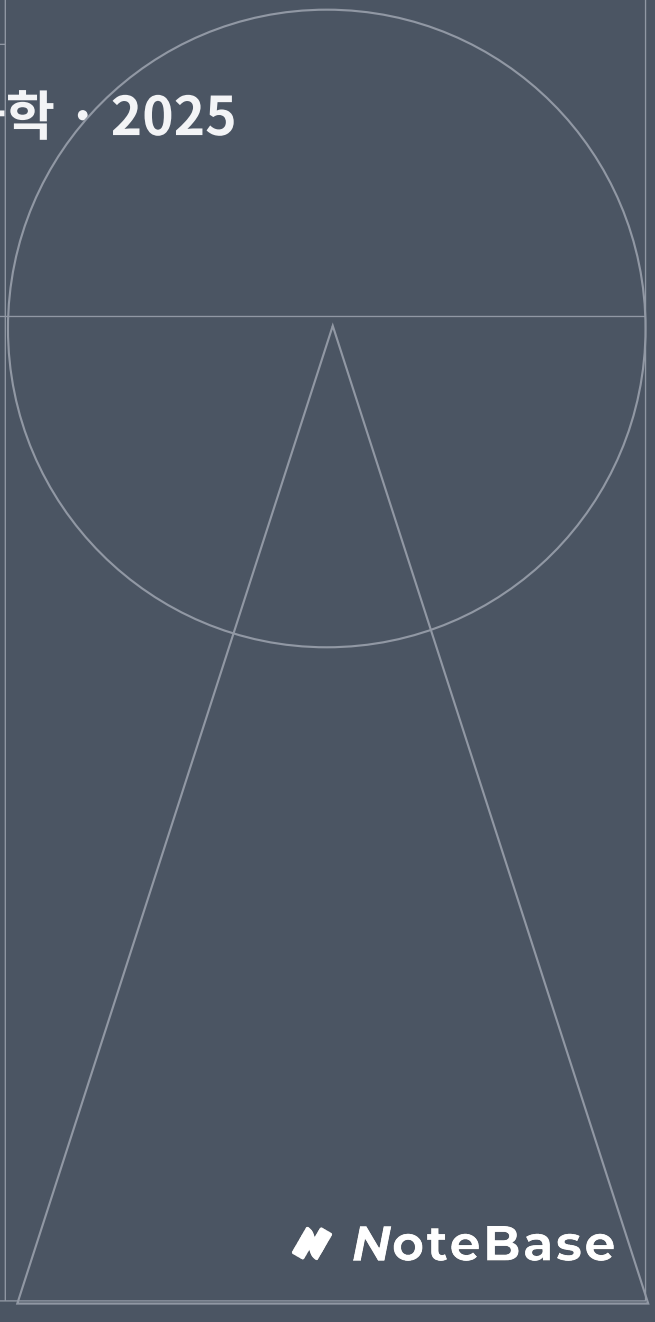
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2025

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2025

문 1. 큐멘(cumene)법으로 페놀을 제조할 때 원료로 사용되는 화합물은?

① 헥세인

② 에탄올

③ 아세톤

④ 프로필렌

정답 4번

간단한 해설

큐멘법은 **벤젠과 프로필렌**을 반응시켜 만든 큐멘을 거쳐 페놀을 제조하는 공정이다. 아세톤은 원료가 아니라 페놀과 함께 생성되는 물질이다.

핵심 풀이

큐멘 합성: 벤젠을 **프로필렌으로 알킬화**하여 큐멘을 만든다. 알킬화는 벤젠에 알킬기를 도입하는 반응이며, 이때 프로필렌은 아이소프로필기의 공급원으로 사용된다. 따라서 보기의 프로필렌은 큐멘 제조 단계에 투입되는 원료이다.

페놀 생성: 큐멘을 산소로 산화하여 큐멘 하이드로퍼옥사이드를 만든 뒤, 이를 산 촉매로 분해하면 페놀과 아세톤이 함께 생성된다. ③ 아세톤은 이 공정의 **원료가 아니라 함께 생성되는 물질**이라는 점에서 프로필렌과 구별된다.

NoteBase

문 2. 석유 유분 내 싸이올(thiol) 제거를 주 목적으로 하는 정제공정은?

① 스위트닝(sweetening)

② 열분해(thermal cracking)

③ 접촉 분해(catalytic cracking)

④ 접촉 개질(catalytic reforming)

정답 1번

간단한 해설

스위트닝은 악취와 부식의 원인이 되는 싸이올을 처리하는 공정이다. 대표적으로 싸이올을 산화하여 **이황화물로 전환**함으로써 석유 유분의 품질을 개선한다.

공통 해설

석유 정제공정은 주목적이 불순물 처리인지, 탄화수소의 크기·구조 변화인지에 따라 구별할 수 있다. 스위트닝은 싸이올(머캅탄)과 같은 불쾌한 냄새와 부식의 원인이 되는 황 화합물을 처리하는 공정이다. 대표적으로 싸이올을 산화하여 **이황화물로 전환**하므로 싸이올 형태의 불순물이 줄어든다. 이때 황은 이황화물에 남을 수 있으므로, 싸이올 제거를 황 원소 전체의 제거와 같은 뜻으로 이해해서는 안 된다.

열분해와 접촉 분해는 큰 탄화수소 분자를 분해하여 경질 유분을 얻는 데, 접촉 개질은 탄화수소의 구조를 바꾸어 옥테인값을 높이는 데 주목적이 있다. 따라서 석유 유분 속 **싸이올의 처리**를 주목적으로 하는 공정은 스위트닝이다.

NoteBase

문 3. 불포화 유지를 수소화 공정(hydrogenation)으로 처리한 후 얻을 수 있는 효과로 옳지 않은 것은?

① 녹는점 증가

② 불포화도 증가

③ 열적 안정성 증가

④ 산화 안정성 증가

정답 2번

간단한 해설

수소화는 불포화 유지의 탄소–탄소 이중결합에 수소를 첨가하는 반응이다. 이중결합 수가 줄어들므로 불포화도는 증가하는 것이 아니라 **감소한다**.

선지별 해설

유지의 수소화는 지방산 사슬의 탄소–탄소 이중결합에 수소를 첨가하여 단일결합으로 바꾸는 공정이다. 이에 따라 포화도가 높아지고 유지의 물리적 성질과 화학적 안정성이 달라진다.

① O: 수소화로 시스 이중결합에 의한 사슬의 굽은 부분이 줄어들면 지방산 사슬이 **더 조밀하게 배열**될 수 있다. 분자 사이의 인력이 효과적으로 작용하여 일반적으로 녹는점이 높아지고, 액상 유지를 반고체 또는 고체 상태로 만들 수 있다.

② X: 불포화도는 지방산 사슬의 이중결합이 많을수록 높다. 수소화에서는 이중결합이 단일결합으로 바뀌므로 **불포화도는 감소**하고 포화도는 증가한다. 따라서 '불포화도 증가'는 '불포화도 감소'로 고쳐야 한다.

③ O: 수소화로 반응성이 큰 불포화 부분이 줄어들면 가열 중 산화·중합 등에 의한 변질이 억제된다. 따라서 처리 전 유지에 비해 **가열 중 품질을 유지하는 능력**이 높아져 열적 안정성이 증가한다.

④ O: 유지의 불포화 지방산은 산화되어 산패를 일으키기 쉽고, 특히 다중불포화 지방산은 산화에 취약하다. 수소화로 이중결합 수가 줄어들면 **산화에 대한 저항성**이 높아져 산패가 억제되고 저장 안정성이 향상된다.

NoteBase

문 4. 옥탄가(octane value)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 탄화수소 사슬이 길수록 높은 값을 나타낸다.
ㄴ. 2,2,4-트라이메틸펜테인(2,2,4-trimethylpentane)의 옥탄가를 100으로 정의한다.
ㄷ. 디젤 기관의 노킹(knocking) 정도를 나타내는 지표이다.
ㄹ. 2,2,4-트라이메틸펜테인과 n-헵테인(n-heptane)이 각각 90 vol%와 10 vol% 함유된 연료의 옥탄가는 90이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄷ, ㄹ

정답 3번

간단한 해설

옥탄가는 노킹에 견디는 성질을 나타내며, 아이소옥테인을 100, n-헵테인을 0으로 정한다. 두 기준 물질의 혼합물에서는 **아이소옥테인의 부피 백분율**이 옥탄가이므로, 아이소옥테인 90 vol%와 n-헵테인 10 vol%의 혼합물은 옥탄가가 90이다.

NoteBase

보기별 해설

옥탄가는 가솔린 기관용 연료의 내노킹성을 나타내는 지표이다. 내노킹성은 점화 후 정상적인 화염이 퍼지는 동안 미연소 연료가 스스로 발화하여 노킹을 일으키는 것을 견디는 성질이며, 옥탄가가 높을수록 크다.

ㄱ. X: 사슬 길이만으로 모든 탄화수소의 옥탄가를 판단할 수 없다. 직쇄 알케인에서는 일반적으로 **탄소 사슬이 길어질수록 옥탄가가 낮아진다**. 또한 같은 탄소 수의 알케인이라도 가지가 있는 구조가 직쇄 구조보다 대체로 옥탄가가 높으므로, 분자 구조를 함께 고려해야 한다.

ㄴ. O: 2,2,4-트라이메틸펜테인은 아이소옥테인이며, 노킹에 잘 견디는 기준 물질로서 **옥탄가를 100**으로 정한다. 반대로 노킹을 일으키기 쉬운 n-헵테인의 옥탄가는 0으로 정한다.

ㄷ. X: 옥탄가는 **가솔린 기관용 연료의 내노킹성**을 나타낸다. 디젤 기관용 연료의 착화성을 평가하는 대표 지표는 세탄가이다. 디젤 기관은 압축으로 뜨거워진 공기에 연료를 분사하여 스스로 착화시키므로, 분사 후 착화까지의 지연이 중요한 평가 기준이 된다.

ㄹ. O: 아이소옥테인과 n-헵테인으로 만든 기준 혼합물은 **아이소옥테인의 부피 백분율**을 옥탄가로 삼는다. 주어진 혼합물은 아이소옥테인이 90 vol%, n-헵테인이 10 vol%이므로 옥탄가가 90이다. 일반 연료는 이 기준 혼합물과 내노킹성을 비교하여 옥탄가를 정한다.

옳은 보기는 ㄴ과 ㄹ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 5. 분자 1개당 수소 원자가 많은 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

(가) 벤젠(benzene)
(나) 프로페인(propane)
(다) 파라자일렌(p-xylene)
(라) 사이클로헥세인(cyclohexane)

① (다) - (라) - (가) - (나)
② (다) - (라) - (나) - (가)
③ (라) - (다) - (가) - (나)
④ (라) - (다) - (나) - (가)

정답 4번

간단한 해설

사이클로헥세인의 수소 원자는 12개, 파라자일렌의 수소 원자는 10개이다. 파라자일렌의 탄소 수가 더 많아도, 분자 구조가 다르므로 **분자식의 수소 원자 수**를 비교해야 한다.

올바른 순서

(라) → (다) → (나) → (가)

(라) 사이클로헥세인: 탄소 6개가 단일 결합으로 고리를 이루며, 각 탄소에 수소가 2개씩 결합한다. 분자식은 C_6H_{12}이고, 수소 원자는 $6 \times 2 = 12$개로 네 물질 중 가장 많다.

(다) 파라자일렌: 벤젠 고리의 수소 2개가 메틸기 두 개로 치환된 구조이다. **고리에 남은 수소 4개**와 두 메틸기의 수소 6개를 합하면 수소 원자는 10개이다. 분자식은 C_8H_{10}이며, 수소 원자 수는 사이클로헥세인보다 적다.

(나) 프로페인: 구조는 $CH_3-CH_2-CH_3$이고, 분자식은 C_3H_8이다. 수소 원자는 $3 + 2 + 3 = 8$개이므로, 수소 원자가 10개인 파라자일렌 다음에 놓인다.

(가) 벤젠: 탄소 6개가 방향족 고리를 이루며, 각 탄소에 수소가 1개씩 결합한다. 분자식은 C_6H_6이고, 수소 원자는 6개이다. 프로페인의 8개보다 적으므로 마지막에 놓인다.

NoteBase

문 6. 무정형(amorphous) 고분자의 유리 전이 온도(glass transition temperature)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 고분자 사슬의 유연성은 유리 전이 온도에 영향을 준다.
ㄴ. 고분자 사슬 간 극성 상호작용은 유리 전이 온도에 영향을 준다.
ㄷ. 유리 전이 온도보다 낮은 온도에서 고분자는 유리상으로 존재한다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

유리 전이는 고분자 사슬 일부가 함께 움직이는 운동과 관련되므로, **사슬의 유연성과 사슬 간 인력**에 따라 그 온도가 달라진다. 유리 전이 온도 아래에서는 이러한 운동이 제한되어 **단단한 유리상**으로 존재한다.

보기별 해설

유리 전이는 무정형 고분자가 온도 변화에 따라 단단한 유리상과 유연한 고무상 사이에서 성질이 달라지는 현상이다. 이는 사슬 분절, 즉 사슬의 일부 구간들이 함께 움직이는 협동 운동과 관련된다.

ㄱ. O: 사슬이 유연하면 결합의 회전과 사슬 분절의 운동이 쉬워져, 다른 조건이 같을 때 **유리 전이 온도가 낮아지는 경향**이 있다. 반대로 사슬이 뻣뻣하여 회전이 제한되면 분절 운동에 더 많은 열에너지가 필요하므로 유리 전이 온도가 높아진다.

ㄴ. O: 사슬 사이의 극성 상호작용은 서로 끌어당기는 힘을 만들어 분절 운동을 억제한다. 따라서 다른 조건이 같을 때 이러한 인력이 강할수록 분절들이 움직이는 데 더 많은 열에너지가 필요하여 **유리 전이 온도가 높아지는 경향**이 있다.

ㄷ. O: 유리 전이 온도보다 낮으면 사슬 분절의 **협동 운동이 제한**되므로 무정형 고분자는 단단한 유리상으로 존재한다. 이는 모든 분자 운동이 사라진다는 뜻은 아니며, 국소적인 진동 등은 여전히 가능하다.

따라서 옳은 보기는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이며, 이 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 7. 산화수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 산화수는 정수로만 표현된다.

② 중성 분자에서 원자들의 산화수 합은 0이다.

③ 이온 화합물에서 원자들의 산화수 합은 이온 화합물의 전하량과 같다.

④ 산화수를 이용하여 물질을 구성하는 성분 원소의 산화 또는 환원 정도를 비교할 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

산화수는 정수로만 한정되지 않으며, 같은 원소의 **평균 산화수는 분수로도 표현**할 수 있다. 예를 들어 Fe_3O_4에서 철의 평균 산화수는 $+\frac{8}{3}$이다.

선지별 해설

① X: 산화수는 **평균값을 나타낼 때 분수가 될 수 있다**. Fe_3O_4에서 산소의 산화수는 −2이므로 산소 4개의 산화수 합은 −8이고, 철 3개의 산화수 합은 +8이다. 따라서 철의 평균 산화수는 $+\frac{8}{3}$이다. 이는 +2인 철 1개와 +3인 철 2개를 평균한 값으로, 각각의 철 원자에 모두 이 분수 값을 부여한다는 뜻은 아니다.

② O: 중성 분자는 전체 전하가 0이므로, 구성 원자들의 산화수를 원자 수만큼 더한 **대수적 합은 0**이다. 예를 들어 H_2O에서 수소는 각각 +1, 산소는 −2이므로 $2 \times (+1) + (-2) = 0$이다.

③ O: 산화수의 합은 화학종 전체의 전하를 기본 전하 단위로 나타낸 값과 같다. **이온 화합물 전체는 전기적으로 중성**이므로 그 합은 0이다. 예를 들어 NaCl에서는 나트륨의 산화수 +1과 염소의 산화수 −1을 더하면 0이 되어 전체 전하와 일치한다.

④ O: 산화수는 원자의 산화 정도를 나타내는 형식적 수치이므로 같은 원소의 산화 상태를 비교할 수 있다. 같은 원소에서는 산화수가 높을수록 더 산화된 상태이며, 반응에서 **산화수가 증가하면 산화, 감소하면 환원**이다. 예를 들어 철의 산화수가 +2에서 +3으로 변하면 산화된 것이다.

NoteBase

문 8. 계면활성제에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 계면활성제는 친수성 작용기만으로 이루어져 있다.

② 물에 음이온성 계면활성제를 혼합하면 적시는 능력(wetting power)이 증가한다.

③ 음이온성 계면활성제 수용액 내 형성된 구형 마이셀에서 탄소 사슬의 친수성 말단은 중심을 향하고 있다.

④ 임계 마이셀 농도(critical micelle concentration) 이상에서 계면활성제 농도가 증가할수록 표면장력은 증가한다.

정답 2번

간단한 해설

음이온성 계면활성제는 물의 **표면장력을 낮추어** 물이 물체 표면에 쉽게 퍼지게 하므로, 적시는 능력이 증가한다.

선지별 해설

① X: 계면활성제는 한 분자 안에 물과 친화적인 친수성 부분과 물과의 접촉을 피하는 소수성 부분을 함께 가진다. 따라서 친수성 작용기만으로 이루어진 것이 아니라 **친수성 부분과 소수성 부분을 모두 가진다**.

② O: 음이온성 계면활성제는 물에서 친수성 부분이 음전하를 띠는 계면활성제이다. 계면에 흡착하여 물의 표면장력을 낮추고 물이 물체 표면에 더 잘 퍼지게 하므로 **적시는 능력이 증가한다**.

③ X: 수용액 속 구형 마이셀에서는 물과의 접촉을 줄이려는 **소수성 탄소 사슬이 중심을 향한다**. 음전하를 띠는 친수성 머리 부분은 바깥쪽의 물을 향하므로, 친수성 말단이 중심을 향한다는 설명은 방향이 반대이다.

④ X: 임계 마이셀 농도는 계면활성제 분자들이 마이셀을 형성하기 시작하는 농도이다. 이 농도에 이르면 표면의 흡착이 거의 포화되고, 이후 첨가되는 계면활성제는 주로 마이셀 형성에 쓰이므로 표면장력은 증가하지 않고 **거의 일정하게 유지된다**.

NoteBase

문 9. 비료에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비료의 3요소는 인, 질소, 칼륨이다.

② 배합비료는 비료 성분을 단순 혼합한 것이다.

③ 화성비료는 화학반응을 통해 제조할 수 있다.

④ 비료의 3요소 성분의 함량이 50% 미만인 것은 저도화성비료로, 50% 이상인 것은 고도화성비료로 구분한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '50%'는 화성비료를 구분하는 기준을 잘못 제시한 것이다. 비료 3요소의 성분 함량 합계가 **30% 미만이면 저도화성비료**, **30% 이상이면 고도화성비료**로 구분한다.

선지별 해설

① O: 비료의 3요소는 **질소·인·칼륨**이다. 식물의 생육에 필요한 영양 원소로, 비료 성분을 표시할 때는 보통 질소·인산·칼리로 나타낸다.

② O: 배합비료는 이미 제조된 비료들을 필요한 비율로 **물리적으로 혼합**한 것이다. 새로운 물질을 만드는 화학반응보다 기존 비료의 배합으로 성분 비율을 조절하는 것이 특징이다.

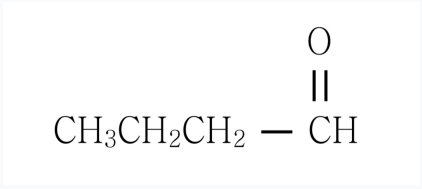
③ O: 화성비료는 제조 과정에서 **화학반응을 이용**할 수 있다. 예를 들어 암모니아와 인산을 반응시키면 질소와 인 성분을 함께 공급하는 인산암모늄을 얻을 수 있다. 이는 기존 비료를 단순히 섞는 배합비료의 제조 방식과 구별된다.

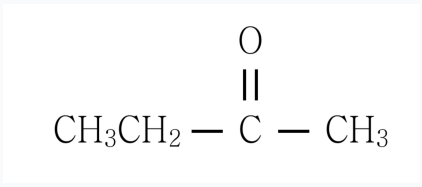
④ X: 저도·고도화성비료를 나누는 성분 함량 합계의 기준은 **50%가 아니라 30%**이다. 질소·인산·칼리 성분 함량의 합계가 30% 미만이면 저도화성비료, 30% 이상이면 고도화성비료로 구분한다. 이 기준은 각 성분의 개별 함량이 아니라 세 성분 함량의 합계에 적용한다.

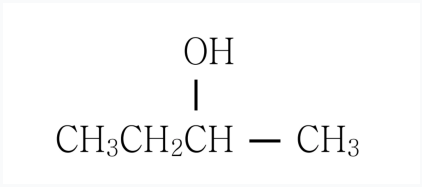
NoteBase

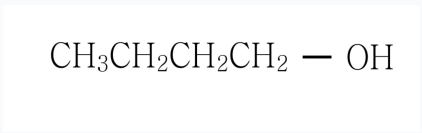
문 10. 다음 수화 반응이 Markovnikov 규칙을 따를 때, 주 생성물은?

$CH_3CH_2CH=CH_2 + H_2O \longrightarrow$

① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

간단한 해설

Markovnikov 규칙에 따라 이중결합의 두 탄소 중 **수소가 더 많은 말단 탄소에 H**가, 나머지 탄소에 OH가 첨가된다. 따라서 OH가 사슬 내부에 있는 2-부탄올이 주로 생성된다.

핵심 풀이

반응물 $CH_3CH_2CH=CH_2$는 1-부텐이다. 수화 반응에서는 이중결합이 단일결합으로 바뀌면서 두 탄소에 H와 OH가 하나씩 첨가된다. Markovnikov 규칙은 이때 **수소가 더 많은 탄소에 H가 첨가**되는 방향을 뜻한다. 이중결합의 말단 탄소에는 수소가 2개, 내부 탄소에는 수소가 1개 있으므로 H는 말단에, OH는 내부에 붙는다.

산 촉매 수화의 반응 경로로 보면, 말단 탄소에 양성자가 첨가될 때 내부 탄소에 2차 카보양이온이 형성된다. 이는 반대 방향으로 첨가될 때 생기는 1차 카보양이온보다 안정하다. 이어 물이 카보양이온을 공격하고 양성자를 잃으면 알코올이 된다.

생성물의 구조는 $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$이며, OH에 가까운 끝에서 번호를 매기면 2-부탄올이다. ③의 그림처럼 **OH가 끝에서 두 번째 탄소에 결합**한다. ④의 1-부탄올은 OH가 말단 탄소에 붙어 첨가 방향이 반대이다. ①과 ②는 탄소와 산소 사이에 이중결합이 있는 카보닐 화합물로, 이 수화 반응에서 얻는 알코올 구조와 다르다.

NoteBase

문 11. 아미노산에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 단백질은 아미노산이 아마이드결합으로 연결되어 있다.
ㄴ. 아미노산은 아민기와 카르복실기를 모두 포함하고 있다.
ㄷ. 단백질을 완전 가수분해하면 아미노산의 혼합물이 되며, 지구상에는 총 20종의 필수 아미노산이 존재한다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

단백질을 구성하는 표준 아미노산 20종이 **모두 필수 아미노산인 것은 아니다**. 필수 아미노산은 체내에서 충분히 합성하지 못해 음식으로 섭취해야 하는 아미노산이다.

보기별 해설

ㄱ. O: 한 아미노산의 카르복실기와 다른 아미노산의 아미노기가 반응하여 물이 빠져나가면 펩타이드결합이 형성된다. 이 펩타이드결합은 **아마이드결합의 일종**이며, 단백질에서는 이러한 결합으로 아미노산들이 연결되어 있다.

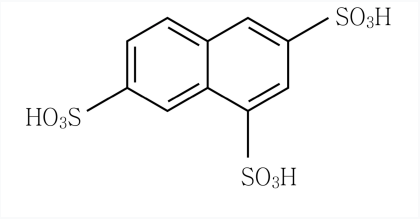
ㄴ. O: 아미노산은 한 분자 안에 **아미노기와 카르복실기를 함께** 갖는 화합물이다. 따라서 아민기와 카르복실기를 모두 포함한다는 설명에 부합한다.

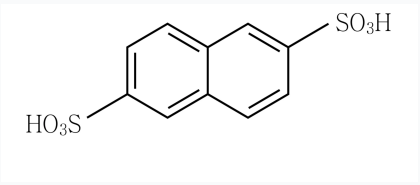
ㄷ. X: 단백질을 완전 가수분해하면 펩타이드결합이 끊어져 아미노산의 혼합물이 된다는 부분은 맞다. 그러나 **'20종의 필수 아미노산'**이라는 부분은 틀리다. 통상 단백질을 구성하는 표준 아미노산을 20종으로 설명하며, 이들이 모두 필수 아미노산인 것은 아니다. 필수 아미노산은 체내에서 충분히 합성되지 않아 음식으로 공급받아야 하는 아미노산을 뜻한다.

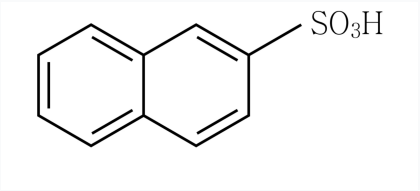
옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이므로, 이 둘을 묶은 ①에 해당한다.

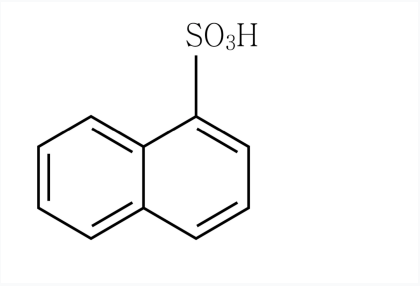
NoteBase

문 12. 나프탈렌의 설폰화반응(sulfonation)을 40 ~ 50 °C에서 단시간 진행할 때, 주 생성물은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

간단한 해설

40 ~ 50 °C에서 짧게 반응시키면 **생성 속도가 빠른 α형**인 나프탈렌-1-설폰산이 주로 생성된다. 이는 생성물의 최종 안정성보다 생성 속도가 지배하는 속도론적 지배 조건이다.

NoteBase

핵심 풀이

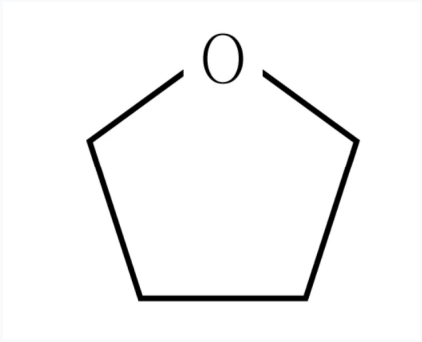
나프탈렌의 설폰화는 고리의 수소가 설폰산기(–SO_3H)로 치환되는 반응이다. 40 ~ 50 °C에서 단시간 진행하면 **활성화 장벽이 더 낮은 α 위치의 치환**이 빠르게 일어나므로 나프탈렌-1-설폰산이 주로 생성된다.

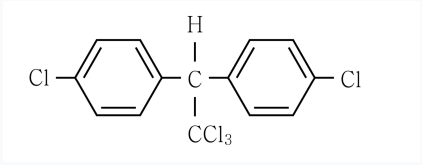
④에서는 두 고리가 공유하는 탄소 바로 옆의 α 위치에 설폰산기 하나가 결합해 있다. 반면 ③은 β 위치에 설폰산기가 결합한 나프탈렌-2-설폰산이다. β형은 입체적 반발이 더 작아 생성물 자체는 더 안정하지만, 저온·단시간 조건에서는 더 빨리 생성되는 α형이 우세하다. 설폰화는 가역반응이므로 고온에서 충분히 반응시켜 평형에 접근하면 **안정성이 더 큰 β형**이 우세해진다.

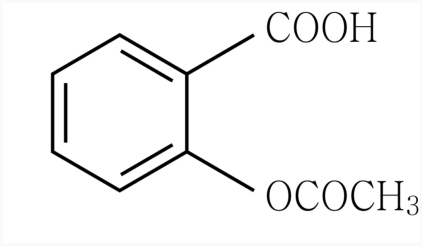
①과 ②에는 설폰산기가 각각 세 개와 두 개 결합해 있다. 이들은 추가 설폰화가 진행된 구조이며, 주어진 저온·단시간 조건의 주 생성물인 일치환 α형과 구별된다.

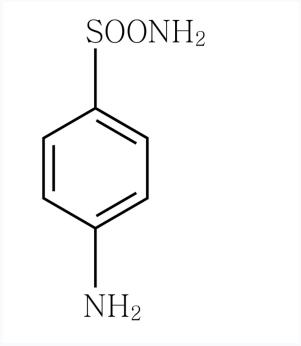
NoteBase

문 13. 아스피린(aspirin)의 구조식은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

간단한 해설

아스피린은 아세틸살리실산으로, 벤젠 고리에 카복실기와 아세톡시기가 **서로 이웃한 오르토 위치**에 결합한 구조이다.

NoteBase

도식 해설

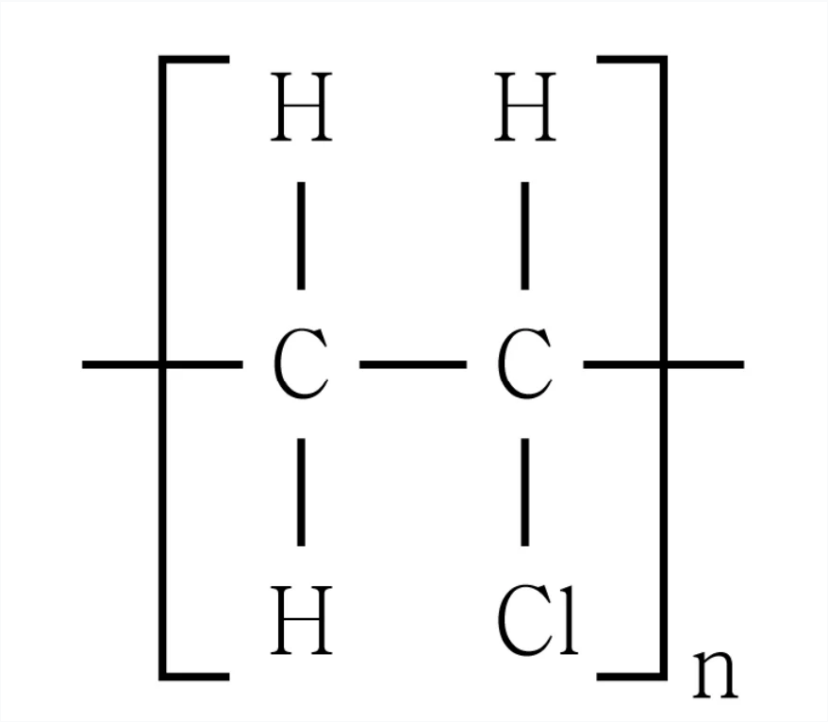
아스피린은 살리실산의 페놀성 수산기를 아세틸화한 아세틸살리실산이다. 이때 **카복실기는 그대로 남고**, 페놀성 수산기는 에스터 결합을 갖는 아세톡시기로 바뀐다.

③의 벤젠 고리 오른쪽 위에는 카복실기(–COOH), 바로 아래에는 아세톡시기(–$OCOCH_3$)가 결합해 있다. 두 치환기가 붙은 탄소가 서로 이웃하므로 **1,2-치환인 오르토 구조**이며, 아스피린의 구조적 특징과 일치한다.

①은 산소를 포함한 5원 고리이고, ②는 염소가 결합한 두 벤젠 고리를 포함하며, ④는 아미노기가 붙은 벤젠 고리 구조이다. 이들은 카복실기와 아세톡시기가 벤젠 고리의 이웃한 위치에 함께 결합한 구조가 아니다.

NoteBase

문 14. 다음 구조식을 갖는 고분자에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 열경화성 고분자이다.

② 파이프, 필름 제조에 사용될 수 있다.

③ 라디칼 중합법으로 합성될 수 있다.

④ 용도에 맞게 가소제를 혼합하여 가공할 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

주어진 고분자는 폴리염화비닐(PVC)로, 열경화성이 아니라 **열가소성 고분자**이다. 열을 가하면 연화되어 성형할 수 있으며, 열경화성 고분자처럼 경화 과정에서 사슬들이 망상으로 가교되는 재료와 구별된다.

NoteBase

선지별 해설

그림은 두 탄소 중 하나에 염소 원자가 결합한 폴리염화비닐(PVC)의 반복 단위를 나타낸다.

① X: PVC는 **열가소성 고분자**이다. 사슬들이 공유 결합으로 연결된 망상 가교 구조를 이루지 않아, 열을 가하면 사슬의 운동이 활발해져 연화되고 성형할 수 있다. 열경화성 고분자는 경화 과정에서 가교 구조를 형성하므로, 경화 후 다시 가열해도 같은 방식으로 연화하여 재성형하기 어렵다.

② O: PVC는 **경질 파이프와 연질 필름** 제조에 모두 사용된다. 가소제를 넣지 않거나 적게 넣으면 단단한 제품을 만들 수 있고, 가소제를 첨가하면 유연한 필름으로 가공할 수 있다.

③ O: 단량체인 염화비닐의 **탄소–탄소 이중 결합**이 열리면서 단량체들이 연속적으로 연결되는 라디칼 첨가 중합으로 PVC를 합성할 수 있다. 이때 탄소 주사슬이 형성되고 염소 원자는 곁가지로 남는다.

④ O: 가소제를 혼합하면 고분자 사슬 사이의 상호작용이 약해지고 **사슬이 움직이기 쉬워져** 유연성이 커진다. 따라서 용도에 맞게 가소제의 양을 조절하여 PVC의 유연성과 가공성을 바꿀 수 있다.

NoteBase

문 15. 구리(Cu)와 아연(Zn)으로 구성된 다니엘 전지의 산화전극(anode)에서 일어나는 반응은?

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

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

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

④ $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

정답 1번

간단한 해설

다니엘 전지에서는 **아연이 전자 2개를 내놓고 산화**되어 아연 이온이 된다. 따라서 산화전극에서는 $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ 반응이 일어난다.

핵심 풀이

산화전극(anode)은 전자를 내놓는 산화 반응이 일어나는 전극이다. 다니엘 전지에서는 아연이 구리보다 산화되기 쉬우므로 **아연 전극이 산화전극**이다. 아연의 산화수가 0에서 +2로 증가하면서 전자 2개를 내놓으므로, 반응은 $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$이다.

구리 전극은 환원전극(cathode)으로, **구리 이온이 전자를 받아** 금속 구리로 석출되는 $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ 반응이 일어난다. 아연 이온이 전자를 받는 반응은 아연의 환원으로 산화전극 반응과 반대이며, 금속 구리가 전자를 내놓는 반응은 다니엘 전지의 구리 전극 반응과 반대이다.

NoteBase

문 16. 황안에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 질소비료로 사용될 수 있다.

② 카프로락탐 제조 공정에서 얻을 수 있다.

③ 황산과 암모니아를 반응시켜 얻을 수 있다.

④ 암모니아 소다법(Solvay process)에서 얻을 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

암모니아 소다법은 **탄산나트륨을 제조하는 공정**이며, 황안인 황산암모늄을 얻는 공정이 아니다. 공정에 사용하는 암모니아는 회수하여 다시 사용한다.

선지별 해설

① O: 황안은 황산암모늄을 뜻하며, 식물에 **암모늄 형태의 질소를 공급**하므로 질소비료로 사용된다.

② O: 황산을 사용하는 카프로락탐 제조 공정에서는 산성 반응액을 암모니아로 중화할 때 **황산암모늄이 부산물로 생성**된다. 따라서 카프로락탐 제조 공정에서 황안을 얻을 수 있다.

③ O: 황산과 암모니아의 **산·염기 반응**으로 황산암모늄을 만들 수 있다. 황산 1 mol에 암모니아 2 mol이 반응하여 황산암모늄 1 mol이 생성된다.

④ X: 암모니아 소다법은 소금과 석회석을 원료로 **탄산나트륨을 제조**하는 공정이다. 암모니아는 공정에서 회수하여 재사용하며, 황산암모늄을 생산하는 공정이 아니다. 따라서 '황안을 얻을 수 있다'는 설명을 '탄산나트륨을 얻을 수 있다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 17. 알킬화(alkylation) 반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① O-alkylation 반응을 통해 에터(ether) 화합물을 합성할 수 있다.

② C-alkylation 반응은 탄소 원자를 알킬기로 치환시키는 반응이다.

③ C-alkylation 반응은 가솔린의 옥탄가를 높이는 데 활용될 수 있다.

④ N-alkylation 반응을 통해 아민기의 수소 원자를 알킬기로 치환시킬 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

C-alkylation의 C는 **알킬기가 결합하는 원자가 탄소**라는 뜻이다. 탄소 원자 자체를 바꾸는 것이 아니라, 탄소에 결합된 수소를 알킬기로 치환하여 새로운 탄소–탄소 결합을 형성한다.

선지별 해설

① O: O-alkylation은 산소 원자에 알킬기를 도입하는 반응이다. 알코올이나 페놀의 산소에 결합된 수소를 알킬기로 치환하면, 산소 양쪽에 탄소기가 결합한 **에터 구조**가 만들어진다.

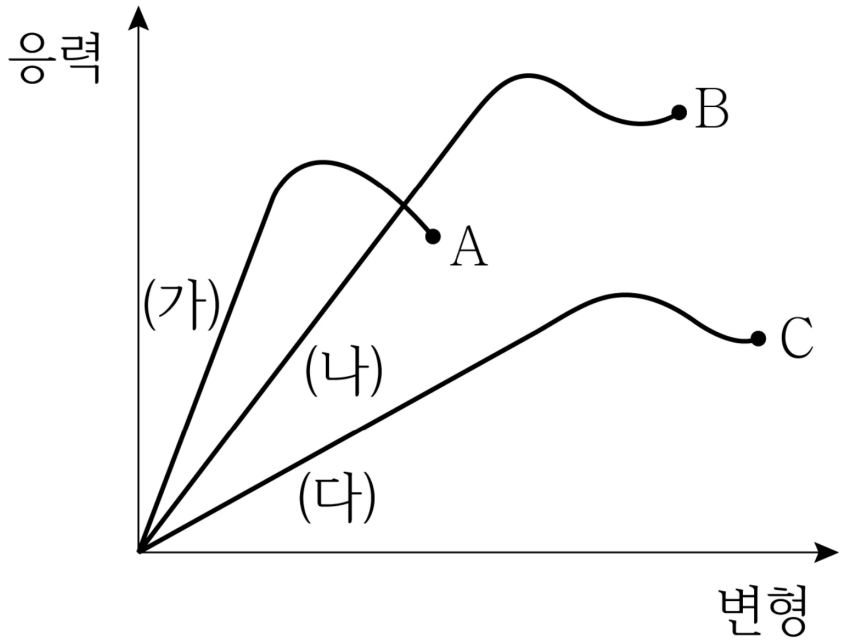
② X: C-alkylation은 **탄소 원자 자체가 아니라 탄소에 결합된 수소를 알킬기로 치환**하는 반응이다. 이때 기존 탄소와 도입되는 알킬기의 탄소 사이에 새로운 탄소–탄소 결합이 형성된다. 예를 들어 벤젠 고리의 수소를 메틸기로 치환하면 톨루엔이 된다.

③ O: 정유 공정에서는 산 촉매 아래에서 아이소뷰테인과 프로펜·뷰텐 등의 올레핀을 반응시켜 **옥탄가가 높은 가지 달린 파라핀**을 만든다. 이 생성물을 가솔린에 혼합하면 노킹에 대한 저항성, 즉 옥탄가를 높일 수 있다.

④ O: N-alkylation은 질소 원자에 알킬기를 도입하는 반응이다. 1차·2차 아민의 **질소에 결합된 수소를 알킬기로 치환**하면 각각 2차·3차 아민을 얻을 수 있다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 고분자 (가), (나), (다)가 응력(stress)–변형(strain) 곡선을 따르며, 초기 탄성 구간에서는 훅의 법칙(Hooke’s law)을 따른다. 인장 탄성률(elastic modulus)과 항복응력(yield stress)이 가장 큰 고분자를 바르게 연결한 것은? (단, A, B, C는 각 고분자의 파괴점이다)



① 인장 탄성률: (가), 항복응력: (나)

② 인장 탄성률: (가), 항복응력: (다)

③ 인장 탄성률: (다), 항복응력: (나)

④ 인장 탄성률: (다), 항복응력: (다)

정답 1번

간단한 해설

인장 탄성률은 응력–변형 곡선의 **초기 탄성 구간 기울기**이므로 가장 가파른 (가)가 가장 크다. 항복응력은 소성변형이 시작되는 응력으로, 그림에서 **항복점이 가장 높은 (나)**가 가장 크다.

NoteBase

선지별 해설

세로축은 응력, 가로축은 변형이다. 초기 탄성 구간에서 훅의 법칙 $\sigma = E\varepsilon$이 성립하므로 인장 탄성률은 $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$이며, 초기 직선의 기울기로 비교한다. 여기서 σ는 응력, ε는 변형률이다. 항복응력은 하중을 제거해도 남는 소성변형이 시작되는 응력이다. 이 그림에서는 곡선이 상승하다가 하강하기 시작하는 봉우리의 응력 높이로 비교하며, 끝점 A·B·C는 항복점이 아니라 파괴점이다.

(가): 초기 직선이 세 곡선 중 **가장 가파르므로 인장 탄성률이 가장 크다**. 같은 작은 변형률을 만들기 위해 더 큰 응력이 필요하다는 뜻이다. 항복점의 응력 높이는 (나)보다 낮고 (다)보다 높으므로 항복응력은 두 번째이다.

(나): 초기 직선의 기울기는 (가)보다 작고 (다)보다 크므로 인장 탄성률은 두 번째이다. 반면 **항복점의 응력 높이는 가장 크다**. 따라서 초기 변형에 대한 강성이 가장 큰 고분자와 소성변형이 시작되는 응력이 가장 큰 고분자는 서로 다르다.

(다): 초기 직선이 가장 완만하여 인장 탄성률이 가장 작고, 항복점도 가장 낮아 항복응력이 가장 작다. 파괴점 C가 가장 오른쪽에 있다는 것은 **파괴될 때의 변형률이 가장 크다**는 뜻이며, 인장 탄성률이나 항복응력이 크다는 뜻은 아니다.

따라서 인장 탄성률은 (가) > (나) > (다), 항복응력은 (나) > (가) > (다) 순이다. 각각 가장 큰 고분자는 (가)와 (나)이므로 ①의 연결과 일치한다.

NoteBase

문 19. 착물의 중심 금속에서 전자 배치가 결정장 이론(crystal field theory)을 따르고 바닥 상태일 때, 홀전자 수가 가장 큰 것은? (단, Co와 Ni의 원자번호는 각각 27과 28이다)

① 사면체 착물의 Ni^{2+}

② 사각 평면 착물의 Ni^{2+}

③ 고스핀 팔면체 착물의 Co^{2+}

④ 저스핀 팔면체 착물의 Co^{3+}

정답 3번

간단한 해설

고스핀 팔면체의 Co^{2+}는 d^7 전자가 가능한 한 짝을 덜 이루도록 배치된다. 낮은 에너지의 세 오비탈에 홀전자 1개, 높은 에너지의 두 오비탈에 홀전자 2개가 있어 **홀전자 수는 3개**이다.

선지별 해설

홀전자는 오비탈에 짝을 이루지 않고 혼자 있는 전자이다. 중성 Co와 Ni의 전자 배치는 각각 $[Ar]3d^7 4s^2$, $[Ar]3d^8 4s^2$이며, 양이온이 될 때는 4s 전자가 먼저 빠진다. 따라서 Ni^{2+}, Co^{2+}, Co^{3+}의 d 전자 수는 각각 8개, 7개, 6개이다. 같은 에너지의 오비탈에는 전자가 하나씩 먼저 들어가는 훈트 규칙을 적용하여 홀전자 수를 비교한다.

① 사면체 착물의 Ni^{2+}: 사면체 결정장에서는 낮은 에너지의 e 오비탈 2개와 높은 에너지의 t_2 오비탈 3개로 갈라진다. d^8 전자의 배치는 $e^4 t_2^4$이다. e에는 전자가 모두 짝을 이루고, t_2의 전자 4개는 세 오비탈에 2개·1개·1개로 들어가므로 **홀전자는 2개**이다.

② 사각 평면 착물의 Ni^{2+}: 리간드 방향을 향하는 $d_{x^2-y^2}$ 오비탈의 에너지가 크게 높아진다. d^8 전자 8개는 이 오비탈을 비워 둔 채 **나머지 네 오비탈에 두 개씩** 들어가 모두 짝을 이룬다. 따라서 홀전자는 0개이다.

③ 고스핀 팔면체 착물의 Co^{2+}: 팔면체 결정장에서는 낮은 에너지의 t_{2g} 오비탈 3개와 높은 에너지의 e_g 오비탈 2개로 갈라진다. 고스핀에서는 낮은 오비탈에서 짝을 이루기보다 높은 빈 오비탈에 먼저 들어가므로, d^7 전자의 배치는 $t_{2g}^5 e_g^2$이다. t_{2g}에는 2개·2개·1개, e_g에는 1개·1개가 들어가 **홀전자는 1 + 2 = 3개**이다.

④ 저스핀 팔면체 착물의 Co^{3+}: 저스핀에서는 높은 e_g 오비탈에 들어가기보다 **낮은 오비탈에서 먼저 짝을 이룬다**. 따라서 d^6 전자의 배치는 $t_{2g}^6 e_g^0$이며, 낮은 세 오비탈에 전자가 두 개씩 들어간다. 모두 짝을 이루므로 홀전자는 0개이다.

홀전자 수는 ① 2개, ② 0개, ③ 3개, ④ 0개이므로, ③의 고스핀 팔면체 착물이 가장 크다.

NoteBase

문 20. 높은 에너지를 갖는 이온의 충돌을 통해 표적(target)에서 떨어져 나온 원자들을 응축시켜 박막을 형성하는 공정은?

① 식각(etching)

② 스퍼터링(sputtering)

③ 포토리소그래피(photolithography)

④ 화학기상증착(chemical vapor deposition)

정답 2번

간단한 해설

높은 에너지의 이온 충돌로 **표적 원자를 방출**시키고, 이 원자들을 기판에 응축시켜 박막을 만드는 공정이 스퍼터링이다.

공통 해설

스퍼터링(sputtering)은 높은 에너지의 이온을 표적에 충돌시켜 표적의 원자를 밖으로 방출시키는 현상을 이용한다. 충돌한 이온이 표적 원자에 운동량과 에너지를 전달하면, 표면의 원자가 결합을 벗어나 튀어나올 수 있다. 방출된 원자들이 기판으로 이동하여 응축·축적되면 박막이 형성된다. 따라서 이 공정을 식별하는 기준은 단순한 박막 형성이 아니라 **이온 충돌에 의한 표적 원자의 방출과 그 원자의 증착**이다.

NoteBase