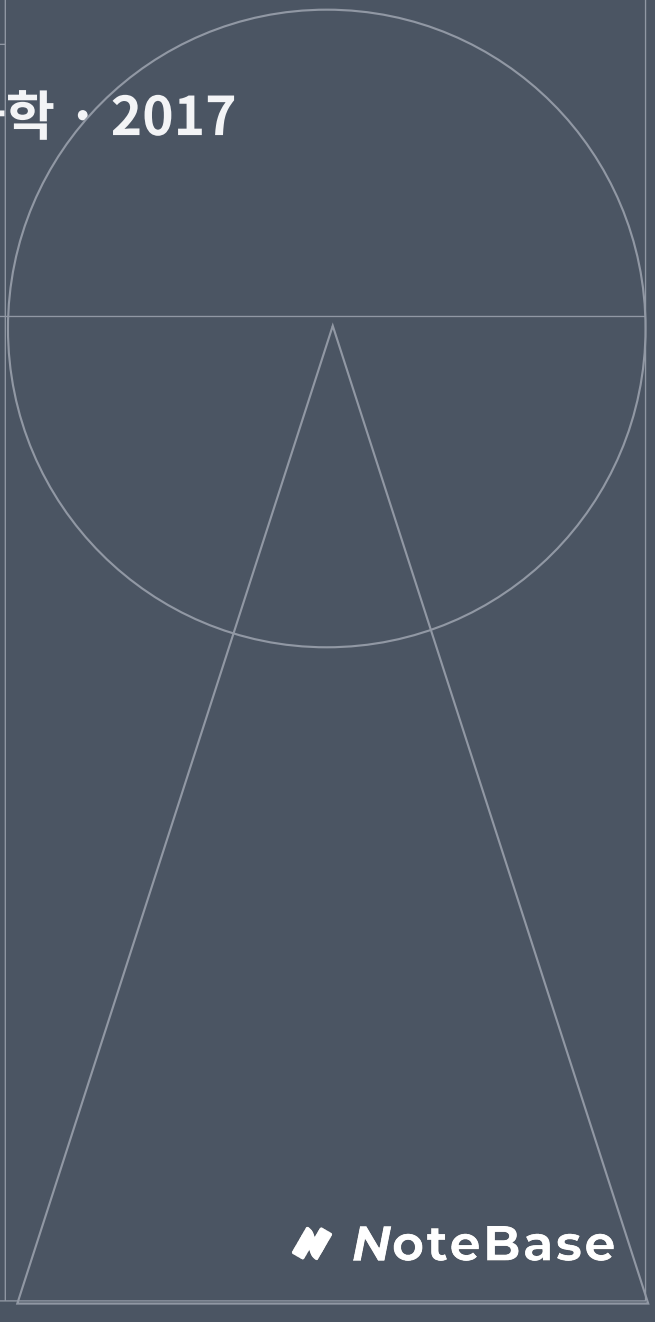
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2017

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2017

문 1. 두 다분산(polydisperse) 고분자 시료 A와 B가 동일한 무게로 혼합되었을 때 혼합물의 무게평균분자량($\overline{M}_w$)은? (단, 두 고분자의 수평균분자량과 무게평균분자량은 다음과 같다)

구분	수평균분자량($\overline{M}_n$)	무게평균분자량($\overline{M}_w$)
고분자 A	100,000	200,000
고분자 B	200,000	400,000

① 150,000

② 200,000

③ 300,000

④ 450,000

정답 3번

간단한 해설

무게평균분자량은 각 시료의 **질량분율을 가중치**로 하여 평균한다. 두 시료의 무게가 같으므로 무게평균분자량 200,000과 400,000의 산술평균인 300,000이 된다.

NoteBase

계산 과정

표의 무게평균분자량은 고분자 A가 200,000, 고분자 B가 400,000이다. 구하려는 값도 무게평균분자량이므로 이 두 값을 사용한다. 수평균분자량 100,000과 200,000은 분자 수를 기준으로 한 평균값이므로 이 계산에 사용하지 않는다.

무게평균분자량은 각 분자량에 그 분자들이 차지하는 질량분율을 곱하여 합한 값이다. 따라서 두 시료를 혼합할 때도 각 시료의 무게평균분자량을 **시료의 질량분율로 가중평균**한다. A와 B의 질량분율을 각각 w_A, w_B라 하면 혼합물의 무게평균분자량은 $\overline{M}_w = w_A\overline{M}_{w,A} + w_B\overline{M}_{w,B}$이다.

두 시료를 **동일한 무게로 혼합**하므로 각각 전체 질량의 절반을 차지한다. 따라서 $w_A = w_B = \frac{1}{2}$이며, 두 시료의 무게평균분자량에 같은 가중치를 적용한다.

이를 대입하면 $\overline{M}_w = \frac{200{,}000 + 400{,}000}{2} = 300{,}000$이다. 혼합물의 무게평균분자량 300,000은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 산의 세기(acidity)가 가장 작은 것은?

① 물(H_2O)

② 메테인(CH_4)

③ 불화수소(HF)

④ 암모니아(NH_3)

정답 2번

간단한 해설

메테인은 수소 이온을 잃으면 탄소에 음전하를 가진 짝염기를 만든다. 탄소는 제시된 중심 원자 중 전기음성도가 가장 작아 **짝염기의 음전하를 안정화하기 어려우므로**, 메테인의 산의 세기가 가장 작다.

선지별 해설

산의 세기는 수소 이온을 내놓는 경향의 크기이며, 수소 이온을 잃고 생기는 물질을 짝염기라고 한다. 제시된 물질처럼 같은 2주기 원소에 수소가 결합한 수소화물에서는 중심 원자의 전기음성도가 클수록 짝염기의 음전하가 안정화되어 산의 세기가 커진다. 전기음성도는 C < N < O < F 순서이다.

① 물(H_2O): 수소 이온을 잃으면 OH^-가 된다. 산소는 탄소와 질소보다 전기음성도가 커서 음전하를 더 잘 안정화하므로, 물은 **메테인과 암모니아보다 강한 산**이다.

② 메테인(CH_4): 수소 이온을 잃으면 CH_3^-가 된다. 탄소는 네 중심 원자 중 **전기음성도가 가장 작아** 짝염기의 음전하를 안정화하는 데 가장 불리하다. 따라서 메테인은 수소 이온을 가장 내놓기 어려운 물질이다.

③ 불화수소(HF): 수소 이온을 잃으면 F^-가 된다. 플루오린은 네 중심 원자 중 **전기음성도가 가장 커서** 짝염기의 음전하를 잘 안정화하므로, 제시된 물질 중 산의 세기가 가장 크다.

④ 암모니아(NH_3): 수소 이온을 잃으면 NH_2^-가 된다. 질소는 탄소보다 전기음성도가 크지만 산소와 플루오린보다는 작다. 따라서 암모니아는 **메테인보다 강하고 물과 불화수소보다 약한 산**이다.

산의 세기는 메테인 < 암모니아 < 물 < 불화수소 순서이므로, 산의 세기가 가장 작은 물질은 메테인이다.

NoteBase

문 3. 열가소성 수지로만 나열된 것은?

① 폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 아크릴수지

② 폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 페놀수지

③ 폴리에틸렌, 멜라민수지, 아크릴수지

④ 페놀수지, 요소(우레아)수지, 멜라민수지

정답 1번

간단한 해설

폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 아크릴수지는 **가열하면 연화되고 냉각하면 다시 굳는 열가소성 수지**이다. 페놀수지, 요소수지, 멜라민수지는 경화 후 가열해도 녹여 다시 성형할 수 없는 열경화성 수지이다.

선지별 해설

열가소성 수지는 가열하면 고분자 사슬이 움직이기 쉬워져 연화되고, 냉각하면 다시 굳으므로 가열과 냉각으로 반복 성형할 수 있다. 열경화성 수지는 경화 과정에서 사슬 사이에 공유결합 가교가 형성되어 3차원 망상 구조를 이룬다. 따라서 경화 후에는 가열해도 녹여 다시 성형할 수 없으며, 지나치게 가열하면 분해된다.

① O: 폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 아크릴수지는 모두 **열가소성 수지**이다. 가열에 따른 연화와 냉각에 따른 고화를 이용해 성형할 수 있으므로 세 수지 모두 발문의 조건을 충족한다.

② X: 폴리에틸렌과 폴리염화비닐은 열가소성 수지이지만, **페놀수지는 열경화성 수지**이다. 페놀수지는 경화하면 가교된 망상 구조를 이루므로 열가소성 수지로만 이루어진 묶음이 아니다.

③ X: 폴리에틸렌과 아크릴수지는 열가소성 수지이지만, **멜라민수지는 열경화성 수지**이다. 멜라민수지도 경화 과정에서 가교 구조를 형성하므로 경화 후 가열하여 다시 성형할 수 없다.

④ X: 페놀수지, 요소(우레아)수지, 멜라민수지는 **모두 열경화성 수지**이다. 세 수지 모두 경화하면 가교된 망상 구조를 형성하므로, 열가소성 수지의 예로 분류할 수 없다.

NoteBase

문 4. 단계성장 중합반응(step-growth polymerization)으로 합성할 수 없는 것은?

① 폴리염화비닐(polyvinylchloride)

② 폴리우레탄(polyurethane)

③ 폴리아마이드(polyamide)

④ 폴리에스터(polyester)

정답 1번

간단한 해설

폴리염화비닐(PVC)은 염화비닐의 탄소–탄소 이중결합이 반응하여 활성 사슬 끝에 단량체가 차례로 붙는 **연쇄성장 중합**으로 합성된다. 분자에 남아 있는 작용기끼리 반응하는 단계성장 중합과 구별된다.

공통 해설

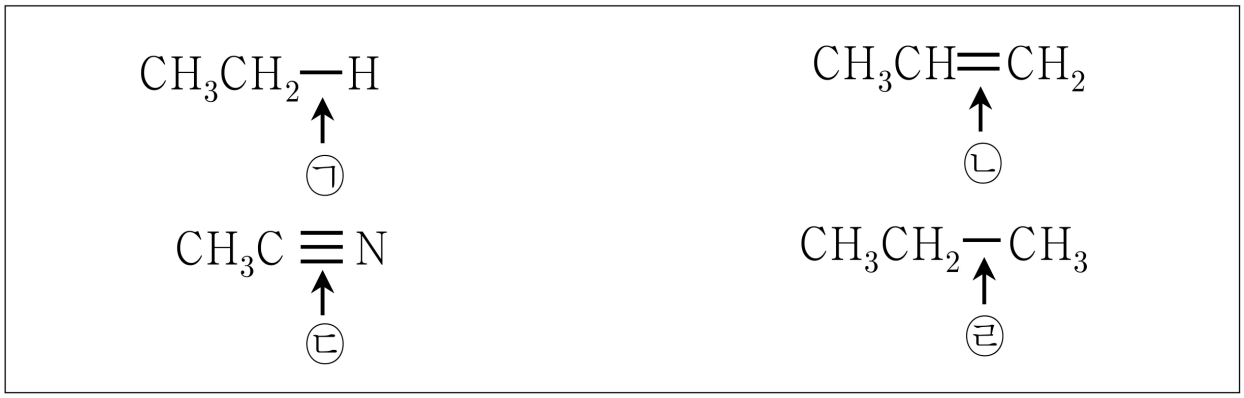
단계성장 중합은 단량체뿐 아니라 짧은 사슬과 긴 사슬도 **남아 있는 작용기끼리 반응**하여 더 큰 분자가 되는 방식이다. 두 분자가 결합한 뒤에도 반응할 작용기가 남아 있어야 사슬이 계속 길어질 수 있으므로, 일반적으로 분자당 두 개 이상의 반응성 작용기를 가진 물질을 사용한다.

폴리우레탄은 다이아이소사이아네이트와 다이올의 작용기들이 반응하여 우레탄 결합을 만들면서 성장한다. 폴리아마이드는 다이카복실산과 다이아민이 아마이드 결합을, 폴리에스터는 다이카복실산과 다이올이 에스터 결합을 만드는 반응으로 합성할 수 있다. 이들은 모두 결합 후 남은 작용기가 다시 반응할 수 있어 단계성장 중합이 가능하다. 이때 폴리우레탄의 우레탄 결합 형성은 작은 분자가 빠져나오지 않는 부가반응이므로, **단계성장 중합을 모두 축합중합으로 보는 것은 잘못**이다.

반면 폴리염화비닐은 염화비닐의 탄소–탄소 이중결합에 단량체가 연속적으로 첨가되어 합성된다. 대표적으로 라디칼을 활성점으로 이용하며, 성장 중인 **사슬 끝의 활성점에 단량체가 하나씩 붙는** 연쇄성장 중합이다. 따라서 이 문항에서 단계성장 중합으로 합성할 수 없는 고분자는 폴리염화비닐이다.

NoteBase

문 5. 적외선 분광법(infrared spectroscopy)을 이용해 화합물들을 분석하고자 할 때, 결합 파수(wavenumber, cm^{-1})가 큰 순서대로 나열한 것은?



① ㉠ > ㉢ > ㉡ > ㉣

② ㉠ > ㉣ > ㉢ > ㉡

③ ㉢ > ㉠ > ㉡ > ㉣

④ ㉢ > ㉡ > ㉣ > ㉠

정답 1번

간단한 해설

㉠의 C–H 결합은 수소가 가벼워 **환산질량이 작으므로**, 삼중 결합인 C≡N보다 큰 파수에서 신축 진동한다.

NoteBase

선지별 해설

그림의 화살표가 가리키는 결합의 신축 진동을 비교한다. 결합을 두 원자가 용수철로 연결된 모형으로 근사하면 파수는 $\tilde{\nu} = \frac{1}{2\pi c}\sqrt{\frac{k}{\mu}}$로 나타낸다. 여기서 c는 빛의 속도, k는 결합의 강성을 나타내는 힘 상수, μ는 두 원자의 질량으로 정해지는 환산질량이다. 따라서 **힘 상수가 클수록, 환산질량이 작을수록** 파수가 크다.

㉠ C–H: 에테인의 탄소와 수소 사이 단일 결합이다. 알케인의 C–H 신축 진동은 대략 2850~3000 cm^{-1}에서 나타난다. 수소가 가벼워 환산질량이 매우 작으므로, 여기 제시된 네 결합 중 파수가 가장 크다.

㉡ C=C: 프로펜의 탄소 사이 이중 결합이다. 신축 진동은 대략 1630~1680 cm^{-1}에서 나타난다. C–C와 결합 원자가 같아 환산질량은 같지만, **이중 결합의 힘 상수가 더 크므로** ㉣보다 파수가 크다. 다만 C≡N의 신축 진동 파수보다는 작다.

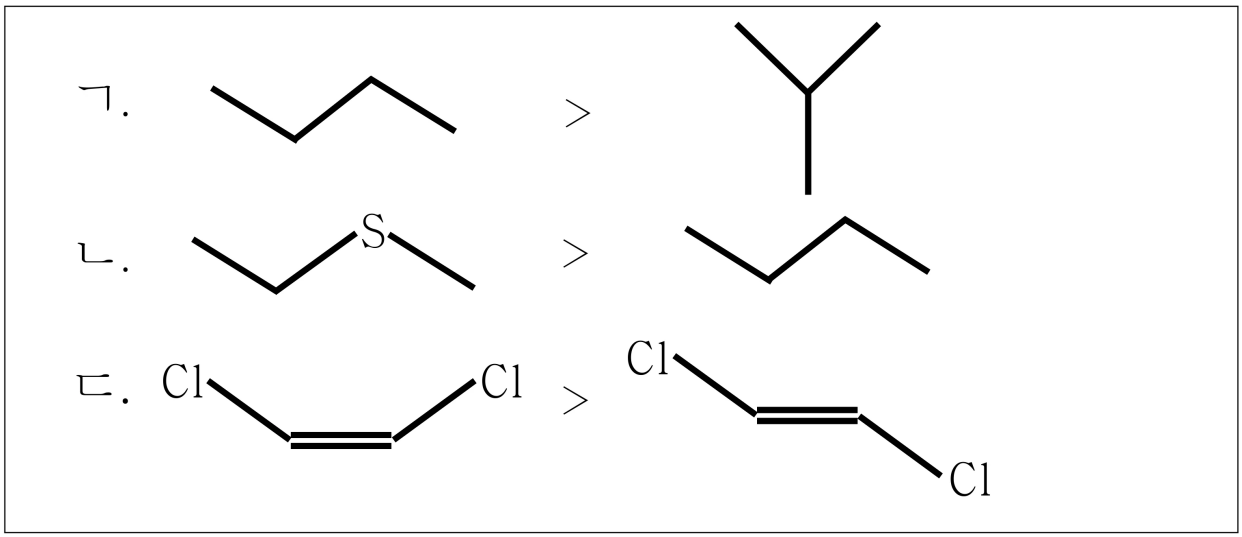
㉢ C≡N: 아세토나이트릴의 탄소와 질소 사이 삼중 결합이다. 신축 진동은 대략 2240~2260 cm^{-1}에서 나타난다. 삼중 결합의 큰 힘 상수로 인해 C=C보다 파수가 크지만, C–H에 비해 **환산질량이 훨씬 크므로** ㉠보다는 파수가 작다.

㉣ C–C: 프로페인의 탄소 사이 단일 결합이다. 비교 대상인 C=C보다 힘 상수가 작아 신축 진동 파수가 낮다. 또한 C–H처럼 가벼운 수소가 결합한 경우도 아니므로, 네 결합 중 파수가 가장 작다.

파수가 큰 순서는 ㉠ > ㉢ > ㉡ > ㉣이며, ①의 배열과 일치한다.

NoteBase

문 6. 두 화합물의 끓는점 비교가 옳은 것만을 모두 고른 것은?



① ㄱ

② ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

ㄷ의 cis형은 두 C–Cl 결합의 쌍극자가 상쇄되지 않아 **분자 전체에 극성**이 있다. 결합 쌍극자가 상쇄되는 trans형보다 분자 사이 인력이 강하므로 끓는점이 높다.

NoteBase

보기별 해설

같은 외부 압력에서 액체의 증기압이 외부 압력과 같아질 때 끓는다. 분자 사이 인력이 강할수록 액체에서 기체로 벗어나기 어려워 끓는점이 높다.

ㄱ O: 왼쪽은 곧은 사슬의 n-뷰테인이고 오른쪽은 가지가 있는 아이소뷰테인이다. 두 물질은 분자식과 분자량이 같지만, n-뷰테인은 분자끼리 접촉할 수 있는 면적이 더 커 **런던 분산력이 더 강하다**. 따라서 n-뷰테인의 끓는점이 더 높다.

ㄴ O: 왼쪽은 탄소 사슬 사이에 황 원자가 있는 에틸 메틸 설파이드이고 오른쪽은 n-뷰테인이다. 황 원자는 전자 구름이 크고 쉽게 변형되어 **분극성이 크므로** 분산력을 강화한다. 에틸 메틸 설파이드에는 영구 쌍극자에 의한 인력도 작용하므로, 비극성인 n-뷰테인보다 분자 사이 인력이 강하고 끓는점이 높다.

ㄷ O: 왼쪽은 두 Cl이 이중결합의 같은 쪽에 있는 cis-1,2-다이클로로에텐이고, 오른쪽은 두 Cl이 반대쪽에 있는 trans형이다. cis형에서는 C–Cl 결합의 쌍극자가 상쇄되지 않아 분자가 극성을 띠지만, trans형에서는 대칭적인 배치로 **결합 쌍극자가 상쇄**된다. 두 이성질체는 분자량이 같으며, cis형에는 쌍극자–쌍극자 인력이 작용하므로 trans형보다 끓는점이 높다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ의 끓는점 비교가 모두 성립하므로 이들을 모두 포함한 조합은 ④이다.

NoteBase

문 7. 에틸렌(ethylene)의 가수분해에 의한 생성물은?

① HCHO

② HCOOH

③ CH_3CH_2OH

④ CH_3COCH_3

정답 3번

간단한 해설

에틸렌의 탄소–탄소 이중결합에 물의 H와 OH가 첨가되면 **에탄올**이 생성된다.

공통 해설

문항에서 '가수분해'라고 표현한 반응은 에틸렌에 물을 첨가하여 에탄올을 얻는 반응이며, 정확한 반응 명칭은 **수화반응**이다. 에틸렌은 탄소 원자 두 개가 이중결합으로 연결된 알켄이다. 산 촉매하에서 물이 첨가되면 이중결합은 단일결합으로 바뀌고, 두 탄소에 H와 OH가 각각 결합한다.

반응식은 $CH_2 = CH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3CH_2OH$이다. 탄소 두 개의 골격은 유지되면서 하이드록시기(–OH)를 갖는 에탄올이 생성된다. HCHO와 HCOOH는 탄소가 한 개이고, CH_3COCH_3는 탄소가 세 개이므로, 탄소 골격을 유지하는 이 물 첨가반응의 생성물에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 8. 중질 나프타의 접촉 개질(catalytic reforming) 반응에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 고리나 가지 구조를 갖는 화합물로 전환되어 고옥탄가 가솔린을 제조할 수 있다.
ㄴ. 이성체 반응에 의해 n-파라핀 구조의 화합물이 아이소(iso)구조로 바뀐다.
ㄷ. 방향족 화합물 생성이 억제된다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

접촉 개질은 탄화수소를 가지 구조나 방향족 고리 구조로 바꾸어 **옥탄가를 높이는** 공정이다. 방향족 화합물 생성은 억제되는 것이 아니라 **주요 반응으로 촉진된다**.

보기별 해설

ㄱ. O: 접촉 개질에서는 직쇄 탄화수소의 고리화·방향족화와 가지 구조로의 이성질화가 일어난다. 이 과정에서 옥탄가가 높은 방향족 탄화수소와 아이소파라핀의 비율이 증가하므로 **고옥탄가 가솔린의 배합 원료**를 얻을 수 있다. 옥탄가는 가솔린이 엔진에서 비정상 연소인 노킹에 견디는 정도를 나타낸다.

ㄴ. O: n-파라핀은 탄소 골격이 직쇄인 포화 탄화수소이고, 아이소파라핀은 가지가 있는 포화 탄화수소이다. 이성질화에서는 **분자식은 유지하면서 탄소 골격이 재배열**되어 n-파라핀이 아이소파라핀으로 바뀐다. 이러한 가지 구조의 형성은 옥탄가 향상에 기여한다.

ㄷ. X: 방향족 화합물의 생성은 억제되는 것이 아니라 **접촉 개질의 주요 목적 반응**이다. 나프텐은 고리 모양의 포화 탄화수소로, 탈수소 반응을 거쳐 방향족 화합물이 된다. 직쇄 파라핀도 고리를 형성하고 수소를 잃는 탈수소고리화 반응으로 방향족 화합물이 될 수 있다. 따라서 '방향족 화합물 생성이 억제된다'는 '방향족 화합물 생성이 촉진된다'로 고친다.

옳은 보기는 ㄱ과 ㄴ이므로, 두 보기를 묶은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 9. 셀룰로스(cellulose)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 탄수화물의 일종으로서 다당류이다.
ㄴ. 글루코스만으로 구성된 고분자이다.
ㄷ. 셀룰로스 합성 시 고분자 결합은 방사형으로 일어난다.
ㄹ. 셀룰로스 분자는 결정 영역과 비결정 영역으로 이루어져 있다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄱ, ㄴ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

간단한 해설

ㄷ의 '방사형'이 잘못된 표현이다. 셀룰로스는 글루코스가 **β-1,4 글리코시드 결합**으로 연결된 **가지 없는 선형 고분자**이다.

보기별 해설

ㄱ. O: 셀룰로스는 많은 단당류 단위가 결합한 **다당류**로, 탄수화물에 속한다.

ㄴ. O: 셀룰로스의 구성 단당류는 **글루코스 한 종류**이다. 글루코스 단위가 반복하여 연결된 고분자이므로 동종다당류에 해당한다.

ㄷ. X: 글루코스의 1번 탄소와 다음 글루코스의 4번 탄소 사이에 β-1,4 글리코시드 결합이 형성되면서 사슬이 길어진다. 따라서 '방사형'은 **가지 없는 선형**으로 고쳐야 한다.

ㄹ. O: 셀룰로스에는 분자 사슬이 규칙적으로 배열된 **결정 영역**과 배열의 규칙성이 낮은 **비결정 영역**이 함께 존재한다. 이는 구성 단당류의 종류가 달라서가 아니라 사슬의 배열 상태가 다르기 때문이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ, ㄹ이며, 이 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 10. 비누에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비누 분자의 양쪽 끝은 각각 친수성과 소수성으로 이루어진다.

② 비누 분자의 긴 탄화수소 사슬은 친수성이다.

③ 일정 농도 이상에서 물에 분산되어 마이셀(micelle)을 형성한다.

④ 지방을 염기에 의해 가수분해하여 얻는 혼합물이다.

정답 2번

간단한 해설

비누의 긴 탄화수소 사슬은 비극성이므로 물과 잘 섞이지 않는 **소수성 부분**이다. 물과 잘 상호작용하는 친수성 부분은 이온성을 띠는 카복실산염 머리 부분이다.

선지별 해설

① O: 비누는 긴 탄화수소 사슬과 카복실산염 머리 부분으로 이루어진다. 탄화수소 사슬은 물을 피하는 소수성 부분이고, 이온성을 띠는 머리는 물과 잘 상호작용하는 친수성 부분이다. 이처럼 **친수성과 소수성을 함께 갖는 성질**을 양친매성이라고 한다.

② X: 긴 탄화수소 사슬은 비극성이어서 극성인 물과 잘 상호작용하지 못한다. 따라서 선지의 '친수성'은 **'소수성'**으로 고쳐야 한다. 비누에서 친수성을 나타내는 것은 탄화수소 사슬이 아니라 카복실산염 머리 부분이다.

③ O: 수용액에서 비누의 농도가 임계 마이셀 농도에 이르면 비누 입자들이 모여 마이셀을 형성한다. 이때 **소수성 사슬은 안쪽, 친수성 머리는 바깥쪽**을 향한다. 이러한 배열은 탄화수소 사슬과 물의 접촉을 줄이면서 마이셀 표면이 물과 접촉하도록 한다.

④ O: 지방의 주성분인 트라이글리세라이드를 수산화나트륨이나 수산화칼륨 같은 염기로 가수분해하면 글리세롤과 지방산염이 생성된다. 이 반응을 **비누화 반응**이라고 하며, 생성된 지방산의 나트륨염이나 칼륨염이 비누 성분이다. 천연 지방에는 여러 종류의 지방산이 포함되어 있으므로 얻어지는 비누도 여러 지방산염의 혼합물이다.

NoteBase

문 11. 중성비료에 해당하는 것은?

① 석회질소

② 용성인비

③ 과인산석회

④ 요소

정답 4번

간단한 해설

요소는 물에 녹았을 때 뚜렷한 산성이나 염기성을 나타내지 않으므로 **화학적 중성비료**로 분류한다.

공통 해설

이 문항의 중성비료는 **비료 자체의 화학적 반응**을 기준으로 구분한다. 비료가 물과 접촉했을 때 나타내는 산성·중성·염기성을 따지는 것으로, 시비 후 양분의 흡수와 변화에 따라 토양에 미치는 영향을 따지는 생리적 반응과 구별한다.

요소는 물에 잘 녹으며 주로 전하가 없는 분자 상태로 존재한다. 물에 녹는 것만으로 뚜렷한 산성이나 염기성을 나타내지 않으므로 중성비료에 해당한다. 같은 화학적 반응 기준에서 석회질소와 용성인비는 염기성비료이고, 과인산석회는 산성비료이다.

과인산석회를 **생리적 중성비료**로 분류하기도 하지만, 이는 비료 수용액 자체가 중성이라는 뜻이 아니다. 이 문항에서는 화학적 분류를 적용하므로 요소와 구별된다.

NoteBase

문 12. 실리콘(Si)에 첨가해서 p-형 반도체를 제조할 수 있는 것은?

① 안티몬(Sb)

② 비소(As)

③ 비스무스(Bi)

④ 인듐(In)

정답 4번

간단한 해설

인듐(In)은 원자가전자가 3개인 **억셉터 불순물**로, 실리콘에 첨가하면 정공이 다수 운반자인 p형 반도체를 만들 수 있다.

공통 해설

실리콘(Si)은 원자가전자가 4개이며, 결정 안에서 이웃한 원자들과 공유결합을 이룬다. 여기에 원자가전자가 3개인 원소가 실리콘 원자를 치환하면 결합에 필요한 전자가 하나 부족해진다. 이 불순물이 가전자대의 전자를 받아들이면 전자가 빠진 자리에 정공이 생긴다. 이러한 불순물을 **억셉터(받개)**라고 하며, 정공이 다수 운반자가 되는 반도체가 p형 반도체이다.

인듐(In)은 13족 원소로 원자가전자가 3개이므로, 실리콘에서 억셉터로 작용하여 p형 반도체를 만드는 데 사용할 수 있다.

안티몬(Sb)·비소(As)·비스무스(Bi)는 모두 15족 원소로 원자가전자가 5개이다. 실리콘과의 공유결합에 필요한 4개 외에 전자가 하나 더 있어 전도에 참여할 전자를 제공하는 **도너(주개)**로 작용한다. 따라서 이들은 전자가 다수 운반자인 n형 반도체를 만드는 불순물이다.

NoteBase

문 13. 다음에서 설명하는 특성을 모두 만족하는 물질은?

◯ 규칙적인 미세 기공으로 인한 분자체 작용이 있다.
◯ 이온교환능에 의해 브뢴스테드－로우리(Brønsted－Lowry) 산성, 루이스(Lewis) 산성을 발현할 수 있다.
◯ 전이 금속을 도입하여 촉매 활성점으로 작용하는 것이 가능하다.

① 알루미나
② 타이타니아
③ 제올라이트
④ 산화마그네슘

정답 3번

간단한 해설

제올라이트는 **규칙적인 미세 기공과 교환 가능한 양이온**을 갖는 결정성 알루미노실리케이트이다. 이 구조로 분자체 작용을 하며, 양이온의 종류와 처리 조건에 따라 산점이나 전이 금속 촉매 활성점을 형성할 수 있다.

공통 해설

제올라이트는 규소와 알루미늄을 포함하는 사면체들이 산소를 공유하여 연결된 결정성 알루미노실리케이트이다. 이 골격에는 규칙적인 미세 기공이 있고, 골격의 음전하를 보상하는 교환 가능한 양이온이 존재한다. 제시된 특성은 모두 이러한 **기공과 교환 양이온을 갖는 골격 구조**에서 나온다.

기공 입구의 크기가 일정하므로 작은 분자는 내부로 들어갈 수 있지만 큰 분자는 들어가기 어렵다. 이처럼 분자의 크기와 모양에 따라 출입을 가르는 것이 분자체 작용이다. 단순히 표면적이 크거나 구멍이 있다는 것보다 **분자 크기 수준의 규칙적인 기공**이라는 점이 핵심이다.

골격에서 규소 일부를 알루미늄이 대신하면 음전하가 생기고, 이를 보상하는 양이온은 다른 양이온으로 교환될 수 있다. 수소형 제올라이트에서는 골격의 가교 수산기가 양성자를 내놓는 브뢴스테드－로우리 산점이 된다. 교환된 금속 양이온 등은 전자쌍을 받아들이는 루이스 산점으로 작용할 수 있으므로, 산성의 종류는 도입한 양이온과 처리 조건에 따라 달라진다.

또한 이온교환 등으로 구리·철과 같은 전이 금속을 도입하면 그 금속 종이 촉매 활성점으로 작용할 수 있다. 알루미나·타이타니아·산화마그네슘은 각각 금속 산화물로서, 제올라이트의 규칙적인 알루미노실리케이트 기공 골격과 교환 양이온이라는 구조적 특징에 해당하지 않는다. 따라서 제시된 특성을 함께 설명하는 물질은 제올라이트이다.

NoteBase

문 14. 포름알데하이드(formaldehyde)와 축합 중합으로 합성할 수 없는 것은?

① 페놀 수지

② 에폭시 수지

③ 멜라민 수지

④ 요소(우레아) 수지

정답 2번

간단한 해설

에폭시 수지의 대표적인 합성 원료는 **비스페놀 A와 에피클로로하이드린**이다. 포름알데하이드와 직접 축합 중합하여 얻는 수지에 해당하지 않는다.

공통 해설

포름알데하이드계 축합 수지는 포름알데하이드가 다른 원료와 반응하여 메틸올기를 만든 뒤, 이들이 물 등의 작은 분자를 내놓으며 연결되는 과정을 거쳐 형성된다. 핵심은 **포름알데하이드가 분자 사이의 연결 구조를 만드는 데 참여한다**는 점이다.

페놀은 벤젠 고리의 하이드록시기에 대한 오르토·파라 위치에서, 멜라민과 요소는 아미노기에서 포름알데하이드와 반응한다. 이후 축합 반응으로 분자들이 연결되어 각각 페놀 수지, 멜라민 수지, 요소(우레아) 수지를 형성한다. 따라서 이 세 수지는 모두 포름알데하이드와의 축합 중합으로 합성할 수 있다.

에폭시 수지는 대표적으로 **비스페놀 A와 에피클로로하이드린**을 반응시켜 에폭시기를 가진 수지를 얻는다. 이후 경화제와 반응하여 그물 구조를 형성하지만, 이 합성·경화 경로는 포름알데하이드와의 직접적인 축합 중합과 구별된다.

NoteBase

문 15. ε-카프로락탐(ε-caprolactam)의 개환중합으로 합성할 수 있는 것은?

① 나일론 6

② 나일론 11

③ 나일론 6,6

④ 나일론 6,10

정답 1번

간단한 해설

ε-카프로락탐의 고리가 열려 연결되면 탄소 6개를 포함하는 반복단위가 형성된다. 이 폴리아마이드가 **나일론 6**이다.

공통 해설

ε-카프로락탐은 고리 안에 아마이드 결합을 가진 고리형 아마이드이다. 분자에는 메틸렌기 5개의 탄소와 카보닐기의 탄소를 합하여 탄소가 6개 있다. 개환중합에서는 **고리가 열려 사슬로 연결**되며, 탄소 골격이 유지된 반복단위 $-NH-(CH_2)_5-CO-$를 갖는 폴리아마이드가 만들어진다. 이것이 나일론 6이며, 이름의 6은 단량체의 탄소 수를 뜻한다.

나일론 명칭에서 숫자 하나는 아미노산 또는 락탐 단량체의 탄소 수를, 숫자 두 개는 디아민과 다이카복실산의 탄소 수를 차례로 나타낸다. 따라서 나일론 11은 탄소 수가 11인 단량체에 해당하고, 나일론 6,6과 나일론 6,10은 각각 두 단량체의 탄소 수를 표시한 이름이다. ε-카프로락탐 하나를 개환중합하여 얻는 **탄소 수 6의 반복단위**와 대응하는 명칭은 나일론 6이다.

NoteBase

문 16. 단순기질과 단순효소 반응에서 미하엘리스－멘텐(Michaelis－Menten)식에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 기질 농도(S)가 미하엘리스－멘텐 상수(K_m)보다 높을 때($S \gg K_m$) 반응속도가 일정해지고 기질 농도에 무관하다.
ㄴ. 기질 농도(S)가 미하엘리스－멘텐 상수(K_m)보다 낮을 때($S \ll K_m$) 반응속도는 기질 농도에 반비례한다.
ㄷ. 기질 농도(S)가 미하엘리스－멘텐 상수(K_m)와 같을 때($S = K_m$) 반응속도는 최대반응속도(V_{max})의 $\frac{1}{2}$이 된다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

기질 농도가 K_m보다 훨씬 낮으면 반응속도는 기질 농도에 **정비례한다**. 이때 미하엘리스－멘텐식의 분모는 거의 일정하므로, 기질 농도가 증가하면 반응속도도 그에 비례해 증가한다.

보기별 해설

미하엘리스－멘텐식은 $v = \frac{V_{max}S}{K_m + S}$이다. 여기서 v는 반응속도, S는 기질 농도, K_m은 미하엘리스－멘텐 상수이다. V_{max}는 주어진 효소 농도에서 기질이 충분하여 효소가 포화되었을 때의 최대반응속도이다. 효소 농도 등 다른 조건이 일정할 때 기질 농도에 따른 속도 변화를 판단한다.

ㄱ. O: $S \gg K_m$이면 분모에서 K_m을 무시할 수 있어 $v \approx \frac{V_{max}S}{S} = V_{max}$가 된다. 효소가 기질로 거의 포화되어 기질을 더 넣어도 반응속도가 거의 증가하지 않는다. 따라서 기질 농도에 대해 **거의 일정한 속도**를 보인다.

ㄴ. X: $S \ll K_m$이면 분모에서 S를 무시할 수 있어 $v \approx \frac{V_{max}}{K_m}S$가 된다. V_{max}와 K_m이 일정하므로 속도는 기질 농도에 **반비례가 아니라 정비례**한다. 이 범위에서 기질 농도가 두 배가 되면 반응속도도 약 두 배가 된다.

ㄷ. O: $S = K_m$을 대입하면 $v = \frac{V_{max}K_m}{K_m + K_m} = \frac{V_{max}}{2}$이다. 즉, K_m은 반응속도가 **최대반응속도의 절반**이 되는 기질 농도이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이며, 이 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 17. 질산의 제조법이 아닌 것은?

① 이수염법

② 전호법

③ 칠레초석법

④ 암모니아 산화법

정답 1번

간단한 해설

이수염법은 **인산의 습식 제조법**이다. 인광석을 황산으로 처리하여 인산을 얻고, 함께 생성되는 황산칼슘을 결정수 두 분자가 붙은 석고로 분리한다.

개념 구분

이수염법: 인광석을 황산으로 분해하여 **인산을 제조**하는 방법이다. 이때 황산칼슘이 결정수 두 분자를 포함한 이수화물, 즉 석고로 석출되며 이를 여과하여 인산 용액과 분리한다. 따라서 질산의 제조법에 해당하지 않는다.

전호법: 전기 아크의 높은 온도를 이용하여 **공기 중 질소와 산소를 반응**시켜 일산화질소를 만든다. 이를 이산화질소로 산화한 뒤 물에 흡수시켜 질산을 얻는다.

칠레초석법: 칠레초석의 주성분인 **질산나트륨을 황산과 반응**시켜 질산을 얻는다. 생성된 질산을 가열하여 증류하고, 증기를 냉각·응축하여 회수한다.

암모니아 산화법: 암모니아를 공기와 함께 백금계 촉매에 통과시켜 일산화질소로 산화한다. 이어서 이산화질소로 산화하고 물에 흡수시켜 질산을 얻는 **오스트발트법**이다.

NoteBase

문 18. 다음 설명에 해당하는 반응은?

◯ 합성가스를 이용해 탄화수소로 만드는 방법이다.
◯ 대기압, 150 ~ 300°C에서 합성가스를 철, 니켈, 코발트 촉매 하에 반응시킨다.
◯ 생성물은 다양한 분자량을 가진 알케인과 올레핀의 혼합물이다.

① Haber 반응
② Friedel-Crafts 반응
③ Fischer-Tropsch 반응
④ 수증기 분해(steam cracking) 반응

정답 3번

간단한 해설

일산화탄소와 수소의 혼합물인 합성가스를 촉매로 반응시켜 **탄화수소를 합성**하는 것은 Fischer-Tropsch 반응이다. 탄소 사슬의 길이가 서로 다른 생성물이 만들어지므로 알케인과 올레핀의 혼합물이 얻어진다.

공통 해설

Fischer-Tropsch 반응은 **합성가스인 일산화탄소와 수소를 탄화수소로 전환**하는 촉매 반응이다. 일산화탄소가 탄소를 공급하고 수소가 수소를 공급하며, 촉매 표면에서 탄소 사슬이 성장한다. 사슬이 모두 같은 길이로 성장하는 것은 아니므로 다양한 탄소 수와 분자량을 가진 알케인과 올레핀의 혼합물이 생성된다.

지문에 제시된 대기압, 150~300 °C와 철·니켈·코발트 같은 금속 촉매의 조건은 이러한 합성가스의 촉매 전환을 설명한다. 특히 원료가 합성가스이고 생성물이 여러 분자량의 탄화수소 혼합물이라는 특징이 Fischer-Tropsch 반응의 정의에 대응한다.

NoteBase

문 19. 촉매 담체에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 고정화에 의해 승화하기 쉬운 성분의 휘산(volatilization)을 방지할 수 있다.
ㄴ. 담체를 사용하여 촉매를 원하는 형태로 만들어 기계적 강도를 높일 수 있다.
ㄷ. 비표면적이 큰 담체에 금속을 미립자상으로 고정, 분리시켜 소결을 억제할 수 있다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

촉매 담체는 활성 성분을 **고정·분산하여 안정화**하고, 촉매가 반응 중에도 형태와 강도를 유지하도록 지지한다.

보기별 해설

ㄱ. O: 승화는 고체 성분이 기체로 바뀌는 현상이며, 휘산은 성분이 기체 상태로 날아가 손실되는 것이다. 촉매 성분을 담체 표면에 고정하면 담체와의 상호작용으로 성분이 안정화되어 **휘산에 의한 손실을 억제**할 수 있다.

ㄴ. O: 담체는 활성 성분을 지지하는 골격 역할을 한다. 기계적 강도가 큰 담체를 원하는 형태로 성형하여 사용하면 촉매가 하중이나 마찰에 의해 쉽게 부서지는 것을 줄이고 **형태와 기계적 강도**를 유지하도록 할 수 있다.

ㄷ. O: 비표면적은 단위 질량당 표면적이다. 비표면적이 큰 담체에는 금속을 작은 입자로 넓게 분산시킬 수 있다. 소결은 고온에서 작은 입자들이 성장하거나 합쳐져 촉매의 유효 표면적이 감소하는 현상이다. 금속 입자를 담체 위에 **서로 떨어뜨려 고정**하면 입자의 이동과 합체를 줄여 소결을 억제할 수 있다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ은 모두 담체의 역할에 해당하므로, 세 보기를 모두 포함하는 조합은 ④이다.

NoteBase

문 20. 다음 ㉠~㉢에 들어갈 용어가 바르게 연결된 것은?

폴리스타이렌(polystyrene)의 원료인 스타이렌(styrene)은 (㉠)으로부터 제조되고, (㉠)의 원료물질은 (㉡)과 (㉢)이다.

① ㉠: 에틸벤젠(ethylbenzene), ㉡: 에틸렌(ethylene), ㉢: 벤젠(benzene)

② ㉠: 큐멘(cumene), ㉡: 프로필렌(propylene), ㉢: 벤젠(benzene)

③ ㉠: 큐멘(cumene), ㉡: 에틸렌(ethylene), ㉢: 톨루엔(toluene)

④ ㉠: 페놀(phenol), ㉡: 에탄올(ethanol), ㉢: 벤젠(benzene)

정답 1번

간단한 해설

스타이렌은 **에틸벤젠의 탈수소화**로 제조한다. 에틸벤젠은 **에틸렌과 벤젠의 알킬화 반응**으로 얻는다.

빈칸별 해설

㉠ 에틸벤젠: 벤젠 고리에 에틸기가 결합한 물질이다. 에틸기의 수소 두 개가 수소 분자로 빠져나가는 **탈수소화**를 거치면 곁사슬에 탄소 간 이중결합이 생겨 스타이렌이 된다.

㉡ 에틸렌: 벤젠을 알킬화하여 에틸벤젠을 만들 때 사용하는 원료이다. 에틸렌의 이중결합이 반응에 참여하여 벤젠 고리에 **탄소 두 개의 에틸기**가 도입된다.

㉢ 벤젠: 에틸렌과 반응하여 에틸벤젠의 **벤젠 고리 부분**을 제공한다. 벤젠 고리의 수소 하나가 에틸기로 치환되는 알킬화 반응으로 에틸벤젠이 생성된다.

㉠ 에틸벤젠, ㉡ 에틸렌, ㉢ 벤젠의 연결은 ①과 일치한다.

NoteBase