

탐구수업 지도자료

- 학 년 고등학교 1학년
- 단 원 1단원 수학으로 보는 분자의 구조
- 소 단 원 1부 단원의 개관
- 제 목 교육과정
- 대표 저자 조한혁(서울대학교)
- 공동 저자 우정호(서울대학교)
이정아(돌마고등학교)
김민정(구일고등학교)
허은숙(성신여자고등학교)
박효정(명일여자고등학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center



제 1 부 단원의 개관 - JavaMOL 분자수학

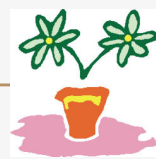
- 제 1 장 자바몰(JavaMOL) 소프트웨어 사용법
- ◇ 분자 모형과 자바몰(JavaMOL) 분자수학
 - ◇ 자바몰(JavaMOL)을 이용한 분자구조 탐구 방법

제 2 부 주제별 탐구 활동

- 제 1 장 분자의 입체구조
1. 메탄 분자의 정사면체 구조
- ◇ 읽을거리 : 축구공의 구조와 정다면체의 안정성
- 제 2 장 분자 구조의 개수 (연결구조)
1. 탄화수소의 구조와 그래프
 2. 이성질체의 개수
- ◇ 읽을거리 : 탄소와 휘발유
- 제 3 장 분자 구조의 개수 (입체구조)
1. 분자구조의 다양성(1)
 2. 분자구조의 다양성(2)
- ◇ 읽을거리 : 탈리도마이드 사건 / 아미노산과 거울상체
- 제 4 장 분자의 입체 구조와 에너지
1. 에탄 분자의 구조와 에너지
 2. 부탄 분자의 구조와 에너지
- ◇ 읽을거리 : DNA의 나선구조



지도자료의 활용



화학자들에게 구조(structure)란, 순수한 화합물에서 어떤 원자가 어떻게 서로 연결되어 있고 공간에서는 어떻게 배열하고 있는가를 나타내는 용어이다.¹⁾ 원자 간의 연결 관계와 배열에 의해 두 화합물이 서로 같은 것인지, 혹은 다른 것인지를 판단하며, 그러한 결합 상태로부터 나타나는 화합물의 성질에는 어떤 차이가 있는지를 규명할 수 있기 때문이다. 실제로 역대 노벨화학 수상자들의 업적을 살펴보면, ‘~의 구조 결정’이 상당한 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 이러한 화합물의 구조를 표현하는 방식에는 분자식, 실험식, 시성식, 구조식(선 결합 구조), 분자 모델 등이 있다.

그렇다면 화학자들은 화합물에서 핵심이 되는 구조를 어떻게 알아낼 수 있었을까 하는 의문을 가져보게 된다. 순수한 화합물은 수많은 분자들이 모여 이루어진 것이므로 우선 물질을 구성 성분으로 분리하고, 그 구성 화합물의 분자들을 확인하는 방법으로 구조를 알아내게 된다. 이때, 전자의 과정은 기계를 이용하여 가능하며, 후자의 과정에 대해서 노벨 화학상 수상자인 로얼드는, 구체적인 예로 언급하고 있다. 분자들이 표준적인 결정을 형성하고 있을 때에는 기계를 이용하여 분자구조를 알아낼 수 있다. 그러나 이와 같은 결정학적 방법으로 구조를 알아내기 힘든 경우에는 다른 방법을 모색해야 한다. 그러한 예로 유기화학자인 제럴드 마인월드와 신경생물학자겸 곤충학자인 토머스 아이스너의 연구를 예로 들 수 있다. 그들은 물매암이가 물 위에서만 서식함에도 불구하고 어류와 양서류에게 잡아먹히지 않고 번성할 수 있었던 이유에 대해, 그들만의 방어 메커니즘 때문이라고 판단하고 그것을 규명하기로 했다. 물매암이들은 위험에 처했을 때, 하얀 액체를 뿜어내는데 이것이 바로 그들의 방어물질인 것이다. 연구자들은 이 물질을 채취해 “지리니달(gyrinidal)”이라고 명명하고 그것을 구성하고 있는 분자구조를 알아내었다. 그 방법은 마치 탐정소설과도 같은데, 우선 분자의 물리학적 특징을 규명하는 것으로부터 시작된다. 질량분석기라는 기계를 이용하면, 분자의 질량 측정을 통해 지리니달에는 14개의 탄소 원자와 3개의 산소 원자, 그리고 18개의 수소 원자가 들어있다는 사실을 알려준다. 그러나 $C_{14}H_{18}O_3$ 만으로는 지리니달의 구조를 파악했다고 할 수 없다. 이 원자들이 어떻게 서로 연결되어서 어떤 모양을 이루고 있는가에 따라 이 화합물의 성격을 크게 바뀌기 때문이다. 그래서 NMR이라는 기계를 이용해서 분자에 들어있는 수소 원자의 자기장 세기 측정한 후, 그로부터 얻어낸 스펙트럼에서 피크의 위치를 확인함으로써 기존에 알려져 있던 HCO , HCH_2 등의 구조를 인식해낸다. 그리고 이들 조각을 이어 붙여 분자의 전체 구조 완성해 내는 것이다. 이처럼 분자 구조를 알아내기 위해서는 개개의 정보를 실마리로 하여, 퍼즐을 맞추듯이 께

1) The same and not the same, Roald Hoffmann



어 맞추어 나가는 과정을 거치는데 이는 탐정소설과 유사한 방법이다.

이러한 화학 구조 결정의 문제에 있어 수학이 중요한 도구의 역할을 수행하기도 한다. 일례로, 1985년 헤르트 A. 하우스프트먼과 제롬 카를은 ‘작은 분자의 화학구조를 추론하는 수학적 방법 개발’을 업적으로 하여 노벨 화학상을 받기도 했다. 다음 장에서는 이러한 화학 구조에 내재해 있는 수학적 원리를 탐구하고, 그것을 도구로 새로운 화학적 발견을 이끌어내는 탐정들과 같은 활동을 수행해 볼 것이다.

사실 수학이 없다면 우리는 물질이 실제로 원자로 이루어져 있고, 원자들이 어떤 배열을 하고 있는지 설득력 있게 설명할 수 없을 것이다. 유전자의 발견, 그리고 이후 유전에 관여하는 물질인 DNA 분자 구조의 발견은 수학적인 실마리가 없었다면 이루어지기 힘들었을 것이다.

이러한 취지 아래에서 3차원 구조를 갖고 있는 분자를 자바몰 (JavaMOL) 마이크로월드를 통해 표현하고, 이에 관련된 수학-과학 탐구를 "분자수학"이라 명명하였다. 이 내용은 고등학교 1학년의 공통과학에 이어 시작하는 고등학교 2학년 과정의 화학(탄화수소 등의 유기화학 부분)과 생물(DNA, 글루코스 등의 분자 생물) 과 연관되어 있으며, 수학 내용으로는 삼각함수와 함수 그리고 간단한 순열-조합의 내용이 관련되어 있다. 본 교재에서는 분자의 세계라는 과학적 context를 수학 언어로 접근하고 이에 관한 수학화 (Mathematization)를 시도하였다. 이에 따른 자료의 개발 방향은 다음과 같다.

1. 『수학으로 보는 분자구조』 단원은 물질의 구성 입자인 원자와 분자를 중심으로 분자식에서 평면 구조식, 분자의 입체 구조로 사고가 확장되어 온 과정이 과학사를 통해 드러나고 있다.
2. 분자 구조를 평면에서 공간으로 이동시켜 생각하는 사고 확장 과정을 따라가며, 분자 구조의 대칭성과 원자 배열의 경우의 수에 따른 물질의 다양성을 학생들이 체험하도록 한다.
3. 학생들 스스로 분자의 구조를 이성질체를 찾아보도록 하며, 웹기반 프로그램 JavaMOL 을 이용하여 학생들이 직접 입체구조를 조작해 보는 기회를 제공한다.
4. 분자의 구조의 다양성과 에너지 관계를 학생들 스스로 탐구해보고 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 유도하는 발표중심학습을 지향한다.

[참고] 본 교재는 자바몰 (JavaMOL) 마이크로월드를 사용하여 탐구할 수 있도록 서울대학교 <http://javamath.snu.ac.kr> 주소의 [자바몰 JavaMOL 분자수학] 방에 본 교재와 관련된 분자수학 홈페이지가 구성되어 있다. 또한 이 것을 다운받아 사용할 수 있도록 개발하였다. 단, 영리를 목적으로 자바몰을 다운받아 사용할 수 없다. 그러나 교육을 위한 비영리적 사용에는 아무 제한이 없으며, 보다 발전된 분자수학 탐구환경이 개발되기를 기대한다.

