

# 2015 개정 교육과정에 따른 고등학교 통합과학의 이해 및 지도방법

LESSON 1. 물질의 규칙성과 결합에 대한 성취기준 분석

물질의 결합에 대한 교수·학습

LESSON 2.

설계 사례 및 탐구 활동 사례



# 1

## 물질의 규칙성과 결합에 대한 성취기준 분석

### 1) 물질의 생성

| 통합과학 물질의 생성 성취기준 |

성취 기준	내용 요소
<p>[10통과01-01] 지구와 생명체를 비롯한 <b>우주의 구성 원소들이</b> 우주 초기부터의 진화 과정을 거쳐서 형성됨을 <b>물질에서 방출되는 빛</b>을 활용하여 추론할 수 있다.</p> <p>[10통과01-02] 우주 초기의 원소들로부터 태양계의 재료이면서 생명체를 구성하는 <b>원소들이 형성되는 과정</b>을 통해 <b>지구와 생명의 역사가 우주 역사의 일부분</b>임을 해석할 수 있다.</p>	<p>우주 초기의 원소 (생성), 태양계에서 원소 생성, 지구의 고체 물질 형성</p>

<빅뱅 후 원소 생성>

<철보다 무거운 원소가 만들어진 과정>

[출처 : 빅뱅 후 원소 생성: 통합과학 교과서(신영준 외 8인), 천재교육, p.21.  
 철보다 무거운 원소가 만들어진 과정: 통합과학 교과서(심규철 외 11인), 비상교육, p.25.]

통합과학 성취기준 01-01은 “지구와 생명체를 비롯한 우주의 구성 원소들이 우주 초기부터의 진화 과정을 거쳐서 형성됨을 물질에서 방출되는 빛을 활용하여 추론할 수 있다.” 로 제시되어 있다. 이 성취기준은 우주는 어디서 출발했을까?, 지구와 생명체를 포함하는 우주의 구성 원소들은 어디에서 왔을까? 등과 같은 질문에서 출발한다. 특히, 우주의 탄생의 역사는 우주로부터 지구에 도달하는 빛의 스펙트럼 분석을 통해 알 수 있다.

원자의 구조와 에너지 준위에 대한 이해를 바탕으로 스펙트럼을 분석한 결과, 우주 전체 구성 원소의 98%가 수소와 헬륨으로 이루어져 있으며, 우리가 살고 있는 우주는 빅뱅에서 출발하여 팽창하고 식어가면서 현재의 모습이 되었고, 지금도 여전히 팽창하고 있다는

것을 알게 된다. 즉, 이 성취기준에서는 스펙트럼 관찰과 빅뱅을 통해 우주 생성 초기 모습을 추론 할 수 있고 수소와 헬륨이 현재 우주의 주요 구성 원소임을 다루고 최종적으로는 관측 증거를 바탕으로 빅뱅 우주론이 확립되기까지의 전 과정을 설명하고 있다.

성취기준 01-02은 “우주 초기의 원소들로부터 태양계의 재료이면서 생명체를 구성하는 원소들이 형성되는 과정을 통해 지구와 생명의 역사가 우주 역사의 일부분임을 해석할 수 있다.” 로 제시되어 있다. 이 성취기준에서는 별의 진화 과정에서 별 내부의 핵융합을 통해 탄소(C), 질소(N), 산소(O)가 생성되는 것을 정성적으로 다루고 초신성 폭발의 결과로 철보다 무거운 원소가 생성되는 것을 설명하고 있다. 특히, 생명체를 이루는 원소 중의 수소는 빅뱅에 의한 것이며 탄소, 질소, 산소 등은 은하계에서 빛나고 있던 별의 내부에서 만들어졌다는 사실을 통해 지구와 생명의 역사가 연결되어 있다는 것이 성취 기준의 최종 목표이다.

## 2) 물질의 규칙성

### | 통합과학 물질의 규칙성 성취기준 |

성취 기준	내용 요소
[10통과01-03] 세상을 이루는 물질은 원소들로 이루어져 있으며, <b>원소들의 성질이 주기성</b> 을 나타내는 현상을 통해 <b>자연의 규칙성</b> 을 찾아낼 수 있다.	금속과 비금속, 최외각 전자

<주기율표의 일부>

<알칼리 금속의 성질>

<전자배치 모형>

[출처: 주기율표의 일부: 통합과학 교과서(김성진 외 14인), 미래엔, p.28.

알칼리 금속의 성질: 통합과학 교과서(심규철 외 11인) 비상교육, p.32..

전자배치 모형: 통합과학 교과서(김성진 외 14), 미래엔, p.33.]

통합과학 성취기준 01-03은 “세상을 이루는 물질은 원소들로 이루어져 있으며, 원소들의 성질이 주기성을 나타내는 현상을 통해 자연의 규칙성을 찾아낼 수 있다.” 로 제시되어 있습니다. 이 성취기준에서는 생활 속에서의 규칙성이나 원소 카드 배열에서의 규칙성 찾기 등을 통해 다양한 금속과 비금속 원소의 성질에서 주기성이 나타남을

확인하고, 알칼리 금속의 반응 등의 실험을 통해 주기율표의 같은 족 원소들은 화학적 성질이 유사함을 확인합니다. 이와 더불어, 원자의 전자배치에서 가장 바깥껍질 전자나 원자가 전자의 규칙성을 원소의 주기성과 관련지어 설명하고 다양한 원소들이 실생활에서 어떻게 활용되고 있는지 살펴본다. 이를 바탕으로 우리 주변에 있는 물질들을 형성하는 화학 결합 및 성질에 대한 기초를 다질 수 있으며, 생명체를 구성하는 기본 원소들에 대한 탐구와 더불어 지구 시스템과 생명 시스템에서의 다양한 물질세계의 규칙성을 발견할 수도 있을 것입니다.

### 3) 물질의 결합

#### | 통합과학 물질의 결합 성취기준 |

성취 기준	내용 요소
<p>[10통과01-04] 지구와 생명체를 구성하는 주요 원소들이 <b>결합을 형성하는 이유</b>와, 원소들의 성질에 따라 형성되는 <b>결합의 종류</b>를 추론할 수 있다.</p> <p>[10통과01-05] 인류의 생존에 필수적인 산소, 물, 소금 등이 만들어지는 <b>결합의 차이</b>를 알고, 각 화합물의 성질을 비교할 수 있다.</p>	<p>이온 결합, 공유 결합</p>
<p>&lt;이온 결합: NaCl&gt;                      &lt;공유 결합: H<sub>2</sub>O&gt;                      &lt;염화 나트륨의 전기 전도성&gt;</p>	

[출처 : 이온 결합, 공유 결합: 통합과학 교과서(김성진 외 14), 미래엔, p.39.  
염화나트륨의 전기 전도성: 통합과학 교과서(심규철 외 11인), 비상교육, p.48].

통합과학 성취기준 01-04은 “지구와 생명체를 구성하는 주요 원소들이 결합을 형성하는 이유와, 원소들의 성질에 따라 형성되는 결합의 종류를 추론할 수 있다.” 로 제시됩니다. 이 성취기준은 대부분의 원소들이 혼자서 존재하지 않고 서로 결합을 하려는 이유와 방법은 무엇일까? 라는 질문에서 출발합니다. 원소들이 화학 결합을 하는 이유는 안정성을 가지는 18족 원소의 전자 배치와 관련지어 설명하고, 금속과 비금속 원소 사이에는 최외각 전자가 이동하는 이온 결합, 비금속 원소들 사이에는 최외각 전자를 서로 공유하는 공유 결합을 각각 구분지어 설명합니다.

성취기준 01-05는 “인류의 생존에 필수적인 산소, 물, 소금 등이 만들어지는 결합의 차이를 알고, 각 화합물의 성질을 비교할 수 있다.” 로 제시됩니다. 특히, 화학 결합이 다르면 물질이 성질이 다르다는 것을 염화 나트륨과 설탕의 전기 전도성과 관련지어

탐구합니다. 지구와 생명 시스템을 이루는 물질이 원소의 수보다 훨씬 다양한 이유는 원자들이 화학 결합을 통해 다양한 분자를 형성하기 때문입니다. 이 단원의 학습을 통해 주변 물질에 대한 이해의 기초를 다질 수 있으며, 더 나아가 지구 시스템과 생명 시스템에 대한 이해를 제고할 것으로 예상됩니다.

## 2

## 물질의 결합에 대한 교수·학습 설계 사례 및 탐구 활동 사례

### 1) 물질의 결합에 대한 교수·학습 설계 사례

| 통합과학 물질의 결합에 대한 교수·학습 실제사례 |

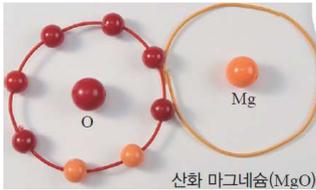
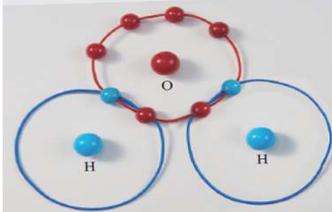
학습 주제	산소, 소금, 물의 화학 결합	수업 모형	순환 학습 모형
학습 목표	산소, 소금(염화 나트륨), 물을 이온 결합 또는 공유 결합 물질로 구분하고 결합이 생성되는 원리 및 차이점을 설명할 수 있다.		
핵심 개념	이온 결합, 공유 결합	평가 방법	보고서 평가, 동료 평가
학습 단계	교수·학습 활동		비고
탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>산소(O<sub>2</sub>), 물(H<sub>2</sub>O), 소금(NaCl)이 가지는 화학 결합 추론하기</li> <li>위 화합물의 성분 원소의 전자 배치가 표현된 그림 제공</li> <li>금속과 비금속이 구분되어 표시된 주기율표 제시</li> </ul>		모둠 활동
개념 도입	<ul style="list-style-type: none"> <li>이온 결합 및 공유 결합의 특징 및 차이점 설명하기</li> <li>이온 및 공유 결합의 모형, 시각 자료 등을 활용하여 설명</li> </ul>		강의
개념 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>비즈용 구슬, 끈 등을 사용하여 화학 결합 모형 만들기</li> <li>H, O, Na, Cl의 전자 배치의 모형 만들기</li> <li>이온 결합을 하는 염화 나트륨(NaCl)의 결합 모형 만들기</li> <li>공유 결합을 하는 물(H<sub>2</sub>O), 산소(O<sub>2</sub>)의 결합 모형 만들기</li> </ul>		모둠 활동
정리 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>산소, 물, 소금의 결합 모형에서의 공통점* 설명</li> <li>* 결합을 이루는 각 원소의 전자배치가 18족 원소와 같음</li> <li>이온 결합 및 공유 결합에 대한 형성 평가 풀이</li> </ul>		

성취기준 [10통과01-05]에서 다루는 다양한 이온 및 공유 결합 화합물의 결합 특성 차이를 학습하기 위해 다음과 같이 교수·학습 과정을 설계하였습니다. 학습 주제는 산소, 소금, 물의 화학 결합으로 총 1차시의 활동이며 과학 교과에서 널리 사용하는 순환 학습 모형을 적용하였습니다. 탐색 단계에서는 성분 원소들의 전자 배치나 주기율표를 활용하여 산소, 물, 소금이 가지는 화학 결합을 추론하는 모둠 활동을 수행합니다. 다음으로 개념 도입 단계에서는 10통과01-04에서 다루었던 이온 결합 및 공유 결합의 특징을 체계적으로 정리합니다. 개념 적용 단계에서는 화학 결합에 대한 탐구 활동을 수행하는데, 도입 단계에서 학습한 내용을 비즈용 구슬이나 끈 등을 활용하여 다양한 결합 모형을 직접 제작하는 활동을 수행합니다. 정리 및 평가에서는 이온 및 공유 결합의 공통점을 찾고 형성 평가 문제를 해결합니다.

## 2) 물질의 결합에 대한 탐구활동 소개

### 1) 비즈 공예용 구슬과 끈을 이용한 이온 및 공유 결합의 표현

| 탐구 활동 1 |

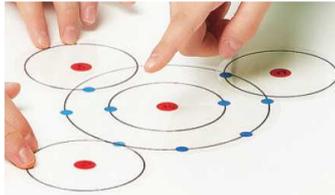
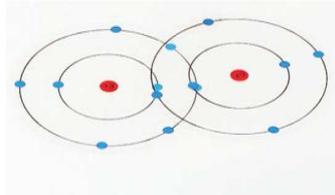
준비물	주요 특징	
비즈 공예용 구슬(크기가 다른 두 종류), 끈, 가위, 라벨지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이온 결합이 형성될 때, 금속 원소의 <b>원자가 전자가 비금속 원소로 이동하는 것</b>을 모형으로 파악 가능</li> <li>• 공유 결합 모형을 만들 때, 이웃한 원자들 사이의 <b>두 개의 전자를 공유한 것</b>을 구슬에 끈을 넣어 표현</li> </ul>	
<p>(예시) NaCl로 변경 촬영 예정</p>  <p>산화 마그네슘(MgO)</p>	<p>(예시) 저작권 문제로 새로 촬영</p> 	<p>※차후 새롭게 촬영하여 제시 전자껍질을 함께 표현하여 이해를 돕는 형식</p>
〈염화 나트륨의 결합 모형〉	〈물 분자의 결합 모형〉	〈산소 분자의 결합 모형〉

※출처: 통합과학 교과서(신영준 외 8인), 천재교육, p.46.

앞의 교수·학습 전략에서 개념 적용 단계에 사용할 수 있는 탐구 활동은 매우 다양합니다. 특히, 비즈 공예용 구슬과 끈을 이용하여 간단하게 이온 결합 및 공유 결합을 모형으로 나타낼 수 있습니다. 이 탐구 활동에서는 이온 결합이 형성될 때, 금속 원소의 원자가 전자가 비금속 원소로 이동한 것을 색이 다른 구슬을 사용하여 구별 할 수 있습니다. 또한, 공유 결합에서는 공유 전자쌍에 대해 두 개의 구슬 각각에 대해 서로 다른 두 개의 실을 연결하여 나타냄으로써 전자를 나타내는 구슬이 두 원자 사이에 공유되는 것을 명확히 파악할 수 있는 장점이 있습니다.

## 2) 투명 필름과 스티커를 이용한 이온 및 공유 결합의 표현

| 탐구 활동 2 |

준비물	주요 특징	
투명 필름, 원형 스티커, 사인펜, 양면 테이프, 가위, 컴퍼스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동심원이 그려진 투명 필름(OHP 필름)이 <u>전자 궤도</u>, 스티커로 <u>원자핵</u>과 <u>전자</u>를 표현</li> <li>• 두 원자 사이의 공유 결합은 전자 궤도가 겹치게 한 다음 전자를 표현하는 스티커를 붙임</li> </ul>	
※차후 새롭게 촬영 예정	(예시) 저작권 문제로 새로 촬영 	(예시) 저작권 문제로 새로 촬영 
<염화 나트륨의 결합 모형>	<물 분자의 결합 모형>	<산소 분자의 결합 모형>

※출처: 통합과학 교과서(심규철 외 11인), 비상교육, p.42.

다음은 투명 필름과 스티커를 사용하여 이온 및 공유 결합을 나타내는 탐구 활동입니다. 컴퍼스와 사인펜을 이용하여 동심원을 직접 그려도 되지만, 전자 궤도를 표현한 원이 인쇄된 투명 필름을 준비하면 학생들의 부담을 줄일 수 있습니다. 비금속 원소들 사이의 공유 결합에 대한 모형은 두 원자의 궤도를 겹치게 하여 양면 테이프로 고정시킨 후 공유 전자를 스티커로 붙여 표현합니다.

### 3-1) 과학 실험 촬영 1

| 과학 실험 촬영 1 |

구분	나레이션	모형 및 특징
배경	이번 시간에는 비즈 구슬과 실을 사용하여 화학 결합을 모형으로 나타내는 활동을 소개하고자 합니다. 이러한 탐구 활동을 통해 학생들은 금속 원소에서 비금속 원소로 전자가 이동하는 이온 결합, 그리고 비금속 원소들이 전자를 서로 공유하는 공유 결합의 전자적 특징에 대해 보다 몰입하여 이해할 수 있습니다.	준비물 (Petri Dish에 넣어 제시)과 몇 가지 완성작 제시
준비물 소개	재료 및 준비물로는 색이 다른 비즈 공예용 구슬, 실, 가위가 필요합니다.	준비물과 클로즈업
이온 결합	이온 결합 모형은 염화 나트륨을 예시로 설명하겠습니다. 우선 실은 전자 껍질을, 비즈 구슬은 가장 바깥 껍질 전자를 나타냅니다. 이를 이용하여 나트륨과 염소 원자의 가장 바깥 껍질 전자 배치를 각각 모형으로 만듭니다. 특히, 금속 나트륨에서 비금속인 염소로 전자가 이동해야 하므로 원자 상태에서는 실의 한쪽 끝과 다른 한 쪽 끝을 묶지 않도록 합니다. 다음과 같이 왼쪽이 금속 나트륨, 오른쪽이 비금속인 염소 원자입니다. 전자 이동을 한 눈에 알아볼 수 있도록 금속과 비금속 원자의 비즈 구슬 색을 다르게 하였습니다.	길이가 같은 두 개의 실과 빨간색 구슬 1개, 노란색 구슬 7개 준비하고, 나트륨과 염소 원자의 모형 제작
공유 결합 -단일 결합	이온 결합은 금속의 원자가 전자가 비금속 원자의 가장 바깥 껍질로 이동하는 것이 핵심입니다. 나트륨의 전자 구슬을 염소 쪽으로 이동시킨 후, 염화 이온에 해당하는 실의 각 끝을 묶어줍니다.	염화나트륨에 대해 모형 제작하면서 설명
공유 결합 -이중 결합	다음으로 산소와 같이 이중 결합을 가진 분자의 결합 모형을 제작하겠습니다. 공유 전자쌍이 두 쌍이므로 4개의 구슬을 두 개의 실이 공유하도록 합니다. 두 개의 실이 사용되거나 한 개의 실에는 2개의 전자만 끼워지는 것이 옳지 않아요. 그 후, 옥텟 규칙을 만족하도록 왼쪽 및 오른쪽의 실에 각각 4개의 구슬을 대칭적으로 끼워주고 끝과 끝을 묶어 줍니다.	4개의 구슬에 두 실을 끼우는 것과 완성 작품만을 편집하여 제시
공유 결합 - 두 개의 단일 결합	마지막으로 물 분자와 같이 두 개의 공유 결합을 가진 분자의 결합 모형입니다. 두 개의 실을 두 구슬의 구멍에 통과하도록 한 후, 수소에 해당되는 실만 묶어 줍니다. 그 후, 산소에 해당되는 실에 비공유 전자 4개를 끼워줍니다. 공유 결합 한 개가 더 필요하므로, 두 구슬의 구멍에 산소의 실과 다른 수소의 실이 통과되도록 한 후, 산소와 수소에 해당되는 실을 각각 묶어 줍니다.	각 단계별 핵심이 들어나도록 동영상 편집
다른 예시 및 후기	이러한 원리를 활용하면 두 개의 이중 결합을 가진 이산화 탄소의 결합 모형도 다음과 같이 나타낼 수 있습니다. 비즈를 이용한 결합 모형은 결합 형성 시 전자의 이동이나 공유, 바깥 껍질의 전자를 파악하는데 도움은 되지만, 내부 껍질의 전자나 원자핵의 정보를 직관적으로 볼 수 없는 한계점도 있음을 유의하셔야 합니다.	이산화탄소 모형 제시

### 3-2) 과학 실험 촬영 2

#### | 과학 실험 촬영 2 |

구분	나레이션	모형 및 특징
배경 및 준비물 소개	이번 시간에는 OHP 필름과 스티커를 사용한 화학 결합 모형 만들기 활동입니다. 재료 및 준비물로는 전자 껍질을 나타내는 동심원이 그려진 OHP 필름, 원자핵과 전자를 표현하는 스티커, 양면 테이프가 필요합니다.	준비물과 완성작 3개를 제시
원자 모형	다음과 같이 수소, 산소, 나트륨, 염소 원자의 전자 배치를 모형으로 나타냅니다. 동심원의 중앙에 빨간색 스티커를 붙이고 원자핵의 전하를 적어 줍니다. 전자 껍질의 전자 수 만큼 전자를 나타내는 파란색 스티커를 붙여 줍니다. 한편, 금속 원자의 전자는 녹색 스티커를 붙여 금속과 비금속의 전자를 구별시켰습니다.	나트륨을 예시로 제작하면서 설명하고, 나머지 수소, 산소, 염소는 완성작을 제시
이온 결합	다음은 나트륨 원자와 염소 원자의 모형을 이용하여 염화 나트륨의 결합 모형입니다. 나트륨 원자의 가장 바깥 껍질의 녹색 스티커 1개를 염소 원자쪽으로 이동시켜 준 것이 특징입니다. 이온 결합에서 양이온과 음이온은 정전기적 인력을 통해 붙들려 있으므로 서로 인접하게만 놉니다.	별도 과정은 촬영하지 않고 염화 나트륨 완성작을 제시하면서 설명
공유 결합	그림은 염소 및 산소, 물 분자의 결합 모형입니다. 염소 분자를 만들 때, 염소 원자의 가장 바깥 껍질의 일부만이 포개어지도록 한 후, 양면 테이프로 붙여줍니다. 그 후, 두 선이 만나는 교점에 전자를 나타내는 파란색 스티커를 붙여 공유 전자쌍을 표현해 줍니다. 이러한 방법을 이용하여 산소의 이중 결합, 물 분자의 두 개의 단일 결합을 모형으로 나타냅니다.	염소 분자를 예시로 제작하면서 설명하고, 궤도가 겹친 부분과 공유 전자쌍을 나타내는 부분을 클로즈업하여 촬영, 그 후, 산소, 물 분자는 완성작만 제시
후기	OHP 필름과 스티커를 이용하면 이온 결합 및 공유 결합의 모형을 실제에 가깝게 표현할 수 있습니다. 특히, 가장 바깥 껍질의 전자뿐만 아니라, 원자핵과 내부 전자의 배치도 함께 확인할 수 있는 장점이 있습니다.	