

플라스틱의 분자 구조와 형성 원리

문장 단위 해설 - #1문단

식품 포장재, 세제 용기 등으로 사용되는 플라스틱은 생활에서 흔히 접할 수 있다. 플라스틱은 '성형할 수 있는, 거푸집으로 조형이 가능한'이라는 의미의 '플라스티코스'라는 그리스어에서 온 말로, 열과 압력으로 성형할 수 있는 고분자 화합물을 이른다.

✓ 필수적 독해 태도

① 화제 파악하기

실생활에 자주 사용되는 '플라스틱'의 어원에 대해 언급하고 있습니다. '플라스틱'은 변형이 가능하다는 의미의 '플라스티코스'라는 그리스어에서 유래한 단어로, 열과 압력으로 성형할 수 있는 고분자 화합물이라고 합니다. 문단의 초점을 보아, '플라스틱'과 관련된 주제가 글의 화제가 될 것임을 예상할 수 있습니다.

#2문단

플라스틱은 단위체인 작은 분자가 수없이 반복 연결되는 중합을 통해 만들어진 거대 분자로 이루어져 있다. 단위체들은 공유 결합으로 연결되는데, 분자를 구성하는 원자들이 서로 전자를 공유하여 안정한 상태가 되는 결합을 공유 결합이라 한다. 두 원자가 각각 전자를 하나씩 내어놓아 그 두 개의 전자를 한 쌍으로 공유하면 단일 결합이라 하고, 두 쌍을 공유하면 이중 결합이라 한다. 공유 전자쌍이 많을수록 원자 간의 결합력은 강하다. 대부분의 원자는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 수가 8개가 될 때 안정해진다.

✓ 필수적 독해 태도

① 화제 중심 읽기

② 서술의 초점 잡기

플라스틱의 구성에 대해 설명하고 있습니다. 플라스틱의 경우 작은 분자들이 수없이 반복 연결되는 중합을 통해 만들어진 거대 분자로 구성되어 있습니다. 이때, '단위체'에 해당하는 작은 분자들은 서로 전자를 공유하여 '공유 결합' 함으로써 안정해지고자 결합하게 되는 것입니다. 이렇게 결합할 경우, 한 쌍의 전자를 공유하면 단일 결합, 두 쌍의 전자를 공유하면 이중 결합이라고 합니다. 당연하게도, 이러한 결합에 참여하는 전자 수가 많을수록 원자 간의 결합력은 강할 것입니다.

탄소 원자는 가장 바깥 전자 껍질에 4개의 전자를 갖고 있어, 다른 원자들과 전자를 공유하여 안정해질 수 있으며 다양한 형태의 공유 결합이 가능하여 거대한 분자의 골격을 이룰 수 있다.

✓ 필수적 독해 태도

① 내용 연결하기

이때, 대부분의 원자는 가장 바깥 전자 껍질의 전자 개수가 8개일 때 안정해진다고 합니다. 전자의 공유를 통해 자신의 최외곽 전자 개수를 8개로 맞추려 한다는 것이죠.

② 화제 중심 읽기

③ 예시 이해하기

갑자기 예시가 등장합니다. 대체 왜 탄소에 대한 이야기가 등장하는지 의문스럽지만, 일단 읽어 봅시다. 탄소의 경우, 가장 바깥 껍질에 4개의 전자를 보유하고 있어 다양한 형태의 공유 결합이 가능하다고 합니다. 따라서 '거대한 분자'의 골격을 이룰 수 있다는 것인데, 이때 '거대한 분자'를 보고 우리의 화제를 떠올릴 수 있어야 합니다. 바로 '플라스틱'은 작은 분자가 모여 만들어진 '거대한 분자'로 이루어진 물질이라는 것이죠. 탄소의 갑작스러운등장이 '플라스틱'의 구성과 연관이 있을 것임을 예상하며 넘어가 봅시다.

#3문단

플라스틱의 한 종류인 폴리에틸렌은 에틸렌 분자들이 서로 연결되는 중합 과정을 거쳐 만들어진다.

✓ 필수적 독해 태도

① 화제 중심 읽기

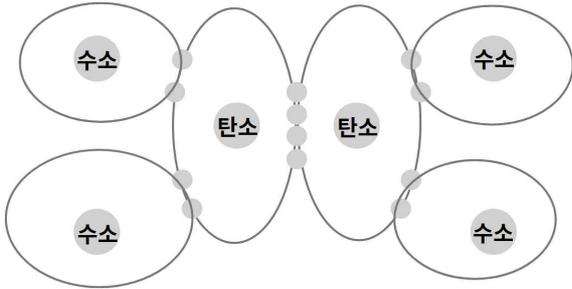
역시나, 플라스틱에 대한 이야기가 등장합니다. 본격적으로 화제와 관련된 이야기가 3문단에서 시작될 것임을 알 수 있습니다. 그런데, 앞서 '탄소'가 연관 있을 것이라 생각했지만 3문단에서는 '에틸렌 분자'들의 중합 과정을 통해 플라스틱이 만들어진다고 합니다. 이상하지만, 일단 더 읽어 봅시다.

에틸렌은 두 개의 탄소 원자와 네 개의 수소 원자로 이루어지는데, 두 개의 탄소 원자가 서로 이중 결합을 하고 각각의 탄소 원자는 두 개의 수소 원자와 단일 결합을 한다.

✓ 필수적 독해 태도

① 내용 연결하기

역시, '탄소'에 대한 이야기가 등장합니다. 에틸렌이 두 개의 탄소 원자와 네 개의 수소 원자로 구성되어 있다는 점을 알 수 있습니다. 이 탄소 원자는 서로 이중 결합을 하고, 각각 두 개의 수소 원자와 단일 결합을 한다고 합니다. 이렇게 말로 들어서는 이해가 가지 않는데, 이미지화 해봅시다.



아마도, 그림으로 그린다면 이런 느낌일 것입니다. 이번 지문에서는 이미지화가 중요하므로, 이해하기 어려운 내용이 등장할 때마다 꼭 이미지화 하면서 넘어갑시다. 참고로 수소는 예외적으로 전자가 2개가 되면 안정화되는 원소이기에 탄소에게 전자 하나를 공유받아 안정화될 수 있는 것입니다. 기초 과학 지식이므로 알아두면 좋습니다.

탄소 원자 간의 이중 결합에서는 한 결합이 다른 하나보다 끊어지기 쉽다.

✓ 필수적 독해 태도

① 잉여 문장 체크하기

조금 뜬금없는 문장의 등장입니다. '탄소 원자' 간의 이중 결합에서는 한 결합이 다른 하나보다 끊어지기 쉽다고 합니다. 문단의 화제와는 어긋나지만, 글의 전체적인 화제로 보았을 때 아예 이상한 문장은 아닙니다. 간단하게 체크만 하고 넘어가도록 합시다.

#4문단

에틸렌의 중합에는 여러 가지 방법이 있는데 그중에 하나는 과산화물 개시제를 사용하는 것이다.

✓ 필수적 독해 태도

① 화제 중심 읽기

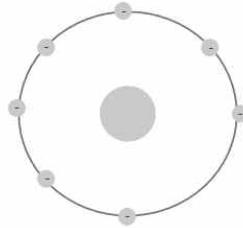
에틸렌의 중합에 사용되는 방법에 대해 이야기하고 있습니다. '에틸렌의 중합' = '플라스틱'을 만드는 과정으로 이해하면 되는데, 이제 플라스틱이 만들어지는 과정에 대해 본격적인 설명이 등장하겠네요. '과산화물 개시제'를 활용한 방식에 대해 알아보도록 합시다.

열을 흡수한 과산화물 개시제는 가장 바깥 껍질에 7개의 전자가 있는 불안정한 상태의 원자를 가진 분자로 분해된다.

✓ 필수적 독해 태도

① 내용 연결하기

이러한 과산화물 개시제는 가장 끝에 7개의 전자가 있는 불안정한 상태의 원자를 가진 분자가 된다고 합니다. 이때, 7개의 전자가 있는 불안정한 상태의 원자인 것으로 보아, 전자를 1개만 더 공유받아도 안정화될 수 있을 것으로 보입니다. 앞서 말했듯 이미지화를 이어나가자면,



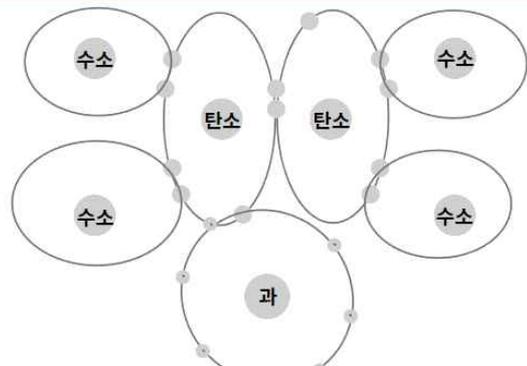
와 같은 느낌일 것을 알 수 있습니다. 계속 생각을 이어나가 봅시다.

이 불안정한 원자는 안정해지기 위해 에틸렌이 가진 탄소의 이중 결합 중 더 약한 결합을 끊어 버리면서 에틸렌의 한쪽 탄소 원자와 전자를 공유하며 단일 결합한다. 그러면 다른 쪽 탄소 원자는 공유되지 못한, 홀로 남은 전자를 갖게 된다.

✓ 필수적 독해 태도

① 내용 연결하기

이렇게 불안해진 원자는 전자 1개를 공유받고자 에틸렌이 가진 탄소의 이중 결합 중 약한 결합을 끊어버립니다. 앞서 뜬금없이 결합의 강도 차이에 대한 이야기를 했던 문장이 이제 이해가 갈 듯 합니다. 이렇게 하나의 결합을 끊은 후, 한쪽 탄소 원자와 전자를 공유한다고 합니다. 여기서 다시 이미지화 해보도록 합시다.



다음과 같은 그림이 될 것입니다. 과산화물 개시제가 탄소 하나의 전자를 공유받고, 자신의 전자 하나를 탄소 하나에게 공유합니다.

플라스틱의 분자 구조와 형성 원리

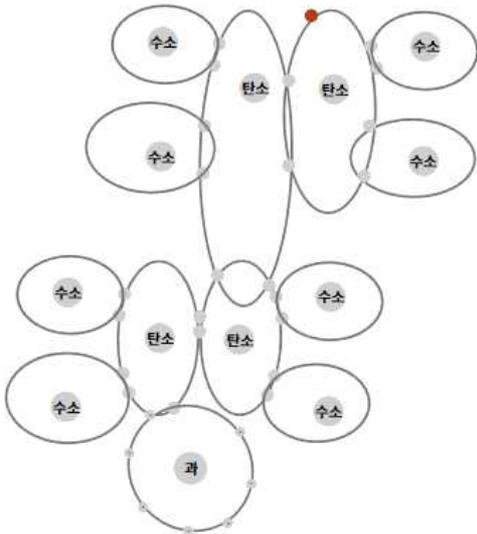
그렇다면 이러한 상황에서 남은 탄소 하나는 공유받던 전자 하나를 잃고, 자신의 전자를 공유해주지 못하게 됩니다. 따라서 '공유되지 못한, 홀로 남은 전자'를 갖게 되는 것입니다. 그러므로 공유받지 못한 탄소의 경우, 전자가 7개가 됩니다. 전자가 7개란 이야기는 불안정한 탄소 원자가 된다는 뜻입니다. 그렇다면 또 다른 무언가와 반응할 필요가 있을 것임을 쉽게 예상할 수 있습니다.

이 불안정한 탄소 원자는 같은 방식으로 다른 에틸렌 분자와 반응을 하게 되고, 이와 같은 반응이 이어지며 불안정해지는 탄소 원자가 계속 생성된다. 에틸렌 분자들이 결합하여 더해지면 이것들은 사슬 형태를 이루며, 이 사슬은 지속적으로 성장하고 사슬 끝에는 불안정한 탄소 원자가 존재하게 된다.

필수적 독해 태도

① 내용 연결하기

이렇게 불안정해진 탄소 원자가 또 에틸렌 분자와 반응하고, 에틸렌 분자는 반응 결과로 불안정한 탄소 원자가 생기는 것입니다. 이러한 과정은 계속 반복되는데, 이미지화하면 다음과 같습니다.



여기서 빨간 점으로 표시된 전자로 인해, 또다시 불안정한 탄소는 다른 에틸렌과 결합할 수 있게 됩니다. 이런 식으로 붙이고 붙여가며 마치 사슬 구조처럼 반응이 확장되는 것입니다.

성장하는 두 사슬의 끝이 서로 만나 결합하여 안정한 상태가 되면 반복적인 반응이 멈추게 된다. 이 중합 과정을 거쳐 에틸렌 분자들은 폴리에틸렌이라는 고분자 화합물이 된다.

필수적 독해 태도

① 내용 연결하기

이렇게 성장한 두 사슬의 불안정한 끝 부분이 서로 만나 결합할 경우, 더 이상 반응이 일어나지 않는 안정적인 상태가 됩니다. 이 중합 과정을 거쳐 에틸렌 분자들이 마침내 '폴리에틸렌'이라는 고분자 화합물이 되는 것입니다.

#5문단

플라스틱을 이루는 거대한 분자들은 길이가 길다. 그래서 사슬들이 일정한 방향으로 나란히 배열되어 있는 결정 영역은, 분자들 전체에서 기대할 수는 없지만 부분적으로 있을 수는 있다.

필수적 독해 태도

① 사슬의 초점 잡기

5문단으로 넘어오면서 이렇게 만들어진 사슬의 세부 구조에 대해 이야기하고자 합니다. 사슬이 일정한 방향으로 나란히 배열된 결정 영역에 대한 이야기인데, 전부는 아니지만 부분적으로 존재할 수 있는 영역이라고 합니다. 이렇나 결정 영역이 어떠한 특성을 갖는지, 또는 어떤 영향을 주는지 다음에서 이야기해 줄 것임을 예상하며 넘어가면 됩니다.

플라스틱에서 결정 영역이 차지하는 부분의 비율은 여러 조건에 따라 조절이 가능하고 물성에 영향을 미친다. 결정 영역이 많아질수록 플라스틱은 유연성이 낮아 충격에 약하고 가공성이 떨어지며 점점 불투명해지지만, 밀도가 높아져 단단해지고 화학 물질에 대한 민감성이 감소하며 열에 의해 잘 변형되지 않는다. 이런 성질을 활용하여 필요에 따라 다양한 종류의 플라스틱을 만들 수 있다.

필수적 독해 태도

① 비교지점 파악하기

정확하게 '결정 영역'의 특성과, '결정 영역'의 많고 적음에 따른 플라스틱 특성의 비교가 등장합니다. '결정 영역'은 조절이 가능할 뿐 아니라, 플라스틱의 특성에도 직접적으로 영향을 미칩니다. 결정 영역이 많은 경우, 유연성이 낮아 충격에 약하고, 가공성이 떨어지며 불투명해집니다. 그러나, 밀도가 높아져 단단하고 화학적 변질에 강한 모습을 보일 뿐 아니라 열에도 강한 모습을 보입니다. 그렇다면 결정 영역이 적다면 이와 반대의 특성을 가질 것임을 쉽게 추측할 수 있습니다. 이러한 특성을 이용하여 다양한 종류의 플라스틱을 만들 수 있는 것입니다.

#지문 총평

지문의 구조화, 그중에서도 이미지를 통한 구조화가 얼마나 중요한지를 단적으로 드러내는 지문이라 볼 수 있습니다. 자칫 글을 통해 보면 어렵게 느껴질 수 있는 화학적 반응에 대한 글이지만, 이미지를 통해 본다면 구조의 이해에 큰 도움이 될 것입니다. 현장에서 간단하게 그림을 그리거나, 머릿속으로 이미지화 하는 습관을 들이도록 합니다.

9. ㉠에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

정답: ㉠

㉠ 성장 중의 사슬은 그 양쪽 끝부분에서 불안정한 탄소 원자가 생성된다.

→ 성장 중의 사슬이 “양쪽 끝부분”에서 불안정한 탄소 원자가 생성되는 것이 아니라 “한쪽 끝부분”에서 생성되고 “두 사슬”이 결합하여 성장이 멈춘다는 점에 유의해야 합니다. 해당 선지에서 적절하지 않음을 눈치채지 못한 경우, 대부분 “두 사슬”이 결합하는 과정에서 “두 사슬 각각의 한쪽 끝부분”의 탄소 원자가 불안정하다는 점에 집중해 불안정한 탄소 원자가 양쪽 끝부분에서 생성되었다고 착각한 경우가 많았습니다. 성장 중의 사슬이 지문 분석 과정에서 이미지화한 부분에서 드러났듯 한쪽 끝에서는 불안정한 탄소 원자가 존재하지 않았다는 점을 놓쳐서는 안 되겠습니다.

㉡ 사슬의 중간에 두 탄소 원자가 서로 전자를 하나씩 내어놓아 공유하는 결합이 존재한다.

→ 사슬의 중간에 ‘두 탄소 원자가 서로 전자를 하나씩 내어 놓아 공유하는 결합’, 즉 다시 말해 ‘단일 결합’이 존재합니다. 이미지화했던 사슬 구조를 떠올린다면 간단하게 확인할 수 있습니다.

㉢ 상태가 불안정한 원자를 지닌 분자의 생성이 연속적인 사슬 성장 반응이 일어나는 계기가 된다.

→ 상태가 불안정한 원자를 지닌 분자의 생성은 다음 에틸렌과의 결합을 불러오는 원인이 됩니다. 계속해서 이러한 과정이 반복되며 사슬이 성장하는 것이므로, 이는 적절한 선지입니다.

㉣ 공유되지 못하고 홀로 남은 전자를 가진 탄소 원자는 사슬의 성장 과정이 종결되기 전까지 계속 발생한다.

→ 이미지화한 자료에서 알 수 있듯, 홀로 남은 전자를 가진 탄소 원자는 다음 에틸렌과 결합하여 그 에틸렌에 또다시 홀로 남은 전자를 가진 탄소 원자를 발생시킵니다. 이러한 과정 속에서 다른 사슬과 결합해 성장이 종료되지 않는 한, 계속해서 홀로 남은 전자를 가진 탄소 원자는 발생합니다.

㉤ 에틸렌 분자를 구성하는 탄소 원자들 사이의 이중 결합이 단일 결합으로 되면서 사슬의 성장 과정을 이어 간다.

→ 에틸렌 분자를 구성하는 탄소 원자들 사이의 이중 결합은 처음에는 과산화 물질과 결합하며 단일 결합으로 변화합니다. 이후에는 다른 에틸렌 분자와 결합하며 단일 결합으로 변화하는 것을 확인할 수 있습니다.

- 여기서 중요하게 생각할 점은, 문제를 푸는 내내 ‘이미지화한 구조도’ 하나만으로 문제가 쉽게 풀린다는 것입니다. 꼭 이러한 유형의 지문을 읽을 때는 이미지를 통한 독해를 이어 나가는 것이 중요함을 알 수 있었습니다.