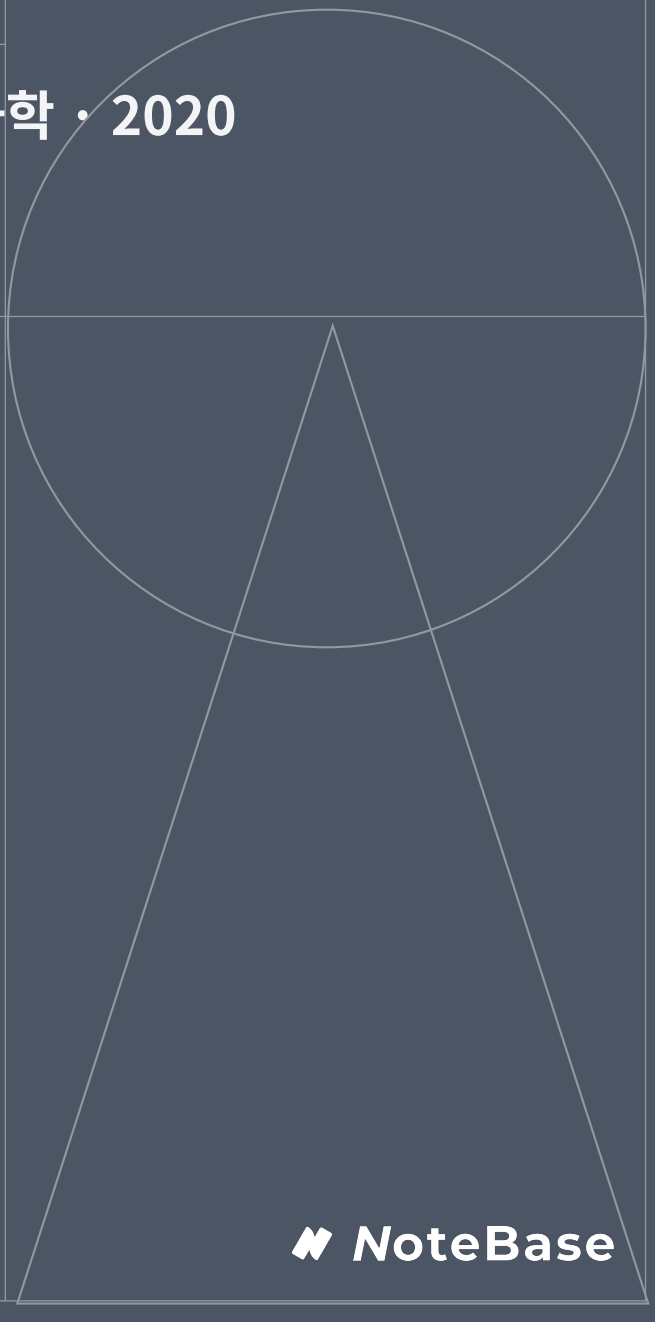
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2020

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2020

문 1. 삼브로민화 붕소(BBr_3)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 브뢴스테드－로우리 산이다.

② 루이스 산이다.

③ 브뢴스테드－로우리 염기이다.

④ 루이스 염기이다.

정답 2번

간단한 해설

삼브로민화 붕소(BBr_3)는 중심 붕소가 전자 부족 상태이므로 다른 물질의 **전자쌍을 받을 수 있는 루이스 산**이다.

개념 구분

삼브로민화 붕소의 전자 구조: BBr_3에서 붕소는 브로민 원자 세 개와 공유 결합을 형성한다. 단순한 루이스 구조에서 붕소 주위의 전자는 6개로, 옥텟인 8개에 미치지 못한다. 붕소에는 **전자쌍을 받아들일 수 있는 빈 궤도**가 있어 다른 물질이 제공하는 전자쌍으로 결합을 형성할 수 있다.

루이스 산과 염기의 구분: 루이스 산은 전자쌍을 받는 물질이고, 루이스 염기는 전자쌍을 주는 물질이다. 삼브로민화 붕소는 중심 붕소가 **전자쌍을 받는 쪽**이므로 루이스 산에 해당한다. 전자쌍을 제공하는 루이스 염기와는 역할이 반대이다.

브뢴스테드－로우리 개념과의 구분: 브뢴스테드－로우리 산은 양성자(H^+)를 주는 물질이고, 염기는 양성자를 받는 물질이다. BBr_3에는 수소가 없어 직접 양성자를 내놓는 산으로 설명할 수 없다. 이 물질의 산성은 **양성자 방출이 아니라 전자쌍 수용**으로 설명하므로 루이스 개념을 적용한다.

NoteBase

문 2. 축합 중합(condensation polymerization)이 주된 합성법이 아닌 것은?

① 폴리아마이드(polyamide)

② 폴리이미드(polyimide)

③ 페놀-포름알데히드 수지(phenol-formaldehyde resin)

④ 폴리올레핀(polyolefin)

정답 4번

간단한 해설

폴리올레핀은 에틸렌·프로필렌 등의 **탄소–탄소 이중 결합을 이용한 첨가 중합**으로 주로 합성한다. 사슬이 성장할 때 물 같은 작은 분자가 빠져나오는 축합 중합과 구별된다.

선지별 해설

축합 중합은 단량체의 작용기들이 반응하면서 물 등의 작은 분자를 내보내고 고분자를 형성하는 방식이다.

① O: 폴리아마이드는 나일론 6,6처럼 다이카복실산과 다이아민을 반응시켜 합성할 수 있다. 카복실기와 아미노기가 반응하여 **아마이드 결합을 형성하면서 물이 빠져나오므로** 축합 중합에 해당한다. 다만 나일론 6은 개환 중합으로도 제조되므로, 모든 폴리아마이드가 축합 중합으로만 만들어지는 것은 아니다.

② O: 폴리이미드는 대표적으로 이무수물과 다이아민을 반응시켜 폴리아믹산을 만든 뒤, **물을 제거하면서 이미드 고리를 형성**하여 합성한다. 이처럼 탈수 고리화 단계가 포함되는 대표 합성 경로는 축합형 합성에 해당한다.

③ O: 페놀-포름알데히드 수지는 페놀과 포름알데히드의 반응으로 생성된 하이드록시메틸기가 후속 축합 반응에 참여하면서 형성된다. 이 과정에서 물이 빠져나오고, 페놀 고리들이 **메틸렌 다리로 연결**되어 고분자가 만들어진다.

④ X: 폴리올레핀의 주된 합성법은 **축합 중합이 아니라 첨가 중합**이다. 에틸렌이나 프로필렌의 탄소–탄소 이중 결합이 반응하여 단량체가 사슬에 차례로 연결되며, 이 사슬 성장 과정에서는 물 같은 작은 분자가 부산물로 빠져나오지 않는다. 대표적인 생성물은 폴리에틸렌과 폴리프로필렌이다.

NoteBase

문 3. 이차전지만을 모두 고르면?

ㄱ. 니켈-카드뮴 전지
ㄴ. 리튬-산화망간 전지
ㄷ. 수은-아연 전지

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

이차전지는 방전 후 **충전하여 다시 사용할 수 있는 전지**이다. 리튬-산화망간 전지에는 일차전지와 충전식 이차전지가 모두 있으므로, 이 문항의 ㄴ은 **충전식**으로 해석한다.

보기별 해설

ㄱ. 이차전지: 니켈-카드뮴 전지는 방전 때 일어난 전극 반응을 충전으로 되돌려 다시 사용할 수 있다. 이처럼 **충전과 방전을 반복할 수 있다**는 점이 이차전지의 분류 기준이다.

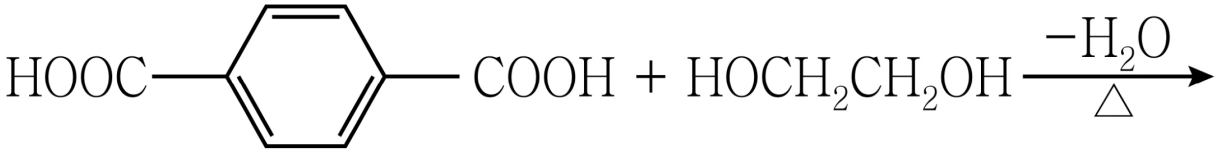
ㄴ. 이차전지(충전식 기준): 충전식 리튬-산화망간 전지는 산화망간계 양극과 리튬계 음극을 이용하며, 충전하여 반복 사용할 수 있다. 실제로 **ML형은 이차전지, CR형은 일차전지**이므로 재료명만으로 둘을 동일하게 분류해서는 안 된다. 이 문항의 ㄴ은 충전식 리튬-산화망간 전지로 해석한다.

ㄷ. 일차전지: 통상적인 수은-아연 전지는 산화수은을 양극 활물질로, 아연을 음극 활물질로 사용한다. 방전 후 충전하여 반복 사용하는 용도로 설계된 전지가 아니므로 **이차전지에 포함되지 않는다**.

따라서 이차전지로 고르는 보기는 ㄱ, ㄴ이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 4. 다음 반응에서 얻어지는 고분자의 종류는?



① 폴리아마이드(polyamide)

② 폴리카보네이트(polycarbonate)

③ 폴리에스터(polyester)

④ 폴리우레탄(polyurethane)

정답 3번

간단한 해설

다이카복실산의 카복실기와 다이올의 하이드록시기가 물을 내놓으며 반응하면 **에스터 결합**이 형성된다. 이 결합이 주사슬에 반복되므로 생성물은 **폴리에스터**이다.

핵심 풀이

그림의 왼쪽 물질은 벤젠 고리의 마주 보는 위치에 카복실기(–COOH)가 두 개 붙은 테레프탈산이고, 오른쪽 물질은 하이드록시기(–OH)가 두 개 있는 에틸렌글리콜이다. 두 물질 모두 **반응할 수 있는 작용기가 양쪽에 있어** 분자들이 연속해서 연결될 수 있다.

가열하면서 카복실기와 하이드록시기가 반응하면 물이 빠져나가고 **에스터 결합(–C(=O)–O–)**이 생긴다. 그림의 화살표 위 물 제거 표시는 이 축합 반응을 나타낸다. 반응이 반복되어 에스터 결합을 주사슬에 가진 폴리에스터가 생성되며, 이 두 단량체로 얻는 고분자는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)이다.

고분자의 종류는 벤젠 고리의 유무보다 **주사슬에 형성되는 결합**으로 구별한다. 폴리카보네이트의 카보네이트 결합은 –O–C(=O)–O–로, 이 반응에서 생기는 에스터 결합과 구조가 다르다. 폴리아마이드와 폴리우레탄은 각각 아마이드 결합과 우레탄 결합에 질소를 포함하지만, 제시된 두 반응물에는 질소가 없다.

NoteBase

문 5. 다음 반응의 주생성물(major product) A는?

$CH_3CH_2CH_2CH_2Br + (CH_3)_3CO^- K^+ \rightarrow A$

① $CH_3CH_2CH{=}CH_2$
② $CH_3CH_2CH_2CH_2OC(CH_3)_3$
③ $CH_3CH{=}CHCH_3$
④ $CH_3CH{=}CHCH_2OC(CH_3)_3$

정답 1번

간단한 해설

tert-뷰톡사이드는 부피가 큰 강염기이므로 **E2 제거반응**을 유리하게 한다. Br이 붙은 말단 탄소와 그 옆 탄소 사이에 이중 결합이 생겨 $CH_3CH_2CH{=}CH_2$(1-뷰텐)가 생성된다.

핵심 풀이

$CH_3CH_2CH_2CH_2Br$은 1차 할로젠화 알킬이지만, 시약인 $(CH_3)_3CO^-$는 부피가 큰 강염기이다. 입체장애 때문에 Br이 붙은 탄소를 공격하는 친핵성 치환반응(SN2)이 상대적으로 불리해지고, 이웃 탄소의 수소를 떼는 **E2 제거반응이 우세**하다. ②의 에터는 Br 자리에 tert-뷰톡시기가 들어간 치환 생성물이므로 주생성물과 구별한다.

Br이 붙은 탄소를 α-탄소, 그 바로 옆 탄소를 β-탄소라고 한다. 이 반응에서는 염기가 β-수소를 떼는 동시에 Br^-가 이탈하고, 두 탄소 사이에 이중 결합이 형성된다. β-탄소는 한 위치뿐이므로 생성물 A는 $CH_3CH_2CH{=}CH_2$인 1-뷰텐이다. ③의 2-뷰텐은 **이중 결합이 α-탄소와 β-탄소 사이에 있지 않아** 이 출발물질의 직접적인 E2 생성물이 아니다. 더 치환된 알켄이 안정하다는 이유만으로 2-뷰텐을 고르면 안 된다.

④의 $CH_3CH{=}CHCH_2OC(CH_3)_3$는 Br 자리가 에터기로 바뀌면서 사슬 내부에 이중 결합까지 생긴 구조이다. 주어진 반응의 E2 과정에서는 Br이 제거되며 말단 이중 결합이 생기므로 이러한 구조가 만들어지지 않는다.

NoteBase

문 6. 합성가스를 이용한 메탄올의 공업적 합성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 반응물은 일산화탄소(CO)와 수소(H_2)이다.

② 이 반응은 발열반응이다.

③ 디메틸에테르(CH_3OCH_3)가 부산물(byproduct)로 생성될 수 있다.

④ 상온, 상압에서 H_3PO_4/SiO_2를 사용하여 합성한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '상온, 상압에서 H_3PO_4/SiO_2를 사용'한다는 설명이 잘못되었다. 합성가스로 메탄올을 만들 때는 **구리계 촉매를 사용하여 가열·가압**하며, H_3PO_4/SiO_2는 에틸렌의 수화로 에탄올을 만드는 데 쓰인다.

선지별 해설

① O: 합성가스의 주요 성분인 **일산화탄소와 수소**가 반응하여 메탄올을 만든다. 기본 반응식은 $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH$이다. 실제 합성가스에는 이산화탄소가 포함될 수 있으며, 이산화탄소도 수소와 반응하여 메탄올을 생성할 수 있다.

② O: 일산화탄소와 수소가 메탄올로 전환되는 정반응은 **열을 방출하는 발열반응**이다. 따라서 공업적 반응기에서는 반응열을 제거하여 온도를 조절해야 한다.

③ O: 생성된 메탄올 일부가 **분자 간 탈수반응**을 하면 디메틸에테르가 부산물로 생길 수 있다. 반응식은 $2CH_3OH \rightleftharpoons CH_3OCH_3 + H_2O$로, 메탄올 두 분자에서 물 한 분자가 빠져나오면서 에테르 결합이 형성된다.

④ X: 합성가스로부터 메탄올을 공업적으로 합성할 때는 상온·상압이 아니라 **구리계 촉매를 이용하는 가열·가압 조건**을 사용한다. 대표적인 촉매는 $Cu/ZnO/Al_2O_3$이다. 가열은 충분한 반응속도를 확보하기 위한 것이며, 가압은 기체 몰수가 감소하는 메탄올 생성 방향의 평형에 유리하다. H_3PO_4/SiO_2는 실리카에 인산을 담지한 촉매로, 합성가스의 메탄올 합성이 아니라 **에틸렌의 수화에 의한 에탄올 합성**에 사용된다.

NoteBase

문 7. 헤미셀룰로오스(hemicellulose)의 구성 성분 중 5탄당(pentose)으로만 묶은 것은?

① 만노오스(mannose), 글루코오스(glucose)

② 갈락토오스(galactose), 아라비노오스(arabinose)

③ 만노오스(mannose), 갈락토오스(galactose)

④ 자일로오스(xylose), 아라비노오스(arabinose)

정답 4번

간단한 해설

자일로오스와 아라비노오스는 탄소 원자가 각각 5개인 **5탄당**이다. 만노오스·글루코오스·갈락토오스는 탄소 원자가 6개인 6탄당이다.

개념 구분

5탄당: 단당류 한 분자에 탄소 원자가 5개 있는 당이다. 헤미셀룰로오스의 구성 성분인 **자일로오스와 아라비노오스**가 이에 해당하므로, 두 당을 묶으면 5탄당으로만 이루어진다.

6탄당: 단당류 한 분자에 탄소 원자가 6개 있는 당이다. **만노오스·글루코오스·갈락토오스**가 이에 해당한다. ①과 ③은 두 당이 모두 6탄당이고, ②는 6탄당인 갈락토오스와 5탄당인 아라비노오스를 함께 묶었으므로 문제의 조건을 충족하지 못한다.

NoteBase

문 8. 음이온과 양이온을 모두 함유한 양쪽성(zwitterion) 계면활성제가 주생성물로 얻어지는 반응은? (단, R는 소수성 알킬기이다)

① $RN(CH_3)_2 + CH_3Cl \longrightarrow$

② $RN(CH_3)_2 + ClCH_2COONa \longrightarrow$

③ $RCOOH + HO(CH_2CH_2O)_nH \rightarrow$

④ $RO(CH_2CH_2O)_nSO_3H \rightarrow$

정답 2번

간단한 해설

3차 아민이 클로로아세트산 나트륨과 반응하면, 질소가 양전하를 띠는 4차 암모늄이 되고 카복실산 음이온기를 가진 사슬이 질소에 연결된다. 생성된 베타인은 **한 분자 안에 양전하와 음전하를 함께** 가지는 양쪽성 계면활성제이다.

선지별 해설

① X: 질소에 메틸기가 추가되어 4차 암모늄염인 $[RN(CH_3)_3]^+Cl^-$이 생성된다. 소수성 알킬기 R를 가진 부분은 양전하를 띠므로 **양이온 계면활성제**이다. 염화 이온은 별개의 상대 이온이므로, 염 전체에 양이온과 음이온이 있다는 것만으로 양쪽성이 되지는 않는다.

② O: 3차 아민의 질소가 클로로아세트산 나트륨의 염소가 결합한 탄소와 결합하면서 염화 이온이 떨어져 나간다. 질소는 4차 암모늄이 되고, 생성물은 $RN^+(CH_3)_2CH_2COO^-$ 형태의 알킬베타인이다. **4차 암모늄의 양전하와 카복실산 음이온기의 음전하가 같은 분자 안에** 있으므로 양쪽성 계면활성제에 해당하며, 부산물로 염화 나트륨이 생성된다.

③ X: 황산 촉매하에서 지방산의 카복실기와 폴리에틸렌글리콜의 말단 하이드록시기가 에스터화하여 지방산 에스터가 생성된다. 한쪽 말단이 에스터화한 생성물은 $RCOO(CH_2CH_2O)_nH$로 나타낼 수 있다.
폴리옥시에틸렌 사슬이 친수성을 제공하지만 양전하와 음전하를 가진 이온성 머리 부분이 생기지는 않으므로 **비이온 계면활성제**이다.

④ X: 황산 에스터의 산성 수소가 수산화 나트륨에 의해 중화되어 나트륨염이 생성된다. 물속에서 소수성 알킬기 R를 포함한 부분은 $RO(CH_2CH_2O)_nSO_3^-$ 형태의 음이온이 되므로 **음이온 계면활성제**이다. 나트륨 이온은 별개의 상대 이온이며, 같은 분자 안에 양전하를 띠는 작용기가 생기는 것은 아니다.

NoteBase

문 9. 격자 에너지(lattice energy)는 고체 이온결합 화합물 1몰을 기체 이온으로 완전히 분리시키는 데 필요한 에너지이다. 격자 에너지가 가장 큰 것은?

① MgO

② MgS

③ NaF

④ NaCl

정답 1번

간단한 해설

MgO는 양이온과 음이온이 모두 **2가 이온**이어서 정전기적 인력이 강하다. 같은 전하를 가진 MgS와 비교해도 산화 이온이 황화 이온보다 작아 **이온 사이 거리가 짧으므로** 격자 에너지가 더 크다.

선지별 해설

격자 에너지는 이온결정을 기체 이온으로 완전히 분리하는 데 필요한 에너지이므로, 이온 사이의 정전기적 인력이 강할수록 크다. 이를 비교하는 주요 기준은 이온 전하의 절댓값과 이온 사이 거리이다. 전하의 절댓값이 클수록, 양이온과 음이온의 반지름 합이 작을수록 격자 에너지가 커진다.

① MgO: Mg^{2+}와 O^{2-}로 이루어져 두 이온의 전하 절댓값의 곱이 4이다. NaF·NaCl의 1보다 커 인력이 강하며, 같은 2가 이온 화합물인 MgS에 비해서도 **O^{2-}가 S^{2-}보다 작아** 이온 사이 거리가 짧다.

② MgS: Mg^{2+}와 S^{2-}로 이루어져 전하 절댓값의 곱은 MgO와 같은 4이다. 그러나 **S^{2-}의 반지름이 O^{2-}보다 크므로** 이온 사이 거리가 길어 MgO보다 격자 에너지가 작다.

③ NaF: Na^{+}와 F^{-}로 이루어져 전하 절댓값의 곱이 1이다. MgO보다 **이온의 전하 절댓값이 작아** 격자 에너지가 작다. NaCl과 비교하면 F^{-}가 Cl^{-}보다 작아 이온 사이 거리가 짧으므로 격자 에너지가 더 크다.

④ NaCl: Na^{+}와 Cl^{-}로 이루어져 전하 절댓값의 곱이 1이다. NaF와 전하 조건은 같지만 **Cl^{-}가 F^{-}보다 커** 이온 사이 거리가 길므로 격자 에너지가 NaF보다 작으며, MgO보다도 작다.

따라서 큰 이온 전하와 짧은 이온 사이 거리를 함께 갖춘 ① MgO의 격자 에너지가 가장 크다.

NoteBase

문 10. 응집침전법에 사용하는 응집보조제가 아닌 것은?

① $Ca(OH)_2$

② Na_2CO_3

③ $NaOH$

④ $FeCl_3$

정답 4번

간단한 해설

염화철(III) $FeCl_3$은 가수분해하여 수산화철 플록을 형성하는 **주응집제**이다. pH와 알칼리도를 조절하여 응집을 돕는 응집보조제와 구별한다.

선지별 해설

응집보조제에는 응집이 잘 일어나도록 pH와 알칼리도를 조절하는 약품이 포함된다. 알칼리도는 물이 산을 중화할 수 있는 능력이다. 철염·알루미늄염 응집제는 가수분해 과정에서 알칼리도를 소모하므로, 알칼리도가 부족하면 알칼리제를 보충하여 적절한 pH를 유지한다.

① O: 수산화칼슘 $Ca(OH)_2$은 소석회로, **pH와 알칼리도를 높이는** 응집보조제로 사용된다. 응집제 투입으로 pH가 지나치게 낮아지는 것을 막아 플록이 잘 형성되도록 돕는다.

② O: 탄산나트륨 Na_2CO_3은 소다회로, **부족한 알칼리도를 보충**하는 응집보조제로 사용된다. 탄산 이온이 산을 중화하여 응집에 필요한 pH 조건을 유지하도록 돕는다.

③ O: 수산화나트륨 $NaOH$은 가성소다로, **산을 중화하고 pH를 높이는** 응집보조제로 사용된다. 응집제의 가수분해에 따른 pH 저하를 보완한다.

④ X: 염화철(III) $FeCl_3$은 응집보조제가 아니라 **주응집제**로 분류한다. 물속에서 가수분해하여 수산화철(III) $Fe(OH)_3$ 플록을 형성하고, 이 플록이 미세입자를 포집하여 침전되도록 한다.

NoteBase

문 11. 비스페놀 A를 원료로 사용하지 않는 고분자는?

① 폴리카보네이트(polycarbonate)

② 폴리아릴레이트(polyarylate)

③ ABS 수지(ABS resin)

④ 에폭시 수지(epoxy resin)

정답 3번

간단한 해설

ABS 수지는 **아크릴로니트릴·부타디엔·스타이렌**을 원료로 만드는 고분자이다. 비스페놀 A는 ABS의 구성 단량체로 사용되지 않는다.

선지별 해설

① X: 범용 폴리카보네이트는 **비스페놀 A와 포스젠**을 반응시켜 제조할 수 있다. 비스페놀 A의 두 페놀성 수산기가 반응에 참여하여 고분자 사슬에 카보네이트 결합이 형성되므로, 비스페놀 A를 원료로 사용하는 고분자에 해당한다.

② X: 대표적인 폴리아릴레이트는 비스페놀 A와 테레프탈산·이소프탈산의 산염화물을 축합시켜 제조하는 **방향족 폴리에스터**이다. 비스페놀 A의 수산기와 산염화물이 반응하여 에스터 결합을 형성하므로, 비스페놀 A가 합성 원료에 포함된다.

③ O: ABS 수지는 **아크릴로니트릴(A)·부타디엔(B)·스타이렌(S)**의 세 단량체를 바탕으로 제조한다. 일반적인 제조법에서는 폴리부타디엔에 스타이렌과 아크릴로니트릴을 그래프트 중합하며, 비스페놀 A를 구성 단량체로 사용하지 않는다.

④ X: 대표적인 비스페놀 A형 에폭시 수지는 **비스페놀 A와 에피클로로히드린**을 반응시켜 제조한다. 이 반응으로 에폭시기를 가진 수지가 만들어지고, 이후 경화제와 반응하여 가교 구조를 형성한다. 따라서 비스페놀 A는 에폭시 수지의 주요 합성 원료이다.

NoteBase

문 12. 소금물의 전기 분해 생성물이 아닌 것은?

① 염소(Cl_2)

② 수소(H_2)

③ 수산화 소듐($NaOH$)

④ 과산화수소(H_2O_2)

정답 4번

간단한 해설

소금물 전기 분해에서 음극의 물은 환원되어 **수소와 수산화 이온**을 만든다. 과산화수소는 이 전기 분해의 통상적인 생성물이 아니다.

핵심 풀이

양극에서는 염화 이온이 전자를 잃는 산화 반응이 일어나 **염소 기체**가 발생한다. 반쪽 반응식은 $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$이다.

음극에서는 물이 전자를 얻는 환원 반응이 일어나 **수소 기체와 수산화 이온**이 생성된다. 반쪽 반응식은 $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$이다. 수산화 이온은 용액 속 소듐 이온과 함께 수산화 소듐 수용액을 이룬다.

과산화수소는 H_2O_2라는 별개의 화합물이며, 음극에서 생성되는 수소나 수산화 이온과 구별해야 한다. 통상적인 소금물 전기 분해의 생성물에는 **과산화수소가 포함되지 않는다**.

NoteBase

문 13. 반도체 소자 제조공정에서 도판트(dopant)를 주입하는 공정은?

① 식각(etching)

② 확산(diffusion)

③ 세척(washing)

④ 산화(oxidation)

정답 2번

간단한 해설

확산은 **고온에서 도판트를 반도체 내부로 이동**시켜 전기적 성질을 조절하는 도핑 방법이다.

개념 구분

② 확산(diffusion): 도판트는 반도체의 전기적 성질을 조절하기 위해 의도적으로 첨가하는 불순물이다. 확산 공정에서는 반도체 표면에 공급된 도판트가 고온에서 **농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동**하여 내부로 들어간다. 이 원리를 이용해 도판트의 농도와 침투 깊이를 조절한다.

① 식각(etching): 회로 패턴을 만들기 위해 **불필요한 부분을 선택적으로 제거**하는 공정이다. 도판트를 반도체 내부에 넣는 공정과 구별된다.

③ 세척(washing): 웨이퍼 표면의 입자나 오염물을 제거하는 공정이다. 전기적 성질을 조절하려고 불순물을 의도적으로 첨가하는 도핑과 목적이 다르다.

④ 산화(oxidation): 실리콘 표면을 산소나 수증기와 반응시켜 **산화막을 형성**하는 공정이다. 도판트를 내부로 이동시키는 확산과 구별된다.

NoteBase

문 14. 탄화수소 C_4H_8의 구조 및 기하 이성질체의 총개수는?

① 4개

② 5개

③ 6개

④ 7개

정답 3번

간단한 해설

구조 이성질체는 5종이며, 이 중 **2-부텐만 시스형과 트랜스형**으로 나뉜다. 따라서 구조와 기하 이성질체를 모두 구별하면 5 - 1 + 2 = 6개이다.

계산 과정

분자식이 C_4H_8인 탄화수소의 불포화도는 $\frac{2\times 4+2-8}{2}=1$이다. 같은 탄소 수의 포화 사슬형 탄화수소보다 수소가 2개 적으므로, **이중결합 1개 또는 고리 1개**를 가진 구조를 센다.

사슬형: 탄소 4개를 일렬로 연결하면 이중결합 위치에 따라 1-부텐 $CH_2=CHCH_2CH_3$과 2-부텐 $CH_3CH=CHCH_3$이 생긴다. 반대쪽 끝에서 번호를 매겨 얻는 구조는 중복이다. 탄소 사슬을 가지형으로 만들면 2-메틸프로펜 $CH_2=C(CH_3)_2$이 생긴다. 따라서 사슬형 구조 이성질체는 3종이다.

고리형: 탄소 4개가 모두 고리를 이루는 사이클로부테인과, 탄소 3개의 고리에 메틸기 1개가 붙은 메틸사이클로프로페인이 가능하다. 탄소 고리는 최소 3개의 탄소로 이루어지므로 다른 탄소 배치는 없으며, 고리형 구조 이성질체는 2종이다.

기하 이성질체: 이중결합의 회전이 제한되는 알켄에서 시스·트랜스를 구별하려면 **이중결합의 각 탄소에 서로 다른 두 치환기**가 결합해야 한다. 2-부텐은 각 탄소에 수소와 메틸기가 하나씩 있어, 두 메틸기가 같은 쪽인 시스-2-부텐과 반대쪽인 트랜스-2-부텐으로 나뉜다. 1-부텐과 2-메틸프로펜은 이중결합의 한 탄소에 수소 2개가 붙어 있어 기하 이성질체가 없다. 위의 두 고리형 구조도 치환기 사이의 시스·트랜스 구별이 없다.

사슬형은 1-부텐 1개, 2-부텐 2개, 2-메틸프로펜 1개로 모두 4개이다. 여기에 고리형 2개를 더하면 총 4 + 2 = 6개로, ③의 6개에 해당한다.

NoteBase

문 15. 전이금속 화합물 $[Co(en)_2Cl_2]Cl$에서 중심 금속인 코발트(Co)의 배위수와 산화수를 옳게 짝 지은 것은? (단, en = 1,2−ethylenediamine)

① Co 배위수: 4, Co 산화수: +2

② Co 배위수: 4, Co 산화수: +3

③ Co 배위수: 6, Co 산화수: +2

④ Co 배위수: 6, Co 산화수: +3

정답 4번

간단한 해설

en은 중성의 **두 자리 리간드**이므로 en 2개와 대괄호 안의 염화 이온 2개가 만드는 배위수는 6이다. 대괄호 밖의 염화 이온에 대응하는 착이온의 전하가 +1이므로 Co의 산화수는 **+3**이다.

계산 과정

배위수: 배위수는 중심 금속에 직접 결합한 주개 원자의 수이다. en(1,2-에틸렌다이아민)은 두 질소 원자가 각각 비공유 전자쌍을 제공하는 두 자리 리간드이므로 en 2개가 배위수에 기여하는 수는 $2 \times 2 = 4$이다. 대괄호 안의 염화 이온 2개는 각각 한 자리씩 차지하므로 Co의 배위수는 $4 + 2 = 6$이다. **대괄호 밖의 염화 이온은 Co에 직접 배위하지 않으므로** 배위수에 포함하지 않는다.

산화수: 대괄호 밖의 염화 이온은 전하가 −1이므로, 전기적으로 중성인 전체 화합물에서 착이온의 전하는 +1이다. **en은 전하가 0인 중성 리간드**이고, 대괄호 안의 염화 이온은 각각 전하가 −1이다. Co의 산화수를 x라 하면, 구성 성분의 산화수·전하의 합이 착이온의 전하와 같으므로 $x + 2(0) + 2(-1) = +1$이다. 이를 풀면 $x = +3$이다.

따라서 Co의 배위수는 6, 산화수는 +3이며, 이는 ④의 짝과 일치한다.

NoteBase

문 16. 올레핀 중합공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 지글러-나타 촉매(Ziegler-Natta catalyst)를 이용하여 에틸렌으로부터 폴리에틸렌을 만들 수 있다.

② 메탈로센 촉매(Metallocene catalyst)는 폴리프로필렌의 합성에 사용할 수 없다.

③ 크롬계 촉매를 이용하여 고밀도 폴리에틸렌을 만들 수 있다.

④ 고온, 고압 조건에서 에틸렌을 중합하면 저밀도 폴리에틸렌을 만들 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

메탈로센 촉매는 프로필렌을 중합하여 **폴리프로필렌을 합성할 수 있다**. 따라서 '폴리프로필렌의 합성에 사용할 수 없다'는 설명이 잘못되었다.

선지별 해설

① O: 지글러-나타 촉매는 전이금속 화합물과 유기알루미늄 화합물 등을 조합한 촉매계로, 에틸렌의 **배위중합**에 사용된다. 에틸렌이 금속 활성점에 배위한 뒤 성장 사슬에 차례로 삽입되어 폴리에틸렌을 형성한다.

② X: 메탈로센 촉매는 에틸렌뿐 아니라 프로필렌의 배위중합에도 사용되므로, '사용할 수 없다'를 **'사용할 수 있다'**로 고쳐야 한다. 촉매의 리간드 구조에 따라 프로필렌이 사슬에 결합하는 입체적 방향을 조절할 수 있어, 입체규칙성을 제어한 폴리프로필렌을 합성할 수 있다.

③ O: 대표적인 크롬계 촉매인 필립스 촉매는 실리카 등에 담지한 크롬 산화물계 촉매로, 에틸렌을 중합하여 고밀도 폴리에틸렌을 생산하는 데 사용된다. 생성된 고분자는 **가지가 적어 사슬이 치밀하게 배열**될 수 있으므로 결정성과 밀도가 높다.

④ O: 에틸렌을 고온·고압에서 과산화물 등의 개시제로 **자유라디칼 중합**하면 저밀도 폴리에틸렌을 얻을 수 있다. 이 과정에서는 사슬이동 반응으로 가지가 형성되며, 가지가 사슬의 치밀한 배열을 방해하므로 결정성과 밀도가 낮아진다.

NoteBase

문 17. C_4 **올레핀을 주원료로 하는 석유 화학 제품은?**

① 뷰테인-1,4-다이올(butane-1,4-diol)

② 아이소프로필알코올(isopropyl alcohol)

③ 폴리아크릴로나이트릴(polyacrylonitrile)

④ 펜타에리트리톨(pentaerythritol)

정답 1번

간단한 해설

뷰테인-1,4-다이올은 탄소가 4개인 불포화 원료 **1,3-뷰타다이엔**에서 제조할 수 있는 석유 화학 제품이다.

핵심 풀이

뷰테인-1,4-다이올의 원료: 탄소가 4개이고 이중결합이 두 개인 1,3-뷰타다이엔을 출발 원료로 사용한다.
대표적인 공정에서는 뷰타다이엔을 아세트산·산소와 반응시켜 다이아세톡시뷰텐을 만들고, 이를 수소화한 뒤 가수분해하여 뷰테인-1,4-다이올을 얻는다. 이처럼 **뷰타다이엔의 탄소 4개 골격을 이용하는 제조 경로**가 문제의 원료 조건에 해당한다.

프로필렌 계열과의 구분: 아이소프로필알코올은 프로필렌의 수화로 제조한다. 폴리아크릴로나이트릴은 아크릴로나이트릴을 중합한 고분자이며, 아크릴로나이트릴의 대표적인 제조 원료도 프로필렌이다. 두 제품은 대표적인 석유 화학 제조 경로에서 **탄소 3개의 프로필렌 계열**로 구분한다.

펜타에리트리톨과의 구분: 펜타에리트리톨은 아세트알데하이드와 포름알데하이드를 염기성 조건에서 반응시켜 제조한다. 하이드록시기가 4개인 알코올이라는 성질은 **탄소 4개의 올레핀을 주원료로 한다는 뜻이 아니다**.
제품의 작용기 수와 출발 원료의 탄소 수를 구별해야 한다.

NoteBase

문 18. 탄소(C)가 친핵성인 화합물은?

① CH_3MgCl

② CH_3NH_2

③ $O=CH_2$

④ CH_3Cl

정답 1번

간단한 해설

CH_3MgCl에서는 탄소가 마그네슘보다 전기음성도가 커서 C–Mg 결합의 전자쌍이 탄소 쪽으로 치우친다. 따라서 탄소가 **부분 음전하**를 띠고, 전자가 부족한 원자에 전자쌍을 제공하는 **친핵성 중심**으로 작용한다.

선지별 해설

친핵체는 전자쌍을 제공하여 결합을 형성하고, 친전자체는 그 전자쌍을 받아들인다. 이 문항에서는 분자 전체의 성질보다 탄소가 전자쌍을 제공하는 반응 중심인지 판단해야 한다.

① O: CH_3MgCl는 그리냐르 시약이다. 탄소가 마그네슘보다 전기음성도가 크므로 C–Mg 결합에서 탄소는 부분 음전하를 띤다. 이 탄소는 **결합 전자쌍을 친전자체에 제공**하여 새로운 결합을 형성하므로 친핵성이다.

② X: CH_3NH_2는 메틸아민이다. 친핵성 중심은 **탄소가 아니라 비공유 전자쌍을 가진 질소**이다. 질소가 이 전자쌍을 제공하여 친전자체와 결합할 수 있으므로, 분자가 친핵체로 작용한다는 사실과 탄소가 친핵성이라는 주장을 구별해야 한다.

③ X: $O=CH_2$는 포름알데하이드이다. 산소가 탄소보다 전기음성도가 커서 C=O 결합의 전자밀도가 산소 쪽으로 치우친다. 따라서 탄소는 부분 양전하를 띠며, 친핵체의 전자쌍을 받아들이는 **친전자성 중심**이다.

④ X: CH_3Cl는 염화메틸이다. 염소가 탄소보다 전기음성도가 커서 C–Cl 결합에서 탄소는 부분 양전하를 띤다. 이 탄소는 친핵성 치환 반응에서 친핵체의 공격을 받는 **친전자성 중심**이다.

NoteBase

문 19. DNA로부터 단백질이 형성되는 과정에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. DNA로부터 전령 RNA(mRNA)가 형성되는 과정을 번역(translation)이라 한다.
ㄴ. 생성된 mRNA의 염기서열이 C-G-G라면, 해당 주형 DNA의 염기서열은 G-C-C이다. (G: 구아닌, C: 사이토신)
ㄷ. 코돈에 의해 아미노산의 종류가 정해진다.
ㄹ. 세포의 핵 내부에서 mRNA와 리보솜(ribosome)에 의해 단백질이 합성된다.

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 3번

간단한 해설

mRNA는 주형 DNA와 **상보적인 염기서열**로 만들어지므로 C-G-G에 대응하는 주형 서열은 G-C-C이다.
번역에서는 mRNA의 **코돈**에 따라 연결될 아미노산의 종류가 정해진다.

보기별 해설

ㄱ. X: DNA를 주형으로 mRNA를 합성하는 과정은 **전사(transcription)**이다. 번역(translation)은 mRNA의 염기서열 정보를 읽어 아미노산을 연결하고 단백질을 합성하는 과정이다.

ㄴ. O: 전사 과정에서 주형 DNA와 mRNA 사이에는 **상보적 염기쌍**이 형성된다. mRNA의 C는 주형 DNA의 G와, mRNA의 G는 주형 DNA의 C와 대응하므로 C-G-G에 대응하는 주형 DNA 서열은 G-C-C이다. 두 가닥의 방향은 서로 반대이므로 mRNA를 5′-C-G-G-3′로 쓰면 주형 DNA는 3′-G-C-C-5′로 대응한다.

ㄷ. O: 코돈은 mRNA에서 **연속된 세 개의 염기**로 이루어진 유전정보의 단위이다. 번역 과정에서는 각 코돈에 대응하는 아미노산이 연결되어 단백질의 아미노산 서열이 정해진다. 다만 종결 코돈은 아미노산을 지정하지 않고 번역의 종료를 알린다.

ㄹ. X: 진핵세포에서 전사는 핵 안에서 일어나지만, 단백질을 합성하는 번역은 **핵 밖의 리보솜**에서 일어난다. 핵에서 만들어진 mRNA가 세포질로 이동하고, 리보솜이 그 정보를 읽어 아미노산을 연결한다. 따라서 단백질 합성 장소를 '핵 내부'라고 한 부분이 잘못되었다.

옳은 보기는 ㄴ과 ㄷ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 20. $[Ni(en)_3]^{2+}$**의 생성 평형상수(**K_1**)가** $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$**의 생성 평형상수(**K_2**)보다** 10^{10}**배만큼 더 크다. 이 차이를 설명할 수 있는 가장 적절한 효과는? (단, en = 1,2-ethylenediamine)**

$$Ni^{2+}(aq) + 3en(aq) \rightleftharpoons [Ni(en)_3]^{2+}(aq)$$
$$K_1 = \frac{[[Ni(en)_3]^{2+}]}{[Ni^{2+}][en]^3}$$
$$Ni^{2+}(aq) + 6NH_3(aq) \rightleftharpoons [Ni(NH_3)_6]^{2+}(aq)$$
$$K_2 = \frac{[[Ni(NH_3)_6]^{2+}]}{[Ni^{2+}][NH_3]^6}$$

① 결정장 효과(crystal field effect)

② 킬레이트 효과(chelate effect)

③ 얀텔러 효과(Jahn-Teller effect)

④ 틴들 효과(Tyndall effect)

정답 2번

간단한 해설

en은 두 질소 원자로 같은 금속 이온에 결합하여 고리를 만드는 **두 자리 리간드**이다. 이처럼 고리를 형성하는 리간드가 유사한 한 자리 리간드보다 착물을 더 안정하게 만드는 현상을 **킬레이트 효과**라고 한다.

핵심 풀이

배위 방식: en 한 분자는 두 질소 원자의 비공유 전자쌍을 통해 같은 Ni^{2+}에 배위하여 5원자 고리를 만든다. 따라서 en 3분자는 총 6개의 배위 자리를 차지한다. 반면 NH_3는 한 분자가 한 자리만 차지하므로, 같은 배위수 6을 채우려면 6분자가 필요하다. 두 착물의 차이는 배위수보다 **한 리간드가 여러 자리에서 결합하여 고리를 만드는지**에 있다.

안정화 원인: 암모니아 착물의 리간드를 en으로 바꾸면 en 3분자가 결합하면서 자유로운 암모니아 6분자가 방출된다. 이때 용액 속 독립적인 입자 수가 늘어나는 데 따른 **엔트로피 증가**가 en 착물의 안정화에 크게 기여한다. 이러한 킬레이트 효과로 en 착물의 생성이 더 유리해지며, 문제에서 생성 평형상수 K_1이 K_2보다 10^{10} 배 큰 차이를 설명할 수 있다.

결정장 효과와의 구분: 결정장 효과는 리간드가 만드는 전기장에 의해 금속의 d 오비탈 에너지 준위가 갈라지는 현상이다. 여기서 주목할 단서는 오비탈의 갈라짐이 아니라 **두 자리 리간드의 고리 형성에 따른 추가 안정화**이므로 킬레이트 효과로 설명한다.

NoteBase