

총론

I. 과학과 교육과정	8
II. 과학과 교과용 도서의 개발 방향 및 특징	14
III. 과학의 구성 요소	21
IV. 과학 학습 이론	29
V. 과학 교수·학습 모형	49
VI. 과학 학습의 유형	79
VII. 과학 학습의 평가	85
VIII. 자유 탐구의 지도와 실제	94
IX. 학기 지도 계획	102

1. 2007년 개정 교육과정의 성격과 구성 방향

(1) 교육과정의 성격

교육인적자원부(현 교육과학기술부) 고시 제2007-79호의 교육과정은 우리나라 초·중등 교육법 제23조 제2항에 의거하여 개정된 것으로, 초·중등학교의 교육 목적과 교육 목표를 달성하기 위한 국가 수준의 교육과정이다. 이 교육과정에는 초·중등학교에서 편성·운영해야 할 학교 교육과정의 공통적이고 일반적인 기준이 제시되어 있다. 이 교육과정의 성격은 다음과 같다.

- ① 국가 수준의 공통성과 지역, 학교, 개인 수준의 다양성을 동시에 추구한다.
- ② 학습자의 자율성과 창의성을 신장시키기 위한 학생 중심의 교육과정이다.
- ③ 교육청과 학교, 교원, 학생, 학부모가 함께 실천하는 교육과정이다.
- ④ 학교 교육 체계를 교육과정 중심으로 개선한다.
- ⑤ 교육의 과정과 결과의 질적 수준을 유지, 관리하기 위한 교육과정이다.

(2) 교육과정 구성 방침

우리나라의 교육은 홍익인간의 이념 아래 모든 국민으로 하여금 인격을 도야하고, 자주적 생활 능력과 민주 시민으로서 필요한 자질을 갖추게 하여 인간다운 삶을 영위하게 하고, 민주 국가의 발전과 인류 공영의 이상을 실현하는 데 이바지함을 목적으로 하고 있다.

이러한 교육 이념을 바탕으로, 교육과정이 추구하는 인간상은 전인적 성장의 기반 위에 개성을 추구하는 사람, 기초 능력을 토대로 창의적인 능력을 발휘하는 사람, 폭넓은 교양을 바탕으로 진로를 개척하는 사람, 우리 문화에 대한 이해의 토대 위에 새로운 가치를 창조하는 사람, 민주 시민 의식을 기초로 공동체의 발전에 공헌하는 사람으로 정하였다.

한편 교육과정이 추구하는 인간상을 구현하기 위한 구성 방침은 다음과 같다.

- ① 사회적 변화의 흐름을 주도할 수 있는 기본 능력을 기르도록 교육과정을 구성한다.
- ② 국민 공통 기본 교육과정과 선택 중심 교육과정 체제를 도입한다.
- ③ 교육 내용의 양과 수준을 적정화하고, 심도 있는 학습이 이루어지도록 한다.
- ④ 학생의 능력, 적성, 진로를 고려하여 교육 내용과 방법을 다양화한다.
- ⑤ 교육과정 편성과 운영에 있어서 현장의 자율성을 확대한다.
- ⑥ 교육과정 평가 체제를 확립하여 교육에 대한 질 관리를 강화한다.

(3) 과학과 교육과정의 구성 방향과 중점

우리나라 교육 이념과 교육과정의 구성 방향을 기초로 하여 설정한 과학과 교육과정의 구성 방향과 중점은 다음과 같다.

첫째, 과학적 기초 소양 교육을 강화한다.

과학 기술 기반의 미래 사회에 능동적으로 대비하기 위하여서는 무엇보다도 과학적 소양을 지니도록 하는 것이 필수적이다. 일상생활에서 과학과 관련된 문제를 슬기롭게 해결하고, 합리적인 판단과

의사 결정을 할 수 있는 과학적 소양을 기르도록 과학-기술-사회 관련 내용을 강화한다. 또한 과학적 소양을 배양하기 위한 방안으로 ‘자유 탐구’를 도입하여 학생들이 과학 탐구의 즐거움을 느끼고, 과학을 좋아할 수 있는 기회를 가지도록 마련한다.

둘째, 창의성 신장을 강화하는 과학 교육을 추구한다.

미래의 무한 경쟁의 지식 기반 사회에서는 무엇보다도 창의성이 절실히 요구된다. 당면한 실생활의 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 문제 해결력을 기르는 것을 강조하기 위하여 과학과 교육과정의 성격, 목표, 평가에 창의성을 각각 명시한다. 또한, 자유 탐구를 통하여서 실제로 문제를 발견하고, 그 문제를 해결하기 위한 방법을 찾아보며, 과학적 탐구 방법으로 시험하고 검증하는 과학적 탐구 과정을 체험해 볼 수 있도록 한다.

셋째, 과학의 탐구 활동을 강조한다.

과학의 개념과 지식은 일반적으로 과학적 탐구 활동을 통하여 얻어진다. 따라서 과학의 내용은 과학적 지식과 탐구의 과정으로 이루어져 있다고 볼 수 있다. 이러한 과학의 본성을 반영하여 과학의 내용을 기본 개념과 함께 필수 탐구 활동으로 제시한다. 그리고 과학의 단편적인 탐구보다는 과학 관련 문제를 체계적으로 해결하는 종합적 탐구를 할 수 있도록 3~10학년에 자유 탐구를 도입한다.

넷째, 교육 내용을 적정화한다.

과학과 교육과정은 학생의 특성과 과학의 본질에 알맞게 내용을 구성함으로써 점진적으로 과학 내용의 폭과 깊이를 확대하여 심도 있는 탐구 활동을 하도록 한다. 그리고 나선형 교육과정의 적용으로 1~2학년의 슬기로운 생활, 7~10학년 과학, 고등학교 과학 선택 과목, 그 밖의 관련 교과 간에 중복 내용을 최소화하여 과학에 흥미와 호기심을 가지고 계속 탐구하도록 구성한다. 과학의 학습 단원이 3~7차시로 구성되어 과학의 탐구 활동이 단편적으로 이루어지는 문제점을 해결하기 위하여 종전의 3~6학년 과학과 교육과정에서 60개였던 단위 수를 33개로 대폭 축소하여 보다 깊고 의미있는 과학적 탐구 활동이 이루어지도록 한다.

다섯째, 교육과정 운영의 자율성을 확대한다.

교육과정의 목표와 내용의 구현은 궁극적으로 단위 학교에서 이루어진다. 교육과정의 편성과 운영 권한을 단위 학교와 교사에게 위임하여 단위 학교의 교육과정 운영의 자율성을 확대한다. 교육과정의 편성과 운영의 지침은 국가, 교육청, 학교 수준에서 알맞게 정하도록 하고, 가급적 단위 학교와 교사가 교육과정을 자율적으로 운영할 수 있는 범위와 기회를 점진적으로 확대한다.

2. 과학과의 성격

국민 공통 기본 교육과정인 ‘과학’은 3학년부터 10학년까지 모든 학생들이 학습하는 교과로서 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 일상생활의 문제를 창의적이고 합리적으로 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 기르기 위한 교과이다.

‘과학’은 초등학교 1, 2학년의 슬기로운 생활과 고등학교 2, 3학년의 물리 I, 화학 I, 생명 과학 I, 지구 과학 I, 물리 II, 화학 II, 생명 과학 II, 지구 과학 II 과목과 긴밀한 연계를 가지도록 구성한다.

‘과학’의 내용은 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주 영역으로 구성하되, 기본 개념과 탐구 과정이 학년과 영역 간에 연계되도록 한다. 또한, 학생들이 과학에 대한 흥미를 높이고 창의력을 신장시킬 수 있도록 학생 스스로 관심 있는 주제를 선정하여 탐구할 수 있는 ‘자유 탐구’를 포함하여 구성한다.

‘과학’에서는 학생 수준에 따라 관찰, 실험, 조사, 토론 등 다양한 탐구 활동 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 그리고 개별 활동뿐만 아니라 모둠 활동을 통하여 비판성, 개방성, 정직성, 객관성, 협동성 등 과학적 태도와 의사소통 능력을 기르도록 한다. 또한, 단편적인 지식의 획득보다는 기본 개념의 통합적인 이해를 토대로 일상생활의 문제를 과학적으로 해결하는 능력을 함양하도록 한다.

‘과학’의 주요 개념을 학습자의 경험과 관련이 깊은 상황에서 지도하고, 학습한 지식과 탐구 방법을 일상생활이나 사회 문제 해결에 적용할 수 있는 기회를 제공함으로써 과학의 가치뿐만 아니라 과학, 기술, 사회의 상호 관계를 바르게 인식할 수 있도록 한다.

과학과의 성격에서 첫 문단에는 교육과정의 성격, 대상 학년, 학습 대상, 학습 과정, 성취 목표 등이 제시되어 있다. 즉, ‘과학’은 국민 공통 기본 교육과정으로서 초등학교 3학년부터 고등학교 1학년까지 8년 동안 우리나라의 모든 학생들이 학습하는 교과이다. 학습 대상은 과학에서 다루는 자연의 사물과 현상으로서 이에 대한 탐구 활동을 통하여서 과학의 기본 개념, 과학적 탐구 능력과 태도를 기르도록 하고 있다. 과학 교과는 이러한 과학적 탐구 활동을 통하여 얻어진 과학 지식과 탐구 능력, 과학적 태도로 일상생활에서 부딪치는 여러 가지 문제를 슬기롭고 창의적이며 합리적으로 해결할 수 있는 과학적 소양을 기르는 교과임을 표방하고 있다.

둘째 문단은 ‘과학’ 교과의 학습 계열을 제시한 것이다. ‘과학’의 지도 내용은 초등학교 1, 2학년의 ‘슬기로운 생활’ 과목과 고등학교 2, 3학년에서 학습하는 물리Ⅰ·Ⅱ, 화학Ⅰ·Ⅱ, 생명 과학Ⅰ·Ⅱ, 지구 과학Ⅰ·Ⅱ 등의 과학 과목과 내용의 연계성을 유지해야 함을 명시하고 있다.

셋째 문단은 ‘과학’ 교과의 내용 구성의 원칙을 제시한 것이다. 과학의 학문을 이루는 전 영역을 포 함시키는 것을 원칙으로 하며, 이들 영역 간에 기본 개념과 탐구 과정이 유기적으로 연계되도록 한다. 그리고 과학 내용 구성 시 과학의 탐구 능력과 창의력을 최대한으로 계발하고 이를 신장시킬 수 있는 ‘자유 탐구’ 주제를 포함하도록 하고 있다.

넷째 문단은 학생 수준에 알맞은 과학의 탐구 과정과 탐구 활동 중심의 과학 수업으로 문제를 해결 하는 데 필요한 과학의 기본 탐구 능력과 과학적 태도를 습득하여 학생들이 부딪치는 문제들을 슬기 롭게 해결할 수 있는 능력을 기르도록 되어 있다.

마지막 문단은 과학 수업에서 학습한 과학의 지식과 탐구 방법 등을 일상생활이나 사회 문제 해결 에 적용함으로써 과학의 본성과 가치를 바르게 인식하고, 과학·기술·사회와의 관계를 바르게 이해하 도록 되어 있다.

3. 과학과의 목표

자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학 적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 일상생활의 문제를 창의적이고 과학적으로 해결하는 데 필요 한 과학적 소양을 기른다.

- (1) 과학의 기본 개념을 이해하고, 자연 탐구와 일상생활의 문제 해결에 이를 적용한다.
- (2) 자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 일상생활의 문제 해결에 이를 활용한다.
- (3) 자연 현상과 과학 학습에 대한 흥미와 호기심을 기르고, 일상생활의 문제를 과학적으로 해결하 려는 태도를 함양한다.
- (4) 과학, 기술, 사회의 상호 관계를 인식한다.

과학과의 목표는 2007년 개정 교육과정의 구성 방향과 과학과의 성격을 기반으로 설정된 것으로서 크게 총괄 목표와 하위 목표로 구성되어 있다. 총괄 목표에서 달성하고자 하는 궁극적인 목표가 바로 ‘과학적 소양’이다. 과학적 소양은 과학의 기본 개념, 과학의 본성, 과학자의 연구 윤리, 과학과 사회 의 관계, 과학과 인간의 상호 연관성, 과학과 기술에 대한 이해를 전제로 하며, 이는 과학에 대한 이 해, 대중 매체에 나타난 과학 관련 내용의 진실성을 확인할 수 있는 능력, 그리고 사회에서 과학 활동 의 연관성과 중요성을 평가할 수 있는 능력 등을 포함하고 있다.

미국 과학교사협회에서는 과학적 소양을 갖춘 사람의 특성을 다음과 같이 제시하였다.

- ① 일상생활에서 책임 있는 의사 결정을 내리기 위하여 과학 개념, 탐구 과정과 기능, 가치를 이용한다.
- ② 과학과 기술이 사회에 미치는 영향뿐만 아니라 사회가 과학과 기술에 미치는 영향을 이해한다.
- ③ 사회가 여러 가지 자원을 통하여서 과학과 기술을 통제함을 이해한다.
- ④ 인간의 복지 증진에서 과 학과 기술의 유용성뿐만 아니라 한계성도 이해한다.
- ⑤ 과학의 주요 개념, 가설, 이론을 알고 이를 사 용할 줄 안다.
- ⑥ 과학과 기술이 제공하는 지적 자극을 이해한다.
- ⑦ 과학 지식의 창출은 탐구 과정과 개념적 이론에 근거함을 이해한다.
- ⑧ 과학적인 증거와 개인적인 견해를 바탕으로 한다.
- ⑨ 과학의 본 질을 인식하고, 과학 지식이 잠정적이며 증거의 축적에 따라 변할 수 있다는 것을 이해한다.
- ⑩ 기술의 응용과 이에 따른 의사 결정을 이해한다.
- ⑪ 과학 연구의 가치와 기술의 발달을 인식할 수 있는 충분한 지식과 경험을 가진다.
- ⑫ 과학 교육의 결과로 세상에 대하여 더 풍요롭고 긍정적인 견해를 가진다.
- ⑬ 믿을만한 과학적·기술적 정보원을 알고, 이러한 정보원을 의사 결정에 활용할 수 있다.

그리고 미국의 과학진흥협회(American Association for the Advancement of Science)에서 는 과학적 소양을 갖춘 사람은 ① 과학과 수학, 그리고 기술이 상호 연관된 인간의 활동임을 인식하고, ② 과학의 주요 개념과 원리를 이해하며, ③ 자연의 세계에 친숙하고 자연계의 다양성과 항상성을 인 식하고, ④ 과학적 지식과 사고 방식을 개인과 사회를 위하여 활용할 줄 알아야 한다고 하였다.

이와 같이 ‘과학적 소양’은 다양한 의미로 해석되고 있으나, 그 속에는 초·중등학교 과학 교육을 통하여서 달성하고자 하는 목표가 소수의 전문적인 과학자나 기술자를 기르려고 하는 것이 아니라 다수의 과학적 소양을 지닌 일반 시민을 기르는 ‘모든 이를 위한 과학’을 지향하고 있다는 것을 유 의하여야 한다.

4. 과학과의 내용

(1) 내용 체계

학년 \ 영역	3	4	5	6	7	8	9	10	
운동과 에너지	• 자석의 성질 • 빛의 직진	• 무게 • 열 전달	• 물체의 속력 • 전기 회로	• 빛 • 에너지 • 자기장	• 힘과 운동 • 정전기	• 열에너지 • 빛과 파동	• 일과 에너지 • 전기	• 물체의 운동 • 전자기	• 자연계에서 의 에너지
물질	• 물체와 물질 • 액체와 기체 • 혼합물 분리	• 물의 상태 변화	• 용해와 용액	• 산과 염기 • 여러 가지 기체 • 연소와 소화	• 물질의 세 가지 상태 • 분자의 운동 • 상태 변화와 에너지	• 물질의 구성 • 우리 주위의 화합물	• 물질의 특성 • 전해질과 이온	• 화학 반응 에서의 규칙성 • 여러 가지 화학 반응	
생명	• 동물의 한살이 • 동물의 세계	• 식물의 한살이 • 식물의 세계	• 식물의 구조 와 기능 • 작은 생물의 세계 • 우리의 몸	• 생태계와 환경	• 생물의 구성 과 다양성 • 식물의 영양	• 소화와 순환 • 호흡과 배설	• 자극과 반응 • 생식과 발생	• 유전과 진화 • 생명 과학 과 인간의 미래	
지구와 우주	• 날씨와 우리 생활	• 지층과 화석 • 화산과 지진 • 지표의 변화	• 지구와 달 • 태양계와 별	• 날씨의 변화 • 계절의 변화	• 지각의 물질 과 변화 • 지각 변동과 판구조론	• 태양계 • 별과 우주	• 대기의 성 질과 일기 변화 • 해수의 성분 과 운동	• 지구계 • 천체의 운동	

(2) 4학년의 내용

과학과 교육과정에 제시된 4학년의 지도 내용은 다음과 같다. 교육과정에 제시된 단원명은 교과서 집필 과정에서 다소 변경될 수 있다.

① 지층과 화석

- (가) 지층의 형성 과정을 이해하고, 이로부터 지층이 쌓이는 순서를 추리할 수 있다.
- (나) 지층의 특성과 다양성을 안다.
- (다) 퇴적암의 생성 과정을 이해하고, 그 특징에 따라 구분할 수 있다.
- (라) 화석의 생성 과정을 이해하고, 화석의 이용 사례를 열거할 수 있다.

[탐구 활동]

- (가) 지층이 쌓이는 순서 실험하기
- (나) 퇴적암 관찰하기
- (다) 화석 모형 만들기
- ※ 유의 사항 : (가) 퇴적암은 이암, 사암, 역암을 다룬다.

② 무게

- (가) 수평잡기에서 거리와 무게의 관계를 설명할 수 있다.
- (나) 물체의 무게와 용수철이 늘어난 길이의 관계를 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- (가) 수평잡기
- (나) 물체의 무게와 용수철이 늘어난 길이의 관계 알아보기
- ※ 유의 사항 : (가) 거리와 무게의 관계에서 정량적인 관계식은 다루지 않는다.

③ 식물의 한살이

- (가) 식물의 한살이에 따른 변화를 이해한다.
- (나) 식물에 따라 한살이가 다를음을 안다.

[탐구 활동]

- (가) 씨앗을 심고 싹틔우면서 겉모양과 속모양의 변화 관찰하기
- (나) 식물이 싹트거나 자라는 데 필요한 조건 찾아내기
- (다) 여러 종류의 식물을 기르면서 한살이 비교하기

④ 식물의 세계

- (가) 여러 가지 식물의 생김새와 특징을 안다.
- (나) 식물이 사는 곳에 따른 생김새와 생활 방식을 설명할 수 있다.
- (다) 여러 가지 식물을 공통점과 차이점에 따라 나눌 수 있다.

[탐구 활동]

- (가) 여러 가지 식물을 관찰하고 특징 알아보기
- (나) 식물의 생김새, 사는 곳, 생활 방식 간의 관계 알아보기
- (다) 비슷한 특징을 가진 식물들끼리 묶어 보기

⑤ 지표의 변화

- (가) 흙의 종류에 따라, 물의 빠짐과 입자의 크기 및 부식물의 함량 등이 다를음을 안다.
- (나) 흙의 생성 과정을 알고 흙과 생물과의 관계를 이해한다.
- (다) 유수에 의한 지표의 변화를 이해하고 강 주변 지형의 특징을 안다.
- (라) 바닷물에 의한 지표의 변화를 설명할 수 있다.
- (마) 흙의 중요성을 알고 흙의 보존 방법을 이해한다.

[탐구 활동]

- (가) 여러 곳의 흙 관찰하기
- (나) 흙의 물 빠짐 실험하기
- (다) 흙의 침식에 영향을 미치는 요인을 알아보는 실험하기

⑥ 물의 상태 변화

- (가) 물의 상태 변화를 설명할 수 있다.
- (나) 물과 얼음의 상태 변화에서 무게와 부피의 변화가 어떠한지 설명할 수 있다.
- (다) 주위에서 일어나는 상태 변화의 예와 이를 이용하는 경우를 열거할 수 있다.

[탐구 활동]

- (가) 물의 상태 변화 관찰하기
- (나) 물과 얼음의 상태 변화에서 무게와 부피 비교하기
- (다) 수돗물의 사용량을 조사하고 물을 아껴 쓰는 방법 토의하기

⑦ 화산과 지진

- (가) 화산에서 가스, 용암, 화산재 등이 나오는 것을 안다.
- (나) 화산 활동으로 지표면이 변화됨을 이해한다.
- (다) 화성암의 생성 과정을 이해하고, 화강암과 현무암을 구분할 수 있다.
- (라) 지진 발생의 원인을 이해하고, 화산과 지진이 주로 발생하는 지역을 안다.
- (마) 지진의 피해를 줄이는 방법을 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- (가) 화산 활동 모양 그리기
- (나) 화강암과 현무암 관찰하기
- (다) 화산과 지진의 피해 사례 조사하기

⑧ 열 전달

- (가) 전도, 대류, 복사에 의한 열 전달을 설명할 수 있다.
- (나) 실생활에서 전도, 대류, 복사 현상의 예를 찾을 수 있다.

[탐구 활동]

- (가) 다양한 물질의 열 전도 정도 비교하기
- (나) 대류 현상 관찰하기
- (다) 복사에 의한 열 전달 관찰하기
- (라) 보온병 고안하기

II

과학과 교과용 도서의 개발 방향 및 특징

1. 과학과 교과용 도서의 개발 방향

초등학교 3~4학년 과학 교과서는 2007년 개정 교육과정에서 추구하는 인간상과 교육 목표 달성에 적합한 질 높은 교과용 도서를 편찬하는 데 목적을 두었다.

교과용 도서는 교육과정을 충실히 반영하고, 교육과정 중심의 학교 교육 체제에 적합하며, 학생의 학습 능력과 창의력 신장에 적합한 것으로서, 앞으로 자라나는 차세대 학생들이 과학에 대한 관심과 흥미를 가지고 신나는 과학 탐구를 통하여 ‘과학의 꿈’을 기르는 것을 편찬의 기본 방향으로 삼았다.

초등학교 과학 교과서 개발 방향을 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

(1) 2007년 개정 교육과정의 목표와 내용을 충실히 반영한 교과용 도서를 편찬하였다.

교육과정에서 추구하는 인간상과 과학 교과서의 성격, 목표, 내용, 방법, 평가 등을 종합적으로 고려하여 내용을 구성하고, 학생의 특성을 고려하여 내용의 수준과 학습량을 적정화하며, 과학의 심화·보충 학습이 가능하도록 구성하였다.

(2) 교육과정 중심의 학교 교육 체제에 적합한 교과용 도서를 편찬하였다.

과학과 교과용 도서는 과학과 교육과정의 목표를 구현하기 위한 주된 교육 자료로서, 교수·학습 과정의 중심이 된다. 따라서 편찬 과정에서 현장 교사와 과학자, 과학 교육자, 대학 교수 등의 다양한 의견을 반영하여 도서를 편찬하였다. 그리하여 국가 수준 교육과정의 상세화 및 구체화 자료로서의 적합성을 제고하고, 학교 교육과정의 편성·운영에 실제로 도움을 줄 수 있는 다양하고 풍부한 자료를 제시하였다.

(3) 학습자 중심의 다양하고 질 높은 교과용 도서를 편찬하였다.

학생의 개인차와 지적 발달 단계를 고려하여 창의적인 문제 해결력, 탐구 능력 및 과학적 사고력을 기를 수 있는 내용을 선정하고, 단원의 전개 체제를 창의적으로 구안하여 학습 활동 과정 중심의 내용이 전개되도록 구성하였다.

또한, 과학의 본성을 이해할 수 있도록 탐구 과정을 중시하고, 학생의 경험과 실생활의 내용을 보다 의미있게 구성하였다. 그리고 학생의 흥미와 동기 유발을 위하여 생활 경험을 반영하고, 다양한 편집과 디자인 기법을 도입하여 학생이 쉽고 재미있게 배우는 교과서, 교사가 활용하기에 편리한 교과서를 편찬하였다.

(4) 기초 연구에 바탕을 둔 우리 교육 실정에 알맞은 교과용 도서를 편찬하였다.

초등학교 3~4학년 과학 교과용 도서를 집필하기에 앞서 ‘초등학교 3~4학년 과학 교과용 도서 개발을 위한 기획 연구’를 수행하여, 교과용 도서 개발 방향과 구현 전략, 학습 내용의 선정 및 조직 방법, 교과용 도서의 체제, 단원의 전개 방법, 시각적 효과의 극대화 방안 등을 구안한 연구형 교과용 도서를 편찬하였다.

표 II-1

이러한 방향을 토대로, 과학 마니아를 육성하고, 과학의 생활화 및 대중화를 통하여 과학 문화를 창달하며, 과학 기술계에 대한 바른 인식을 통하여 미래의 지식 기반 사회에 꼭 필요한 합리적이고 창의적인 사람을 기를 수 있는 도서를 편찬하는 것을 기본 전략으로 삼았다. 이를 통해 학생들이 흥미를 가지고 쉽고 재미있게 공부할 수 있는 과학 교과서를 편찬함으로써 과학 탐구의 즐거움과 자신감을 가지게 하고, 나아가 자라나는 학생들이 과학의 꿈을 키워 나갈 수 있도록 하였다.

‘과학의 꿈(DREAM)’은 기초 학습 능력의 신장(Drill), 실제 세상의 모습 반영(Real World), 다양한 경험(Experience), 과학 태도(Attitude), 학습 동기(Motivation)를 통하여서 길러질 수 있다. 과학의 기초 능력을 바탕으로 과학의 참된 꿈을 기를 수 있는 교과서를 지향하고, 이를 구현하는 구성 방침을 구체적으로 제시하면 다음 (표 II-1)과 같다.

과학 교과서의 특징 및 구성 방침

과학의 기초 능력을 바탕으로 과학의 참된 꿈을 기르는 교과서		
DREAM	교과서의 특징	구성 방침
기초 학습 능력의 신장(Drill)	탐구 능력과 과학의 기본 개념에 대한 학습을 착실히 수행할 수 있는 교과서	탐구에 대한 안내 강화 기본 개념에 대한 입체적이고 친절한 설명
실제 세상의 모습 반영(Real World)	실험실 상황이나 인위적인 상황 대신 실제 세상의 모습을 반영한 교과서	역사 속 과학, 현대 사회와 과학, 미래의 과학, 예술과 과학 등의 다양한 주제 설정
다양한 경험(Experience)	다양한 경험을 제공하는 교과서	조사, 글쓰기, 토론, 탐방, 첨단 매체의 활용 등의 활동 안내
과학 태도(Attitude)	과학에 대하여 긍정적 태도를 가지며, 나도 과학을 잘 할 수 있다는 자신감을 심어 주는 교과서	과학 탐구에 대한 성공의 경험과 즐거움을 제공 과학자, 과학의 긍정적 역할에 대한 내용 강화
학습 동기(Motivation)	보면 펼치고 싶고, 펼치면 읽게 되며, 읽으면 탐구하게 되는 교과서	단원의 차시를 하나의 맥락으로 연결하여 시각 디자인 효과 강화 학습자에게 의미 있는 주제, 활동 내용 선정

(1) 기초 학습 능력의 신장(Drill)

초등학교에서 필요한 기초적이고 기본적인 학습 내용을 엄격하게 선정하여 가능한 한 적은 내용을 유기적이고 체계적으로 학습하도록 유도함으로써 과학의 기초 학습 능력을 충실하게 기를 수 있도록 하였다. 학습 내용을 학습자의 입장에서 선정하고, 조직하여 보다 쉽고 재미있는 소재 중심으로 내용을 구성하였다.

그리하여 수업 시간에 실험 중심의 탐구 활동을 함으로써 과학 공부는 실제로 해 보니까 재미있다는 학생들의 의견을 반영하였다. 또한, 과학자, 교사, 기술자, 저널리스트를 비롯한 관련 인적 자원의 다양한 의견을 수렴하여 초등학교 3, 4학년 교육과정과 연계된 학습 내용 및 학습 소재를 선정하고 유기적으로 구성함으로써 기초 학습이 충실히 이루어질 수 있도록 하였다.

(2) 실제 세상의 모습 반영(Real World)

과학 내용은 실험실 내에서 해 볼 수 있는 인위적이고 조작적인 것만 있는 것이 아니라, 실제 우리의 삶과 자연의 세계 속에서 볼 수 있는 현상들이 많이 있다는 것을 충분히 제시하였다. 그리고 교과서에 이를 반영함으로써 과학이 사회, 역사, 미술, 음악, 경제 등 여러 영역에 유용하게 활용되고 있음을 인식하고, 나아가 학생들이 실생활에서 느낄 수 있는 문제를 과학적으로 해결하는 능력과 태도를 갖출 수 있도록 하였다.

제3차 교육과정 이래 우리나라 교육과정의 근간이 되어 온 학문 중심의 교육 풍토는 오히려 과학 학력의 저하와 과학 기피 현상을 초래하였다는 비판을 받아왔다. 이에 대한 대안으로 과학-기술-사회 교수·학습 전략이 나왔으나 교과 간 학습 내용이 중복되고, 학습 지도에 지나치게 많은 시간이 소요되며, 또한 체계적으로 지도하기 어렵다는 문제점이 제기되었다.

개정 교육과정에 따른 교과서에서는 기초적이고 기본적인 학습 내용은 충실히 다루면서도 생활 중심의 관점에서 사회 현상과 연계된 과학·기술의 문제를 적절히 제시하였다. 이와 관련하여 과학-기술-사회 관련 학습 내용의 범위와 수준을 적정화하고 자유 탐구 주제의 학습이 효율적으로 이루어지도록 구성하였다.

(3) 다양한 경험(Experience)

학생들에게 친숙한 생활 경험을 바탕으로 다양한 과학 탐구 활동 내용을 제공하고, 이를 통하여 학생들에게 과학의 기본 개념과 기초적인 탐구 능력을 습득하도록 하였다. 이를 바탕으로 풍부한 창의력과 무한한 상상력을 발휘할 수 있는 능력을 계발하도록 내용을 구성하였다.

(4) 과학 태도(Attitude)

실생활과 밀접한 과학 내용에 대한 학습을 통하여 과학, 과학 학습 및 과학자에 대하여 긍정적인 태도를 가지며, 성공의 경험을 쌓음으로써 학생 스스로 과학을 잘할 수 있다는 자신감을 가지도록 구성하였다.

최근 국제 과학 성취도 비교 연구에 의하면, 우리나라 초등학교생의 과학 성취도는 지식과 탐구 영역에서는 최상위 수준이었으나 정의적 영역에서는 여러 가지 문제가 있는 것으로 나타났다.

이러한 점에 유의하여 학생들의 과학에 대한 흥미와 관심을 유도하여 과학·기술계로의 진로 선택에 긍정적 영향을 주는 과학 교과서, 그리고 과학에 대한 높은 가치를 인식하고 과학에 대한 즐거움을 신나게 경험하며, 성공의 경험을 맛볼 수 있도록 도와주는 교과서가 되도록 구성하였다.

(5) 학습 동기(Motivation)

학습자에게 보다 의미 있는 학습 주제와 소재를 선정하여 신나는 탐구 활동으로 내용을 구성함으로써 학습 의욕을 높이며, 각 단원의 차이를 하나의 맥락을 가진 내용의 흐름 아래 유기적으로 연계되도록 하였다.

또한, 학생들이 학습 목표와 학습 과정을 스스로 인식하여 의미 있는 학습 활동이 이루어지도록 하였다. 그리고 사진 및 삽화를 포함한 교과서의 구성 체제와 외형도 획기적으로 변화시켜 시각적 효과를 높인 교과서를 편찬하였다.

그래서 개정 과학 교과서는 보면 펼치고 싶고, 펼치면 자연스럽게 읽게 되며, 읽으면 저절로 탐구하게 되는 교과서를 개발하게 되었다.

이상에서 제시한 과학 교과서상을 구현하기 위한 초등학교 과학과 교과용 도서 개발 방향과 구성 방침을 과학 교과서, 실험 관찰, 교사용 지도서별로 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

[과학 교과서]

- ① 교과서에 제시하는 시각 자료의 효과를 극대화할 수 있도록 기존 교과서의 판형과 지질, 편집 디자인을 학생의 요구와 특성에 알맞게 창의적으로 새롭게 구성하였다.
- ② 과학 교과서의 역할과 기능을 고려하여 교과서 분량을 기존 교과서보다 약 1.5배 이상 늘려 과학 탐구의 과정이 단절되지 않고, 내용을 보다 체계적으로 전개함으로써 과학 탐구의 즐거움을 체험하도록 구성하였다.
- ③ 단원은 대개 10~12차시로 구성하였으며, 한 단원을 2~4개의 중단원으로 구분하여 중단원별로 3~6차시 분량으로 구성하였다.
- ④ 학생들의 과학적 기초 소양과 자기 주도적 학습 능력을 높이기 위하여 첨단 과학 내용, 과학 관련 직업, 발명, 발견 이야기, 과학 글쓰기, 과학자와 기술자의 연구 과정 등 다양한 과학 정보를 제공하도록 구성하였다.
- ⑤ 실제 과학 수업의 진행 과정에 중심을 두고, 과학의 탐구 학습이 원활하게 이루어질 수 있도록 ‘생각 열기’, ‘도전! 과학 탐구’, ‘탐구 활동’, ‘해 보기’, ‘과학 이야기’, ‘마무리 하기’ 등의 체제로 구성하였다.
- ⑥ 단원의 내용 전개에서는 주변의 실생활과 학생의 구체적 경험을 바탕으로 참신한 소재를 먼저 도입함으로써 학습 동기를 유발할 수 있도록 하였다.
또한, 학생들이 과학적 사고와 발산적 사고를 통하여 무한한 잠재 능력과 창의성을 계발하며, 이를 신장시킴으로써 과학 탐구에 학생들이 자발적·적극적으로 참여하고 과학의 꿈을 기를 수 있도록 구성하였다.
- ⑦ 교과서에 제시된 실험 활동은 직접 수행해 보고, 그 과정에서 결과가 확인된 내용을 선정하여 학생들이 자신감을 가지고 과학 탐구의 성공감을 느낄 수 있도록 구성하였다.
- ⑧ 교과서의 내용은 과학과 교육과정, 교과용 도서 편찬 방향, 교과용 도서 편찬상의 유의점(공통 사항), 초등 과학과 교과용 도서 편찬상의 유의점 등을 고려하여 그 원칙과 방향에 알맞도록 내용을 선정하고 구성하였다.

[실험 관찰]

- ① 실험 관찰 교과서의 성격과 역할, 그리고 편찬 취지에 알맞게 과학 수업 시간에 탐구 실험을 실제로 도울 수 있는 체제와 내용으로 구성하였다.
- ② 학습자 중심으로 참다운 탐구 실험이 수행될 수 있도록 탐구 활동 과정과 창의적인 아이디어를 기록할 수 있는 학습장 형태의 배움책(workbook)의 활용도를 높이고, 개개인의 발견 학습 및 탐구 학습장이 되도록 구성하였다.
- ③ 실험 관찰 교과서의 지질을 조절하여 그림 그리기, 오려 붙이기, 오려 만들기, 과학 글쓰기 등이 가능하도록 하여 다양한 용도로 활용할 수 있도록 하였다.
- ④ 단원의 구성 체제는 그 특성에 알맞게 전개하여 내용의 성격에 따라 탐구 수업이 활성화될 수 있도록 구성하였다.

- ⑤ 학년의 수준에 따라 탐구 과정과 활동의 범위를 알맞게 조절하여 탐구의 개방도를 학생의 수준에 알맞도록 구성하였다.
- ⑥ 심화 학습 활동이나 자유 탐구 활동 내용을 체계적으로 계획하고 수행하는 과정을 기록하게 하여, 보다 심도 있는 탐구 활동이 전개되도록 구성하였다.

[교사용 지도서]

- ① 교사용 지도서는 교사가 실제로 과학 수업을 하는 데 사용하기 편리하도록 판형과 색도, 체제를 참신하게 구성하였다.
- ② 2007년 개정 초등학교 과학과 교육과정, 과학 교과서 개발 방향과 구성 방침을 안내하여 교육과정 중심의 학교 교육이 이루어지도록 하였다.
- ③ 교사용 지도서에는 총론 부분에 ‘과학과 교육과정’, ‘과학과 교과용 도서의 개발 방향 및 특징’, ‘과학 학습 이론과 수업 모형’, ‘과학 학습 평가 방법’, ‘학기 지도 계획’을 제시하고, 각론 부분에 각 단원별로 ‘단원의 소개’, ‘학습 목표’, ‘학습 계열’, ‘단원의 지도 계획’을 제시하여 교사의 과학 학습 지도에 도움이 되도록 구성하였다.
- ④ 차시별 지도의 실제에서는 지도 과정과 방법을 문장 중심으로 설명하지 않고 교사들에게 정보 전달이 쉽도록 그림이나 삽화를 활용하여 과학 수업의 과정에 ‘수업의 흐름’, ‘준비물’, ‘학습의 내용 및 활동’, ‘평가 문항’, ‘자료실’ 등의 여러 가지 정보와 자료를 적절하게 사용할 수 있도록 구성하였다.
- ⑤ 자유 탐구 주제의 지도 방법과 사례를 구체적으로 제시하여 교사가 자유 탐구 주제의 선정 방법, 탐구 계획서 및 보고서 작성 방법, 탐구 내용의 범위와 수준, 탐구 과정에서의 지도 방법, 탐구의 산출물 처리 방법 등을 자세히 제공하였다.
- ⑥ 과학 탐방, 과학 전람회, 과학 동아리 활동 등 학교 밖 과학 활동을 포함하여 과학의 심화 활동을 지도할 수 있도록 다양하고 풍부한 정보를 제공하였다.
- ⑦ 학습 자료 및 지역의 특성을 고려하여 대체 탐구 활동과 대체 자료에 대한 정보를 제공하고, 과학 학습 지도에 필요한 참고 문헌, 전자 교과서, 교육 방송 프로그램, 교육용 컴퓨터 소프트웨어, 인터넷 사이트 등을 소개하였다.

2. 과학과 교과용 도서의 특징

2007년 개정 교육과정에 따른 과학과 교과용 도서는 ‘학생의 학습 능력과 창의력 신장에 적합한 교과용 도서’ 개발에 주안점을 두고, 교육과정에서 추구하는 인간상과 교육 목표를 달성하려는 방향으로 편찬하였다.

학교 교육은 교과서 중심이 아닌 교육과정 중심으로 운영되어야 한다는 입장에서 보면, 교과서는 단지 교육과정의 목표와 내용을 구현하는 여러 교수·학습 자료 중의 하나라고 볼 수 있다. 그러나 실제로 교과서는 학생들이 사용하는 주된 교재이기 때문에 학교 교육을 좌지우지할 만큼 그 영향력이 매우 크다.

그동안 우리나라 초등학교 과학 교과서는 그 외형적 체제와 내용면에서 많은 발전을 거듭해 온 것이 사실이다. 그러나 선진 외국의 과학 교과서들과 비교해 보면 편집, 디자인, 사진, 삽화, 그리고 내용의 전개면 등에서 상당히 뒤쳐져 있음을 실감할 수 있다.

이러한 인식 아래 교육과정 개정에 따라 초등학교 과학과 교과서를 편찬함에 있어서 보다 참신한 새 교과서상을 정립하고, 교사와 학생, 학부모가 요구하는 창의적인 과학과 교과용 도서를 개발하였다. 교과용 도서별로 그 특징을 제시하면 다음과 같다.

[과학 교과서]

교과서는 교육과정의 목표와 내용을 구현하기 위한 예시 자료의 하나라고 할 수 있다. 따라서 교사는 교과서에만 의존하지 말고, 다양한 교육과정 자료를 활용하여 지도해야 한다.

- ① 과학과 교과서는 다른 교과서와 달리 교과서를 실제로 집필하기 전에 교과서의 개발 방향, 교과서의 구성 체제, 내용 선정과 조직, 내용의 전개 방법, 집필 세목 등에 대한 기획 연구를 거쳐 편찬된 연구 개발형 교과서이다.
- ② 학생의 요구와 특성에 알맞은 교과서의 판형, 지질, 외형적 체제를 구안함으로써 과학을 보다 쉽고 재미있게 학습하여 과학의 꿈을 기르도록 편찬된 교과서이다.
- ③ 과학과 교육과정의 목표와 내용을 구현하기 위하여 교과서의 분량과 단원의 크기를 알맞게 조절함으로써 체계적으로 과학 탐구 활동이 이루어질 수 있도록 교과서 내용을 구성하였다.
- ④ 초등학생의 특성에 알맞게 과학적 기초 소양과 자기 주도적 학습 능력을 기를 수 있도록 최신의 과학 내용, 과학 관련 직업 소개, 단원 내용과 관련된 발명과 발견 이야기, 과학자와 기술자에 대한 소개, 과학 글쓰기 등 다양한 과학 정보 내용을 포함하였다.
- ⑤ 학생들이 과학 탐구 방법과 기초 탐구 기능을 체계적으로 익힐 수 있도록 기초 탐구 기능과 자유 탐구 주제를 알맞게 제시하였다.
- ⑥ 탐구 주제는 실생활과 학생의 구체적 경험에 바탕을 둔 것이며, 과학적 사고와 창의적 사고를 계발하고 신장시키는 데 알맞은 내용으로 구성하였다.
- ⑦ 교과서에 제시된 탐구 실험들은 대부분 사전 실험을 거쳐서 실험 활동의 적절성이 검증된 것으로 구성하였다.

[실험 관찰]

실험 관찰 교과서는 과학 교과서의 개발 방향과 구성 방침에 따라 교과서와 구별되는 보조 교과서이자 학습자가 편리하게 활용할 수 있도록 구성한 학습장이다. 따라서 교과서에서 제시한 활동, 과제, 질문 등과 연계성을 갖는다.

- ① 실험 관찰 교과서의 성격과 역할은 순수한 학습장 형태의 배움책(workbook)이다. 따라서 과학 교과서의 보조 역할을 할 수 있도록 구성하였기 때문에 학생들의 과학 탐구의 활동을 활성화하는 데 큰 도움이 된다.

- ② 그림 그리기, 오려 붙이기, 과학 글쓰기 등이 가능하도록 꾸며져 있어서 과학 활동의 다양한 용도로 활용할 수 있다.
- ③ 개인 기록장 또는 탐구 학습장으로서, 탐구의 내용 및 과정과 결과를 체계적으로 학습할 수 있도록 구성하였다.
- ④ 탐구 주제의 선정, 탐구 계획서 및 보고서의 작성, 탐구 내용의 기록 등 자유 탐구 활동의 기록장으로 활용할 수 있다.
- ⑤ 학교의 기본 학습 이외에 관심 있는 과학 주제를 보다 심층적으로 탐구할 수 있는 심화 탐구 활동의 학습장으로 활용할 수 있다.
- ⑥ 참고 자료의 정보를 적극적으로 활용하게 함으로써 과학 탐구의 활동이 의미 있게 이루어지게 하는 기초 자료로 이용할 수 있다.

[교사용 지도서]

교사용 지도서에는 교육과정에 제시된 교과와 성격과 목표, 내용, 교수·학습 방법, 평가 등을 바르게 해설하였다. 또한, 단원별 차시별로 교수·학습 과정을 체계적으로 상세하게 제시함으로써 교사에게 꼭 필요하고 편리하게 활용될 수 있도록 구성하였다.

- ① 교사가 실제로 과학 수업 시간에 활용하기 편리하도록 판형, 색도, 체제를 창의적으로 구성하여 교육과정 개정 취지를 충분히 구현하였다.
- ② 지도 내용의 전개 과정에서 교사들이 수업의 각 단계마다 필요한 자료와 정보를 적절하게 활용할 수 있도록 그림이나 삽화를 충분히 제공하였다.
- ③ 자유 탐구 활동을 보다 의미 있게 지도할 수 있도록 사례를 제시하였으며, 주제의 선정, 탐구 계획 세우기, 탐구 내용과 방법, 문제 해결 과정, 탐구 과정 지도 시 유의점, 탐구 보고서 작성 방법, 탐구 산출물의 평가 등에 관한 상세한 정보도 제공하였다.
- ④ 과학 탐방, 과학 전람회, 과학 동아리 활동 등의 학교 밖 과학 활동에 관한 정보와 그 지도 방법에 대하여 상세히 소개함으로써 학생들이 과학에 대하여 보다 많은 관심과 흥미를 가지도록 지도하기에 알맞게 구성하였다.
- ⑤ 학생의 여러 가지 특성과 개인 차, 또한 지역의 특성에 따라 교육과정을 융통성 있게 자율적으로 운영할 수 있는 사례를 제시하여 교과서의 대체 교육 자료와 대체 가능한 과학 내용에 대한 정보를 제공하였다.
- ⑥ 그리고 과학 학습 지도에 필요한 교육과정 관련 자료, 즉 과학 도서, 참고 문헌, 과학 탐방 자료, 전자 교과서, 교육 방송 프로그램, 교육용 컴퓨터 소프트웨어, 인터넷 사이트 등의 다양한 정보를 제공하였다.
- ⑦ 과학 학습 지도에 알맞게 활용할 수 있는 과학 교육 인적 자원과 함께 과학관, 식물원과 동물원, 해양 학습원, 수목원, 화석 산지, 정수장, 천체 관측소 등 과학 탐방에 적합한 과학 교육 시설과 장소를 자세히 소개하여 학생들의 과학 체험 학습을 돕도록 하였다.

III

과학의 구성 요소

현재 우리가 사용하는 ‘과학(science)’이라는 용어는 ‘~을 안다’는 의미인 라틴어의 ‘scientia’에서 유래하였다. 그러나 최근에는 지식의 수준을 넘어서 이러한 지식을 생산하는 과정인 탐구를 포함하여 과학을 정의한다. 아울러 과학을 학습하고 수행하기 위하여 반드시 필요한 것은, 자연 현상에 대하여 호기심을 갖고 그것을 해결하고 학습하고자 하는 태도를 가지는 것이며, 이러한 태도는 과학을 구성하는 중요한 요소가 된다. 학생들에게 무엇을 가르칠 것인가를 결정하기 위하여서는 과학을 구성하는 요소들인 과학 지식, 과학 탐구, 과학과 관련된 태도에 대한 이해가 필요하다.

1. 과학 지식

과학 지식은 과학 활동의 결과로 생긴 과학적 산물의 하나이다. 과학 지식은 사실, 개념, 원리, 법칙 이론, 모델 등으로 이루어진다.

(1) 사실

사실은 관찰이나 측정을 통하여 얻어진 구체적인 검증이 가능한 정보의 단편이다. 사실은 우리가 감각을 사용하여 지각할 수 있는 것들로서, 일반적으로 신뢰할 만한 자료를 의미한다. 과학적 사실은 참, 불변성, 진리 등으로 오인될 수도 있으나, 반드시 영원히 옳고 진리인 것은 아니다. 관찰을 통하여 얻은 사실은 관찰의 이론 의존성 때문에 관찰자에 따라 다를 수 있고, 측정도 불확실성과 한계가 있어서 자료는 오류의 가능성을 내포한다. 따라서 사실이 절대적으로 순수하거나 확실한 진실로 간주될 수는 없다.

(2) 개념

사실들이 축적되면 서로 어떤 연관성을 보이게 된다. 일련의 사실들에 공통적으로 존재하는 특징을 찾고, 자료들 간의 관계를 파악하기 위해서는 사고와 추론이 요구된다. 이러한 사고 과정을 거쳐서 얻어진 물체, 성질, 현상, 사건 등이 공통적으로 지니는 어떤 특성이나 속성들을 추상화한 것이 개념이다. 개념은 ‘명칭, 정의, 속성, 가치, 예’라는 다섯 가지의 중요한 요소를 가지고 있다. 개념은 학습자에게 단순히 전달되기보다는 학습자가 능동적으로 형성하고 획득해 가는 것이다.

(3) 원리와 법칙

과학적 원리와 법칙은 과학적 사실이나 현상들 사이에 나타나는 규칙성이나 경향성을 정리한 것이다. 즉, 자연에서 발견된 구체적인 특수 사실 자체가 아니라, 자연 현상에 대하여 관찰, 측정하여 수집한 자료들을 토대로 자연 현상에서 나타나는 규칙성을 일반화한 것이라고 할 수 있다.

(4) 이론

이론은 자연 현상과 사물에 대한 가정적이고 추상적인 속성을 지닌 것으로, 사실의 원인, 개념의 속

성, 법칙의 원리 등을 설명하는 것이다. 이론은 법칙과는 차이가 있는데, 법칙은 현상들 사이의 규칙성을 정리한 것인데 반하여 이론은 그러한 현상이나 법칙이 나타나는 원인과 원리에 대하여 설명하는 것이다. 과학 이론은 그 본질이 사실이나 법칙과는 다른 것으로, 법칙이 이론이 되거나 이론이 법칙이 되는 것은 아니다. 과학 이론은 증거에 입각하여 현상에 대한 최상의 설명을 제공하는 것을 목적으로 하며, 과학적 사실을 예측하는 바탕이 된다. 또한, 과학 이론은 현상이나 법칙에 대한 설명이기 때문에 추론에 바탕하고 있으며, 따라서 계속 수정, 보완, 대체되기도 한다.

(5) 모형

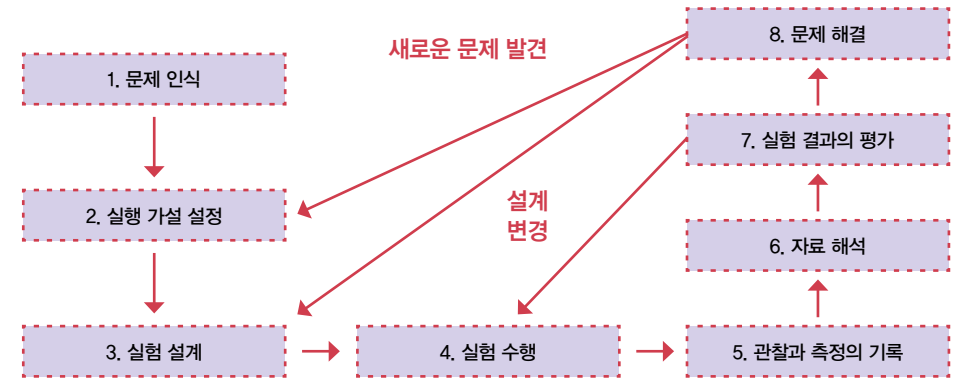
과학적 모형은 우리가 볼 수 없는 과학 지식에 대한 표상이다. 과학 지식은 추상적인 속성을 가지고 있는 경우가 많기 때문에 보다 쉬운 이해를 돕기 위하여 과학에서는 모형을 종종 사용한다. 모형은 과학자들이 이해하고 설명하고자 하는 아이디어나 이론의 가장 두드러진 특징들을 포함하고 있으며, 우리가 직접 지각할 수 없는 현상들을 구체적으로 표상한 것이다. 모형을 사용하면 복잡한 과학 이론도 보다 친숙하고 쉽게 표현할 수 있다. 그러나 단순화나 도식화의 과정에서 이론의 본성과 의미가 잘못 전달될 수도 있어 이론과 모형의 관계 및 모형의 한계가 반드시 제시되어야 한다.

2. 과학 탐구

(1) 과학 탐구의 의미

과학을 알고 할 수 있다는 것은 과학 지식을 아는 것뿐만 아니라 과학을 하는 방법을 아는 것을 필수적으로 포함한다. 1960년대 이후, 과학 교육은 탐구의 결과로 얻어진 지식을 전수하기보다는 자연을 탐구하는 과정으로 보는 경향이 강하게 대두되어 과정으로서의 과학인 ‘탐구 활동’을 강조하고 있다. 탐구는 과학 지식을 구성해 나가는 과정으로서, 기존의 지식과 과학의 과정 및 기능을 활용하여 새로운 지식을 쌓는 일련의 총체적인 활동을 의미한다. 과학 탐구는 관찰, 실험 활동 등과 같은 실제적인 과학 활동은 물론이고, 과학 지식을 적용하여 새로운 과학적 문제를 해결하는 문제 해결 활동도 포함한다. 과학 연구를 수행하는 방법은 다양하다. 구체적인 현상에 대한 관찰과 실험으로부터 자료를 수집하여 이로부터 일반적인 결론을 도출해 나가는 귀납적인 방식의 탐구도 있고, 기존의 지식과 경험을 토대로 새로운 문제에 대한 잠정적인 가설을 설정하고 실험과 탐구를 통하여 이 가설을 검증함으로써 새로운 지식을 구성해 나가는 연역적인 방식의 탐구도 있다. 영국의 APU에서 제시한 것과 같이, 일반적으로 과학자들이 자연 사물이나 현상들을 탐구할 때 사용하는 보편적인 과정은 [그림 III-1]과 같이 나타낼 수 있다.

일반적인 탐구의 과정(APU의 탐구 과정 모형)



과학 탐구의 과정은 이와 같이 도식화하여 단계적이고 구체적으로 제시할 수도 있지만, 실질적인 탐구는 항상 이러한 과정에 따라서 단계적으로 진행되지는 않는다. 과학자들이 문제에 접근하여 이를 해결하는 방법과 과정은 문제와 상황에 따라 매우 다양하다.

(2) 탐구 과정

과학 탐구의 형태는 다양하지만 대부분의 탐구 활동에서 공통적으로 사용되는 과정들이 있다. 이를 ‘탐구 과정’이라고 하며, 탐구를 수행하는 데 필요한 기능이나 요소를 말한다. 탐구 과정은 다른 말로 ‘과학적 과정 기술(science process skill)’ 또는 ‘과학 탐구 요소’라고 하기도 한다.

1960년대에 미국에서 과학 교육과정 개혁이 일어나면서 미국과학진흥협회(AAAS)와 교육과정위원회에서 개발한 대표적인 탐구 중심의 초등과학 교육 프로그램인 SAPA(Science-A Process Approach)에서는 과학 탐구 과정을 크게 ‘기초 탐구 과정(basic process skill)’과 ‘통합 탐구 과정(integrated process skill)’으로 나누어 제시하였다. 일반적으로 기초 탐구 과정은 저학년에서 다룰 수 있는 것이고, 통합 탐구 과정은 중학년 이상에서 다루기에 적합하다. 그러나 이러한 학년 수준에 반드시 얽매일 필요는 없으며, 교사가 주제와 상황에 따라 저학년 수준에서도 통합 탐구 과정을 적절하게 다룰 수 있다. 또한, 탐구 활동은 일반적으로 탐구 과정의 특정한 요소만을 포함하는 경우보다는 그 활동에 적절한 여러 탐구 과정이 함께 사용되는 경우가 많다.

개정 과학과 교육과정에서도 [표 III-1]과 같이 탐구 과정을 ‘기초 탐구 과정’과 ‘통합 탐구 과정’으로 나누어 제시하고 있으며, 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

표 III-1

과학 탐구 과정

기초 탐구 과정	통합 탐구 과정
• 관찰	• 문제 인식
• 분류	• 가설 설정
• 측정	• 변인 통제
• 예상	• 자료 해석
• 추리 등	• 결론 도출
	• 일반화 등

① 기초 탐구 과정

• 관찰

관찰은 사람의 오감(시각, 후각, 청각, 촉각, 미각)이나 또는 감각을 확장시키는 도구(현미경, 망원경 등)를 사용하여 사물과 현상에 대하여 문제와 관련하여 필요한 정보와 자료를 얻는 과정이다. 관찰은 탐구의 가장 기본적인 과정인데, 어떤 의미에서 과학은 자연 세계에 대한 관찰에서 시작된다. 그러나 관찰은 사전 지식이나 경험과 무관하게 객관적으로 이루어지는 것이 아니라 관찰자의 지식이나 신념의 영향을 받는다. 이를 ‘관찰의 이론 의존성’이라고 한다. 이처럼 관찰은 개인이 가지고 있는 관련 지식에 의하여 많은 영향을 받는데, 개인이 가지고 있는 지식과 경험이 다르기 때문에 동일한 자연 현상이나 사물을 관찰하더라도 관찰 결과는 개인마다 다를 수가 있다.

- 잎의 모양 관찰하기
- 지시약을 떨어뜨렸을 때의 색깔 변화 관찰하기

• 분류

분류는 어떤 목적을 가지고 공통적인 속성이나 조건에 따라 사물을 범주로 구분하는 것이다.

즉, 어떤 방법이나 체계에 따라서 대상을 나누고 배열하는 것을 의미한다. 분류는 사물이나 사건의 집합에 질서를 부여하기 위하여 사용하는 과정이다. 이때 사물이나 사건의 동질성, 유사성, 차이점, 상호연관성 등을 보이기 위하여 분류틀이 이용된다.

- 혼합물을 색깔, 모양, 성질 등에 따라 나누기
- 여러 가지 암석들을 크기, 색깔, 단단하기에 따라 구분하기

• 측정

측정은 관찰한 것을 수량화하는 활동으로, 길이, 무게, 부피 등의 양을 수치로 재고 이를 표시하는 활동이다. 측정을 위하여서는 관련된 측정 도구를 적절하게 선택하여 사용하는 능력이 필요하며, 이들 도구를 가지고 계산하는 능력도 요구된다. 이 과정은 어떤 도구를 사용할 것인가 또는 대략적인 측정과 정밀한 측정 중 어느 것이 더 적당한가를 판단하는 것도 포함한다. 또한, 측정에는 반드시 단위가 포함되기 때문에 적절한 단위를 선택하고 표현하는 것, 측정의 범위와 구간을 정하는 것, 오차를 인식하는 것 등도 필요하다.

- 50m를 달리는 데 걸리는 시간을 초시계로 측정하기
- 물을 가열할 때의 온도 변화 측정하기

• 예상

예상은 관찰이나 측정 결과에 기초하여 규칙성을 파악하고 이를 토대로 앞으로 관찰될 현상이 어떻게 될지를 미리 판단하는 것이다. 관찰이나 근거 자료를 바탕으로 하지 않은 것은 과학적으로 예상하는 것이 아니라 단순히 추측하는 것일 뿐이다. 정확한 예상은 주의깊은 관찰과 정확한 측정, 그리고 변인들 사이의 관계 파악을 통하여 이루어진다.

- 집기병 속의 양초가 꺼지는 시간에 대한 측정을 토대로, 크기가 2배인 집기병을 사용하였을 때 양초가 꺼지는 데 걸리는 시간 예상하기
- 추를 이동시킬 때 수평의 이동에 대하여 예상하기

• 추리

추리는 관찰한 것을 해석하고 설명하는 과정이다. 명확한 사고를 위하여서는 관찰과 추리를 구별할 수 있어야 한다. 관찰은 감각을 통하여 수집한 대상이나 현상에 대한 자료이고, 추리는 관찰한 사실 자체가 아니라 관찰한 내용 뒤에 숨은 이유나 내용을 파악하고 설명하는 것으로서, 관찰 사실에 대한 이유를 찾는 것이라고 할 수 있다.

- 물속에 얼음을 넣으면 얼음이 녹는 이유에 대하여 추리하기
- 풀잎에 이슬이 맺힌 이유에 대하여 추리하기

② 통합 탐구 과정

• 문제 인식

해결해야 할 문제를 발견하거나 제시된 문제를 파악하고, 기존 지식과 경험을 활용하여 문제를 해석하고 자신의 언어로 문제를 재구성하는 과정이다.

- 전자석의 세기에 영향을 미치는 요인은 무엇인가?
- 식물의 잎과 뿌리의 모양은 어떤 관계가 있는가?

• 가설 설정

이미 알고 있는 사실과 개념, 관찰을 근거로 추리 과정을 거쳐 참이라고 생각되는 것에 관하여 잠정적이고 검증 가능한 진술을 하는 것을 말한다. 가설은 일반적으로 문제에서 제기된 변인 사이의 관계를 경험적으로 검증할 수 있도록 진술하는 경우가 많다. 가설 설정은 계획된 실험이나

조사를 수행할 때 특히 중요하다.

- 에나멜선을 많이 감을수록 전자석의 세기는 커질 것이다.
- 온도가 높을수록 기체의 부피는 커질 것이다.

• 변인 통제

변인 통제는 실험의 목적을 위하여 변화시켜야 하는 변인 외에 실험에 영향을 끼칠 수 있는 변인을 모두 일정하게 하는 것을 의미한다. 인과 관계를 설명하고자 할 때, 원인이 되는 변인은 독립 변인(조작 변인)이고, 이것의 영향을 받아 결과적으로 변하는 변인은 종속 변인이다.

변인 통제는 실험 결과에 영향을 미칠 수 있는 변인을 파악하고, 독립 변인을 변화시켜 조작하는 동안 나머지 모든 변인들은 일정하게 유지하는 것을 말한다. 이때, 일정하게 유지되고 통제되는 변인을 ‘통제 변인’이라고 한다. 과학 연구에서는 체계적인 방식으로 하나의 변인을 변화시키거나 조작함과 동시에 나머지 변인들을 신중하게 통제함으로써 변인들 사이의 관계를 정확하게 파악할 수 있다.

- 전지의 세기, 못의 크기 등의 변인을 통제하고, 에나멜선의 감은 수에 따른 전자석의 세기를 비교한다.
- 식물의 종류, 크기, 주변의 환경 등의 변인을 통제하고, 잎의 수에 따른 증산 작용의 정도를 비교한다.

• 자료 해석

자료 해석은 관찰, 실험, 조사 등을 통하여 수집한 자료를 분석하여 자료에 담겨진 의미를 이해하고 그 의미를 파악하고 설명하는 것이다. 자료 해석을 위하여서는 자료를 적절한 형태의 표, 그래프, 도표 등으로 변환시키는 자료 변환의 과정이 필요한 경우가 많으며, 자료 변환의 과정도 자료 해석에 포함된다.

- 비커의 크기와 촛불이 꺼지는 시간은 비례한다.
- 물을 계속 가열하면 온도가 올라가다가 어느 온도에서는 일정하게 유지된다.

• 결론 도출

해석된 자료를 바탕으로 문제에 대한 해답을 얻거나 가설에 대하여 판단을 내리는 과정이다. 결론은 연구나 실험의 결과에 대한 요약 정리가 아니라 탐구의 주제나 가설에 대한 확정적인 언급이다. 자료 해석이 주어진 자료의 의미를 기술하는 과정인 반면, 결론 도출은 자료의 의미를 결정짓는 과정이라고 할 수 있다.

- 햇빛의 양은 식물의 생장에 영향을 미친다.
- 에나멜선의 감은 횟수는 전자석의 세기에 영향을 미친다.

• 일반화

구체적인 사례나 검증된 사실들로부터 보다 포괄적인 의미를 이끌어 내는 과정이다. 일반화는 포괄적인 결론으로서, 특히 변인들 사이의 관계에 대한 일반화를 ‘법칙’이나 ‘원리’라고 하기도 한다. 자료 해석이나 결론 도출은 하나의 활동이나 자료가 담고 있는 의미를 표현한 것인 반면, 일반화는 여러 가지 자료를 바탕으로 포괄적인 의미를 도출한 것이다.

- 물체는 열을 받으면 팽창한다.
- 모든 순수한 물질은 세 가지 상태를 가진다.

3. 과학에 관련된 태도

태도란 사람, 사물, 주제 등에 대한 지적 또는 감성적인 성향을 말한다. 과학에 관련된 태도는 과학을 수행하고 학습하기 위한 원동력으로서, 그 중요성이 매우 크다. 과학에 관련된 태도는 크게 과학적 태도와 과학에 대한 태도가 있다. 이 중 과학에 대한 태도는 과학 또는 과학 과목에 대한 흥미나 선호도를 의미한다. 학생이 과학에 대하여 긍정적인 태도를 가지고 있으면 과학적 현상이나 활동들을 긍정적으로 지각하게 되므로 그렇지 않은 학생보다 더 활발하게 상호 작용할 가능성이 높다. 또한, 과학에 대하여 긍정적인 경험과 태도를 가지고 있는 학생일수록 과학에 대하여 더 개방적이고, 문제에 직면할 때 상황을 긍정적이고 적극적으로 해결하려는 자세를 가질 수 있다. 한편, 과학적 태도는 과학을 올바르게 수행하는 것과 관련된 태도를 의미한다. 과학적 태도는 여러 학자들에 의하여 다양하게 제안되고 있는데, 그 중 대표적인 것을 아래에 정리하였다.

(1) 호기심

과학자들의 활동은 자연 세계에 대하여 알고 이해하고자 하는 호기심으로부터 출발한다. 자기 주변의 현상에 대하여 스스로 의문을 가지고 질문에 답하려고 하는 자세는 과학의 발달에서 매우 중요한 역할을 한다. 학생에게 알고자 하는 의욕을 적절히 북돋아 주면 학생은 항상 호기심을 가지고 끊임없이 앎을 추구하며, 탐구하는 학습자가 될 수 있다. 호기심과 관련된 행동은 다음과 같다.

- 새로운 것이나 생각을 탐구하고 싶어한다.
- 사회에서 과학적 문제에 대하여 관심을 표현한다.
- 과학적 현상을 설명하고 싶어한다.

(2) 개방성

자연 세계에는 항상 어느 정도의 불확실성이 있다. 이것은 과학의 역사를 살펴보면 쉽게 알 수 있다. 한때는 진리라고 간주되었던 천동설이 지금은 지동설로 대체되었으며, 불변의 진리처럼 받아들여졌던 뉴턴의 운동 법칙도 아인슈타인의 상대성 이론에 의하여 한계와 예외가 있음이 알려졌다.

이러한 과학사적인 사례를 보더라도 과학자는 자신의 결론과 다른 사람의 결론에 대하여 개방적이고 비판적이어야 한다. 증거에 비추어 볼 때 어떤 사물이나 현상에 대하여 다른 설명이 필요하다면 과학자들은 기꺼이 자신의 원래 설명을 변경할 수 있어야 한다. 학생들도 마찬가지로 새로 밝혀진 근거에 따라서 자신의 원래 생각이나 주장을 변경할 수 있는 열린 마음을 가져야 한다. 개방성과 관련된 행동은 다음과 같다.

- 자신의 견해에 대하여 다른 사람들의 평가와 비판을 기꺼이 받는다.
- 지식이 불완전함을 이해한다.
- 과학의 산물로서 결론이 임시적인 성질을 가진다는 것을 알고 행동으로 표현한다.

(3) 객관성

과학을 수행할 때에는 특정인의 개인적인 감정에 좌우되어서는 안 되며, 다른 사람의 비논리적인 판단이나 강요에 좌지우지되어서도 안 된다. 자연 현상에 대한 관찰과 이에 대한 해석은 개인의 기존 경험이나 알고 있는 이론 등에 의존할 수밖에 없는 본성을 가지고 있다. 그러나 그럼에도 불구하고 자신이나 다른 사람의 감정이나 의도에 구속받지 않고 자료를 최대한 객관적인 자세로 보고 해석하려는 자세가 필요하다. 객관성과 관련된 행동은 다음과 같다.

- 자신의 가설을 지지하는 부분뿐만 아니라 모든 유용한 자료를 고려한다.
- 자신의 가설에 반대하는 사람의 관찰과 의견도 고려한다.

- 문제를 여러 측면에서 시험하기도 하고 몇 가지의 가능한 해결책을 고려한다.

(4) 판단의 유보

과학을 수행할 때에는 충분하지 못한 증거에 기초하여 결론을 내리는 것에 의문을 가지고 현재까지의 결론이 반드시 옳거나 완전하지 않을 수 있다는 것을 고려할 필요가 있다. 불충분한 자료는 부정확한 결과와 결론을 도출하게 된다. 따라서 더 많은 자료와 증거가 수집될 때까지 판단을 유보해야 성공할 수 있는 가능성이 높아진다. 이를 위하여서는 모호성을 수용할 수도 있어야 한다. 또한, 수집한 자료와 모순이 있지 않다면 자신과 다른 의견에 대하여서도 일단 존중할 필요가 있다. 판단의 유보와 관련된 행동은 다음과 같다.

- 유용하고 충분한 증거에 따라 일반화한다.
- 결론을 내리기 전에 많은 자료를 모은다.
- 결론을 가설로 인정한다.

(5) 증거의 존중

과학적 사고가 다른 사고와 구별되는 대표적인 특징은 ‘증거(evidence)’에 기초하여 사고한다는 것이다. 이는 과학이 타학문에 비하여 권위를 부정하고, 주관적인 판단이나 감정에 덜 의존한다는 것과 관련이 있다. 과학적으로 사고한다는 것은 증거를 존중하고 증거에 기초하여 사고함을 의미한다. 따라서 학생들이 과학을 수행함에 있어 과학적 설명이나 주장을 뒷받침할 수 있는 증거 자료들을 찾고 수집하는 자세를 가지며, 논의나 결론 도출의 과정에서도 증거에 기반한 사고를 갖는 것이 매우 중요하다. 이와 관련된 행동은 다음과 같다.

- 설명을 지지하거나 또는 반대하기 위한 증거 자료를 찾는다.
- 실체가 없는 진술에 대하여 이를 지지할 수 있는 증거를 찾고 추구한다.
- 자신의 진술을 지지하는 경험적 증거를 찾고 제공한다.

(6) 정직성

과학자들은 자신의 연구 결과를 학회나 논문을 통하여 공식적으로 발표하고, 다른 사람들은 이러한 발표물들에 기초하여 실험을 재현하거나 이를 토대로 관련된 다른 연구를 수행하기도 한다. 그런데 과학자가 자신의 실험 결과를 왜곡시켜 보고한다면 이것은 도덕적인 차원의 문제는 물론 과학 연구 전체에 매우 부정적인 결과를 초래하게 된다. 학생들도 과학을 수행함에 있어서 반드시 정직을 추구하고 존중해야 한다. 학생들이 관찰한 것을 진실되고 양심적으로 보고할 수 있어야 한다. 어떤 목적을 위하여서도 자료나 결과를 속이거나 왜곡해서는 안 된다. 학생들은 자신의 생각이 옳든지 틀리든지 간에 자신의 자료와 생각을 정직하게 표현할 수 있어야 한다. 이를 위하여서는 과학 수업에서도 학생이 자신들의 탐구 결과를 있는 그대로 자유롭게 발표할 수 있는 환경이 조성되어야 한다. 정직성과 관련된 행동은 다음과 같다.

- 자신이 수집한 자료를 조작하거나 수정하지 않는다.
- 자신의 가설에 반대되는 것을 관찰하였을 때에도 관찰한 것을 그대로 보고한다.
- 결론을 내릴 때 자료를 의도적으로 누락하지 않고 수집한 자료를 모두 고려한다.

(7) 비판성

비판성은 어떤 사실이나 견해를 그대로 받아들이지 않고 옳은지 그른지를 하나하나 점검해 보고 비평해 봄으로써 판단하는 태도이다. 기존의 과학 이론이나 다른 사람의 의견, 또 자신의 의견에 대하여서도 정확한 것인지, 제대로 믿을 만한 타당한 것인지를 따져 보는 자세가 필요하다. 비판성이 없으면

기존의 권위나 다른 사람의 주장에 대하여 맹목적이 될 수 있으며, 타당한 근거 없이 판단을 내리게 된다. 이와 관련된 행동은 다음과 같다.

- 진술이나 결정의 모순점을 찾는다.
- 무엇을, 어디서, 어떻게, 왜 등의 질문을 많이 한다.
- 지지할 수 없는 설명의 타당성에 대하여 의문을 품고 도전한다.

(8) 협동성

과학 연구는 개인이 혼자서 수행하는 경우가 거의 없으며, 여러 사람들이 팀을 이루어 협동적으로 이루어지는 것이 일반적이다. 세계적으로 저명한 과학 저널을 보더라도 한 사람의 과학자가 연구를 수행한 단독 연구는 거의 찾아보기 어렵고, 대부분 여러 명이 공동 연구를 수행한다. 따라서 과학 활동을 수행하는 과정에서 협동은 매우 중요한 태도이다. 서로 협동하여 연구를 수행하면 연구 결과의 양이나 수준에서도 개별적으로 연구한 결과를 단순히 합한 것 이상의 효과를 거둘 수 있다. 다른 사람과 협동하지 못하는 사람은 과학자 집단에서 소외될 수밖에 없다. 학교에서의 과학 수업도 마찬가지이다. 학교 과학 수업은 소집단 학습의 형태로 이루어지는 경우가 많으며, 이때 학생들 사이의 협동은 기본적으로 중요한 태도가 된다. 협동성과 관련된 행동은 다음과 같다.

- 더 좋은 견해나 도움이 필요할 때, 집단 내의 다른 사람에게 도움을 요청할 수 있다.
- 집단 내에서 자신이 맡은 역할을 제대로 수행한다.
- 집단의 목표를 달성하기 위하여 서로 도움을 주고받는다.

(9) 실패의 긍정적 수용

실패는 미지의 것을 탐구할 때 누구나 겪게 되는 자연스러운 과정이다. 과학자들은 실패를 긍정적으로 수용하고, 이 실패와 좌절의 경험을 보다 나은 발전을 위한 토대로 삼을 필요가 있다. 실패는 종착점이 아니라 새로운 출발점이다. 역사적으로도 실패로부터 나온 성공 사례가 수없이 많다.

학교 과학에서도 학생들이 미지의 것을 탐구하는 과정에서 실수나 실패를 수반할 수 있음을 알아야 한다. 이러한 실패에 즉각적으로 부정적인 반응을 보이거나 좌절하는 태도를 지양하고, 틀린 아이디어나 실패한 실험을 수정하여 다시 탐구를 도전해 보고 추가적인 탐구를 통하여 문제를 해결하고자 하는 긍정적이고 적극적인 자세가 필요하다. 이와 관련된 행동은 다음과 같다.

- 노력을 하였음에도 불구하고 누구나 실패할 수 있음을 인식한다.
- 실패나 실수는 과학 연구의 한 과정임을 안다.
- 실패나 실수에 좌절하거나 이를 부정적으로 생각하지 않으며, 이로부터 문제 해결을 위한 단초를 마련한다.

IV

과학 학습 이론

학습 이론은 심리학·철학을 바탕으로 학습이 이루어지는 방식을 설명하는 이론의 체계를 말한다. 일반적으로 학습 이론은 수업을 통하여 달성하고자 하는 일반적인 목표와 이를 달성하는 데 요구되는 조건을 제공하고 그 수업을 평가하는 준거가 될 수 있다. 따라서 학습 이론은 교육 목표, 학습 내용, 교수·학습, 평가에 대한 전반적인 교육의 과정을 제시하여 준다.

과학 교육에 많이 적용되고 있는 학습 이론은 크게 행동주의, 인지주의, 구성주의로 나눌 수 있다. 여기에서는 행동주의, 인지주의, 구성주의 학습 이론과 이들이 과학 교육에 주는 시사점을 다룬다.

1. 행동주의와 초등 과학 교육

(1) 행동주의

파블로프의 고전적 조건화 이론은 동물을 대상으로 한 실험 결과이지만, 자극과 반응의 관계는 인간에게도 적용될 수 있다고 보았다. 이를 인간의 학습에 적용하였을 때 인간성이 조건화에 의하여서 형성되고, 이것은 곧 환경의 조작을 통하여서 개성이 결정된다는 가정을 전제로 한다. 인간의 개성이 인간 자신의 내부에 있는 요인이 아니라 외부의 객관적 요인에 의하여서 결정된다는 것이다.

파블로프의 조건 반사설을 받아들이는 연합론자들은 환경의 조절을 통하여서 행동을 변화시킬 수 있다고 주장한다. 그러나 이러한 가정에 바탕을 둔 파블로프의 조건 반사설이 학습의 과정에 대해서는 지나치게 사색적·비약적인 일반화에 불과하다. 그의 이론은 단순히 생리적 현상만을 기술할 뿐 학습 지도 방법에 대한 준거를 제시하거나 과학의 본질을 설명하지는 못한다. 그러므로 고전적 조건화 이론은 실제의 과학 학습 지도에서는 효율적으로 적용되기 어렵고, 적용된다 하더라도 한계가 있다.

손다이크는 학습의 과정과 교수의 실행 사이에는 밀접한 관계가 있다고 보고, 교수 방법과 교수 전략은 학습과 그 과정의 본질에 대한 지식을 통하여서 개선할 수 있다고 주장하였다. 그는 당시 보편화된 강의법과 시범을 통한 교수 방법의 가치를 인정하지 않았으며, 훌륭한 학습 지도는 교사 자신이 가르쳐야 할 내용을 잘 알아야만 가능하다고 생각하였다. 만일 교사가 가르쳐야 할 내용을 잘 알지 못한다면 어떤 학습 지도 자료를 개발하고 이용해야 할 것인지에 대해서도 잘 알 수 없다고 보았다. 그러나 이와 같이 손다이크가 주장하는 학습 지도의 원리를 실제적으로 적용하기에는 시행착오 학습과 학습 지도 원리 사이의 관계가 명확하지 않다. 따라서 관찰이 가능한 행동으로 서술한 교육 목표의 중요성이 인식되어 그의 이론을 과학 학습 지도의 실제에 적용해 보기까지는 상당한 시간이 걸렸다.

스키너도 다른 행동주의 심리학자들과 같이 그의 학습 이론을 실제의 학습 지도 현장에 적용하는 데 큰 관심을 가지고 있었다. 스키너는 학습이 ① 학습될 내용이 단계별로 제시되고, ② 강화가 학습이 이루어진 직후에 주어지며, ③ 학습자가 자신의 보조에 맞추어 스스로 학습할 때 가장 효과적으로 진행된다고 보았다. 그러나 당시의 교육 현장에서 보편적으로 적용되었던 강의법은 이와 같은 세 가지의 원리 모두를 위반하는 경우가 많았다. 따라서 스키너는 그 교수법에 대한 한 가지 대안으로서 프로그램에 의한 학습 지도 방법을 제안하고, 세 가지의 원리를 모두 만족시키는 학습이 일어날 수 있도록 프로그램화된 학습 지도 자료를 제시하는 수업 기계를 고안하여 활용하였다. 이는 몇 가지의 장점이 있었지만, 기계적 과정만이 진행되는 컴퓨터를 이용한 교육을 어떻게

학습의 인지적 과정에 맞추며, 어떻게 태도와 기능 및 기술 등 교육이 추구하는 다양한 목적을 모두 달성할 수 있느냐에 따른 문제가 해결되지 않고 있기 때문에 제한적 사용만이 이루어질 뿐이다.

종합해 보면, 행동주의 입장에서는 학생이 배우는 것은 그 학생의 행동의 결과로 나타난다고 생각한다. 이러한 관점에서 볼 때, 교사의 임무는 학생들이 과학 학습 자료를 활용하고, 협동 집단 활동을 통하여 상호 작용하고, 과학 프로젝트 같은 학습을 하게 함으로써 바람직한 행동이 일어나는 학습을 창출하도록 하는 것이다. 학생들이 이러한 경험을 즐기고, 동료들과 교사로부터 칭찬을 받으면 학습 효과가 향상되고 긍정적인 태도를 가지게 된다. 아울러 학생들은 더 많은 경험을 하고 더 많은 칭찬을 받기 위하여 계속해서 열심히 할 것이다. 특히 행동주의 관점에서 교사의 임무는 학생들의 특정 행동, 지식, 개념, 기능의 획득을 증가시키고 강화시키는 과학 학습 환경을 창출하는 것이다.

(2) 초등 과학 교육에의 적용

행동주의가 과학 교육에 주는 시사점은 다음과 같다.

- ① 학습 과제를 세분화하여 학습 목표를 세부적으로 설정해야 한다.
- ② 학습자의 출발점 행동을 확인해야 한다.
- ③ 학습자의 학습 동기를 유발해야 한다.
- ④ 하위 과제에서 상위 과제로, 즉 위계적으로 서열화된 학습 경험을 설계해야 한다.
- ⑤ 외형적으로 표현되는 행동이 반복적으로 나타나게 해야 한다.
- ⑥ 표현된 행동 다음에는 강화를 제공해야 한다.

과학 수업에서 행동주의적 관점을 적용한 예는 (표 IV-1)과 같다.

표 IV-1

과학 수업에서 행동주의의 적용

과 정	적 용
긍정적인 행동의 강화	■ 학생이 어떤 프로젝트를 잘 완수하였을 때 칭찬한다. ■ 특별히 산만한 과학 활동을 한 후에 뒷정리 등 바람직한 일을 하는 학생들의 노력을 교사가 알고 있다고 말한다.
노력에 대한 강화	■ 학급 토의 중에 학생이 질문들에 답하려고 노력하는 것에 대하여 감사 표시를 한다. ■ 야외 활동을 통하여 행동이 향상된 학생들을 칭찬한다. ■ 관찰된 현상에 대하여 자세히 그리려고 하는 학생에게 비록 그 그림이 완전하지 않더라도 칭찬한다. ■ 모듈별 과학 활동에서 협동적으로 활동하는 학생들을 칭찬한다.
행동이 구축된 후에 비정규적인 간격으로 그 행동에 대한 강화 제공	■ 어려운 단원을 학습하는 동안에 특별 방문자나 야외 활동으로 놀라움을 준다. ■ 장기적인 과학 프로젝트를 수행하고 있는 학생들을 개별적으로 촬영, 슬라이드로 제작하여 그 프로젝트를 수행하는 여러 시점에서 예고 없이 보여 준다.

2. 위계 학습 이론과 초등 과학 교육

가네는 학습에 의하여 행동의 변화가 일어나려면 학습 장면에 임하기 전에 그 학습 장면에 적용할 수 있는 선행 학습이 필요하다고 생각하였다. 즉, 과학을 학습하기 위하여서는 학습자가 개념적 지식을 개발하고 사전 지식의 활성화와 마스터를 바탕으로 필요한 기능을 구축해야 한다. 따라서 학습의 중심은 선행 학습을 하는 것, 즉 과제 분석을 통한 위계 학습과 8가지 학습 유형에 있다. 가네는 1960년대 미국 과학 교육 개혁 운동에 많은 영향을 끼쳤고, 초등학교 과학 프로그램인 SAPA(Science-A Process Approach)를 개발하였다. 이 프로그램은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

첫째, 학생의 지적 발달을 고려한다.

둘째, 학생의 지적 발달은 장시간에 걸쳐 이루어지므로 한 권의 책으로 끝나는 것이 아니라 몇 권의 책으로 이루어지도록 한다.

셋째, 이 프로그램은 ‘과학자들이 알고 있는 것이 무엇인가?’를 질문하기보다는 실제로 ‘과학자들이 무슨 일을 하고 있는가?’라는 질문에 초점을 맞추어 탐구 과정을 강조하였다. 따라서 학생들이 과학의 방법을 배울 필요가 있기 때문에 과학 정보를 이해하는 데 필요한 탐구 과정 기능을 습득해야 한다.

넷째, 과정 기능은 기초 탐구 기능과 통합 탐구 기능 두 유형으로 나눌 수 있다. 기초 탐구 기능은 유치원에서 3학년에 적합하고, 관찰하기, 시·공간 이용하기, 분류하기, 숫자 사용하기, 측정하기, 의사소통하기, 예상하기, 추론하기가 해당된다. 통합 탐구 기능은 4학년에서 6학년에 적합하며 좀 더 복잡한 변인 통제하기, 데이터 해석하기, 가설 설정하기, 조작적 정의하기, 실험하기 등이 해당된다.

다섯째, 행동주의 심리학을 바탕으로 하고 있다. 과정 기술은 몇 가지 작은 단계로 분할될 수 있고, 학생들은 상위의 과정 기능을 배우기 전에 반드시 하위의 기술을 배워야 한다.

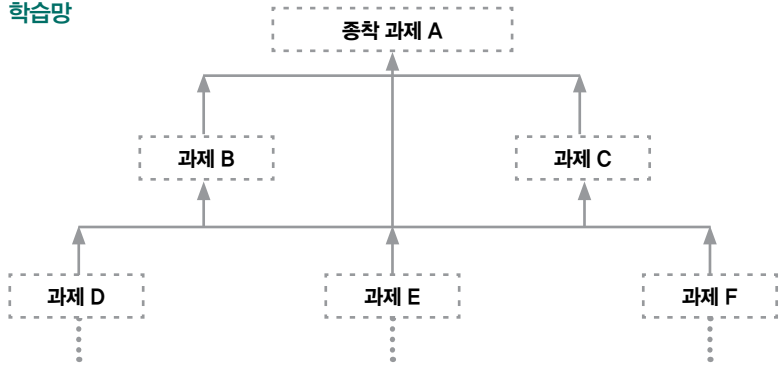
(1) 위계 학습

인간의 역사와 문화가 단순한 것에서 복잡한 것으로, 구체적인 것에서 추상적인 것으로 진행되는 것처럼 인간의 학습된 능력도 차원이 낮은 것에서 높은 것으로 축적되어 있기 때문에 높은 차원의 지식을 학습하려면 먼저 그보다 낮은 차원의 지식을 습득해야 한다. 높은 차원의 지식과 낮은 차원의 지식의 분류를 과제 분석이라 하고, 이를 통한 학습을 위계 학습이라 한다.

위계 학습의 위계망(그림 IV-1)을 만들려면, 먼저 다음과 같은 질문, 즉 ‘교사는 수업이 끝났을 때 학습자가 알아야 할 것이 무엇인가?’를 염두에 두어야 한다. 이것이 종착 과제(A)이다. 또 다른 질문은 ‘이 목표를 달성하기 위하여 학습자는 무엇을 알아야 하는가?’이다. 이것은 종속 과제로, 그림의 (B), (C), (D), (E), (F)에 해당한다. 따라서 학습자는 과제 (A)를 수행하기 전에 과제 (B), (C)를 수행해야 하고, 과제 (B), (C)를 수행하기 전에 과제 (D), (E), (F)를 수행하여야 한다. 위계 학습을 하기 위하여 교사는 학습 전에 학습자의 위계 수준을 조사해 적당한 수준에서 학습을 실시하는 것이 중요하다.

그림 IV-1

가네의 위계 학습망



(2) 위계 학습의 8가지 유형

가네는 8가지 학습 유형을 하나의 위계로 나타내었다(표 IV-2). 8가지 학습 유형을 ‘위계가 낮은 것부터 높은 것’으로 차례로 열거하면 신호 학습, 자극-반응 학습, 연쇄 학습, 언어 학습, 변별 학습, 개념 학습, 원리 학습, 문제 해결 학습이다. 문제 해결 학습을 위하여서는 그보다 하위인 원리 학습, 원리 학습을 위하여서는 개념 학습, 개념 학습을 위하여서는 변별 학습, 변별 학습을 위하여서는 언어 학습, 연쇄 학습, 자극-반응 학습, 신호 학습이 선행되어야 한다.

- ① 제1유형(신호 학습): 위계상 가장 단순한 형태이며, 이는 고전적 조건화 과정을 통하여 무의지적으로 학습이 되는 경우이다.

8가지 학습 유형의 위계

유형	학습
제1유형	신호 학습
제2유형	자극 - 반응 학습
제3유형	연쇄 학습
제4유형	언어 학습
제5유형	변별 학습
제6유형	개념 학습
제7유형	원리 학습
제8유형	문제 해결 학습

- ② **제2유형(자극-반응 학습)**: 자극과 반응의 단순한 결합을 의미한다. 이때의 반응은 의지적이고 능동적이라는 점에서 신호 학습과는 구별되며, 도구적 조건화와 같은 것이다. 학생들에게 ‘관찰하여 보자.’라고 말하면 학생들은 무슨 뜻인지 알고 관찰할 준비를 하는 것이 그 예이다.
- ③ **제3유형(연쇄 학습)**: 이는 자극과 반응의 결합이 연쇄적임을 의미한다. 현미경 조작, 자동차 시동 걸기, 글씨 쓰기, 걷기, 뛰기 등과 같이 일련의 반응을 정해진 순서에 따라 연결지음으로써 학습하는 것이다.
- ④ **제4유형(언어 학습)**: 제3유형인 연쇄 학습과 유사하나 언어적 연결 학습은 언어를 사용하는 능력에서의 연결을 의미한다. 우리말과 같은 뜻을 가진 외국어 단어 학습하기, 문장 외우기 등이다. 소금은 영어로 salt라 하고, 화학 기호로 NaCl이라고 연결하는 것이 그 예이다.
- ⑤ **제5유형(변별 학습)**: 비슷한 여러 대상을 구별할 수 있는 능력의 학습을 말한다. 여러 모양의 삼각형·사각형·오각형을 제시하였을 때, 삼각형을 다른 것과 구별할 수 있는 능력을 말한다. 식물·동물을 구별하거나, 여러 가지 동물 사진 중에서 새를 고르게 하는 것이 그 예이다.
- ⑥ **제6유형(개념 학습)**: 변별이 자극 간의 차이에 대하여 반응하는 것임에 비해 개념을 학습한다는 것은 자극 간의 공통성, 유사성에 대하여 반응하는 것이다. 곤충의 개념은 머리·가슴·배로 구분되며, 다리 3쌍·더듬이 1쌍·날개 1쌍(또는 2쌍)이다.
- ⑦ **제7유형(원리 학습)**: 원리란 ‘두 개 이상의 개념의 연결’로 정의된다. 물결의 동심원이 퍼져나가는 원리를 설명하는 호이겐스의 원리가 그 예이다. 개념 학습을 통하여 파장, 파동, 주기 등의 개념을 학습한 후에는 파동이 전달되는 원리를 알게 되어 호이겐스의 원리를 깨닫게 된다.
- ⑧ **제8유형(문제 해결 학습)**: 문제 해결이란 새로운 원리를 형성하기 위하여 기존의 원리를 조합하여 문제를 해결할 아이디어를 생각해 내는 것을 의미한다. 위치 에너지와 운동 에너지의 원리를 이용해서 운동량 법칙이 유도되는 것이라든가, 동위각의 원리와 각에 따른 호의 길이가 비례한다는 원리를 알아 지구 둘레를 측정하는 문제가 그 예이다.

(3) 초등 과학 교육에의 적용

가네의 학습 이론은 위계적 학습, 8가지 학습 유형, SAPA 등으로 요약할 수 있다. 그의 학습 이론이 과학 교육에 시사하는 바는 다음 3가지이다.

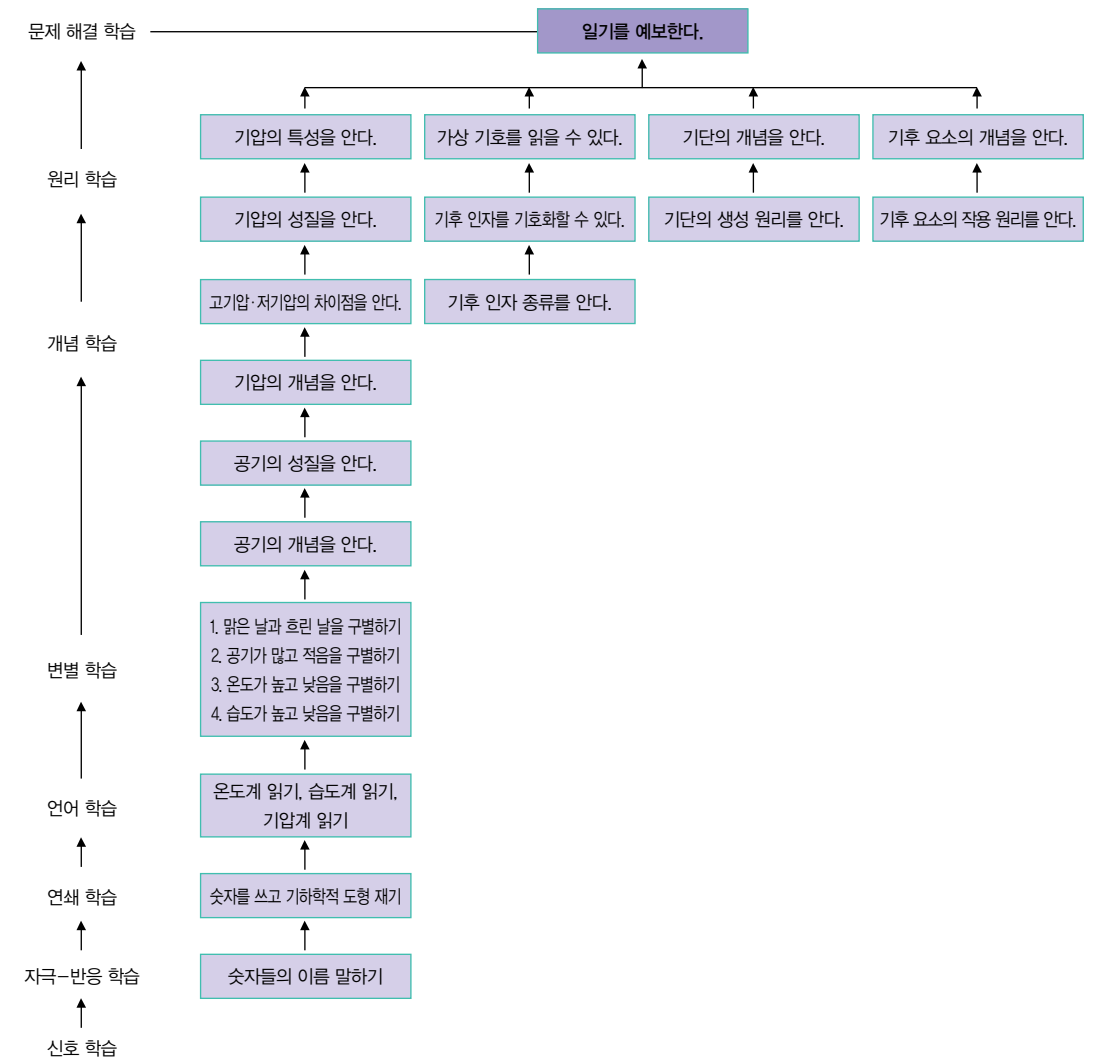
첫째, 학습은 반드시 위계적 단계에 따라 이루어져야 한다. 이를테면 어떤 원리 학습을 하기 위하여서는 그보다 하위인 개념 학습을 먼저 해야 하고, 그 개념 학습을 위하여서는 그보다 하위인 변별 학습이 선행되어야 한다는 것이다.

둘째, 과학 지식은 탐구 과정을 통하여 형성된다. 과학자가 지식을 획득하는 것처럼 탐구 과정을 통하여 학생들에게 과학을 가르쳐야 한다는 것이다.

셋째, 학습은 개념과 기술이 누적되어 보다 고차원적인 수준으로 이루어짐을 강조한다.

‘일기 예보’ 주제에 대한 가네의 위계망과 8가지 학습 유형의 예를 제시하면 (그림 IV-2)와 같다.

‘일기 예보’ 주제에 대한 가네의 위계 학습망



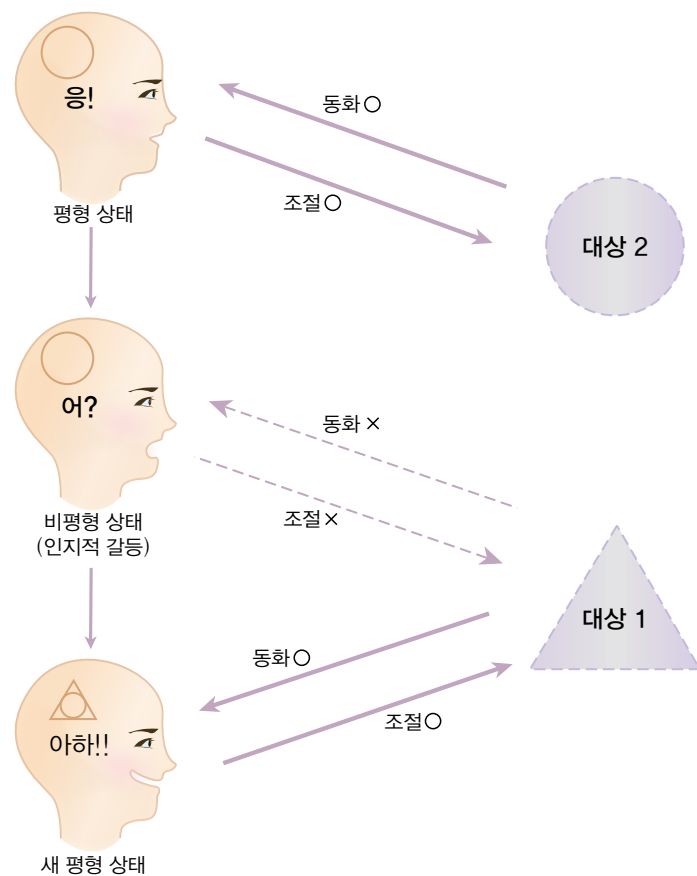
3. 인지 발달 이론과 초등 과학 교육

(1) 피아제의 인지 발달

피아제는 학생들이 세계를 어떻게 보고, 어떻게 이해하는가를 알아내는 데 많은 관심을 가졌다. 피아제 이론에 의하면, 모든 생물은 환경에 적응하는 경향이 있는데, 이러한 적응은 동화(assimilation)와 조절(accommodation)이라는 상호 보완적인 과정에 의하여 이루어진다. 동화는 외부로부터 받은 자극을 자신의 기존 인지 구조에 맞추는 과정을, 조절은 외부의 요구에 부응하도록 자신의 인지 구조를 적응시키는 과정을 의미한다. 예를 들면 (그림 IV-3)에서 외부로부터 받은 ‘소’라는 자극은 ‘네 발이 달려 있고, 몸이 털로 덮여 있고, 고양이보다 크고, 짹짹하고, 코가 축축한 것은 개’라는 기존의 인지 구조에 동화된 것이다. 또, (그림 IV-4)에서는 새로운 자극을 만나게 되면, 학생들은 그 자극을 기존 인지 구조에 동화시키려고 하는데, 가끔 이런 일이 어려울 때가 있다. 이런 경우, 새로운 자극을 동화시킬 수 있도록 기존 인지 구조를 조절해야 한다.



피아제는 인지적 갈등, 즉 새로운 자극과 기존 인지 구조의 갈등을 해결하고 동화와 조절을 통하여 새로운 평형을 이루는 과정을 평형화라고 하였다(그림 IV-5). 평형화는 인지 발달의 핵심이다.



따라서, 인지 구조는 반복되는 평형화 과정을 통하여 더 상위 단계로 발달한다. 인지 발달은 감각 동작 단계, 전조작 단계, 구체적 조작 단계, 형식적 조작 단계로 이루어지는데, (표 IV-3)은 각 단계의 주된 지적 특징을 나타낸 것이다.

단 계	연령(세)	특 징
감각 동작	0 ~ 1	비언어, 반사 행동(울음, 빨기, 쥐기), 놀이, 모방, 물체 영속성
전조작	2 ~ 7	언어 발달, 자기 중심, 비가역성, 중심화
구체적 조작	7 ~ 12	가역성, 계열화, 분류, 가감승제, 보존성
형식적 조작	12세 이후	조합 논리, 비례 논리, 변인 통제, 가설-연역 논리

감각 동작 단계의 아이는 사물을 직접 보거나, 느끼거나, 듣거나, 만지거나, 맛볼 수 있는 경우에만 사물이 존재하는 것으로 간주한다. 즉, 아이의 지각 밖에 있는 것은 존재하지 않는다고 생각한다.

전조작 단계에서는 언어 발달이 왕성하게 이루어진다. 이 시기에는 자기 중심으로 생각하며 외부 세계를 인식할 때, 다른 사람의 견해를 받아들이지 않는다. 그리고 원래의 시발점으로 되돌아가서 생각하는 가역적 사고를 하지 못하고, 사물이 보이는 대로 직관적 사고를 한다.

구체적 조작 단계에서는 원래의 시발점으로 되돌아가서 생각하는 가역적 사고를 하며, 일부 목적에 관련된 일련의 사건이나 동작을 정신적으로 계획한다. 전체와 부분은 서로 관계가 있다는 것을 알게 되어 물체를 분류할 수 있고, 순서를 결정할 수 있다. 또, 가감승제를 할 수 있고, 물체는 그 모양이 변해도 무게나 부피는 변하지 않는다는 것을 안다.

형식적 조작 단계에서는 주어진 문제에서 변화 요인을 분리·조절할 수 있다. 가설을 형성하고 이를 검증하며 그 효과를 해석할 수 있다. 또, 문제를 해결하는 데 사용된 과정을 분석하고, 비판적으로 평가할 수 있다.

이러한 인지 발달 단계 자체와 순서는 모든 개인에게 공통적으로 동일하게 나타나지만, 각 단계가 나타나는 시기는 개인마다 다르다. 읽기를 배우기에 정상적인 시기가 2세인 아이도 있고, 5세인 아이도 있을 수 있다. 완전히 정상적으로 발달하는 뇌라도 2년, 심지어는 3년까지의 차이를 보인다. 그러므로 모든 학생에게 공통적인 과학적 기능을 가르치는 것뿐만 아니라 개인에 따라 인지 기능이 발달하는 시기의 차이도 중요하게 고려해야 한다.

(2) 초등 과학 교육에의 적용

피아제 인지 발달 이론은 학생들이 과학을 언제, 무엇을, 어떻게, 학습해야 하는지를 알려주기 때문에 과학 교육에 많은 것을 시사하는데, 그것을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 과학적 개념을 어느 때 어떤 순서로 어떻게 가르칠 것인가를 알려주고 있다. 피아제의 이론은 논리적 사고의 발달에 대한 이론으로, 학생이 수·양·공간·시간·운동·속도·인과 관계 등과 같은 개념을 언제, 어떤 양상으로 획득하고 발전시켜 가는지를 보여 준다. 이것은 학생에게 어떤 개념을, 어떤 순서로, 어떤 방법으로 가르쳐서 논리적인 사고 능력을 길러줄 것인가에 대하여 중요한 시사점을 가지고 있다.

둘째, 실험·탐구 활동을 통한 학습의 중요성을 강조하고 있다. 학생들이 자연을 이해하는 것은 동화와 조절이라는 상호 보완적인 과정에 의하여 이루어진다. 이는 자연 현상과의 지적인 접촉이 필요함을 의미하며, 이를 위하여서는 주위 환경에 작용을 가해 보는 실험·탐구 활동이 과학 교육에 필요하다.

셋째, 지적인 비평형 상태의 유도이다. 피아제에 의하면, 지적인 성장은 낮은 차원의 평형 상태에서 높은 차원의 평형 상태로의 전환을 의미한다. 이 과정에서 지적인 비평형 상태가 항상 있기 마련이다. 이러한 지적 비평형 상태는 지적인 발전을 위하여서 반드시 필요한데, 이는 학습자 스스로 도달할 수도 있지만, 교사가 적절한 질문을 함으로써 더 쉽게 도달할 수 있다. 따라서 학생의 지적 비평형 상태를 유도하는 일은 매우 중요하다.

4. 발견 학습 이론과 초등 과학 교육

브루너에 의하면 수업 이론은 규범적·처방적이어야 한다. 규범적이라는 것은 학생들에게 학습할 지식이나 기능의 수준과 조건을 교과별로 학년에 따라 일일이 개별적으로 명시하기보다는 공통적으로 적용될 수 있게 규범적인 성격을 갖고 있어야 한다는 것이다. 처방적이라는 것은 그 지식이나 기능을 학생들에게 학습시키는 경우 가장 적합한 방법에 대한 여러 가지 원리와 규칙을 제시해야 한다는 것이다.

브루너는 어떤 수업 이론이든 4가지 특성, 즉 학습 의욕, 지식의 구조, 학습 서열, 강화를 반드시 갖추어야 한다고 하였다.

첫째, 학습 의욕이란 학습하고자 하는 의욕 또는 문제를 해결하고자 하는 의욕과 성향을 의미한다. 학습자 개개인에게 학습하려는 이 학습 의욕을 가장 효과적으로 심어 주는 구체적인 경험의 반드시 고려되어야 한다는 것이다.

둘째, 지식의 구조화이다. 지식의 구조화는 기본 개념들을 관련시키는 것이다. 예를 들면 밀도, 질량, 부피라는 기본 개념들을 관련시켜 ‘밀도=질량/부피’라는 법칙이 형성되면 이것이 바로 지식 구조화의 전형적인 예이다. 지식은 과학적 탐구 과정을 통하여서 구조화시킬 수 있다.

셋째, 학습 서열은 학습의 효율성을 높이기 위한 것으로, 학습자와 학습 자료 간의 매개 방법에 알맞게 학습 서열을 정하는 것이다. 이렇게 학습 서열을 정하는 이유는 학습 자료를 어떤 방법으로 제시할 것인가, 또는 어떤 경험적 서열로 제시할 것인가에 따라서 목표 달성에 매우 중요한 영향을 미치기 때문이다. 학습 서열은 학생의 지적 발달 과정과 같은 순서를 따르는 것이 좋으며, 학습자의 개인차를 충분히 고려해야 한다. 브루너는 지적 발달 순서에 따라서 학습 내용을 ‘작동적 표현 → 영상적 표현 → 상징적 표현’의 순서로 서열화해야 한다고 주장하였다. 이러한 서열과 나선형 교육과정을 연결시켜 보면 처음에는 작동적 표현, 다음에는 영상적 표현, 그리고 다음에는 상징적 표현으로, 표현 양식만 다르게 학습 내용이 반복적으로 이루어진다. 작동적 표현은 학생들이 사물에 대하여 실제적으로 신체 활동에 의하여서 어떤 결과를 얻게 하는 것이다.

넷째, 어떤 수업 이론에서든 상벌과 강화는 반드시 고려해야 할 주요 특성이다. 브루너는 강화 개념을 내적 보상과 외적 보상으로 구분하면서, 효과적이고 지속적인 학습을 위하여서는 전자의 내적 보상이 매우 중요함을 강조하였다. 따라서 수업 이론에서는 내적 보상을 유발시킬 수 있는 요소 마련이 중요한 과제이다.

브루너가 과학 교육에 기여한 점은 발견 학습이다. 그는 발견 학습이야말로 학생들 자신의 행동과 마음을 통하여서 스스로 지식을 획득하는 것이라고 믿고, 이를 통하여 학생들이 얻을 수 있는 장점 4가지를 제시하였다. ① 발견 학습은 학생들의 지적 능력을 증진시킨다. ② 발견 학습은 외적 보상을 내적 보상으로 바꾸어 준다. ③ 학생들은 발견 과정을 통하여 발견하는 방법과 그 속성 또는 탐구적 발견법을 학습하게 된다. ④ 발견 학습은 회상하는 데 효과적이다.

5. 유의미 학습 이론과 초등 과학 교육

오슈벨은 학생의 학습에 있어 행동주의보다는 인지주의를 선호하는 인지심리학자이다. 그의 학습 이론은 학습자의 인지 구조, 즉 학습자가 이미 알고 있는 것과 앞으로 전개될 학습 상황에서 일어나는 과정에 초점을 둔다. 이것은 ‘만약 교육 심리학을 단 하나의 원리로 요약한다면, 나는 다음과 같이 말할 수 있다. 학습에 영향을 미치는 가장 중요한 요인은 학습자가 이미 알고 있는 것이다. 교사는 그것을 확인하고, 거기에 따라 적절하게 가르쳐야 한다.’라는 문장으로 집약할 수 있다.

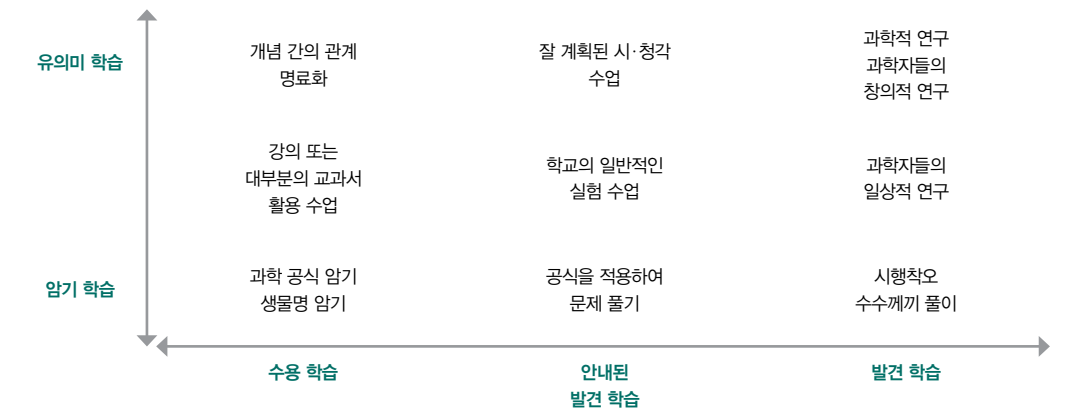
(1) 학습의 형태(수용 학습·발견 학습, 암기 학습·유의미 학습)

오슈벨은 (그림 IV-6)처럼 새로운 지식이 학습자에게 어떤 수단에 의하여 제시되느냐에 따라 수용 학습·발견 학습으로, 학습자가 새로운 지식을 기존의 인지 구조에 어떻게 결합시키느냐의 방법에 따라 암기 학습·유의미 학습으로 분류하였다. 수용 학습은 학습자들이 학습할 내용의 전부가 교사에 의하여 제시되는 학습을 말하며, 반면에 발견 학습은 학습자 스스로 학습할 내용을 발견함으로써 일어나는 학습을 말한다. 암기 학습은 학습자의 기존 인지 구조와 새로운 지식이 독립적이어서 후속 학습에 영향을 별로 미치지 못하는 학습이며, 반면에 유의미학습은 기존의 인지 구조와 학습할 내용 사이의 상호 작용을 통하여 학습자가 가지고 있는 기존의 인지 구조에 새로운 의미가 구성됨으로써 일어나는 학습이다. 오슈벨은 교사들이 가능한 한 유의미 학습이 되도록 노력해야 한다고 주장하였다. 유의미 학습은 새로운 내용이 기존 지식과의 논리적 관련성을 가질 때 일어나는데, 이러한 논리적 관련성은 학습 과제가 실사성과 구속성을 가질 때 나타난다. 실사성이란 명제를 다른 형태로 표현해도 그 의미가 변하지 않는 것이고, 구속성이란 먼저 맺어진 관계를 임의적으로 변경할 수 없는 것을 말한다. 예를 들면, ‘밀도’와 ‘밀도는 질량 나누기 부피이다.’는 그 의미가 변하지 않으므로 실사성이 있는 것이고, ‘=’은 임의적으로 변경할 수 없으므로 구속성이 있는 것이다.

(그림 IV-6)은 이들 학습 형태에 따른 학습자의 학습 내용이다. 과학 공식 암기나 생물명 암기는 수용 학습이면서 암기 학습이 바람직하며, 과학적 연구는 발견 학습이면서 유의미 학습이 바람직함을 제시하고 있다.

■ 그림 IV - 6 ■

학습 형태에 따른 대표적인 과학 활동의 예



(2) 초등 과학 교육에의 적용

오슈벨은 학습에 영향을 주는 가장 중요한 요소는 ‘학습자가 이미 알고 있는 것을 아는 것’이라고 하고, 이것을 확인하고 이에 따라 학생을 교육시켜야 한다고 주장하였다. 또, 그는 학습을 연역적 과정으로 교육시켜야 한다고 생각하였다. 즉, 먼저 일반적인 개념을 배운 다음에 구체적인 내용들로 진행해야 한다는 것이다. 따라서 교사의 임무는 새로운 학습 내용을 이전에 학습한 내용에 지속적으로 접합시키도록 개념과 원리를 조직하고 학습할 어휘 목록·사진·주제의 목록 등을 포함하는 선행 조직자(advanced organizer)를 사용하여 학생들이 다음에 올 경험들을 이해하게 도와주는 것이어야 한다.

선행 조직자는 새로운 과제와 관련된 인지 구조를 미리 설정해 주기 위하여 교수자가 추상성·일반성·포괄성의 정도가 높은 입문적 자료를 새로운 학습 과제에 앞서 제시하는 것을 말하며, 이것은 새로운 정보를 인지 구조 내에 포함시키기 위한 발판을 마련하는 역할을 한다. 선행 조직자는 비교 조직자와 설명 조직자로 나뉜다. 비교 조직자(comparative organizer)는 학습할 과제와 기존의 인지, 기존의 지식 간에 상당한 유사성이 있는 경우 이들 간의 유사성과 차이점을 분명히 하여 상호 간의 변별력

을 증진시킬 목적으로 제시하는 자료로서, 이미 존재하고 있는 인지 구조를 활성화시킴으로써, 알고는 있지만 서로 간의 적절한 관련성을 찾지 못하였던 것들을 이해시키는 데 도움을 준다. 설명 조직자(expository organizer)는 기존의 지식과는 전혀 관계없는 새로운 것, 즉 친숙하지 않은 학습 과제를 설명할 때 개념적 근거를 제공하는 데 활용하는 것으로, 이를 학습자의 인지 구조에 끌어들이기 위한 발판으로 사용되는 조직자를 뜻한다. 따라서 설명 조직자는 포섭자, 또는 일반적 개념을 의미한다. [표 IV-4]는 오슈벨의 이론을 과학 수업에 적용한 과정을 나타내고 있다.

표 IV - 4

과학 수업에서 오슈벨 이론의 적용

유 형	활용의 예
선행 조직자를 활용	- 용어들을 사용하는 수업을 실시하기 전에 과학 어휘들을 나열한다. - 아외 활동을 통하여 향상시킬 수 있는 역할 놀이 상황을 제시하게 한다.
예들을 많이 활용	- 학생들의 경험으로부터 수업 시간에 관찰한 과학 현상들과 관련된 예들을 제시하게 한다. - 사진, 도표 등을 활용하여 별자리, 동물, 구름, 식물 등과 같은 것들의 다양한 예들을 보여 준다.
유사점과 차이점에 초점	- 식물과 동물이 어떤 점에서 똑같고 어떤 점에서 다른가에 대하여 토의하게 한다. - 보편적으로 사용되는 에너지원과 대체 에너지원에는 어떠한 것이 있는지를 설명하고, 이들의 공통점과 차이점을 설명하게 한다.
자료들을 조직화된 방식으로 제시	- 특별히 복잡한 수업인 경우에는 내용들의 윤곽(outline)을 잡아준다. - 과학 활동에 필요한 자료들을 활동 시작, 중간, 끝 중에서 어디에 사용될 것이라는 것을 부호로 표시하는 방식으로 조직한다.
더 유의미하게 학습될 수 있는 자료에 대한 기계적 학습을 지양한다.	- 과학 활동이나 교과서들에서 제기되는 질문들에 대하여 학생들 자신의 언어로 답하게 한다. - 학생들이 과학 활동의 결과들을 서로에게 설명하도록 한다.

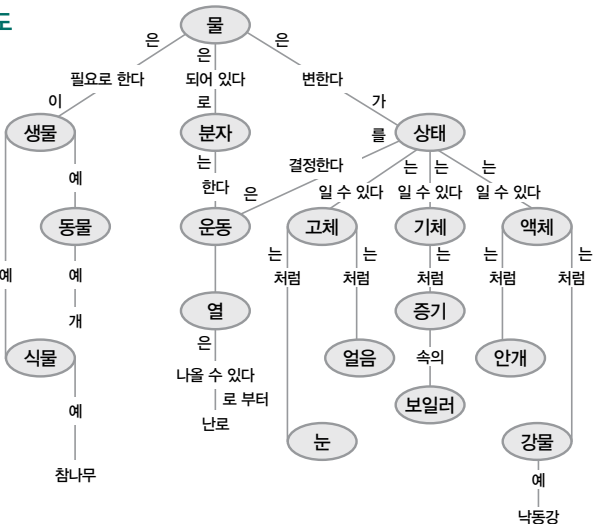
(3) 개념도와 초등 과학 교육

개념도는 노백에 의하여서 개발되었다. 개념도는 개념과 개념 간의 관계를 연결시키는 하나의 도구이고, 오슈벨의 유의미 학습을 과학 교육에 적용하기 위하여 고안한 것이다. 또한, 개념도는 개념들 사이의 관계를 명제의 형태로 의미 있게 나타냄과 동시에 전체적으로 개념의 구성 양상과 개념 간의 관계를 가시적으로 파악할 수 있다.

개념도를 작성할 때에는 개념들을 위계적으로 배치하는 것이 중요하다. 상층부에는 일반적이면서 포괄적인 개념을, 하층부로 가면서는 구체적이고 덜 포괄적인 개념으로 배치한다. 또한 개념과 개념 간에는 연결어를 사용한다. [그림 IV-7]은 물에 대한 개념도를 예시한 것이다.

그림 IV - 7

물에 대한 개념도



6. 구성주의와 초등 과학 교육

구성주의는, 지식은 학생들이 주체적으로 구성하고 창출하며, 사회적 협상으로 만들어지므로, 학교 학습도 사회적 맥락에서 이루어져야 한다고 본다. 구성주의에서 ‘구성’이란 학습자 개인이 외적 세계와의 상호 작용에서 지식을 획득하고 스스로 의미를 부여하는 ‘의미의 구성’을 말한다. 즉, 외부의 세계나 지식은 개인과 별개가 아니라는 상대주의 세계관이다. 이러한 입장과 상반되는 객관주의는 ‘지식이란 객관적인 방법과 관찰로 발견되는 것이다. 또한, 우리의 사회적 협상으로 만들어지는 것이 아니라, 초인간적인 존재에 의하여 오직 하나로서 존재한다.’고 본다. 따라서 외부의 세계나 지식은 개별 인간과는 독립적으로 존재한다고 생각하는 절대주의 세계관이다. 교육적인 면에 있어서의 객관주의와 구성주의를 비교하면 [표 IV-5]와 같다.

표 IV - 5

교육적인 면에 있어서의 객관주의와 구성주의

특성	관점	객관주의적 교육	구성주의적 교육
학습자		지식의 수동적 수용자	생각·아이디어의 능동적 창조자
교사 역할		지식·아이디어 보고자 또는 지휘자(commander), 전달자, 재촉자, 교육과정 실행자	생각·아이디어 청취자, 촉진자, 안내자(guider), 조력자(helper), 동기 부여자, 지지자, 교육과정 재구성자
교육과정		의도적(intended) 교육과정	창조적·실용적·아이디어 중심
교육 방법		강의, 암송, 반복, 일제 학습, 태권도 사범식 교육	협동 학습, 소집단 활동, 문제 해결 학습, 고등 사고 학습, 비판적 사고 학습, 풋볼 코치식 교육
강조점		완전 학습	고등 사고·비판적 사고·창조적 사고 학습
평가		양적(quantitative) 평가: 학습자 서열을 정하는 데 쓰임	질적(qualitative) 평가: 교사 자신의 교육 방법의 평가로 이용
결과		- 지식 전달의 교육 - 듣는 것을 강조 - 개인주의·경쟁주의적 교육 - 역인간 교육	- 자기 학습 능력 신장 - 말하는 것을 강조 - 협동주의적 교육 - 인간 교육

[표 IV-5]에 따르면, 구성주의에서 학습자는 창의적인 능력의 소유자로서, 적극적 안내자인 교사의 역할에 따라서 능동적이며 새로운 아이디어의 창의자로서 간주된다. 여기에 적용되는 학습 방법은 소집단으로 구성하여 협동적인 문제 해결 학습으로 이끌어 나가며, 개인적인 특성과 학부모와 지역 사회의 요구를 고루 반영한 것이 될 것이다. 평가에 있어서도 교사는 학습자의 학업 성취도를 평가하며, 평가의 결과는 교사 자신의 교육 방법 평가 자료로 삼는다.

(2) 초등 과학 교육에의 적용

과학의 본질, 교수·학습 방법, 과학 평가에 주는 시사점은 다음과 같다.

① 과학의 본질

구성주의 입장에서는 ㉠ 과학이 진리를 찾거나 이론·법칙·원리를 발견하는 수단의 학문이 아니라, 우리가 사는 세계를 알 수 있도록 도와주는 것이며, ㉡ 과학 지식은 반증될 수 있으나 현재로는 반증되지 않은 잠정적 개념이며, ㉢ 관찰의 이론 의존성을 중요시한다.

② 과학의 교수·학습

구성주의에서는 학습을 학습자의 능동적인 의미 구성으로 정의한다. 따라서 학생들은 학교에서 과학을 배우기 전에도 사회 문화적인 상호 작용, 자연 현상과의 상호 작용 등을 통하여 주변 현상에 대하여 나름대로의 생각을 구성하게 된다. 그러나 이러한 생각은 제한적인 시간과 공간, 일상적인 언어 등에 의한 영향을 받아 구성되기 때문에 추상적이고 포괄적인 현대 과학과 상충되는 경우가 매우 빈번하게 된다. 이처럼 현대 과학과 상반되는 학생들 나름대로의 자연에 대한 설명이나 생각을 유년적 사고(naive theory)라고 한다. 학자에 따라서는 오인, 오개념(misconception), 실수, 틀림, 어린이 개념, 선입관, 대체적 체계, 대체적 개념, 직관(직관적 개념), 어린이 과학이라고도 한다. 학생들의 자연 현상에 대한 오개념의 주요 특징과 그 예는 다음과 같다.

- **현상 중심적 사고:** 직접 관찰이 가능한 피상적인 측면에 근거하여 생각한다.
 - 설탕의 용해: 설탕이 사라진다.
 - 물의 증발: 물이 사라지거나, 스며들거나, 공기로 된다.
 - 지구의 모양: 편평하다.
- **제한적 사고:** 두드러진 현상이나 떠오르는 생각을 바탕으로 사고한다.
 - 얼음을 녹지 않게 보관하려면 쇠로 만든 상자가 천으로 만든 상자보다 적합하다. 왜냐하면 철은 단단하고 차갑기 때문이다.
- **변화 중심적 사고:** 평형 상태보다는 변화 상태에 중점을 두어 생각한다.
 - 빨대: 대기압의 작용에 의하여서 물이 입으로 들어간다고 생각하기보다는 진공이 물을 빨아들이는 것으로 생각한다.
 - 운동 중인 물체에는 힘이 작용하지만 정적인 평형 상태에서는 힘이 작용하지 않는 것으로 생각한다.
- **단순 인과적 사고:** 시간에 따라 한 원인이 수반되는 여러 효과를 일으키는 것으로 생각한다.
 - 그릇을 가열할 때: 두 시스템의 상호 작용으로 이해하는 것이 아니라 열원이 그릇에 열을 공급하는 것처럼 한 방향으로 설명한다.
 - 타이어 잡아당기기: 줄로 고정된 타이어를 한 쪽에서 잡아당기면 타이어에 작용하는 힘은 잡아당기는 방향으로만 작용한다고 생각한다. 잡아당기는 방향과 반대 방향으로 작용하는 같은 크기의 힘이 있다는 작용·반작용의 법칙을 이해시키기에는 어려움이 있다.
- **미분화된 개념:** 과학자의 개념과 다른 일상생활의 개념(더 포괄적이거나 의미가 명료하지 않은)을 흔히 사용한다.
 - 동물이란 다리가 네 개이고 몸에 털이 있으며, 밖에서 사는 가축이다.
 - 무게를 부피, 질량, 압력, 밀도, 힘 등의 개념이 복합된 의미로 사용한다.
 - 식물의 음식: 식물이 흡수하는 모든 것(물, 이산화탄소, 무기물, 햇빛 등)을 식물의 음식이라고 믿는다. 실제로는 광합성을 통하여서 합성한 녹말 등이 식물의 음식이다.
- **상황 의존적 사고:** 과학자가 같은 원리가 적용되는 동일한 현상이라고 생각하는 여러 현상을 주어진 상황을 바탕으로 서로 다른 현상으로 이해한다.
 - 물을 가열하면 기포 발생: 기포는 열이다.
 - 이슬이 증발하면 수증기가 됨: 수증기는 공기이다.

현재까지 과학 오개념에 관한 연구가 많이 이루어졌고 초등학교생들이 가지고 있는 주요 오개념을 과학의 주요 영역별로 요약하여 제시하면 [표 IV-6]과 같다.

표 IV-6

초등학교생들이 가지고 있는 주요 과학 오개념

영역	주요 오개념
운동과 에너지	■ 열은 열량이 많은 곳에서 적은 곳으로 이동한다. ■ 어느 곳에서나 무거운 물체가 가벼운 물체보다 더 빨리 떨어진다.
물질	■ 물체를 이루는 입자 사이에는 간격이 없다. ■ 10g의 얼음이 녹으면 10g보다 더 가벼워진다. ■ 냉장고에 있던 물을 컵에 따라 놓으면, 얼마 후 컵 표면에 물이 생기는데, 이 물은 컵 안에 있던 물이 (추워서 더 따뜻한) 밖으로 나온 것이다.
생명	■ 변온 동물은 항온 동물보다 체온이 더 낮다. ■ 거미는 곤충이다.
지구와 우주	■ 지구는 편평하게 생겼다. ■ 여름에는 태양과 지구 사이가 멀고, 겨울에는 가깝기 때문에 여름에 덥고 겨울에 춥다.

과학의 교수·학습면에 있어서 ① 학생 위주의 수업, ② 과학 교사는 학생들에게 과학을 가르친다는 시각에서 학생들이 스스로 배울 수 있도록 돕는다는 입장, 즉 교사는 과학 학습의 진단자, 동기 유발자, 안내자 역할, ③ 창조적 사고를 북돋울 수 있는 학생들의 대화와 토론이 중시되는 과학 수업, ④ 학습자의 선행 지식을 변화시킬 수 있는 수업 전략, ⑤ 직접 해 보는 과학(hands-on science), 사고하는 과학(minds-on science or hearts-on science) 학습이 강조된다. 이를 반영한 학습 방법으로는 문제 해결 학습, 탐구 학습, 협동 학습, 역할 놀이 학습, 프로젝트 학습, 개념 학습(개념 변화 학습)이 있는데 다양한 학습 방법을 이용할 것을 권한다.

③ 과학 평가

구성주의 입장에서 과학 평가는 ① 집단별 점수화, 서열화의 양적 평가에서 개인별 성장 위주의 질적 평가, ② 단순한 암기 위주의 평가에서 실생활에 적용할 수 있는 능력 평가, ③ 결과 중심의 평가에서 과정 중심의 평가, ④ 학습자가 지니는 개념 체계의 변화된 정도를 측정하기 위한 평가, ⑤ 수업 후에 주어지는 시험에 의한 단순한 평가가 아니라 수업 내에서 이루어지는 학습자의 학습 평가를 중시한다. 측정 방법으로는 수행 평가, 개념도, 브이 다이어그램, 포트폴리오 등이 있다. 실행 평가에는 관찰, 체크리스트, 평정척 등이 있다.

7. 과학적 창의성과 과학 교육

(1) 과학적 창의성의 개념

일반 창의성의 개념은 학자나 학문 분야마다 매우 다양하여 단일하고 명확한 정의는 없지만, 공통적이고 핵심적인 내용으로 볼 때, ‘새로운 문제 상황에서 독창적이고 융통성이 있으며, 정교하고 유용한 아이디어를 창출하여 문제를 해결하는 능력’으로 정의할 수 있다. 따라서 창의성은 특별한 능력이 아니라 모든 사람의 일상생활 속에서 항상 존재하고, 사람들의 행동을 분석하면 누구든지 정도의 차이만 있을 뿐 창의적인 요소를 가지고 있다.

한편, 월퍼트(Wolpert, 1992)는 예술적 창의성과 과학적 창의성을 다음과 같이 구별하였다.

“예술적 창의성은 생각과 감정을 반영하며, 특성상 매우 개인적인 반면, 과학적 창의성은 항상 내적 일관성과 자연을 이해하려는 노력과 기존 지식에 의하여 제한받는다. 과학자의 창의적 산출물은 궁극적으로 교과서 내용과 같은 공적인 지식으로 동화된다. 예술에서의 창의적 산출물은 독특하고 내적인 경험에 대한 것이지만, 과학자는 일반화를 위하여 노력하고 특정 사례보다는 모든 경우에 적

용할 수 있는 생각에 관심이 있다. 과학적 활동에 대하여서는 그것을 평가하기 위한 객관적이고 공유된 준거가 있지만, 예술에서의 창의적 산출물에 대하여서는 그것을 평가하기 위한 확실한 방법이 없고 다양한 해석만이 있을 뿐이다.”

구성주의적 입장에 따라, 어린 학생이라도 주어진 문제 상황에서 외부의 자극과 자신의 지식 구조 사이의 상호 작용을 통해 새로운 지식 구조를 창출해 낸다고 할 때, 창의적 재구성 과정을 거치지 않고서는 의미 있는 학습이 불가능하다. 결국, 심리적 과정에서 볼 때, 최첨단 과학자의 새로운 창조와 과학 학습 과정에서 학생이 경험하는 창의성은 수준과 정도의 차이만 있을 뿐 본질적으로 동일하다.

창의성에 대하여 인지적·정의적·환경적·사회적 측면 등 다차원적으로 접근이 이루어져 왔다. 인지적 접근에서는 창의적 사고와 관련된 인지 능력과 사고 과정에 초점을 맞추고, 정의적 측면에서는 창의성의 근원을 개인의 성격 특성으로 파악하여 접근하고, 환경적·사회적 측면에서는 창의성의 근원을 내적 결정요인뿐만 아니라 외적 요인의 영향까지 고려하여 접근한다. 어떤 측면을 취하든, 창의적 산물이나 아이디어는 두 가지 준거로 나눌 수 있다. 첫 번째 준거는 자기가 속한 문화에 독창적인 것을 산출하는 능력으로서, 특별한 사회적 집단에 비추어 정의된다. 즉, 한 문화에서는 독창적이라고 간주되는 것이 다른 문화에서는 독창적이지 않은 것으로 간주될 수 있다. 두 번째 준거는 산물이나 아이디어가 자신에게만 새로운 경우로서, 자신에게는 독창적인 것이 다른 사람에게는 그렇지 않은 것으로 받아들여질 수 있다. 초등 과학에서는 후자를 먼저 고취시키고 점차 전자의 비중을 높이는 방식으로 창의성을 육성할 필요가 있다.

(2) 창의성의 구성 요소

창의적 사고력은 일반적으로 다음과 같은 6가지 요소로 구성된다(Guilford, 1950, 1975; Torrance, 1998).

① 문제에 대한 민감성

문제에 대한 민감성은 특정 상황에서 문제가 무엇인지, 또는 그 문제 해결에 불충분한 것이 무엇인지를 찾아내고 보통 사람의 경우 특별히 문제시 되지 않는 것으로 간주하고 지나치기 쉬운 문제를 민감하게 알아내는 능력, 즉 문제 상황이나 사태를 민감하게 지각하는 능력이다. 문제에 대한 민감성을 높이기 위해서는 일상적인 상황이나 사물을 그냥 지나치지 않고 유심히 관찰하거나 문제 제기를 하는 것이 필요하다. 또한, 사물이나 일에 항상 관심을 가지는 것이 중요하다.

② 독창성

독창성은 다른 사람이 지금까지 생각해 내지 못하였던 새로운 아이디어를 만들어 내는 능력, 즉 평범하지 않은 독특한 반응이다. 이것은 타인이 내놓지 않은 형태의 생각을 내놓는 능력과 시간적으로 동떨어진 것이나 논리적으로 무관계한 것을 연결시키는 능력이다.

③ 유창성

유창성은 정해진 시간에 정해진 주제 영역 내에서 많은 아이디어를 만들어 낼 수 있는 능력, 즉 아이디어의 풍부성이다. 발상의 속도가 빠른 경우와 다른 사람보다 아이디어를 산출하는 확률이 높은 경우가 있는데, 전자의 경우를 ‘연상 유창성’, 후자의 경우를 ‘발상 유창성’이라고 한다. 과학 학습에서 학생들이 다양한 생각을 할 수 있도록 하기 위하여서는 활동이나 실험을 하기 전에 발산적 사고를 할 수 있도록 하는 발문의 역할이 중요하다.

④ 유연성

유연성은 다른 사람과 전혀 다른 사고 수준의 아이디어를 창출해 내는 능력이다. 이것은 종래의 타성적인 사고 방식과 고정성에서 벗어나서 다양한 아이디어를 만들어 내기도 하고 평범한 방법이 아닌 다른 형태의 사고 방식으로 문제를 해결하기도 하는 능력으로서, 사고의 방향이 얼마나 포괄적인가 혹은 다양한가와 관련된다. 즉, 변화에 재빨리 적응하는 능력으로 하나의 아이디어나 형태, 방법 등을 여러 가지로 변형시키는 지적 능력이다. 유창성과 유연성으로 많은 아이디어를 산출하고 나면,

그 속에서 비로소 독특하고 쓸모 있는 아이디어가 도출되는 경우가 많다.

⑤ 정교성

정교성은 처음에는 다소 엉성하게 산출된 핵심적 아이디어를 구체화하거나 세부 사항을 덧붙여 문제에 포함된 의미를 명확히 하고, 부족한 것을 보충하여 좀 더 유용하게 만드는 능력이다. 이것은 일체의 사물을 계획, 검증, 분석하는 경우에 필요한 능력으로서, 예를 들면 주어진 커다란 계획을 손질하여 훌륭하게 마무리하고, 자세한 단계를 만들어서 실행 가능한 것으로 완성하는 능력이다. 이러한 측면에서 창의성 연구에서는 흔히 ‘창의성은 진화한다’고 일컫는다.

⑥ 재구성력

기존의 일반적인 생각이나 산물을 다른 목적이나 관점에서 새롭게 재구성하는 능력이다. 이것은 잘 알고 있는 것을 새로운 목적에 사용하기 위하여 그것에 대한 오래된 견해를 포기하는 능력이다.

진정한 창의성이 발휘되기 위해서는 이러한 요소들이 모두 필요하다. 일반적으로, 성인이나 학생들이 이러한 각각의 요소를 가지고 있는 경우가 많으므로, 사람은 누구나 어느 정도 창의적이라고 할 수 있다. 매우 복잡한 환경에서 현재까지 생존해 왔다는 사실 자체가 창의성을 가지고 있다는 증거이다. 그러나 영재나 소수의 특별한 사람들을 제외하고 대부분의 경우 한 개인이 이러한 요소를 모두 가지고 있는 경우는 드물기 때문에, 창의성을 함양하기 위하여서는 이러한 요소들을 균형 있게 계발하고 활용하기 위한 훈련이 필요하다.

(3) 창의 과정

어떤 것을 새롭게 창출할 때에는 두 가지 활동이 수반된다. 첫 번째 활동은 독창성과 관련된 활동으로서 아이디어, 계획, 답을 찾아내는 과정이다. 두 번째 활동은 이것들의 가치를 평가하는 활동으로 이루어진다. 일반적으로 중요한 문제를 성공적으로 해결하는 사람들에게서 다음과 같은 창의성의 4 단계가 공통적으로 나타난다.

① 준비 단계

문제 해결의 방법을 살피기 위한 준비로서 여러 가지 자료를 모으기도 하고, 필요한 재료를 준비하는 단계이다. 연구를 하든, 사실들을 수집하든, 사람이나 자료들을 조직하든, 창의적 행위를 하기 위하여서는 모든 영역(특이적 정보)을 자유롭게 활용할 수 있는 상태로 만들어야 한다. 학자에 따라서는 문제 감지까지도 이것에 포함시키기도 한다.

② 부화 단계

수집된 자료들을 가지고 구상하고 이들을 기존 도식들에 동화시키며, 어떤 산물을 만들어 내야 한다는 강박 관념을 갖지 않고 무의식적으로나 의식적으로 상호 작용하여 문제에 대한 몇 개의 아이디어가 발견, 소멸, 변용, 결합되기도 한다. 부화기는 잠깐 동안의 휴식 시간처럼 짧을 수도 있고 평생 걸릴 수도 있다. 데이터가 어떤 전망을 획득할 때까지 충분한 시간을 가져야 한다. 흔히 보고되는 부화 단계의 형태는 꿈이다.

③ 통찰 단계

부화 단계의 극단으로서 평범하지 않고 뛰어난 해결법과 아이디어가 나타나는 단계로서, 실제적인 ‘아하!’나 ‘유레카!’는 준비기와 부화기가 통찰을 생성하는 순간이다. 이 단계를 ‘해명’ 혹은 ‘발견 단계’라고도 한다. 이것은 의지력을 통하여 어떤 해결책을 산출해 내는 데 주의를 집중시키는 형태를 취하거나 단지 브레인스토밍과 같이 구조화된 아이디어 생성 단계를 거치면서 이루어질 수도 있다.

④ 평가 단계

통찰 단계에서 얻어진 해결책과 아이디어를 실제로 실행해 보기도 하고 구체적으로 표현하기도 하는 단계이다. 즉, 제안된 해결책이 영역과 관련되며 원래의 요구나 자극의 요구 조건과 논리적으로 적합한가를 확인하는 단계이다. 그래서 ‘확인 단계’라고도 한다. ‘그것이 효과가 있는가?’라는 질문에 답하는 단계이다. 검증의 결과가 생각하였던 것과 다르다면 이전 단계로 피드백해서 해결하기

위한 가설을 다시 만들어 내기도 하고 아이디어를 변용해서 다시 검증해 보기도 한다.

과학의 역사에서 케쿨레가 19세기에 뱀들이 열을 지어 움직이는데, 갑자기 그 뱀들 가운데 한 마리가 제 꼬리를 물고 고리 모양이 되어 빙빙 도는 꿈을 꾸고 나서 벤젠 분자의 고리 구조를 발견하였다는 일화가 부화기에서 통찰기로 이행되는 예로 많이 등장한다. 사실은 위에서 제시한 4가지 창의 과정이 모두 포함된다. 즉, 그는 준비 단계에서 정보를 수집하고 실험하면서 많은 시간을 보내었고, 부화 단계에서는 정보를 재조직하고 멀리 떨어진 관계를 찾아내고 동화시켰으며, 통찰 단계에서 꿈을 통하여 벤젠의 구조식에 대한 아이디어를 얻었고, 꿈에서 깨어난 후에 평가 단계로서 그 아이디어를 검증하였다. 창의 과정에서 창의적 아이디어를 생성해 내는 통찰 단계가 꼭 필요는 전혀 없으나, 비유적 사고가 매우 중요하다. 즉, 아침에 허리띠 버클을 매거나 자전거 체인에 윤활유를 칠하면서도 케쿨레와 같은 통찰을 얻을 수 있다.

(4) 창의 기법

어떤 것을 새롭게 창출하는 데에는 보통 두 가지 활동이 수반된다. 첫 번째 활동은 독창성과 관련된 활동으로서, 아이디어, 계획, 답을 발견하는 과정이고, 여기에는 발산적 사고가 수반된다. 두 번째 활동은 결과를 산출하거나 세부 사항을 완성하며 아이디어나 답이 유효하거나 가능한지 확인하는 과정이다. 여기에는 수렴적 사고가 수반되며 이 과정에서 과학적 사고와 논리적 사고가 많이 요구된다. 초등학생을 대상으로 활용할 수 있는 창의 기법은 매우 다양하지만, 다음과 같은 방법들을 학생의 특성과 상황에 따라 융통성 있게 활용할 수 있다.

① 발산적 사고 기법

발산적(확산적) 사고 기법은 많은 아이디어를 다양하고 독특하게 생성해 내기 위한 기법들이다. 발산적 사고에서 가장 중요한 것은 새롭고 독창적인 문제 해결을 위해서 우선 따지고 평가하는 일을 하지 말아야 한다는 것이다.

• 브레인스토밍

오스본(Osborn)이 개발한 기법으로 뇌에 폭풍우가 몰아치듯이 빠른 시간 내에 많은 아이디어가 무질서하게 생성되는 것을 의미한다. 집단뿐만 아니라 개인적으로 사용할 수 있고 사고의 유창성·융통성을 신장시키기 위한 활동으로 효과적이다.

〈원리와 절차〉

브레인스토밍의 첫 번째 원리는 판단을 유보하는 것이고, 두 번째 원리는 양이 질을 낳는다는 점이다. 판단을 유보하면 더 많은 수의 아이디어를 생성해 낼 수 있고, 아이디어들을 서로 창의적으로 조합시킬 수 있는 기회를 갖게 된다. 또, 실행 결과를 다각도로 예상해 봄으로써 의사 결정의 내용이 좀 더 나아질 수 있으며, 자유로운 분위기가 조성된다. 개인적으로는 자신의 감정을 통제하는 것을 배우게 되어 즉석에서 감정이 내키는 대로 행동하지 않는 능력을 기를 수 있다.

브레인스토밍 진행 규칙의 첫째는 아이디어에 대한 평가는 최종까지 유보하는 것이고, 둘째는 거칠고 자유분방한 아이디어일수록 좋다는 것이다. 셋째는 아이디어의 수가 많을수록 더 좋고, 넷째는 다른 사람이 제안한 아이디어를 조합시켜 또다른 아이디어로 발전시킬 수 있다는 것이다.

〈진행 방법〉

- i) 집단의 크기를 5~12명으로 구성한다.
- ii) 사회자는 회의를 진행하고, 기록자는 참여자들의 아이디어를 기록한다.
- iii) 예비 활동을 통하여 편안한 분위기를 조성한다.
- iv) 수렴적 사고 기법을 통하여 아이디어를 평가한다. 브레인스토밍의 변형된 형태인 브레인라이팅(brainwriting)은 참여자들이 내성적이어서 자기 아이디어를 표현하기를 주저하거나 참

여자 수가 매우 많아 집단 토의가 어려운 경우에 사용할 수 있다.

〈진행 방법〉

- i) 집단은 4~5명으로 구성하고, 작은 원탁에 둘러앉아 진행한다.
- ii) 각 참여자에게 브레인라이팅 용지를 한 장씩 배부한다.
- iii) 브레인스토밍의 원리를 숙지한다.
- iv) 용지 맨 위에 해결해야 할 문제를 진술하고 그에 대한 자신의 아이디어들을 적는다.
- v) 자기 아이디어를 적은 용지를 원탁 중앙에 놓고 다른 사람이 적은 용지를 가져온다.
- vi) 용지에 기입된 아이디어를 조합하거나 추가하여 새로운 아이디어들을 이어서 적는다.
- vii) 모두 모아 최선의 선택을 찾는다.

브레인라이팅 기법을 약간 변형시킨 브레인라이팅 게시 기법(brainwriting post-it)은 게시용 용지를 사용하여 칠판이나 벽면에 게시한다. 진행이 지체되지 않고 빠르게 생성된 아이디어를 효과적으로 사용하게 되므로 가치있는 아이디어가 상실되는 것을 예방할 수 있다.

〈진행 방법〉

- i) 적절한 크기의 게시용 용지(post-it)를 준비한다.
- ii) 게시용 용지에 한 개의 아이디어만 적어서 소리내어 말하고 사회자에게 넘긴다.
- iii) 사회자는 수집한 용지를 여러 사람이 볼 수 있게 게시한다.

• 마인드맵

마인드맵은 부잔(Buzan)이 1970년대 초반에 창안한 창의적 사고 기법으로, 대뇌가 방사적 사고를 한다는 이론적 토대를 바탕으로 한다. 중심에서부터 밖으로 퍼져나가는 방사적 사고는 중심 부분으로부터 연결되어 있는 결합적 사고 과정이고, 사고가 중심에서 시작하여 폭발해 간다는 의미를 가지고 있다. 마인드맵은 이러한 방사적 사고를 가시적으로 표현한 것이다. 정보를 연결시켜 기억하게 하므로, 주제를 쉽게 생각해 낼 수 있고 조직화하는 데 유리하다. 프로젝트의 기본 구조를 짧은 시간 동안에 조직화하고 제시할 때 유용하고, 개인이나 집단에서 브레인스토밍해 낸 아이디어를 자연스럽게 구조화할 수 있다. 발표할 아이디어를 자유롭게 생성하게 하여 청중이 쉽게 이해하고 기억하도록 제시할 수 있다.

〈진행 방법〉

- i) 핵심 단어나 이미지를 종이 중앙에 위치시킨다. 각 핵심 단어나 이미지마다 3~4가지 색상을 이용한다. 이미지를 입체화하거나 공간을 활용한다. 활자, 선, 이미지의 크기를 다양하게 변화시킨다. 조직화된 공간을 적절하게 활용한다.
- ii) 어떠한 아이디어라도 판단하지 않고 자유롭게 생성하고 이를 핵심 단어로 표현한다.
- iii) 1개의 선(가지)에는 한 개의 핵심 단어만을 기록한다.
- iv) 아이디어를 나타내는 핵심 단어와 종이 정중앙에 위치한 핵심 단어를 선으로 연결한다.

• 육색 사고모

인간의 사고는 하나의 기능이므로 의도적으로 연습하면 얼마든지 향상될 수 있는데, 우리가 사고할 때 어려움을 겪는 주된 원인이 너무 많은 것을 한꺼번에 생각하려고 하여 혼돈이 생기기 때문이다. 그래서 '여섯 가지 사고 모자(six thinking hats)'라는 의도적으로 한 번에 한 유형의 사고만을 유도하는 사고 기법이 제안되었다. 이는 모자를 바꾸어 쓰면 그 모자가 의미하는 특징의 사고를 함으로써 폭넓은 창의적 사고를 가능하게 하는 매우 간단하면서도 강력한 기법이다. 의도적으로 한 번에 한 가지만을 사고하게 함으로써 감정과 논리를 분리시키고 정보와 독창성을 분리시킬 수 있다. 또, 생성한 결과보다는 생성해 내는 과정을 중시한다.

〈사고모가 의미하는 사고 형태〉

- i) 백색모: 중립적이고 개관적인 사실이나 의견을 의미한다.
- ii) 적색모: 감정이나 영감에 의지하는 사고나 질문을 제시한다.
- iii) 흑색모: 논리적이며 부정적인 측면에서의 사고를 의미한다. 부정적인 사고에 대해서도 그 이유를 논리적인 근거와 이유를 밝히고 어떻게 달성될 수 있는지를 찾아야 한다.
- iv) 황색모: 긍정적 사고, 낙관적 사고, 건설적 사고를 의미한다. 긍정적인 판단에 대한 논리적 근거와 이유를 밝히고 어떻게 달성될 수 있는지를 찾아야 한다.
- v) 녹색모: 창의적인 아이디어를 생성하거나 대안을 탐색하도록 요구한다.
- vi) 청색모: 전체적인 통제를 의미하고 초연함과 냉정함으로 나타낸다. 이 모자를 쓰고 활동할 때에는 문제를 정리하고 토의의 초점을 설정하며, 요약하고 결론까지 내리도록 유도한다.

〈진행 방법〉

- i) 사회자가 지시하는 모자를 쓰고 그에 해당하는 유형의 사고를 진행하고 토의한다.
- ii) 아이디어를 생성할 때에는, 백색모-녹색모-황색모-흑색모-적색모-청색모 순으로 한다.
- iii) 아이디어의 가치를 판단할 때에는, 적색모-황색모-흑색모-녹색모-백색모-청색모 순으로 한다.

• 스캠퍼(SCAMPER)

SCAMPER는 Substitute(대치하기), Combine(결합하기), Adapt(응용하기), Modify-Magnify-Minify(수정-확대-축소하기), Put to other use(다른 용도로 사용하기), Eliminate(제거하기), Rearrange-Reverse(재배열-거꾸로 하기) 등 7가지 핵심 활동을 나타내는 단어들의 첫 글자를 조합하여 기억하기 쉽게 만든 약성어이다. 이 기법은 한 문제에 대한 다양한 시각들 중에서, 한 영역에 대하여 집중적으로 생각해 보고 차례로 나머지 부분도 생각하여 아이디어를 조합하거나 결합시켜 문제를 해결하는 방법이다. 이 활동들은 반드시 분리하여 다루거나 글자의 순서대로 진행할 필요는 없고 아이디어의 자극이 필요할 때 선별하여 활용하는 것이 효과적이다.

• 시네틱스

시네틱스는 ‘창의적 문제 해결법’, 또는 ‘결부법’이라고도 하는데, 그리스 어원은 서로 다르고 관련이 없어 보이는 요소를 합친다는 의미를 가지고 있다. 문제를 보는 관점을 완전히 다르게 하여 연상되는 것과 관련성을 찾아내는 아이디어 발상법이다. 주로 유추나 비유를 사용하여 문제를 분석하고 가능한 해결책을 찾도록 유도한다. 예를 들어, 디자이너, 생물학자, 사회학자, 심리학자, 물리학자, 의학자 등 여러 전문 분야의 사람들이 한 집단을 형성하고, 그 집단에 문제를 제시하면 창의적 아이디어 발상을 통하여서 문제의 해결 방안을 찾을 수 있다.

〈진행 방법〉

- i) 해결해야 할 문제를 진술한다.
- ii) 문제에 대한 배경 정보나 관련 정보를 제공한다.
- iii) 다양한 방법(의인적 유추, 직접적 유추, 상징적 유추, 환상적 유추)으로 그 문제에 대한 유추를 만든다.
- iv) 여러 유추들 중 하나를 선택하여 상세하게 분석하고 정교화한다.
- v) 유추에서 만들어 낸 아이디어들을 원래의 문제와 결부한다.
- vi) 만들어진 아이디어를 현실에 맞게 조정하고 변형한다.

〈유추의 종류〉

- i) 의인적 유추
- 수수한 기술적인 문제에 많이 활용되고 우리의 감정과 정서를 이용한다. 먼저 대상의 특성을 나

열하고 주어진 상황에서 대상이 가질 것 같은 감정을 기술하고, 또 그 대상을 사람이 사용하였을 때 느낄 것 같은 감정을 기술한다.

ii) 직접적 유추

실제로는 닮지 않은 개념을 친근한 관계가 있는 것처럼 보고 객관적으로 비교한다.

iii) 상징적 유추

상징적인 이미지를 이용하여 두 대상 간의 관계를 기술한다.

iv) 환상적 유추

현실적인 유추를 통하여 해결하지 못할 때, 환상적이고 신화적으로 유추한다. 이는 소망 성취적 욕구를 가지게 됨으로써 창의적 사고를 촉진시킬 수 있다.

• 형태 분석

형태 분석법은 인간이 문제를 해결할 때 선입관에 의존하거나 성급하게 평가해버리는 경우가 매우 많다는 생각에서 이를 탈피하게 하기 위하여 개발한 발상 기법이다. 명확하게 불가능하다고 증명되지 않는 한, 어느 것이든 불가능하다고 인정해서는 안 된다는 입장에서 모든 가능성을 추구하게 하는 방식이다. 대상을 상세히 그 구성 요소로 분해해 보게 하는 특성이 있다.

〈진행 방법〉

- i) 개선해야 할 대상을 정한다.
- ii) 요인이 두 가지인 경우, 한 축에는 대상의 특징이나 속성들을 나열하고, 다른 축에는 특징이나 속성들의 다른 형태의 단어, 즉 형용사, 부사, 동사의 형태로 변환하여 기입한다.
- iii) 더 많은 아이디어를 창출하기 위해서는 축을 더 추가하여 관련된 다른 요소들을 나열하여 기입한다.
- iv) 각 축의 요소들의 기준에 따라 일일이 발상하고 그것을 자세하고 치밀하게 검토하여, 효과적이고 새로운 개선 방안을 찾는다.
- v) 새로운 개선 방안을 대상에 적용한다. vi) 결과를 토의하거나 평가한다.

• 연상법

연상은 어떤 대상을 접하였을 때 그에 관련된 다른 물건, 단어, 현상 등이 떠오르는 정신 작용으로, 하나의 아이디어로부터 다른 아이디어를 상기하는 것이다. 여기에는 세 가지 원리가 있다. 첫째, 인접성의 원리로서 가까이 있는 물건이나 현상을 연관시키는 것이고(예 칠판-학교, 교실), 둘째, 유사성의 원리로서 비슷한 물건이나 개념을 연관시키는 것이며(예 오리-기러기), 셋째, 대조성의 원리로서 서로 상반되는 형태, 물건, 개념을 연관시키는 것이다(예 여자-남자, 흰색-검은색)

〈진행 방법〉

- i) 문제와 관계 있거나 없을 수 있는 단어나 상징을 적는다.
- ii) 연상되는 새로운 단어, 상징, 대상 등을 적는다.
- iii) 문제에 대한 창의적인 아이디어가 도출될 때까지 계속한다.

• 속성 나열

속성 나열법은 주로 구체적이고 실제적인 것을 향상시키기 위하여 사용되는 방법이다. 문제나 물체의 속성, 성질 등을 구체적으로 분석하여 그러한 속성들의 문제점을 개선시키기 위한 새로운 아이디어를 생성하여 더 나은 제품으로 향상시켜 나아간다. 속성 나열법은 다양한 측면에서 문제점을 발견하므로 융통성을 기르기에 용이하다. 이 기법은 개인적이기보다 토론이나 토의 학습 형태로 활용하는 것이 좋다.

〈진행 방법〉

- i) 문제나 주제를 설정한다.
- ii) 문제의 대상이나 특정 물건에 대하여 핵심적이고 기본적인 특성을 나열한다. 이때 유의할 점은 실제적으로 본질적이지 않은 특성에 집착하지 않아야 한다.
- iii) 나열된 특성들의 요소를 체계적으로 검토한다.

② 수렴적 사고 기법

수렴적 사고는 발산적 사고를 통하여 생성된 다양한 정보, 질문, 감정, 아이디어 등을 직면한 상황에 비추어 분석하고 평가하여 최적의 해결책을 선택하는 데 수반된다.

• 하이라이팅

생성된 아이디어들 중 적절하다고 판단되는 아이디어들을 선정한 후 공통적인 측면이나 요소에 따라 묶음을 생성하여 적중 영역(hot spot)을 만들고, 이것을 문제 해결에 적합한 형태로 재진술하는 기법이다.

〈진행 방법〉

- i) 생성된 아이디어들에 번호를 부여한다.
- ii) 아이디어들을 검토하여 적절하다고 판단되는 것들을 선정한다.
- iii) 적중 영역을 만들고 선정된 아이디어들을 적중 영역별로 분류한다.
- iv) 적중 영역을 검토하여 그 의미를 재진술한다.
- v) 문제의 요구를 가장 잘 충족시키는 것으로 판단되는 적중 영역을 선택한다. 두 개 이상의 적중 영역을 조합하여 하나의 해결책을 만들 수도 있다.

• PMI(Plus, Minus, Interesting)

주의를 집중시키는 방법 중 하나로서 제안된 아이디어들 중 주의를 먼저 의도적으로 강점에 집중시키고, 그 다음에 약점을 마지막으로 흥미로운 점에 주목하여 평가한다. 한 가지 아이디어를 집중적으로 분석할 때 간단하면서도 효과적인 방법이다.

〈진행 방법〉

- i) PMI의 의미를 집단 구성원에게 설명한다.
- ii) 각 영역별로 아이디어를 집중적으로 검토한다. P를 고찰할 때에는 M, I는 고려하지 않고 P에만 집중한다.

• PPC(Positive—Possibilities—Concern)

너무 엉뚱하거나 미심쩍은 유보적 아이디어를 다룰 때 긍정적인 측면, 가능성이 있는 측면, 염려스러운 측면으로 구분하여 대화하는 기법이다. 이 기법을 사용하면 너무 성급하거나 극단적인 판단을 방지할 수 있고, 아이디어가 갖는 모순점을 보완하여 문제를 해결하기 위한 더 완벽한 계획을 세울 수 있다.

• 평가 행렬

제안된 아이디어들을 미리 정해 놓은 준거에 따라 체계적으로 평가하는 기법으로, 세로축에 평가하려는 아이디어를 놓고 가로축에는 평가 준거를 배치한다.

〈진행 방법〉

- i) 평가 행렬을 준비한다.
- ii) 아이디어나 준거의 순서 없이 아이디어는 왼쪽, 평가 준거는 윗부분에 나열한다.
- iii) 평가 척도에 따라 행렬을 완성한다.
- iv) 평가 결과를 해석한다.

V

과학 교수·학습 모형

교사의 수업 능력은 단순한 수업 기술이라기보다는 교수 목표를 달성하기 위하여 학생과 수업 상황에 적합한 모형을 선정하고 이를 적절히 활용할 수 있는 능력이라고 할 수 있다. 특히 과학 수업에서는 과학과 관련된 태도, 탐구 능력의 신장, 다양한 과학 개념의 이해를 추구하므로 교사는 과학 교육의 목표를 달성하는 데 적합한 수업 모형을 선정하여 적절히 구사할 수 있어야 한다.

과학과 교수·학습 모형은 시대에 따라 발전하여 왔다. 초기에는 과학의 특성을 바탕으로 한 탐구 학습 모형이나 발견 학습 모형이 주를 이루었으며, 점차 학습자의 특성을 반영한 순환 학습 모형과 개념 변화 학습 모형이 개발되었다. 최근에는 과학의 사회성을 반영한 과학-기술-사회 학습 모형이 개발되었다. 효과적인 과학 수업을 위해서는 각 모형의 철학적·심리학적 배경을 충분히 이해하고 적용 방안을 숙지해야 한다.

1. 경험 학습 수업 모형

과학은 자연 사물이나 현상과의 경험에서 출발한다. 자연 현상을 바르게 인식하기 위하여서는 상당한 경험을 통하여서 그것에 친숙해지는 것이 필요하다. 이러한 기회를 줄 수 있는 학습 모형으로 대표적인 것이 경험 학습 수업 모형이다.

(1) 경험 학습 수업 모형의 배경과 특징

경험 학습 수업 모형은 사물과의 경험이 비교적 적은 초등학교 저학년 학생을 위하여 고안된 것이다. 이 경험 학습 수업 모형의 강조점은 탐구 과정 기능의 바탕이 되는 자연 현상과 친숙함을 갖도록 하는 점에 있다. 경험 학습 수업 모형이란 말이 암시하듯이 이 모형은 정보 수집이 그 일차적인 목표라고 볼 수 있는데, 이는 과학자의 활동의 첫 단계와 대응된다.

경험 학습 수업 모형은 다음과 같은 3가지 주요 특징을 가지고 있다. 첫째, 학생들의 구체적이고 조작적인 감각 경험이 강조된다는 점이다. ‘구체적’ 및 ‘감각적’이란 학생이 감각 기관을 이용하여 자연 현상을 실제로 관찰함을 의미한다. ‘조작적’이란 말은 학생들이 직접 물체를 다룬다는 것을 의미한다. 예를 들면, 나뭇잎을 다룬다면 설명이나 그림을 통해서가 아니라 학생들이 직접 나뭇잎을 눈으로 보고, 만지며, 맛을 보는 등의 활동을 하게 하는 것이다. 때로는 구체적이고 조작적인 상황이 불가능할 때도 있다. 이런 경우에는 그림이나 사진, 슬라이드, 혹은 비디오 등의 시청각 자료를 사용하는 것이 좋다. 예를 들면, 근처에 동물원이 없다면 동물에 대한 직접적인 관찰이 불가능하므로 적당한 시청각 자료를 활용하는 것이 좋다. 이때 좀 더 현실적이고 생동감 넘치는 것을 사용하면 효과적이다.

둘째, 학습 활동이 기본적인 탐구 과정에 강조점을 둔다는 점이다. 특히 경험 학습 모형에서는 관찰과 분류의 탐구 과정이 일차적으로 강조된다. 물론 교사는 학습 활동을 통하여 여러 가지 사실이나 개념을 지도하게 된다. 그러나 교사가 과학 내용을 지도하더라도 일차적으로는 탐구 과정 능력의 신장에 초점을 두어야 한다. 예를 들면, 동물원을 견학한 다음 동물에 대한 관찰 결과를 가능한 한 많이 회상하여 이름을 붙이고, 정리하고, 분류하는 학습 활동을 진행한다고 생각해 보자. 이때 학생들은 관찰

한 동물에 대한 개념을 익히게 된다. 그러나 그보다 더욱 중요한 것은 얼마나 잘 관찰하고 분류할 수 있는 능력이 길러지느냐 하는 것이다.

셋째, 특정한 내용 목표를 갖지 않는다는 점이다. 이는 교사가 경험 학습 수업 모형을 계획하고 실시할 때, 어떤 개념이나 일반화를 직접적으로 내세우지 않는다는 뜻이다. 학습 활동을 통하여 과학 내용을 지도한다기보다는 과학 내용을 활용하여 경험을 유발하는 것이다. 이런 생각을 갖게 되면 교사는 학습 지도에 융통성을 갖게 되며, 학습 활동을 학생들의 학습 배경, 흥미, 요구 등에 맞추어 조절할 수 있게 된다.

(2) 경험 학습 수업 모형의 절차

- 경험 학습 모형의 학습 지도 단계는 일반적으로 (그림 V-1)과 같이 4단계로 나누어 생각할 수 있다.
- ① 자유 탐색 단계에서는 학생들이 미리 준비된 학습 자료를 자유롭게 만져 보고 모양이나 색 등을 살펴보고, 두드려 보고, 맛을 보고, 냄새를 맡아 보는 등의 여러 가지 방법으로 탐색하는 단계이다. 학생들은 이 단계를 통하여 주어진 자료와 친숙해지고 많은 정보를 수집하여 다음 활동 단계로 갈 수 있는 준비를 하게 된다.
 - ② 탐색 결과 발표 단계는 앞 단계에서 학생들이 보고, 듣고, 만져 보는 등의 관찰을 통하여 얻은 결과를 발표하는 단계이다. 이 단계에서 교사는 학생들의 활동이 적절하였는지, 또는 보완할 부분이 무엇인지를 파악할 수 있으며, 또한, 학생들의 의사 전달 능력을 기르게 할 수 있다.
 - ③ 교사의 인도에 따른 탐색 단계에서는 우선 교사가 학생들의 관찰 결과에 대하여 여러 가지 질문을 한다. 이때 교사는 학생들의 관찰이 미숙하거나 미처 생각하지 못한 점을 파악할 수 있다. 그리고 교사는 어떤 방향이나 기준을 제시하여 학생들이 추가로 탐색 활동을 하게 한다.
 - ④ 정리 단계에서는 그동안 관찰한 내용을 토의를 통하여 정리한다. 학습 소재에 따라서는 분류 과정이 필요한 학습이 많이 있다. 이 경우에는 분류 활동을 하게 된다.

수업 절차

자유 탐색 단계

- 학생들에게 병을 가지고 곤충을 위한 집을 만들게 하는 것으로 활동을 시작한다. 작은 나뭇가지와 잎사귀들을 병 속에 넣어서 곤충이 살 수 있는 환경을 만든 후, 천 조각으로 병 주둥이를 씌워서 고무 밴드로 고정시킨다.
- 학생들에게 집 근처나 학교 주위에서 곤충을 채집하여 병 속에 넣게 한다. 곤충들을 찾아내기 쉬운 장소는 바위, 나뭇잎 밑이나 썩어가는 나무 주변이다.
- 곤충을 교실 한구석에 두고 며칠 동안 관찰하게 한다. 돋보기를 사용하면 자세하게 잘 관찰할 수 있다.

탐색 결과 발표 단계 및 교사 인도에 따른 탐색 단계

- 관찰한 내용을 중심으로 곤충에 대하여 토의한다. 교사는 어느 것이 크고 어느 것이 작은가, 색깔이 가장 밝은 것은 어느 것인가 등에 대하여 토의를 유도하고 질문도 한다.

교사 인도에 따른 탐색 단계

- 학생에게 어느 곤충들이 같은 종류인지 질문한다.

정리 단계

- 학생들은 크기와 색깔, 날개의 종류와 수 등을 근거로 하여 곤충을 분류한다. 이 활동이 끝나면 교사는 생명의 존엄성에 대하여 설명해 주고, 관찰한 곤충은 반드시 원래 살던 곳에 놓아주게 한다.

2. 발견 학습 수업 모형

발견 학습 수업 모형은 귀납적인 방법을 바탕으로 한 것이다. 귀납적인 방법이란 구체적인 사물이나 현상의 관찰과 기술을 통하여 그들 사이에 존재하는 규칙성을 찾아내는 것을 말한다. 따라서 학습 내용이 주변의 구체적인 사례로부터 일반적인 과학 개념이나 법칙을 이끌어 내는 경우에 주로 사용한다.

(1) 발견 학습 수업 모형의 특성

발견 학습 수업 모형의 주요 특성은 다음과 같다.

첫째, 이 모형에서는 규칙성의 발견이나 개념을 형성하고 일반화하는 데 일차적인 강조점을 둔다. 이때 학생들은 주로 관찰을 통하여 수집된 자료를 분석하여 개념이나 법칙을 이끌어 내야 한다.

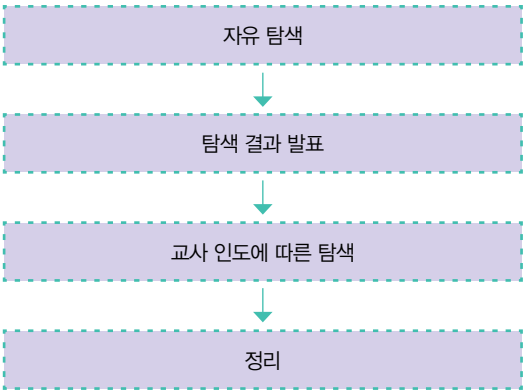
둘째, 발견 학습 모형을 적용한 과학 수업은 학생 중심의 과학 과정 중심 학습 지도 형태여야 한다. 과학 과정 중심 학습이란 관찰을 위시하여 추리와 예상, 분류 등과 같은 탐구 과정에 학생들이 직접 참여하여 학습하는 것을 의미한다.

셋째, 발견 학습 모형은 학습 지도의 계획 단계가 중요하다. 교사는 이 모형에 적합한 학습 자료를 선택해야 한다. 학습 자료는 학생들이 과학 개념을 이끌어 내는 바탕이 되므로, 적절한 자료를 준비하는 것이 매우 중요하다. 특히, 자료 제시가 적어도 2회에 걸쳐 이루어지므로, 첫 번째 자료 제시와 추가 자료 제시 단계에서 제시된 자료들이 서로 다른 특성을 가지도록 해야 한다. 동물에 대한 학습을 예로 들면, 자료 제시 단계에서 주로 육지에 사는 동물을 제시하였다면, 추가 자료 제시 단계에서는 바다에 사는 동물을 예로 드는 것이 좋다는 뜻이다. 이처럼 다양한 자료를 접할 때 학생들은 보다 뚜렷한 경향성이나 공통점을 찾고 과학 개념을 명확하게 확립할 수 있다. 이 밖에도 적용 단계를 위하여서는 자료 제시 단계에서 제시하지 않았던 새로운 자료를 준비해야 한다.

넷째, 학습은 학생들의 적극적인 참여로 이루어져야 한다. 교사는 학생 스스로 조사하고 일반화할

■ 그림 V-1 ■

경험 학습 수업 모형의 단계



경험 학습 수업 모형의 적용

학습 주제	곤충
목표	관찰 능력과 추리 능력을 기르고, 곤충의 특징을 이해한다.
자료	병, 천 조각, 고무 밴드, 포충망, 돋보기

수 있도록 질문을 활용해야 한다. 또한 교사는 자료의 중요한 부분을 암시적으로 강조함으로써 학생의 개념 형성 과정을 촉진할 수 있다.

지금까지 살펴본 것처럼 발견 학습 모형은 관찰과 측정, 분류, 일반화 과정이 통합되어 있으므로, 구체적 조작 단계에 있는 학생에게 적합한 학습 모형이다. 그러나 소재에 따라서는 전조작적 단계나 형식적 조작 단계의 학생들에게도 이 모형을 효과적으로 적용시킬 수 있다. 발견 학습 모형을 선택하기 위해서는 학생들의 나이나 학년도 중요하지만 학습할 내용 특성도 중요하다. 학습 주제가 귀납적으로 과학 법칙이나 원리를 습득하는 것이라면 발견 학습 모형을 적용하는 것이 바람직하다.

(2) 발견 학습 수업 모형의 절차

발견 학습 수업 모형의 학습 지도 단계는 일반적으로 (그림 V-2)와 같이 5단계로 나누어 생각할 수 있다.

- ① 탐색 및 문제 파악 단계에서는 학습 자료를 탐색하고 학습 문제가 무엇인지 파악하거나 문제를 알아내기 위하여 자료를 탐색하는 단계이다. 교사는 학습 자료를 준비하여 아이들이 문제를 파악하도록 도와준다. 이러한 학습 문제는 교실 안이 아닌 실제 자연 현상을 접하게 하여 파악하게 할 수도 있다.
- ② 자료 제시 및 관찰 탐색 단계에서는 우선 교사가 적절한 자료를 선택하여 제시한다. 학생은 주어진 자료를 관찰하고 기술한다. 얼마 동안의 관찰이 끝나면 교사는 관찰 결과를 발표시킨다. 여기에서 교사는 다양한 관찰 결과를 발표시키고 의미 있는 관찰이든 아니든 모두 받아들이는 태도를 가져야 한다.
- ③ 자료 추가 제시 및 관찰 탐색 단계는 관찰 사례를 증가시킬 수 있고 다양한 조건에서 관찰을 할 수 있게 하므로 매우 중요하다. 또한, 앞에서 행한 학생의 관찰이 개념을 형성하거나 일반화하는 데 부족하다고 생각될 때 보충 자료를 제시하여 관찰 탐색하게 하는 단계이다. 이 단계는 학생들로 하여금 스스로 더 많은 관찰을 하고 개념을 유도하는 기회를 마련해 주게 된다. 보충 자료에는 형성하고자 하는 개념과 일치하는 자료도 있고 때로는 이와 반대되는 자료도 포함되어 있어야 한다. 이 단계에서는 먼저 하였던 관찰과 새로운 관찰 간의 공통점과 차이점을 찾아보게 한다. 이와 같은 관찰은 직접적인 지시보다는 질문을 통하여 유도하는 것이 바람직하다.
- ④ 규칙성의 발견 및 개념 정리 단계는 앞에서 관찰 탐색한 결과에 대한 발표와 토의를 통하여 일반화하고 규칙성을 발견하는 단계이다. 이 단계에서 교사는 학생들이 여러 가지 관찰된 사실들로부터 규칙성을 이끌어 내고 기술하도록 유도한다. 이와 같이 기술한 것을 ‘개념’ 또는 ‘일반화된 추리’라고 한다. 여기에서 교사의 질문 기술은 유용한 개념을 형성하는 데 중요한 역할을 한다. 이와 같이 일반화된 추리, 즉 개념을 형성하는 단계에서 학생들이 단 한 번에 하나의 개념을 정확하게 형성할 것을 기대하기는 어렵다. 의미가 같을지라도 표현이 다를 수도 있고 학생들이 형성하는 개념이 통일되지 않을 수도 있다. 그러므로 한 개념에 대한 여러 가지 표현을 하나로 정리하는 일을 해야 한다. 그 한 가지 방법으로 학생들이 형성한 개념을 칠판에 정리하고 이에 대한 토론을 거쳐 요약하는 과정을 거칠 수 있다. 이 단계에서 학생들이 규칙성을 발견하지 못하거나 개념 형성을 하지 못하면 피드백 과정을 통하여 자료를 좀 더 제시한 다음 일반화할 수 있도록 해야 한다.
- ⑤ 적용 및 응용 단계는 앞에서 발견한 규칙성이나 형성된 개념을 이제까지 접하지 않았던 새로운 사례나 사실에 적용함으로써 활용의 범위를 넓혀 가는 것을 말한다. 이를 위하여서 교사는 지금까지 제시한 자료와는 다른 새로운 자료를 제시한다. 이것으로 교사는 학생이 그들이 배운 것을 얼마나 잘 이해하고 있는지를 파악할 수도 있다.

그림 V-2

발견 학습 수업 모형의 단계



발견 학습 모형의 적용

학습 주제	증발
목표	증발의 개념을 이해함으로써 액체가 담긴 그릇이 제시되었을 때, 그릇의 뚜껑을 닫지 않으면 어떤 현상이 일어날 것인지 설명할 수 있다.
자료	플라스틱 컵, 물, 알코올
수업 절차	탐색 및 문제 파악 ■ 학생들을 2~3명씩 모둠으로 나눈다. 물을 4개의 컵에 비슷한 높이로 부어 바깥 표면에 물의 높이를 표시하게 한다. 컵 중 두 개는 뚜껑을 덮지 않은 상태로 놓아두고 나머지 2개는 투명 비닐로 덮는다. 비닐로 덮은 컵 한 개와 뚜껑을 덮지 않은 컵 한 개는 햇빛이 비치는 창 가까이 놓아 두고 나머지 두 개는 그늘에 놓아 둔다. ■ 매일 컵 속에 든 물의 높이를 표시하도록 하고 그 결과를 형성 평가지에 기록하게 한다. 자료 제시 및 관찰 탐색 ■ 일주일 후에 물의 높이가 어떻게 변하였는지 네 개의 컵을 비교하게 한다. 물의 높이가 달라진 이유에 대하여서 토의한다. 자료 추가 제시 및 관찰 탐색 ■ 알코올을 가지고 위와 같은 활동을 한 다음 물의 증발률과 알코올의 증발률을 비교한다. 규칙성 발견 및 개념 정리 ■ ‘증발’이란 용어를 도입하고, 증발에 영향을 주는 요인에 대하여서 논의한다. 적용 및 응용 ■ 학생들에게 물수건을 하나씩 나누어 주고, 누가 10분 동안에 잘 말리는지 경기를 하게 한다.

3. 탐구 학습 수업 모형

과학 탐구는 여러 가지 의미로 사용된다. 넓은 의미로는 자연을 탐구하는 모든 방법을 ‘탐구’라고 부른다. 여기에는 귀납적인 방법이나 가설 검증적인 방법, 그 밖의 여러 가지 조사 방법이 모두 포함된다. 따라서 경험 학습이나 발견 학습과 가설 검증적 탐구 학습 모두 탐구 학습의 범주에 들어갈 수 있다. 반면에 좁은 의미로는 대표적인 탐구 방법으로 일컬어지는 가설 검증적인 방법을 지칭한다. 이 절에서의 탐구 학습이란 좁은 의미인 가설검증적인 탐구를 바탕으로 한 학습 모형을 의미한다.

(1) 탐구 학습 수업 모형의 배경 및 특성

탐구 학습 수업 모형은 학생들에게 과학의 본성을 체득시키기 위하여 고안된 학습 모형이다. 이 모형에서는 학생이 실험 과정에 직접 참여하는 기회가 많아서 과학의 본성을 학생들에게 전달할 수 있다.

탐구 학습 수업 모형은 과학의 본성 중에서 반증주의에 바탕을 두고 있다. 발견 학습 수업 모형에서는 먼저 자료가 제시되는 데 비하여, 탐구 학습 활동에서는 문제를 인식하고 가설을 형성하는 일이 먼저 온다. 반증주의에 의하면 학생이 자연에 대하여 의문을 가지고 이를 해결하기 위하여 가설을 설정하고 자료를 모으고 분석함으로써 가설을 검증하고 결론을 유도하는 것이 곧 ‘과학을 하는 것’이라고 할 수 있다. 물론 사용되는 이론이나 사고의 수준은 과학자와 비교가 되지 않지만 방법은 똑같은 것이다.

탐구 학습 수업 모형은 가설 설정, 일반화 등과 같은 고차원적 사고 능력을 요구하기 때문에 형식적 조작 단계의 학생들에게 적합하다. 또한, 탐구 학습 모형은 수업 내용이 자연 현상에 대한 문제를 가설-검증 방식으로 해결하는 데 적합한 경우에 활용된다.

탐구 학습 수업 모형의 특성으로는 대체로 다음과 같은 것들을 예로 들 수 있다. 첫째로 이 모형은 과학의 본질적인 과정인 가설-검증 절차를 체득하는 모형이다. 즉, 과학자가 연구하는 과정을 경험함으로써 과학적인 방법을 익힐 뿐만 아니라 과학 지식을 얻는 방법까지 배우게 된다.

둘째로 이 모형에서는 자료 수집 이전에 가설 설정이 먼저 이루어져야 하므로 가설을 세울 수 있는 상당한 기존 지식이 필요하다. 또한, 가설의 근거가 직접 수집된 데이터에 의한 것이 아니므로 여러 개의 가설이 가능하고, 잘못된 가설을 세울 확률이 상당히 높다는 점이다. 그리고 틀린 가설도 옳은 가설 못지 않게 중요하다. 왜냐하면 가설이 틀린 이유를 검토함으로써 결정적인 문제 해결의 열쇠를 얻을 수 있기 때문이다. 가설 검증의 절차가 곧 자연 현상을 이해하는 수단이라고 말할 수도 있다.

셋째로 이 모형에서는 실험 설계가 중요하다. 발견 학습에서의 실험은 자료 수집이 목적이지만, 탐구 학습에서의 문제 해결은 실험 결과가 열쇠를 쥐고 있으므로 실험 설계가 제대로 되어 있지 않으면 좋은 결과를 얻을 수 없다. 따라서 실험을 계획하고 설계하는 데 창의력과 아이디어가 크게 요구된다.

넷째로 변인을 찾아내고 변인 통제를 정확히 해야 한다. 우리가 실험에서 고려해야 할 변인은 독립 변인과 종속 변인, 그리고 통제 변인이 있다. 독립 변인이란 우리가 관심을 가진 실험에 영향을 미치는 요인, 즉 원인에 해당하는 것이며, 종속 변인은 실험에서 영향을 받아 변화하는 요인, 즉 결과에 해당하는 요인이다. 한편, 통제 변인이란 실험에서 합리적인 결과를 얻기 위하여 독립 변인 외에 다른 실험 조건을 일정하게 유지시키는 변인을 말한다.

(2) 탐구 학습 수업 모형의 절차

탐구 학습 수업 모형은 [그림 V-3]과 같은 6단계로 학습 활동이 이루어진다.

- ① 탐색 및 문제 파악 단계는 학생들이 관찰 및 자료 탐색을 통하여 탐구할 문제를 파악하는 단계이다. 자연 현상에 대한 과학 탐구를 위해서는 문제를 정확히 파악하는 것이 제일의 급선무이다. 경우에 따라서는 교사가 탐구 문제를 직접 제기하거나 질문을 통하여 문제를 인식하도록 할 수도 있다.

- ② 가설 설정 단계는 제기된 문제에 대하여 잠정적 해답, 즉 가설을 설정하는 단계이다. 문제가 제기되면 학생들에게 문제의 해결 방안을 고안해 보도록 한다. 학생들은 이때 기존 지식을 동원하게 된다. 문제 해결 방안으로 형성된 가설은 필요한 자료를 수집하는 방향을 제시할 수 있을 때, 가설로서 중요한 의미를 갖는다. 이때 학생이 다듬어진 표현을 못하면 교사는 다듬어진 표현이 되도록 도와주어야 한다. 학생들이 세운 가설은 반증이 가능한 것이어야 한다. 즉, 실험이나 자료 수집을 통하여 옳고 그름을 판단할 수 있는 내용과 형태를 가져야 한다. 가설은 학생 각자가 형성할 수도 있고 모둠별로 형성할 수도 있으나, 어느 경우이건 자료 수집을 위한 방향을 제시하는 쪽으로 기술하는 편이 학생들에게 도움이 된다. 가설 설정은 상당히 어려운 능력이므로 학생들이 가설을 잘 세우지 못할 때에는 교사가 질문과 토의를 통하여 학생들을 이끌어 준다. 실험 과정의 지나친 다양성을 피하기 위하여 반증 가능한 가설이 아니거나 실험이 어려운 엉뚱한 가설은 검증에서 제외시키도록 유도할 수도 있다.
- ③ 실험 설계 단계는 위에서 세운 가설을 검증하기 위하여 어떤 변인이 있고 그 변인을 어떻게 통제할 것이며, 실험에 사용하는 기구는 무엇이고, 실험 과정은 어떠한지 할 것인지 계획을 세우는 단계이다. 교사는 실험의 계획과 준비를 통하여 학생들의 과학에 대한 소질과 능력을 길러 주고 창의성을 신장시킬 수 있도록 노력해야 한다.
- ④ 실험 단계는 위에서 확인한 변인을 통제하면서 실험을 하여 자료를 수집하는 단계이다. 이 단계에서는 실험을 주도적으로 수행하여 나가는 능력과 실험에 필요한 기능과 기술을 익히고 발휘할 수 있어야 한다. 또한, 실험을 통하여 관찰, 분류, 측정 등과 같은 기초 탐구 과정 기능을 익히고 발휘하는 것이 중요하다.
- ⑤ 가설 검증 단계는 위에서 얻은 자료를 해석하여 문제의 잠정적인 해답, 즉 가설이 성립할 수 있는가를 판가름하는 단계이다. 자료의 해석 능력은 학생들이 이미 알고 있는 것에 영향을 받게 된다. 또한 논리와 일반화 능력을 발휘하게 되어 논리적, 비판적 사고력을 기를 수 있게 된다. 자료 해석에서 탐구자는 독특한 기호나 논리적 체계를 사용한다. 그래프를 그려 자료의 특성을 규명한다든지 실험에서 얻은 측정량의 특성을 수식화한다든지 하는 것이다. 실험 결과와 가설이 잘 부합되면 가설을 그대로 수용하게 된다. 그렇지 않을 경우에는 가설을 수정하여 실험 설계 단계부터 다시 시작하여 수정된 가설을 검증할 수 있도록 해야 한다.
- ⑥ 적용 단계는 위에서 알게 된 법칙이나 지식을 실제 상황에 적용하고 설명하며 응용하는 단계이다. 이러한 활동을 통하여 새로운 과학 탐구 문제를 발견할 수 있으며, 앞에서 얻은 과학 지식이나 법칙에서 오류가 발견될 때에는 가설 설정 단계로 되돌아가 다시 탐구 과정을 밟는다. 이 탐구 학습 과정은 1~2시간에 수업이 이루어질 수도 있으나, 소재에 따라서는 더 긴 시간에 걸쳐 계속될 수도 있다.

■ 그림 V-3 ■

탐구 학습 수업 모형의 단계



(3) 탐구 학습의 수준

탐구 학습 수업 모형은 학생들이 일선 과학자와 같은 탐구 활동을 경험하는 것이 가장 좋은 과학 학습 방법임을 전제로 하고 있다. 따라서 탐구 학습에서는 교사의 역할을 진행자나 촉진자로 인식하며, 학생들이 직접 탐구 학습의 각 단계를 수행하여 나가는 것을 권장하고 있는 것이다. 이처럼 학생들이 스스로 탐구를 수행하여 나가는 학습을 ‘개방적 탐구 학습’이라고 부른다. 그러나 실제 학교 교실에서 실시되고 있는 탐구 학습은 그다지 개방적이지 못한 것으로 밝혀지고 있다.

교실이나 교과서에 제시된 과학 탐구 활동의 수준은 학자에 따라 몇 가지로 구분된다. 탐구 수준을 구분하는 방법은 탐구의 여러 단계 중에서 학생들이 스스로 수행하여 나가는 것의 비율이다. 슈와브는 탐구 활동의 수준을 3가지로 구분하였다. 제1수준은 문제와 과정이 제시된 탐구 활동, 제2수준은 문제는 제시되지만 과정은 제시되지 않은 경우, 제3수준은 문제와 과정이 모두 주어지지 않고 현상만 제시된 경우를 말한다. 개방적인 탐구 활동이 잘 이루어지지 않는 이유는 과학자의 탐구 활동과 학생들의 탐구 활동이 동일하지 않기 때문이다. 즉, 과학적 탐구와 학습으로서의 탐구가 다르다는 점이다. 학생들은 과학자처럼 이론적 배경이나 연구 방법론으로 무장되어 있지 않다. 또한, 학습의 목적은 과학자가 탐구하려는 목적과 동일한 것이 아니다.

많은 과학 교육자들이 안내된 탐구가 훌륭한 과학 학습 지도 방법이라고 주장하는 것이 바로 이러한 차이점을 고려한 것이다. 학생들은 과학 문제 해결을 위한 접근을 통하여 과학을 학습하지만, 학생들이 뛰어넘지 못하는 부분에서는 교사가 안내와 뒷받침을 제공해야 한다. 따라서 교실에서 과학을 탐구적으로 지도한다는 것은 학생들이 시행착오와 절망 속에서 개방적 탐구 학습을 하기 보다는 잘 계획되고 준비되며, 안내된 탐구 학습이 되어야 한다.

탐구 학습 수업 모형의 적용

학습 주제	공기의 무게
목표	실험을 통하여 공기가 무게를 가지고 있음을 안다.
재료	고무풍선, 간이 양팔 저울, 셀로판테이프, 핀, 고무찰흙 약간, 천칭
수업 절차	탐색 및 문제 파악 단계 - 책상 위에 자를 걸쳐 놓고 손으로 가볍게 쳐 보자. 또 신문지로 자를 덮은 후 같은 행동을 해 보자. - 어떤 차이가 있을까? 차이가 생긴 이유는 무엇일까? - 이 시간에는 공기가 무게를 가지고 있는지 알아보자(학습 문제 확인).

가설 설정 단계

- 공기가 무게를 가지고 있을까?
- 공기는 무게를 가지고 있을 것이다(가설 설정).

실험 설계 단계

- 공기가 무게가 있다면 어떤 일이 일어날까?(연역)
- 공기가 든 풍선, 공 등이 무거워진다.
- 그러면 공기가 무게가 있다는 사실을 알아보려면 어떻게 하면 될까?
(교사와 학생이 문답식으로 토의하여 가며 실험 설계를 해 간다.)
- 준비물을 활용하여 실험 계획을 세워 보세요.

(4) 실험 단계

- ① 실험 방법
 - 크기가 같은 두 개의 풍선에 공기를 가득 넣는다.
 - 한 풍선의 가운데에 셀로판테이프를 붙인다.
 - 양팔 저울의 양쪽 접시에 풍선을 올려놓는다.
 - 양팔 저울이 수평이 되도록 접시 위치를 바꾼다.
 - 한쪽 풍선의 셀로판테이프를 붙인 곳을 바늘로 찢러 뚫어서 공기를 뺀다.
 - 양팔 저울이 어느 쪽으로 기울어지는지 확인한다.

교사는 모둠을 돌러보면서 필요한 자료가 모두 있는지 살펴서 보충해 주고 올바른 방향으로 실험 결과를 기록하는지도 살핀다.

(5) 가설 검증 단계

- ① 실험 결과를 확인한다.
 - 양팔 저울은 어느 쪽으로 기울는가? – 공기가 빠지지 않은 풍선 쪽으로 기운다.
 - 그 까닭은 무엇인가? – 풍선 속에 공기가 들어 있기 때문에 더 무겁다.
 - 공기가 빠진 풍선의 모양은 어떠한가? – 부피가 줄어 쭈글쭈글하다.
 - 이 사실로 무엇을 알 수 있는가? – 공기는 무게를 가지고 있다.
(처음에 세웠던 가설 내용과 비교하여 수정, 또는 채택하도록 한다.)
 - 처음에 생각하였던 것과 실험 결과는 어떠한가? – 처음 생각과 실험 결과가 일치한다.

(6) 적용 및 새로운 문제 발견 단계

- ① 높이를 알아내는 방법으로 기압을 이용한다. 위로 올라갈수록 누르는 공기의 양이 적어져서 기압이 낮아진다. 이 원리를 이용하면 정확하게 높이를 알아낼 수 있다.
- ② 관련 활동: 기압, 날씨와 관련지어 설명한다.

4. 순환 학습 수업 모형

순환 학습 수업 모형은 피아제의 인지 발달 이론과 과학의 본성을 바탕으로 개발된 모형이다. 순환 학습 수업 모형의 배경과 이론의 골격이 되는 학습의 단계, 순환 학습 수업 모형이 확장·변형된 모형을 고찰한다.

(1) 순환 학습 수업 모형의 배경 및 특징

순환 학습 모형의 역사적 기원은 1950년대 초반에 듀이의 반성적 사고 과정을 바탕으로 한 고전적 순환 학습 모형에서 찾을 수 있다. 현대적 순환 학습 모형의 출발점은 피아제의 발달 원리에 바탕을 두고 카플러스(Karplus)에 의하여 주도된 SCIS(Science Curriculum Improvement Study) 프로그램에 있다. SCIS 프로그램은 과학 교육과정 개혁 운동을 시대적 배경으로 하고, 아동의 지적 발달과 과학 개념의 이해에 초점을 두었다. 즉, 순환 학습 모형은 경험주의와 피아제의 인지 발달 이론에 바탕을 둔 일종의 개념 변화 모형으로서, 학습자의 개념의 분화와 교환 과정을 잘 설명한다. 카플러스는 수업 방법으로 환경과의 능동적인 상호 작용, 개인의 직관을 통한 문제 접근과 시행착오를 통한 지식의 발견을 중시하였다.

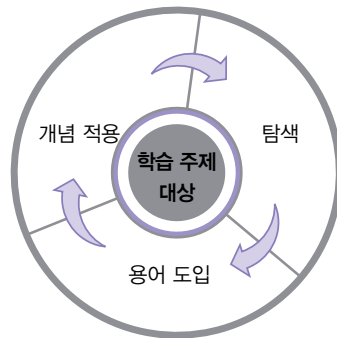
로스(Lawson) 등은 오개념 연구 결과를 검토, 수용하여 순환 학습을 적절히 활용하면 신개념의 표출과 이에 대한 토론 및 논쟁 기회를 제공하며, 이는 인지적 비평형을 유발시켜 더 적절한 개념과 사고 패턴을 발달시킨다고 보았다. 로스는 기존의 순환 학습을 수용하면서 직관적 신념의 표출과 인지 갈등의

유발, 대안 가설에 대한 체계적인 검증, 그리고 학생들 간의 사회적 상호 작용을 더욱 부각시켰다. 따라서 인지적 비평형과 인지 구조의 자율 조정, 직관을 통한 문제 해결 접근, 선개념의 고려, 환경과의 상호 작용 등은 순환 학습의 주요 개념에 해당된다. 순환 학습은 활동의 특성에 따라 여러 가지가 있고 각 유형에 따라 효과가 다른 것으로 밝혀졌다. 새로운 지식의 발견과 응용에는 가장 보편적으로 말하는 순환 학습 모형이, 선행 지식의 분화·발달에는 POE나 PEOE 모형이, 학생들의 오개념을 과학적 개념으로 바꾸어 주는 데에는 4E, 5E, 7E 모형이 비교적 효과적이다.

(2) 순환 학습 수업 모형의 단계와 주요 특징

순환 학습 수업 모형은 세 단계, 즉 탐색(exploration), 용어 도입(term introduction) 혹은 개념 도입(concept introduction), 그리고 개념 적용(concept application)으로 구성되어 있다.

순환 학습 수업 모형의 단계



이 모형을 구성하는 단계별 주요 특징은 다음과 같다.

① 탐색 단계

- 새로운 상황에서 학생 자신의 작용과 반응을 통하여 학습한다.
- 학생은 최소한의 안내를 통하여 새로운 자료와 생각을 탐색한다.
- 새로운 경험은 익숙한 사고 방식으로 해결하기 어려운 문제, 인지적 갈등 상황이나 자료를 제시하고, 그것에서 규칙성을 확인할 수 있어야 한다.
- 교사는 학생의 초기 이해와 사전 개념을 열린 탐색 활동을 통하여 진단한다.
- 교사는 학생의 기존 지식과 새로운 지식을 암시를 통하여 연결할 수 있도록 도와준다.
- 개인 또는 모둠별 활동을 통하여 다양한 관점과 질문을 경험한다.

② 용어 도입 단계

- 탐색 단계에서 발견한 규칙성을 언급하는 새로운 용어를 도입하는 것으로 시작한다.
- 용어는 교사, 교과서, 시청각 매체 등에 의해 도입될 수 있다.
- 탐색 활동에서 발견한 규칙성과 직접 관련지어야 한다.
- 용어 도입에 앞서 가능한 한 많은 새로운 규칙성을 확인하도록 학생을 격려한다. 그러나 과학의 모든 복잡한 규칙성을 학생 스스로 발견할 것을 기대하기는 어렵다.

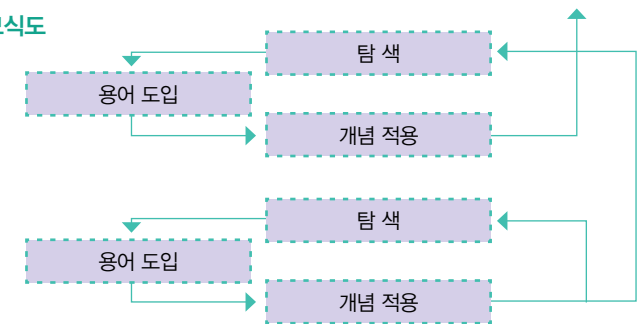
③ 개념 적용 단계

- 새로운 개념의 적용 범위를 확장시키는 활동을 제공한다. 다양하게 적용해 보지 않으면, 처음에 정의되고 논의된 시점에서 사용된 사례 개념의 의미가 국한될지 모르기 때문이다.
- 습득한 개념을 새로운 상황과 문제에 적용시켜 일반화할 수 있는 기회를 제공한다. 많은 학생은 구체적인 사례로부터 그것을 추상화하거나 다른 상황에 일반화하기 어렵기 때문이다.
- 개념 적용 활동은 개념의 재조직이 평균보다 좀 더 천천히 일어나는 학생이나 교사의 원래 설명을 자신의 경험에 적절하게 관련짓지 못한 학생들에게 도움을 줄 수 있다.

각 단계에서 이루어지는 활동들은 연속적으로 유의미하게 이어지며, (그림 V-5)와 같이 나선형 형태를 띤다.

그림 V-5

순환 학습의 모식도



(3) 활동의 속성에 따른 순환 학습 종류

순환 학습 수업 모형은 구체적인 활동의 속성에 따라 서술적, 경험-귀납적, 가설-연역적 순환 학습의 3가지 형태로 나눌 수 있다. 이들 3가지 형태는 대체적 개념의 확인, 지적 갈등 유발, 사고력 변화 측면에서 효과가 다르다.

① 서술적(Descriptive) 순환 학습

학생은 탐구를 통하여 규칙성을 발견, 기술한다(탐색). 학생들이 앞 단계의 활동에서 발견한 규칙성에 교사가 용어를 도입하고(용어 도입), 다른 상황에서 응용하여 개념을 정착한다(개념 적용). 이 형태의 순환 학습을 '서술적'이라고 부르는 것은 교사나 학생이 관찰 사실을 설명하는 과정 없이 단지 서술, 계열화, 분류만 하며 관찰을 설명하기 위한 가설을 세우지 않기 때문이다. 이러한 형태의 순환 학습에서는 학생들의 지적 갈등은 거의 일어나지 않으며, 선입관이 잘못이라는 것을 거의 깨닫지 못한다.

② 경험-귀추적(Empirical-Abductive) 순환 학습

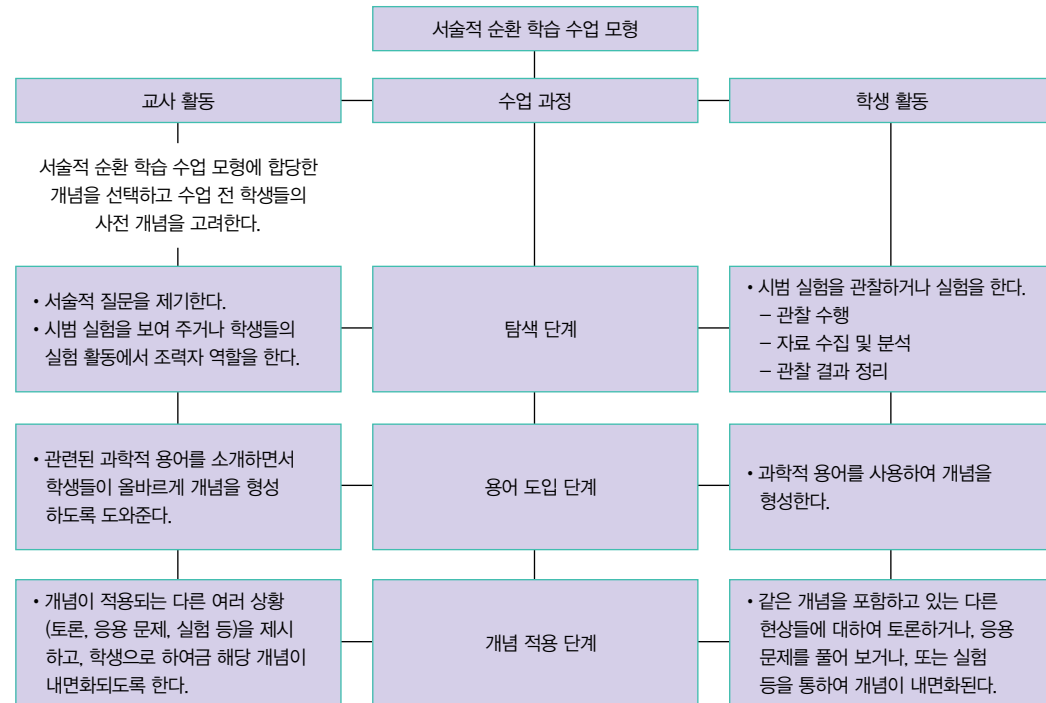
학생은 자연 사물·현상을 관찰, 탐색하여 규칙성을 발견하고 서술하며, 더 나아가 그러한 규칙성에 대한 원인도 탐색한다(탐색). 다른 상황에서 학습한 개념을 유추하여 이 현상에 적용해 보고, 이어서 용어를 도입한다(용어 도입). 교과서의 안내로 학생들은 탐구 단계에서 수집한 자료를 가지고 가정한 원인이 이러한 자료와 일치하고, 다른 알려진 현상에도 일치하는지 면밀히 조사한다(개념 적용). 이러한 유형의 순환 학습에서는 학생들로 하여금 자연 현상·사실을 기술하고 설명하게 함으로써, 개념적 오류를 드러나게 하고 논증적 갈등을 유발하고 형식적 사고 패턴의 발달을 자극한다.

③ 가설-연역적(Hypothetical-Deductive) 순환 학습

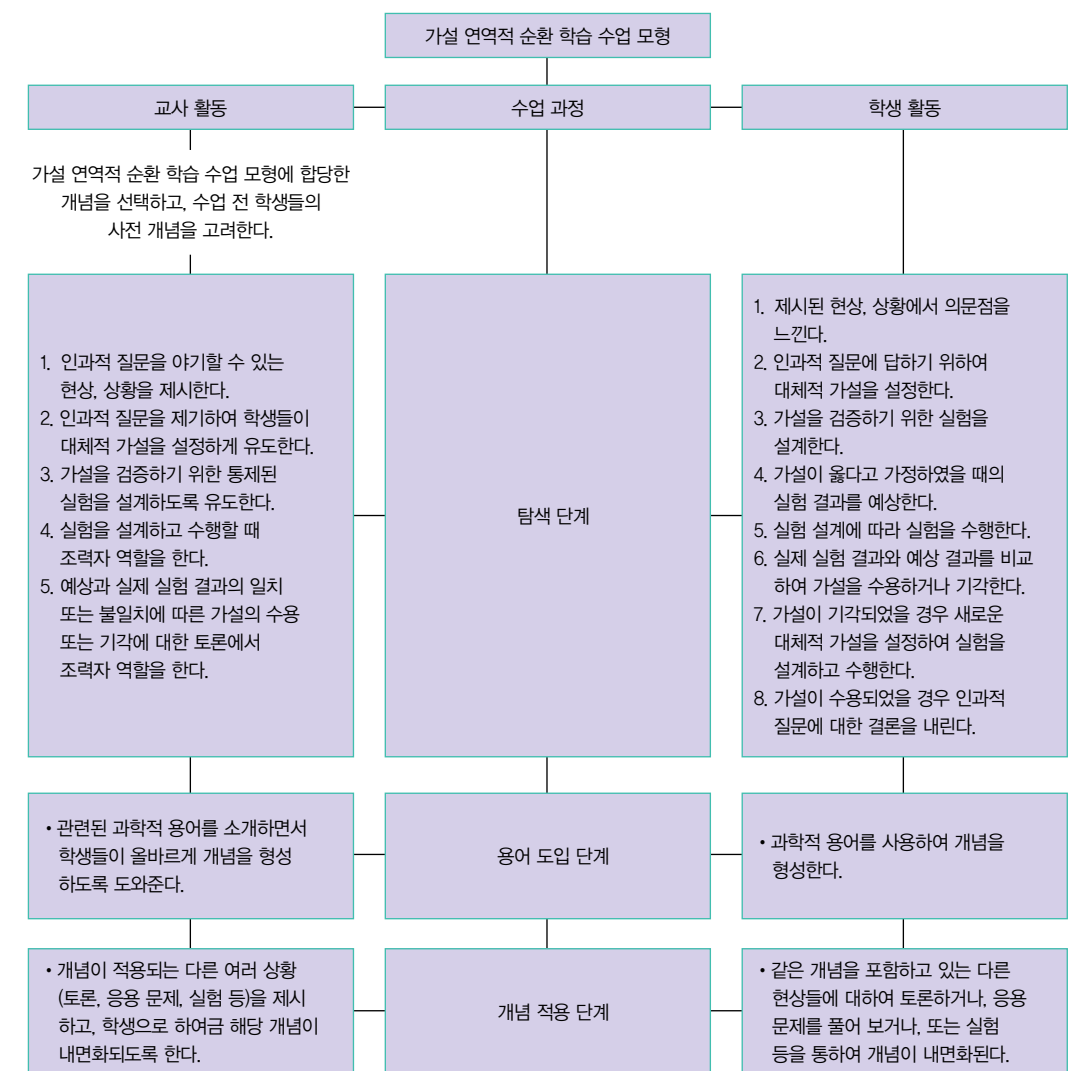
가설-연역적 순환 학습은 인과적 질문으로 시작된다. 학생은 대안적 가설을 세우고 연역 과정을 통하여 결과를 예상한다. 그리고 이를 검증하기 위하여 실험을 계획, 수행한다(탐색). 실험 결과를 분석하고 올바른 가설을 수용한 다음, 이와 관련된 용어를 도입한다(용어 도입). 그리고 관련된 현상에 이를 적용한다(개념 적용). 이러한 유형의 순환 학습에서는 자연 현상을 설명하는 즉각적이고도 명료한 대안 개념이나 가설을 설정하도록 하고, 그 대안 개념이나 가설 검증 과정(실험 설계, 수행 등)에서 형식적 사고 패턴의 발달을 촉진함으로써 오개념을 해소하고 과학적으로 타당한 개념이나 지식이 발달하게 한다.

이 세 가지 형태의 순환 학습 전략의 두드러진 차이점은 학생들이 단순히 자연을 기술하느냐, 가설을 제안하느냐, 가설을 검증하느냐에 달려 있다. 순환 학습의 세 가지 모형을 세 단계에 따른 교사 활동과 학생 활동으로 구분하여 제시하면 다음의 (그림 V-6), (그림 V-7), (그림 V-8)과 같다.

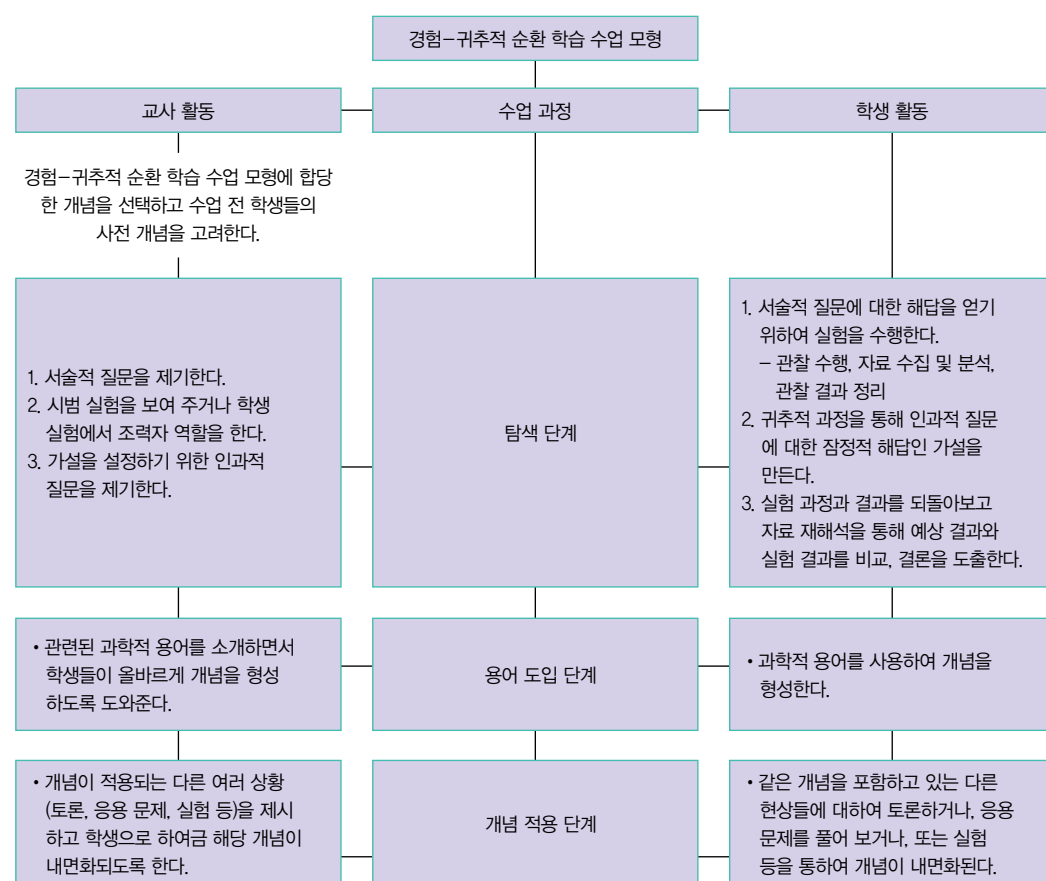
서술적 순환 학습 수업 모형



가설 연역적 순환 학습 수업 모형



경험-귀추적 순환 학습 수업 모형



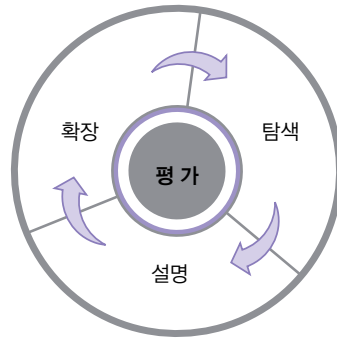
(4) 순환 학습 수업 모형의 변형 · 확장 형태

순환 학습 수업 모형은 과학 교수·학습 현장에서 적용하여 효과를 검증하는 과정에서 4E 모형, 5E 모형, 7E 모형, POE 모형, PEOE 모형 등 다양한 형태로 변형되고 확장되었다.

① 4E 모형

순환 학습의 4E 모형은 탐색(exploration) → 설명(explanation) → 확장(expansion) → 평가(evaluation) 단계로 이루어진다. 이 모형 역시 이론적 배경은 피아제의 인지 발달 이론과 구성주의 심리학에 있다.

4E 모형은 순환 학습 수업 모형의 3단계를 기본으로 하여 평가 단계를 추가한 것이다(그림 V-9). 탐색 단계에서는 학생이 자료나 다른 학습자와 상호 작용하고, 설명 단계에서는 교사가 탐색 단계에서 다른 내용과 관련된 개념을 도입하여 설명하며, 확장 단계에서는 학생들이 기존 개념을 새로운 상황에 응용하여 분화·확장한다. 이 세 단계는 각각 순환 학습의 기본 형태인 '탐색 → 용어 도입 → 개념 적용'과 본질적으로 동일하다. 4E 모형에서 추가된 평가 단계는 탐색, 설명, 확장의 세 단계 모두에 걸쳐서 지필, 관찰, 포트폴리오, 수행 평가 등 다양한 방법으로 이루어진다.



② 5E 모형

5E 모형은 ‘탐색 → 용어 도입 → 개념 적용’ 모형을 기본으로 하여 ‘참여(engagement) → 탐색(exploration) → 설명(explanation) → 정교화(elaboration) → 평가(evaluation)’라는 5단계 모형으로 개선한 것이다. BSCS에서는 구성주의 학습 이론과 원리에 따라 탐색 단계를 참여와 탐색으로 나누고, 용어 도입 단계를 설명 단계로 수정하였으며, 개념 적용 단계를 정교화 단계로 보완하고, 마지막에 평가 단계를 추가하였다. 5E 모형에 따른 과학 교수·학습은 과학 지식의 구성과 과학적 개념의 변화에 목표를 둔다. 이 모형의 일반적인 특징을 살펴보면 다음과 같다.

• 참여(engagement)

- 학습 내용과 관련된 질문, 주요한 용어의 정의, 학생들의 선행 지식과 상충되는 현상의 제시 등으로 학생들의 관심과 흥미를 수업에 끌어들이나.
- 주어진 질문, 용어, 선행 지식 등에 관하여 학생들이 생각해 보고 자신들의 생각을 말하게 할 수 있다.
- 학생들이 알고 있는 것과 할 수 있는 것을 촉진시켜 주는 연결 고리를 제공한다.

• 탐색(exploration)

- 학생들은 개인이나 모둠으로 문제를 설정하고, 그에 대한 가설을 제시한 다음, 자료를 수집, 정리, 해석, 분석, 평가하는 과정을 통하여 검증한다.
- 주어진 문제에 대한 답이나 해결책에 관한 대안을 토의한다.
- 교사는 내용을 직접적으로 설명하거나 학생들의 토의를 일방적으로 이끌어서는 안 된다.

• 설명(explanation)

- 학생들은 문제에 대한 자신이나 모둠의 해답, 가설 검증 등의 증거를 이용하여 설명한다.
- 학생들은 문제에 대한 다른 학생들의 해답이나 가설 검증 과정에 대한 설명을 듣는다.
- 교사는 학생들의 설명과 질문이 끝나면 관련된 이론, 개념, 법칙 등을 정의하거나 설명한다.

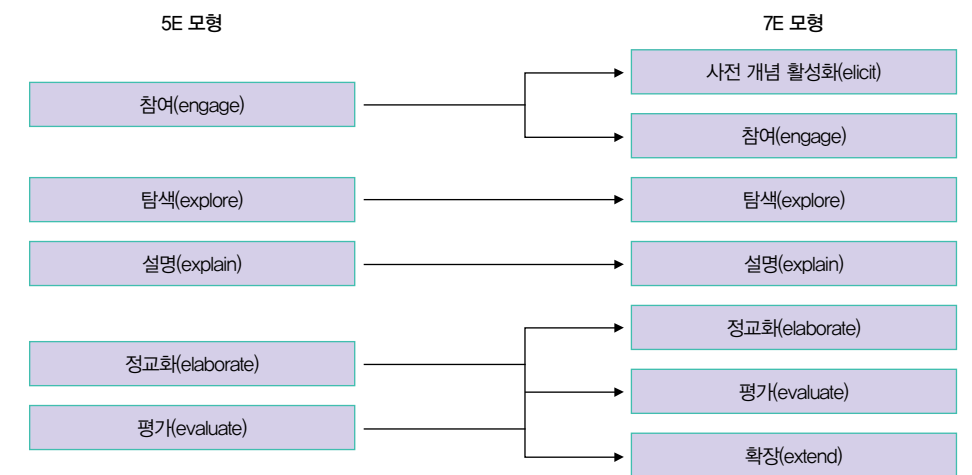
• 정교화(elaboration)

- 교수·학습 결과를 유사하거나 새로운 상황에 적용한다.
- 교수·학습한 내용에 대한 결론을 도출한다.
- 처음에 생각하였던 것을 다시 설명하고, 지금의 생각과 비교한다.

• 평가(evaluation)

- 학습한 기능과 지식을 평가한다.
- 학생들의 인지 구조가 변한 증거를 찾는다.
- 후속되는 교수·학습 내용과 관련된 질문을 한다.

5E 모형에서 7E 모형으로의 확장



7E 순환 학습 수업 모형의 각 단계별 주요 특징은 다음과 같다.

- **사전 개념 활성화(elicit):** 학생들이 사전에 가지고 있는 개인 개념을 이끌어 낸다. ‘여러분은 이것에 대하여 어떻게 생각하는가?’와 같은 질문을 할 수 있다.
- **참여(engage):** 학생들의 흥미를 야기시켜 동기를 유발한다.
- **탐색(exploration):** 학생들에게 예상하게 하거나 가설을 설정하고, 실험을 설계하여 데이터를 수집·분석하게 하며, 결론을 도출하게 한다. 이 단계의 활동에서는 다루는 주제와 상황에 따라 교사와 학생의 주도권을 다양하게 변화시킬 필요가 있다.
- **설명(explain):** 개념, 용어, 법칙 등을 도입하고, 이러한 용어를 사용하여 탐색 단계에서 얻은 결과들을 요약한다.
- **정교화(elaborate):** 학생들에게 학습 내용을 새로운 상황에 전이시킬 수 있는 기회를 제공한다. 관련된 문제를 해결하게 하거나, 유사하지만 다른 질문을 제기하고 그 질문을 탐색하게 한다.
- **평가(evaluate):** 형성 평가와 총괄 평가를 모두 활용한다. 전체 학습 경험의 제 측면들(예 실험 설계, 유사한 실험에서 얻은 데이터의 해석, 실험에 관한 질문, 항목의 확장 등)을 다루는 문항을 활용한다.
- **확장(extend):** 학습한 새로운 개념을 적용할 수 있는 상황을 제공한다.

(5) POE 모형, PEOE 모형

① POE 모형

실제 과학에서는 어떤 대상이나 현상을 직접 관찰하거나 실험해 보는 것이 중요한데, 직접 해 보는 것 자체뿐만 아니라 그 전과 후에 이루어지는 작용도 매우 중요하다. 그러므로 과학 교수·학습 상황에서도 직접 해 보기 전과 후에 이루어지는 활동들에 주목할 필요가 있다.

POE는 관찰할 현상의 결과를 예상하고 그 예상을 나름대로 정당화하는 ‘예상(prediction)’, 실제로 관찰한 사실이나 실험을 통하여 얻은 결과를 서술하는 ‘관찰(observation)’, 예상과 관찰 사이의 불일치를 해결하는 ‘설명(explanation)’의 3단계로 구성된다. POE를 사용하면 학생들이 수업 전에 가지고 있는 생각이나 이해 정도를 직접 확인할 수 있으므로, 수업을 학생들의 수준에 맞도록 진행할 수 있는 장점이 있다. 예상과 관찰 사이의 불일치를 해결하는 설명 단계에서 학생들의 활발한 토의를 적절히 활용하면 학생들에게 과학 개념을 효과적으로 이해시킬 수 있다.

• 예상 단계

예상 단계에서는 학생들이 현상의 결과를 예상하고 자신의 예상을 정당화시킬 수 있는 이유를 제시하게 한다. 예상을 위해서는 학생들이 상황의 성격을 정확히 이해해야 하므로, 주어진 상황을 이해하는 데 필요한 질문을 충분히 허락해야 한다. 자신의 생각을 글로 써 보면 학생들의 사고가 더 정교해지기 때문에, 예상이나 그 근거는 가능한 한 글로 표현하게 하는 것이 좋다. 예상하면서 생각하거나 쓰는 것으로 인해 관찰을 하지 못하는 일이 없도록 예상이 끝난 것은 반드시 확인한 후 관찰 단계로 진행되어야 한다.

• 관찰 단계

관찰 단계에서 학생들은 각자 자신의 관찰 결과를 적는다. 자신의 기존 생각과 모순되는 현상을 접할 경우, 학생들은 사례 자체를 무시하거나 오히려 기존의 생각을 지지하는 증거로 왜곡하여 받아들일 수도 있다. 따라서 관찰 내용을 각자 적게 함으로써 관찰한 현상에 대한 학생들의 다양한 반응을 명확히 알 수 있다. 만약, 관찰하면서 그때마다 기록하지 않으면 동료 학생의 말을 듣고서 자신의 관찰 내용을 바꿀 수도 있다.

• 설명 단계

설명 단계에서는 관찰한 것과 예상한 것 사이의 모순을 해결한다. 이 단계에서 교사는 학생들이 가능한 한 모든 가능성을 고려하도록 도와야 한다. 교사는 학생들의 의미를 정확히 파악해야 하며, 다양한 질문을 통하여 학생들이 자신의 생각을 분명히 할 수 있도록 유도해야 한다. 학생들이 제시한 설명은 관련된 개념에 대한 이해도를 파악하는 데 유용한 자료가 될 수 있다. POE를 개념 이해를 위한 수업에 적용할 경우, 설명 단계를 학생들 간의 토론으로 진행하는 것도 효과적이다.

과학 수업에서 POE를 활용하면 학생들의 이해 정도를 알 수 있고, POE의 결과를 토대로 내용 제시 및 계열화에 활용할 수 있는 장점이 있다. 또한, 예상할 때 경험하는 정교한 추론 과정이 학습 동기를 부여하는 역할을 하며, 갈등 해결 과정에서의 진정한 토의를 통하여 올바른 개념을 효과적으로 이해하게 한다. 생활에서 쉽게 접할 수 있는 상황들은 이미 알고 있는 지식으로 설명이 가능하다.

② PEOE 모형

관찰이 이루어지기 전의 초기 설명의 중요성을 강조하기 위하여 POE 모형에서 설명 단계를 구체화하여 구분한 PEOE(Prediction → Explanation → Observation → Explanation) 모형이 제안되었다. PEOE 모형에 따른 과학 교수·학습에서는 교사가 교수·학습할 내용과 관련된 대상이나 현

상을 학생들에게 간단히 소개하면, 학생들은 일어날 현상이나 사건을 예상하고 그 이유를 설명한 다음, 그 현상이나 사건을 실제로 관찰하고 그렇게 일어난 것에 대하여 설명하며, 다른 예를 제시하는 과정을 통하여 이루어진다. 이처럼 PEOE 모형에 따른 교수·학습에서는 POE 모형에 따른 교수·학습보다 학생들의 설명을 더 강조한다. 직접 해 보기 단계 전의 설명 단계에서 토론 활동을 적절히 활용하면 과학 교수·학습 활동에 잘 참여하지 않거나 꺼리는 학생들을 참여시키는 데 효과적이다.

순환 학습 수업 모형의 적용	
학습 주제	서식지
목표	서식지라는 용어를 이해하고 한 생물이 살아가는 곳에 관련을 지어서 그 용어를 사용하는 법을 안다.
수업 절차	학교 근처에서 흔히 볼 수 있는 다양한 생물 서식지를 발표하게 한다.

탐색

- 생물을 찾아보고 생물이 사는 곳을 찾아보기 위한 현장 견학을 한다. 학교 내에 있는 동·식물을 찾아낸다. 자연 상태의 지역이나 공원 근처, 혹은 나무와 잡초가 있는 운동장 구석이 될 수도 있다. 이를 통하여 직접적인 경험을 충분히 제공하고 제시된 학습 자료를 자유롭게 탐색하게 한다.
- 현장 견학을 하기 전, 견학의 목표가 여러 종류의 동·식물을 될 수 있는 대로 많이 찾고 이 생물들이 사는 곳을 살펴보기 위한 것이라는 점을 알려 주어야 한다. 찾은 동물이 몇 개 안 될 때에는 잡아 먹힌 나뭇잎, 나무껍질, 지면에 나 있는 구멍, 배설물 등과 같이 동물이 살고 있는 증거를 찾아보게 한다. 이를 통하여 인지적 갈등을 겪게 만들고, 문제 해결을 위한 내적인 욕구를 갖게 한다.
- 탐색에 흥미를 잃기 전에 교실로 돌아온다. 견학 후 찾아낸 동·식물의 종류를 보고하고 서식지를 발표하게 한다. 이를 통해 각자 관찰하고 발견한 것을 자신의 언어로 기술하고 표현하게 한다.

용어 도입

- 어항을 준비한다. 학생들이 보는 앞에서 빈 어항에 모래와 물을 넣는다. 어항을, “지금부터 몇몇의 생물들이 살아갈 수 있도록 만든 ‘서식지’라고 부르기로 한다.”라고 말해 준다. ‘서식지란 한 식물이 나 동물이 살아가는 곳’이라고 말하고, 그 낱말을 칠판에 쓴다. 앞으로 새로운 서식지에 자리를 잡을 생물들이 그 교실에는 현재 무엇 무엇이 있는가 알아보고 새 어항에 그 생물들을 옮겨 놓는다. 옮기는 일이 끝나면 이 생물들이 살아갈 수 있는 새 ‘서식지’를 다 만들었다고 다시 한 번 되풀이하여 말한다. 어린이들에게 이 새 ‘서식지’에 대하여서 말하도록 시킨다. 이를 통하여 학생들이 사용하고 표현한 언어나 명칭을 발표하게 하고 이를 과학 개념과 연결해 준다.

개념 적용

- 서식지 널빤지를 만들어 놓고, 2~3주 뒤에 그 곳에 가 본다. 널빤지를 들고 그 바닥에 나타난 생물들을 관찰해 보고, 먼저 그 자리에 처음처럼 다시 덮어놓게 한다. 이 활동을 하는 동안 서식지 개념을 적용하기 위하여 다음과 같은 활동을 병행한다.
 - 그리기: 서식지에서 찾은 동·식물을 그린 후, 서로 나누어 서식지를 나타내는 벽화를 그려 본다.
 - 책읽기: 서식지의 그림을 찾아보거나, 오려서 제시하기 위하여 책이나 잡지를 조사할 수도 있다. 생물과 그 서식지에 대한 이야기를 소리 내어 읽어주면 좋을 것이다. 영화나 방학 때 찍은 사진에서 서식지의 예를 발견할 수도 있다.
 - 글짓기: 어떤 학생은 생물과 그 서식지에 대한 작문을 할 수도 있다.

5. 개념 변화 학습 수업 모형

1980년대 이후 활발하게 연구된 학생들의 선개념에 대한 연구는 여러 측면에서 매우 충격적인 결과를 보여 주었다. 그것은 학생들이 과학을 배운 후에도 여전히 많은 오개념 또는 오인을 가지고 있으며, 이러한 오인은 과학 학습에 심각한 장애 요인이라는 사실이다. 자연 현상에 대한 학생들의 오인도 국내외에서 많이 연구되고 있다. 학생들의 오인은 일반적인 과학 수업으로는 쉽게 과학 개념으로 대체되거나 변화되지 않으므로 특수한 수업 모형이 필요하다. 이를 위하여 여러 과학 교수·학습 모형이 제시되고 있으며, 이러한 수업 모형을 가리켜서 개념 변화 학습(Conceptual Change Learning)이라고 한다.

(1) 개념 변화의 조건

개념 변화 학습을 위하여서는 학생들이 자신의 오개념을 과학적 개념으로 바꾸어야 한다. 학생들은 자신의 생각을 쉽게 바꾸지 않는다. 학생들이 생각을 바꾸기 위하여서는 특정한 조건이 만족되어야 한다. 포스너와 동료들은 개념 변화를 위한 4가지 조건을 제안하였다.

- ① 자신의 생각에 불만을 갖는다.
- ② 새로운 개념을 이해할 수 있다.
- ③ 새로운 개념이 옳은 것 같다.
- ④ 새로운 개념이 활용 가능성이 많다.

이 4가지 조건은 이후 개발된 개념 변화 학습 수업 모형의 기초를 이루었다. 그 동안 제안된 여러 개념 변화 학습 수업 모형들은 다음과 같은 공통점이 있다. 우선 학생들이 자신의 생각을 충분히 인식하도록 하기 위하여 자신의 생각을 표현할 수 있는 기회를 초기에 제공하고, 인지적 갈등을 일으켜서 자신의 생각에 불만을 갖도록 한 다음, 생각을 변화시킬 수 있도록 과학 개념을 이해 가능하고, 그럴 듯 하고, 활용 가능성이 많음을 보여 주도록 제시하는 과정을 포함하고 있다는 점이다.

(2) 개념 변화 학습 수업 모형의 단계별 특징

개념 변화 학습 모형에는 반성적 모형, 인지 갈등 수업 모형, 구성주의 학습 수업 모형 등이 있으며, 여기에서는 드라이버의 구성주의 학습 수업 모형을 중심으로 살펴본다. 드라이버의 개념 변화 학습 수업 모형은 [그림 V-11]에 제시되어 있다. 이 모형은 학생들이 자신들의 생각을 표현하고, 재구성하며, 재구성한 생각의 타당성을 평가하고, 재구성된 생각을 응용하고 검토하는 단계로 이루어진다.

첫 번째 단계인 생각의 표현에서는 학생들이 학습할 내용과 관련된 각자의 생각(오개념)을 표현한다. 교사는 학습 내용과 관련된 현상이나 예를 제시하고, 학생들은 이를 관찰하고 자신의 언어로 설명하도록 한다. 학생들은 자신의 생각을 정리하여 공책에 적도록 한다.

두 번째 단계인 생각의 재구성은 다시 여러 가지 하위 단계로 세분된다. 첫 번째 하위 단계인 ‘명료화와 교환’에서는 학생들이 자신의 생각을 서로 발표하도록 한다. 학생들은 다른 학생들의 생각에 비추어 자신들이 가지고 있는 생각의 의미를 명료화한다. 또한, 서로의 생각이 가지고 있는 장점과 단점을 생각해 볼 기회를 가질 수 있다.

이어지는 ‘상충된 상황에 노출’ 단계에서는 학생들의 생각과 상충되는 현상이나 사건을 제시한다. 학생들은 자신의 생각으로 제시된 상황을 잘 설명할 수 없다는 것을 깨닫게 된다. 이를 통하여 자신의 생각이 부족함을 인식하고 불만을 갖게 된다. 이 과정은 자신의 생각을 바꾸려는 동기를 제공한다.

‘새로운 생각의 구성’ 단계에서는 자신의 부족한 생각을 대체할 수 있는 새로운 생각을 구성한다. 학생들이 스스로 새로운 과학적 생각을 구성할 수 있다면 바람직한 일이지만, 이러한 경우는 많지 않을 것이다. 따라서 학생들이 스스로 구성하기 어려운 과학 개념을 교사가 제시해 준다. 이때 제시되는 과

학 개념은 학생들이 쉽게 이해할 수 있어야 하며, 학생들의 생각과 비교할 때 어떤 장점이 있는지가 잘 드러나도록 계획을 세워야 한다.

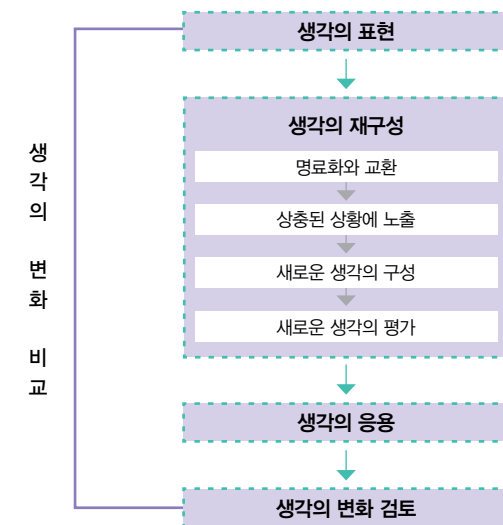
새로운 생각의 구성이나 도입이 이루어지면 그 다음에는 새로운 생각이 얼마나 타당한지를 평가해야 한다. ‘새로운 생각의 평가’에서 유의해야 할 점은 학생이 얼마나 성취하였는지를 알아보는 것이 아니라 새로운 생각이 얼마나 적절한지를 평가하는 것이다. 사람을 평가하는 것이 아니라 새로운 생각을 평가한다는 뜻이다. 평가를 위해서는 특정한 상황을 이용하게 되며, 새로운 생각이 이 상황을 설명하는 데 얼마나 적절한지를 느껴 볼 수 있는 기회를 제공하여야 한다. 새로운 생각의 평가 단계를 통하여 학생들은 새로운 생각이 옳다는 것을 충분히 인식해야 한다.

셋째 단계인 ‘생각의 응용’에서는 학생들에게 새로운 소재나 상황을 제시하여 재구성한 생각을 적용하게 한다. 이 과정에서는 새로운 생각이 얼마나 활용 가능성이 많은지를 인식하게 한다. 마지막 단계에서는 학생들의 생각이 어떻게, 어느 정도 변화되었는지를 검토한다. 이는 재구성한 생각을 처음 생각과 비교하여 알 수 있다.

개념 변화 학습 수업 모형은 과학의 모든 내용에 적용 가능한 것이 아니며, 비교적 많은 학생들이 오개념을 가지고 있는 내용을 가르칠 때 사용해야 한다. 일상생활에서 자주 접하는 자연 현상과 관련된 내용에 대하여 학생들은 오개념을 갖고 있는 경우가 많다.

■ 그림 V - 11 ■

드라이버의 개념 변화 학습 수업 모형



개념 변화 학습 수업 모형 적용

학습 주제	공기의 입자성
목표	공기가 입자적 특징을 가지고 있다는 개념을 갖게 한다.
자료	주사기, 삼각 플라스크, 고무마개
수업 절차	생각의 표현

- 주사기와 삼각 플라스크를 준비한다.
- 주사기 입구 쪽에 손을 댄 다음 손잡이를 잡아당겨 공기를 빨아들이는 느낌을 경험하게 한다.
- 삼각 플라스크에 주사기를 연결하여 손잡이를 잡아당기면 삼각 플라스크 안이 어떻게 될지 생각하게 한 다음 그림으로 그려 보게 한다. 이때 다음과 같은 질문을 하면 더욱 좋을 것이다.
교사: 우리는 삼각 플라스크 속의 공기를 볼 수는 없습니다. 만일 우리가 공기를 볼 수 있는 요술 안경을 쓰고 삼각 플라스크 속을 들여다본다면 어떻게 보일까요?
- 칠판에 삼각 플라스크를 그려 놓고, 학생들의 생각을 그려 넣게 한다.

생각의 재구성

－ 명료화와 교환

- 교사는 질문을 통하여 생각의 이유를 설명하도록 한다.
교사: 주사기 손잡이를 잡아당기면 삼각 플라스크 속의 공기의 일부가 밖으로 빠져나옵니다. 그러면 삼각 플라스크 속의 공기가 왜 여러분이 그린 그림처럼 되는지 설명해 봅시다.
- 이때 칠판에 그려져 있는 모형에 대한 이유를 먼저 설명하도록 하고, 각각의 이유에 대한 반대 의견은 다음 기회에 토의하게 한다. 이 기회를 통하여 어떤 생각이 가장 많은지를 알 수 있다. 여기까지의 활동을 통하여 학생들은 어떤 의견이 옳은지에 대해 관심이 높아질 것이다.
- 각 모형을 지지하는 학생들 사이에 토론을 한다. 이 과정을 통하여 학생들은 다른 학생들의 공기에 대한 생각과 이들의 장단점에 대해 더욱 철저하게 이해하게 된다.

－ 상충된 상황에 노출

- 교사는 주사기 손잡이를 눌러서 100cc의 공기가 50cc로 됨을 보여 준다. 물을 넣고 같은 활동을 반복한다. 고체도 손으로 눌러 본다. 기체만이 부피가 쉽게 변하는 것을 학생들이 설명하게 한다. 학생들은 칠판에 그려진 여러 그림에 나타난 공기의 구조를 보면서 공기가 압축 가능한 이유를 생각하게 한다. 어떤 학생은 여기에서 공기가 입자로 되어 있을 것이라는 제안을 하는 경우도 있다. 공기가 입자로 되어 있다는 생각에 거부감을 느끼는 학생에게 공기의 압축 현상을 설명하도록 요구한다.

－ 새로운 생각의 구성

- 학생들은 공기의 입자설이 낯설기는 하지만, 공기의 부피 변화를 설명하는 데 적합하다는 것을 인정하기 시작한다.

－ 새로운 생각의 평가

- 교사는 공기가 압축되는 실험을 다시 보여 준다.

생각의 응용

- 이번에는 100cc의 공기가 20cc로 되도록 주사기 손잡이를 세게 누른다.
교사: 공기가 정말로 입자로 되어 있다면 이처럼 압축이 많이 되는 까닭은 무엇일까요?
학생: 공기 입자보다 빈 공간이 더 많기 때문입니다.
교사: 아무리 세게 눌러도 부피가 0이 되지는 않을 것입니다. 그 이유는 무엇일까요?
학생: 공기 입자 사이에 빈 공간이 없게 되면 더 이상 압축이 되지 않기 때문입니다.
교사: 과학자들이 알아낸 사실은 공기가 입자로 되어 있고, 입자 사이에는 빈 공간이 있다는 사실입니다. 그렇다면 왜 공기는 눌러야 압축이 될까요?

생각의 변화 검토

- 처음 학생들이 생각한 개념과 학습한 후의 생각을 비교하여 발표하게 한다. 예를 들어, 한 학생이

“처음에는 공기가 커다란 덩어리들로 움직인다고 생각하였는데 이제는 작은 입자들로 이루어져 있다고 생각합니다.”라고 발표할 수 있다.

6. STS 수업 모형

교육계에서는 1980년대에 들어서면서 인간 중심 교육 사조를 받아들였다. 이러한 인간 중심 교육 사조는 과학 교육에서 과학, 기술, 사회, 인간의 관계 및 상호 작용에 대한 이해를 강조하고 있다. 학문 중심의 교육사조가 팽배한 1960년대에는 과학 교육에서 과학의 사회성을 강조할 필요가 없었다. 그러나 현대 사회는 고도로 발달된 과학 및 과학적 기술 사회이다. 따라서 과학과 과학적 기술만으로 해결할 수 없는 사회적 문제를 일상생활에서 쉽게 접하게 되고, 과학의 학문적 본질보다는 과학과 과학적 기술 발달에 수반되는 사회적 문제에 더 영향을 받게 되었다. 이에 모든 과학 및 과학적 기술의 본성과 아울러 과학, 과학적 기술, 사회의 상호 관계에 대한 이해가 학교 과학 교육의 목적으로 제기될 필요성이 대두되었다. 즉, STS를 학교 교육에서 다룸으로써 학생들이 배운 과학 내용이 실생활과 어떻게 연관되며, 또한 과학 및 기술과 관련된 사회 문제를 어떻게 해결할 것인가를 생각하게 해야 한다.

(1) 과학-기술-사회(STS) 수업 모형의 배경 및 특징

① STS 교육의 의미

STS는 과학-기술-사회(Science-Technology-Society)의 약자로서, 학교 과학 교육의 방향을 재점검하고 다시 정의하려는 노력에 대하여 철학적 틀과 일상의 명칭을 제공하려는 시도에서 붙여진 명칭이다. 과학이 단순히 과학을 위한 과학이 아니라, 기술과 사회 속에서의 과학임을 의미한다.

STS는 크게 두 가지로 구분된다. 하나는 ‘학문으로서의 STS’이고 다른 하나는 ‘교육으로서의 STS’이다. 학문으로서의 STS는 과학과 기술과 사회에 관련된 학문 영역을 일컫는다. 예를 들면, 과학과 기술의 사회적 측면에 관한 연구, 과학과 기술에 관한 역사·철학·사회학·경제학 등의 측면에서의 연구 등은 STS의 학문적 영역에 속한다. 교육으로서의 STS는 다시 ‘STS에 관한 교육’과 ‘STS 학문 영역에서의 교육’으로 나누어진다. STS에 관한 교육은 일반인을 위한 교육을 말하며, STS 학문 영역에서의 교육은 STS 분야의 전문가를 위한 교육을 말한다. 따라서 일반적으로 STS 교육은 STS에 관한 교육을 의미한다. STS 교육에 관하여 과학 교육학자들은 다양한 측면에서 정의를 내리고 있다. 이와 같이 다양하게 정의되는 STS 교육은 다음과 같이 정리될 수 있다.

- STS 교육은 과학, 기술, 사회의 상호 관련성을 다룬다.
- STS 교육은 인간의 경험적 맥락에서 이루어진다.
- STS 교육은 과학적 소양의 함양을 추구한다.
- STS 교육은 각종 의사 결정과 문제 해결력을 중시한다.
- STS 교육은 만인을 위한 과학을 추구한다.

② 배경

‘모든 학생을 과학자로 만들 것인가?’라는 학문 중심주의의 비판과 반성의 분위기를 배경으로 하여 등장한 것이 STS 교육이다. 즉, STS 교육이 과학 교육계에 접목되는 데에는 다음과 같은 요인들이 영향을 끼친다. 학문 중심주의에 대한 반성 또는 반발 작용이다. 학문 중심 교육 사조는 1960년대 이후 과학 교육에 혁신적 변화를 가져왔으나 과학의 학문적 속성을 지나치게 강조하고 있어, 과학 관련 직업을 선택하지 않은 학생들에 대한 교육과정으로 타당한지에 대한 의문이 제기되었다.

많은 나라에서 과학 과목에 대한 학생들의 성취도가 학년이 올라갈수록 떨어지고, 흥미도 낮아지

는 현상이 나타났다. 1970년대에 학문 중심 교육 사조에 대한 평가 작업의 결과, 학문 중심 교육 사조는 과학과 관련된 학생의 지적·정리적 능력을 기대한 만큼 향상시키지 못하였다는 증거가 나타났다. 따라서 이에 대처할 수 있는 혁신적 방안이 필요하게 되었다.

현대 사회에 있어서 과학과 기술의 역할이 날로 늘어감에 따라 과학과 기술의 부정적 측면이 점차 현저해졌다. 과학의 원리 위주로 구성되어 있는 기존 과학 교육의 체제에 이러한 사회 문제에 관련된 내용을 포함시켜야 한다는 필요성이 대두되었다. STS 교육이 주장하는 것은 지나치게 학문적이거나 혹은 전문적인 지식의 교육을 지양하고, 학생의 일상생활 및 사회적 경험과 관련 있는 문제를 중심으로 과학을 가르치고 학생의 판단력과 문제 해결력을 향상시켜야 한다는 것이다.

③ STS 수업 모형의 특징

STS 교육은 과학과 기술, 사회의 상호 관련성을 강조한다. 그리고 인간의 경험적 상황에 근거한 과학 학습을 중요시하며, 과학적 소양의 함양을 추구한다. 그리고 STS 교육은 의사 결정과 문제 해결력을 중요시하며, 소수의 과학자나 과학 관련자들뿐만 아니라 모든 사람을 위한 과학 학습을 추구한다. 이 밖에도 다음과 같은 특징이 있다.

첫째, 교사는 학생 중심 수업으로 진행하며, 교과서뿐만 아니라 다양한 수업 자료를 이용해서 수업을 진행하는 등 훌륭한 지휘자로서의 역할을 수행한다.

둘째, 획일적이고 평균 지향의 수업을 벗어나 다양성을 인정하는 수업을 지향하고, 과학적 지식뿐만 아니라 과학과 기술에 관련된 사회적인 문제와 논쟁을 다룬다.

셋째, 과학과 기술에 관련된 직업의 인식과 지역적인 문제를 다루고, 이것의 해결을 위하여 지역적 정보와 자료를 이용한다.

넷째, 인지적 영역뿐만 아니라 정의적, 심체적 영역도 중요하게 다룬다.

STS 수업을 전통적 수업과 비교하면 (표 V-1)과 같다.

전통적 수업과 STS 수업의 비교

전통적 수업	STS 수업
■ 교사 중심 ■ 평균 정도의 학생들에게 맞추는 수업 ■ 교과서에 의하여 지시됨. ■ 실험실에서 주로 그룹 학습 ■ 학생은 수업을 받는 것으로 본다. ■ 교사는 학생이 경험에 의지하지 않고, 보다 쉽게 조직화되어 제공된 정보에 의하여 더 효율적으로 학습한다고 여긴다. ■ 교사는 교육과정 안내서와 교과서로써 수업을 계획한다.	■ 학생 중심 ■ 개인화, 개별화, 학생들의 다양성을 인식 ■ 자료의 다양한 이용 ■ 문제와 논쟁에 대한 협동적인 학습 ■ 학생은 수업에 능동적으로 참여한다. ■ 교사는 학생의 경험에 의지하며, 학생의 경험으로부터 최선의 학습을 한다는 태도를 취한다. ■ 교사는 문제와 현재의 논쟁과 관련지어 수업을 계획한다.

예거(Yager)는 과학 교육의 주요 목표를 개념, 과정, 태도, 창의성, 적용의 5개 영역으로 나누어 학문 중심의 전통적인 과학 교육과 STS 중심의 과학 교육의 차이점을 비교하였다(표 V-2).

(표 V-2)에 제시된 것처럼 전통적 과학 교육과 STS 교육의 특징은 각 영역별로 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있다. 각 영역별 비교를 통하여 볼 때 STS 교육이 전통적인 과학 교육과 다른 점은, STS 교육에서는 학생들이 중심이 되고 적극적인 활동을 통하여 획득한 개념과 과학 과정을 일상생활과 연결시키며 문제 해결에 유용하게 이용하고, 이러한 과정에서 학생들은 긍정적인 태도를 갖는다는 점이다.

STS 교육은 수업 현장에서 학생들이 중심이 되어 지역 사회에서 찾을 수 있는 다양한 소재와 자료를 사용하고 제한된 교실의 상황을 벗어나 행해질 수 있는 학생들의 다양하고 직접적인 경험을 중시한다. 또한, 과학과 기술에 관련된 사회 문제와 과학·기술 관련 직업에 대한 인식과 분야를 다루며, 인지적 영

역뿐만 아니라 정의적, 심체적 영역도 중요시한다. 무엇보다도 STS 교육은 문제 해결과 의사 결정을 중요시하며, 다가올 미래의 세계에 초점을 둔 점이 가장 두드러진 특징이라 할 수 있다.

이와 같은 특징을 가진 STS 교육은 수업 현장에서 교사가 중심이 되어 교과서에 제시된 지식을 나열하고 학생들에게 이해시킴으로써 상급 학교 진학에 주목적을 두었던 전통적인 과학 교육과는 확실히 구별됨을 알 수 있다.

표 V-2

전통적 과학 교육과 STS 교육의 영역별 비교

	전통적 수업	STS 수업
개념	• 개념은 시험을 잘 보기 위하여 습득하는 정보이다. • 개념은 교수의 결과이다. • 학습은 주로 시험을 보기 위한 것이다. • 개념은 매우 짧은 시간 동안만 보존된다.	• 학생은 그들에게 유용한 개념을 찾는다. • 개념은 문제 해결의 필수 요건이 된다. • 활동을 통하여 학습된다. • 경험을 통하여 배운 학생들은 적용할 수 있다.
과정	• 과학의 과정은 과학자의 과정의 기능이다. • 학생은 과정을 교과에서 요구하는 대로 실행해야 하는 것으로 생각한다. • 학생은 교과 과정에 거의 영향을 미치지 못하므로 교사가 과정에 관심을 가지는 것을 이해하지 못한다. • 학생은 과학 과정이 추상적이며 다가가기 어렵고 얻을 수 없다고 생각한다.	• 학생은 과학 과정을 이용할 수 있다고 생각한다. • 학생은 과학 과정을 스스로 연마해서 더욱 발전시킬 필요가 있다고 생각한다. • 학생은 과학의 과정과 그들의 활동의 관계를 쉽게 안다. • 과학 수업에서 과정을 핵심적으로 다루어야 한다고 생각한다.
태도	• 학년이 올라갈수록 흥미는 감소한다. • 과학에 대한 호기심이 감소한다. • 학생은 교사를 정보의 전달자로 생각한다. • 학생은 과학을 배워야 할 정보로 생각한다.	• 학년이 올라갈수록 흥미는 증가한다. • 학생은 물질 세계에 대하여 더 호기심을 갖게 된다. • 교사를 안내자로 본다. • 과학을 문제 다루는 방법으로 본다.
창의력	• 교과 과정과 일치하지 않는 질문은 무시되므로 학생의 질문 능력이 떨어지게 된다. • 학생은 이상한 질문을 거의 하지 않는다. • 특정 상황의 가능한 원인과 가능한 결과를 찾는 데 효율적이지 못하다. • 학생은 독창적인 생각을 거의 가지지 않는다.	• 학생이 많은 질문을 하고 그 질문을 활동과 자료 개발에 이용한다. • 학생은 그들 자신의 흥미를 표현할 수 있는 독창적인 질문을 자주 한다. • 관찰과 활동의 가능한 원인과 결과를 제안하는 데 능숙하다. • 학생은 생각을 활발하게 한다.
응용	• 학생은 과학 시간에 배운 내용의 가치를 알지 못하고 생활에 이용할 수 없다. • 과학 수업이 현재의 사회 문제를 해결하는 데 쓸모가 없다. • 학생은 배운 정보를 암기한다. • 학생은 배운 과학을 현재의 과학 기술과 관련시키지 못한다.	• 학생은 과학 수업 내용을 일상생활과 연결시킬 수 있다. • 학생은 사회적 문제를 해결하는 데에 열중하게 된다. • 학생은 문제 해결을 위하여 정보를 찾는다. • 학생은 현재의 과학 기술의 발전에 열중하게 되고, 그것을 통하여서 과학 개념의 중요성과 관련성을 알게 된다.

(2) STS 수업 모형의 절차

미국 아이오아 대학에서 개발된 아이오아 쉬토커 프로그램(Iowa Chautauqua program)은 미국 과학교사협회(NSTA)와 미국과학재단(NSF)의 협력을 받아 개발된 실험적 프로젝트로서 모형을 개발하였다.

STS 수업 모형의 절차는 (그림 V-12)와 같다. 문제로의 초대 단계에서는 과학과 관련된 일상생활이나 사회 문제를 제기하고, 문제의 심각성을 인식한다.

탐색 단계에서는 문제에 대한 이해를 심화하고, 관련된 과학의 이론이나 개념을 조사한다. 또한, 해

STS 학습 모형의 단계



예거는 효과적인 STS 수업을 위하여 학생 중심인 구성주의 학습 수업 모형을 이용해야 한다고 주장하면서, 과학 교육진흥센터 연구자들이 사용하는 구성주의 수업 전략을 [표 V-3]과 같이 제시하였다. 여기에는 STS 학습 수업 모형의 각 단계에서 이루어지는 과정이 상세화되어 있다.

STS 학습을 위한 구성주의 수업 전략

단 계	수 업 전 략		
문제로의 초대	• 호기심을 위하여 주변 환경을 관찰한다. • 의문을 제기한다. • 예기치 않은 현상을 기록한다. • 질문에 대하여 가능한 한 많은 반응들을 고려한다. • 학생들의 지각의 다양성을 확인한다.		
탐색	• 중심이 되는 역할에 참여한다. • 자료를 바탕으로 실험한다. • 자료를 수집하고 조직한다. • 다른 사람과 해결책을 토의한다. • 토의에 참여한다. • 자료를 분석한다.	• 가능한 대안들을 토의한다. • 구체적인 현상을 관찰한다. • 문제 해결 전략을 채택한다. • 실험을 설계하고 수행한다. • 결론을 확인한다.	• 정보를 살핀다. • 모형을 설계한다. • 적절한 자원을 선택한다. • 선택을 평가한다. • 조사의 척도를 정의한다.
설명 및 해결 방안 의 제시	• 정보와 개념을 전달한다. • 해결책을 검토하고 토의한다. • 적절한 결론을 맺는다.	• 한 모델을 만들거나 설명한다. • 동료의 평가를 이용한다. • 이미 존재한 지식과 경험에 해결책을 통합한다.	• 새로운 설명을 구성한다. • 선다형 답을 수집한다.
실행·실천	• 의사 결정을 한다. • 지식 및 기능을 응용한다. • 지식 및 기능을 전달한다. • 정보와 생각을 교환한다. • 새로운 의문점을 질문한다. • 결과를 발달시키거나 생각을 촉진한다. • 모델과 생각을 이용하여 다른 사람들의 토의를 수용한다.		

날씨에 의한 피해를 이해하고 이에 대처할 수 있는 방안을 실천한다.

문제로의 초대

- 날씨 때문에 생기는 피해의 사례를 제시한다.
예 홍수, 가뭄, 폭설로 인한 교통 두절, 태풍에 의한 피해
- 이러한 피해 때문에 매년 많은 사람이 죽고, 다치며, 많은 재산 피해를 낸다는 점을 실제 통계 자료를 인용하여 문제의 심각성을 인식시킨다.

탐색

- 계절에 따른 대표적인 날씨 유형과 피해를 주는 날씨를 조사하고 정리한다.
- 아이들이 살고 있는 지역에서 많이 발생하는 날씨 관련 피해 유형을 조사하여, 이러한 피해가 어떠한 날씨와 관련이 높은지를 조사한다.
- 날씨에 대한 조사 결과를 바탕으로 피해를 줄이거나 예방할 수 있는 방안을 조사한다. 여기에는 예보의 정확성 및 신속성을 높이고, 일기 예보 정보를 잘 전달할 수 있는 방안 등이 포함될 수 있다. 또한, 날씨에 의한 피해를 줄이기 위해 개인, 가정 및 지역 사회의 준비 사항을 조사한다.

설명, 해결 방안 제시

- 앞 단계에서 실시한 조사 결과를 바탕으로 체계적인 해결 방안을 모색하고 이를 발표한다. 각 모둠이나 학생의 발표 결과를 토의하고 각각에 대하여 평가하며, 가장 훌륭한 대안을 찾아본다.

실행

- 앞 단계에서 의견이 모아진 가장 좋은 대안을 실천한다. 실천 사항으로는 개인적으로 일기 예보에 좀 더 관심을 가지고, 날씨에 의한 피해가 자주 일어나는 계절에 야외에서의 주의 사항 숙지하기 등이 있다. 일기 예보의 정확성을 높이기 위한 노력으로는 기상청이나 관련 부서, 또는 국회의원 등에게 일기 예보의 중요성을 알리고, 정확성을 높이기 위하여 보다 많은 예산의 투입을 강조하는 편지를 쓴다.

7. 발생 학습 수업 모형

오스본(Osborne)과 위트록(Wittrock)은 과학 학습을 자신의 기억, 지식, 경험과 입력되는 정보로부터 의미를 구성하는 ‘생성적 과정’이라고 기술하였다. 학습자가 이러한 정보를 가지고 어떤 것을 한다면, 그 ‘어떤 것’은 바로 ‘생성’ 혹은 ‘발생’이라고 할 수 있다. 즉, 학생의 지식, 논리, 경험들을 진술이나 설명의 일부와 능동적으로 관련시키는 것이고 의미를 구성하는 것이다. 이들 토대로 교사가 학생의 아이디어, 함양시켜야 할 과학적 관점, 개념을 변화시킬 수 있는 활동의 유형, 이에 관련된 상호 작용적 교수 순서를 인식하고 수업을 진행하는 발생 학습(generative learning) 수업 모형이 제안되었다.

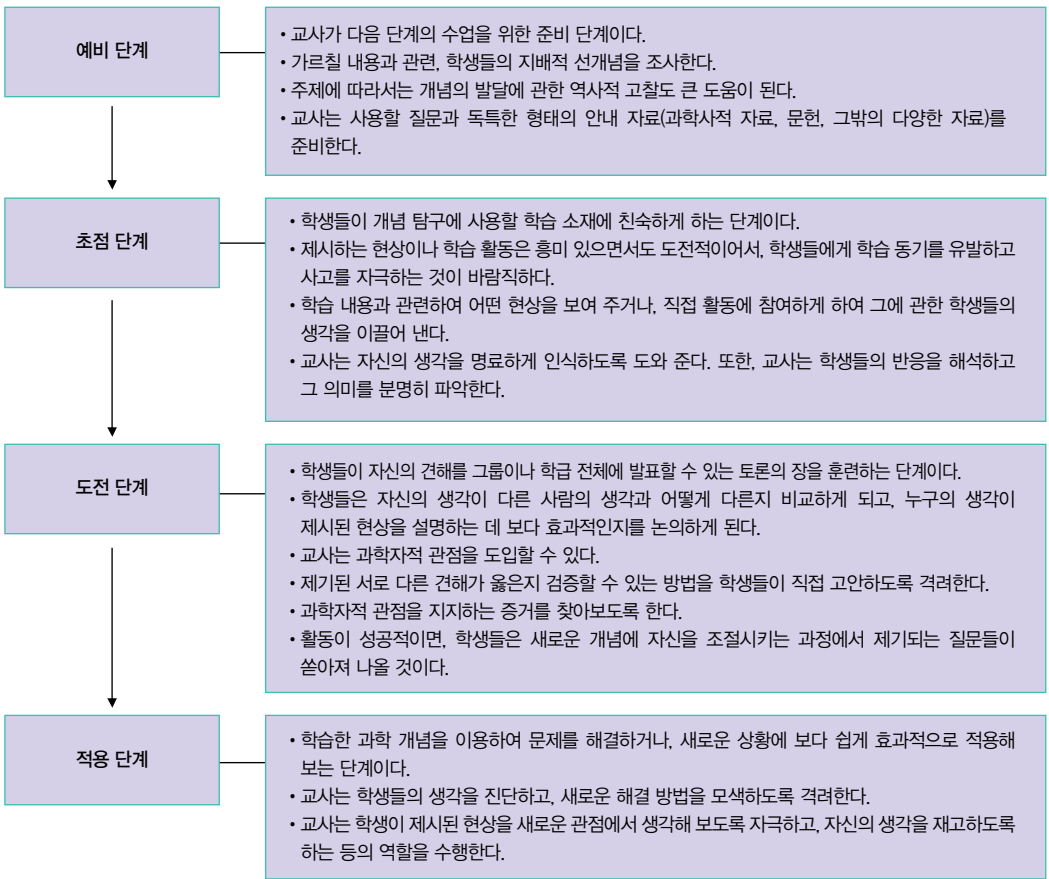
(1) 발생 학습 모형의 단계별 특성

발생 학습은 현대의 구성주의 심리학과 정보 처리 이론을 바탕으로 제안되었다. 이 이론은 인간의 인지 과정에 정보 처리적 접근을 근간으로 이루어진 것으로, 인간은 능동적 조직체로서 경험과 지식을 토대로 적극적인 활동을 통하여 새로운 개념 구조를 발생시킨다는 데 초점을 두고 있다. 성공적인

수업을 위하여 첫째, 교사가 가르치는 내용과 관련된 관점, 과학자의 관점, 학생들의 관점을 잘 이해해야 하며, 둘째, 학생들의 학습 동기를 유발하고 동시에 그들이 학습의 가치를 인식할 수 있도록 학습 내용을 일상적 상황에서 도입해야 한다. 셋째, 학습의 초기 단계에서 학생들이 자신의 생각이 다른 사람(혹은 과학자)의 생각과 어떻게 다른지 비교하며, 자신의 생각이 제시된 현상을 설명하는 데 어떤 장·단점이 있는지 논의하는 시간을 가져야 한다. 마지막으로, 학생들은 새로 형성한 개념을 정교화하고 공고히 하는 기회를 가져야 한다. 발생 학습 모형은 다음의 네 단계로 이루어진다.

그림 V - 13

발생 학습 모형의 단계와 주요 특징



이러한 발생 학습 모형을 ‘구성주의적 모형’이라고도 한다. 앞에서도 언급한 바와 같이, 학생들의 개념은 학생들의 뇌 속에서 만들어져 간다는 것을 중요시하는 견해로 학생들의 선개념을 중시한다.

발생 학습 모형을 효과적으로 활용하기 위해서는 다음과 같은 조건이 필요하다.

- ① 교사는 가르치는 내용과 관련된 자신의 관점, 과학자의 관점, 학생들의 관점을 잘 이해해야 한다.
- ② 학습 내용을 일상적 상황에서 도입해야 한다.
- ③ 자신과 남의 생각이 어떻게 다른지 서로 논의해야 한다.
- ④ 새로 형성된 개념을 정교화하고 공고히 할 수 있는 기회를 가져야 한다.

(2) 발생 학습 수업 모형의 특성

발생 학습은 새로운 지식과 기존 지식 간의 연결, 혹은 새로운 아이디어들이 개인이 이미 알고 있는

개념망에 어떻게 부합되는가에 대한 개인적 이해를 구축하는 과정이다. 발생 학습 모형의 핵심은 마음 혹은 뇌가 정보의 수동적 소비자가 아니라, 정보에 대한 자신의 해석을 능동적으로 구성하고 그들로부터 추론한다는 것이다. 학습은 정신적 활동, 즉 사고를 수반한다. 예를 들어, 학생이 과학책을 읽는 경우, 그 책에 있는 부분들이나 책의 내용과 개인적 지식 사이의 관계를 능동적으로 구축하지 않으면 단어들을 읽더라도 그 의미를 파악할 수 없다.

발생 학습에서 정신적 활동은 기억에 의하여 좌우된다고 할 수 있다. 위트록은 단기 기억 내용과 우리의 지식 베이스, 즉 장기 기억 간의 연결이 생성되어야 발생 학습이 일어난다고 주장하였다. 기억할 것을 자기 스스로 제공하면 기억이 크게 향상된다는 것이다. 사실, 새로운 지식을 구성할 토대가 되는 기존의 연결 고리를 스스로 제공하면, 그 새로운 지식을 기존의 구조에 더 효과적으로 합체시킬 수 있다. 단기 기억은 새로운 아이디어들이 위치하고 지워지는 곳이기도 하지만, 기존 지식에 연결되기도 하는 장소이기도 하다. 이러한 연결 관계가 생성되면, 그 아이디어들은 더 이상 그 개인의 단기 기억에서 유리된 채로 존재하지 않으며, 해결책을 회상해 내는 데 사용되지 않고 해결책을 구성해 내는 데 사용될 수 있다.

단기 기억에 저장된 새로운 정보와 장기 기억에 저장된 사전 지식 간의 연결 관계를 생성하는 것이 수업의 관건이라고 한다면, 어떻게 이러한 연결 관계를 생성해 낼 것인가의 문제는 매우 중요하다. 학습이 일어나려면 단기 기억에 저장된 정보를 조작하거나 변환해야 한다.

발생 학습 수업 모형의 적용

학습 주제	대기의 압력
목표	공기가 무게를 가지고 있음을 알고, 그에 따라 압력이 생김을 이해한다.
절차	예비 단계 ■ 물체는 공기의 무게에 의해 압력을 받는지, 있다면 압력의 작용을 어떻게 알 수 있는지 생각하게 한다. ■ ‘공기에 무게가 있을까?’, ‘왜 그렇게 생각하는가?’에 대한 학생들의 생각을 말해 보게 한다. 초점 단계 ■ 천칭, 풍선 등을 이용하여 각자의 생각이 옳은지 확인해 보고 발표하게 한다. ■ 공기가 누르는 힘이 어떻게 될지 생각해 보고 발표하게 한다.

도전 단계

- 빈 깡통에 물을 조금 넣고 물이 끓어 수증기가 나올 때까지 가열한 후, 깡통 뚜껑이나 테이프로 막고 식히면 어떻게 될지 예상하고, 각자의 생각을 발표한 후 누구의 생각이 맞을지 토의하게 한다.
- 실제로 실험해 보면서 어떻게 되는지 관찰하게 한다.
- 마그데 부르크의 반구 실험에 관한 과학사적 이야기를 들려 준다.
- 다음과 같이 내용을 정리한다.
 - 공기는 지표면으로부터 약 1000km 높이까지 존재한다.
 - 공기에는 무게가 있다.
 - 공기가 누르는 힘을 ‘기압’이라고 한다.
 - 기압은 모든 방향에서 작용한다.
 - ‘압력 = (수직으로 작용하는 힘)/(힘을 받는 면의 넓이)’로 나타낼 수 있다.

적용 단계

- ‘우리가 평소에 기압을 느끼지 못하는 이유’에 대해 생각해 보고 발표하게 한다.
- 공기가 무게를 가지고 있음을 알 수 있는 구체적 예들을 제시하게 한다.

8. 창의적 문제 해결(CPS) 수업 모형

과학자는 자연 세계에서 의문점을 찾아내고 그에 대한 가설을 설정하여 관련된 변인들을 동정·통제하는 방식으로 실험하며, 결과를 분석하고 일반화하여 필요한 상황에 적용하는 활동을 하므로, 과학은 창의성을 구성하는 모든 요소를 수반하고 일상생활에 영향을 미치는 과정인 동시에 결과이다.

창의적 문제 해결(CPS: Creative Problem Solving)은 어떤 문제에 대한 해결 방안이 단일한 것이 아니라 다양하고, 여러 해결 방안 중에서 최적의 것을 찾아내는 과정이다.

(1) 창의적 문제 해결 수업 모형의 단계별 특성

창의적 문제 해결이 이루어지는 과정에 대하여 오스본(Osborn)은 ‘오리엔테이션 → 준비 → 분석 → 가설 → 부화 → 종합 → 확인’이라는 7단계를 제시하였고, 파네스(Parnes)는 ‘사실 발견 → 문제 발견 → 아이디어 발견 → 해결 방안 발견 → 수용’이라는 5단계를 제안하였다. 이후에 창의적 문제 해결 분야에 매우 많은 연구가 이루어져, 다양한 모형들이 개발되어 제안되었고, 현재는 3가지 요소와 6단계로 이루어진 CPS 모형이 보편적으로 사용되고 있다(그림 V-14).

그림 V - 14

CPS 모형의 단계와 주요 특징

요소	단계	창의적 문제 해결 활동
문제 발견	관심 영역 발견	G: 문제 해결에서 고려해 볼 수 있는 기회와 도전 생성 F: 추구하고자 하는 가장 유망해 보이는 기회를 확인하여 목표 설정
	자료 발견	G: 다양한 관점에서 다양한 자료원 조사 F: 문제 해결에 가장 핵심적인 자료 결정
	문제 발견	G: 문제를 다양한 방법으로 진술 F: 구체적인 문제 진술을 선택하거나 구조화
아이디어 생성	아이디어 발견	G: 새롭고 다양한 아이디어 생성 F: 기발하거나 활용 가치가 높다고 판단되는 아이디어 선택
실행 계획	해결 방안 발견	G: 유망한 아이디어의 조직화, 분석, 개선, 강화 F: 유망해 보이는 해결 방안들을 조합, 평가하여 우선 순위를 정하거나 선택
	수용 방안 발견	G: 해결 방안을 실행하기 위한 구체적 방법 고안 F: 실행 방안과 그 결과를 평가하기 위한 구체적 계획 수립

각 단계는 모두 G(Generating)와 F(Focusing)로 이루어지는데, G는 다양한 아이디어나 방안을 창출하는 과정으로 발산적 사고를 많이 요하고, F는 이들 중에서 유용한 것을 선택하는 과정으로 수렴적 사고가 많이 관련된다.

① 문제의 이해

다루는 목표, 도전, 기회가 문제에 적절해야 한다. 즉, 생산적인 해결 방안을 찾는 데 도움이 될 수 있게 문제를 진술하거나 바른 질문을 할 수 있어야 한다. ‘문제의 이해’ 혹은 ‘도전의 이해’ 요소는 처한 문제 상황이나 관련 자료를 분석하여 해결해야 하는 문제의 핵심을 파악하기 위한 것으로 ‘관심·흥미 영역의 발견(기회의 구성)’, ‘자료 발견’, ‘문제 발견’이라는 3단계로 이루어진다.

• 관심·흥미 영역 발견(기회의 구성: constructing opportunity)

광범위하고 일반적이며 확실하게 정의되지 않은 상황에서 포괄적인 문제 해결 목표나 출발점을 확인하고 설정하는 단계로서, 문제와 관련된 개인의 흥미나 관심사를 발견하고 동기를 유발하는 단계이다.

• 자료 발견

문제를 바르게 진술하거나 이해하는 데 도움이 되는 자료를 찾는 단계로서, 관심·흥미 영역과 관련된 다양한 정보와 자료를 수집, 분류, 분석하여 문제 상황 속에 잠입되어 있는 상호관계를 찾아내며, 문제를 명확하게 이해하는 데 중요한 자료를 찾아내고 선택한다.

• 문제 발견

다양한 문제를 조작 가능하고 구체적이며 명확하게 진술하여 명시하고, 해결하고 싶거나 해결할 수 있는 문제를 선택한다.

② 아이디어 생성

‘아이디어 생성’ 요소는 문제를 해결하는 데 도움이 되는 다양하고 새로운 아이디어나 대안들을 생성해 내는 과정이다.

• 아이디어 발견

이 단계에서는 이미 만들어 놓은 ‘문제 진술’에 답하거나 해결 방안을 생성하기 위하여, 다양하고 독특한 아이디어를 많이 생성해 낸다. 많은 아이디어를 생성할수록 독창적인 아이디어가 나올 가능성이 높고, 비록 해결 방안으로 채택하기에 부적절한 아이디어라도 아이디어를 창출하는 과정에서 창의성이 향상될 수 있으므로, 가능한 한 많은 아이디어가 나올 수 있도록 해야 한다. 따라서 어느 시점에서 바람직한 해결 방안의 아이디어가 도출되더라도 성급하게 채택하기보다는 최종적인 판단을 유보하여 더 많은 아이디어가 창출되도록 하는 것이 바람직하다.

③ 실행 계획

유망해 보이는 새로운 대안이나 가능성이 다수 도출되면, 이제 이들을 유용한 해결 방안과 구체적인 실행 단계로 분석하고, 정교화시키며, 전개할 필요가 있다. ‘실행 계획’ 요소는 문제를 해결할 수 있는 구체적인 행위를 계획하고, 아이디어나 수행 방법을 수정하는 과정이다.

• 해결 방안 발견

유망한 아이디어를 분석·개발·조직화하여 정교화하는 단계이다. 즉, 아이디어를 구체적인 해결 방안으로 구성하는 단계로서, 몇몇 아이디어를 분류하고 좁히고 선택하고 강제 조합시키면서 유망

한 아이디어를 체계적으로 파악하고 발전시킨다. 이때 아이디어를 수행하는 시간, 유용성, 실현 가능성들을 준거로 그 아이디어와 관련된 지식, 가치, 행위, 아이디어에 대한 느낌, 태도 등을 다양하게 동원하여 해결 방안을 선택한다.

•수용 방안 발견

최종적으로 선택한 아이디어를 실행하기 위한 행위 계획을 수립하여 수행하는 단계이다. 이때 새로운 아이디어를 지지하는 것과 상충되는 것을 확인하고, 해결 방안과 관련된 지식이나 이론을 찾아 개발한 해결 방안을 조정하고 필요에 따라 수정한다.

(2) 창의적 문제 해결 수업 모형의 특성

효과적인 문제 해결자는 이 3가지 요소나 6개 단계를 항상 모두 사용하지 않는다. 그리고 이 요소나 단계들은 고정적인, 즉 규범적 서열이나 순서대로 사용해야 하는 것도 아니다. CPS는 중요한 문제를 고찰하는 것으로 시작된다. 개인이든 집단이든 성공적이고 생산적인 사고를 하는 데 필요하다고 판단되는 요소나 단계를 계획적으로 선별하여 사용한다. 그러므로, 이 모형은 각 요소를 선형적으로 연결된 형태가 아니라 서로 분리된 형태로 제시하였다. CPS를 규범적이고 고정적인 일련의 단계에서 설명적이고 융통적인 과정 체제로 변환시킨 것은 최근에 이루어진 연구와 경험에서 얻은 주요 성과 중 하나이다. 이러한 변환 때문에 CPS를 사용하는 사람을 안내해 줄 ‘관리 요소’가 개발되기도 하였다. 관리 요소는 ‘접근 계획’이라고도 하는데, 여기에는 ‘과제의 평정’과 ‘과정의 설계’라는 두 단계가 포함된다. 이 단계들은 개인이나 집단이 어떤 과제에 대하여 CPS를 사용하는 것이 적절한가, 만약 적절하다면 가장 효과적인 CPS의 과정 요소, 단계, 또는 도구는 어떤 것인지를 결정하는 데 도움을 준다. ‘과제의 평정’은 과제를 탐색하고 바라는 결말이나 의도하는 결과를 확인할 수 있는 기회를 제공한다. 바라는 결말의 성질을 명료화해 보면 CPS가 적합한 것인지의 여부를 결정하는 데 도움이 된다. 예를 들면, 새롭거나 기존의 것과 다른 것이 요구되지 않는 문제 상황이라면 CPS는 필요하지 않을 것이다. 결말의 중요성 수준과 과제의 즉시성, 즉 얼마나 빨리 실행해야 하는지도 CPS를 고려할 때 영향을 미치는 요인들이다.

창의적 문제 해결 수업 모형의 적용

이 모형에 대하여서는 어느 한 가지 예를 제시하는 것보다, 적절한 과학 주제에 대하여 위에서 제시한 창의적 문제 해결 모형을 이루는 3가지 요소와 6가지 단계에 따라 교사가 창의적으로 진행하는 것이 바람직하다.

VI

과학 학습의 유형

1. 강의

강의는 학습 내용에 대하여 교사가 설명하는 방식으로 이루어지는 수업 방법이다. 강의식 수업은 교사가 지식과 기능을 학생들에게 제시하면, 학생들은 그것을 듣고 생각하면서 학습하는 교수 방법이다. 강의식 수업은 교사가 어떤 개념을 설명해 준 다음, 학생들에게 질문하고 그 질문에 대한 학생들의 대답에 따라 다시 설명하는 절차를 따른다. 이 방법은 다인수 학급에 많이 사용되며 수업 내용과 목표가 단순한 지식일 경우에는 효과적일 수 있지만, 발견법이나 토론식 수업에 비해 효과가 그다지 크지 않다는 것이 일반적인 견해이다.

강의법을 이용하면 짧은 시간에 비교적 넓은 범위의 정보를 전달할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 강의식 수업이 효과적으로 이루어지기 위해서는 그것을 적용하기에 적합한 상황과 그렇지 못한 상황을 이해해야 하는데, 이를 요약하면 (표 VI-1)과 같다. 초등학교 현장의 과학 교수·학습에서는 한 차시 내내 강의법만 사용하는 것은 바람직하지 않다. 대개의 경우 강의법은 실험이나 토의 등 다른 교수·학습 전략과 함께 적용되는 것이 좋다.

표 VI-1

강의식 수업이 적절한 상황과 그렇지 못한 상황

적절한 상황	적절하지 않은 상황
■ 기본적인 정보를 제공해야 하는 수업 ■ 다른 방법을 통한 교수·학습의 전 단계에서 학습 과제에 대한 일반적인 정보와 방향을 제시할 때 ■ 학생들이 자료를 구할 수 없을 때	■ 교수·학습의 목표가 지식 습득이 아닌 다른 영역을 포함한 경우 ■ 고차원적인 학습 과제 ■ 학생들이 학습에 참여해야 하는 경우

2. 실험

(1) 실험 수업의 목적과 역할

실험은 과학의 고유한 탐구 방법으로 과학 수업을 위한 필수적인 전략이다. 대부분의 과학 교수·학습 주제는 실험이나 관련된 현상을 구체적으로 다루지 않고는 이해하기가 어렵다. 특히, 인지 발달 단계의 특성상 초등학생의 경우에는 구체적 현상을 접하고 이를 다루어 봄으로써 과학 지식과 탐구 기능을 습득할 수 있기 때문에 실험은 과학 학습에 매우 유용한 교수·학습 전략으로 활용될 수 있다.

실험은 새로운 사실을 발견하거나 이미 알려진 지식을 증명하기 위한 활동이며, 가설을 검증하기 위한 과정이다. 실험은 크게 ① 실험하기 전에는 잘 알지 못하였던 문제에 대한 해답이나 정보를 찾거나, ② 이미 알려진 과학적 사실, 개념, 일반화 등을 확증하거나 예증하는 증거를 찾는 기능을 가지고 있다. 전자의 기능을 가지고 있는 실험을 ‘탐구적 실험’, 후자의 실험을 ‘예시적 실험’이라고 한다.

다른 과목과 달리 과학 수업에서 실험이 필요한 이유와 근거는 실험의 본성, 실험의 역할 및 기능, 목

적, 실험을 통하여 얻을 수 있는 결과 등에서 찾아볼 수 있는데, 대표적인 이유는 다음과 같이 제시할 수 있다.

첫째, 과학은 구체적 대상을 다루지 않고 학생들이 이해하기 어려운 복잡하고 추상적인 내용을 많이 포함하고 있다.

둘째, 실험 활동은 학생들이 과학적 방법과 과학의 정신을 인식하는 데 도움이 된다.

셋째, 학생들은 대체로 실험 활동을 즐거워하기 때문에 실험 활동을 통하여 과학 학습 동기가 유발되고 과학에 대한 흥미를 갖게 된다.

넷째, 실험은 실생활의 문제 상황에 전이할 수 있는 일반화되고 체계적인 사고 방식을 학습할 기회를 제공한다.

즉, 실험은 추상적인 과학 지식을 가르치는 데 효과적이며, 과학의 본성을 이해하고 과학에 대한 태도를 함양하도록 하는 데 유용한 교수법이다. 현대의 인식론적 관점과 실험 목표에 관한 분석 결과를 종합해 볼 때, 학교 과학 교육에서 실험을 통한 과학 교수·학습의 목표는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 과학 지식의 획득과 이해: 과학적 사실, 개념, 법칙, 이론, 과학 지식의 특성 등
- ② 과학의 본성에 대한 이해: 과학의 목적, 가치, 방법과 과정, 과학 및 과학적 기술과 사회, 과학자의 기능과 역할 등
- ③ 과학적 태도의 함양: 과학에 대한 흥미, 호기심, 자신감, 만족감, 협동심, 개방성, 위험 부담, 책임감 등
- ④ 과학적 탐구력 배양: 과학적 사고력, 창의성, 조작적 기술 등

(2) 실험 수업의 유형

실험 수업의 방법과 유형은 실험의 학생 주도성 및 실험 수준을 고려한 개방성의 정도, 학습의 목표에 따라 달라진다.

① 개방성의 정도에 따른 실험 수업의 유형

슈왑(Schwab)은 학생들이 거쳐야 할 과정 및 그들이 수행해야 하는 활동에 대한 개방과 허용의 수준에 따라 실험을 다음과 같이 세 가지 형태로 분류하였다.

- 실험할 문제 및 그것을 해결할 방법과 수단을 가능한 한 상세히 서술해 주는 형태
- 문제는 교과서나 실험 지도서에 제시하지만, 그 문제의 정답과 방법이 개방된 형태
- 어떤 현상만 주어지고 실험할 문제, 해답, 방법은 완전히 개방된 형태

또한, 펠라(Pella)는 실험이 교사 주도적인지 학생 주도적인지에 따라 과학 실험 수업의 형태를 (표 VI-2)와 같이 다섯 가지 형태로 구분하여 제시하였다. 실험 수업 I과 II 형태의 경우 문제 진술과 가설 설정, 그리고 실험을 계획하는 것 등을 교사 주도적으로 수행하고, 학생들은 계획된 과정에 따라 실험을 수행하면서 조작적 기술을 습득하는 데에 실험의 목적을 둔다.

교사는 문제와 가설을 제시하고 이를 검증하기 위한 실험을 학생들이 스스로 설계하고 수행하게 하고자 한다면 실험 수업 III의 형태가 적절하다. 과학 수업의 목적이 과학적 방법에 대한 인식과 그 적용에 있다면, 실험 수업 형태 IV나 V는 보다 개방적인 실험 수업을 적용할 수 있다. 특히, 학생들에게 개별적으로 탐구 과제를 부과하고 스스로 문제를 탐색하고 조사하여 연구를 수행하게 하는 데 목적이 있다면, 실험 수업 형태 V가 가장 효과적이다.

한편, 헤론(Herron)은 1960년대의 탐구 중심 교육과정에서 개발된 CHEMStudy, BSCS, PSSC 등에 포함된 실험들을 조사 분석하여 실험의 종류를 (표 VI-3)과 같이 실험의 문제, 방법, 해답의 제시 여부에 따라 네 가지의 수준으로 실험 수업 유형을 구분하였다. 이것은 슈왑이 분류한 실험 유형에 0 수준의 실험 형태가 첨가된 방식으로, 문제, 실험 방법, 해답이 학생들에게 얼마나 개방되어 있는지에 기초하여 실험의 수준을 구분하고 있다.

표 VI-2

수업 주도자에 따른 실험 수업의 유형

실험 과정	수업 형태				
	I	II	III	IV	V
문제 진술	교사	교사	교사	교사	학생
가설 설정	교사	교사	교사	학생	학생
실험 계획	교사	교사	학생	학생	학생
실험 수행	교사	학생	학생	학생	학생
자료 수집	학생	학생	학생	학생	학생
결론 도출	학생	학생	학생	학생	학생

표 VI-3

실험 수준에 따른 실험 수업의 유형

실험 수준	문제	방법	해답
0	제시	제시	제시
1	제시	제시	개방
2	제시	개방	개방
3	개방	개방	개방

② 학습 목표 및 실험의 목적에 따른 실험 수업의 유형

실험 수업의 유형은 실험 수업을 통하여 얻고자 하는 학습 목표와 그에 따른 실험의 목적에 따라 서로 구분될 수 있다. 학습 목표 및 목적에 따라서는 (표 VI-4)와 같이 여섯 가지 형태로 실험 수업의 유형을 구분할 수 있다.

표 VI-4

학습 목표 및 실험의 목적에 따른 실험 수업의 유형

실험 수업 유형	실험 목적	교사의 역할
확인 실험	추상적 지식에 대한 구체적 경험을 갖게 한다.	강의나 독서를 통하여 알게 된 추상적 지식과 관련된 현상을 경험할 기회를 제공한다.
탐색 실험	새로운 자료와 현상을 인식하고 흥미를 갖게 한다.	학생들이 개방적 상황에서 새로운 자료와 현상을 탐색하고 조사하게 한다.
귀납적 실험	몇 가지의 과학적 사실을 조직하여 일반화하게 한다.	학생들 스스로 주요한 개념이나 그들간의 관계를 찾게 한다.
연역적 실험	주요한 개념이나 일반화에 의하여 주어진 현상을 설명하게 한다.	이미 학습된 포괄적 지식으로 새로운 현상을 설명, 예측, 서술하게 한다.
기능 개발	실험 활동에 필요한 기능을 습득하게 한다.	학생들이 필요한 기능을 습득할 때까지 연습할 기회와 피드백 및 도움을 제공한다.
과정 개발	과학의 문제 해결 능력을 기른다.	학생들이 문제를 해결하고 해답을 설정하는 방법에 관심을 갖고 실험 목적을 달성하는 데 어려울 경우에 직접적 도움을 준다.

확인 실험은 강의, 토의, 독서 등을 통하여 학습한 과학 개념, 법칙, 이론 등을 증명하거나 확인하는 데 목적이 있다. 탐색 실험은 학생들에게 새로운 개념이나 자료를 경험할 수 있는 기회를 제공하여 흥미와 관심을 고취시키는 데 목적이 있다. 귀납적 실험은 구체적인 사실로부터 주요한 과학적 사실, 개념, 법칙, 이론 등을 발견하게 하는 실험 형태로서, 구체적인 사실들을 유의미한 개념으로 조직하여 일반화하는 방법을 학습하게 하는 데 목적이 있다. 초등학생 수준에서 이론까지 발견하기는 어렵지만 법칙과 같은 일반화 수준까지의 발견은 가능하다. 연역적 실험은 과학적 법칙이나 이론 등의 일반화된 명제로부터 구체적인 사실을 연역적으로 추론하거나 예측하는 실험의 형태이다. 기능 개발 실험은 실험 활동에 필요한 실험 기능, 탐구 기능들을 습득하는 데 목적을 두는 방법이고, 과정 개발 실험은 전반적인 과학의 문제 해결 능력을 기르고자 하는 방법이다.

(3) 시범 실험 수업

초등학교의 경우 학생들이 실제로 수행해 볼 수 있는 실험이 교과서에 제시되어 있는 경우가 대부분이지만, 실험 시 안전이 문제가 되거나 학생들이 직접 실험을 해 보기에는 가격 등의 문제로 실험 준비가 어려울 때, 또는 실험이 너무 복잡한 경우 등에는 교사가 대표로 시범 실험을 실시할 수도 있다.

시범 실험은 과학적 현상과 주제에 관한 구체적인 예시를 보여 주기 위하여서도 사용되며, 학생들에게 인지적 갈등이나 동기를 유발하기 위하여서도 사용된다. 시범 실험에서는 주로 교사가 대표로 실험 도구를 다루며, 일련의 절차에 따라 직접 실험을 수행한다. 그 과정에서 교사는 실험 과정과 그 이유를 설명하고, 질의 응답이나 직접 설명을 통하여 실험 과정에서 일어나는 현상을 학생들에게 설명할 수 있다.

시범 실험은 일반 실험과 마찬가지로 학생들에게 실제로 사물이나 현상을 보여 주면서도 시간이나 비용면에서 경제적인 방법이다. 또한, 안전사고의 위험도 많이 줄일 수 있다. 시범 실험은 이러한 필요에 의하여서 직접적인 실험의 대안으로 이용되지만, 학생들이 직접 실험을 수행하는 것과 동일한 효과를 나타내지는 못한다. 시범 실험은 교수·학습 결과에 있어서도 학생들이 직접 수행하는 실험과는 차이가 있다. 시범 실험 수업에서 학생들은 실험을 직접 수행하는 것이 아니라 교사의 시범을 관찰하기만 하기 때문에 수업에 수동적으로 임할 수 있으며, 과학의 과정을 깊이 있게 경험하지 못할 수 있다는 단점이 있다. 시범 실험은 이러한 장단점에 대한 인식을 토대로 이루어져야 한다.

시범 실험이 제대로 역할을 수행하기 위하여 교사는 다음과 같은 점을 유의해야 한다. 첫째, 시범 실험을 통해 달성하고자 하는 목표를 명확히 해야 한다. 둘째, 시범 실험은 교실 안에 있는 모든 학생들이 쉽게 볼 수 있어야 한다. 셋째, 시범 실험 도구는 가능한 한 간단해야 한다. 복잡한 도구는 시범 실험으로서의 의미를 달성하지 못할 가능성이 높다. 넷째, 시범 실험은 가능한 한 실물을 이용하여 실제로 현상이 일어나게 해야 하며, 실수나 실패가 없어야 한다. 이를 위하여 교사가 사전 실험을 반드시 실시해야 한다. 다섯째, 시범 실험은 수업의 한 부분으로서 이를 위한 적절한 시간이 배당되어야 한다.

3. 토의

교과학적 활동은 본질적으로 사회적이고 협동적인 과정으로 이루어지기 때문에 다른 사람과의 상호 작용이 매우 중요하다. 토의는 어떤 주제에 대하여 서로의 의견을 주고받고 협의하는 상호 작용 과정으로서, 과학에서 매우 유용한 교수·학습 전략으로 활용되고 있다.

토의는 과학 탐구와 학습의 과정에서 문제를 해결하기 위하여 의견을 교환하고 서로의 견해를 명료화하는 것이다. 토의는 사고와 의사소통 기술을 바탕으로 하기 때문에, 토의 과정을 통하여 과학의 내용과 탐구 방법을 보다 자세하고 깊이 있게 이해할 수 있다. 토의 수업에서는 교사가 학생들에게 문제를 제시하면 학생들은 그 문제에 대하여 생각해 보고, 서로의 의견을 논의하고 발표하고 대응하는 과정을

거치게 된다. 이러한 과정을 통하여 자신과 다른 학생들의 지식 및 사고 과정을 평가하고 분석하며 종합하는 능력을 키우게 된다. 토의는 학생들의 능동적인 수업 참여와 과학에 대한 이해 증진에도 효과적이다. 또한, 토론의 과정에서 학생들 상호 간의 이해를 향상시키고 협동심과 의사소통의 기능 등을 신장시킬 수 있다. 토론은 학생들의 사고 활동을 고무하고 생각과 표현의 기회를 넓혀 줌으로써, 의사 결정이 많이 요구되는 현대 사회에서 민주 시민으로서의 자질을 키우는 데 효과적이다.

그러나 잘 준비되지 못한 토의 수업은 오히려 시간 낭비가 될 수 있으며 수업의 목표를 달성하는 데 효과적이지 못할 수도 있다. 토론 수업이 활발하고 효과적으로 이루어지기 위해서는 교사가 조성하는 분위기가 매우 중요하기 때문에, 교사는 학생들이 자신의 의견을 자유롭게 개진할 수 있는 분위기를 조성하고, 토론을 하기에 적합한 문제를 제시한다. 또한, 학생들이 토론을 위한 기본 정보를 준비할 수 있도록 하며, 토의 지도를 위한 기술을 갖추 필요가 있다.

4. 조사

조사는 탐구할 문제에 대하여 관련된 자료를 찾고 탐색하는 것이다. 조사는 관련된 장소나 현장에서 직접적인 관찰과 경험을 통하여 수행할 수도 있고, 책이나 문헌, 인터넷을 활용한 간접적인 경험을 통하여 수행할 수도 있다. 또한, 조사의 목적에 따라 문제와 관련된 여러 가지 현상을 관찰하고 필요한 정보를 수집하는 조사 활동도 있고, 변인들 사이의 인과 관계를 규명하기 위하여 수행하는 조사도 있다.

과학 원리가 적용된 실생활의 예를 조사하거나, 생활 속의 쓰레기 양을 조사하는 등의 활동은 관찰이나 측정을 통한 자료 수집과 분석이 중심이 되는 조사 활동이다. 이러한 조사 활동은 견학 및 탐방과 유사하다고 할 수 있다. 반면, 인과 관계를 밝히기 위한 조사는 실험을 통하여 이루어지는 경우가 많다. 실험을 통한 조사를 수행할 때에는 탐구 문제를 명확하게 규명하고, 이를 위하여 실험 계획을 수립하고, 예상, 가설 설정, 실험 설계를 기초로 실험을 수행하고, 실험을 통하여 수집한 자료를 분석하고 해석함으로써 탐구 문제에 대한 결론을 도출하게 된다. 대부분의 조사는 개인으로 이루어지기보다는 모둠 활동으로 진행되기 때문에 적절한 역할 분담과 의사소통이 요구된다.

실험이나 관찰 학습이 이루어지기 힘든 경우나 이러한 조사를 위한 기본 자료 수집이 필요한 경우에는 문헌 조사를 수행할 수도 있다. 문헌 조사는 책이나 관련 서적, 신문, 잡지 등 다양한 자료를 활용하여 이루어질 수 있으며, 인터넷을 통한 조사도 가능하다. 이러한 조사의 경우 자료의 출처를 명확하게 밝히고 타인의 자료를 표절하지 않는 윤리 의식을 염두에 두고 수행하는 것이 매우 중요하다.

5. 견학

견학은 학교 교실이라는 제한적인 환경을 벗어나서 학생들에게 실제적인 학습 경험을 제공하여 우리 주변의 자연 세계와 기술적 세계를 더 잘 이해시켜 줄 수 있는 수업 방법이다. 견학은 현장 학습, 야외 학습, 과학 탐방 등으로 표현되는 다양한 활동을 포함한다. 견학을 통하여 학생들은 자연물이든 인공물이든 교실에서 다룰 수 없는 많은 것을 직접 학습할 수 있다.

견학이 이루어질 수 있는 장소는 다양하다. 식물과 동물을 직접 관찰할 수 있는 식물원이나 수목원, 늪지, 동물원 등이 있고, 화석과 광물을 볼 수 있는 자연사 박물관들도 매우 유용한 견학 장소이다. 또한, 발전소·정유 공장·교통 박물관 등을 통하여 전기와 소리, 빛에 관한 학습을 할 수 있으며, 정수장·쓰레기 처리장·하수 처리장 등을 통하여 물질의 분리 및 정제 과정을 학습할 수도 있다. 이 밖에도 기상청·과학관·전통 과학 기술과 관련된 박물관, 그리고 우리 선조들이 남긴 문화 유산들도 견학을 할

수 있는 유용한 장소들이다. 우리 생활의 어느 부분도 과학이 관여되지 않은 곳이 없음을 고려할 때, 과학과 직접적으로 관련 있는 장소는 물론이고, 일상적으로는 과학과 무관한 곳으로 생각하였던 곳에서 과학을 찾고 느끼는 것도 의미 있는 활동이 될 것이다. 견학 장소나 현장을 직접 방문하여 학습하는 것은 교실에서 비디오나 강의를 통하여 공부하는 것보다 훨씬 더 많은 학습을 효율적으로 유도할 수 있다. 또한, 방문과 체험을 통하여 학생들이 이들 장소를 접함으로써 학생들에게 즐겁고 기억에 오래 남는 학습 경험이 될 수 있다.

견학은 학교를 떠나 수행되는 경우가 대부분이기 때문에 견학을 통한 학습을 수행할 때에는 여러 가지 요소들을 충분히 고려하고 철저하게 준비하는 과정이 매우 중요하다. 학생들의 안전사고는 물론이고, 견학이 단순히 야외에 나가서 시간을 보내는 활동에 그치지 않고 의미 있는 경험을 제공하는 과학 학습의 장이 되도록 하기 위하여서는 교사들의 각별한 준비가 필요하다. 견학 활동을 효과적으로 수행하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려할 필요가 있다.

- (1) 교사는 견학 장소의 위치, 소요 시간, 부대 시설 등을 미리 점검해야 한다.
- (2) 견학은 교실 수업에 비해 소요 시간과 비용이 더 많이 드는 만큼 단일 교과나 단일 차시의 목표를 달성하기 위한 활동을 수행하기보다는 통합 교과적 학습 목표를 세우고 효율적으로 운영할 필요가 있다.
- (3) 견학 장소에서 제공하는 안내 자료, 홈페이지 등을 미리 확인·점검하여 이를 충분히 활용하도록 한다.
- (4) 견학과 관련하여 활동의 목표와 내용을 명확하게 하고, 탐구할 문제나 관찰할 사항, 생각할 문제 등을 제시하는 활동지를 준비하여 학생들이 견학 활동에 보다 잘 임할 수 있도록 한다.
- (5) 학생들의 안전사고에 특별히 유념하여 지도하며, 안전사고에 대한 사전 지도를 충분히 해야 한다.
- (6) 인솔 교사의 수를 충분히 확보하고, 학생들을 모둠으로 편성하여 견학 시 서로 도움을 주고받을 수 있도록 한다.

견학은 큰 행사이기 때문에 위의 사항들을 비롯하여 사전 준비를 철저히 해야 한다. 견학 전에 수업 활동을 미리 계획하고, 학생들에게 목표, 행동 수칙, 유의 사항 등을 주지시켜야 한다. 그리고 교사와 학생들은 견학 현장에서 해야 할 일을 정확하게 알고 있어야 한다. 견학을 마치고 돌아와서는 견학을 통하여 조사한 내용을 발표하거나 연관된 후속 활동을 수행함으로써 견학의 효과를 극대화시켜야 한다.

6. 과제 학습

과제 학습은 한 학기에 한두 번 정도 학생들이 스스로 연구 문제를 정하고, 이를 위한 탐구 방법이나 조사 방법을 설계하고 수행하여 연구 결과를 얻고 문제를 해결하는 활동을 의미한다. 교과서에 제시된 대부분의 활동들은 주어진 차시 내에 수행될 수 있는 간단한 활동이거나 탐구 문제와 방법이 제시되어 학생들이 이에 따라 탐구를 수행하면서 결과를 얻는 수렴적인 과정으로 이루어진다. 따라서 과제 학습에서는 평소에 학생들이 과학 수업에서 많이 수행해 보지 못하는 주제에 대하여 비교적 오랜 시간에 걸쳐 자기 주도적으로 수행하도록 하는 것이 좋다. 과제 학습의 주제는 학생들이 스스로 정할 수도 있지만 교사가 제시해 줄 수도 있다. 그러나 주제에 접근하여 문제를 해결하는 방법은 최대한 학생들이 스스로 계획하고 수행하는 것이 바람직하다.

VII

과학 학습의 평가

1. 과학 학습 평가의 기능과 목적

과학 학습 평가의 기능과 목적은 크게 학생에 대한 평가와 교사의 교수·학습 활동에 대한 평가로 구분할 수 있다. 과학 학습 평가의 첫 번째 중요한 목표는 학생들이 알고 있는 것과 학생들이 할 수 있는 것에 대한 정보를 얻고 해석하는 것이다. 이러한 학생에 대한 평가를 통하여 학생 개개인의 과학 학습의 수준을 알 수 있으며, 학습이 어떻게 진전되고 있고 학습의 결손이 있는 부분이 있는지를 파악할 수 있다. 또한, 학생들의 과학 분야의 재능을 파악함으로써 진로 선택 등에 도움을 줄 수도 있다.

과학 학습 평가의 두 번째 중요한 목표는 교사의 교수·학습 방법이나 교육 내용을 평가하고 개선하는 것이다. 과학 학습 평가 결과는 학생의 능력이나 상태뿐만 아니라 이들을 가르치는 교사의 교수·학습 방법의 효과가 반영되어 있다. 평가 결과를 검토하여 교사는 의도하는 수업 목표가 달성되었는지, 교수·학습 방법에 문제가 있는지 등을 점검할 수 있다. 교사의 교수·학습 방법에 대한 보다 정확한 정보를 얻기 위해서는 학생들과의 면담이나 설문 등을 이용할 수 있다. 교수·학습 방법의 개선은 단기간에 이루어질 수 있는 것이 아니기 때문에 학습 평가 결과와 자기가 의도한 바가 어느 정도 일치하는지를 지속적으로 파악해야 한다.

과학 학습 평가의 기능과 목적이 올바르게 수행되기 위해서는 과학 교육이 지향하는 목표를 인지하고 이를 체계적으로 구조화한 평가틀을 마련하며 이를 활용하여 체계적인 평가가 이루어져야 한다. 또한, 다양한 평가 방법을 통하여 학생들의 학습을 다각적으로 파악하고 분석할 필요가 있다.

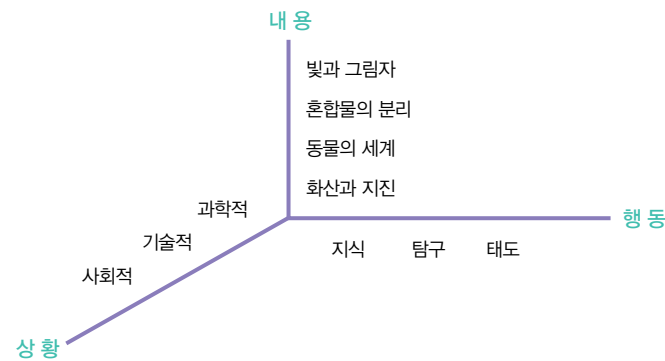
2. 과학 학습 평가틀

과학 학습 평가틀은 체계적인 평가 계획에서 반드시 필요한 중요한 부분이다. 과학 학습 평가틀에는 2차원 평가틀과 3차원 평가틀이 있다. 2차원 평가틀은 흔히 이원분류표라고 부르며 [표 VII-1]과 같이 내용과 행동 차원으로 구성되어 있다. 3차원 평가틀은 내용과 행동 차원에 상황 차원을 추가한 것이다(그림 VII-1).

표 VII - 1

과학 학습 평가를 위한 이원분류표의 예

내용 \ 행동	지식			탐구					태도	
	기억	이해	적용	관찰 측정	탐구 설계	자료 수집	자료 해석	결론 도출	과학 태도	과학적 태도
빛과 그림자										
혼합물의 분리										
동물의 세계										
화산과 지진										



2차원이나 3차원 평가틀에도 그 세부 영역을 구분하는 방식은 다양할 수 있다. 다양한 평가틀 중에서 평가의 목적과 평가하고자 하는 내용이나 상황에 가장 적합하다고 생각되는 것을 선택할 필요가 있다. 적절한 과학 학습 평가틀을 선택하는 것은 바람직한 과학 학습 평가를 위한 중요한 바탕이 된다.

3. 과학 학습 평가의 영역

평가의 영역을 결정하는 것은 평가의 전체적인 방향을 결정할 수 있기 때문에 매우 중요하다. 과학 학습 평가의 영역을 내용, 행동, 상황의 차원으로 세분한다고 할 때, 각 영역에 대하여 간단히 살펴보도록 한다.

(1) 내용 차원

내용 영역은 흔히 교과서의 단위이나 차시를 중심으로 구성한다. 평가 목적이나 주기에 따라 내용을 얼마나 자세하게 세분할 것인가는 달라질 수 있다. 한 학기에 한 번 평가하는 경우와 한 달 또는 한 단원에 한 번 평가하는 경우는 내용 영역의 세분화 정도가 달라지게 되며, 평가 주기가 짧을수록 내용이 더 세분화되는 경우가 많다.

(2) 행동 차원

일반적으로 행동 영역은 과학 지식, 과학 탐구 능력, 그리고 과학 태도의 세 영역으로 구분된다.

① 과학 지식

과학 지식 영역의 평가틀로는 블룸(Bloom)의 인지적 영역 평가틀이 가장 흔히 이용된다. 블룸은 인지적 영역의 평가 목표를 지식, 이해, 적용, 분석, 종합, 평가의 여섯 단계로 나누었다. 최근 앤더슨(Anderson) 등은 블룸의 평가틀을 수정하여 인지적 영역을 지식과 인지적 과정이라는 두 측면으로 구분하는 이차원의 틀로 수정, 보완하였다.

지식 측면	인지적 과정 측면					
	1. 기억하기	2. 이해하기	3. 적용하기	4. 분석하기	5. 평가하기	6. 창의하기
A. 사실적 지식						
B. 개념적 지식						
C. 절차적 지식						
D. 초인지적 지식						

이 평가틀에서 지식 측면은 사실적 지식, 개념적 지식, 절차적 지식, 초인지적 지식의 4가지 하위 영역으로 세분된다. 인지적 과정 측면은 지식의 속성보다는 인지적 활동과 관련된 것으로 블룸이 제시한 인지적 요소에서 ‘창의하기’를 더 포함한 6가지 영역으로 세분되었다. 각 측면의 하위 요소들은 다음과 같다. 과학 내용 영역의 평가에 이러한 상세한 틀이 이용되기도 하지만 일반적으로는 지식, 이해, 적용의 세 가지 수준 또는 이해, 적용의 두 가지 수준으로 과학 지식 영역을 구분하는 경우가 많다.

■ 지식 측면

A. 사실적 지식: 과학 및 과학과 관련된 문제 해결을 위해 필수적으로 알아야 하는 기본적인 지식 A1. 용어에 관한 지식 A2. 구체적인 세부적인 내용 및 요소에 관한 지식
B. 개념적 지식: 구성 요소들 사이의 관계에 대한 지식 B1. 분류와 범주에 관한 지식 B2. 원리와 일반화에 관한 지식 B3. 이론, 모형, 구조에 관한 지식
C. 절차적 지식: 탐구를 수행하는 방법, 기능, 기술 등에 관한 지식 C1. 과학에 관련된 기능에 관한 지식 C2. 과학적 기술과 방법에 관한 지식 C3. 적절한 절차를 적용하는 것을 결정하는 것에 관한 지식
D. 초인지적 지식: 일반적인 인지 및 인식에 관한 지식이나 자신의 인지에 관한 지식 D1. 전략적 지식 D2. 적절한 상황과 조건에 관한 지식 D3. 자아에 관한 지식

■ 인지적 과정 측면

1. 기억하기: 학습한 내용을 알고 회상하기 1.1 인지하기 1.2 회상하기
--

2. 이해하기: 말이나 글, 표, 그림 등과 같은 자료의 의미를 파악하기 2.1 해석하기 2.2 예시하기 2.3 분류하기 2.4 요약하기 2.5 추론하기 2.6 비교하기 2.7 설명하기
3. 적용하기: 새로운 상황에 개념을 이용하거나 응용하기 3.1 실행하기 3.2 적용하기
4. 분석하기: 자료를 구성 요소로 세분하고 각 요소와 다른 요소 및 전체와의 관련성 파악하기 4.1 변별하기 4.2 조직하기 4.3 속성 파악하기
5. 평가하기: 자료나 방법의 가치를 판단하기 5.1 점검하기 5.2 비판하기
6. 창의하기: 새로운 아이디어를 생성하고 산출하기 6.1 아이디어 생성하기 6.2 아이디어 계획하기 6.3 산출물 생산하기

② 과학 탐구 능력

과학 탐구는 자연 현상에서 문제를 발견하고 이를 해결해 나가는 과정이다. 문제를 해결하기 위해서는 학습한 내용을 기계적으로 적용하는 것이 아니라 문제의 특성을 이해하고, 해결 방안을 모색하는 과정이 필요하다.

과학 탐구를 성공적으로 수행하는 과정에는 여러 가지 능력이 필요한데, 이에 대하여 체계적으로 정리해 놓은 것이 과학 탐구 능력 평가틀이다. 과학 탐구 능력에 대한 평가틀도 여러 가지가 있는데, 일반적으로 많이 이용되는 것 중 하나는 클로퍼(Klopfer)의 평가틀이다. 클로퍼는 과학 탐구 과정을 크게 4가지로 구분하고 각각에 대하여 필요한 탐구 능력을 다음과 같이 제시하였다.

과학적 탐구 I. 관찰과 측정 • 물체와 현상의 관찰 • 관찰 사실의 언어적 표현 • 물체와 그 변화의 측정 • 측정 도구의 선택 • 측정의 합당성 평가와 오차의 한계 인식

과학적 탐구 II. 문제 발견과 해결 방안 모색 • 문제의 인지 • 실험 가설의 설정 • 가설 검증 방법 선택 • 실험 과정의 설계
과학적 탐구 III. 자료의 해석 및 일반화 • 실험 결과의 처리 • 실험 결과를 함수적 관계로 나타내기 • 실험 결과의 해석 • 외삽과 내삽 • 가설의 검증 • 일반화
과학적 탐구 IV. 이론적 모델의 형성, 검증 및 수정 • 이론적 모델의 필요성 인식 • 모델이 만족되는 관계의 구체화 • 이론적 모델로부터 새로운 가설의 도출 • 모델 검증의 해석과 평가 • 모델의 수정 및 확장

③ 태도

과학 태도는 크게 과학에 대한 태도와 과학 학습에 대한 태도, 그리고 과학적 태도로 구분할 수 있다. 이들은 유사해 보이고 실제로 서로 관계가 깊지만 동일하지는 않다. 과학에 대한 태도는 과학에 대한 느낌, 신념, 가치관, 의견 등과 같이 과학이나 과학과 관련된 문제에 대한 긍정적 또는 부정적 성향을 말한다. 과학 학습에 대한 태도는 과학을 배우는 것에 대한 흥미와 호기심 등을 말하며, 과학적 태도는 일반적으로 훌륭한 과학자의 특징을 일컫는 것으로 개방성, 호기심, 정직성, 객관성, 비판성, 협동성 등이 포함된다.

(3) 상황 차원

상황 또는 맥락은 최근 들어 많은 관심을 받고 있는 것으로, 학교에서 학습한 과학을 일상생활에서 제대로 활용할 수 있어야 한다는 최근의 사회적 요구와 관련이 있다. 과학적 소양 증진이라는 과학 교육의 목표를 고려할 때, 학교에서 학습한 과학 지식을 일상적·사회적·기술적 상황에서 활용할 수 있는 능력을 증진시키는 것은 중요하다. 따라서 과학적 상황뿐 아니라 일상적·사회적·기술적 상황에서도 학습한 내용을 활용할 수 있는 능력을 평가할 필요가 있다.

4. 과학 학습 평가의 방법

(1) 지필 평가

과학 학습 평가의 방법 중 지필 평가는 학생들의 능력을 쉽고 신속하게 측정하는 데 효과적이다. 지필 평가 방법은 주로 학생들의 지적 성취를 측정하지만, 탐구 능력이나 태도와 같은 다른 능력도 평가

할 수 있다.

지필 평가는 채점자의 판단 개입 여부에 따라 주관식과 객관식으로 구분하며, 피험자의 반응에 따라 선택형과 서술형으로 구분하기도 한다. 선택형은 주어진 답지 중에서 정답을 선택하는 형태이며, 서술형은 정답을 학생들이 스스로 작성하는 것이다. 선택형에는 선다형·진위형·연결형·조합형이 있으며, 서술형에는 단답형·완성형·논술형이 있다.

선다형은 여러 개의 답지 중에서 정답을 고르도록 하는 형태의 문항으로 문두와 2개 이상의 답지로 구성된다. 선다형은 정답지의 성격에 따라 정답형·최선답형·다답형·부정형으로 구분된다. 진위형은 제시된 진술문의 옳고 그름을 판단하게 하는 형태이다.

연결형은 지시문과 전제부, 그리고 답지부로 구성되어 있으며, 지시문의 지시에 따라 전제부와 답지부에서 가장 적합한 항목끼리 서로 연결하거나 기호를 써 넣는 방식이다. 조합형은 선다형과 유사하게 문두와 답지부로 이루어져 있으며 여기에 보기가 추가된다.

단답형은 짧은 답안을 써 넣도록 하는 문항의 형태이다. 선다형과 비교할 때 문두는 있지만 답지부가 없다. 완성형은 단답형과 거의 동일하며 다만 문두의 형태가 완성된 형태의 문장이 아니라 불완전 문장이라는 점에서 차이가 있다. 논술형은 주어진 주제에 대하여 문장 형태로 답을 기술하는 형태의 방법을 말한다.

(2) 과학 학습 수행 평가

학생들의 과학 학습 성과를 평가하기 위해서는 지필 검사만으로는 충분하지 못하다. 수행 평가는 학생이 해답을 구하거나 무엇을 만들어 냈으로써 능력이나 지식을 드러내 보이도록 요구하는 여러 가지 종류의 검사 방법들을 통틀어 말한다. 즉, 수행 평가는 학생이 답안을 구성하거나 학생의 행동으로 나타내는 것을 통하여 지식이나 기능을 직접적으로 측정하고 평가하는 방법이다. 서술형 검사, 실험 실기 평가, 관찰 평가, 면담 평가, 토론 평가, 과제형 평가, 포트폴리오 평가 등 학교 현장에서 사용하는 다양한 평가 방법들이 수행 평가에 해당한다.

① 서술형 평가

서술형 평가 혹은 논술형 평가는 학생들이 문제에 대한 지식이나 의견 등을 직접 서술하도록 하는 평가 방식이다. 서술형 평가는 글로 표현된다는 점에서 지필 평가의 한 유형이기도 하지만, 글을 통하여 학생들의 수행을 평가한다는 관점에서는 수행 평가의 한 유형이 되기도 한다.

서술형 및 논술형 평가의 가장 큰 특징은 학생으로 하여금 자신의 생각이나 의견을 직접 서술하도록 하기 때문에 창의성, 문제 해결력, 비판력, 판단력, 통합력, 정보 수집력 및 분석력 등 고급 사고 기능을 쉽게 평가할 수 있다는 것이다.

논술형 평가도 일종의 서술형 평가이기는 하지만, 개인의 생각이나 주장을 논리적이면서도 설득력 있게 조직하여 작성해야 함을 강조한다는 점에서 일반 서술형 평가와 구분하기도 한다. 대체로 서술형 평가에서는 서술된 내용의 정확성과 깊이에 관심이 있다. 반면에 논술형 평가는 분량이 상대적으로 많으며, 글의 깊이와 내용뿐만 아니라 글을 조직하고 구성하는 표현 능력이나 논리적인 일관성 등에도 관심이 있다.

② 실험 실기 평가

실험 실기 평가는 학생들로 하여금 직접 실험 실습을 수행하게 하고, 교사가 학생들의 실험 실습 과정을 관찰하여 평가하는 것이다. 실험 실기 평가는 그 결과를 보고서로 작성하게 하여 보고서 평가와 병행하여 이루어지기도 한다. 실험 실기 평가는 실험 도구의 조작 능력이나 실험 실습 태도, 과학 지식을 적용하는 능력이나 문제 해결 과정에 대하여 포괄적이면서도 종합적으로 평가할 수 있다. 실험 실기 평가는 개인 단위로 이루어질 수도 있고 소집단을 구성하여 공동으로 실시할 수도 있다.

③ 관찰 평가

관찰 평가는 학생의 행동이나 활동을 직접 관찰하여 평가하는 방법이다. 관찰 평가는 주로 학생들의 활동을 방해하지 않고 의도적인 평가 상황을 조성하지 않은 상태에서 교사가 자연스럽게 학생들을 관찰하는 것을 통하여 이루어진다. 관찰 평가는 개별 학생 단위로 이루어질 수도 있고 소집단 단위로 이루어질 수도 있다.

과학 교육에서 관찰 평가는 탐구 능력이나 태도를 평가하는 데 이용될 수 있다. 학생들이 탐구를 수행하는 과정을 관찰을 통하여 평가하면 지필 검사를 통한 평가보다 더 타당한 평가가 될 수 있으며, 지필 검사에서 평가하지 못하는 학생의 탐구 수행 능력이나 의사소통 능력, 탐구에 임하는 태도 등을 종합적으로 평가할 수 있다.

학생의 모든 사고와 능력이 관찰 가능한 행동으로 나타나는 것은 아니기 때문에 관찰을 통하여 평가하기가 어려운 부분이 있다. 또한, 평가자인 교사의 주관에 의존하는 부분이 있기 때문에 평가의 객관성이 결여될 수 있는 단점도 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서는 교사가 사전에 관찰을 통하여 평가하고자 하는 목표를 구체화하고, 평가 기준을 상세하게 결정하고, 이 기준에 기초하여 평가를 수행할 필요가 있다.

보다 객관적이고 정확한 관찰을 하기 위해서는 관찰 대상을 있는 그대로 기술하는 일화 기록법이나 관찰하고자 하는 행동들에 대한 구체적인 진술들로 구성된 관찰 요소에 대한 체크리스트 등을 사용하는 것이 좋다. 그리고 필요에 따라서는 비디오 녹화를 통한 사후 관찰 평가를 병행하는 것도 좋다.

④ 면담 평가

면담 평가란 교사가 학생과의 대화를 통하여 알고자 하는 자료나 정보를 수집하여 평가하는 방법이다. 교사가 학생들과 직접 대면하여 질문을 하고, 학생이 여기에 대답하는 과정과 내용을 평가함으로써 지필 검사나 관찰 평가 등으로는 구체적으로 파악할 수 없는 사항들을 평가할 수 있다.

면담 평가는 인지적인 측면은 물론 정의적인 측면도 함께 평가할 수 있는 방법으로, 학생들의 인지적·정의적 상태에 대하여 보다 심도깊은 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 좀 더 융통성 있는 면담 평가의 경우에는 질문에 대한 학생들의 반응에 따라서 적절한 후속 질문 등을 제시함으로써 학생들에 대한 심층적인 평가가 가능하다는 장점도 있다.

⑤ 토론 평가

토론 평가는 특정 주제에 대하여 학생들이 서로 토론하는 과정을 보고 평가하는 것이다. 토론 평가에서는 어떤 주제에 대한 찬반 토론을 수행하는 경우가 많다. 찬반 토론은 교사가 서로 다른 의견을 제시할 수 있는 상황의 토론 주제를 제시하면 여기에 대한 자신의 입장을 정하고 서로 논의를 하는 방법이다. 찬성 또는 반대 의견을 토론하기 위하여 사전에 준비한 자료의 다양성이나 충실성, 토론 내용의 충실성과 논리성, 반대 의견을 존중하는 태도, 토론 진행 방법 등을 총체적으로 평가할 수 있다.

토론 평가는 서술형 평가나 면담 평가를 통하여 얻을 수 있는 정보와 유사한 정보를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 타인과의 의사소통 상황에서 자신의 의견을 논리적이고 타당하며 설득력 있게 제시할 수 있는 능력, 의사소통 능력, 토론 태도 등도 평가할 수 있는 장점이 있다. 그러나 토론에 참여하는 학생 수가 많을 경우에는 개별 학생들이 충분한 발언 기회를 갖지 못하게 되어 평가에 제약이 따르는 단점도 있다.

⑥ 과제형 평가

과제형 평가 방법은 시간이나 장소의 제한을 비교적 받지 않고 개인 또는 소집단별로 탐구를 수행하게 하고 이와 관련된 탐구 과정, 지식, 태도를 종합적으로 평가하는 방법이다. 과제형 평가는 실험 실기 평가에 비하여 학생들이 스스로 탐구를 계획하고 주도적으로 수행하는 등 탐구에 대하여 보다 많은 책임을 가지고 있어, 개방형 과제의 형태인 경우가 많다.

이러한 과제형 평가의 경우 특정 탐구 과정에 국한되는 것이 아니라 종합적으로 탐구 능력을 평가할 수 있는 장점이 있다. 과제형 평가에서는 과제 수행 과정과 수행 결과를 모두 고려할 필요가 있으며, 어느 측면에 보다 많은 비중을 둘 것인지, 그리고 수행 과정이나 결과에서 어떠한 요소들을 중심으로 평가할 것인지 등에 관한 평가의 관점과 원칙이 마련되어야 한다.

⑦ 포트폴리오 평가

포트폴리오는 학생의 학습을 입증할 수 있는 학생들의 작품, 수행 결과, 기록물 등을 모아 놓은 것을 의미한다. 포트폴리오 평가란 학생들의 과학 학습의 과정에서 이루어진 수행물들을 지속적이면서 체계적으로 모아둔 개인별 작품집 혹은 서류철을 이용하여 평가하는 방법이라고 할 수 있다. 이러한 점에서 포트폴리오 평가는 다른 평가와 달리 학습 활동과 평가가 분리되어 있는 것이 아니라 서로 밀접하게 연계되어 있는 대표적인 평가 방식이라고 할 수 있다.

포트폴리오 평가의 장점은 평가를 하는 동안 수업과 연계시켜 학생의 성취도를 평가할 수 있다는 것이다. 또한, 지속적인 자기 학습의 과정물을 모으고 이를 반성적으로 고찰하는 과정을 통하여 학생들은 자신들의 강점과 약점을 파악할 수 있으며, 보다 능동적이고 책임감 있게 학습에 참여할 수 있다.

5. 과학 학습과 창의성 평가

과학 학습 평가는 주로 지식, 탐구 능력, 태도를 중심으로 이루어져 왔으나 최근에는 창의성에 대한 관심도 높아지고 있다. 특히, 2007년 개정 과학과 교육과정에서는 창의성이 중요한 목표 중 하나로 제시되어 있으므로, 창의성도 과학 학습 평가의 주된 측면으로 고려될 필요가 있다. 창의성 평가는 창의적인 사고 능력, 창의적인 성향, 창의적인 산출물에 대한 평가로 세분될 수 있다.

(1) 창의적 사고 능력의 평가

창의성과 관련된 사고 능력은 문제에 대한 민감성, 독창성, 유창성, 유연성, 정교성, 재구성력으로 정의할 수 있다. 과학 학습 평가에서 내용에 대한 이해와 적용, 적절하고 올바른 탐구 수행 능력에 대한 평가는 여전히 중요하다.

그러나 창의성 평가는 학생의 응답이나 수행의 옳고 그름의 측면보다는 다양한 사고의 측면에 보다 관심을 둔다. 즉, 문제 상황을 얼마나 민감하게 지각하는지, 새롭고 독창적인 아이디어를 산출하는지, 얼마나 다양한 아이디어를 산출하는지, 기존의 방식과는 다른 아이디어나 해결책을 제시하는지, 아이디어를 보다 구체화하고 명확하게 정교화하는지, 기존의 아이디어를 다른 관점에서 재구성할 수 있는지 등에 대하여 평가가 이루어진다.

이들 각 사고에서 평가할 수 있는 능력은 다음과 같다.

- ① 문제에 대한 민감성: 문제 상황이나 사태를 민감하게 지각하는 능력
- ② 독창성: 기존의 것에서 탈피하여 참신하고 새로운 아이디어를 산출하는 능력
- ③ 유창성: 주어진 문제 상황에서 가능한 한 많은 아이디어를 산출하는 능력
- ④ 유연성: 고정적인 사고 방식이나 시각 자체를 변화시켜 다양한 해결책을 찾는 능력
- ⑤ 정교성: 기존의 아이디어를 보다 명확하게 하고 세부 사항을 보충함으로써 좀 더 나은 것으로 발전시키는 능력
- ⑥ 재구성력: 기존의 일반적인 생각이나 산물을 다른 목적이나 관점에서 새롭게 재구성하는 능력

(2) 창의적 성향의 평가

창의적 사고 능력이 인지적인 측면에서 창의성을 평가하는 것이라면 창의적 성향은 정의적인 측면에서 창의성을 평가하는 것이다. 즉, 인성이나 태도, 흥미 등의 창의적 성격이나 성향을 평가하는 것이다. 이러한 평가는 태도 영역의 평가와 유사하게 주로 학생의 자기 보고식 평가나 교사, 학부모의 평가를 통하여 이루어지게 된다. 평가 문항의 예시는 다음과 같다.

- ① 나는 어떤 물건이든 분해해서 각각의 기능을 알아보는 것을 좋아한다.
- ② 나는 가끔씩 게임의 규칙을 바꾸는 것이 좋다.
- ③ 나는 어려운 과제를 수행하는 것을 좋아한다.
- ④ 나는 유머 감각이 많다.
- ⑤ 나는 단순한 일에도 쉽게 빠져든다.
- ⑥ 나는 취미가 다양하다.
- ⑦ 나는 모험을 좋아한다.

(3) 창의적 산출물 평가

학생의 창의성은 창의적 활동의 결과물인 창의적 산출물을 통하여 평가할 수도 있다. 창의적 산출물 평가를 위한 평가 준거로 대표적인 것은 베세머(Besemer) 등이 개발한 창의적 산출물 평가 척도이다. 이 창의적 산출물 평가 척도는 산출물의 창의성에 대한 평가 요소로, 새로움·실용성·정교성과 종합성의 세 가지 차원을 들고 있으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

표 VII - 3

창의적 산출물 평가 척도

새로움(novelty)
1. 독창성(original): 또래 학생들이 제시한 해결책에서는 본 적이 없는 새롭고 독특한 해결책인가? 2. 놀라움(surprising): 예상하지 못한 놀라운 해결책인가?
해결성(resolution)
3. 가치로움(valuable): 중요성과 쓸모가 있는 해결책인가? 4. 논리성(logical): 문제 상황에 적절하고, 관련된 개념 및 과정을 옳게 따르고 있는 해결책인가? 5. 유용성(useful): 실행이 가능하며 유용한 해결책인가?
정교함과 종합성(elaboration & synthesis)
7. 유기적 조직성(organic): 여러 요소들이 유기적으로 관련되어 있는가? 8. 매력도(elegant): 사람들의 관심을 끄는 매력적인 해결책인가? 9. 완성도(well-crafted): 완성도가 있는 해결책인가?

1. 자유 탐구의 지도와 평가

2007년 과학과 개정 교육과정에서는 국민 공통 교육과정에 해당되는 3학년부터 10학년까지 매 학년 별로 최소한 6차시의 ‘자유 탐구’가 신설된 것이 중요한 특징 중의 하나이다. 학생들의 과학에 대한 흥미와 창의력을 제고하고, 종합적 과학 탐구의 기회를 확대하며, 교육과정 운영의 자율화·지역화·개방화를 위하여 ‘자유 탐구’를 신설하였다.

(1) ‘자유 탐구’의 필요성 및 설정 취지

교과서에 제시된 탐구 활동은 대체로 내용이나 개념의 이해를 위하여 탐구 과정이 안내된 1~2차시 단위의 활동으로 이루어지는 경우가 대부분이다. 그러한 탐구 활동에서는 학생이 문제 인식에서 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 결과 해석 및 결론 도출 등 다양한 문제를 종합적으로 탐구하는 기회를 거의 갖지 못하고, 자기 주도적 탐구를 수행하기 어렵다. 그 결과 PISA나 TIMSS 등 교육 성취도 국제 비교 연구에서 우리나라 학생들은 과학에 대한 자신감, 과학에 대한 가치 인식, 과학에 대한 흥미 등에서 참가국들 중 거의 최하위를 나타내어 정의적 영역 교육 강화가 시급한 것으로 나타나고 있다. 이러한 측면에서 학생들이 과학에 흥미를 가지고 과학을 학습하고, 과학 분야의 진로를 추구하도록 하기 위하여 2007년 개정 과학과 교육과정에서는 ‘자유 탐구’를 설정하였다. 자유 탐구를 설정한 취지를 정리하여 제시하면 다음과 같다.

첫째, 학생 스스로 관심 있는 주제를 선택하여 탐구하게 함으로써 자기 주도적 탐구 기회를 제공하고, 탐구 기능 신장과 과학에 대한 흥미와 관심을 제고한다.

둘째, 학생들이 관심 있는 주제를 선택하여 동료와 함께 탐구하게 함으로써 협동심을 기른다.

셋째, 일상생활과 관련된 주제 탐구를 통하여 과학이 기술과 사회에 미치는 영향과 기술과 사회가 과학에 미치는 영향을 인식하게 한다.

넷째, 다양한 주제 탐구를 통하여 과학 분야의 적성을 발굴하고 진로를 탐색할 기회를 제공한다.

다섯째, 탐구 방법 구안 및 탐구 결과 발표를 통하여 학생의 창의성과 문제 해결력을 제고한다.

(2) 자유 탐구 지도 및 평가 방법

자유 탐구는 학기 중 특정한 시기에 관계없이 지도할 수 있다. 즉, 과학 교사가 연간 수업 계획을 수립할 때 자유 탐구를 수행할 적절한 시간을 계획하여 지도하거나 학생들과 협의한 후 수행 계획을 세워 지도할 수 있다. 자유 탐구를 지도하기 위해서는 계획 단계 2시간, 중간 점검 2시간, 결과 발표 2시간 등 최소한 6시간 정도는 할애되어야 한다. 자유 탐구 주제에 따라서는 주어진 6시간만으로 탐구 수행이나 결과 발표를 충분히 하기 어려울 수 있다. 이런 경우에는 재량 활동이나 특별 활동, 학교 행사 등과 연계하여 추가 시간을 확보하면 탐구의 실효성을 향상시킬 수 있을 것이다. 학생들은 자유 탐구를 방학 때도 지속적으로 수행할 수 있다.

평가는 계획 수립 단계, 중간 점검 단계, 최종 결과 발표 단계 등의 시기를 고려하여 학기 중이나 학기 말에 실시하여 성적에 반영할 수 있다. 자유 탐구는 개별적으로나 소집단으로 수행 가능하다. 하지

만 어느 정도 객관성과 일관성을 가진 평가 기준을 마련하여 학생들을 평가하는 것이 바람직하다. 따라서 학교에 따라 이미 개발된 많은 연구 자료들을 참고하여 학교, 교사와 학생의 특성을 고려하여 개별 자유 탐구, 집단 자유 탐구에 대한 평가 기준을 우선적으로 수립하는 것이 필요하다. 또한 학생들의 의견을 수렴하여 개별 자유 탐구나 집단 자유 탐구 중 하나로 통일하는 것도 평가의 객관성을 확보하기 위한 하나의 방법이 될 것이다.

소집단의 크기는 2~6명 정도가 적합한데, 탐구 주제 수, 탐구 내용의 관련도와 복잡성, 탐구 기간, 학급 학생 수 등을 고려하여 결정한다. 자유 탐구는 다양한 방법을 활용하여 지도할 수 있지만 소집단 탐구(Group Investigation) 기법을 사용하면 효율적으로 지도할 수 있다. 소집단 탐구는 협동 학습 기법 중의 하나로서 학생들에게 넓고 다양한 학습 경험을 제공하기 위하여 설계된 것으로서, 이미 정해진 지식이나 기능 습득보다는 여러 측면의 문제를 해결하기 위해서 정보를 습득, 분석, 종합하는 통합적 학습에 적합하다. 이는 주제 선정, 탐구 방법 선정, 정보 수집 및 분석, 결과 발표 등에 대하여서 학생들에게 최대한 책임과 자유를 부여하는 방식으로 자유 탐구의 취지에 잘 부합한다.

소집단 탐구는 크게 다음과 같이 6단계로 나눌 수 있는데 학생의 능력, 나이, 시간 제한 등에 따라 세부 단계를 조정할 수 있다.

1단계: 주제 선정 및 소집단 구성

1단계에서는 제시된 큰 주제에 대하여 학생들이 브레인스토밍을 통해 탐구하고 싶은 소주제를 자유롭게 발표하고, 이들 소주제들을 유사한 것끼리 묶어 범주화한다. 그리고 학생들에게 탐구하고자 하는 소주제를 선택하게 하고, 같은 주제를 선택한 학생들끼리 소집단을 구성한다. 이때 탐구 주제는 학생들이 부모님의 도움을 받지 않고 스스로 수행할 수 있는 수준의 것을 선정하도록 교사가 지도한다.

소집단은 2~6명 정도로 구성하는 것이 적합하고, 소집단 구성은 특정 소주제에 관심이 있는 학생들로 구성되되, 성별, 능력 등에서 이질 집단으로 구성하는 것이 바람직하다. 2007년 개정 과학과 교육과정에서는 자유 탐구의 주제를 ‘교수·학습 방법’에 각 학년의 단원 내용과 관련지어 다음과 같이 제시하고 있다. 이는 탐구 주제를 학년별 교육과정 내용과 관련지어 선정함으로써 유의미 학습을 도모하려는 것이다. 따라서 큰 주제는 가급적 해당 학년의 과학 내용과 관련된 것이 좋을 것이다. 그러나 세부 주제는 수업 내용과 직결되지 않아도 무방하다. 이는 자유 탐구 설정 취지가 개념 중심으로 구성된 교육과정의 내용의 범위를 벗어나 학생이 관심 있는 주제를 탐구하도록 하는 것이기 때문이다. 자유 탐구 소주제까지 수업 내용에 얽매이게 되면 학생의 흥미를 끌 수 있는 주제 선정이 어려울 것이다. 따라서 교육과정에 제시된 주제를 중심으로 자유 탐구를 수행하고자 할 경우, 학생들에게 그와 관련된 탐구하고 싶은 다양한 하위 주제를 생각해 보게 한다.

※ 주제 예시: 3학년(동물, 안전), 4학년(식물, 공룡), 5학년(건강, 로봇), 6학년(화재, 환경), 7학년(탈 것, 자연재해, 스포츠와 과학), 8학년(우주, 광학 기기, 플라스틱), 9학년(바다, 우리 집의 과학, 약물의 오남용), 10학년(미래의 과학, 직업과 진로, 전자기파)

다음은 9학년 ‘바다’에 관한 주제를 소집단 탐구 기법으로 지도할 경우 절차를 간단히 나타낸 것이다.

[1단계 실행 절차 예시]

- 교사는 학생들에게 ‘이번 주제는 해양에 대한 탐구입니다. 바다에 대하여 알고 싶거나 더 깊게 탐구하고 싶은 주제를 자유롭게 발표하세요.’라고 안내한다.
- 학생들은 다양한 문제나 탐구 주제를 제기한다.
 - 예) 바다는 어떻게 만들어졌을까? 바다 깊은 곳에는 어떤 생물이 살까? 인간은 바다 밑 어느 깊이까지 들어갈 수 있을까? 해양에 관한 소설에는 어떤 것이 있으며 그 내용은 과학적으로 옳은 것일까? 배는 어떻게 물에 뜰까? 미래의 해양 개발 계획에는 어떤 것이 있을까? 등.
- 학생들이 발표한 다양한 주제들에서 공통된 소주제들끼리 묶어 범주화한다. 바다 깊은 곳에 사는 생물의 종류와 특징, 해양에 대한 소설의 종류와 관련된 과학 지식, 배의 발달 과정과 원리, 심해

- 저 탐사 기술의 발달 과정, 미래 해양 개발의 방향 등.
- 학생들은 각 소주제에 대하여서 탐구할 소집단을 구성한다.

2단계: 탐구 계획 수립

2단계에서는 소집단 구성원들이 협력하여 선택한 과제 해결을 위한 계획을 세운다. 누가 무엇을 조사할 것인지에 대한 역할 분담부터 과제를 발표할 방법에 이르기까지 상세한 계획을 수립한다.

[2단계 실행 절차 예시]

- 우리 팀의 구성원 파악 및 역할 분담
- 우리가 알고 싶은 세부 내용 분석
- 필요한 정보를 구할 수 있는 출처 파악
- 탐구 결과 발표 방법 및 절차 상세화 등

3단계: 탐구 수행 및 중간 점검

3단계는 정보 수집 및 분석, 결론 도출 등 탐구 실행 단계이다. 교사는 학생들이 계획대로 탐구를 잘 수행하고 있는지 점검하여 지도 조언을 한다. 모둠별로 탐구 수행 진행 상황을 발표하게 하면 학생들은 서로의 장단점을 보고 도움을 받을 수 있다.

- 학생들은 정보를 수집하고, 데이터를 분석하여 결론을 도출한다.
- 각 구성원은 맡은 일을 수행하고, 아이디어를 교환·토의하고 종합한다.

4단계: 최종 보고서 작성

4단계는 최종 보고서를 작성하는 단계이다.

- 구성원들은 해당 팀에서 알아낸 핵심 내용을 결정한다.
- 보고할 내용과 발표할 방법을 결정한다.

4단계에서 작성하는 최종 보고서에는 탐구한 주요 아이디어와 결론, 정보와 자료의 출처 및 자료 수집 방법 등이 포함되어야 한다.

5단계: 최종 보고서 발표

5단계는 최종 보고서를 발표하는 단계이다. 그리고 발표 단계는 학급별로 실시해도 좋지만, 좋은 탐구 보고서는 학교 전체 차원에서 전시하거나 학교 축제 기간에 다시 발표하게 할 수도 있다.

- 발표는 간결하고 명료하게 하되 강의 형태는 지양한다.
- 시청각 자료를 사용한다.
- 필요하면 공식적으로 토론을 전개할 수도 있다.
- 활동의 일부를 극화하거나 시뮬레이션화하는 것도 가능하다.
- 음악, 율동 등으로 표현할 수도 있다.
- 학생들의 관심을 끌기 위해 퀴즈 형태를 활용할 수도 있다.
- 그림, 사진 등을 전시할 수도 있다.

6단계: 평가

6단계는 평가 단계로서 탐구 주제와 절차의 과학성 및 창의성, 동기 유발 수준과 참여 정도, 발표 방법의 창의성 등을 평가한다. 평가에서는 학생들이 얼마나 자기 주도적으로 자발성을 가지고 탐구를 수행하였는지에 주안점을 두고 평가한다.

자유 탐구는 지식 습득이 주목적이 아니다. 탐구할 문제를 선정하여 계획을 세우고, 자율적으로 탐구해 가는 과정이 중요하다. 따라서 참여 과정, 협동성, 문제 해결 과정의 과학성, 발표에서의 창의성 등이 주요 평가 요소이므로, 지필 평가보다는 학생 활동 관찰, 보고서 또는 산출물 검토 등의 방법이 권장된다. 자유 탐구는 ‘계획 단계-수행 단계-발표 단계’ 등 비교적 긴 시간에 걸쳐 이루어지며, 지식 습득보다는 탐구 능력 배양과 창의력 신장 등에 더 초점을 둔다. 또한 긴 시간 동안에 이루어지기 때문에 탐구의 지속성(끈기), 팀별 탐구일 경우 동료와의 협동성 등도 중요하게 평가되어야 한다.

자유 탐구의 단계

탐구 단계	평가 관점	평가 방법
계획 단계	소주제 선정에서 적극성	발표 관찰
	계획의 과학성 및 체계성	계획서 검토
	계획의 구체성	
탐구 수행	탐구 수행의 지속성 및 성실성	중간 보고서 검토
	탐구 수행에서의 협동성	면담, 관찰
	계획 대비 추진 정도	중간 보고서 검토
	탐구 수행 과정의 창의성 및 합리성	활동 관찰
결과 발표	결과 발표 내용의 정확성	탐구 결과(또는 보고서) 관찰/검토
	발표 내용의 이해 용이성	
	발표 방법의 창의성	

한편, 평가 결과는 개별 탐구일 경우에는 개별적으로 점수를 부여하지만 팀별로 할 경우에는 ① 팀 공통으로 점수를 부여하는 방안과 ② 팀에 대한 기여도를 고려한 개별 점수와 팀 공통 점수를 합산하여 부여하는 방안 등이 있을 수 있다. 또한, 학생 스스로 하지 않고 다른 사람이 대신해 주거나 인터넷 등에서 베껴서 제출할 가능성을 방지하기 위하여 결과 제출 시 그러한 결과물을 얻은 과정을 보여 주는 다음과 같은 증거 자료도 함께 제출하게 해야 한다.

- 탐방이나 방문을 요청하는 편지와 승인서
- 방문지와 방문한 사람들과의 기념 사진
- 활동 장면 사진이나 면담 내용 등

그리고 여러 방법을 동원하여 학생이 스스로 탐구 활동을 수행하고 참여할 수 있도록 한다. 일례로, 학생의 직접 수행 여부를 판단하기 위하여 다음과 같은 질문을 활용할 수도 있다.

- 결과물을 제작하는 동안에 어떤 과정을 거쳤는가?
- 누가 또는 무엇이 결과물 제작에 영향을 미쳤는가?
- 어떤 모험을 경험하였는가?
- 활동 과정에서 예기치 못한 상황은 발생하지 않았는가?
- 어떤 새로운 지식을 얻었는가?
- 무엇을 배우게 되었는가?
- 이 결과물에 대하여 의문점은 없는가?
- 만일 다시 이러한 결과물을 제작한다면 어떤 점을 다르게 하겠는가? 등.

2. 자유 탐구 지도의 실제

(1) 교과서의 활용

자유 탐구를 지도하게 될 교사들과 실제로 탐구를 실시하게 될 학생들을 위하여 본 교과서는 교과서 앞부분에 ‘탐구 활동’과 부록 부분에 ‘재미있는 나의 탐구’라는 내용을 두어 탐구 활동의 기본적 요소를 소개하고 탐구 과정이 진행되는 예에 대하여 소개하고자 하였다.

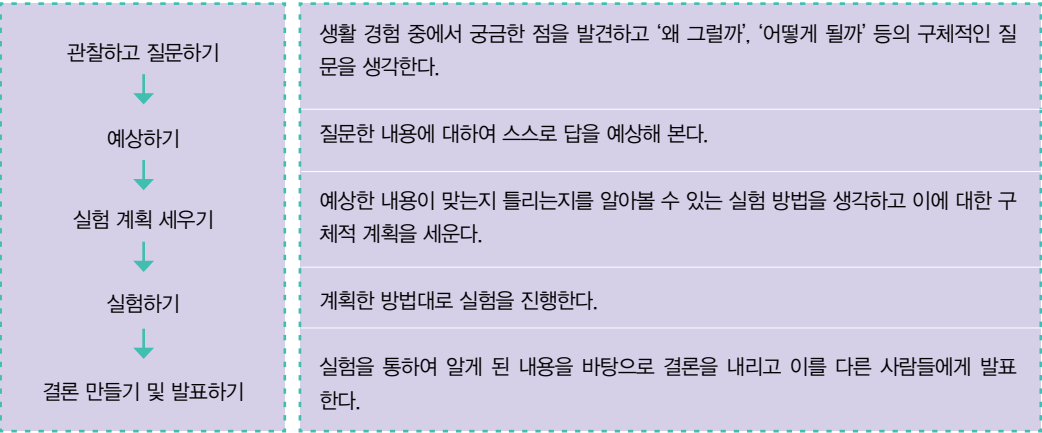
이 부분은 교육과정에 차시로 따로 배정되지 않은 부분이며, 교사는 이 부분을 학생들에게 소개하고 스스로 읽어 보도록 유도할 수 있다. 하지만, 이 부분을 자유 탐구의 기초 자료로 활용할 경우 자유 탐구의 6차시 안에서 적절히 안내하여 탐구 계획 수립 및 실행에 도움이 되도록 할 수도 있다. 이 과정에

서 교사는 교과서에 제시된 탐구 주제나 방법은 예시일 뿐이며, 이 밖에 다양한 탐구 주제와 방법이 있음을 인지하고 안내하여 학생들로 하여금 획일적이고 정형화된 탐구가 이루어지지 않도록 신중히 지도해야 한다.

탐구 활동

교과서 앞부분 ‘탐구 활동’에는 1학기에서는 기초 탐구 기능을 소개하고, 2학기에서는 탐구 과정에 대하여 소개하고자 하였다. 3학년 1학기 8~15쪽과 4학년 1학기 8~15쪽에 제시된 ‘탐구 활동: 과학 활동해 보기’ 부분에는 기초 탐구 기능의 요소, 즉 관찰·분류·측정·예상·추리·의사소통에 대하여 소개하였다. 4학년 1학기의 내용은 3학년 1학기의 내용보다 심화된 활동을 소개하였다.

3학년 2학기 8~15쪽에 제시된 ‘탐구 활동: 과학자처럼 따라 하기’는 탐구가 어떤 과정을 통하여 진행될 수 있는가를 안내하고자 하였다. 소개된 과정은 아래와 같으며 이는 현재 실행되고 있는 여러 탐구 과정의 모델 중 보편적으로 활용되고 있는 한 예이다.



위의 과정에서는 학생이 주변 생활 속 경험을 통하여 궁금한 점을 발견하고 문제를 제기하며, 그 문제를 해결하기 위해 실험을 하는 실험 중심의 탐구 과정을 소개하였다. 하지만 교사는 이 부분을 활용할 때 학생들이 탐구 과정은 직접적인 실험을 통하여서만 진행되어야 한다고 생각하지 않도록 주의해야 한다. 왜냐하면, 탐구 주제에 따라 실험 계획 및 실행 이외에도 여러 가지 다양한 탐구 과정이 있기 때문이다. 예를 들면, 다양한 정보 검색 등을 통한 조사 방법이 있고, 또 탐방을 통하여 제시한 문제를 해결하는 현장 조사가 될 수도 있기 때문이다. 교사는 이 점에 유의하여 학생들의 탐구가 다양하게 진행될 수 있도록 배려해야 한다.

3학년 2학기에 전개된 과정을 바탕으로 한 4학년 2학기(8~15쪽) ‘탐구 활동: 과학자들은 어떻게 새로운 과학 지식을 알아낼까요?’에서는 과학자가 자연 현상을 탐구하는 과정에 적용된 예를 보여 줌으로써 학생들이 실제로 하는 탐구 활동이 과학자들의 탐구 활동과 많은 관련이 있음을 알게 하고자 하였다.

부록: 재미있는 나의 탐구

다양한 탐구 활동의 예를 보여 주기 위하여 각 교과서의 부록 부분에 ‘재미있는 나의 탐구’라는 제목으로 간단한 탐구 활동을 소개하였다. 탐구 주제는 교육과정에서 제시한 3학년: ‘동물과 안전’ 그리고 4학년: ‘식물과 공룡’의 주제에 맞추어 각각 하나씩의 예를 소개하였다. 이 부분을 통하여 탐구 주제에 따라 탐구 방법이 다를 수 있고, 탐구 결과를 발표하는 방법 또한 다양할 수 있음을 소개하였다. 학기별 ‘재미있는 나의 탐구’의 구성을 살펴보면 다음과 같다.

‘재미있는 나의 탐구’의 학기별 구성

학년-학기	주제	쪽수	탐구 수행 방법	탐구 결과 정리
3-1	동물의 새끼 낳는 법	160 ~ 163	책과 인터넷을 통한 조사 방법 조사할 대상을 찾아 면담하고 그 자료를 활용	알게 된 내용을 표로 정리하기
3-2	안전모의 역할	146 ~ 149	직접 실험을 통한 문제 해결	탐구 보고서 쓰기
4-1	식물에게 좋은 물	156 ~ 159	실험을 계획하고 수행	실험 진행 사진 자료를 파워포인트 파일로 정리하기
4-2	공룡의 종류와 특징	148 ~ 151	책이나 인터넷을 통한 자료 수집 박물관을 탐방한 자료 수집	수집한 자료 사진과 그 설명을 정리하기

교과서에 제시된 탐구 주제와 방법은 예시이며, 이 밖에도 다양한 방법으로 탐구를 진행할 수 있다. 교사는 계획 수립 과정과 중간 점검 과정을 통하여 학생들이 적절한 탐구 방법을 선택하고 진행할 수 있도록 도움을 준다. 실험을 통하여 문제 해결을 하고자 하는 학생들에게는 주제에 알맞은 탐구 활동(관찰, 측정, 분류, 예상, 추리 등)을 소개해 주며, 학생의 탐구 능력에 따라 변인 통제에 대한 활동도 소개할 수 있다. 실험 과정에서는 학생들이 생명을 존중하고 안전한 실험 과정을 진행할 수 있도록 정의적인 태도에 대한 안내도 잊지 않도록 한다.

조사 활동의 경우는 필요한 자료를 찾을 수 있는 방법(예를 들면 책, 인터넷, 도서관, 서점, 가족이나 선생님의 도움 등)을 제시함으로써 학생들이 필요한 정보를 찾을 수 있도록 안내한다. 다양한 자료의 수집을 위하여 주제와 관련된 장소를 방문하여 현장 조사(넷가나 강가, 주변 공원, 박물관, 과학관, 생태 공원, 전시관 등)를 할 수도 있다. 주제에 관련된 내용의 사진을 찍거나 녹화를 하기도 하며 관련자와의 면담을 녹음할 수도 있음을 미리 알려 준다. 또 현장을 방문하기 전에는 구체적인 방문 계획을 미리 세우고, 현장에서 유의하여야 할 사항, 안전사고 예방에 따른 주의 사항 및 조사 예절 등에 대한 지도도 함께 한다.

관찰을 통하여 얻은 자료는 기준에 따라 분류하고 공통된 특성이나 차이점 등을 중심으로 정리하여 발표한다. 관찰과 측정을 통하여 얻어진 자료들은 표나 그래프를 통하여 결과를 발표할 수 있다. 결과는 모둠별, 학급 단위별로 발표할 수 있으며 관찰 기록장, 사진, 결과물, 녹음 자료 등을 함께 제시하면서 탐구 결과 내용을 발표할 수 있다. 발표 방법에는 도표를 만들어서 하는 경우도 있고 다양한 시청각 기자재를 이용하는 방법도 있다.

(2) 자유 탐구의 예시

탐구 주제의 선택은 학생들이 흥미와 관심을 바탕으로 학생들이 직접 선정하는 것을 원칙으로 한다. 이 부분에 제시된 내용은 교사들의 자유 탐구에 대한 이해를 돕기 위함이고, 또 경우에 따라서 학생들에게 주제의 규모와 방향의 결정에 대한 안내가 필요할 때 이를 활용할 수 있다. 어떤 경우에 활용되더라도 학생들의 자발적인 흥미와 능동적인 탐구 문제 제기의 자발적 취지가 약화되지 않도록 하기 위한 교사의 신중한 활용이 필요하다.

탐구 주제에 따라서 탐구 진행 기간이 짧게 걸릴 수도 있고 길게 걸릴 수도 있다. 학생의 관심과 집중도, 탐구에 익숙한 정도, 노력의 지속성 등에 따라 주제 선택을 안내하되 처음부터 지나치게 길고 복잡

한 내용을 선택하면 탐구에 대한 거부감이나 탐구는 어려운 것이라는 부정적인 관점이 생길 수 있다. 학생들에게 탐구가 부담스럽고 힘든 것이라는 인식이 생기지 않도록 교사는 매우 주의하여야 한다.

탐구 주제의 예시

다음 내용은 자유 탐구 범주의 예시와 그 하위 주제들의 예시이다. 교육과정에 예시된 동물, 안전, 식물, 공룡의 범주와 함께 기타 다양한 주제도 함께 제시하였다.

동물

1. 봉어는 빛을 좋아할까? 2. 강아지의 짖는 소리는 항상 똑같은까?
3. 강아지나 고양이의 몸 부분 중 제일 따뜻한 곳은 어디일까?
4. 개미는 설탕물, 과자 부스러기, 과일 조각 중 어떤 것을 가장 좋아할까?
5. 우리 학교 정원에서 가장 흔히 볼 수 있는 곤충에는 어떤 것이 있을까?
6. 친구들이 기르는 애완동물의 종류는 무엇이고 어떤 특징들이 있을까?
7. 우리 집에서 기르는 소가 나를 잘 따라 오게 하는 방법이 있을까?

안전

1. 굽은 길과 곧게 뻗은 길에서 자동차들의 안전 속도는 다를까?
2. 우리 몸을 건강하게 하고 질병을 예방해 주는 영양소에는 어떤 종류가 있을까?
 - 2-1. 우리가 좋아하는 과자는 우리 몸을 튼튼하게 해 줄까?
 - 2-2. 학교 앞에서 파는 과자들 중 몇몇은 왜 불량 식품이라고 부를까?
3. 화재가 일어나는 원인은 무엇일까?
4. 우리 집에서 사용하고 있는 용품(세제, 약품, 접착제 등)에는 어떤 사용상의 주의할 점이 있을까?
5. 엄마는 여름철 외출할 때 왜 꼭 자외선 차단제를 바르라고 하실까?
 - 5-1. 아빠의 손가락에서 반지를 빼면 왜 그 부분만 하얗까?

식물

1. 얼었던 씨앗에서도 싹이 틈까? 2. 식물은 설탕물을 좋아할까?
3. 나팔꽃은 왜 아침에는 활짝 폈다가 낮에는 쪼그라들까?
 - 3-1. 빛에 민감하게 반응하는 꽃에는 어떤 종류가 있을까?
4. 여러 가지 씨앗들은 어떤 모양일까?
5. 학교 정원에서 볼 수 있는 식물들은 봄, 여름, 가을, 겨울 동안 어떻게 변할까?

공룡

1. 사람들은 공룡이 살았다는 것을 어떻게 알았을까?
2. 공룡은 무엇을 먹고 살았을까?
 - 2-1. 공룡들이 무엇을 먹고 살았다는 것을 어떻게 알 수 있었을까?
3. 왜 공룡이 지구에서 사라졌을까?
4. 공룡과 사람이 같이 산다면 어떤 일이 일어날까?

기타

1. 설탕물, 소금물, 맹물, 우유, 잉크를 탄 물 중 어느 것이 가장 빨리 얼까?
 - 1-1. 플라스틱 컵과 금속 컵 안에 든 물 중 어느 곳의 물이 더 빨리 얼까?
2. 삶은 달걀을 알아내는 방법이 있을까?
3. 엄마, 나, 그리고 내 동생이 미끄럼틀에서 내려오는 빠르기는 다 같을까?
 - 3-1. 미끄럼틀에서 가장 빨리 내려오게 하는 방법은 무엇일까?
4. 왜 밝은 곳에 있다가 어두운 곳으로 들어가면 잘 보이지 않다가 점점 다시 보이는 것일까?
 - 4-1. 선글라스를 끼고 있다가 실내로 들어가는 경우와 맨눈으로 들어가는 경우는 어떻게 다를까?

탐구 활동의 예시

다음은 위의 주제 중 ‘얼었던 씨앗에서도 싹이 틈까?’라는 주제로 4학년 학생이 가족과 함께 하는 자유 탐구의 예이다. 학생이 문제를 제기하고 그 문제를 해결하기 위해 가족이 함께 활동하는 과정이다.

탐구 주제: 얼었던 씨앗에서도 싹이 틈까, 트지 않을까?

■관찰하고 질문하기

나는 씨앗이 참 신기한 것 같다. 마치 죽어 있는 것 같은 이 작은 씨앗에서 싹이 터서 생명이 있는 식물이 된다는 것은 정말 신비롭다. 겨울 동안 들판에는 눈이 오고 얼음도 얼고 아주 추운데 씨앗들도 바깥에 두면 얼지 않을까? 얼었던 씨앗은 다음 해에 싹이 틈까?

■예상하기

먼저 나는 얼었던 씨앗에서는 싹이 트지 않을 것이라고 생각하였다. 왜냐하면, 씨앗을 냉동시키면 죽을 것 같기 때문이다. 나는 이 문제를 식구들에게 물어 보았다. 아빠는 나와 같이 추운 겨울에 밖에다 화분을 내 놓으면 화분의 식물이 얼어 죽으니까 씨앗도 죽을 것이라고 하시면서 ‘싹이 트지 않는다.’에 한 표를 던졌다. 엄마는 겨울 동안 퐁퐁 언 나무들도 봄이 오면 다시 싹이 튼다고 하시면서 싹이 틀 거라고 하였다. 오빠도 싹이 틈 것 같다고 하였다. 그래서 우리 집은 2 대 2가 되면서 얼었던 씨앗에서 싹이 트는지가 더욱 궁금해지기 시작하였다. 아, 정말 싹이 틈까, 트지 않을까?

■실험 계획 세우기

우리는 가장 구하기 쉬운 검정콩으로 실험을 해 보기로 하였다. 그리고 씨앗을 냉동실에 넣어 얼렸다. 아빠는 씨앗에서 싹이 트려면 물과 따뜻한 온도, 공기가 필요하다고 하셨다. 우리는 실험 계획서를 만들었다.

• **실험 준비물:** 검정콩 20개, 냉동고, 솜, 접시 2개

• **실험 방법:**

- ① 검정콩 20개를 준비한다.
- ② 그중 10개를 냉동고에 넣어서 얼리고 나머지 10개는 베란다에 보관한다.
- ③ 접시에 젖은 솜을 깔고 얼린 씨앗과 얼리지 않은 씨앗을 따로 올려놓는다.
- ④ 물과 온도를 똑같이 하여 준다. ⑤ 어느 씨앗에서 싹이 트는지 관찰한다.

■실험하기

실험 계획서를 보고 차근차근 실험을 하였다.

- ① 씨앗 준비하기 ② 냉동고에 씨앗 얼리기
- ③ 접시에 솜을 깔고 솜이 충분히 젖도록 물 붓기
- ④ 접시에 씨앗을 올려놓고 어느 것이 얼었던 씨앗이 놓인 접시인지 표시하고, 실험 시작 날짜 적기
- ⑤ 솜이 축축하도록 매일 물을 주며 관찰하기

■결론 만들기 및 발표하기

나는 며칠 동안 계속 물을 주면서 매일 매일 씨앗을 살펴보았다. 나는 일지를 만들어 기록하기도 하고 사진도 찍었다. 처음 며칠 동안 씨앗은 통통하여졌다. 3일째 노르스름한 부분이 보이기 시작하였다. 그러면서 신기하게도 얼었던 검정콩에서 싹이 트기 시작하였다. 이 모습을 관찰한 우리 집 식구들은 흥분하였다. 나는 너무 기쁘고 신기하였다. 나는 이 사실을 친구들한테 말해 주고 싶었다. 표도 만들고 사진도 붙여서 발표 자료를 만들었다. 그리고 친구들 앞에서 발표를 하였다. 발표가 끝나고 돌아오는 길에 나는 또 다른 궁금증이 생겼다. ‘음, 그런데 다른 씨앗도 얼었다가 싹이 틈까, 아니면 검정콩만 그럴까?’ ‘코스모스와 상추 씨앗도 얼었다가 싹이 틈까?’

월	주	단 원	차 시	학 습 주 제	비 고
9	1	1. 식물의 세계	1~2	학교 주변에서 자라는 식물의 이름과 특징을 알아봅시다	
			3	잎의 생김새와 특징을 관찰하여 봅시다	
	2		4	줄기의 생김새와 특징을 관찰하여 봅시다	
			5	뿌리의 생김새와 특징을 관찰하여 봅시다	
			6	꽃과 열매의 생김새와 특징을 관찰하여 봅시다	
			7	들과 숲에 사는 식물의 특징을 알아봅시다	
	3		8	연못이나 강가에 사는 식물의 특징을 알아봅시다	
			9	높은 산과 사막, 바닷가에 사는 식물의 특징을 알아봅시다	
			10	마무리	
	10		4	2. 지층과 화석	1
2		지층은 어떻게 만들어지는지 알아봅시다			
3		여러 가지 모양의 지층을 살펴봅시다			
1		4	퇴적암을 관찰하여 봅시다		
		5	여러 가지 퇴적암을 알아봅시다		
		6	여러 가지 화석을 관찰하여 봅시다		
		2	7		화석은 어떻게 만들어지는지 알아봅시다
8			화석을 이용하여 연구해 봅시다		
9			화석을 볼 수 있는 곳을 찾아가 봅시다		
3		3. 열 전달과 우리 생활	10		마무리
	4. 화산과 지진		1	고체에서 열은 어떻게 전달될까요?	
			2	어느 것이 먼저 뜨거워질까요?	
3			물은 어떻게 데워질까요?		
4			4	액체에서 열은 어떻게 전달될까요?	
			5	기체에서 열은 어떻게 전달될까요?	
			6	햇빛을 받으면 왜 따뜻해질까요?	
			7	열의 전달을 막을 수 있을까요?	
2			8~9	나만의 보온병을 만들어 볼까요?	
			10	마무리	
		3	1	화산이 분출할 때 나오는 물질은 무엇일까요?	
	2		화산의 모양은 모두 같을까요?		
3	화산 모형을 만들어 볼까요?				
4	화산 활동에 의해 만들어진 암석은 무엇일까요?				
11	4	4. 화산과 지진	5	화산 활동은 우리 생활에 어떤 영향을 미칠까요?	
			6	지진은 왜 일어날까요?	
			7	지진의 세기는 어떻게 나타낼까요?	
			8	지진은 어떤 지역에서 자주 발생할까요?	
	1		9	지진의 피해를 줄이려면 어떤 노력을 해야 할까요?	
			10	마무리	

* 교육과정에 배정된 자유 탐구 6차시 중 4차시는 1학기에, 2차시는 2학기의 적정 시기에 지도할 수 있고, 학기에 관계없이 학년 내에 배분하여 운영할 수도 있다.

* 자유 탐구는 학교 재량 시간과 연계하여 운영할 수도 있다.

- 강호감, 공영태, 권혁순, 김재영, 배진호, 송명섭, 신영준, 양일호, 윤혜경, 이대형, 이명제, 임채성, 임희준, 장신희, 전영석, 채동현(2007). 초등과학교육론. 교육과학사.
- 김찬중, 채동현, 임채성(1999). 과학교육학개론. 북스힐.
- 박승재(1985). 과학교육. 교육과학사.
- 박승재, 조희형(1994). 학습론과 과학교육. 교육과학사.
- 조희형, 최경희(2005). 과학교육의 이론과 실제. 교육과학사.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives: Complete edition, New York : Longman.
- Atkin, J. M. & Karplus, R. (1962). Discovery or invention? Science Teacher, 29(1), 45-51.
- Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Boden, M. A. (1990). The creative mind: Myths and mechanisms. London: Cardinal.
- Carin, A. A. & Sund, R. B. (1996). Teaching science through discovery. 7th ed. Merrill Publishing Company.
- Collette, A. T. & Chiappetta, E. L. (1989). Science instruction in the middle and secondary schools. 2th ed. Columbus, OH: Merrill Publishing Company.
- Cosgrove, M. & Osborne, R. (1985). Lesson frameworks for changing children's ideas. In Osborne, R. and Freyberg, P. (Eds.), Learning in science (pp. 101- 102). London: Heinemann.
- Driver, R. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. Studies in Science Education, 13, 105-122.
- Eggen, P. D. & Kauchak, D. P. (1988). Strategies for teachers: teaching content and thinking skills. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. American Psychologist, 5, 444-454.
- Glaser, R. (1962). Psychology and instructional technology. In R. Glaser (Ed.), Training research and education. New York: John Wiley & Sons.
- Isaksen, S. G. & Treffinger, D. J. (1987). Creative problem solving: Three components and six specific stages. Instructional handout. Buffalo, NY: Center for Studies in Creativity.
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (7th ed. 2004). Models of teaching. New York: Pearson Education, Inc.
- Karplus, R. (1964). The Science Curriculum Improvement Study. Journal of Research in Science Teaching, 2, 293-303.
- Kauchak, D. & Eggen, P. (1980). Exploring science in the elementary schools. Boston: Houghton Mifflin.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. NARST.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. L., Novak, J. P. (1998). Teaching science for understanding. Academic press.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). Learning how to learn. Cambridge: Cambridge University press.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. Instructional Science, 11, 183-200.
- Osborn, A. F. (1963). Applied imagination: Principles and procedures of creative thinking. New York: Charles Scribners.
- Parnes, S. J. (1967). Creative behavior guidebook. New York. NY: Charles Scribner's Sons.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), 211-227.
- Romey, W. D. (1968). Inquiry techniques for teaching science. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as inquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein (Eds.), The teaching of science. Cambridge, Mass: Harvard University.
- Suchman, R. (1966). Inquiry development program: Developing inquiry. Chicago: Science Research Associates.
- White, R. & Gunstone, R. (1992). Probing understanding. London: The Falmer Press.
- Wolpert, L. (1992). The unnatural nature of science. Cambridge: Harvard University Press.
- Yager, R. E. (1991). The constructivist learning model: Towards real reform in science education. The Science Teacher, 58, pp. 52-57.
- Yager, R. E. & Tamir, (1992). The STS approach: Reasons, intentions, accomplishments and outcome. Science Education Center, The University of Iowa.