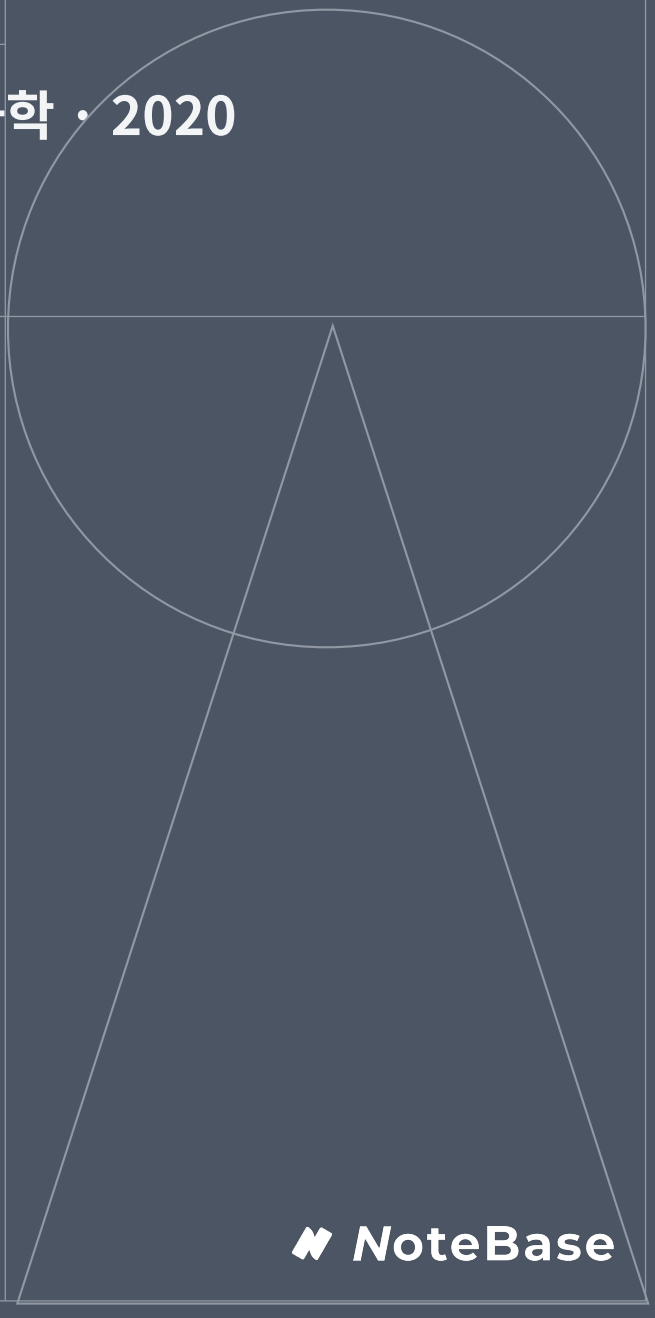
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 공업화학 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 공업화학 · 2020

공무원/지방직/9급 · 공업화학 · 2020

문 1. 토양에 뿌려졌을 때 염기성을 나타내는 비료는?

① 황안

② 요소

③ 염화칼륨

④ 석회질소

정답 4번

간단한 해설

석회질소는 토양 수분과 반응하여 **수산화칼슘**을 생성한다. 이 성분이 토양의 산을 중화하므로 염기성을 나타낸다.

선지별 해설

① X: 황안은 황산암모늄이며 **생리적 산성 비료**이다. 암모늄태 질소가 질산태 질소로 바뀌는 질산화 과정에서 수소 이온이 생성되어 토양을 산성화하므로, 염기성 비료에 해당하지 않는다.

② X: 요소는 일반적인 비료 분류에서 **생리적 중성 비료**에 속한다. 석회질소처럼 석회 성분을 공급하여 토양의 산을 중화하는 염기성 비료로 분류하지 않는다.

③ X: 염화칼륨은 수용액 자체는 거의 중성이지만, 토양에서는 **생리적 산성 비료**로 분류한다. 작물이 칼륨 이온을 흡수하는 과정에서 수소 이온을 방출할 수 있어 토양이 산성화되므로, 칼륨을 포함한다는 이유만으로 염기성 비료가 되는 것은 아니다.

④ O: 석회질소의 주성분인 칼슘 시안아미드는 토양 수분과 반응하여 시안아미드와 **수산화칼슘**을 생성한다. 수산화칼슘이 토양의 산을 중화하여 pH를 높이므로 염기성 비료에 해당한다.

NoteBase

문 2. 생선의 유지를 경화유로 만드는 화학 반응은?

① 에스터화 반응

② 환원 반응

③ 산화 반응

④ 가수분해 반응

정답 2번

간단한 해설

생선 유지의 불포화 지방산에 **수소를 첨가**하면 탄소 사이의 이중 결합이 단일 결합으로 바뀌어 경화유가 된다. 유기물에 수소가 첨가되는 이 반응은 **환원 반응**이다.

핵심 풀이

생선의 유지에는 탄소 사이의 이중 결합을 가진 불포화 지방산이 들어 있다. 촉매를 사용하여 수소를 첨가하면 이중 결합이 단일 결합으로 바뀌어 지방산의 포화도가 높아진다. 이에 따라 대체로 녹는점이 올라가 유지가 굳기 쉬워지는데, 이 과정을 경화라고 한다. 이때 일어나는 수소 첨가 반응은 **환원 반응**이다. 유기물에 수소가 첨가되는 변화는 환원에, 수소가 제거되는 변화는 산화에 해당한다.

경화에서는 지방산 사슬의 불포화 결합이 변한다. 유지가 에스터 결합을 가진다는 이유로 에스터화나 가수분해와 혼동해서는 안 된다. 에스터화는 카복실산과 알코올이 반응하여 에스터를 만드는 반응이고, 가수분해는 물과 반응하여 에스터 결합을 끊는 반응이다. 경화의 핵심은 **에스터 결합의 생성·분해가 아니라 불포화 결합에 대한 수소 첨가**이다.

NoteBase

문 3. 유지의 트라이글리세라이드를 구성하는 지방산 중 불포화 지방산인 것은?

① 라우르산(lauric acid)

② 팔미트산(palmitic acid)

③ 리놀레산(linoleic acid)

④ 스테아르산(stearic acid)

정답 3번

간단한 해설

리놀레산은 탄소 사슬에 **탄소–탄소 이중결합이 2개** 있는 다가 불포화 지방산이다. 지방산의 포화·불포화는 카복실기의 이중결합이 아니라 탄소 사슬의 탄소–탄소 이중결합 유무로 구분한다.

선지별 해설

유지의 트라이글리세라이드는 글리세롤과 지방산 3분자가 에스터 결합한 물질이다. 이를 구성하는 지방산은 탄소 사슬에 탄소–탄소 이중결합이 없으면 포화 지방산, 하나 이상 있으면 불포화 지방산으로 구분한다. 지방산에 공통으로 있는 카복실기의 탄소–산소 이중결합은 이 구분의 기준이 아니다.

① X: 라우르산은 탄소 수가 12개이고 탄소 사슬에 탄소–탄소 이중결합이 없는 **포화 지방산**이다. 따라서 불포화 지방산에 해당하지 않는다.

② X: 팔미트산은 탄소 수가 16개이고 탄소 사슬에 탄소–탄소 이중결합이 없는 **포화 지방산**이다. 탄소 사슬이 길다는 사실만으로 불포화 지방산이 되는 것은 아니다.

③ O: 리놀레산은 탄소 수가 18개이고 탄소 사슬에 **탄소–탄소 이중결합이 2개** 있다. 이중결합이 하나 이상이므로 불포화 지방산이며, 그중에서도 이중결합이 2개 이상인 다가 불포화 지방산에 속한다.

④ X: 스테아르산은 탄소 수가 18개이지만 탄소 사슬에 탄소–탄소 이중결합이 없는 **포화 지방산**이다. 리놀레산과 탄소 수는 같아도 이중결합 유무가 달라 포화·불포화의 분류가 달라진다.

NoteBase

문 4. 다음 화학 반응식에 해당하는 반응은?

$CH_3COOCH_3+H_2O \xrightarrow{\text{산 촉매}} CH_3COOH+CH_3OH$

① 첨가 반응(addition reaction)
② 제거 반응(elimination reaction)
③ 치환 반응(substitution reaction)
④ 자리옮김 반응(rearrangement reaction)

정답 3번

간단한 해설

에스터의 가수분해에서는 아실 탄소에 결합한 메톡시기가 하이드록시기로 바뀐다. 이처럼 **한 원자단이 다른 원자단으로 대체**되므로 치환 반응에 해당한다.

핵심 풀이

주어진 반응은 아세트산 메틸이 산 촉매하에서 물과 반응하여 아세트산과 메탄올을 만드는 가수분해이다. 에스터의 아실 탄소에 결합한 메톡시기 $-OCH_3$가 하이드록시기 $-OH$로 바뀌고, 떨어져 나온 메톡시기 부분은 메탄올을 이룬다. 따라서 전체 결합 변화는 **아실 탄소에서 일어나는 치환**이며, 이를 친핵성 아실 치환 반응이라고 한다.

반응 기구에는 물이 카보닐 탄소에 첨가되는 단계와 메탄올이 이탈하는 단계가 포함된다. 그러나 중간체에서 카보닐기가 다시 형성되므로, 전체적으로는 다중결합에 원자단이 붙기만 하는 첨가 반응이나 원자단이 빠져나가 다중결합을 만드는 제거 반응으로 분류하지 않는다. **개별 반응 단계와 전체 반응의 분류**를 구별해야 한다.

NoteBase

문 5. 가장 안정한 탄소양이온(carbocation)은?

① $(CH_3)_3C^+$

② $(CH_3)_2CH^+$

③ $CH_3CH_2^+$

④ CH_3^+

정답 1번

간단한 해설

알킬기는 전자를 밀어 주는 유도 효과와 초공액으로 탄소양이온의 전자 부족을 완화한다. 양전하를 띤 탄소에 메틸기 세 개가 결합한 **3차 탄소양이온**이 제시된 후보 중 가장 안정하다.

선지별 해설

제시된 탄소양이온은 양전하를 띤 탄소에 직접 결합한 알킬기의 수로 비교한다. 알킬기는 전자를 밀어 주는 유도 효과를 나타내며, 인접한 C–H 결합의 전자가 탄소양이온의 빈 p 오비탈과 상호작용하는 초공액도 안정화에 기여한다. 이 후보들에서는 알킬기가 많을수록 이러한 안정화 효과가 크다.

① $(CH_3)_3C^+$: 양전하를 띤 탄소에 메틸기 세 개가 결합한 **3차 탄소양이온**이다. 세 알킬기의 전자 공여와 초공액에 의한 안정화가 가장 크다.

② $(CH_3)_2CH^+$: 양전하를 띤 탄소에 메틸기 두 개가 결합한 **2차 탄소양이온**이다. 알킬기에 의한 안정화를 받지만, 그 효과는 ①보다 작고 ③보다 크다.

③ $CH_3CH_2^+$: 양전하를 띤 탄소에 메틸기 한 개가 결합한 **1차 탄소양이온**이다. 알킬기에 의한 안정화가 ②보다 작지만, 알킬기가 없는 ④보다는 안정하다.

④ CH_3^+: 양전하를 띤 탄소에 수소 세 개만 결합한 **메틸 탄소양이온**이다. 인접한 알킬기가 없어 다른 후보와 같은 알킬기의 유도 효과와 초공액에 의한 안정화를 받지 못하므로 가장 불안정하다.

안정성은 3차 > 2차 > 1차 > 메틸 탄소양이온 순이므로, 가장 안정한 것은 ①의 탄소양이온이다.

NoteBase

문 6. 석유의 전화(conversion)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 코킹(coking)을 통해 황, 질소, 산소를 각각 황화수소, 암모니아, 물로 전환한다.

② 알킬화(alkylation)를 통해 올레핀과 파라핀으로부터 고옥탄가의 가솔린을 만든다.

③ 고비점의 원료유를 촉매 하에 분해하여 고옥탄가의 가솔린을 제조하는 것을 접촉 분해(catalytic cracking)라 한다.

④ 촉매를 사용하여 직선 사슬 화합물과 지방족 고리 화합물을 탈수소하여 측쇄파라핀과 방향족 화합물을 만드는 것을 접촉개질(catalytic reforming)이라 한다.

정답 1번

간단한 해설

황·질소·산소를 각각 황화수소·암모니아·물로 바꾸어 제거하는 공정은 **수소화처리**이다. 코킹은 중질유를 강하게 열분해하여 경질유와 코크스를 얻는 공정이다.

선지별 해설

① X: 황·질소·산소를 포함한 불순물을 수소와 반응시켜 각각 황화수소·암모니아·물로 전환하여 제거하는 것은 **수소화처리**이다. 코킹은 중질 잔사유를 강하게 열분해하여 가스와 경질유를 얻고 탄소가 풍부한 고체 코크스를 남기는 공정이므로, 선지의 '코킹'을 '수소화처리'로 고쳐야 한다.

② O: 알킬화는 저분자 올레핀과 파라핀을 결합시켜 고옥탄가의 가솔린 배합 성분을 만드는 공정이다. 여기서 파라핀은 주로 이소부탄과 같은 **이소파라핀**을 뜻한다. 예를 들어 이소부탄과 부텐을 반응시키면 가지가 많은 포화 탄화수소가 생성된다.

③ O: 접촉 분해는 고비점의 무거운 탄화수소를 **촉매로 분해하여 더 작은 분자**로 바꾸는 공정이다. 이를 통해 가솔린 범위의 경질 성분을 얻으며, 가지 달린 탄화수소 등의 생성으로 옥탄가가 높은 가솔린을 제조한다.

④ O: 접촉개질은 직선 사슬 파라핀과 지방족 고리 화합물인 나프텐 등을 측쇄파라핀과 방향족 화합물로 전환하여 옥탄가를 높이는 공정이다. 반응을 구분하면 직선 사슬 파라핀에서 측쇄파라핀을 만드는 것은 **이성질화**이고, 나프텐에서 방향족 화합물을 만드는 것은 **탈수소**이다. 직선 사슬 파라핀도 고리 형성과 탈수소가 결합된 탈수소고리화를 통해 방향족 화합물로 전환될 수 있으므로, 측쇄파라핀까지 탈수소만으로 생성된다는 뜻으로 이해해서는 안 된다.

NoteBase

문 7. 방향족 작용기를 가진 아미노산으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 시스테인(cysteine)
ㄴ. 페닐알라닌(phenylalanine)
ㄷ. 라이신(lysine)

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

간단한 해설

페닐알라닌은 곁사슬에 **방향족 고리인 벤젠 고리**를 가진다.

보기별 해설

방향족 아미노산은 곁사슬에 방향족 고리를 가진 아미노산이다. 각 아미노산의 곁사슬 구조를 기준으로 구분한다.

ㄱ. 시스테인: 곁사슬에 **티올기(-SH)**를 가진 황 함유 아미노산이다. 방향족 고리가 없으므로 방향족 아미노산에 해당하지 않는다.

ㄴ. 페닐알라닌: 곁사슬에 메틸렌기를 사이에 두고 **벤젠 고리**가 연결되어 있다. 이 벤젠 고리가 방향족이므로 방향족 아미노산에 해당한다.

ㄷ. 라이신: 곁사슬은 탄소 사슬 끝에 **아미노기**가 있는 구조이다. 방향족 고리가 없으므로 방향족 아미노산에 해당하지 않는다.

방향족 고리를 가진 것은 ㄴ뿐이므로 ②의 ㄴ에 해당한다.

NoteBase

문 8. 다음 중 열경화성 고분자는?

① 폴리카보네이트(polycarbonate)

② 폴리프로필렌(polypropylene)

③ 나일론 6,6(nylon 6,6)

④ 페놀 수지(phenol resin)

정답 4번

간단한 해설

페놀 수지는 경화 과정에서 고분자 사슬 사이에 **3차원 가교 구조**를 형성한다. 이 공유 결합망 때문에 한 번 경화되면 다시 가열해도 녹여 성형할 수 없다.

선지별 해설

① X: 폴리카보네이트는 주사슬에 카보네이트 결합을 갖는 **열가소성 고분자**이다. 일반적인 폴리카보네이트는 선형 사슬로 이루어져 있어 가열하면 연화되고, 냉각하면 다시 굳으므로 재성형할 수 있다.

② X: 폴리프로필렌은 프로필렌을 중합하여 얻는 **열가소성 고분자**이다. 일반적인 폴리프로필렌은 사슬 사이에 영구적인 공유 결합 가교망이 없어 가열하면 용융되고, 냉각하면 다시 굳는다.

③ X: 나일론 6,6은 헥사메틸렌디아민과 아디프산으로 만드는 폴리아미드계 열가소성 고분자이다. 사슬 사이의 수소 결합은 강도를 높이지만, **영구적인 공유 결합 가교망과는 다르다**. 따라서 열경화성 고분자처럼 경화되는 것이 아니라, 가열하여 용융 성형할 수 있다.

④ O: 페놀 수지는 페놀과 포름알데히드를 반응시켜 만드는 대표적인 열경화성 수지이다. 경화 과정에서 메틸렌 결합 등으로 사슬들이 연결되어 **3차원 공유 결합 가교망**을 형성한다. 경화 후에는 가열해도 사슬이 자유롭게 이동하여 흐를 수 없으므로 다시 녹여 성형할 수 없고, 지나치게 가열하면 분해된다.

NoteBase

문 9. 메조 화합물(meso compound)을 가질 수 있는 분자는?

① 2-Chlorobutane

② 2,3-Dichlorobutane

③ 2-Bromo-3-chlorobutane

④ 2-Bromo-1-phenylheptane

정답 2번

간단한 해설

2,3-Dichlorobutane은 2번과 3번 탄소의 입체배치가 각각 R과 S일 때 **분자 내부에 대칭면**을 가질 수 있다. 이 입체이성질체는 두 입체중심이 있어도 거울상과 겹쳐지는 비키랄 분자이므로 메조 화합물이다.

선지별 해설

메조 화합물은 둘 이상의 입체중심을 가지면서도 분자 전체는 거울상과 겹쳐지는 비키랄 화합물이다. 따라서 입체중심의 개수뿐 아니라 분자 내부의 대칭성도 확인해야 한다.

① X: 2-Chlorobutane의 2번 탄소에는 수소, 염소, 메틸기, 에틸기가 결합하므로 입체중심이지만, 다른 입체중심은 없다. 이 분자는 **입체중심이 하나**인 키랄 분자로서 R형과 S형의 거울상 이성질체를 가지며, 메조 화합물은 될 수 없다.

② O: 2,3-Dichlorobutane은 2번과 3번 탄소가 모두 입체중심이며, 두 탄소의 치환기 구성이 서로 대칭이다. (2R,3S)형은 적절한 형태에서 **두 입체중심 사이에 대칭면**을 가지므로 거울상과 겹쳐진다. (2R,3S)형과 (2S,3R)형은 같은 메조 화합물을 나타낸다. 다만 (2R,3R)형과 (2S,3S)형은 서로 거울상 이성질체이므로 모든 입체이성질체가 메조인 것은 아니다.

③ X: 2-Bromo-3-chlorobutane에는 입체중심이 두 개 있지만, 2번 탄소에는 브로민이, 3번 탄소에는 염소가 결합한다. **두 입체중심의 치환기가 서로 달라** 두 부분을 대응시키는 내부 대칭성이 없으므로 메조 화합물을 가질 수 없다. R과 S가 하나씩인 배치도 메조가 아니며, (2R,3S)형과 (2S,3R)형은 서로 다른 거울상 이성질체이다.

④ X: 2-Bromo-1-phenylheptane에서는 브로민이 결합한 2번 탄소만 입체중심이다. 1번 탄소는 페닐기와 2번 탄소 외에 **동일한 수소 두 개**와 결합하므로 입체중심이 아니며, 나머지 탄소에도 입체중심이 없다. 따라서 이 분자는 입체중심이 하나인 키랄 분자로, 메조 화합물을 가질 수 없다.

NoteBase

문 10. 벤젠으로부터 얻어지는 화합물과 이를 제조하기 위해 필요한 반응을 짝 지은 것으로 옳지 않은 것은?

① 화합물: 페놀(phenol), 반응: 알킬화

② 화합물: 스타이렌(styrene), 반응: 알킬화

③ 화합물: 무수말레인산(maleic anhydride), 반응: 수소화

④ 화합물: 아닐린(aniline), 반응: 니트로화

정답 3번

간단한 해설

무수말레인산은 벤젠을 **산화**하여 고리를 끊고 산소를 도입하는 공정으로 얻는다. 따라서 제조에 필요한 반응을 '수소화'로 짝지은 것은 잘못이다.

선지별 해설

① O: 페놀을 만드는 큐멘법에서는 벤젠을 프로필렌으로 **알킬화하여 큐멘**을 먼저 만든다. 이어 큐멘을 산화하고 생성된 과산화물을 산 촉매로 분해하면 페놀과 아세톤을 얻는다. 알킬화만으로 페놀이 바로 생성되는 것은 아니지만, 제조 공정에 알킬화가 필요하다.

② O: 벤젠을 에틸렌으로 알킬화하면 에틸벤젠을 얻는다. 이어 에틸벤젠을 **탈수소화하여 스타이렌**을 만든다. 따라서 알킬화는 스타이렌 제조에 필요한 중간체를 만드는 반응이다.

③ X: 벤젠으로부터 무수말레인산을 만드는 반응은 수소화가 아니라 **촉매 산화**이다. 공기나 산소를 이용해 벤젠을 산화하면 고리가 끊어지면서 산소를 포함한 무수말레인산이 생성된다. 수소를 첨가하는 수소화와 구별해야 한다.

④ O: 벤젠을 니트로화하면 니트로벤젠이 생성되고, 이를 환원하면 아닐린을 얻는다. 즉, **니트로화 후 환원**을 거치는 제조 경로이므로 니트로화가 필요하다. 니트로화만으로 아닐린이 바로 생성되는 것은 아니다.

NoteBase

문 11. 메테인(CH_4)을 라디칼 할로겐화 반응(radical halogenation)시킬 때 전파 단계(propagation step)에 해당하는 것은?

① $Cl_2 \rightarrow 2Cl\cdot$
② $CH_3\cdot + Cl\cdot \rightarrow CH_3Cl$
③ $CH_4 + Cl\cdot \rightarrow CH_3\cdot + HCl$
④ $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$

정답 3번

간단한 해설

전파 단계에서는 **라디칼 하나가 소비되면서 다른 라디칼이 생성**되어 연쇄반응이 이어진다. $Cl\cdot$이 CH_4에서 수소 원자를 떼어 내면 HCl과 $CH_3\cdot$이 생성되므로 전파 단계에 해당한다.

개념 구분

전파 단계: $CH_4 + Cl\cdot \rightarrow CH_3\cdot + HCl$에서는 염소 라디칼이 메테인에서 수소 원자를 떼어 낸다. $Cl\cdot$이 소비되지만 **새로운 라디칼 $CH_3\cdot$이 생성**되어 반응을 이어 갈 수 있다. 이어서 $CH_3\cdot + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + Cl\cdot$이 일어나면 $Cl\cdot$이 다시 생성되어 다음 메테인 분자와 반응한다.

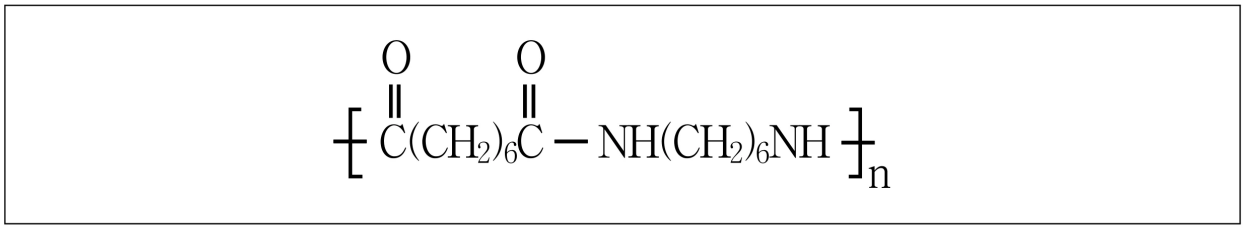
개시 단계: $Cl_2 \rightarrow 2Cl\cdot$은 염소 분자의 결합이 균일하게 끊어져 **라디칼이 처음 생성**되는 과정이다. 생성된 라디칼이 연쇄반응을 시작한다.

종결 단계: $CH_3\cdot + Cl\cdot \rightarrow CH_3Cl$에서는 두 라디칼이 결합하여 라디칼이 아닌 분자를 만든다. **라디칼이 소멸하고 새 라디칼이 생성되지 않으므로** 연쇄반응을 이어 가는 전파 단계와 구별된다.

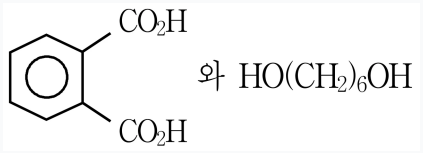
전체 반응: $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$은 두 전파 반응을 더하고 양쪽에 공통으로 나타나는 $CH_3\cdot$과 $Cl\cdot$을 소거하면 얻어진다. 반응물과 생성물의 전체 변화를 나타낸 식이며, 라디칼이 관여하는 개별 전파 단계의 반응식은 아니다.

NoteBase

문 12. 다음 반복단위를 갖는 고분자의 합성에 사용되는 단량체는?



① $H_2N(CH_2)_6NH_2$와 $Cl(CH_2)_8Cl$

②  와 $HO(CH_2)_6OH$

③ $HO(CH_2)_6OH$ 와 $ClC(=O)(CH_2)_6C(=O)Cl$

④ $H_2N(CH_2)_6NH_2$ 와 $ClC(=O)(CH_2)_6C(=O)Cl$

정답 4번

간단한 해설

반복단위의 연결 부분은 **아마이드 결합**인 $-CO-NH-$이다. 이를 만들려면 양 끝에 아미노기가 있는 $H_2N(CH_2)_6NH_2$와 양 끝에 산염화물기가 있는 $ClCO(CH_2)_6COCl$이 반응해야 한다.

공통 해설

주어진 반복단위에는 $-CO-NH-$ 형태의 아마이드 결합이 있다. 선지의 단량체로 이 결합을 만들려면 **아미노기와 산염화물기의 반응**을 이용한다. 아미노기의 H와 산염화물기의 Cl이 HCl로 빠져나가고, 카보닐 탄소와 질소 사이에 결합이 형성된다. 두 단량체가 각각 양 끝에 반응기를 가지므로 이 반응이 반복되어 고분자 사슬이 자란다.

아마이드 결합의 C–N 결합을 기준으로 반복단위를 나누면 $-NH(CH_2)_6NH-$ 부분과 $-CO(CH_2)_6CO-$ 부분이 남는다. 따라서 필요한 단량체는 각각 $H_2N(CH_2)_6NH_2$와 $ClCO(CH_2)_6COCl$이다. 전자는 두 아미노기 사이에, 후자는 두 카보닐기 사이에 메틸렌기 6개가 있어 제시된 탄소 골격도 그대로 재현한다.

판별 기준은 **아마이드 결합을 만들 작용기와 반복단위의 탄소 골격이 모두 일치하는가**이다. 카보닐기가 없는 디클로로알케인이나 아미노기 대신 하이드록시기를 가진 디올은 이 반복단위를 만들 수 없다. 벤젠 고리가 있는 단량체도 제시된 사슬 골격과 맞지 않는다.

NoteBase

문 13. 용질 입자의 종류와는 무관하며, 용액 내 용질 입자의 수에 의해서만 결정되는 용액의 성질을 있는 대로 모두 고르면?

ㄱ. 삼투압
ㄴ. 끓는점 오름
ㄷ. 증기압 내림
ㄹ. 점도

① ㄱ, ㄹ
② ㄱ, ㄴ, ㄷ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

간단한 해설

용질의 종류보다 **용질 입자의 수에 따라 달라지는 성질**을 총괄성이라고 한다. 점도는 분자의 크기·모양과 분자 사이의 상호작용에도 영향을 받으므로 총괄성에 해당하지 않는다.

NoteBase

보기별 해설

총괄성은 같은 용매와 온도 등의 조건에서 용질의 종류가 아니라 용질 입자의 상대적인 수, 즉 입자 농도에 따라 달라지는 용액의 성질이다. 묽은 용액에서 이상용액에 가깝게 성립하며, 끓는점 오름과 증기압 내림은 비휘발성 용질을 기준으로 설명한다.

ㄱ. O: 삼투압은 반투막을 사이에 두고 용매가 용질 입자 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 이동하는 삼투를 막는 데 필요한 압력이다. 묽은 용액에서는 같은 온도에서 **용질 입자의 몰농도에 비례**하므로 총괄성에 해당한다.

ㄴ. O: 끓는점 오름은 용액의 끓는점이 순수한 용매보다 높아지는 현상이다. 비휘발성 용질을 넣으면 용매의 증기압이 낮아져 외부 압력과 같아지려면 더 높은 온도가 필요하다. 같은 용매에서 묽은 용액의 끓는점 상승 폭은 **용매의 일정 질량에 들어 있는 용질 입자의 수**에 따라 결정된다.

ㄷ. O: 증기압 내림은 비휘발성 용질을 넣었을 때 같은 온도에서 용매의 증기압이 순수한 용매보다 낮아지는 현상이다. 이상용액에서는 용매의 증기압이 용매의 몰분율에 비례하므로, **전체 입자 중 용질 입자가 차지하는 비율**이 커질수록 증기압이 더 낮아진다. 따라서 용질 입자의 종류가 아니라 상대적인 수에 따른 총괄성이다.

ㄹ. X: 점도는 액체가 흐를 때 나타내는 저항의 정도이다. 용질 입자의 수뿐 아니라 **분자의 크기·모양과 분자 사이의 상호작용**에도 영향을 받으므로 총괄성이 아니다. 같은 입자 농도라도 용질의 종류에 따라 점도가 달라질 수 있다.

총괄성에 해당하는 보기는 ㄱ·ㄴ·ㄷ이며, 이 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 14. 촉매에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 촉매는 반응 엔탈피를 변화시켜 반응을 빠르게 한다.

② 불균일계 촉매를 사용할 경우 반응 후 촉매와 생성물의 분리가 균일계 촉매에 비해 쉽다.

③ 이상적인 촉매의 경우 촉매 반응이 진행되는 동안 촉매의 질량은 바뀌지 않는다.

④ 평형상수가 일정한 가역반응에서 촉매에 의해 정반응 속도가 증가하면 역반응 속도도 증가한다.

정답 1번

간단한 해설

촉매는 **반응 엔탈피를 바꾸지 않고**, **활성화 에너지가 낮은 반응 경로**를 제공하여 반응을 빠르게 한다. 반응 엔탈피는 반응물과 생성물의 엔탈피 차이이므로 반응 경로가 달라져도 변하지 않는다.

선지별 해설

① X: 촉매가 낮추는 것은 반응 엔탈피가 아니라 **활성화 에너지**이다. 활성화 에너지는 반응이 진행되는 데 넘어야 하는 에너지 장벽이며, 촉매는 이 장벽이 낮은 다른 반응 경로를 제공한다. 반응 엔탈피는 반응물과 생성물의 엔탈피 차이로 정해지므로 촉매를 사용해도 변하지 않는다.

② O: 불균일계 촉매는 반응물과 **서로 다른 상**으로 존재한다. 예를 들어 액체 반응물에 고체 촉매를 사용하면 반응 후 여과 등으로 촉매를 분리할 수 있다. 반면 균일계 촉매는 반응물과 같은 상에 섞여 있어 촉매와 생성물의 분리가 상대적으로 어렵다.

③ O: 이상적인 촉매는 반응 과정에 참여하더라도 촉매 반응의 한 주기가 끝나면 **원래 상태로 재생**된다. 전체 반응에서 순소모되지 않으므로, 손실이나 부반응이 없는 이상적인 경우 촉매의 질량은 유지된다.

④ O: 촉매는 가역반응의 정반응과 역반응을 모두 빠르게 하며, 일정한 온도에서 **평형상수는 바꾸지 않는다**. 촉매가 제공하는 반응 경로는 양방향으로 이용되므로 정반응 속도가 증가하면 역반응 속도도 증가한다. 따라서 평형 조성은 그대로이고 평형에 도달하는 시간이 짧아진다.

NoteBase

문 15. 이산화황으로부터 황산을 제조하는 연실식과 접촉식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 연실식은 산화질소를 산화제로 사용한다.

② 연실식은 접촉식에 비해 제품의 농도가 낮고 불순물이 많다.

③ 접촉식에서는 생성된 삼산화황을 흡수탑에서 물에 흡수시켜 황산을 제조한다.

④ 삼산화황 제조를 위해 접촉식에서는 410 ~ 440 °C에서 바나듐 촉매를 사용한다.

정답 3번

간단한 해설

③의 흡수액은 물이 아니라 **약 98%의 진한 황산**이다. 삼산화황을 물과 직접 반응시키면 발열과 함께 미세한 황산 안개가 생겨 포집하기 어렵다.

선지별 해설

① O: 연실식에서는 산화질소류가 산소를 전달하는 역할을 한다. 이산화질소가 이산화황을 산화시키면서 일산화질소로 환원되고, 일산화질소는 공기 중 산소에 의해 다시 이산화질소로 산화된다. 따라서 이산화질소는 개별 반응에서 산화제로 작용하고, 산화질소류는 전체 공정에서 **재생되어 촉매 역할**을 한다.

② O: 연실식은 물과 수증기를 이용하여 비교적 묽은 황산을 얻으며, 질소산화물 계통의 성분이나 원료에서 유래한 불순물이 제품에 남을 수 있다. 접촉식은 촉매의 활성을 유지하기 위해 원료 가스를 정제하고 진한 황산으로 삼산화황을 흡수하므로, 연실식보다 **고농도·고순도의 황산**을 얻기 쉽다.

③ X: 접촉식의 흡수탑에서는 삼산화황을 **약 98%의 진한 황산에 흡수**시킨다. 삼산화황은 흡수액 속의 물과 반응하여 황산을 만들며, 공정에 물을 보충하여 농도를 조절한다. 물에 직접 흡수시키면 반응열이 크게 발생하고 미세한 황산 안개가 형성되어 포집이 어려우므로, 선지의 '물에 흡수시켜'를 '진한 황산에 흡수시켜'로 고쳐야 한다.

④ O: 접촉식은 오산화바나듐을 주성분으로 하는 **바나듐 촉매**를 이용하여 이산화황을 삼산화황으로 산화시킨다. 410~440 °C는 이 촉매를 사용하는 운전 온도 범위에 해당한다. 이 산화 반응은 발열 반응이므로 낮은 온도가 평형상 유리하지만 반응 속도가 느려져, 실제 공정에서는 반응 속도와 전환율을 함께 고려하여 온도를 정한다.

NoteBase

문 16. KOH를 전해질로 사용하는 수소 연료 전지에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 알짜반응의 반응 엔탈피는 0보다 작다.

② 산소 기체가 주입되는 환원전극에서 H_2O가 발생한다.

③ 관련된 알짜반응식은 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$이다.

④ 전해질의 OH^- 이온은 산화전극 쪽으로 이동한다.

정답 2번

간단한 해설

KOH 전해질을 쓰는 수소 연료 전지에서는 산소가 환원될 때 **H_2O가 소비되고 OH^-가 생성**된다. 물이 생성되는 곳은 수소가 산화되는 **산화전극**이다.

선지별 해설

① O: 수소와 산소가 반응하여 물이 생성되는 알짜반응은 **발열 반응**이다. 생성물의 엔탈피가 반응물보다 낮으므로 반응 엔탈피는 0보다 작다.

② X: KOH는 염기성 전해질이므로 산소가 주입되는 환원전극에서는 $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ 반응이 일어난다. 이때 **물은 생성되지 않고 소비**된다. 물이 생성되는 곳은 수소가 산화되는 산화전극이다.

③ O: 산화전극에서는 $H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$ 반응이 일어난다. 이 반응을 두 배로 하여 환원전극 반응과 더하면 전자와 OH^-가 소거되고, 양쪽의 물을 정리하면 **알짜반응**은 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$가 된다.

④ O: OH^-는 **환원전극에서 생성되고 산화전극에서 소비**된다. 따라서 전해질 속 OH^-는 환원전극에서 산화전극 쪽으로 이동하여 수소의 산화 반응에 참여한다.

NoteBase

문 17. 라임-소다(lime-soda) 공정의 단물화(softening)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. $Ca(OH)_2$와 Na_2CO_3가 사용된다.
ㄴ. Mg^{2+} 이온은 $Mg(OH)_2$로 침전된다.
ㄷ. 침전 유도 후 처리수의 pH는 중성이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

라임-소다 공정은 알칼리성 약품을 넣어 경도 성분을 침전시키므로, 침전 후의 물도 **중성이 아니라 알칼리성**이다. pH를 낮추려면 이산화 탄소를 주입하는 재탄산화 등의 후처리가 필요하다.

보기별 해설

ㄱ. O: 라임은 소석회 $Ca(OH)_2$, 소다는 탄산 나트륨 Na_2CO_3를 뜻한다. 소석회는 수산화 이온을 공급하여 pH를 높이고, 탄산 나트륨은 탄산 이온을 공급한다. 이 약품들로 물의 경도를 유발하는 칼슘과 마그네슘을 **물에 잘 녹지 않는 침전물**로 만들어 제거한다.

ㄴ. O: Mg^{2+} 이온은 소석회가 공급한 수산화 이온과 결합하여 **수산화 마그네슘 $Mg(OH)_2$**로 침전된다. 칼슘 이온이 주로 탄산 칼슘 $CaCO_3$로 침전되는 것과 구별된다.

ㄷ. X: 침전을 유도하기 위해 소석회 등으로 pH를 높이므로, 침전 후 처리수는 **중성이 아니라 알칼리성**이다. 침전물을 분리하는 것만으로 물이 중성이 되는 것은 아니다. 필요하면 이산화 탄소를 주입하는 재탄산화로 pH를 낮추어 물을 안정화한다. 이는 침전 유도와 구별되는 후처리이다.

따라서 옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 18. 친핵성 치환반응(nucleophilic substitution reaction)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 용매의 극성이 증가할수록 S_{N1} 반응의 반응속도는 감소한다.
ㄴ. S_{N2} 반응은 반응중간체(reaction intermediate)를 형성하는 두 단계로 이루어진다.
ㄷ. CH_3Br은 $(CH_3)_3CBr$에 비해 S_{N2} 반응이 일어나기 쉽다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ

정답 3번

간단한 해설

S_{N2} 반응은 친핵체가 이탈기의 반대쪽에서 탄소를 공격하므로 **입체 장애가 작을수록** 잘 일어난다. 따라서 반응 중심 주변이 덜 혼잡한 CH_3Br이 부피가 큰 $(CH_3)_3CBr$보다 유리하다.

보기별 해설

ㄱ. X: S_{N1} 반응에서는 이탈기가 먼저 떨어져 탄소양이온이 형성되는 단계가 반응속도를 결정한다. 용매의 극성이 커지면 일반적으로 전하가 분리되는 전이상태와 생성되는 이온이 안정화되어 이온화가 쉬워진다. 따라서 반응속도는 감소하는 것이 아니라 **증가한다**.

ㄴ. X: S_{N2} 반응은 친핵체와 탄소 사이의 결합 형성 및 탄소와 이탈기 사이의 결합 끊어짐이 동시에 진행되는 **한 단계 반응**이다. 전이상태는 거치지만 별도의 반응중간체는 형성하지 않는다. 탄소양이온 중간체를 거치는 두 단계 반응은 S_{N1}의 특징이다.

ㄷ. O: S_{N2} 반응에서는 친핵체가 이탈기의 반대쪽에서 반응 중심 탄소에 접근해야 하므로 **입체 장애가 작을수록 유리하다**. CH_3Br의 반응 중심 탄소에는 수소 세 개가 결합해 있어 접근이 쉽다. 반면 $(CH_3)_3CBr$에서는 메틸기 세 개가 접근을 방해하므로 S_{N2} 반응이 매우 어렵다.

옳은 보기는 ㄷ뿐이므로 ③의 구성과 일치한다.

NoteBase

문 19. 단량체($HO-(CH_2)_3-NCO$)를 중합하여 고분자를 만든다. 전환율 0.98에 도달하였을 때, 생성물의 수평균 분자량(M☒)[g mol^{-1}]과 다분산 지수(polydispersity index, PDI)로 옳은 것은? (단, 수소, 탄소, 질소, 산소의 원자량은 각각 1, 12, 14, 16 g mol^{-1}이다)

① M☒: 5,050, PDI: 1.49

② M☒: 5,050, PDI: 1.98

③ M☒: 9,999, PDI: 1.49

④ M☒: 9,999, PDI: 1.98

정답 2번

간단한 해설

이 반응은 작은 분자의 탈리 없이 진행되므로 단량체의 몰질량을 그대로 사용한다. 전환율 0.98에서 **수평균 중합도는 50**이므로 수평균 분자량은 5,050 g mol^{-1}이고, 다분산 지수는 $1 + p = 1.98$이다.

계산 과정

반응과 단량체 몰질량: $HO-(CH_2)_3-NCO$는 한 분자에 하이드록시기(−OH)와 아이소사이아네이트기(−NCO)를 하나씩 갖는 AB형 단량체이다. 두 작용기가 반응하여 우레탄 결합을 만드는 단계성장 중합이며, **물 등의 작은 분자가 떨어져 나가지 않는다**. 단량체의 분자식은 $C_4H_7NO_2$이므로 몰질량은 $4 \times 12 + 7 \times 1 + 14 + 2 \times 16 = 101$ g mol^{-1}이다.

수평균 중합도: 고리화와 부반응을 무시하고 모든 작용기의 반응성이 같다고 보는 이상적인 선형 단계성장 중합으로 계산한다. AB형 단량체는 두 작용기의 수가 같고, 분자 사이에 결합이 하나 생길 때마다 전체 분자 수가 하나씩 감소하므로 카로더스 식 $X_n = \frac{1}{1-p}$를 적용한다. 여기서 p는 작용기의 전환율, X_n은 한 분자에 들어 있는 단량체 단위 수의 수평균이다. $X_n = \frac{1}{1-0.98} = 50$이므로 **한 분자당 평균 50개의 단량체 단위**가 연결되어 있다.

수평균 분자량: 중합할 때 질량이 빠져나가지 않으므로 단량체 몰질량 M_0에 수평균 중합도를 곱한다. $M_n = M_0 X_n = 101 \times 50 = 5{,}050$ g mol^{-1}이다.

다분산 지수: PDI는 중량평균 분자량 M_w를 수평균 분자량 M_n으로 나눈 무차원 값이다. 이상적인 선형 단계성장 중합의 분자량 분포에서는 $\text{PDI} = \frac{M_w}{M_n} = 1 + p$이므로 PDI = 1 + 0.98 = 1.98이다.

따라서 수평균 분자량 5,050 g mol^{-1}과 PDI 1.98의 조합은 ②와 일치한다.

NoteBase

문 20. 유화(emulsification)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 온도에 의해 유화의 안정성이 달라질 수 있다.

② 계면 활성제는 계면장력을 높이기 때문에 유화제로 사용된다.

③ 유화제의 HLB(hydrophile-lipophile balance)에 따라 물과 기름과의 상관관계가 달라지게 된다.

④ 한 액체가 작은 액적의 형태로 다른 액체에 분산되어 있는 상태를 말한다.

정답 2번

간단한 해설

계면 활성제는 물과 기름 사이의 **계면장력을 낮추어** 작은 액적이 형성되기 쉽게 하므로 유화제로 사용된다. '계면장력을 높이기 때문에'라는 설명은 작용 방향을 반대로 서술한 것이다.

선지별 해설

① O: 온도가 변하면 액체의 점도와 유화제의 용해성·계면 흡착 상태 등이 달라질 수 있다. 이로 인해 액적의 이동이나 서로 합쳐지는 정도가 달라지므로 **유화의 안정성도 변할 수 있다**. 온도 상승이 언제나 안정성을 높이거나 낮춘다는 뜻은 아니다.

② X: 계면 활성제는 친수성 부분과 친유성 부분을 함께 가져 물과 기름의 계면에 흡착하며, **계면장력을 낮춘다**. 그 결과 액체를 작은 액적으로 나누어 새로운 계면을 만드는 데 필요한 에너지가 줄어 유화가 쉬워진다. 또한 계면에 형성된 유화제층은 액적끼리 합쳐지는 것을 억제하여 분산 상태의 유지에 기여한다. 따라서 '계면장력을 높이기 때문에'는 '계면장력을 낮추기 때문에'로 고쳐야 한다.

③ O: HLB는 유화제의 **친수성과 친유성의 상대적인 균형**을 나타내는 지표이다. 일반적으로 HLB가 높으면 물에 대한 친화성이 커서 기름방울이 물에 분산된 수중유형(O/W) 유화에 적합하고, 낮으면 기름에 대한 친화성이 커서 물방울이 기름에 분산된 유중수형(W/O) 유화에 적합하다. 따라서 HLB에 따라 물과 기름에 대한 유화제의 친화성과 적합한 유화 형태가 달라진다.

④ O: 유화는 서로 잘 섞이지 않는 두 액체 중 **한 액체를 작은 액적으로 다른 액체 속에 분산시키는 것**이다. 액적을 이루는 액체는 분산상, 그 주변을 연속적으로 채우는 액체는 연속상이다. 예를 들어 기름방울이 물속에 흩어져 있으면 기름이 분산상이고 물이 연속상이다.

NoteBase