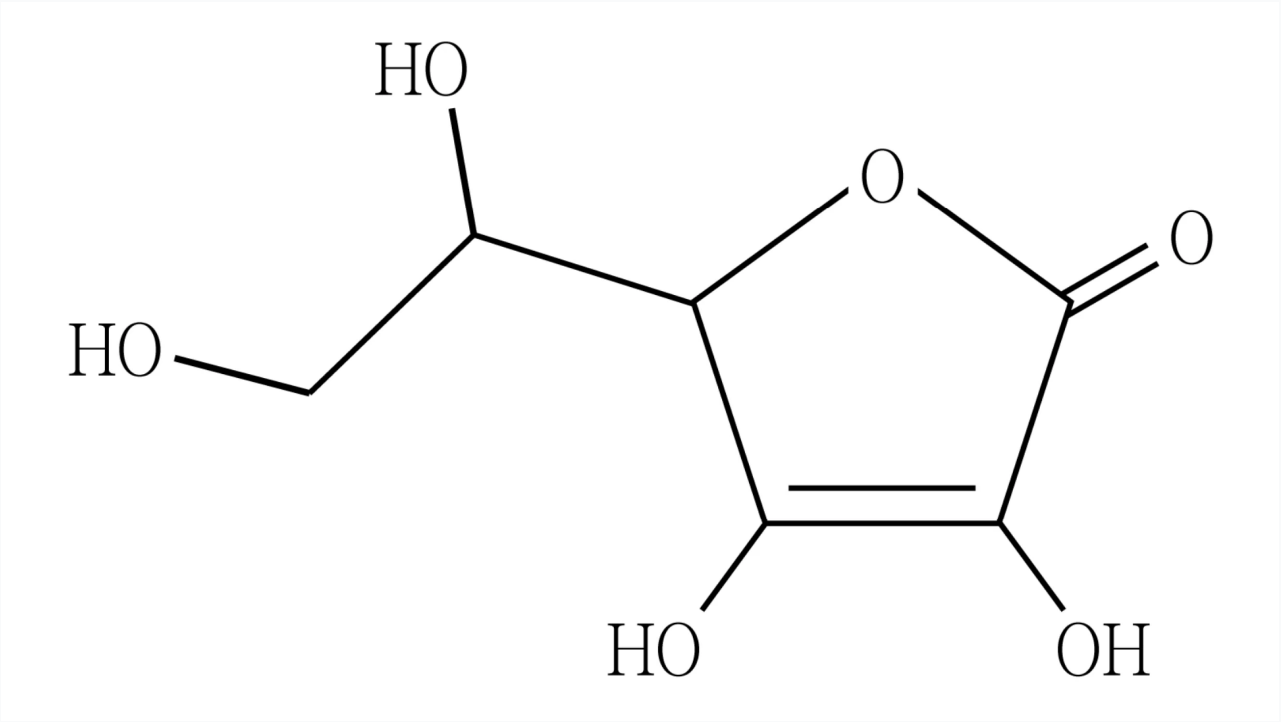
② X: S_N2 반응에서는 친핵체가 이탈기의 반대쪽에서 탄소를 공격하면서 결합 형성과 결합 절단이 한 단계로 일어난다. 기질의 입체장애가 크면 친핵체의 접근이 어려워지므로, 반응은 빨라지는 것이 아니라 **느려진다**.

③ X: S_N2 반응의 속도식은 $v = k[RX][Nu]$이다. 여기서 k는 속도상수이고, [RX]와 [Nu]는 각각 기질과 친핵체의 농도이다. 반응속도는 **기질과 친핵체의 농도 모두에 비례**하므로, 다른 조건이 같으면 기질 농도가 증가할수록 빨라진다.

④ O: 삼차 탄소양이온은 일차 탄소양이온보다 주변 알킬기의 전자 주는 유도 효과와 초공액에 의해 양전하가 더 잘 분산되어 안정하다. 따라서 같은 이탈기와 용매 등 비교 조건이 같을 때, 탄소양이온 형성이 중요한 S_N1 반응에서는 **삼차 할로젠화 알킬의 반응성이 더 크다**. 일반적인 일차 할로젠화 알킬은 불안정한 일차 탄소양이온을 형성해야 하므로 이 반응이 매우 어렵다.

NoteBase

문 9. 다음 분자에서 sp^2 혼성 오비탈을 갖는 탄소와 sp^3 혼성 오비탈을 갖는 탄소의 개수를 옳게 짝 지은 것은?



① sp^2: 2, sp^3: 3
② sp^2: 2, sp^3: 4
③ sp^2: 3, sp^3: 2
④ sp^2: 3, sp^3: 3

정답 4번

간단한 해설

고리 아래쪽 C=C의 탄소 2개뿐 아니라 **C=O의 탄소 1개도** sp^2 혼성화되어 있다. 나머지 탄소 3개는 단일 결합만 하므로 sp^3 혼성화되어 있어, 두 종류의 탄소는 각각 3개이다.

NoteBase

공통 해설

이 분자에서 탄소의 혼성화는 **탄소 주위의 결합 방향 수**로 구분한다. 이중 결합은 결합선이 두 개여도 한 방향으로 센다. 탄소가 세 방향으로 결합하고 그중 하나가 이중 결합이면 sp^2, 네 방향으로 단일 결합을 하면 sp^3 혼성화되어 있다. 골격식에서 원소 기호가 없는 꺾임점은 탄소이며, 탄소에 붙은 수소는 생략되어 있다.

고리 아래쪽 C=C를 이루는 탄소 2개와 고리 오른쪽 위 C=O의 탄소 1개는 각각 세 방향으로 결합하므로 sp^2 탄소이다. 이중 결합의 상대가 탄소인지 산소인지와 관계없이 해당 탄소를 포함하므로 총 3개이다.

고리 왼쪽 위에서 곁사슬과 연결된 탄소 1개와 왼쪽 곁사슬의 탄소 2개는 생략된 수소까지 포함하면 각각 네 방향으로 단일 결합을 한다. 따라서 sp^3 탄소도 3개이며, 이 분자의 sp^2 탄소와 sp^3 탄소의 개수는 각각 3개와 3개이다. 그림의 O와 OH에 표시된 산소는 탄소 개수에 포함하지 않는다.

NoteBase

문 10. 천연가스에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 압축천연가스(Compressed Natural Gas)의 주성분은 메테인(CH_4)이다.
ㄴ. 액화천연가스(Liquefied Natural Gas)는 천연가스를 고온에서 팽창시켜 액화시킨 상태로 수분함량이 매우 높다.
ㄷ. 액화천연가스의 주성분은 메테인 하이드레이트(CH_4 hydrate)라는 결정성 물질이다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

압축천연가스와 액화천연가스는 모두 **메테인**이 주성분이다. 액화천연가스는 수분을 제거한 천연가스를 **극저온으로 냉각한 액체**이며, 메테인 하이드레이트와는 구별된다.

보기별 해설

ㄱ. O: 압축천연가스(CNG)는 메테인(CH_4)을 주성분으로 하는 천연가스를 높은 압력으로 압축하여 저장한 것이다. 압축은 기체의 부피를 줄이는 과정이므로 **주성분이 다른 물질로 바뀌지 않는다**.

ㄴ. X: 액화천연가스(LNG)는 천연가스를 고온에서 팽창시킨 것이 아니라 **극저온으로 냉각하여 액화**한 것이다. 액화 전에 수분을 제거하므로 수분 함량이 매우 높다는 설명도 틀리다. 수분 제거는 냉각 과정에서 물이 얼어 배관이나 장치를 막는 것을 방지하기 위해 필요하다.

ㄷ. X: LNG의 주성분은 액체 상태의 메테인이다. 메테인 하이드레이트는 물 분자가 만든 격자 안에 메테인이 갇혀 있는 **고체 결정**이다. 메테인이 주성분인 액체와 물을 포함하는 결정성 물질을 혼동한 설명이다.

옳은 보기는 ㄱ만이므로, ㄱ만 제시한 ①에 해당한다.

NoteBase

문 11. 일정한 온도 T와 압력 P에서 V_{CH_4} m^3의 메테인($CH_4(g)$)과 V_{H_2} m^3의 수소($H_2(g)$)를 각각 완전 연소시켰을 때 발생하는 열이 같다. T와 P에서 $CH_4(g)$의 연소열이 −60 kJ g^{-1}이고 $H_2(g)$의 연소열이 −160 kJ g^{-1}일 때, $\frac{V_{CH_4}}{V_{H_2}}$는? (단, 메테인과 수소의 전화율(fractional conversion)은 각각 100%이고, 기체는 이상기체이며, C와 H의 원자량은 각각 12, 1이다)

① $\frac{1}{3}$
② $\frac{3}{8}$
③ $\frac{8}{3}$
④ 3

정답 1번

간단한 해설

같은 온도·압력에서 이상기체의 **부피비는 몰수비**와 같다. 메테인과 수소가 1 mol당 방출하는 열은 각각 960 kJ, 320 kJ이므로, 같은 열을 내는 데 필요한 메테인의 부피는 수소의 $\frac{1}{3}$이다.

계산 과정

같은 온도 T와 압력 P에서 이상기체는 $PV = nRT$를 따르므로 **부피비가 몰수비와 같다**. 메테인과 수소의 몰수를 각각 n_{CH_4}, n_{H_2}로 두고, 같은 열을 방출하는 몰수비를 구한다.

주어진 연소열의 음수 부호는 연소할 때 열을 방출한다는 뜻이다. 따라서 방출 열량의 크기는 메테인 1 g당 60 kJ, 수소 1 g당 160 kJ로 계산한다. 두 기체 모두 전화율이 100%이므로 처음 주어진 연료 전량이 연소한다.

질량당 연소열을 비교하려면 먼저 **1 mol당 방출 열량으로 환산**한다. 메테인의 몰질량은 $12 + 4 \times 1 = 16$ g/mol이므로 1 mol당 방출 열량은 $60 \times 16 = 960$ kJ이다. 수소의 몰질량은 $2 \times 1 = 2$ g/mol이므로 1 mol당 방출 열량은 $160 \times 2 = 320$ kJ이다.

두 기체가 방출하는 열량이 같으므로 $960n_{CH_4} = 320n_{H_2}$이다. 따라서 $\frac{n_{CH_4}}{n_{H_2}} = \frac{320}{960} = \frac{1}{3}$이다. 메테인 1 mol이 수소 1 mol보다 3배 많은 열을 내므로, 같은 열을 내는 데 필요한 메테인의 몰수는 수소의 1/3이다.

부피비도 이 몰수비와 같으므로 $\frac{V_{CH_4}}{V_{H_2}} = \frac{1}{3}$이며, ①의 값과 일치한다. 같은 단위의 부피끼리 나눈 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 12. 셀룰로오스에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 단당류이다.

② 화학식은 $(C_6H_{12}O_6)_n$이다.

③ 셀룰로오스는 β-글리코사이드 결합(glycosidic linkage)을 가지고 있다.

④ α-글리코사이드 결합에 의해 연결된 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 구성되어 있다.

정답 3번

간단한 해설

셀룰로오스는 포도당 단위들이 **β-1,4-글리코사이드 결합**으로 이어진 다당류이다. 녹말의 α-글리코사이드 결합과 구별된다.

선지별 해설

① X: 셀룰로오스는 단당류가 아니라 포도당 단위가 많이 연결된 **다당류**이다. 셀룰로오스를 완전히 가수분해하면 단당류인 포도당이 생성된다.

② X: 셀룰로오스의 화학식은 반복 단위를 기준으로 $(C_6H_{10}O_5)_n$으로 나타낸다. 포도당의 분자식은 $C_6H_{12}O_6$이지만, 포도당 단위 사이에 글리코사이드 결합이 형성될 때 **물이 빠져나가므로** 포도당의 분자식을 그대로 반복한 선지의 식은 적절하지 않다.

③ O: 셀룰로오스에서는 한 포도당 단위의 1번 탄소와 다음 포도당 단위의 4번 탄소가 **β-1,4-글리코사이드 결합**으로 연결된다. 이 결합이 반복되어 가지가 없는 사슬을 이룬다.

④ X: 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 구성되는 것은 셀룰로오스가 아니라 **녹말**이다. 아밀로오스는 α-1,4 결합으로 이어진 사슬이며, 아밀로펙틴은 α-1,4 결합으로 이루어진 사슬에 α-1,6 결합의 가지가 있다. 셀룰로오스는 β-1,4 결합으로 이루어진 가지 없는 다당류이다.

NoteBase

문 13. 계면활성제의 Hydrophilic-Lipophilic Balance(HLB)값과 용도에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 계면활성제는 HLB값이 낮을수록 친유성, 높을수록 친수성을 나타낸다.
ㄴ. HLB값은 계면활성제 분자 전체 구조의 분자량과 친수성기의 분자량을 알면 계산할 수 있다.
ㄷ. 세정(washing)용 계면활성제의 HLB값이 소포(antifoaming)용 계면활성제의 HLB값보다 작다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

HLB값은 계면활성제의 친수성과 친유성의 균형을 나타내며, 값이 클수록 친수성이 강하다. 일반적인 용도별 분류에서 **세정용은 소포용보다 HLB값이 크다**.

보기별 해설

ㄱ. O: HLB값이 낮으면 기름과 친화적인 친유성 부분의 영향이 크고, 높으면 물과 친화적인 친수성 부분의 영향이 크다. 따라서 **낮은 HLB값은 친유성, 높은 HLB값은 친수성**에 대응한다.

ㄴ. O: 비이온성 계면활성제에 사용하는 Griffin의 계산식은 $\mathrm{HLB} = 20\frac{M_h}{M}$이다. 여기서 M은 계면활성제 전체의 분자량, M_h는 친수성 부분의 분자량이다. 즉, **전체 분자량에서 친수성 부분이 차지하는 비율**에 20을 곱하므로 두 분자량을 알면 HLB값을 계산할 수 있다.

ㄷ. X: 일반적인 HLB 용도 분류에서 소포용은 약 1~3, 세정용은 약 13~16의 범위에 해당한다. 세정용은 물속에서 오염물을 분산·제거하는 데 필요한 친수성을 가지므로, 소포용과 비교하면 **HLB값이 더 크다**. 따라서 '세정용의 HLB값이 소포용보다 작다'는 대소 관계가 반대이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 14. 무정형(amorphous) 고분자 A와 B에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $T_{g,A}$와 $T_{g,B}$는 각각 A와 B의 유리 전이 온도(glass transition temperature)이고, T_1은 $T_{g,A}$와 $T_{g,B}$ 사이($T_{g,B} < T_1 < T_{g,A}$)의 온도이다.)

① B의 끓는점은 $T_{g,B}$이다.

② A의 녹는점은 $T_{g,A}$이다.

③ T_1에서 A는 유리상이다.

④ $T_{g,B}$ 이하의 온도에서 B는 결정을 형성한다.

정답 3번

간단한 해설

$T_1 < T_{g,A}$이므로 A는 사슬 분절의 운동이 제한되는 **유리상**이다. 유리 전이는 무정형 고분자의 유리상과 고무상 사이의 변화이며, 융해나 결정화와 구별된다.

선지별 해설

① X: $T_{g,B}$는 B의 **유리 전이 온도**이다. 무정형 고분자를 가열할 때 단단한 유리상에서 사슬 분절의 운동이 활발해진 고무상으로 변하는 기준이다. 액체가 기체로 변하는 끓는점과는 다르다.

② X: $T_{g,A}$는 A의 유리 전이 온도이다. 녹는점은 결정 영역이 녹는 온도이지만, **무정형 고분자 A에는 결정 영역이 없어 뚜렷한 녹는점이 없다**. A는 유리 전이를 거쳐 연화된다.

③ O: 주어진 조건은 $T_{g,B} < T_1 < T_{g,A}$이다. A에 대해서는 T_1이 **자신의 유리 전이 온도보다 낮으므로** 사슬 분절의 운동이 제한되어 단단한 유리상이다. 같은 온도에서 B는 자신의 유리 전이 온도보다 높은 상태이므로, 두 고분자의 상태는 각각의 유리 전이 온도를 기준으로 판단한다.

④ X: B를 $T_{g,B}$ 이하로 냉각한다고 해서 결정을 형성하는 것은 아니다. **유리 전이와 결정화는 서로 다른 변화**이다. B는 무정형 구조를 유지하며, 유리 전이 온도보다 낮아지면 사슬 분절의 운동이 제한되는 유리상이 된다.

NoteBase

문 15. 전체 시료의 부피 대비 결정 영역의 부피가 20%인 poly(ethylene terephthalate)(PET) 시료의 밀도[g mL^{-1}]는? (단, PET의 무정형 영역의 밀도는 1.20 g mL^{-1}이고 결정 영역의 밀도는 1.40 g mL^{-1}이다)

① 1.24

② 1.28

③ 1.32

④ 1.36

정답 1번

간단한 해설

결정 영역의 20%는 **부피분율**이므로, 각 영역의 밀도를 부피분율로 가중평균한다. 결정 영역 20%와 무정형 영역 80%를 반영한 시료의 밀도는 1.24 g mL^{-1}이다.

계산 과정

결정 영역의 비율 20%는 **전체 부피에 대한 비율**이다. 계산 기준으로 시료의 전체 부피를 1.00 mL로 잡으면, 결정 영역의 부피는 0.20 mL이고 무정형 영역의 부피는 나머지 0.80 mL이다.

각 영역의 질량은 밀도 × 부피로 구한다. 결정 영역의 질량은 1.40 × 0.20 = 0.28 g이고, 무정형 영역의 질량은 1.20 × 0.80 = 0.96 g이다. 따라서 시료 1.00 mL의 전체 질량은 0.28 + 0.96 = 1.24 g이다.

시료의 밀도는 전체 질량을 전체 부피로 나눈 값이다. 밀도를 ρ, 전체 질량을 m, 전체 부피를 V라 하면 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{1.24}{1.00} = 1.24$ g mL^{-1}이다. 이 값은 ①의 1.24에 해당한다.

NoteBase

문 16. 촉매에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 촉매는 반응속도 상수를 변화시키지 않는다.

② 불균일 촉매는 반응물과 다른 상으로 존재한다.

③ 촉매는 화학반응에 대한 평형상수를 변화시킨다.

④ 촉매는 반응엔탈피를 증가시킨다.

정답 2번

간단한 해설

불균일 촉매는 반응물과 **서로 다른 상**으로 존재하는 촉매이다. 기체 반응물이 고체 촉매의 표면에서 반응하는 경우가 이에 해당한다.

선지별 해설

① X: 촉매는 활성화 에너지가 더 낮은 반응 경로를 제공하므로, 같은 온도에서 **반응속도 상수를 증가시킨다**. 반응속도 상수를 변화시키지 않는다는 설명은 틀리다.

② O: 불균일 촉매는 반응물과 **다른 상으로 존재**하며, 반응은 주로 촉매 표면에서 일어난다. 예를 들어 기체 반응물과 고체 촉매가 함께 있는 경우이다. 반면 균일 촉매는 반응물과 같은 상으로 존재한다.

③ X: 촉매는 정반응과 역반응을 모두 촉진하여 평형에 도달하는 시간을 줄이지만, 같은 온도에서 **평형상수는 변화시키지 않는다**. 반응물과 생성물 사이의 평형 조성도 바뀌지 않는다.

④ X: 반응엔탈피는 생성물과 반응물의 엔탈피 차이로 결정되므로, 반응 경로를 바꾸는 촉매를 사용해도 **변하지 않는다**. 촉매가 낮추는 것은 반응의 활성화 에너지이지 반응엔탈피가 아니다.

NoteBase

문 17. DNA와 RNA에만 각각 존재하는 염기를 옳게 짝 지은 것은?

① DNA: 티민(thymine), RNA: 우라실(uracil)

② DNA: 아데닌(adenine), RNA: 우라실(uracil)

③ DNA: 티민(thymine), RNA: 사이토신(cytosine)

④ DNA: 아데닌(adenine), RNA: 사이토신(cytosine)

정답 1번

간단한 해설

DNA와 RNA의 표준 구성 염기는 아데닌·구아닌·사이토신을 공유하지만, DNA는 **티민**을, RNA는 티민 대신 **우라실**을 사용한다.

대응 관계 해설

DNA — 티민(thymine): DNA의 표준 구성 염기는 아데닌·구아닌·사이토신·티민이다. 이 중 RNA의 표준 구성 염기에 포함되지 않는 것은 **티민**이다. 아데닌은 DNA와 RNA에 공통으로 존재하므로 DNA에만 있는 염기로 짝지을 수 없다.

RNA — 우라실(uracil): RNA의 표준 구성 염기는 아데닌·구아닌·사이토신·우라실이다. DNA의 티민에 대응하여 RNA에는 **우라실**이 들어간다. 사이토신은 DNA와 RNA에 공통으로 존재하므로 RNA에만 있는 염기로 짝지을 수 없다.

따라서 DNA에는 티민, RNA에는 우라실을 대응시킨 ①의 조합이 성립한다.

NoteBase

문 18. 다음 전지 반응의 환원전극(cathode)에서 일어나는 반응은?

$Zn(s) + Ni^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Ni(s)$

① $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$
② $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$
③ $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$
④ $Ni(s) \rightarrow Ni^{2+}(aq) + 2e^-$

정답 2번

간단한 해설

환원전극에서는 **전자를 받는 환원 반응**이 일어난다. 주어진 반응에서는 Ni^{2+}가 전자 2개를 받아 금속 Ni로 변한다.

공통 해설

환원전극(cathode)은 **전자를 받아들이는 반쪽 반응**이 일어나는 전극이다. 따라서 환원 반쪽 반응식에서는 전자가 반응물 쪽에 놓인다. 전자가 생성물 쪽에 놓이는 반응은 전자를 내놓는 산화 반응이다.

주어진 전체 반응에서 $Ni^{2+}(aq)$는 $Ni(s)$로 변하므로 전자 2개를 받아야 한다. 따라서 환원전극의 반응은 $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$이다. Zn은 전체 반응에서 금속이 이온으로 변하며 전자를 내놓으므로 산화된다. Zn 이온이 전자를 받아 금속이 되는 반응은 주어진 전체 반응의 진행 방향과 맞지 않는다.

NoteBase

문 19. 다음 질소 비료 중 질소 함량이 가장 높은 것은?

① 질산 칼슘

② 요소

③ 질산 암모늄

④ 황산 암모늄

정답 2번

간단한 해설

요소는 질소를 포함한 부분이 전체 질량에서 차지하는 비율이 커서, 순물질 기준 이론적 질소 함량이 **약 46.7%**이다. 질소 함량은 질소 원자 수만으로 판단하지 않고 **비료 전체 질량에 대한 질소의 질량 비율**로 비교한다.

선지별 해설

질소 함량은 비료 전체 질량 중 질소의 질량이 차지하는 백분율이다. 각 물질을 무수 순물질로 보고, 원자량을 H 1, C 12, N 14, O 16, S 32, Ca 40으로 근사하여 비교한다. 아래 네 화합물은 모두 화학식 하나에 질소 원자가 2개 있으므로, 각 물질 1 mol에 들어 있는 질소의 질량은 28 g이다. 따라서 **몰질량이 작을수록 질소의 질량 비율이 높다**.

① 질산 칼슘: 화학식은 $Ca(NO_3)_2$이고, 몰질량은 $40 + 2 \times (14 + 3 \times 16) = 164$ g/mol이다. 질소 함량은 $\frac{28}{164} \cdot 100 \approx 17.1\%$이다. 칼슘과 산소가 차지하는 질량이 커서 네 물질 중 질소의 질량 비율이 가장 낮다.

② 요소: 화학식은 $CO(NH_2)_2$이고, 몰질량은 $12 + 16 + 2 \times 14 + 4 \times 1 = 60$ g/mol이다. 질소 함량은 $\frac{28}{60} \cdot 100 \approx 46.7\%$이다. 같은 28 g의 질소를 포함하면서 **전체 몰질량이 가장 작아** 질소 함량이 가장 높다.

③ 질산 암모늄: 화학식은 NH_4NO_3이고, 몰질량은 $2 \times 14 + 4 \times 1 + 3 \times 16 = 80$ g/mol이다. 질소 함량은 $\frac{28}{80} \cdot 100 = 35.0\%$이다. 암모늄 부분과 질산 부분의 질소를 모두 포함하지만, 몰질량이 요소보다 커서 질소 함량은 요소보다 낮다.

④ 황산 암모늄: 화학식은 $(NH_4)_2SO_4$이고, 몰질량은 $2 \times 14 + 8 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 132$ g/mol이다. 질소 함량은 $\frac{28}{132} \cdot 100 \approx 21.2\%$이다. 황과 산소가 전체 질량에서 차지하는 몫이 커서 질소 함량은 질산 암모늄보다 낮다.

질소 함량은 요소 > 질산 암모늄 > 황산 암모늄 > 질산 칼슘 순이므로, 가장 높은 것은 ② 요소이다.

NoteBase

문 20. 웨이퍼 표면 위에 스핀 코팅(spin coating)을 통해 감광제를 도포하였다. 목표한 두께에 비해 도포된 감광제층이 얇을 경우 이를 개선하기 위한 방법은?

① 웨이퍼의 반경을 늘린다.

② 감광제 용액의 점도를 낮춘다.

③ 웨이퍼의 회전속도를 낮춘다.

④ 감광제 용액 내 고형분의 함량을 낮춘다.

정답 3번

간단한 해설

스핀 코팅에서 다른 조건이 같을 때 **회전속도를 낮추면** 감광제 용액이 바깥쪽으로 빠져나가는 작용이 약해져 더 두꺼운 감광제층을 얻을 수 있다.

핵심 풀이

스핀 코팅은 웨이퍼를 회전시켜 감광제 용액을 표면에 펴고, 여분의 용액을 바깥쪽으로 배출하면서 막을 형성하는 방법이다. 감광제 종류와 도포시간 등 다른 조건이 같으면 회전속도가 빠를수록 막은 얇아지는 경향이 있다. 따라서 목표보다 얇게 도포되었다면 **웨이퍼의 회전속도를 낮추어** 용액이 바깥쪽으로 빠져나가는 작용을 줄인다.

용액의 점도를 낮추면 흐름에 대한 저항이 줄어 용액이 더 쉽게 퍼지고 배출되므로, 막을 두껍게 하는 방향과 반대이다.

고형분은 용매가 증발한 뒤 막으로 남는 성분이므로, 용액 내 고형분 함량을 낮추는 것도 두께를 줄이는 방향이다. 용액 조성을 바꾸어 두께를 늘리려면 일반적으로 **점도나 고형분 함량을 높이는** 방향을 고려한다.

①의 웨이퍼 반경 증가는 회전속도를 낮추는 것과 다르다. 가장자리 영향을 무시하고 막 두께가 균일하다고 보는 표준 스핀 코팅 모델에서는 두께가 웨이퍼 반경에 직접 의존하지 않는다. 따라서 **반경만 늘리는 것은 막을 두껍게 하는 조절 방법이 아니다**.

NoteBase