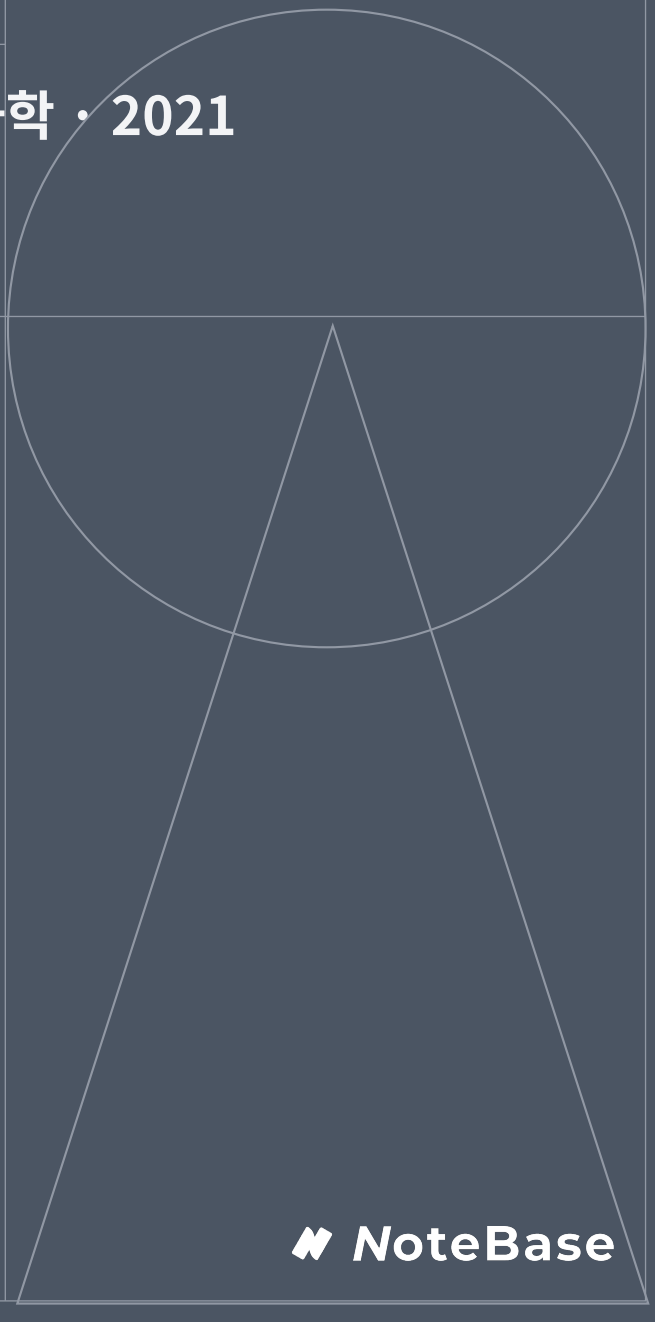
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2021

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2021

문 1. 암모니아를 원료로 사용하여 제조되는 합성질소 비료는?

① 황안
② 용성인비
③ 황산칼륨
④ 과인산석회

정답 1번

간단한 해설

황안은 **암모니아와 황산을 반응시켜** 만드는 황산암모늄으로, 작물에 암모늄 형태의 질소를 공급한다.

핵심 풀이

황안은 황산암모늄의 관용명이다. **암모니아와 황산의 중화 반응**으로 제조하며, 반응식은 $2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$이다. 암모니아에 들어 있던 질소가 생성물의 암모늄 이온에 포함되므로 질소 비료로 사용된다.

용성인비와 과인산석회는 인산질 비료이고, 황산칼륨은 칼륨질 비료이다. 특히 황산칼륨은 황안과 마찬가지로 황산염이지만 **질소를 함유하지 않는다**. 따라서 이름에 황산이 들어가는지가 아니라, 암모니아를 원료로 하여 질소를 공급하는 비료인지를 구분해야 한다.

NoteBase

문 2. 유지 1 g을 완전히 비누화시키는 데 필요한 수산화칼륨(KOH)의 양(mg 수)으로 표현되는 유지의 화학적 특성 지표는?

① 산가(acid value)

② 용해도(solubility)

③ 요오드가(iodine value)

④ 비누화가(saponification value)

정답 4번

간단한 해설

유지 1 g을 완전히 비누화하는 데 필요한 KOH의 양을 mg 수로 나타낸 지표가 **비누화가**이다.

공통 해설

유지를 KOH로 비누화하면 에스터 결합이 가수분해되어 글리세롤과 지방산의 칼륨염(비누)이 생성된다.
비누화가는 **유지 1 g을 완전히 비누화하는 데 필요한 KOH의 질량**을 mg 단위로 나타낸 값이다. 문제는 비누화에 필요한 알칼리의 양을 유지 1 g을 기준으로 나타내고 있으므로, 이 정의에 대응하는 지표는 비누화가이다.

NoteBase

문 3. 1차 아민(primary amine)은?

① $CH_3CH(CH_3)CH_2NH_2$

② $CH_3NHCH_2CH_3$

③ $(CH_3CH_2)_2NH$

④ $(CH_3CH_2)_3N$

정답 1번

간단한 해설

①은 질소에 **알킬기 하나와 수소 두 개**가 결합한 1차 아민이다. 탄소 사슬에 가지가 있어도 질소에 직접 결합한 알킬기가 하나이면 1차로 분류한다.

선지별 해설

아민의 차수는 분자 전체의 탄소 수가 아니라 질소에 직접 결합한 알킬기의 수로 정한다. 알킬기가 하나이면 1차, 두 개이면 2차, 세 개이면 3차 아민이다.

① O: $CH_3CH(CH_3)CH_2NH_2$에서 질소에 결합한 알킬기는 하나이고 수소는 두 개이므로 1차 아민이다. 탄소 사슬의 가지는 **질소에 결합한 알킬기의 수를 늘리지 않는다**.

② X: $CH_3NHCH_2CH_3$의 질소에는 메틸기와 에틸기가 각각 하나씩 결합한다. 질소에 결합한 알킬기가 두 개이고 수소가 한 개이므로 **2차 아민**이다.

③ X: $(CH_3CH_2)_2NH$의 질소에는 에틸기 두 개와 수소 한 개가 결합한다. 괄호 밖의 2는 에틸기가 두 개라는 뜻이므로 **2차 아민**이다.

④ X: $(CH_3CH_2)_3N$의 질소에는 에틸기 세 개가 결합하고 수소는 결합하지 않는다. 질소에 결합한 알킬기가 세 개이므로 **3차 아민**이다.

NoteBase

문 4. 석유의 접촉분해 공정에서 일어나는 반응이 아닌 것은?

① 고리화

② 베타(β)-절단

③ 이성질화

④ 라디칼 생성

정답 4번

간단한 해설

접촉분해는 산성 촉매에서 생성되는 **탄소 양이온**을 중심으로 진행된다. ④의 라디칼 생성은 결합이 균일하게 끊어지는 **열분해의 대표적 개시 과정**이다.

개념 구분

접촉분해와 열분해의 차이: 접촉분해에서는 산성 촉매의 작용으로 양전하를 띤 탄소 양이온이 생성되어 분해와 구조 변화를 일으킨다. 반면 열분해에서는 공유결합의 전자쌍을 두 원자가 하나씩 나누어 갖는 균일 분해로 홀전자를 가진 라디칼이 생성된다. 따라서 ④의 라디칼 생성은 **접촉분해의 주된 반응기구에 해당하지 않는다**. 실제 접촉분해 공정에서도 고온에 의한 열분해가 일부 동반될 수 있지만, 이 문항은 두 공정의 주된 반응기구를 구별한다.

베타(β)-절단: 탄소 양이온의 탄소 사슬이 끊어져 **더 작은 탄소 양이온과 올레핀**이 생성되는 반응이다. 큰 탄화수소를 작은 분자로 바꾸는 접촉분해의 주요 반응이다.

이성질화: 분자식은 같게 유지하면서 원자들의 연결 구조 등이 달라지는 반응이다. 접촉분해에서는 탄소 양이온이 더 안정한 구조로 재배열될 수 있으며, 탄소 골격의 재배열은 **가지 달린 탄화수소의 생성**으로 이어진다.

고리화: 사슬 모양의 탄화수소가 분자 내에서 새 결합을 형성하여 고리 구조로 바뀌는 반응이다. 접촉분해에서도 일어날 수 있으며, 고리화에 탈수소 반응이 이어지면 방향족 탄화수소가 생성될 수 있다.

NoteBase

문 5. 열가소성 수지에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 열경화성 수지에 비해 더 많은 가교결합이 있다.

② 가열에 의해 경화반응이 일어난다.

③ 멜라민-폼알데하이드는 열가소성 수지이다.

④ 열가소성 수지는 주로 사출성형에 의해 제조된다.

정답 4번

간단한 해설

열가소성 수지는 **가열하면 연화되고 냉각하면 굳는 성질**을 이용해 사출성형한다. 녹인 수지를 금형에 주입한 뒤 냉각하여 원하는 모양의 제품을 만든다.

선지별 해설

① X: 가교결합은 고분자 사슬 사이를 화학적으로 연결하는 결합이다. 열가소성 수지는 주로 선형 또는 가지형 사슬로 이루어져 영구적인 가교결합이 거의 없다. 반면 열경화성 수지는 경화 과정에서 사슬들이 가교결합으로 연결된 3차원 망상구조를 형성하므로, **가교결합은 열경화성 수지에 더 많다**.

② X: 열가소성 수지는 가열하면 연화되어 흐르고, 냉각하면 다시 굳는다. 이는 **새로운 가교결합을 만드는 경화반응과 다르다**. 가열에 의해 가교·경화반응이 진행되어 다시 녹이기 어려운 망상구조를 형성하는 것은 열경화성 수지의 특성이다.

③ X: 멜라민-폼알데하이드 수지는 **열경화성 수지**이다. 멜라민과 폼알데하이드의 반응으로 얻으며, 경화 과정에서 3차원 망상구조를 형성하므로 경화 후에는 가열해도 열가소성 수지처럼 다시 녹여 성형하기 어렵다.

④ O: 열가소성 수지는 가열하면 유동성을 얻고 냉각하면 굳으므로 **사출성형에 널리 사용된다**. 사출성형은 가열하여 녹인 수지를 압력을 가해 금형 안에 주입한 뒤, 냉각·고화시켜 제품을 만드는 방법이다.

NoteBase

문 6. 제올라이트의 일반적인 응용 분야가 아닌 것은?

① 촉매

② 윤활제

③ 건조제

④ 이온교환

정답 2번

간단한 해설

제올라이트는 기공을 이용한 흡착, 이온교환, 촉매 작용에 활용된다. 접촉면의 **마찰과 마모를 줄이는 윤활제**는 제올라이트의 일반적인 응용 분야에 해당하지 않는다.

핵심 풀이

제올라이트는 미세한 기공을 가진 결정성 알루미노규산염이다. 산성점을 갖는 제올라이트는 반응을 촉진하는 **고체 산 촉매**로 활용된다.

건조제: 기공에 물 분자를 **흡착해 수분을 제거**한다. 따라서 기체나 액체의 건조에 이용할 수 있다.

이온교환: 골격의 음전하를 보상하는 양이온을 다른 양이온과 교환할 수 있다. 이를 이용해 물속의 칼슘 이온 등을 제거하는 **물의 연화**에 사용한다.

윤활제: 서로 접촉하며 움직이는 표면 사이의 **마찰과 마모를 줄이는** 물질이다. 이는 제올라이트의 대표적 기능인 흡착·이온교환·촉매 작용과 구별되며, 윤활제는 일반적인 응용 분야로 보지 않는다.

NoteBase

문 7. 질소산화물 제거공정 중 선택적 비촉매 환원법(SNCR)에서 사용하는 것으로만 묶은 것은?

① 제올라이트, 요소

② 제올라이트, 실리카겔

③ 암모니아, 요소

④ 암모니아, 실리카겔

정답 3번

간단한 해설

SNCR은 촉매 없이 **암모니아 또는 요소를 환원제로 사용**하여 질소산화물을 질소로 전환하는 공정이다.
제올라이트와 실리카겔은 이 공정의 환원제가 아니다.

핵심 풀이

선택적 비촉매 환원법(SNCR)은 고온의 배기가스에 환원제를 주입하여 질소산화물을 질소로 전환하는 방법이다. **암모니아와 요소**가 대표적인 환원제이며, 촉매를 사용하지 않고 고온에서 환원 반응을 진행한다.

제올라이트와 실리카겔은 다공성 흡착제로 쓰이는 물질이다. 물질을 표면에 붙잡는 **흡착**과 질소산화물을 질소로 바꾸는 **환원 반응**은 구별해야 한다. 두 물질은 SNCR의 환원제에 해당하지 않으므로, 암모니아와 요소로 묶인 ③이 요구 조건에 맞는다.

NoteBase

문 8. 다음 화학기상증착법에 의한 박막성장의 단계를 진행 순서대로 바르게 나열한 것은?

ㄱ. 표면에서 반응물의 흡착
ㄴ. 표면에서 화학종의 이동
ㄷ. 표면으로 반응물의 이동
ㄹ. 경계층 밖으로 부생성물의 확산
ㅁ. 표면으로부터 부생성물의 탈착

① ㄱ → ㄴ → ㄷ → ㄹ → ㅁ
② ㄴ → ㄱ → ㄹ → ㄷ → ㅁ
③ ㄷ → ㄱ → ㄴ → ㅁ → ㄹ
④ ㄷ → ㄴ → ㄱ → ㅁ → ㄹ

정답 3번

간단한 해설

반응물은 기판 표면에 도달하여 **흡착된 뒤 표면을 따라 이동**하므로, 표면에서 화학종이 이동하는 단계가 흡착보다 앞설 수 없다. 반응으로 생긴 부생성물은 **표면에서 탈착된 뒤** 경계층 밖으로 확산된다.

올바른 순서

ㄷ → ㄱ → ㄴ → ㅁ → ㄹ

ㄷ. 표면으로 반응물의 이동: 기체 반응물이 기판 부근의 경계층을 통과하여 표면에 도달한다. 반응물이 표면에 흡착하려면 먼저 **표면까지 운반**되어야 한다.

ㄱ. 표면에서 반응물의 흡착: 도달한 반응물이 기판 표면에 붙는다. 기체 상태로 표면까지 이동하는 것과 달리, 흡착은 **표면에 머무는 상태**가 되는 과정이다. 이후 흡착된 화학종이 표면을 따라 이동할 수 있다.

ㄴ. 표면에서 화학종의 이동: 흡착된 화학종이 표면을 따라 확산하여 반응과 박막 성장에 필요한 위치로 이동한다. 표면 반응으로 박막을 이루는 물질이 형성되고 부생성물이 생기며, 이어 부생성물을 제거하는 과정이 진행된다.

ㅁ. 표면으로부터 부생성물의 탈착: 반응으로 생겨 표면에 흡착되어 있던 부생성물이 표면에서 떨어져 기체 상태로 나간다. 부생성물이 경계층을 통해 빠져나가려면 먼저 **표면과의 결합에서 벗어나야** 한다.

ㄹ. 경계층 밖으로 부생성물의 확산: 탈착된 부생성물이 표면 부근의 경계층을 지나 주 기체 흐름 쪽으로 확산한다. 이는 앞의 탈착으로 기체 상태가 된 부생성물을 표면 부근에서 멀리 운반하는 단계이다.

NoteBase

문 9. 금속의 부식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 금속의 부식과정에서 일어나는 전기화학적 반응의 깁스에너지 변화(ΔG)는 0보다 작다.

② 불균일부식에서는 단위표면적당 무게감량을 측정하여 부식속도를 나타낼 수 있다.

③ 부식이란 금속이 외부환경과의 전기화학적 반응에 의하여 열화되는 과정이다.

④ 부식이 일어나는 물질은 산화전극 역할을 한다.

정답 2번

간단한 해설

단위표면적당 무게감량으로 부식속도를 평가하는 방법은 **균일부식**에 적합하다. 불균일부식은 일부 부위에 손상이 집중되므로 평균 무게감량만으로는 국부적인 부식의 진행 정도를 제대로 나타내기 어렵다.

선지별 해설

① O: 일정한 온도와 압력에서 자발적으로 진행되는 반응은 전체 깁스에너지가 감소하므로 $\Delta G < 0$이다. 금속의 자발적인 부식도 이 조건에 해당한다. 이는 **반응의 자발성**을 뜻하며, 부식속도가 빠르다는 뜻은 아니다.

② X: **균일부식**에서는 표면 전체가 비교적 고르게 손상되므로 일정 시간 동안의 단위표면적당 무게감량으로 평균 부식속도를 평가할 수 있다. 반면 불균일부식에서는 전체 무게감량이 작아도 특정 부위가 깊게 손상될 수 있다. 따라서 평균 무게감량만으로 평가하기보다 최대 침식 깊이와 그 시간에 따른 변화 등 국부 손상을 반영하는 지표를 사용해야 한다.

③ O: 금속의 전기화학적 부식은 금속이 외부환경과 반응하여 금속 상태를 잃고 재료의 성능이 저하되는 과정이다. 이때 금속의 산화반응과 환경 중 물질의 환원반응이 함께 일어난다.

④ O: 부식되는 금속은 **전자를 잃는 산화반응**을 하므로 산화전극인 애노드 역할을 한다. 금속이 내놓은 전자는 환원전극인 캐소드에서 일어나는 환원반응에 사용된다.

NoteBase

문 10. 미생물의 회분식 생장곡선에서 나타나는 다음 단계를 시간 순서대로 나열했을 때, 세 번째 단계는?

ㄱ. 지수생장기(exponential growth phase)
ㄴ. 지연기(lag phase)
ㄷ. 감속기(deceleration growth phase)
ㄹ. 정지기(stationary phase)

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄷ
④ ㄹ

정답 3번

간단한 해설

지수생장기 뒤에는 영양분 감소와 대사산물 축적으로 **증식 속도가 줄어드는 감속기**가 온다. 정지기는 그 이후 생균 수의 순증가가 거의 멈추는 단계이다.

올바른 순서

ㄴ. 지연기 → ㄱ. 지수생장기 → ㄷ. 감속기 → ㄹ. 정지기

ㄴ. 지연기: 미생물을 새 배지에 접종하면 먼저 **새로운 환경에 적응**하며 생장에 필요한 효소와 세포 성분을 합성한다. 이때 세포 수의 증가는 작고, 적응이 이루어진 뒤 본격적인 증식이 시작된다.

ㄱ. 지수생장기: 적응을 마친 미생물이 충분한 영양분을 이용하여 활발히 분열한다. 세포 수에 대한 상대적인 증가율이 거의 일정하므로 **세포 수가 지수적으로 증가**한다.

ㄷ. 감속기: 회분식 배양이 진행되면 영양분이 소모되고 대사산물이 축적되어 생장 조건이 나빠진다. 이에 따라 **세포 수는 증가하지만 증가 속도는 점차 낮아진다**. 활발한 지수생장에서 정지기로 넘어가는 사이의 단계이다.

ㄹ. 정지기: 영양분 부족과 대사산물 축적 등으로 생장이 제한된다. 증식과 사멸이 대체로 균형을 이루어 **생균 수가 거의 일정하게 유지**된다. 세포 수가 계속 늘되 속도가 줄어드는 감속기보다 뒤에 온다.

NoteBase

문 11. 생물공정에서 사용하는 막(membrane) 분리 공정 중 농도 차이를 주요 구동력으로 하는 것은?

① 투석법(dialysis)

② 마이크로여과법(microfiltration)

③ 역삼투압법(reverse osmosis)

④ 초미세여과법(ultrafiltration)

정답 1번

간단한 해설

투석법은 막을 통과할 수 있는 용질이 **농도 차이에 따라 확산**하는 원리를 이용한다. 용질은 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 순이동한다.

공통 해설

막 분리 공정의 구동력은 물질이 막을 통과하도록 하는 막 양쪽의 차이를 뜻한다. 투석법에서는 **막 양쪽의 용질 농도 차이**가 주요 구동력이다. 막을 통과할 수 있는 작은 용질은 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 확산하고, 막을 통과하지 못하는 고분자는 남으므로 두 성분을 분리할 수 있다.

마이크로여과법·역삼투압법·초미세여과법은 모두 **압력 차이**를 주요 구동력으로 하는 막 분리 공정이다. 이들 공정은 압력 차이로 유체를 막에 통과시키는 방식이므로, 농도 차이에 따른 용질의 확산을 이용하는 투석법과 구별된다.

NoteBase

문 12. 부가 사슬 중합으로 중합된 고분자는?

① 노볼락(novolak)

② 폴리에스터(polyester)

③ 나일론 6(nylon 6)

④ 폴리염화바이닐(polyvinyl chloride)

정답 4번

간단한 해설

폴리염화바이닐(PVC)은 염화바이닐의 **탄소–탄소 이중 결합에 단량체가 연속적으로 부가**되어 만들어진다. 이때 물 같은 작은 분자가 떨어져 나가지 않고 사슬이 성장한다.

개념 구분

폴리염화바이닐(PVC): 염화바이닐의 탄소–탄소 이중 결합이 반응하여 탄소 골격의 사슬을 만든다. 성장 사슬의 **활성점에 단량체가 차례로 부가**되며, 염소 원자는 사슬에 붙은 상태로 남는다. 물 같은 작은 분자의 이탈 없이 사슬이 성장하는 부가 사슬 중합의 대표적인 예이다.

노볼락·폴리에스터: 노볼락은 페놀과 폼알데하이드의 축합 반응으로 만들어지는 수지이다. 대표적인 폴리에스터는 다이올과 다이카복실산이 반응하면서 물이 빠져나가고 에스터 결합이 형성되는 축합 중합으로 제조한다. 이들은 바이닐 단량체의 이중 결합에 연속적으로 부가하는 PVC의 중합 방식과 구별된다.

나일론 6: 고리형 단량체인 ε-카프로락탐의 **고리가 열리면서 연결되는 개환 중합**으로 제조한다. 바이닐 단량체의 탄소–탄소 이중 결합이 반응하는 PVC와는 단량체와 결합 형성 방식이 다르다.

NoteBase

문 13. 프로필렌(propylene, $CH_3 - CH = CH_2$)과 염산의 첨가 반응이 탄소 양이온 형성을 통해 진행할 때, 생성되는 주생성물은?

① $CH_3 - CHCl - CH_3$

② $CH_3 - CH_2 - CH_2Cl$

③ $CH_2Cl - CH = CH_2$

④ $CH_3 - CH = CHCl$

정답 1번

간단한 해설

수소 이온이 이중 결합의 말단 탄소에 붙으면 **더 안정한 2차 탄소 양이온**이 형성된다. 이어 염화 이온이 가운데 탄소에 결합하여 $CH_3 - CHCl - CH_3$가 주생성물이 된다.

핵심 풀이

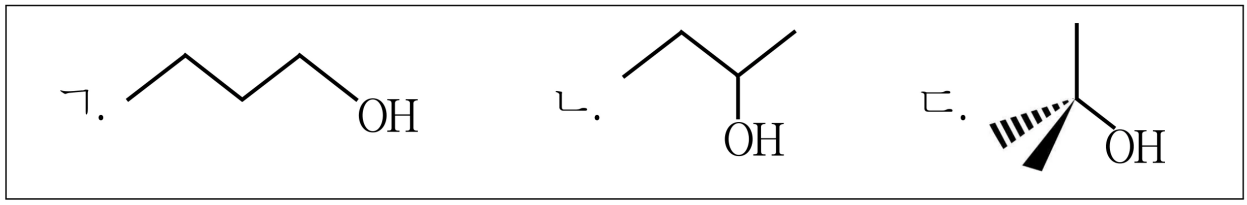
탄소 양이온의 형성: 프로필렌의 이중 결합이 수소 이온을 받아들이는 방향은 생성되는 탄소 양이온의 안정성에 따라 결정된다. 수소가 말단 탄소에 붙으면 가운데 탄소에 양전하가 놓인 2차 탄소 양이온이 생긴다. 반대로 수소가 가운데 탄소에 붙으면 말단 탄소에 양전하가 놓인 1차 탄소 양이온이 생긴다. 알킬기는 전자를 제공하여 양전하를 안정화하므로, 이 경우 **2차 탄소 양이온이 1차 탄소 양이온보다 안정하다**.

염화 이온의 결합: 염화 이온은 주로 형성된 2차 탄소 양이온의 양전하를 띤 가운데 탄소에 결합한다. 따라서 주생성물은 2-클로로프로페인인 $CH_3 - CHCl - CH_3$이다. 이는 수소가 더 많이 붙어 있던 이중 결합 탄소에 수소가 첨가되는 **마르코프니코프 규칙**에 따른 결과이다. ②의 1-클로로프로페인은 덜 안정한 1차 탄소 양이온을 거치는 방향에 해당하므로 주생성물이 아니다.

첨가와 치환의 구분: 이 반응에서는 이중 결합의 π 결합이 끊어지면서 두 탄소에 수소와 염소가 하나씩 결합하여 **탄소 사이의 이중 결합이 단일 결합으로 바뀐다**. 따라서 이중 결합이 남아 있는 ③·④의 구조는 이 염산 첨가 반응의 생성물이 아니다.

NoteBase

문 14. 다음 화합물을 정상 끓는점이 낮은 것부터 순서대로 바르게 나열한 것은?



① ㄱ < ㄴ < ㄷ

② ㄴ < ㄱ < ㄷ

③ ㄴ < ㄷ < ㄱ

④ ㄷ < ㄴ < ㄱ

정답 4번

간단한 해설

세 화합물은 탄소 수와 분자량이 같은 알코올이므로, 끓는점 차이는 주로 **분자 모양과 –OH 주위의 입체장애**에서 생긴다. ㄷ은 가지가 많은 구조이고 –OH 주위도 혼잡하여 분자 간 인력이 상대적으로 약하며, ㄱ은 –OH가 사슬 끝에 있어 분자 사이 수소 결합을 형성하기에 유리하다.

올바른 순서

ㄷ → ㄴ → ㄱ

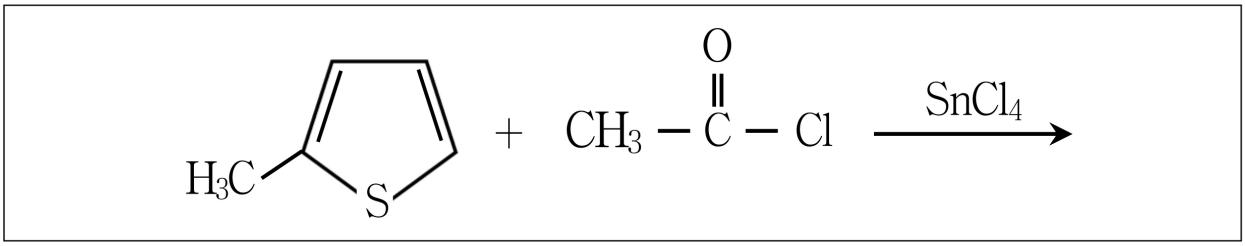
ㄷ — tert-부탄올: –OH가 붙은 탄소에 메틸기 세 개가 연결된 3차 알코올이다. 세 물질은 모두 탄소 네 개와 –OH 하나를 가지며 분자량도 같지만, ㄷ은 가지가 많은 조밀한 구조여서 분자끼리 접촉할 수 있는 면적이 작고 분산력이 약해진다. 또한 **–OH 주위의 큰 입체장애**가 분자 사이 수소 결합 형성을 방해한다. 정상 끓는점, 즉 1 atm에서의 끓는점은 약 82.4 °C로 셋 중 가장 낮다.

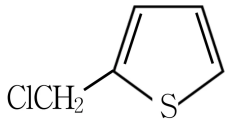
ㄴ — 2-부탄올: –OH가 붙은 탄소에 메틸기와 에틸기가 연결된 2차 알코올이다. ㄷ보다 –OH 주위의 혼잡함이 작아 분자 사이 수소 결합 형성에 유리하지만, –OH가 사슬 끝에 있는 ㄱ보다는 **입체장애가 크다**. 정상 끓는점은 약 99.5 °C로 두 물질 사이에 놓인다.

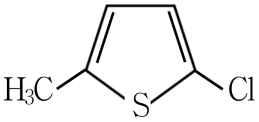
ㄱ — 1-부탄올: 가지가 없는 탄소 사슬 끝에 –OH가 있는 1차 알코올이다. **–OH 주위의 입체장애가 작아** 분자 사이 수소 결합을 형성하기에 유리하고, 길게 뻗은 구조는 분자 사이 접촉에도 유리하다. 액체에서 분자를 떼어 내어 기체로 보내는 데 더 많은 에너지가 필요하므로 정상 끓는점이 약 117.7 °C로 가장 높다.

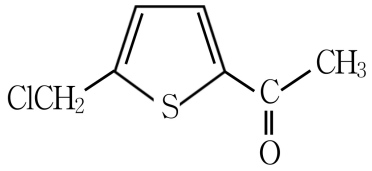
NoteBase

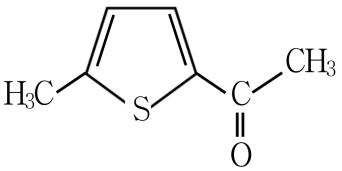
문 15. 다음 반응에서 얻어지는 최종 생성물은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

간단한 해설

이 반응은 **프리델–크래프츠 아실화**로, 싸이오펜 고리에 아세틸기를 도입한다. 기존 메틸기는 유지되며, 아세틸기는 황에 인접한 두 자리 중 **비어 있는 5번 위치**에 결합한다.

NoteBase

핵심 풀이

반응의 종류: 출발 물질은 2-메틸싸이오펜이고, 시약은 염화 아세틸(CH_3COCl)과 루이스산인 $SnCl_4$이다. $SnCl_4$가 염화 아세틸을 활성화하면 아세틸기를 전달하는 친전자체가 고리와 반응한다. 이는 **프리델–크래프츠 아실화**이며, 도입되는 기는 염소가 아니라 아세틸기인 $–C(=O)CH_3$이다. 이때 고리는 아세틸기의 카보닐 탄소와 결합한다.

치환 위치: 싸이오펜에서 황을 1번으로 잡으면 황 바로 옆의 두 탄소가 2번과 5번인 α 위치이다. 싸이오펜의 친전자성 치환은 반응 중간체의 양전하가 공명으로 안정화되기 유리한 α 위치에서 우선 일어난다. 주어진 구조에서는 2번 위치에 이미 메틸기가 있으므로 **비어 있는 5번 위치**가 아실화된다. 친전자체가 결합한 뒤 그 자리의 수소가 양성자로 떨어져 나가면서 고리의 방향족성이 회복된다.

생성물의 확인: 고리 왼쪽의 기존 메틸기는 그대로 남고, 황 옆의 오른쪽 탄소에 아세틸기가 결합한 구조가 생성되므로 ④에 해당한다. 염화 아세틸의 염소는 아세틸기가 고리에 결합할 때 이탈하는 부분이다. 따라서 **고리나 기존 메틸기에 염소가 도입된 구조**와 구별한다.

NoteBase

문 16. 수소의 제법이 아닌 것은?

① 코크스와 물의 반응

② 산화철(Fe_2O_3)과 물의 반응

③ 메테인(CH_4)과 물의 반응

④ 물의 전기분해

정답 2번

간단한 해설

철-수증기 반응으로 수소를 얻으려면 **환원된 철**이 필요하다. 이미 산화된 산화철(III)을 물과 직접 반응시키는 것은 일반적인 수소 제법이 아니다.

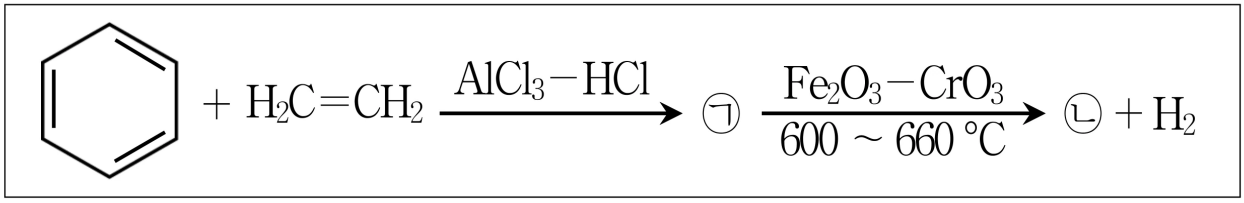
개념 구분

산화철(III)과 철의 구분: 산화철(III) Fe_2O_3에서 철의 산화수는 +3이다. 이 물질을 물과 직접 반응시켜 수소를 얻는 것은 일반적인 수소 제법이 아니다. 철-수증기법에서는 **환원된 철이 수증기에 의해 산화되는 과정**에서 물의 수소가 수소 기체로 바뀐다. 대표 반응은 $3Fe + 4H_2O(g) \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$이다. 따라서 산화철을 이용하는 순환 공정도 먼저 산화철을 철이나 더 낮은 산화 상태로 환원하는 단계가 필요하다.

다른 수소 제법과의 구분: 코크스의 주성분인 탄소는 고온에서 수증기와 반응하여 일산화탄소와 수소를 만든다. 메테인도 고온의 촉매 조건에서 수증기와 반응하는 **수증기 개질**로 일산화탄소와 수소를 만든다. 물의 전기분해는 전기에너지를 공급하여 물을 수소와 산소로 분해하는 방법이다.

NoteBase

문 17. 다음 반응에서 얻어지는 최종 생성물 ㉡은?



① 에틸벤젠(ethyl benzene)

② 스타이렌(styrene)

③ 톨루엔(toluene)

④ 자일렌(xylene)

정답 2번

간단한 해설

벤젠과 에틸렌의 반응으로 생긴 에틸벤젠이 고온에서 **탈수소 반응**을 하여 스타이렌으로 바뀐다. 에틸기의 두 탄소 사이에 이중결합이 생기면서 수소가 방출된다.

도식 해설

㉠ 생성: 벤젠은 $AlCl_3$–HCl 촉매 조건에서 에틸렌과 프리델–크래프츠 알킬화 반응을 한다. 벤젠 고리의 수소 하나가 에틸기(–CH_2CH_3)로 치환되어 **에틸벤젠(C_6H_5–CH_2CH_3)**이 생성된다. 에틸벤젠은 첫 번째 반응의 중간 생성물이다.

㉡ 생성: 이어지는 600~660 °C의 촉매 반응에서는 에틸벤젠의 곁사슬에서 수소 원자 두 개가 빠져나와 H_2가 된다. 그 결과 곁사슬의 단일결합이 이중결합으로 바뀌어 **비닐기(–CH=CH_2)**를 가진 스타이렌(C_6H_5–CH=CH_2)이 생성된다. 반응식은 C_6H_5–CH_2CH_3 → C_6H_5–CH=CH_2 + H_2이다.

생성물 구분: 최종 생성물은 에틸기를 그대로 가진 에틸벤젠이 아니라, 탈수소로 비닐기가 생긴 스타이렌이다. 톨루엔은 벤젠 고리에 메틸기 하나가, 자일렌은 메틸기 두 개가 결합한 구조이므로 이 반응에서 얻는 곁사슬 구조와 다르다.

NoteBase

문 18. 지글러-나타(Ziegler–Natta) 촉매에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유기금속 복합물로 전형적인 촉매는 $TiCl_4$와 $(CH_3CH_2)_3Al$을 반응시켜 만들 수 있다.

② 지글러-나타 촉매로 에틸렌을 중합하면 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 얻을 수 있다.

③ 중간체로 라디칼이 생성되며 곁사슬 생성을 위한 분자 간 수소 이동이 일어나기 쉽다.

④ 불균일계 촉매뿐만 아니라 균일계 촉매로도 개발된다.

정답 3번

간단한 해설

③의 라디칼 중간체와 곁사슬 형성에 관한 설명은 에틸렌의 라디칼 중합에 해당한다. 지글러-나타 촉매에서는 단량체가 금속 중심에 배위한 뒤 금속–탄소 결합에 삽입되는 **배위·삽입 중합**이 진행되어, 에틸렌으로 곁사슬이 적은 선형 고분자를 얻는다.

선지별 해설

① O: 사염화타이타늄 $TiCl_4$과 트라이에틸알루미늄 $(CH_3CH_2)_3Al$의 조합은 전형적인 지글러-나타 촉매계이다. 전이금속 화합물과 유기알루미늄 화합물을 반응시키면 단량체의 배위와 삽입이 일어나는 **금속–탄소 결합을 가진 활성점**이 형성된다.

② O: 에틸렌을 지글러-나타 촉매로 중합하면 곁사슬이 적은 선형 폴리에틸렌을 얻을 수 있다. 사슬들이 규칙적으로 가까이 배열되기 쉬워 **결정성과 밀도가 높아지므로** 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 제조할 수 있다.

③ X: 지글러-나타 중합의 사슬 성장은 라디칼 중간체가 아니라 **금속 중심에서의 배위·삽입**으로 설명한다. 에틸렌이 금속 중심에 먼저 배위하고 금속–탄소 결합 사이에 삽입되는 과정이 반복되면서 사슬이 길어진다. 라디칼의 수소 이동과 사슬 이동으로 곁사슬이 생기기 쉬운 것은 에틸렌의 고압 라디칼 중합으로 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)을 만드는 과정의 특징이다. 지글러-나타 촉매를 이용한 에틸렌 중합에서는 이러한 곁사슬 형성이 적어 선형 구조를 얻기 쉽다.

④ O: 지글러-나타 촉매에는 고체 표면의 활성점에서 반응하는 불균일계뿐 아니라, **촉매 활성종이 반응 용매에 녹아 있는 균일계**도 있다. 예를 들어 가용성 바나듐 화합물과 유기알루미늄 화합물을 조합한 균일계 촉매가 개발되어 있다.

NoteBase

문 19. 리그닌, 헤미셀룰로오스, 펙틴, 지방산, 로진 등 다른 물질들과 결합하고 있는 탄수화물로서 식물 세포벽을 만드는 주요 물질은?

① 셀룰로오스(cellulose)

② 수크로오스(sucrose)

③ 전분(starch)

④ 검(gum)

정답 1번

간단한 해설

셀룰로오스는 식물 세포벽에서 **지지 골격을 이루는 구조 다당류**이다. 여러 사슬이 모여 튼튼한 미세섬유를 형성하여 세포벽에 기계적 강도를 부여한다.

공통 해설

식물 세포벽의 주요 구조 다당류는 셀룰로오스이다. 셀룰로오스는 포도당이 β-1,4-글리코시드 결합으로 이어진 곧은 사슬을 이루며, 여러 사슬이 수소결합으로 모여 미세섬유를 형성한다. 이 미세섬유가 **세포벽을 지지하는 골격**으로 작용한다. 헤미셀룰로오스·펙틴 등은 이 골격과 함께 세포벽 구조를 이루므로, 문항의 물질은 셀룰로오스에 해당한다. 후보를 판단하는 기준은 **세포벽의 주요 지지 골격을 형성하는 구조 다당류**인지이다.

NoteBase

문 20. 활성점 상실을 일으켜 촉매를 비활성화하는 화학적 현상은?

① 파울링(fouling)

② 상변화

③ 소결(sintering)

④ 피독(poisoning)

정답 4번

간단한 해설

피독은 불순물 등이 촉매의 **활성점에 강하게 화학흡착**하여 촉매 작용을 방해하는 현상이다. 이때 활성점이 반응에 참여하지 못하므로 촉매의 활성이 낮아진다.

공통 해설

활성점은 촉매 표면에서 반응물의 흡착과 촉매 반응이 일어나는 자리이다. 불순물 등이 이 자리에 강하게 화학흡착하면 반응물이 이용할 수 있는 활성점이 줄어들어 촉매가 비활성화된다. 이러한 현상을 '피독(poisoning)'이라고 한다. 여기서 활성점의 상실은 그 자리가 물리적으로 없어지는 것만을 뜻하는 것이 아니라, 화학적 결합 때문에 촉매 작용을 할 수 없게 되는 것도 포함한다.

이 문항에서는 단순한 물질의 침적이나 촉매 입자·상의 구조 변화보다 **활성점에 대한 강한 화학흡착**이 구별 기준이다. 따라서 활성점을 화학적으로 사용할 수 없게 만드는 현상을 피독으로 연결한다.

NoteBase