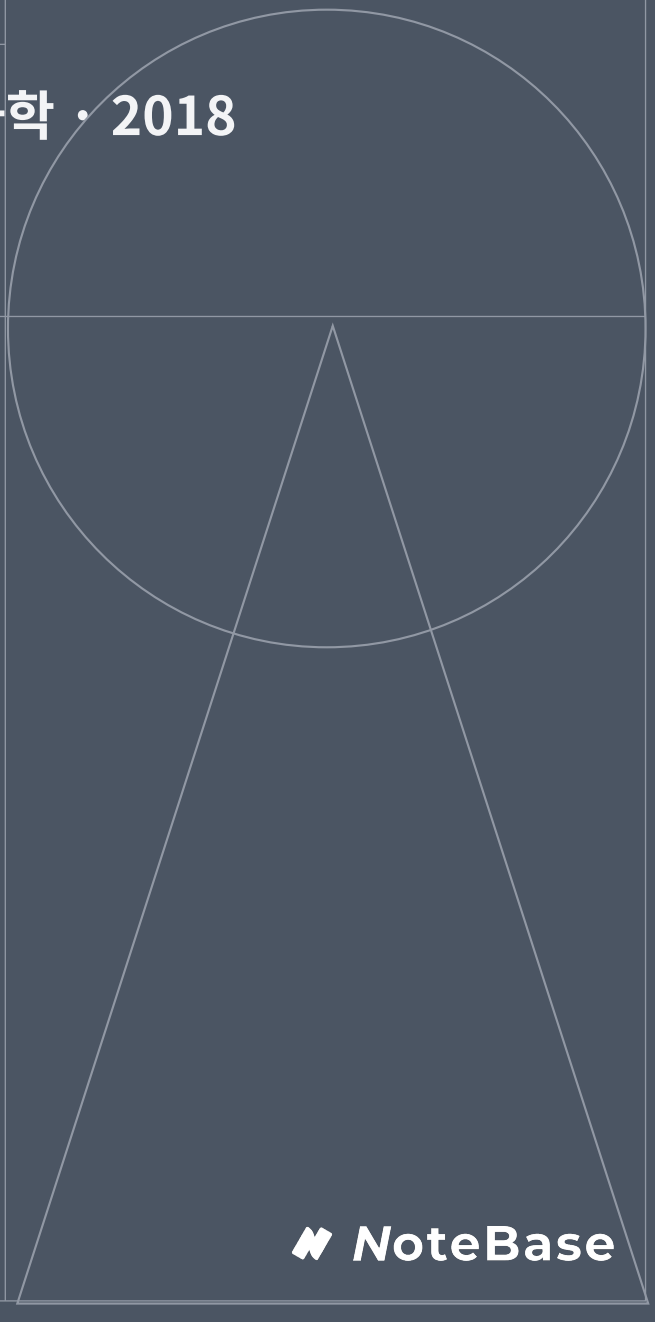
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2018

공무원/국가직/9급 · 공업화학 · 2018

문 1. 나일론의 화학식이 옳게 표현된 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 나일론 6 $[NH(CH_2)_4CO]_n$
ㄴ. 나일론 6,6 $[NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CO]_n$
ㄷ. 나일론 6,10 $[NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_{10}CO]_n$

① ㄴ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

나일론 이름의 숫자는 **카보닐 탄소까지 포함한 단량체의 탄소 수**를 나타낸다. 나일론 6,6의 식은 디아민 쪽 탄소 6개와 디카복실산 쪽 탄소 6개에 맞게 표현되어 있다.

NoteBase

보기별 해설

나일론의 숫자가 하나이면 단량체의 탄소 수를, 두 개이면 차례로 디아민과 디카복실산의 탄소 수를 뜻한다. 탄소 수를 셀 때는 메틸렌기뿐 아니라 카보닐기의 탄소도 포함한다.

ㄱ. X: 나일론 6의 반복 단위에는 탄소가 6개 있어야 한다. 제시된 식은 메틸렌기의 탄소 4개와 카보닐 탄소 1개를 합해 5개뿐이다. 메틸렌기가 **4개가 아니라 5개**여야 하므로, 올바른 식은 $[NH(CH_2)_5CO]_n$이다.

ㄴ. O: 나일론 6,6은 헥사메틸렌디아민과 아디프산으로 만든다. 디아민에서 유래한 부분은 메틸렌기 6개로 탄소가 6개이고, 디카복실산에서 유래한 부분은 **메틸렌기 4개와 카보닐 탄소 2개**로 탄소가 6개이다. 따라서 제시된 $[NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CO]_n$는 두 단량체의 탄소 수와 아미드 결합을 올바르게 나타낸다.

ㄷ. X: 나일론 6,10은 헥사메틸렌디아민과 세바스산으로 만든다. 세바스산의 탄소 10개에는 양 끝 카보닐 탄소 2개가 포함되므로, 그 사이의 **메틸렌기는 8개**이다. 제시된 식의 메틸렌기 10개에 카보닐 탄소 2개를 더하면 디카복실산 쪽 탄소가 12개가 된다. 올바른 식은 $[NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_8CO]_n$이다.

화학식이 올바르게 표현된 보기는 ㄴ뿐이므로 ①에 해당한다.

NoteBase

문 2. 식물성 오일의 경화(hardening)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 식물성 오일의 이중결합을 수소화하여 고체 식물성 지방으로 변환하는 과정이다.

② 식물성 오일을 알칼리와 함께 가열하여 글리세롤과 지방산의 염으로 변환하는 과정이다.

③ 식물성 오일을 수소화하여 비누를 얻는 과정이다.

④ 식물성 오일을 가수소분해하여 글리세롤을 얻는 과정이다.

정답 1번

간단한 해설

식물성 오일의 경화는 지방산 사슬의 **탄소–탄소 이중결합에 수소를 첨가**하여 불포화도를 낮추는 과정이다. 이로 인해 녹는점이 높아져 액체 오일을 고체 또는 반고체 지방으로 바꿀 수 있다.

선지별 해설

① O: 식물성 오일의 주성분인 트라이글리세라이드는 글리세롤에 지방산 세 분자가 에스터 결합으로 연결된 물질이다. 경화에서는 니켈 등의 촉매를 이용하여 지방산 사슬의 **이중결합을 수소화**한다. 불포화도가 낮아지고 녹는점이 높아져 고체 또는 반고체의 경화유가 된다.

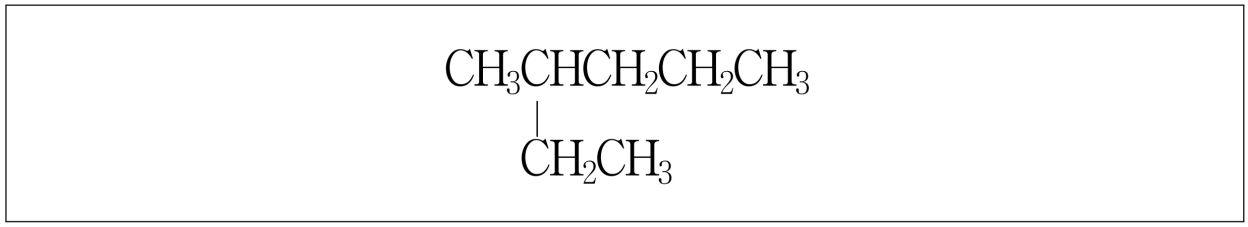
② X: 오일을 알칼리와 함께 가열하여 글리세롤과 지방산의 염을 만드는 과정은 경화가 아니라 **비누화**이다. 비누화는 트라이글리세라이드의 에스터 결합을 염기성 조건에서 가수분해하는 반응이며, 생성된 지방산의 나트륨염이나 칼륨염이 비누이다.

③ X: 식물성 오일을 수소화하면 비누가 아니라 **경화유**를 얻는다. 비누를 얻으려면 오일의 에스터 결합을 알칼리로 가수분해하여 지방산의 염을 만들어야 한다. 이중결합에 수소를 첨가하는 것만으로 지방산의 염이 생기지는 않는다.

④ X: 경화에서는 지방산과 글리세롤을 연결하는 **에스터 결합을 유지**한 채 지방산 사슬의 이중결합에 수소를 첨가한다. 따라서 '가수소분해하여 글리세롤을 얻는 과정'이 아니라 '이중결합을 수소화하여 경화유를 얻는 과정'으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 3. IUPAC 명명법에 따른 다음 화합물의 이름은?



① 2-에틸펜테인(2-ethylpentane)

② 3-메틸헥세인(3-methylhexane)

③ 4-에틸펜테인(4-ethylpentane)

④ 4-메틸헥세인(4-methylhexane)

정답 2번

간단한 해설

그림의 아래쪽 가지에서 오른쪽 끝까지 이어지는 **탄소 6개의 사슬**이 주사슬이다. 남은 메틸기에 더 작은 위치 번호를 붙이면 **3-메틸헥세인**이 된다.

도식 해설

주사슬 선택: 가지가 있는 알케인은 **가장 긴 연속 탄소 사슬**을 주사슬로 정한다. 그림에서 가로로 놓인 탄소만 세면 5개이지만, 아래쪽 가지의 끝에서 분기점을 거쳐 오른쪽 끝으로 이어지는 사슬에는 탄소가 6개 있다. 따라서 모체 이름은 헥세인이다. 에틸펜테인이라는 이름은 탄소 5개의 사슬을 주사슬로 택한 것이므로 이 구조의 IUPAC 이름으로 적절하지 않다.

치환기와 위치 번호: 탄소 6개의 주사슬을 정하면 왼쪽 끝의 탄소 1개가 가지로 남으며, 이 가지가 메틸기이다. 아래쪽 끝부터 주사슬의 탄소에 번호를 매기면 메틸기는 3번 탄소에, 오른쪽 끝부터 매기면 4번 탄소에 붙는다. 치환기의 **위치 번호가 더 작아지는 방향**을 택하므로 이름은 3-메틸헥세인(3-methylhexane)이다.
4-메틸헥세인은 주사슬은 맞지만 번호를 매기는 방향이 잘못되었다.

NoteBase

문 4. 톨루엔을 산화시켜 만들 수 있고, 큐멘법으로 제조할 수 있으며, 아닐린을 합성할 때 원료로 사용되는 화합물은?

① 페놀(phenol)

② 아세톤(acetone)

③ 아크릴산(acrylic acid)

④ 무수프탈산(phthalic anhydride)

정답 1번

간단한 해설

페놀은 **톨루엔을 산화해 얻은 벤조산**으로부터 제조할 수 있으며, 큐멘법에서도 생성된다. 또한 **암모니아와 반응시켜 아닐린**을 만들 수 있어 세 단서를 모두 충족한다.

핵심 풀이

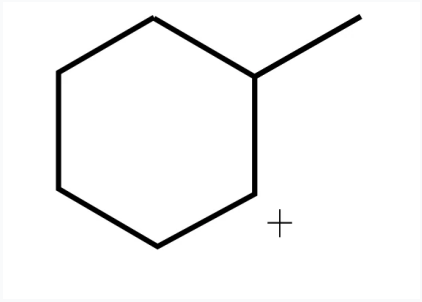
톨루엔 산화 경로: 톨루엔의 메틸기를 산화하면 벤조산이 생성된다. 이어 벤조산을 산화적 탈탄산하여 페놀을 얻는다. 따라서 톨루엔 산화로 페놀을 제조한다는 것은 **벤조산을 거치는 단계적 제조 경로**를 뜻한다.

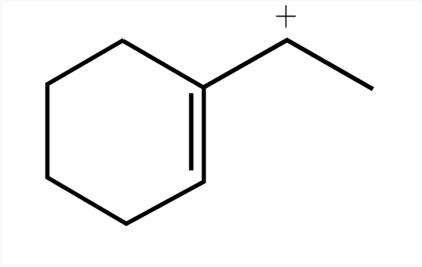
큐멘법: 큐멘을 산화하여 큐멘 하이드로퍼옥사이드를 만들고, 이를 산 촉매로 분해하면 **페놀과 아세톤이 함께 생성**된다. 이 공정에서 짝을 이루어 생산하는 물질은 페놀과 아세톤이므로 아크릴산과 무수프탈산은 이 단서에 해당하지 않는다. 다만 큐멘법이라는 단서만으로는 페놀과 아세톤을 구별할 수 없다.

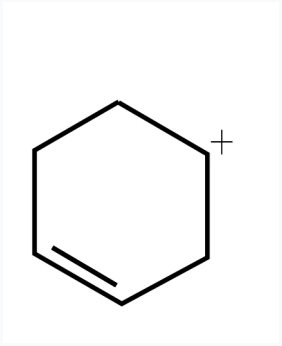
아닐린 합성 원료: 페놀을 암모니아와 촉매 존재하에 반응시키면 수산기가 아미노기로 바뀌어 아닐린과 물이 생성된다. 이 **페놀의 아민화**가 문제의 원료 관계에 해당한다. 따라서 큐멘법의 공동 생성물인 아세톤과 구별되며, 세 제조·용도 단서가 가리키는 화합물은 페놀이다.

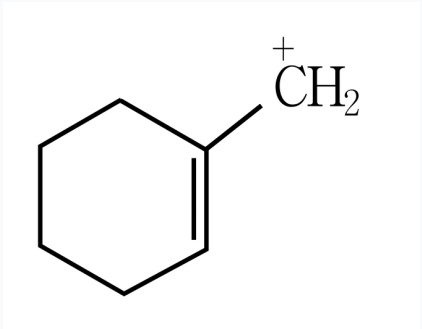
NoteBase

문 5. 가장 안정한 탄소양이온(carbocation)은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

간단한 해설

②는 양전하가 이중결합 바로 옆에 있는 **2차 알릴 탄소양이온**으로, 공명에 의해 양전하가 분산된다. ④도 공명으로 안정화되지만, ②에는 양전하를 띤 탄소에 메틸기가 더 연결되어 있어 **알킬기의 전자 공급 효과**가 더 크다.

NoteBase

선지별 해설

탄소양이온은 전자가 부족하므로 양전하가 여러 탄소에 분산되거나 알킬기가 전자밀도를 공급하면 안정해진다. 알릴 탄소양이온에서는 이중결합 바로 옆 탄소의 빈 p 오비탈이 π 오비탈과 겹쳐 양전하가 공명으로 분산된다. 알킬기는 유도효과와 인접한 C–H 결합의 전자가 빈 p 오비탈과 상호작용하는 하이퍼콘쥬게이션으로 안정화에 기여한다.

①: 양전하는 고리의 오른쪽 아래 탄소에 있으며, 이 탄소에는 두 개의 탄소가 직접 연결되어 있으므로 **2차 탄소양이온**이다. 메틸기는 양전하를 띤 탄소가 아니라 그 옆 탄소에 붙어 있고, 이중결합이 없어 알릴 공명 안정화는 받지 못한다.

②: 양전하를 띤 고리 바깥 탄소가 고리의 이중결합에 바로 연결된 **2차 알릴 탄소양이온**이다. 이중결합의 π 전자가 고리 바깥 탄소 쪽으로 이동한 공명 구조에서는 양전하가 고리의 오른쪽 아래 탄소에 놓인다. 두 주요 공명 구조 모두 양전하가 2차 탄소에 놓이며, 고리 바깥 탄소에 연결된 메틸기도 전자밀도를 공급해 안정화한다.

③: 양전하를 띤 고리의 오른쪽 위 탄소는 2차 탄소이다. 양전하를 띤 탄소와 왼쪽 아래의 이중결합 사이에 포화 탄소가 끼어 있어 **연속적인 p 오비탈 겹침이 끊어진다**. 따라서 이중결합이 있어도 ②·④와 같은 알릴 공명 안정화는 받지 못한다.

④: 고리 바깥의 양전하를 띤 탄소에는 고리 탄소 하나만 직접 연결되어 있으므로 **1차 알릴 탄소양이온**이다. 고리 이중결합과 공명하여 양전하를 고리의 오른쪽 아래 탄소에 분산시킬 수 있지만, ②와 달리 고리 바깥 탄소에 메틸기가 없어 알킬기의 전자 공급에 의한 안정화가 더 작다.

②는 ①·③과 달리 알릴 공명 안정화를 받고, ④보다 양전하를 띤 탄소의 알킬기 치환도가 높으므로 네 구조 중 가장 안정하다.

NoteBase

문 6. 60 °F에서 물에 대한 석유의 밀도비가 0.5일 때 석유의 API도는?

① 141.0

② 141.5

③ 151.0

④ 151.5

정답 4번

간단한 해설

60 °F에서 API도는 $A = \frac{141.5}{SG} - 131.5$로 구한다. 비중 SG = 0.5를 대입하면 **151.5 °API**이다.

계산 과정

비중 SG는 석유의 밀도를 물의 밀도로 나눈 무차원 값이다. 주어진 밀도비 0.5가 곧 비중이며, **API도의 기준 온도인 60 °F**에서 주어졌으므로 별도의 온도 보정 없이 사용한다.

API도 A는 60 °F에서의 비중을 이용하여 $A = \frac{141.5}{SG} - 131.5$로 정의한다. 밀도비 자체를 API도로 쓰는 것이 아니라, 이 정의식으로 환산해야 한다.

SG = 0.5를 대입하면 $\frac{141.5}{0.5} = 283$이다. 여기에서 131.5를 빼면 283 − 131.5 = 151.5이므로 API도는 151.5 °API이며, ④의 151.5와 일치한다.

NoteBase

문 7. 하이드로폼일화(hydroformylation) 반응에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 알켄(alkene)에 H_2O와 CO를 반응시킨다.

② 반응을 통해 만들어지는 주생성물은 케톤이다.

③ 반응물의 탄소 간 이중결합이 반응 후에 단일결합으로 바뀐다.

④ 알켄 반응물과 주생성물에 존재하는 탄소 수는 같다.

정답 3번

간단한 해설

하이드로폼일화에서는 알켄의 이중결합을 이루던 두 탄소에 수소와 폼일기(−CHO)가 첨가된다. 이에 따라 원래의 **탄소 간 이중결합이 단일결합으로 바뀐다**.

선지별 해설

① X: 하이드로폼일화는 촉매 존재하에서 알켄에 **H_2와 CO**를 반응시키는 과정이다. 따라서 H_2O가 아니라 수소 기체 H_2를 사용한다.

② X: 주생성물은 케톤이 아니라 **알데하이드**이다. 생성물에 도입되는 폼일기(−CHO)는 카보닐 탄소에 수소가 직접 결합한 구조로, 카보닐 탄소 양쪽에 탄소기가 결합한 케톤과 구별된다.

③ O: 전체적으로 알켄의 이중결합을 이루던 두 탄소에 수소와 폼일기(−CHO)가 각각 첨가된다. 이 과정에서 두 탄소 사이의 이중결합은 **단일결합으로 바뀐다**.

④ X: CO의 탄소 원자가 폼일기(−CHO)의 탄소로 들어가므로, 주생성물은 알켄 반응물보다 **탄소 원자가 1개 더 많다**. 예를 들어 탄소 수가 2개인 에틸렌을 하이드로폼일화하면 탄소 수가 3개인 프로판알이 생성된다.

NoteBase

문 8. 생분해성 고분자가 아닌 것은?

① 폴리락트산(poly(lactic acid))

② 폴리글라이콜산(poly(glycolic acid))

③ 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene)

④ 폴리하이드록시뷰티레이트(polyhydroxybutyrate)

정답 3번

간단한 해설

폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)은 **강한 C–F 결합과 높은 화학적 안정성** 때문에 일반적인 생물학적 조건에서 분해되기 어렵다. PLA·PGA·PHB와 달리 주사슬에 가수분해될 에스터 결합이 없어 생분해성 고분자로 분류하지 않는다.

공통 해설

생분해성 고분자는 미생물의 작용으로 분해될 수 있는 고분자이다. 고분자 사슬이 먼저 가수분해되어 작아진 뒤 그 생성물이 미생물에 의해 이용되는 과정도 포함한다. 이 문항의 고분자는 **주사슬의 분해 가능한 결합 유무**를 중심으로 구분할 수 있다.

폴리락트산(PLA), 폴리글라이콜산(PGA), 폴리하이드록시뷰티레이트(PHB)는 모두 주사슬에 에스터 결합을 가진 생분해성 지방족 폴리에스터이다. 에스터 결합이 물이나 효소의 작용으로 끊어지면 사슬이 짧아지고, 생성된 저분자 물질은 생물학적으로 분해될 수 있다. 다만 생분해성이라는 말이 모든 자연환경에서 빠르게 분해된다는 뜻은 아니다. 특히 PLA의 분해에는 산업적 퇴비화처럼 **적절한 온도와 수분 조건**이 중요하다.

폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)은 탄소 주사슬에 플루오린 원자가 결합한 구조로, C–F 결합이 강하고 화학적으로 매우 안정하다. 또한 주사슬에 **가수분해될 에스터 결합이 없다**. 따라서 일반적인 생물학적 조건에서 사슬이 쉽게 끊어지지 않으므로, 생분해성 고분자가 아닌 것에 해당한다.

NoteBase

문 9. 염소-알칼리 공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 진한 소금물을 전기 분해하는 공정이다.

② 공정이 마무리되면 수용액은 염기성이 된다.

③ 수소(H_2) 기체와 염소(Cl_2) 기체가 발생한다.

④ 산화 전극에서는 수소(H_2) 기체가 발생한다.

정답 4번

간단한 해설

산화 전극인 양극에서는 염화 이온이 전자를 잃어 **염소 기체**가 발생한다. 수소 기체는 **환원 전극인 음극**에서 물이 환원되어 발생한다.

선지별 해설

① O: 염소-알칼리 공정은 **진한 염화 나트륨 수용액**을 전기 분해하여 염소, 수소, 수산화 나트륨을 생산하는 공정이다. 소금물의 염화 이온이 염소 생성에 쓰인다.

② O: 공정에서 생성되는 **수산화 나트륨**은 물에 녹아 수산화 이온을 내놓으므로 생성물 수용액은 염기성을 띤다. 격막법이나 이온교환막법에서는 음극에서 물이 환원될 때 수소와 함께 수산화 이온이 생성된다.

③ O: 염소와 수소는 모두 이 공정의 기체 생성물이다. 격막법이나 이온교환막법에서는 양극에서 염화 이온이 산화되어 염소가, 음극에서 물이 환원되어 수소가 발생한다.

④ X: 산화 전극에서는 수소가 아니라 **염소 기체**가 발생한다. 양극 반응은 $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$로, 염화 이온이 전자를 잃는 산화 반응이다. 수소는 환원 전극인 음극에서 물이 전자를 받는 환원 반응으로 발생한다.

NoteBase

문 10. 금속 결정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 금속 결정은 전자 바다 모델(electron-sea model)로 설명 가능하다.

② 모든 금속 결정은 이온 화합물이다.

③ 금속 결정은 배위수가 8인 구조도 존재한다.

④ 금속 결정은 전기와 열에 높은 전도도를 가진다.

정답 2번

간단한 해설

금속 결정은 금속 양이온과 결정 전체에 퍼진 전자 사이의 인력에 의한 **금속 결합**으로 형성된다. 금속 양이온이 존재한다는 사실만으로 **이온 화합물이 되는 것은 아니다**.

선지별 해설

① O: 전자 바다 모델은 금속 양이온들이 배열되어 있고, 원자가전자는 특정 원자에 묶이지 않은 채 결정 전체에 퍼져 있다고 설명한다. 이처럼 **비편재화된 전자**와 금속 양이온 사이의 정전기적 인력이 금속 결정을 결합시킨다.

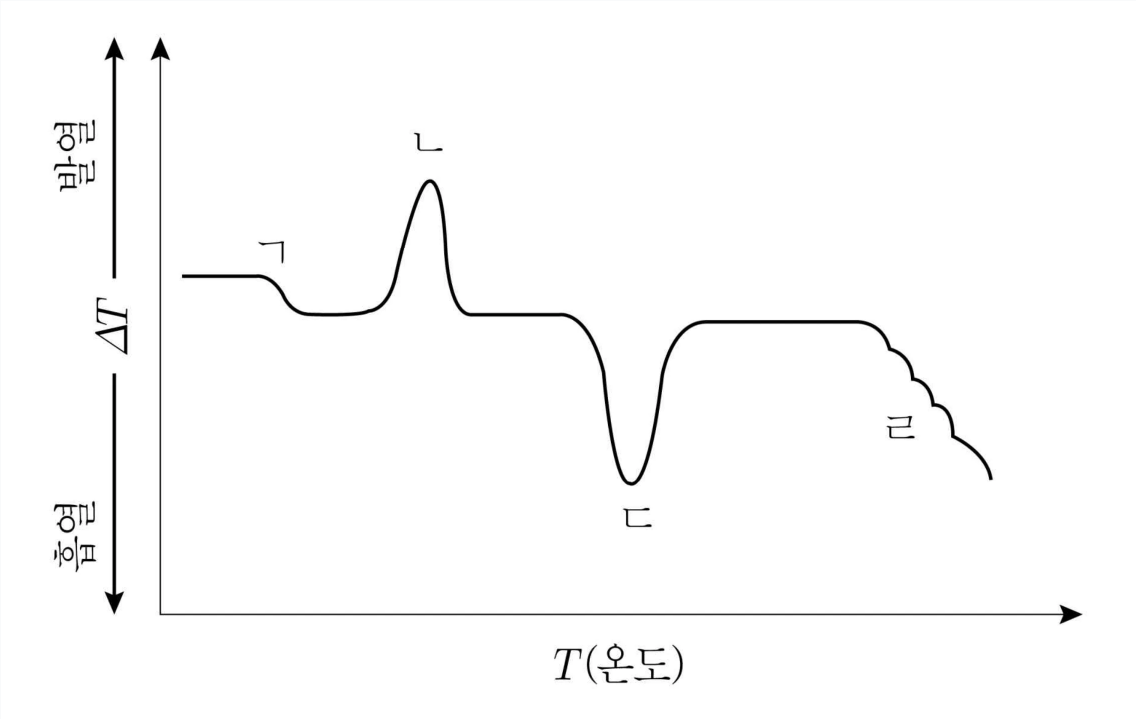
② X: 이온 화합물은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력인 이온 결합으로 이루어진다. 금속 결정에서는 금속 양이온과 비편재화된 전자 사이의 인력이 작용하므로, '모든 금속 결정은 이온 화합물이다'는 '금속 결정은 **금속 결합으로 이루어진다**'로 고쳐야 한다.

③ O: 배위수는 한 원자에 가장 가까이 이웃한 원자의 수이다. 금속의 결정 구조 중 **체심입방 구조의 배위수는 8**이다. 입방체 중심의 원자에서 보면 꼭짓점에 있는 원자 8개가 가장 가까운 이웃이다.

④ O: 금속 결정의 비편재화된 전자는 결정 안에서 이동하며 전하를 운반하므로 전기 전도도가 높다. 이 전자들은 열에너지도 전달하므로 금속은 일반적으로 **전기와 열의 전도도가 모두 높다**.

NoteBase

문 11. 어떤 반결정성(semi-crystalline) 고분자 시료를 시차주사열량법(DSC)으로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었을 때, 유리전이(glass transition) 현상이 나타나는 위치는?



① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄹ

정답 1번

간단한 해설

유리전이는 고분자의 비정질 부분에서 분절 운동이 활발해지면서 **비열이 증가**하는 현상이다. DSC에서는 뚜렷한 피크보다 **기저선의 계단형 변화**로 나타나므로 그림의 ㄱ에 해당한다.

NoteBase

도식 해설

가로축은 온도이며 오른쪽으로 갈수록 온도가 높아진다. 세로축의 표시에 따르면 위쪽은 발열, 아래쪽은 흡열 방향이다. 반결정성 고분자는 결정 부분과 비정질 부분을 함께 가지며, 유리전이는 비정질 부분의 고분자 사슬 분절이 움직이기 쉬워지는 변화이다.

ㄱ: 곡선이 처음의 수평 기저선에서 아래쪽의 새 기저선으로 옮겨 가는 구간이다. 유리전이를 지나면 비열이 증가하여 같은 속도로 온도를 높이는 데 필요한 열량이 커지므로, **흡열 방향으로 기저선이 이동**한다. 이 계단형 변화가 유리전이의 판별 근거이다.

ㄴ · ㄷ: ㄴ은 위쪽으로 솟은 발열 피크로, 가열 중 사슬이 규칙적으로 배열되는 결정화에 해당한다. ㄷ은 아래쪽으로 내려간 흡열 피크로, 결정 부분이 열을 흡수하여 녹는 용융에 해당한다. 이들은 **열의 방출·흡수를 동반하는 피크**라는 점에서 비열 변화로 기저선이 이동하는 유리전이와 구별된다.

ㄹ: 용융 피크보다 높은 온도에서 곡선이 연속적으로 내려가는 부분이다. ㄱ에서처럼 수평 기저선이 다른 수평 기저선으로 옮겨 가는 구간과 구별하여 읽는다.

NoteBase

문 12. 고옥탄가 가솔린의 생산을 늘리기 위한 석유의 전화(conversion) 과정 중, 촉매를 이용하여 *n*-파라핀을 탄소 수가 같은 *iso*-파라핀으로 변환하는 과정은?

① 분해(cracking)

② 에스테르화(esterification)

③ 알킬화(alkylation)

④ 이성질화(isomerization)

정답 4번

간단한 해설

탄소 수를 그대로 유지하면서 직선형 파라핀을 가지형 파라핀으로 바꾸는 과정은 **이성질화**이다. 가지형 파라핀은 대응하는 직선형 파라핀보다 옥탄가가 높아 가솔린의 품질 향상에 이용된다.

공통 해설

이성질화(isomerization)는 **분자식을 유지하면서 원자들의 결합 구조를 바꾸는 반응**이다. 이 문제의 n-파라핀은 직선형 포화 탄화수소이고, iso-파라핀은 가지형 포화 탄화수소이다. 촉매를 이용해 탄소 수가 같은 직선형 파라핀을 가지형 파라핀으로 전환한다는 조건이 이성질화에 해당한다.

예를 들어 n-펜탄을 이소펜탄으로 바꾸어도 한 분자의 탄소 원자 수는 5개로 유지되지만, 탄소 골격은 직선형에서 가지형으로 달라진다. 이렇게 얻은 가지형 파라핀은 대응하는 직선형 파라핀보다 옥탄가가 높으므로 고옥탄가 가솔린의 제조에 이용된다.

NoteBase

문 13. 어떤 고분자 A의 분자량에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 분자량은 중합도에 비례한다.

② 무게평균분자량은 수평균분자량보다 작다.

③ 무게평균분자량을 수평균분자량으로 나눈 값이 다분산지수(PDI)이다.

④ 완전히 단분산인 경우 다분산지수는 1이다.

정답 2번

간단한 해설

무게평균분자량은 큰 분자의 기여를 더 크게 반영하므로 수평균분자량보다 **크거나 같다**. 두 값이 같아지는 것은 모든 분자의 분자량이 같은 완전한 단분산일 때이다.

선지별 해설

① O: 중합도는 한 고분자 사슬을 구성하는 단량체 단위의 수이다. 같은 종류의 고분자에서 단위의 분자량이 일정하고 **말단기의 영향을 무시하면**, 고분자의 분자량은 단위의 분자량과 중합도의 곱이므로 중합도에 비례한다.

② X: 수평균분자량은 각 분자를 개수 기준으로 동등하게 반영한 평균이고, 무게평균분자량은 각 분자량 성분의 질량분율을 가중치로 삼은 평균이다. 무거운 분자가 무게평균에 더 크게 기여하므로 **무게평균분자량은 수평균분자량보다 크거나 같다**. 무게평균분자량을 M_w, 수평균분자량을 M_n이라 하면 $M_w \geq M_n$이며, 분자량이 서로 다른 분자들이 섞여 있으면 부등호가 엄격하게 성립한다.

③ O: 다분산지수(PDI)는 **무게평균분자량을 수평균분자량으로 나눈 비**로, PDI $= \frac{M_w}{M_n}$이다. 서로 다른 분자량이 섞여 있는 정도를 나타내며, 무게평균분자량이 수평균분자량보다 작을 수 없으므로 PDI는 1 이상이다.

④ O: 완전한 단분산은 **모든 분자의 분자량이 같은** 경우이다. 개수 기준으로 평균하든 질량 기준으로 평균하든 같은 값이 나오므로 $M_w = M_n$이고, 두 값의 비인 PDI는 1이다.

NoteBase

문 14. 효소를 불용성 담체에 고정하여 사용하는 이유로 옳지 않은 것은?

① 효소의 운동성을 높일 수 있다.

② 효소를 재사용할 수 있다.

③ 효소의 안정성이 증대되어 최적온도 상승 효과를 낼 수 있다.

④ 반응 후 효소의 회수나 효소 반응 생성물의 정제 과정을 없앨 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

효소를 불용성 담체에 고정하면 용액 속에서 효소가 자유롭게 움직이기 어려워져 **운동성이 제한된다**. 따라서 '효소의 운동성을 높일 수 있다'는 고정화의 목적에 맞지 않는다.

선지별 해설

① X: 효소 고정화는 촉매 기능을 유지하면서 효소를 불용성 담체에 붙잡아 두는 방법이다. 자유 효소와 달리 담체에 묶여 있으므로 **효소의 이동이 제한된다**. '운동성을 높인다'는 표현은 '운동성을 제한한다'로 고쳐야 한다.

② O: 반응이 끝나도 효소가 담체에 남아 있어 생성물이 들어 있는 용액과 쉽게 분리할 수 있다. 활성이 유지되는 동안 같은 고정화 효소에 새로운 기질을 공급하여 **반복 사용할 수 있다**.

③ O: 담체와의 결합으로 효소의 입체 구조가 안정화되면 열에 의한 구조 변형과 활성 손실이 줄어들 수 있다. 이 경우 자유 효소보다 높은 온도에서도 활성을 유지하므로 **최적온도가 상승할 수 있다**. 상승 여부와 정도는 효소와 고정화 조건에 따라 달라진다.

④ O: 담체를 반응기 안에 유지하면 효소는 남겨 두고 생성물 용액을 꺼낼 수 있다. 따라서 용액 속 효소를 별도로 회수하거나 생성물에서 **효소를 제거하는 정제 단계**를 생략할 수 있다. 이는 효소 분리에 관한 이점이며, 미반응 기질이나 다른 불순물을 제거하는 정제까지 항상 불필요해진다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 15. 플루오르 화합물 제조에 사용되지 않는 원료물질은?

① 형석
② 인광석
③ 규석
④ 빙정석

정답 3번

간단한 해설

규석의 주성분은 이산화규소이므로 **플루오르를 함유하지 않는다**. 따라서 플루오르를 공급하는 원료물질에 해당하지 않는다.

공통 해설

이 문항에서는 광물의 주요 성분에 **플루오르가 들어 있어 이를 공급할 수 있는지**로 원료물질을 구별한다.

형석의 주성분은 불화칼슘 CaF_2이고, 빙정석은 Na_3AlF_6이므로 모두 플루오르를 함유한다. 인광석에도 플루오르를 함유한 인회석이 들어 있으며, 인산 제조 과정에서 플루오르 성분을 부산물로 회수할 수 있다.

반면 규석의 주성분은 이산화규소 SiO_2로, 규소와 산소로 이루어져 있다. 주요 성분에 플루오르가 없으므로 플루오르 화합물 제조에서 플루오르를 공급하는 원료에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 16. 금속 이온과 배위 결합을 이룰 수 없는 리간드(ligand)는?

① H_2O

② CN^-

③ NH_4^+

④ $H_2C=CH_2$

정답 3번

간단한 해설

NH_4^+의 질소는 네 개의 N–H 결합을 이루고 있어 **금속에 제공할 비공유 전자쌍이 없다**. 따라서 암모니아와 달리 금속 이온에 전자쌍을 주는 리간드로 작용할 수 없다.

공통 해설

배위 결합은 리간드가 전자쌍을 제공하고 금속 이온이 이를 받아 형성하는 결합이다. 따라서 리간드가 될 수 있는지는 **금속에 제공할 전자쌍이 있는지**로 판단한다. 이때 제공되는 전자쌍은 비공유 전자쌍뿐 아니라 π 결합의 전자쌍일 수도 있다.

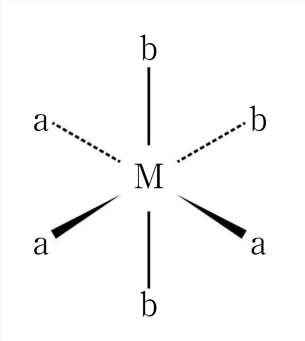
H_2O는 산소의 비공유 전자쌍을, CN^-는 탄소의 비공유 전자쌍을 금속에 제공할 수 있다. $H_2C=CH_2$는 탄소에 비공유 전자쌍이 없지만, C=C 이중 결합의 **π 전자쌍을 제공**하여 금속과 배위 결합을 형성할 수 있다.

반면 NH_4^+의 질소에는 네 개의 N–H 결합만 있고 **비공유 전자쌍이 남아 있지 않다**. 암모니아 NH_3가 가진 비공유 전자쌍은 수소 이온과 결합하여 암모늄 이온을 만드는 데 사용되었다. π 전자쌍도 없으므로, NH_4^+는 금속 이온에 전자쌍을 제공하여 배위 결합을 이루는 리간드가 될 수 없다.

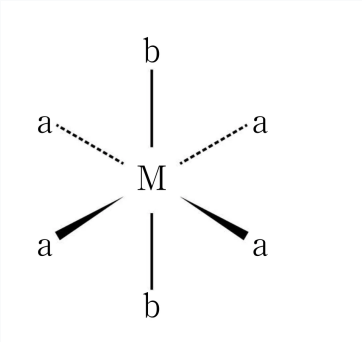
NoteBase

문 17. 팔면체 착화합물 중, 시스(cis) 이성질체의 구조식은? (단, M은 임의의 금속이고, a와 b는 서로 다른 한 자리 리간드이다)

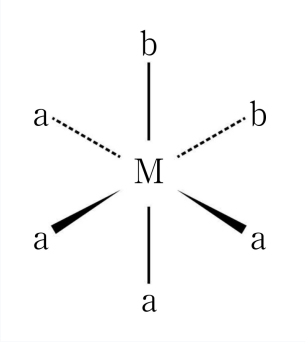
①



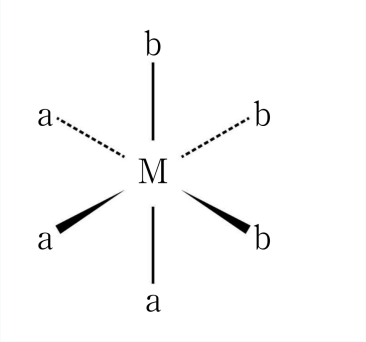
②



③



④



정답 3번

간단한 해설

시스(cis) 구조는 같은 두 리간드가 **이웃한 위치에서 90°**를 이루는 배열이다. ③의 두 b는 위쪽과 오른쪽 뒤쪽에 있어 이 조건을 만족한다.

NoteBase

도식 해설

팔면체 착화합물에서는 금속 M 주위의 여섯 리간드 중 이웃한 두 리간드가 90°, 서로 반대편의 두 리간드가 180°를 이룬다. 그림의 점선 결합은 종이면 뒤쪽, 굵은 쐐기 결합은 앞쪽을 나타낸다. 따라서 종이에 그려진 선 사이의 각도가 아니라 입체적인 위치 관계를 읽어야 한다.

① mer 구조: a와 b가 세 개씩 있는 Ma_3b_3형이다. 위쪽과 아래쪽의 두 b가 **서로 반대편인 180°**를 이루고, 나머지 b가 오른쪽 뒤쪽에 있다. 같은 세 리간드 중 한 쌍이 서로 마주 보는 배열을 mer(자오선형)라고 한다.

② trans 구조: a가 네 개, b가 두 개인 Ma_4b_2형이다. 두 b가 M을 사이에 두고 **위·아래로 마주 보아 180°**를 이루므로 트랜스(trans) 배열이다.

③ cis 구조: a가 네 개, b가 두 개인 Ma_4b_2형이다. 위쪽 b와 오른쪽 뒤쪽 점선 결합의 b는 **이웃한 두 꼭짓점**을 차지하므로, 두 M–b 결합 사이의 각도는 90°이다. 이것이 시스(cis) 배열이다.

④ fac 구조: a와 b가 세 개씩 있는 Ma_3b_3형이다. 위쪽·오른쪽 뒤쪽·오른쪽 앞쪽의 세 b는 어느 두 개를 골라도 90°를 이루며 **팔면체의 한 삼각형 면**에 모여 있다. 이를 fac(면형)라고 한다. 이처럼 같은 리간드가 세 개씩 있는 구조의 전체 배열은 cis·trans가 아니라 fac·mer로 구분한다.

NoteBase

문 18. 2개의 카복실기를 가지는 아미노산은?

① 글라이신(Gly)

② 알라닌(Ala)

③ 발린(Val)

④ 글루탐산(Glu)

정답 4번

간단한 해설

글루탐산은 기본 골격의 카복실기 외에 **곁사슬에도 카복실기 1개**가 있어, 카복실기를 총 2개 가진다.

공통 해설

아미노산의 카복실기 수는 기본 골격과 곁사슬에 있는 것을 합쳐 판단한다. 이 문항의 네 아미노산은 모두 α-탄소에 연결된 카복실기 1개를 가지므로, 구별 기준은 **곁사슬에 카복실기가 추가로 있는지**이다.

글라이신의 곁사슬은 수소, 알라닌은 메틸기, 발린은 아이소프로필기이므로 곁사슬에 카복실기가 없다. 따라서 이들은 카복실기를 각각 1개 가진다. 반면 글루탐산의 곁사슬은 $-CH_2-CH_2-COOH$로, 끝에 카복실기가 1개 더 있다. 기본 골격의 1개와 곁사슬의 1개를 합치면 글루탐산의 카복실기는 총 2개이다.

NoteBase

문 19. 친전자성 방향족 치환 반응(electrophilic aromatic substitution reaction)에서, 메타(meta) 위치를 지향하는 작용기는?

① $-OH$

② $-NHCOCH_3$

③ $-Cl$

④ $-COOCH_3$

정답 4번

간단한 해설

$-COOCH_3$는 **카보닐 탄소가 방향족 고리에 직접 결합**하여 공명으로 고리의 전자를 끌어당긴다. 이때 오르토·파라 치환 중간체가 더 불리해지므로 메타 치환이 우세하다.

공통 해설

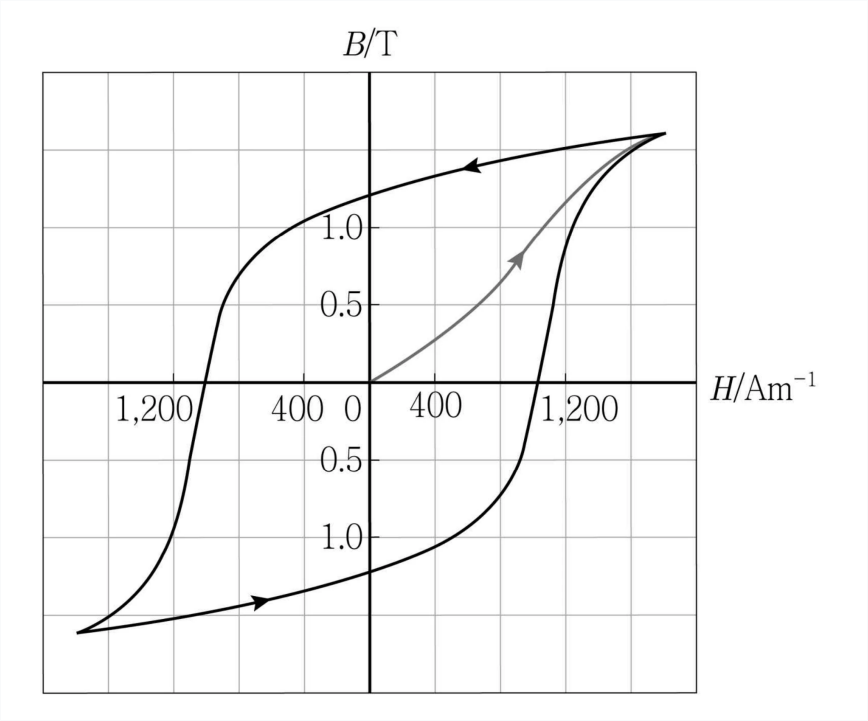
친전자성 방향족 치환의 지향성은 치환 위치에 따라 생기는 양이온 중간체의 상대적 안정성으로 판단한다. 기존 작용기가 붙은 탄소를 1번으로 하면 오르토는 2·6번, 메타는 3·5번, 파라는 4번 위치이다. 이 문제에서는 **고리에 직접 연결된 원자가 공명으로 전자를 주는지, 끌어당기는지**가 위치 선택을 가른다.

$-COOCH_3$는 $-C(=O)-OCH_3$ 구조로, 카보닐 탄소가 고리에 직접 연결되어 있다. 카보닐기는 공명으로 고리의 전자를 끌어당긴다. 오르토·파라 치환 중간체에는 카보닐기가 붙은 고리 탄소에 양전하가 놓이는 불리한 공명 구조가 있지만, 메타 치환 중간체에는 이 구조가 없다. 따라서 $-COOCH_3$는 **메타 지향성**을 나타낸다.

반면 $-OH$와 $-NHCOCH_3$에서는 고리에 직접 연결된 산소 또는 질소의 비공유 전자쌍이 공명으로 고리에 전자를 제공하여 오르토·파라 치환 중간체를 안정화한다. $-NHCOCH_3$에 카보닐기가 있더라도 **고리에 직접 연결된 원자는 질소**이므로 두 작용기 모두 오르토·파라 지향성이다. $-Cl$도 염소의 비공유 전자쌍이 같은 방식으로 오르토·파라 중간체를 안정화하므로 오르토·파라를 지향한다. 염소는 유도 효과로 전자를 끌어당겨 고리의 전체 반응성을 낮추지만, 이를 메타 지향성과 혼동해서는 안 된다.

NoteBase

문 20. 다음은 물질 M의 자기 이력 고리(magnetic hysteresis loop)이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① B는 자속 밀도를 나타낸다.

② H는 외부 자기장의 세기를 의미한다.

③ M은 반자성(diamagnetic) 물질이다.

④ 영구 자석으로의 사용 가능 여부를 판단할 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

그림에서는 외부 자기장을 제거해도 자속 밀도가 남는 **자기 이력**이 나타난다. M은 반자성 물질이 아니라 **강자성 물질의 특성**을 보인다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 세로축의 B는 물질 내부의 **자속 밀도**를 나타내며, 단위는 테슬라(T)이다. 이 그래프는 가로축 H를 변화시킬 때 B가 어떻게 변하는지 보여 준다.

② O: 가로축의 H는 물질에 가하는 **외부 자기장의 세기**를 나타내며, 단위는 A/m이다. H를 증가시켰다가 감소시키면 B는 같은 경로를 되짚지 않고 고리를 이룬다.

③ X: 그림에서 H를 0으로 줄여도 B가 0이 되지 않는 것은 잔류 자속 밀도가 남기 때문이다. 이는 자구의 정렬이 일부 유지되어 나타나는 **강자성 물질의 자기 이력**이다. 반자성 물질은 외부 자기장과 반대 방향으로 약하게 자화되며, 자기장을 제거하면 유도된 자화가 사라져 이러한 이력 고리를 나타내지 않는다. 따라서 '반자성 물질'을 '강자성 물질'로 고쳐야 한다.

④ O: 이력 고리에서 H가 0일 때의 B로 **잔류 자속 밀도**를, B를 0으로 만들기 위해 반대 방향으로 가해야 하는 H의 크기로 **보자력**을 알 수 있다. 잔류 자속 밀도는 자기장을 제거한 뒤에도 자성을 얼마나 유지하는지, 보자력은 자성을 없애기가 얼마나 어려운지를 보여 준다. 이 특성들을 이용해 영구 자석 재료로서의 사용 가능 여부를 판단할 수 있다.

NoteBase