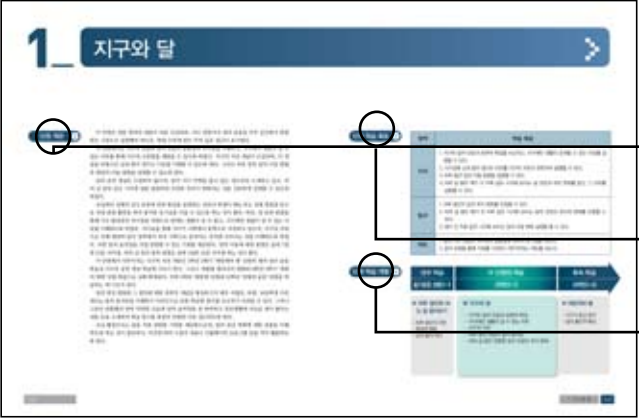
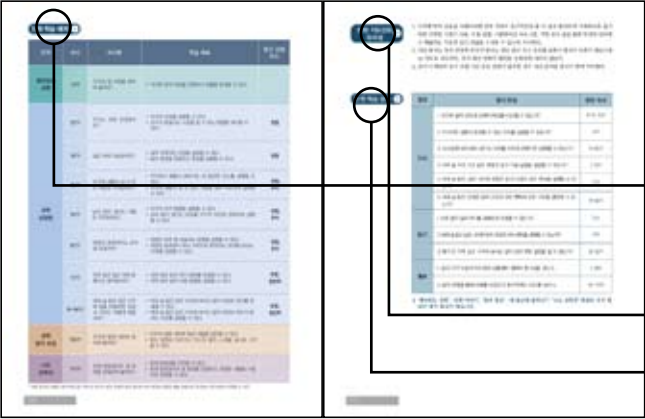


지도서의 구성



- 대단원 도입부**
단원에 대한 전반적인 내용을 소개하고 있으며, 단원 개관, 단원 학습 목표, 단원 학습 계열로 구성하였습니다.
- 단원 개관:** 단원의 전반적인 내용과 학생들이 학습 내용에 흥미를 느낄 수 있도록 하기 위한 방법 안내
- 단원 학습 목표:** 단원 학습을 통해 학생들이 성취해야 할 목표를 지식, 탐구, 태도로 나누어 제시
- 단원 학습 계열:** 과학과 교육과정에서 이 단원 학습과 관련된 선수 학습과 후속 학습의 연계성 제시



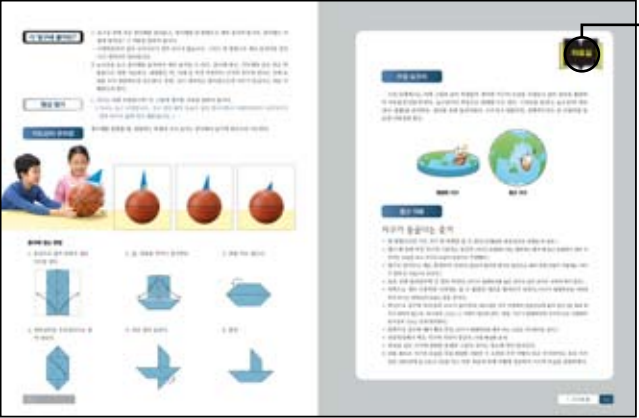
- 단원 지도 계획**
단원의 지도를 편리하게 계획할 수 있도록 단원 학습 체계, 단원 지도상의 유의점, 단원 학습 평가, 단원 핵심 용어, 단원 지식 배경으로 구성하였습니다.
- 단원 학습 체계:** 단원의 구성 및 차시별 학습 목표, 탐구 과정 요소, 권장 수업 모형, 준비물, 유의점, 핵심 용어 등을 한눈에 볼 수 있도록 제시
- 단원 지도상의 유의점:** 단원 지도시 유의해야 할 사항 제시
- 단원 학습 평가:** 단원 학습 후 평가해야 할 관점과 관련 차시 제시
- 단원 핵심 용어와 단원 배경 지식:** 단원 학습에 필요한 핵심 용어와 이와 관련된 배경 지식 제시



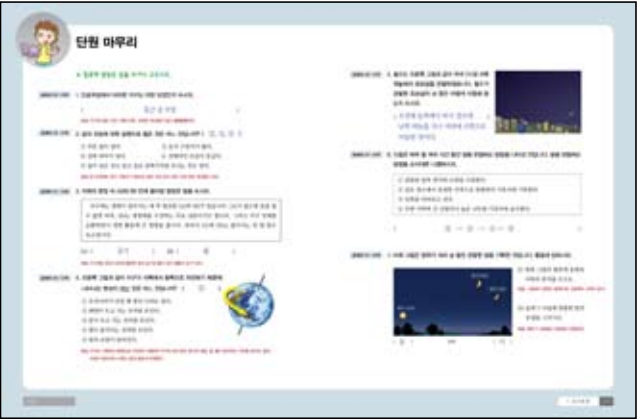
- 단원의 설명**
단원의 표지와 전반적인 내용 흐름에 대해서 안내하였습니다. 단원 표지 설명과 단원의 흐름으로 구성하였습니다.
- 단원 표지 설명:** 이 단원의 표지에 대한 설명
- 단원의 흐름:** 단원의 내용 구성 체계인 FLOW 단계에 맞추어 단원 내용 설명



- 차시별 내용**
각 차시별 수업 지도에 필요한 전반적인 내용을 교과서 내용을 중심으로 랩어라운드 방식으로 제시하였습니다. 학습 목표, 수업의 흐름, 수업 모형 선정의 이유, 준비물, 학습 단계 및 활동, 교과서의 그림과 표 설명 등으로 구성하였습니다.
- 수업의 개관:** 수업의 개괄적인 내용으로 수업 모형 각 단계별로 제시
- 수업 모형 선정의 이유:** 각 차시 수업을 효과적으로 전개할 수 있는 권장 수업 모형과 선정 근거에 대한 이유 제시
- 학습 단계 및 활동:** 동기 유발과 수업 모형 각 단계별 지도 내용을 구체적으로 제시
- 교과서의 그림과 표 설명:** 교과서에 제시된 그림과 표에 대한 상세한 설명 제시



- 자료실**
교사가 수업을 진행하는 데 참고가 되는 자료 제시하였습니다. 개념 해설과 수업 도우미, 참고 자료, 학생 활동 중 1~2가지로 구성하였습니다.
- 개념 해설:** 교과서의 내용과 연계된 개념 해설
- 수업 도우미:** 수업에 이용될 수 있는 자료를 이미지로 표현하여 수업 중 활용할 수 있도록 제시
- 학생 활동:** 교과서의 내용과 교과서에 제시되지 않은 학생 활동 제시
- 참고 자료:** 수업에 참고할 수 있는 자료 제시



- 단원 마무리**
문제를 풀면서 단원에서 학습한 내용을 정리할 수 있도록 구성하였습니다. 각 문제에 대한 정답과 해설 제시하였습니다.

차례

제1부 총론

I. 과학과 교육과정

1. 2007 개정 교육과정의 성격과 구성 방향	8
2. 과학과의 성격	9
3. 과학과의 목표	10
4. 과학과의 내용	11

II. 과학과 교과용 도서의 개발 방향 및 특징

1. 과학과 교과용 도서의 개발 방향	16
2. 과학과 교과용 도서의 특징	22

III. 과학의 구성 요소

1. 과학에 관련된 태도	24
2. 과학 탐구	28
3. 과학 지식	31

IV. 과학 학습 이론

1. 인지 발달 이론과 초등 과학 교육	33
2. 구성주의와 초등 과학 교육	36
3. 뇌 기반 학습과학과 초등 과학 교육	39

V. 과학 교수 · 학습 모형

1. 과학 교수 · 학습 모형 선택을 위한 안내	47
2. 경험 학습 모형	50
3. 발견 학습 모형	53
4. 탐구 학습 모형	57
5. 순환 학습 모형	62
6. 개념 변화 학습 모형	69

VI. 과학 학습의 평가

1. 과학 학습과 평가	74
2. 과학 학습 평가의 영역	74
3. 과학 학습 평가 방법	79
4. 과학 학습 평가 과정	82
5. 과학 학습 평가 영역의 평가 예시	82
6. 평가 시 유의할 점	89

VII. 과학적 탐구

1. 과학적 탐구의 의미	90
2. 과학적 탐구의 목적	90
3. 과학적 탐구의 기능	91

VIII. 자유 탐구

1. 자유 탐구의 의미	114
2. 자유 탐구의 목적	114
3. 과학적 탐구로서의 자유 탐구의 수준과 유형	115
4. 자유 탐구의 단계	116
5. 자유 탐구 지도 단계	133
6. 자유 탐구의 평가	135

IX. 과학 글쓰기

1. 과학 글쓰기의 의미와 필요성	138
2. 과학 글쓰기 지도 방법	139

X. 학기 지도 계획

참고 문헌	145
-------	-----

제2부 지도의 실제

탐구, 어떻게 할까요?	154
--------------	-----

1. 지구와 달	168
----------	-----

2. 전기 회로	220
----------	-----

3. 식물의 구조와 기능	276
---------------	-----

4. 작은 생물의 세계	342
--------------	-----

탐구해 볼까요?	392
----------	-----

사진 출처	396
-------	-----

제1부 총론

- I . 과학과 교육과정 8
- II . 과학과 교과용 도서의 개발 방향 및 특징 16
- III . 과학의 구성 요소 24
- IV . 과학 학습 이론 33
- V . 과학 교수 · 학습 모형 47
- VI . 과학 학습의 평가 74
- VII . 과학적 탐구 90
- VIII . 자유 탐구 114
- IX . 과학 글쓰기 138
- X . 학기 지도 계획 144
- 참고 문헌 145

1. 2007 개정 교육과정의 성격과 구성 방향

(1) 교육과정의 성격

교육인적자원부 고시 제 2007-79호의 교육과정은 우리나라 초·중등교육법 제23조 제2항에 의거하여 개정된 것으로, 초·중등학교의 교육 목적과 교육 목표를 달성하기 위한 국가 수준의 교육과정이다. 이 교육과정에서는 초·중등학교에서 편성·운영해야 할 학교 교육과정의 공통적이고 일반적인 기준을 제시하고 있다.

이 교육과정의 성격은 다음과 같다.

- (가) 국가 수준의 공통성과 지역, 학교, 개인 수준의 다양성을 동시에 추구한다.
- (나) 학습자의 자율성과 창의성을 신장시키기 위한 학생 중심의 교육과정이다.
- (다) 교육청과 학교, 교원, 학생, 학부모가 함께 실천하는 교육과정이다.
- (라) 학교 교육 체계를 교육과정 중심으로 개선한다.
- (마) 교육의 과정과 결과의 질적 수준을 유지·관리하기 위한 교육과정이다.

(2) 교육과정 구성의 방향

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 인류공영의 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 시민의식을 기초로 공동체의 발전에 공헌하는 사람으로 정하였다.

한편 교육과정이 추구하는 인간상을 구현하기 위한 구성 방침은 다음과 같다.

- (가) 사회적 변화의 흐름을 주도할 수 있는 기본 능력을 길러 줄 수 있도록 교육과정을 구성한다.
- (나) 국민 공통 기본 교육과정과 선택 중심 교육과정 체제를 도입한다.
- (다) 교육 내용의 양과 수준을 적정화하고, 심도 있는 학습이 이루어지도록 한다.
- (라) 학생의 능력, 적성, 진로를 고려하여 교육 내용과 방법을 다양화한다.
- (마) 교육과정 편성과 운영에 있어서 현장의 자율성을 확대한다.
- (바) 교육과정 평가 체제를 확립하여 교육에 대한 질 관리를 강화한다.

(3) 과학과 교육과정의 구성 방향과 중점

우리나라 교육이념과 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 위해서는 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 탐구를 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 위해 과학과 교육과정의 성격, 목표, 평가에 창의성을 각각 명시한다. 또한, 자유 탐구를 통해서 실제로 문제를 발견하고, 그 문제를 해결하기 위한 방법을 찾아보고, 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 60개이었던 단원 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 자율적으로 결정할 수 있는 기회를 점진적으로 확대한다.

2. 과학과의 성격

국민 공통 기본 교육과정의 ‘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, 학생들의 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 통해 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 밀접한 관련이 있는 상황에서 지도하고, 학습한 지식과 탐구 방법을 일상생활이나 사회 문제 해결에 적용할 수 있는 기회를 제공함으로써 과학의 가치뿐만 아니라 과학, 기술, 사회의 상호 관계를 인식할 수 있도록 한다.

과학과의 성격에서 첫 문단에서는 교육과정의 성격, 대상 학년, 학습 대상, 학습 과정, 성취 목표 등을 제시하고 있다. 즉, ‘과학’은 국민 공통 기본 교육과정(1학년~10학년)으로서 초등학교 3학년부터 고등학교 1학년까지 8년 동안 우리나라의 모든 학생들을 지도하는 교과이며, 학습 대상은 과학에서 다루는 자연의 사물과 현상으로서 이에 대한 탐구 활동을 통해서 과학의 기본 개념, 과학적 탐구 능력과 태도를 기르도록 하고 있다. 이러한 과학적 탐구 활동을 통하여 얻어진 과학 지식과 탐구 능력, 과학적 태도로 일상생활에서 부딪히는 여러 가지 문제를 슬기롭고 창의적이며 합리적으로 해결할 수 있는 과학적 소양을 기르는 교과임을 표방하고 있다.

둘째 문단은 ‘과학’ 교과의 학습의 계열을 제시한 것으로 ‘과학’의 지도 내용은 초등학교 1, 2학년의 ‘슬기로운 생활’ 과목과 고등학교 2,3학년에서 학습하는 물리 I · II, 화학 I · II, 생명과학 I · II, 지구과학 I · III등의 과학 과목과 내용의 연계성을 유지해야 함을 명시하고 있다.

셋째 문단은 ‘과학’ 교과의 내용 구성의 원칙을 제시한 것으로 과학의 학문을 이루는 전 영역을 포함시키는 것을 원칙으로 정하고 있으며, 이들 영역 간에 기본 개념과 탐구 과정이 유기적으로 연계되도록 하고, 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 수업이 이루어져 문제를 해결하는 데 필요한 과학의 기본 탐구 능력과 과학적 태도를 습득하여 학생들이 부딪히는 문제들을 슬기롭게 해결할 수 있는 능력을 기르도록 되어 있다.

마지막 문단은 과학 수업에서 학습한 과학의 지식과 탐구 방법 등을 일상생활이나 사회 문제 해결에 적용하게 하여 과학의 본성과 가치를 바르게 인식하고 과학, 기술, 사회와의 관계를 올바르게 깨닫도록 되어 있다.

3. 과학과의 목표

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

- 과학의 기본 개념을 이해하고, 자연 탐구와 일상생활의 문제 해결에 이를 적용한다.
- 자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 일상생활의 문제 해결에 이를 활용한다.
- 자연 현상과 과학 학습에 대한 흥미와 호기심을 기르고, 일상생활의 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 함양한다.
- 과학, 기술, 사회의 상호 관계를 인식한다.

과학과의 목표는 2007년 개정 교육과정의 구성 방향과 과학과의 성격을 기반으로 설정된 것으로서, 크게 총괄 목표와 하위 목표로 구성되어 있으며, 총괄 목표에서 달성하고자 하는 궁극적인 목표가 바로 ‘과학적 소양’이다.

여기서 과학적 소양(Scientific Literacy)이라는 용어는 1847년에 월킨슨이 ‘모든 이를 위한 과학

(science for all)’에서 처음 언급한 이후, 지금은 과학 교육의 목적과 이념에서 아주 중요한 의미로 널리 사용되고 있다. 과학적 소양은 ‘과학의 내용을 읽고 쓸 줄 아는 정도’의 의미인 ‘과학 문해력’이라는 용어로 사용하기도 하지만, 그 의미에 대해서는 아직도 충분한 공감대가 형성되어 있지 않다.

펠라 등은 과학적 소양을 과학의 기초 개념, 과학의 본성, 과학자의 연구 윤리, 과학과 사회의 상호 연관성, 과학과 인간의 상호 연관성, 과학과 기술에 대한 이해를 전제로 삼았으며, 스미스는 과학적 소양을 주변 사건에 대한 이해, 대중 매체에 나타난 과학 관련 내용의 진실성을 확인할 수 있는 능력, 그리고 사회에서 과학 활동의 연관성과 중요성을 평가할 수 있는 능력이라고 하였다.

한편 미국 과학 교사 협회에서는 과학적 소양을 갖춘 사람의 특성을 ① 일상생활에서 책임 있는 의사 결정을 내리기 위해 과학 개념, 탐구 과정과 기능, 가치를 이용하고, ② 과학과 기술이 사회에 미치는 영향뿐만 아니라 사회가 과학과 기술에 미치는 영향을 이해하며, ③ 사회는 여러 가지 자원을 통해서 과학과 기술을 통제함을 이해하고, ④ 인간의 복지 증진에서 과학과 기술의 유용성뿐만 아니라 한계성도 이해하며, ⑤ 과학의 주요 개념, 가설, 이론을 알고 이를 사용할 줄 알고, ⑥ 과학과 기술이 제공하는 지적 자극을 하며, ⑦ 과학 지식의 창출은 탐구 과정과 개념적 이론에 근거함을 이해하고, ⑧ 과학적인 증거와 개인적인 견해를 바탕으로, ⑨ 과학의 본질을 인식하고 과학 지식은 잠정적이며 증거의 축적에 따라 변할 수 있다는 것을 이해하고, ⑩ 기술의 응용과 이에 따른 의사 결정을 이해하며, ⑪ 과학 연구의 가치와 기술의 발달을 인식할 수 있는 충분한 지식과 경험을 가지고, ⑫ 과학 교육의 결과로 세상에 대해 더 풍요롭고 긍정적인 견해를 가지며, ⑬ 믿을 만한 과학적 · 기술적 정보원을 알고 이러한 정보원을 의사 결정에 활용할 수 있는 사람이라고 하였다.

그리고 미국 과학 진흥 협회에서 제시한 Project 2061에서는 과학적 소양을 갖춘 사람의 특성으로 ① 과학과 수학, 기술이 한계를 지니고 있는 상호 연관된 인간의 활동임을 인식하고, ② 과학의 주요 개념과 원리를 이해하며, ③ 자연의 세계에 친숙하고 자연계의 다양성과 항상성을 모두 인식하고, ④ 과학적 지식과 과학적 사고 방식을 개인과 사회를 위해 활용할 줄 알아야 한다고 하였다.

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

2007 개정 과학과 교육과정 내용										
영역\학년	3	4	5	6	7	8	9	10		
운동과 에너지	- 자석의 성질 - 빛의 직진	- 무게 - 열전달	- 물체의 속력 - 전기 회로	- 빛 - 에너지 - 자기장	- 힘과 운동 - 정전기	- 열에너지 - 빛과 파동	- 일과 에너지 - 전기	- 물체의 운동 - 전자기	자연계에서의 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 반응에서의 규칙성 - 여러 가지 화학 반응		
생명	- 동물의 한살이 - 동물의 세계	- 식물의 한살이 - 식물의 세계	- 식물의 구조와 기능 - 작은 생물의 세계 - 우리의 몸	생태계와 환경	- 생물의 구성과 다양성 - 식물의 영양	- 소화와 순환 - 호흡과 배설	- 자극과 반응 - 생식과 발생	- 유전과 진화 - 생명 과학과 인간의 미래		
지구와 우주	날씨와 우리 생활	- 지층과 화석 - 화산과 지진 - 지표의 변화	- 지구와 달 - 태양계와 별	- 날씨의 변화 - 계절의 변화	- 지각의 물질과 변화 - 지각 변동과 판구조론	- 태양계 - 별과 우주	- 대기의 성질과 일기 변화 - 해수의 성분과 운동	- 지구계 - 천체의 운동		

(2) 5학년의 내용

과학과 교육과정에 제시된 5학년의 지도 내용은 다음과 같다. 교육과정에 제시된 단원명은 교과서 집필 과정에서 다소 변경될 수 있다.

(가) 지구와 달

- ① 지구와 달의 모양과 표면의 특징을 비교하고 지구에만 생명이 존재할 수 있는 이유를 설명할 수 있다.
- ② 지구상에 낮과 밤이 생기는 이유를 지구의 자전과 관련지어 설명할 수 있다.
- ③ 하루 동안 달의 이동 방향을 설명할 수 있다.
- ④ 여러 날 동안 해가 진 직후 같은 시각에 보이는 달 모양과 위치 변화를 알고, 그 이유를 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 하루 동안의 달의 위치 변화 관찰하기
- ② 여러 날 동안 해가 진 직후 같은 시각에 보이는 달의 모양과 위치 변화 관찰하기
- ③ 해가 진 직후 같은 시각에 보이는 달의 모양 변화 실험

(나) 용해와 용액

- ① 용질의 녹는 양은 용매의 종류와 양에 따라 다름을 안다.
- ② 온도와 용질의 녹는 양과의 관계를 설명할 수 있다.
- ③ 용해 전과 후의 무게가 변하지 않음을 안다.

[탐구 활동]

- ① 여러 가지 용매에 따른 물질의 용해 정도 관찰하기
- ② 물질의 녹는 양과 온도의 관계 알아보기
- ③ 용해 전과 후의 무게 측정하기

(다) 식물의 구조와 기능

- ① 식물의 뿌리, 줄기, 잎, 꽃, 열매의 구조와 기능을 이해한다.
- ② 뿌리, 줄기, 잎, 열매의 관계를 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 뿌리의 기능 알아보기
- ② 물관을 통한 물의 이동 실험하기
- ③ 증산 작용 실험하기
- ④ 광합성의 산물을 알아보는 실험하기
- ⑤ 현미경으로 식물 관찰하기

(라) 물체의 속력

- ① 일정 거리를 가는 데 걸리는 시간으로 빠르기를 비교할 수 있다.
- ② 일정 시간에 간 거리로 빠르기를 비교할 수 있다.
- ③ 속력의 의미를 알고, 단위를 사용하여 나타낼 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 물체가 이동한 거리와 걸린 시간을 측정하여 속력 구하기

(마) 작은 생물의 세계

- ① 우리 주변에 사는 곰팡이, 해감, 장구벌레 등 여러 가지 작은 생물의 특징을 안다.
- ② 작은 생물이 살아가는 환경을 이해한다.
- ③ 작은 생물과 우리 생활과의 관계를 이해한다.

[탐구 활동]

- ① 주변의 작은 생물을 관찰하고 특징 알아보기
- ② 작은 생물과 우리 생활과의 관계 토의하기
- ③ 곰팡이, 세균, 바이러스가 건강에 미치는 영향 조사하기

(바) 우리의 몸

- ① 근육과 뼈의 구조와 기능을 이해한다.
- ② 소화, 순환, 호흡, 배설, 감각 기관의 구조와 기능을 이해한다.
- ③ 건강을 각 기관의 기능과 관련지어 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 뼈와 근육 모형 만들기
- ② 운동할 때 몸에서 일어나는 변화 알아보기
- ③ 자극에 대한 우리 몸의 반응 알아보기

(사) 전기 회로

- ① 전기 회로를 꾸미는 방법을 설명할 수 있다.
- ② 전기 회로를 보고 전기 회로도로 나타낼 수 있고, 전기 회로도를 보고 전기 회로를 꾸밀 수 있다.
- ③ 전구의 연결 방법과 밝기와의 관계를 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 전지, 전구, 전선 등을 연결하여 전구에 불 켜기
- ② 전구를 여러 가지 방법으로 연결하여 불 켜기
- ③ 전기를 안전하고 바르게 사용하는 방법을 조사하여 토의하기

(아) 태양계와 별

- ① 태양은 지구의 에너지원임을 안다.
- ② 태양과 행성들의 상대적 크기와 거리를 비교하고 공전의 개념을 이해한다.
- ③ 하루 동안 별자리가 움직이는 방향을 안다.
- ④ 계절별로 별자리가 달라짐을 알고, 계절별로 나타나는 대표적인 별자리를 찾을 수 있다.
- ⑤ 인류가 우주를 탐사하는 이유를 생각하여 보고, 우주 탐사에 대한 꿈을 키운다.

[탐구 활동]

- ① 태양계 행성들의 상대적 크기와 거리 비교하기
- ② 하루 동안 오리온 자리의 움직임 관찰하기
- ③ 북극성, 북두칠성, 카시오페이아 및 계절별 대표적인 별자리 찾아보기

(3) 6학년의 내용

과학과 교육과정에 제시된 6학년의 지도 내용은 다음과 같다. 교육과정에 제시된 단원명은 교과서 집필 과정에서 다소 변경될 수 있다.

(가) 산과 염기

- ① 여러 가지 용액에 지시약을 넣었을 때의 변화를 관찰하고, 이를 이용하여 용액을 분류할 수 있다.
- ② 산성 용액과 염기성 용액의 성질을 말할 수 있다.
- ③ 산과 염기를 섞을 때 용액의 성질 변화를 설명할 수 있다.
- ④ 일상생활에서 산성, 염기성 용액이 이용되는 예를 들 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 지시약을 이용하여 용액 분류하기
- ② 산과 염기를 섞을 때의 변화 관찰하기

(나) 빛

- ① 빛의 직진, 반사, 굴절을 이해하고, 주변에서 그 예를 찾을 수 있다.
- ② 물체가 보이는 과정을 빛의 진행과 관련지어 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 바늘구멍 사진기 만들기
- ② 잠망경 만들기
- ③ 레이저를 사용하여 물속에서의 빛의 굴절 현상 관찰하기

(다) 생태계와 환경

- ① 생태계에서 생산자, 소비자, 분해자 사이의 관계를 이해한다.
- ② 빛, 온도, 물 등과 같은 환경 요소가 생물에 미치는 영향을 안다.
- ③ 인간 생활이 생태계에 미치는 영향을 안다.

[탐구 활동]

- ① 생태계 관련 놀이하기
- ② 환경과 생물의 관계 알아보기
- ③ 오염된 물을 정화하는 활동하기
- ④ 환경오염이 생물에 미치는 영향 조사하기

(라) 날씨의 변화

- ① 습도가 우리 생활에 미치는 영향을 설명할 수 있다.
- ② 이슬과 안개가 생기는 현상을 이해하고, 그 차이점을 설명할 수 있다.
- ③ 구름이 생겨서 비나 눈이 내리는 과정을 이해한다.
- ④ 바람이 부는 까닭을 이해하고, 바닷가에서 낮과 밤에 부는 바람의 방향 변화를 설명할 수 있다.
- ⑤ 일기 예보의 과정과 날씨 정보를 우리 생활에 활용하는 방법을 안다.
- ⑥ 계절별 날씨의 특징을 이동해 오는 공기의 성질로 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 건습구 온도계로 습도 측정하기
- ② 안개 발생 실험하기
- ③ 흙과 물의 온도 변화 비교하기
- ④ 야외 활동 계획을 세울 때 필요한 날씨 정보 조사하기

(마) 여러 가지 기체

- ① 기체에 가한 힘과 기체 부피 사이의 관계를 정성적으로 설명할 수 있다.
- ② 온도에 따른 기체의 부피 변화를 정성적으로 설명할 수 있다.
- ③ 산소와 이산화탄소를 만드는 방법과 각각의 성질을 안다.
- ④ 일상생활에서 기체가 이용되는 사례를 조사하고, 이를 기체의 성질과 관련지어 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 가한 힘에 따른 기체의 부피 변화 실험하기
- ② 온도에 따른 기체의 부피 변화 실험하기
- ③ 산소와 이산화탄소를 발생시켜 성질 조사하기

(바) 계절의 변화

- ① 계절에 따라 해가 뜨고 지는 시각과 기온의 변화 경향을 이해한다.
- ② 태양 고도에 따른 그림자의 길이 및 기온과의 관계를 이해한다.
- ③ 태양 고도와 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지의 관계를 이해한다.
- ④ 계절의 변화를 남중 고도의 변화와 관련지어 이해한다.

[탐구 활동]

- ① 하루 동안 태양의 고도와 그림자 길이 변화 측정하기
- ② 해시계 만들기
- ③ 태양 고도에 따른 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지량 차이 실험하기

(사) 에너지와 도구

- ① 위치 에너지, 운동 에너지, 열에너지, 전기 에너지를 알고, 에너지가 일을 할 수 있는 원천임을 안다.
- ② 에너지가 전환되는 예를 일상생활에서 찾아 그 과정을 설명할 수 있다.
- ③ 도르래, 경사면과 지레를 사용할 때의 이로운 점을 설명할 수 있다.

[탐구 활동]

- ① 도르래, 경사면, 지레의 원리 실험하기
- ② 에너지 절약 방법 조사하여 토의하기

(아) 연소와 소화

- ① 초가 탈 때 일어나는 변화를 설명할 수 있다.
- ② 연소와 소화의 조건을 알고, 연소와 소화를 관련지어 설명할 수 있다.
- ③ 화재 예방 및 화재 발생 시의 안전 대책과 소화기의 사용 방법을 안다.

[탐구 활동]

- ① 촛불을 관찰하고 연소 생성물 확인하기
- ② 연소의 조건을 알아보는 실험하기
- ③ 소화기 사용 방법 익히기

(자) 자기장

- ① 자석 주위에 자기장이 생김을 안다.
- ② 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 자기장이 생김을 안다.

[탐구 활동]

- ① 자석 주위의 자기장 확인하기
- ② 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장 확인하기
- ③ 전자석을 만들고 극 찾기

1. 과학과 교과용 도서의 개발 방향

과학과 2007 개정 교육과정에 따르면 과학과의 교육 목표는 “과학의 기본 개념을 이해하고 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 일상생활의 문제를 창의적이고 합리적으로 해결하는 데 필요한 과학적 소양”을 기르는 것이다. 이를 바탕으로 한 초등학교 5~6학년 과학 교과서는 2007 개정 교육과정에서 강조하는 창의성 교육과 탐구 능력 및 일상생활의 문제 해결을 강조한 질 높은 교과용 도서를 개발하는 데 목적을 두고 있다.

특히 5~6학년 과학 교과서는 학생들이 과학적인 탐구를 통해 과학에 대한 관심과 흥미를 가지고 다양한 과학 활동을 통해 ‘꼬마 과학자’가 되어 보는 것을 편찬의 기본 방향으로 삼고 있으며, 구체적인 개발 방향은 다음과 같다.

(1) 학생들이 쉽고 재미있게 배울 수 있는 교과용 도서를 편찬한다

어렸을 때에는 과학자가 꿈인 많은 초등학생들이 학년이 올라가면서 과학 교과를 매우 어려운 과목으로 여기며, 과학에 대한 흥미를 잃어버리고 있다(Butler, 1999). 특히 초등학교 6학년 과학 교과서와 중학교 1학년 과학 교과서의 수준 차이가 크기 때문에 중학교에 진학한 학생들이 과학을 포기하는 상황이 생기기도 한다. 또, 이러한 현상이 고등학생들의 이과 선택 기피와 이공계 학생들의 감소로 이어지고 있다는 점에서 과학 교육의 전망이 어두울 수밖에 없다.

이에 5~6학년 과학 교과서는 학생들의 과학에 대한 흥미와 호기심을 길러 주고, 학교급 간의 수준 차이가 느껴지지 않도록 학습 수준과 양을 조절하여 학생들이 쉽고 재미있게 배울 수 있는 교과용 도서를 편찬하였다.

(2) 과학자처럼 탐구하는 교과용 도서를 편찬한다

기존의 과학 교과서는 안내된 실험 순서를 그대로 따라하면 실험 결과가 나오는 이른바 요리책 식 실험으로 구성되어 있다. 자세히 안내된 실험을 통한 학습은 학생들의 자유로운 사고 활동을 막고, 탐구 활동에 대한 흥미를 잃게 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 개발된 5~6학년 교과서는 실제 과학자의 사고를 기반으로 한 문제 인식에서부터 결론 도출에 이르는 일련의 탐구 활동을 학생들이 직접 경험할 수 있게 함으로써 학생들의 과학에 대한 시각을 바꿔 주는 동시에 과학적 탐구 능력을 향상시킬 수 있다. 또한, 과학자의 사고에 기반을 둔 과학 학습을 통해 과학의 본성에 대해 더 잘 이해할 수 있으리라 본다. 이러한 관점에서 과학과 교과용 도서는 과학자처럼 탐구하는 형태로 구성·편찬하였다.

(3) 과학의 기본 개념을 이해할 수 있는 교과용 도서를 편찬한다

과학과 교육과정에도 나와 있듯이, 초등학교 과학은 개념 중심보다는 현상 중심, 활동 중심을 강조하지만 과학 교과의 특성상 기본적인 개념을 습득하지 않고는 보다 높은 탐구를 하는 데에는 한계가 있다. 이러한 관점에서 이번의 5~6학년 과학 교과서는 학생들이 기본 개념을 쉽게 이해하고 습득할 수 있도록 다양한 활동 및 활동에 적합한 수업 모형을 적용하여 편찬하였다.

(4) 과학 탐구 능력을 체계적으로 기를 수 있는 교과용 도서를 편찬한다

과학에서 과학의 기본 개념을 습득하는 것만큼 과학 탐구 능력을 길러 주는 것도 중요하다. 과학 탐구 능력은 학생들이 과학적인 개념을 형성할 때 사용하는 사고 능력이다. 과학적 개념 습득은 교사의 직접적인 교수에 의해서 이루어지거나, 교사의 안내에 따른 학생의 실험 활동이나 실험 후의 사고 활동에 의해 이루어질 수 있다. 실험과 실험 후에 이루어지는 다양한 사고 활동은 과학 탐구 능력에 의해 확장되고 체계적으로 이루어진다. 교과서 체제 속에서 탐구식 실험을 구성하여 교육과정에서 강조하는 탐구 과정 요소인 기초 탐구 과정 요소와 통합 탐구 과정 요소들을 체계적으로 경험할 수 있고, 그에 따른 능력을 기를 수 있는 교과용 도서를 편찬하고자 한다.

(5) 일상생활의 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 교과용 도서를 편찬한다

학생들이 과학 교과서를 통해 단순히 과학 지식을 배우는 것이 아닌 일상생활에 적용하였을 때 여러 과학 지식을 활용하고, 상황을 고려하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 교과용 도서를 편찬하고자 한다. 이에 2007 개정 교육과정에 따른 5~6학년 과학 교과서에서는 교과 내용과 연계된 다양한 창의활동 코너와 ‘더 탐구해 볼까요?’에서 학생들의 확산적 사고를 돕는 발문을 제시하여 실용적인 창의적 문제 해결력을 키워주고자 한다.

(6) 첨단 과학기술사회에 적합한 과학적 소양을 기를 수 있는 교과용 도서를 편찬한다

5~6학년 과학 교과서는 다양한 읽기 자료 및 단원별로 구성된 과학자 활동을 통해 학생들이 새로운 과학 문화와 과학자들이 하는 일과 활동에 대해 흥미를 이어감으로써 첨단 과학 기술 사회에 적합한 과학적 소양을 기를 수 있는 교과용 도서를 편찬하고자 한다. 이는 장기적으로 우리나라 과학 기술 분야의 인재를 양성하고 국가 경쟁력을 높이는데 크게 기여할 것으로 생각된다.

이러한 교과용 도서 개발 방향을 바탕으로 ‘꼬마 과학자’로서의 꿈과 과학적 소양, 창의성을 기를 수 있도록 학생들이 과학에 몰입할 수 있는 교과용 도서를 편찬하기 위해서 ‘FLOW’모형을 개발하여 적용하였다. 여기서 ‘FLOW’는 ‘과학에 대한 흥미를 갖고(Fun science), 다양한 실험 및 과학 경험을 통해(Lab. experience) 과학 지식을 스스로 생성하면서(Organizing knowledge) 과학자가 되고자 하는 마음을 가질 수 있도록 한다(Willing to be a scientist).’는 의미를 지니고 있다. 이를 구현하기 위한 ‘FLOW’모형의 자세한 특징과 구성 방침은 다음과 같다.

■ 5~6학년 과학 교과서의 특징 및 구성 방침

(1) 5~6학년 과학 교과서에 적용한 ‘FLOW’ 모형



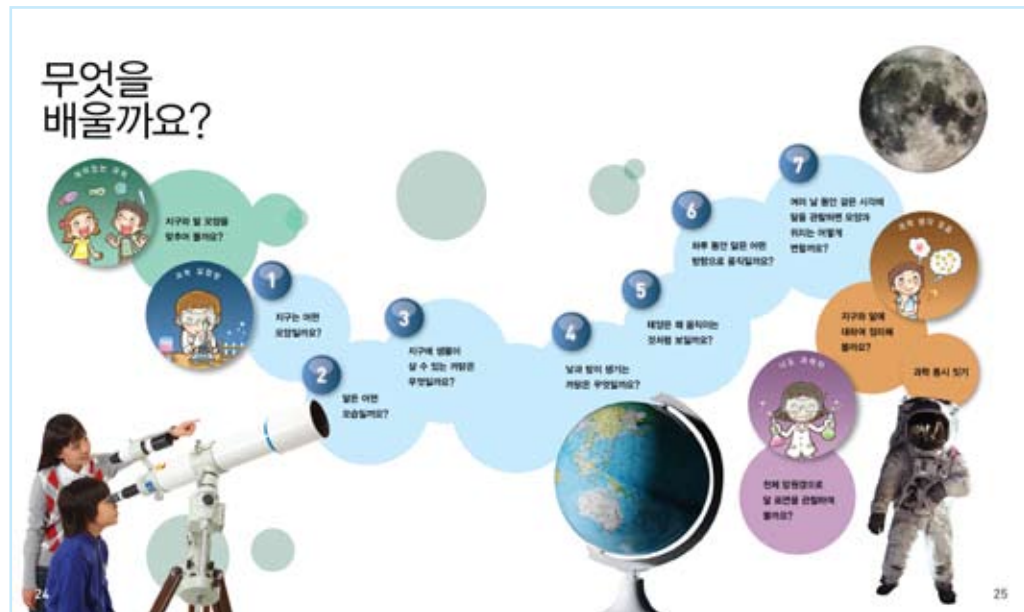
■ 표 II-1 ■

(2) 'FLOW'모형의 각 단계별 특징 및 구성 방침

'FLOW'모형은 창의적인 꼬마 과학자(Creative Young Scientist)를 만든다는 교과서 편찬 방향에 맞춰 개발된 모형이다. 쉽고 재미있는 소재를 통해 학습자들에게 과학에 대한 흥미와 관심을 불러일으키고, 과학자처럼 탐구하도록 하여 과학 활동에서 이루어지는 탐구 과정을 경험할 수 있게 하였다. 아울러 창의적인 사고를 통한 다양한 문제를 해결함으로써 과학적인 지식 생성 활동을 실제로 경험하게 하여 과학에 몰입할 수 기회를 제공하고자 하였다.

'FLOW'모형은 칙센미하일리의 'Finding Flow'에서 모티브를 얻어 개발된 것으로 학습자들이 과학에 몰입하여 과학자들의 과학 탐구 활동을 경험하게 하고 과학적 지식을 생성해 보는 데 그 주안점이 있다. FLOW 각 단계는 재미있는 과학(F), 과학 실험방(L), 과학 생각 모음(O), 나도 과학자(W)의 한글화 꼭지명을 두어 교사와 학생들의 이해를 돕도록 하였다.

그림 II-1



교과서의 “무엇을 배울까요?”

전체적으로 'FLOW'모형은 단원을 단위로 구성된다. 각 단계별 특징 및 구성 방침은 다음과 같다.

■ 'F' 단계(Fun Science, 재미있는 과학)

모든 학습의 성공은 학습의 출발점인 학습자들의 흥미와 관심을 어떻게 이끄는가에 달려 있다. 학습자들의 학습에 대한 동기 유발은 학습을 통해 배우게 될 학습 개념과 과학 탐구 활동에 대한 선행 조직자의 역할을 하게 한다. 'FLOW'모형에서도 단원 학습의 출발점이 되는 것이 바로 'F'단계이다. 'F'단계에서는 단원에 관련된 쉽고 재미있는 소재를 중심으로 내용을 구성하고, 개념 학습을 지양하고 학습자들의 활동을 통한 다양한 사고 활동과 토론 활동으로 이루어져 있다. 학습자들은 간단한 과학 탐구 활동을 통해 단원에서 배울 내용을 추측해 보고, 탐구 활동에서 일어나는 현상에 대해 자유롭게 이야기하는 활동으로 구성되어 있다.

▷ 구성 방침

- (가) 과학자들이 자신의 연구에 흥미를 느끼듯이, 단원의 내용과 관련된 쉽고 재미있는 소재를 중심으로 구성하여 학습자가 단원 학습에 흥미를 느낄 수 있도록 구성한다.
- (나) 개념 중심 활동은 지양하고 활동 중심으로 구성한다.
- (다) 단원 전체 내용을 통합하여 제시할 수 있는 소재로 구성한다.
- (라) 학습자의 다양한 사고 활동을 통해 자유롭게 발표하고 토론할 수 있는 내용으로 구성한다.



■ 'L' 단계(Lab. Experience, 과학 실험방)

초등학교 과학은 피아제의 인지 발달 단계에서 구체적 조작기에 해당되는 학생들이 대부분이다. 따라서 초등학교 과학 교육과정은 학생들의 다양한 학습 경험을 중시하므로 개념 중심보다는 다양한 탐구 활동을 바탕으로 한 활동 중심으로 구성해야 한다. 그러나 학생들이 상위 학년의 학습을 수월하게 하기 위해서는 기본적인 과학 개념에 대한 학습도 간과해서는 안 된다. 이러한 기본적인 과학 개념과 기초적인 탐구 능력을 갖게 하기 위해 'L'단계에서는 풍부한 창의력과 과학적인 사고력을 발휘할 수 있는 다양한 과학 경험이 이루어지도록 구성하였다.

▷ 구성 방침

- (가) 과학자처럼 관찰, 실험, 조사, 토론 등과 같은 다양한 경험을 할 수 있도록 구성한다.
- (나) 다양한 과학 탐구 활동을 통해 창의적으로 탐구하여 과학적 지식을 생성하는 것을 경험하도록 구성한다.
- (다) 단순히 실험 결과를 확인해 보는 요리책식 실험을 지양하고, 실제 과학자들의 연구 활동과 같은 탐구식 실험 형태를 위주로 구성한다.
- (라) 학습자의 유연한 사고를 바탕으로 문제 상황을 창의적으로 해결하는 능력을 키우기 위한 다양한 창의 활동을 구성한다.



■ 'O' 단계(Organizing Knowledge, 과학 생각 모음)

'O'단계는 과학자들이 연구 결과를 정리하여 보고하는 것과 같이, 학습자가 'L'단계에서 과학적인 탐구 활동을 통해 생성한 과학적 지식들을 체계적으로 조직하는 단계이다.

지금까지 과학 교육에서는 학생들의 과학적인 경험을 위주로 구성되어 왔다. 마무리 단계라고 할 수 있는 경험을 통한 지식들을 체계적으로 조직하는 데에는 미흡하였다. 이에 초등학교 5~6학년 교과서에서는 과학자들이 자신들의 연구 결과를 통해 결론을 도출하여 발표하는 것과 같이, 학습자들이 자신들이 경험한 다양한 과학 탐구 활동의 결과들을 정리하고 그 단원에서 배웠던 내용을 조직하여 결론을 내리는 활동을 추가하였다.

'O' 단계에서는 2007 개정 교육과정에서 강조하고 있는 '과학 글쓰기'에 대한 내용도 포함하였다. '과학 글쓰기'는 실제 과학자들이 자신들의 연구 결과를 학계에 발표하기 위해 자신의 이론을 논리적으로 저술하는 활동을 하는 것처럼, 학습자들이 자신들이 가지고 있는 과학적인 경험과 지식을 토대로 주제에 대해 논리적으로 글을 쓰는 활동을 제공하고자 하였다. '과학 글쓰기' 활동은 단원에서 배운 내용을 정리하거나 확장 적용하는 형식으로 구성하였다.

▷ 구성 방침

- (가) 'L' 단계에서 학습한 과학 탐구 활동이나 과학적인 지식을 체계적으로 조직하는 활동으로 구성한다.
- (나) 학습자 스스로 구성하고 조직하는 활동으로 구성한다.
- (다) 단원에서 학습한 내용을 바탕으로 논리적으로 글을 쓰는 활동이나 단원 학습 내용을 적용할 수 있는 '과학 글쓰기' 활동을 구성한다.



■ 'W' 단계(Willing to be a Scientist, 나도 과학자)

2007 개정 교육과정에 따른 5~6학년 과학 교과서는 학생들을 '꼬마 과학자(Creative Young Scientist)'로 만드는 데 목적이 있다. 'W' 단계에서는 'L' 단계에서 배웠던 과학 탐구 활동과 관련된 과학자들을 소개하고 직접 학습자가 과학자들의 활동을 경험해 보는 활동으로 구성한다. 'W' 단계는 과학자들이 하는 활동처럼 생성된 과학적 지식을 바탕으로 다양한 문제 상황을 창의적으로 해결하는 활동으로 구성한다. 학습자로 하여금 과학자에 대한 이미지를 새롭게 정립할 수 있는 기회를 제공하는 동시에 과학자들의 활동에 대해 친근감을 가질 수 있는 계기가 될 것이다.

▷구성 방침

- (가) 단원과 관련된 과학자들의 탐구 활동을 소개하고 학습자가 직접 경험해 볼 수 있도록 구성한다.
- (나) 학습자가 과학과 과학자에 대한 생각을 새롭게 정립할 수 있도록 다양한 과학자들의 활동 모습을 소개한다.

(3) 과학 교과서, 실험 관찰, 교사용 지도서 개발 방향과 구성 방침

앞에서 제시된 ‘FLOW’모형에 따른 과학 교과서를 구현하기 위한 초등학교 과학과 교과용 도서 개발 방향과 구성 방침을 과학 교과서, 실험 관찰, 교사용 지도서별로 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

[과학 교과서]

- (가) 학생의 시각 자료의 효과를 극대화할 수 있도록 기존 교과서의 판형과 지질, 편집 디자인을 학생의 요구와 특성에 맞게 창의적으로 새롭게 구성한다.
- (나) 과학 교과서의 역할과 기능을 고려하여 교과서 쪽수를 기존 교과서의 약 1.5배 이상으로 늘려 과학 탐구의 과정을 단절되지 않고 보다 체계적으로 전개함으로써 과학 탐구의 즐거움을 체험하도록 구성한다.
- (다) 단위별 차시수는 학습량에 따라 8~12차시로 구성한다.
- (라) 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 구성한다.
- (마) 실제 과학 수업의 진행 과정에 중심을 두고, 과학의 탐구 학습이 원활하게 이루어질 수 있도록 탐구 과정(자유 탐구)을 ‘무엇이 필요할까요?’, ‘어떻게 할까요?’, ‘생각하여 볼까요?’의 단계로 구성한다.
- (바) 단원의 내용 전개는 ‘FLOW’모형에 맞춰 주변의 실생활과 학생의 구체적 경험을 바탕으로 참신한 소재를 먼저 도입하여 학습에 대한 관심과 흥미를 불러일으켜 학습 동기를 유발한다.
- (사) 학생들이 다양한 과학적인 경험을 바탕으로 과학적 사고와 확산적 사고를 통하여 무한한 잠재 능력과 창의성을 계발하고, 자신이 직접 과학적인 지식을 생성하는 것을 경험한다. 이러한 내용 전개를 통해 학생들이 과학 탐구에 적극적으로 참여하여 꼬마 과학자가 될 수 있도록 구성한다.
- (아) 교과서에 제시된 실험 활동은 직접 수행하고 그 결과가 확인된 내용으로 구성하여 학생들이 자신감을 가지고 과학 탐구의 성공감을 느낄 수 있도록 한다.
- (자) 교과서 내용 구성은 과학과 교육과정, 교과용 도서 편찬 방향, 교과용 도서 편찬상의 유의점(공통 사항), 초등학교 과학과 교과용 도서 편찬상의 유의점을 고려하여 그 원칙과 방향에 알맞도록 구성한다.
- (차) 교과서에 사용되는 용어의 경우 교육과정 편수 자료에 근거하여 집필한다.
- (카) 교육과학기술부의 교과서 활용성 제고 관련 재 활용 방안에 근거하여 질 높은 교과서 개발과 더불어 실험 관찰서를 통한 기록, 교과서 물려주기 기록표 등의 방법을 강구한다.

[실험 관찰]

- (가) 실험 관찰 교과서의 성격과 역할, 그리고 편찬 취지에 알맞게 과학 수업 시간에 탐구 실험을 실제로 도울 수 있는 참신한 교과서 체제와 내용으로 구성한다.
- (나) 학습자 중심의 탐구 실험이 수행될 수 있도록 탐구 활동과 창의적인 아이디어를 기록할 수 있는 학습장 형태의 배움 책(Workbook)으로서, 개개인의 발견 학습 및 탐구 학습장으로 구성한다.
- (다) 실험 관찰 교과서의 지질을 조절하여 그림 그리기, 오려 붙이기, 오려 만들기, 과학 글쓰기 등이 가능하도록 제작하여 다양한 용도로 활용할 수 있도록 한다.
- (라) 단원의 구성 체제는 그 특성에 알맞게 전개하여 내용의 성격에 따라 탐구 수업이 활성화될 수 있도록 구성한다.
- (마) 학년의 수준에 따라 탐구 과정과 활동의 범위를 알맞게 조절하여 탐구의 개방도를 학생의 수준에 맞도록 구성한다.
- (바) 심화 학습 활동이나 자유 탐구 활동 내용을 체계적으로 계획하고 수행하는 과정을 기록하여 보다 심도 있는 탐구 활동이 전개되도록 구성한다.

[교사용 지도서]

- (가) 교사용 지도서는 교사가 실제로 과학 수업을 하는 데 사용하기 편리하도록 판형과 색도, 체제를 참신하게 구성한다.
- (나) 2007 개정 초등학교 과학과 교육과정과 과학 교과서 개발 방향과 구성 방침을 안내하여 교육과정 중심의 학교교육이 이루어지도록 한다.
- (다) 교사용 지도서에는 총론 부분에 과학과 교육과정, 과학과 교과용 도서의 개발 방향 및 특징, 과학 학습 이론과 수업 모형, 과학 학습 평가 방법, 학기 지도 계획을 제시하고, 각론 부분에 각 단위별로 단원의 개관, 목표, 학습 계열, 단위 지도 계획, 단위 평가의 관점, 단위 배경 지식을 제시하여 교사의 과학 학습 지도에 도움이 되도록 구성한다.
- (라) 차시 지도의 실제에서는 문장 중심으로 지도 과정과 방법을 설명하지 않고, 교사가 수업 시 바로 이용 가능하도록 권장 수업 모형에 맞춰 수업 지도안 형식으로 구성하여 실제 수업에서 바로 활용할 수 있도록 구성한다.
- (마) 차시별 지도의 실제에서는 교과서에 제시된 각종 사진, 삽화, 그래프 및 표에 대한 설명을 제시하여 수업 시 활용할 수 있도록 구성하며, 교사에게 수업에 대한 도움을 주기 위해 지도 시 유의 사항과 관련 자료를 구성하여 제시한다.
- (바) ‘FLOW’모형별로 각 단계의 구성 의도를 밝혀 교사와 학습자에게 교과서의 안내서로서의 역할을 확대하였고, 과학 이야기에 대한 구성 의도를 추가하여 단순히 읽고 지나가는 자료 이상의 효과를 거둘 수 있도록 지도에 대한 안내를 추가하여 구성한다.
- (사) 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 제공한다.

2. 과학과 교과용 도서의 특징

2007 개정 교육과정에 따른 과학과 교과용 도서는 ‘학생의 학습 능력과 창의력 신장에 적합한 교과용 도서’ 개발에 주안점을 두고, 교육과정에서 추구하는 인간상과 교육 목표를 달성하는 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 교재로서 학교 교육을 좌지우지할 만큼 그 영향력이 매우 크다.

교육과정 개정에 따라 초등학교 과학과 교과서를 편찬함에 있어서 보다 참신한 새 교과서 상을 정립하고, 교사와 학생, 학부모가 요구하는 창의적인 과학과 교과용 도서를 개발한다는 3~4학년 과학 교과용 도서 개발의 특징을 이어받아 5~6학년 과학 교과용 도서 또한 참신하고 발전적인 교과서를 개발하게 된 것이다. 특히, 5~6학년 과학 교과용 도서는 과학 교육의 큰 흐름이면서 2007 개정 교육과정에서도 강조하고 있는 ‘탐구 학습’의 지속적인 강조라는 구성 방향에 맞춰 교과용 도서를 과학자들의 연구 활동과 같은 과학적 탐구 과정으로 구성하였다.

교과용 도서별로 그 특징을 제시하면 다음과 같다.

[과학 교과서]

교과서는 교육과정의 목표와 내용을 구현하기 위한 예시 자료이므로 지역 실정과 학교 상황에 맞게 재구성하여 지도되어야 한다.

- (1) 개정 교육과정에 따른 5~6학년 과학과 교과서는 과학 교육의 현대적인 흐름에 대한 문헌 고찰과 국내외의 과학 교과서 분석을 통해 개발 방향 및 구성 체제, 내용 선정 및 조직, 내용의 전개 방법을 결정·논의한 후 만들어진 연구 개발형 교과서이다.
- (2) ‘창의적인 꼬마 과학자’를 만든다는 목표 아래, ‘FLOW’모형에 맞춰 단원이 구성된 탐구 전략형 교과서이다.
- (3) 초등학생의 특성에 맞게 과학에 대한 자연스런 흥미 유발로 시작하여 과학적인 탐구 활동, 과학적 지식 생성 경험, 탐구 활동에 따른 과학적 지식의 조직화, 학습 내용과 관련된 과학자들의 활동 경험하기로 구성된 탐구형 교과서이다.
- (4) 학생들이 과학 탐구 방법과 기초 탐구 기능뿐만 아니라, 통합 탐구 기능까지 체계적으로 익힐 수 있도록 탐구 주제를 알맞게 제시하였다.
- (5) 탐구 주제는 학생들의 실생활과 구체적인 경험을 바탕으로 과학적 사고와 창의적 사고를 계발하고 신장시키는 데 알맞은 내용으로 구성하였다.
- (6) 전 단원의 전 차시가 과학적인 탐구 활동을 중심으로 과학과 학습 모형을 기반으로 구성되어 있어 과학적 탐구 흐름과 사고 흐름을 밟아 가고 있다.

[실험 관찰]

실험 관찰은 과학 교과서의 보조 교과서로서 과학 탐구 활동 중에 일어나는 다양한 사고 활동에 대한 내용을 기록하고, 학습자의 탐구 활동에 대한 결과를 나타내는 포트폴리오이다.

- (1) 과학 교과서를 보조하여 학습자의 사고의 흐름과 과학 탐구 활동의 흐름에 맞게 기록할 수 있도록 구성하였다.
- (2) 학습자의 지나친 기록 활동으로 학습의 흐름과 사고의 흐름을 방해하지 않도록 분량을 적정화하였다.

[교사용 지도서]

교사용 지도서는 교육과정에 제시된 교과와 성격과 목표, 내용, 교수·학습 방법, 평가 등을 바르게 해석하고, 단원별 그리고 차시별로 교수·학습 과정을 체계적으로 상세하게 제시하여 교사에게 꼭 필요하며 편리하게 활용할 수 있도록 구성하였다.

- (1) Wrap Around 방식으로 구성하여 과학 교과서와 실험 관찰 내용을 한 눈에 보면서 학습의 흐름대로 지도에 참고할 수 있도록 구성하였다.
- (2) 교사가 실제로 과학 수업 시간에 활용하기 편리하도록 판형, 색도, 체제를 창의적으로 구성하여 교육과정 개정 취지를 구현하였다.
- (3) 과학 교과서가 과학과 수업 모형에 맞춰 구성하였다면, 교사용 지도서는 수업 모형에 따른 교수·학습 과정안의 형태로 구성하였다. 교사들이 단원별, 차시별 내용을 학습의 흐름에 맞게 지도할 수 있도록 구성하였다.
- (4) 교과서에 제시된 각종 사진과 삽화, 표와 그래프에 대한 설명을 덧붙이고, 차시 내용과 관련된 자료를 추가적으로 제시하여 지도에 도움을 주고자 하였다.
- (5) 자유 탐구 활동을 보다 의미있게 지도할 수 있도록 사례를 제시하여 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 정보를 제공하였다.
- (6) 교사용 지도서는 교사를 위한 안내서이므로, 단원에 관련된 배경 지식을 실어 교사들에게 단원 지도에 대한 자신감을 갖도록 구성하였다.
- (7) 5~6학년 과학 교과서에 새롭게 도입되는 ‘FLOW’모형에 대한 자세한 안내와 단원별로 ‘FLOW’모형에 따른 각 단계의 구성 의도를 제시하여 교사가 단원 지도에 참고할 수 있도록 구성하였다.
- (8) 교과서에 제시된 과학 이야기에 대한 구성 의도와 과학 이야기 지도에 대한 방법 및 유의 사항을 제시하여 단원 지도에 참고할 수 있도록 구성하였다.

과학은 관점에 따라 다르게 정의되는 포괄적인 인간 활동이다. 일반적으로 과학을 과학적 지식의 집합체라고 정의하기도 하며, 과학자들은 과학을 가설을 검증하는 일련의 절차라고 정의하기도 한다. 또, 철학자들은 과학을 우리가 알고 있는 것의 진리성에 의문을 제기하는 방법으로 정의하기도 한다. 이러한 관점들은 모두 타당하기는 하지만 과학에 대한 부분적인 정의에 지나지 않으며, 과학의 포괄적인 본성은 이러한 관점들의 총화라고 할 수 있다.

현재 우리가 ‘과학(science)’이라는 용어는 라틴어의 ‘~을 안다’는 의미인 ‘scientia’에서 유래하였다. 라틴어에서 파생된 ‘과학’이라는 단어는 “지식의 소유(Webster’s, 1973)”, “체계적으로 배열되고 일반적인 법칙, 기능, 속달의 작용을 보여 주는 사실이나 진리의 집합체를 다루는 지식이나 연구의 한 분과(Stein, 1967)” 등으로 사전에 정의되어 있다. 또한, 최근 AAAS에서 나온 “모든 이를 위한 과학(Science for All Americans)”에서는 “과학은 지식을 생산하는 과정”이라고 정의하고 있어, 과학이 과정과 내용을 모두 내포하고 있음을 나타내고 있다. 아울러 과학을 학습하고 수행하기 위해서 반드시 필요한 것은 자연 현상에 대하여 호기심을 갖고 그것을 해결하고 학습하고자 하는 태도를 가지는 것이다.

따라서 학생들에게 과학을 가르침에 있어 ‘과학이란 무엇인가’를 고려하고 ‘학생들에게 무엇을 어떻게 가르칠 것인가’에 관한 의사결정을 하기 위해서는 과학을 구성하는 요소들이 무엇인지에 대한 고려가 필요하다. 즉, 학생들에게 과학이 유익하고 생산적인 학습 경험이 되도록 하기 위해서는 학생들의 태도 개발, 사고와 감각 운동적 기능의 개발(탐구 과정), 자연적 상황에서의 경험들로부터 구성되는 지식의 개발(내용)이라는 과학의 세 가지 구성 요소가 모두 필요하다.

1. 과학에 관련된 태도

태도란 사람, 사물, 주제, 사상 등에 대한 지적 또는 감성적인 성향이다. 학생의 태도는 지적인 활동을 수행하기 위한 준비와 관련이 깊다는 점에서 매우 중요하다. 과학에 관련된 태도는 과학을 수행하고 학습하기 위한 원동력이라고 할 수 있다. 과학에 관련된 태도는 과학적 태도(scientific attitude)와 과학에 대한 태도(attitude toward science)가 포함된다. 이 중 과학에 대한 태도는 과학(과학 과목)에 대한 흥미나 선호도를 의미한다. 학생이 과학에 대하여 긍정적인 태도를 가지고 있으면 과학적 현상, 활동들을 긍정적으로 지각하게 되므로 그렇지 않은 학생들보다 과학 현상 및 활동과 더 활발하게 상호 작용할 가능성이 높다. 과학에 대하여 긍정적인 경험과 태도를 가지고 있는 학생일수록 과학에 대해 더 개방적이고, 문제에 당면할 때는 상황을 긍정적으로 해석하고 이를 적극적으로 해결하려는 자세를 가질 수 있다.

한편, 과학적 태도는 과학을 올바르게 수행하는 데 필요하고 관련된 태도를 의미한다. 과학적 태도는 여러 과학 교육학자들에 의하여 다양하게 제시되는데, 그 중 과학적인 사람은 호기심, 합리성, 판단의 보류, 개방성, 비판 정신, 객관성, 정직, 겸손과 같은 태도를 갖는다고 여겨진다. 이 밖에도 과학적 태도는 여러 학자들에 의하여 제안되고 강조(한안진, 1987; Bybee et al., 1989; Martin, 1997)되고 있는데, 몇 가지로 구분하여 살펴보면 다음과 같다.

(1) 호기심

과학자들의 활동은 자연 세계에 대하여 알고, 이해하고자 하는 호기심에 의해 시작된다. 자연 현상에 대하여 스스로 의문을 가지고 질문에 답하려고 하는 자세는 과학의 발달에서 매우 중요한 역할이 되고, 탐구의 원동력을 제공한다. 긍정적인 학습 환경에서 학생에게 알고자 하는 의욕을 적절하게 북돋아 준다면 학생은 항상 호기심을 가지고 끊임없이 지식을 추구하며 항상 탐구하는 지각 있는 학습자가 될 수 있

다. 호기심은 상황에 따라 교실 안에서 길러질 수도 있고 좌절될 수도 있다. 학생이 제기한 문제나 의문에 대하여 직접적인 해답을 주기보다는 스스로 해결하게 해야 호기심이 더 잘 자극될 수 있다. 흥미진진한 역동적 분위기, 게시판, 풍부한 상상력 등은 호기심을 개발하는 기초적인 단계가 된다. 그뿐만 아니라 교사는 학생에게 지속적으로 탐구할 수 있는 활동을 제공하고, 격려해 주어야 하며 성공적인 과학 수업이 되기 위해서는 수업 전에 풍부한 호기심을 갖게 하는 것이 매우 중요하다.

- (가) 새로운 것이나 생각을 탐구하고 싶어 한다.
- (나) 추가적인 정보를 알고 싶어 한다.
- (다) 과학적 자료로부터 만들어진 결론을 지지하는 증거를 찾고자 한다.
- (라) 사회에서 과학적 문제에 대해 관심을 표현한다.
- (마) 과학적 현상을 설명하고 싶어 한다.

(2) 합리성

과학에서는 관찰된 현상에 대한 설명을 위해 사용되는 초자연적 설명보다 결론과 주장을 지지하는 논리적 증거를 중시한다. 이는 합리적 논증 과정을 통해 검증된 사실을 중시한다는 의미이다. 과학은 초자연적 설명이 아니라 자연적 설명을 추구하며, 미신적인 설명에 좌우되어서는 안 된다.

- (가) 실제로 확인하거나 실험을 통해 검증해 본다.
- (나) 학생 스스로의 결정이 개인적인 기호, 두려움, 노여움, 혹은 무지에 의해 영향을 받지 않는다.
- (다) 사실과 개인적 의견의 차이를 구분할 수 있어야 한다.

(3) 객관성

과학적 탐구 과정을 수행할 때에는 개인적인 감정에 좌우되어서는 안 되며, 자료를 수집하고 해석하여 결론을 내리는 과정에 있어 다른 사람의 비논리적인 판단에 간섭을 받아서는 안 된다. 탐구 과정에서 나타나는 학생들의 데이터 수집, 자료 해석, 추리하는 과정은 개인에 따라 다양하다. 이를 바탕으로 교사는 편견에 구애받지 않는 연구의 중요성을 강조하고, 학생은 자신의 객관성을 살려 유혹을 극복할 수 있는 기회를 경험하여야 한다.

- (가) 사실 지식은 객관적인 과학적 관찰을 통해 발견된 것만 정리한다.
- (나) 가설 설정 시 모둠별 의사소통의 과정을 통해 결정하고, 다른 모둠의 의견을 통해 서로의 가설을 비교하여 본다.
- (다) 자료를 해석하고, 결론을 도출함에 있어 비논리적인 판단이 유입되지는 않았는지 확인한다.

(4) 판단 유보

불충분한 증거에 근거한 일반화는 경계해야 하며, 이에 대해 적절한 이익을 제기할 수 있어야 한다. 가설은 일시적이고, 잠정적인 것이며, 지식은 끊임없이 수정되는 것이기 때문에 반드시 충분한 증거를 가지고 판단하여야 한다. 따라서 더 많은 자료와 증거가 수집될 때까지 판단을 유보해야 탐구의 성공 가능성을 높일 수 있다. 또한, 모호성을 수용하여 수집된 데이터와 모순되지 않을 때까지 대안적 관점을 존중해야 한다.

- (가) 학생 스스로 직접 탐구 경험을 세우고, 학습할 내용을 준비하도록 한다.
- (나) 최종적인 판단을 내리는 데 도움이 되는 보충 데이터를 수집하는 데 노력한다.
- (다) 최종적인 증거가 나타나지 않을 때까지는 대안적인 가설을 존중한다.

(5) 비판적인 마음

비판적인 마음은 다른 사람이 진술한 내용에 대한 증거를 요구하도록 한다. 이는 학생이 단순히 결과적인 지식을 습득하려는 시도가 아니고 지식의 근원과 신뢰도를 밝히려는 과정이다. 학생은 특정 지식이나 정보에 대해 비판적으로 사고하고 판단할 수 있어야 하며, 교사도 비판적 사고의 성향을 촉진하도록 지도해야 한다.

- (가) 학생들에게 직접적인 설명을 피한다.

- (나) 학생 스스로 다양한 질문의 과정을 통해 문제를 해결해 보도록 한다.
- (다) 다른 사람의 의견에 대해 근거를 찾아보고 요청한다.

(6) 개방성

과학자들은 흔히 자연 세계에는 항상 어느 정도의 불확실성이 있다고 받아들인다. 한때 진리라고 간주되었던 ‘뉴턴의 운동 법칙’조차도 아인슈타인의 상대성 이론을 통해 예외적인 부분이 제기되었다. 이를 바탕으로 과학자들도 증거에 비추어 볼 때 어떤 사물이나 사상에 대해 다른 설명이 필요하다면 기꺼이 자신의 이론이나 설명을 변경해야 한다. 학생들도 새롭게 밝혀진 근거에 따라 자신의 주장을 변경하는 것이 필요하며, 교사는 학생이 가설을 설정하고, 이를 검증할 수 있는 과정을 스스로 고안하고, 경험하도록 제공해야 한다. 과학의 개방성에 비추어 볼 때 훌륭한 가설은 과학에 있어 새로운 근거를 제공해 줌을 알 수 있다.

- (가) 자신과 타인의 결론에 항상 의문을 갖고 탐구한다.
- (나) 새로운 증거를 찾고 고려한다.
- (다) 지식이 불완전함을 이해한다.
- (라) 과학의 산물로서 결론이 임시적인 성질을 가진다는 것을 알고 행동으로 표현한다.

(7) 정직성

과학자들은 자신들의 연구 결과를 공식적으로 발표하고 다른 사람들은 이러한 발표물들에 기초하여 실험을 재현할 수 있으며 이를 토대로 관련된 다른 연구를 수행하기도 한다. 그런데 자신의 관찰 결과나 실험 결과를 왜곡되게 보고한다면 이것은 도덕적인 차원의 문제는 물론 과학 연구 전체에 매우 부정적인 결과를 초래하게 된다.

학생들도 과학을 수행함에 있어서 진실을 추구하고 존중해야 한다. 학생들이 관찰한 것을 진실되고 양심적으로 보고할 수 있어야 한다. 어떤 목적을 위해서도 자료나 결과를 속이거나 왜곡해서는 안 된다. 학생들은 자신의 생각이 옳든지 틀리든지 간에 자신의 자료와 생각을 정직하게 표현할 수 있어야 한다.

- (가) 자신이 얻은 자료를 조작하거나 수정하지 않는다.
- (나) 자신의 가설에 반대되는 것을 관찰했을 때에도 관찰한 것을 그대로 보고한다.
- (다) 다른 사람에 의해 관찰되거나 제기된 것을 있는 그대로 인정한다.
- (라) 일반화를 하거나 결론을 내릴 때 자료를 모두 고려한다.

(8) 겸손과 회의

진정한 과학자는 다른 이론의 주장에 타당성이 있으면 겸손하게 받아들이고, 아무리 권위 있는 사람의 이론이라고 하더라도 납득하기 어려운 점이 있으면 일단 회의를 가지고 판단하게 된다. 과학자가 권위주의를 갖게 된다면 그것은 반과학적이라고 할 수 있다.

- (가) 학생들에게 과학 자체가 갖는 일정한 한계를 인식하게 한다.
- (나) 인간의 능력 한계를 직접적인 경험, 독서, 토의 등을 통하여 인식하도록 한다.
- (다) 의사소통의 과정을 통해 자신의 주장과 다른 논리적이고 타당한 주장을 받아들이는 과정을 경험하도록 한다.

(9) 증거의 존중

과학적 사고가 다른 사고와는 다른 대표적인 특징은 ‘증거(evidence)’에 기초하여 사고한다는 것이다. 이는 과학이 타 학문에 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 것은 매우 중요하다.

- (가) 설명을 지지하거나 또는 반대하기 위한 증거 자료를 찾는다.
- (나) 결론을 내리기 전에 되도록 관련된 많은 자료를 모은다.
- (다) 실체가 없는 진술에 대해 이를 지지할 수 있는 증거를 찾고 추구한다.
- (라) 자신의 진술을 지지하는 경험적 증거를 찾고 제공한다.

(10) 협동심

오늘날 과학자들은 혼자 개인적으로 연구하기보다는 팀으로 연구하는 것이 일반적이다. 세계적으로 저명한 과학 저널을 보더라도 한 사람의 과학자가 연구를 수행한 단독 연구는 거의 찾아보기 어려우며, 여러 명 심지어 한 연구에 100여 명이 넘는 과학자가 공동 연구를 수행하여 그 결과를 발표하는 것을 쉽게 볼 수 있다. 따라서 과학 활동을 수행하는 과정에서의 과학자들 사이의 협동은 매우 중요한 태도이다. 또한, 서로 협동하여 연구를 수행하면 연구 결과의 양이나 질 측면에서 각자가 개별적으로 연구한 결과를 단순히 합한 것 이상의 상승 효과도 거둘 수 있다.

과학적 탐구는 사람에 의해 이루어지는 인간의 활동이다. 오늘날에는 국가 간의 경계선조차도 중요하지 않을 만큼 다양한 사람들과의 협동을 통하여 연구가 이루어지고 있기 때문에 다른 사람과 협동하지 못하는 사람은 이런 과학적 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.

- (가) 다른 사람과 지식을 기꺼이 공유한다.
- (나) 더 좋은 견해나 도움이 필요할 때 집단 내의 다른 재능 있는 사람에게 도움을 요청할 수 있다.
- (다) 집단 내에서 자신이 맡은 역할을 제대로 수행한다.
- (라) 집단의 목표를 달성하기 위하여 서로 도움을 주고 받는다.

(11) 실패의 긍정적 수용

실패는 미지의 것을 탐구할 때 발생하는 자연스런 과정이다. 과학자들은 실패를 긍정적으로 수용하고 좌절은 일시적인 것에 불과하다고 여겨야 한다. 에디슨이 전구를 성공적으로 발명하기까지는 1,000여 번의 실패한 실험을 했다는 것은 너무나도 유명한 사실이다. 실패는 종착점이 아니라 새로운 출발점이 되기도 한다.

역사적으로 보더라도 ‘실패’로부터 나온 성공 사례들이 수없이 많다. 우리가 많이 사용하고 있는 포스트잇도 처음에도 떼었다 붙였다 하는 것을 만들 생각 없이 잘 붙는 것을 만들려고 하였다가 실패한 것을 역발상을 통하여 새로운 제품으로 만들어낸 것이다.

학교 과학에서도 학생들이 탐구의 과정을 미지의 것을 알고자 시도하는 도전을 수반하며 종종 실수나 실패를 수반할 수 있음을 알아야 한다. 학생들이 직접 해 보는 탐구에서 발생하는 이러한 실수와 오류를 교사가 어떻게 다루느냐에 따라 과학 교수의 질과 효과가 달라질 수 있다. 교사는 학생들이 틀린 아이디어나 실패한 실험 계획이라도 하더라도 도전해 보고 추가적인 탐구를 통하여 문제를 해결하도록 함으로써 탐구 능력을 함양시킬 수 있다.

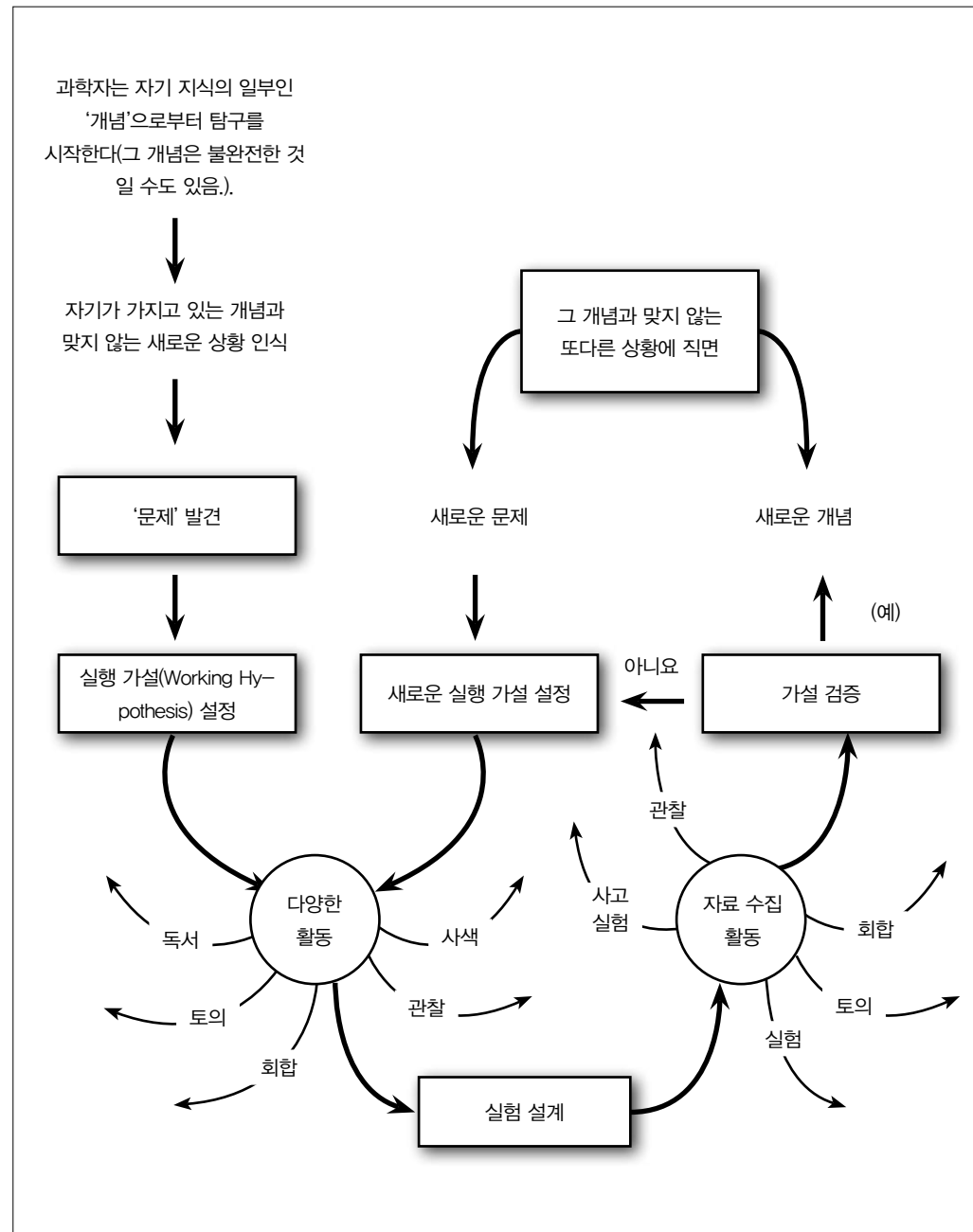
- (가) 인간은 노력을 한 경우에도 실패할 수 있음을 인식한다.
- (나) 실패나 실수는 과학 연구의 한 과정임을 안다.
- (다) 실패나 실수에 좌절하거나 이를 부정적으로 생각하지 않고, 이로부터 문제 해결을 위한 단초를 마련한다.

2. 과학 탐구

과학을 구성하는 내용, 즉 과학 지식은 탐구 방법과 떼어 놓을 수 없을 정도로 긴밀한 관계를 지니고 있다. 과학을 알고 할 수 있다는 것은 과학 지식을 안다는 것 이상으로, 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 활동을 강조하고 있다.

과학 연구를 수행하는 방법은 때로는 구체적이고 단계적이지만, 어떤 경우에는 반드시 그렇지 않다. 즉, 과학자들이 문제에 접근하여 이를 해결하는 방법은 매우 다양하다. 일반적으로 과학자들이 자연 사물이나 현상들을 탐구할 때 사용하는 보편적인 과정과 기능은 [그림 III-1]과 같이 나타낼 수 있다.

■ 그림 III-1 ■



과학자가 자연 현상·사물을 탐구하는 과정

탐구 형태는 다양하지만 대부분의 탐구 형태에 공통적으로 사용되는 과정들이 있다. 이들을 ‘과학 과정 기능(science process skill)’ 또는 ‘과학 탐구 기능’ 또는 ‘탐구 요소’라고 한다. 한마디로 탐구 기능이란 탐구를 하는 데 필요한 기능이나 요소를 말한다. 메클링과 올리버(1983)는 학생들에게 과학 탐구 기능을 개발시켜 주어야 하는 필요성에 대하여 다음과 같이 언급하고 있다.

“과학적 탐구 기능을 활용하는 능력은 학생들에게 학교에서 배우는 과학과 다른 교과뿐만 아니라 교실 밖의 일상생활에도 지식을 적용하는 능력을 제공한다. 그들이 성인이 되어 집에 카페트를 깔기 위해 바닥의 크기를 측정하거나 자기 자동차의 시동이 걸리지 않는 이유를 알아내거나 혹은 어느 대통령 후보에 투표할 것인가 등의 문제를 해결하는 데에 이와 똑같은 기능들이 도움이 된다. 이들은 다름이 아니라 누군가의 옆에서 어떤 이야기를 들으면서 사건과 증거를 식별하거나 인쇄물이나 구두로 발표되는 의견에서 증거나 모순점을 찾아낼 때에 사용하게 될 사고 기능인 것이다.”

과학적 과정 기능은 과학적 문제를 해결하는 데 요구되는 사고와 추론의 유형이다. 1960년대에 미국에서 과학 교육과정 개혁이 일어나면서 미국과학진흥협회(AAAS)와 교육과정위원회에서 개발한 대표적인 탐구 중심의 초등 과학 교육 프로그램인 SAPA(Science-A Process Approach)에서는 과학 탐구 기능을 크게 기초적 과정 기능(basic process skill)과 통합적 과정 기능(integrated process skill)으로 나누어 제시하였다. 이후 다른 연구자들에 의해 더 추가되거나 제외되어 사용되기도 한다. 일반적으로 기초 탐구 기능은 저학년에서 다룰 수 있는 것이고, 통합 탐구 기능은 중학년 이상에서 다루기에 적합하다. 그러나 이러한 학년 수준에 반드시 얽매일 필요는 없으며, 교사가 주제와 상황에 따라 저학년 수준에서도 통합적 탐구 기능을 적절하게 사용할 수 있으며, 중학년 이상에서도 기초 탐구 능력만을 사용한 탐구 활동도 가능하다. 또한, 탐구 활동은 일반적으로 탐구 과정의 특정한 요소만을 포함하는 경우보다는 그 활동에 적절한 여러 탐구 과정이 함께 사용되는 경우가 많다.

우리나라 교육과정에서 제시하는 탐구 기능의 내용을 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

(1) 기초 탐구 기능

(가) 관찰

관찰은 모든 감각이나 또는 감각을 확장시키는 도구(현미경, 망원경 등)를 사용하여 사물과 현상으로부터 문제와 관련하여 필요한 정보와 자료를 얻는 과정이다.

관찰은 탐구의 가장 기본적인 과정으로, 어떤 의미에서 과학은 자연 세계에 대한 관찰로부터 시작된다. 그러나 관찰은 우리의 사전 지식이나 경험과 무관하게 객관적으로 이루어지기보다는 지식의 틀로부터 발생한다. 이를 소위 ‘관찰의 이론 의존성’이라고 한다. 이처럼 관찰은 개인이 가지고 있는 관련 지식에 의해 많은 영향을 받는데, 개인이 가지고 있는 지식과 경험이 다르기 때문에 동일한 자연 현상이나 사물을 관찰하더라도 관찰 결과는 개인마다 다를 수가 있다.

(나) 분류

분류는 어떤 목적을 가지고 사물을 그 공통적인 속성이나 조건에 따라 같은 범주로 묶거나 다른 범주로 구분하는 것이다.

(다) 측정

측정은 관찰을 수량화하는 활동으로 측정 도구의 선택과 사용, 단위 선택, 측정 범위와 구간, 어림셈, 오차와 정확도, 반복 가능성 등에 대한 정확한 이해가 필요하다.

(라) 예상

예상은 관찰이나 측정 결과에 기초하여 규칙성을 파악하고 나중에 관찰되거나 일어날 현상이 구체적으로 어떻게 될지 미리 판단하는 것이다. 일관성 있는 경향을 보이는 어떤 범위의 자료에서는 내삽과 외삽을 사용한다.

(마) 추리

추리란 관찰한 사실을 해석하고 설명하는 과정이다. 관찰 사실 자체가 아니라 사실 뒤에 숨은 내용 또는 사실을 뛰어 넘어 직접 지각할 수 없는 현상을 포착하는 과정이다.

학생들은 물체가 뜨는 것을 보고, 물체가 뜨는 것의 원인을 무게나 밀도라고 추리할 수 있다. 얼음물이 들어 있는 유리컵 표면에 맺힌 물방울이 유리컵 주변의 공기 속에 들어 있는 수증기로부터 온 것이라고 추리할 수도 있고, 어떤 학생들은 공기 중에 있는 산소와 수소가 결합하여 물이 생긴 것이라고 추리할 수도 있다. 이러한 추리 과정에는 관찰 사실과 함께 이를 해석하기 위한 사전 지식이 필요하다. 사전 지식이 많고 정확할수록, 관련된 단서들을 주의깊게 관찰할수록 강력하고 정확한 추리를 할 수 있다.

(바) 시공간 관계의 사용

방향, 공간적 배열, 운동과 속도, 대칭, 변화 속도 등을 식별하고 기술하는 과정이다.

(2) 통합 탐구 기능

(가) 문제 인식

해결되어야 할 문제를 발견하고, 기존 지식을 사용한 해석을 통하여 자신의 언어로 문제를 재구성하는 과정을 포함한다.

(나) 가설 설정

이미 알고 있는 사실과 개념이나 관찰을 근거로 하여 문제에서 제기된 변인 사이의 관계를 경험적으로 검증할 수 있도록 진술하는 것을 말한다. 가설 설정은 계획된 실험이나 조사를 수행할 때 중요하며, 예상과 유사하지만 그보다 더 통제되고 형식적이다. 가설 설정은 정보를 활용하여 예상되는 실험 결과에 대해 최상의 경험적 예측을 만들어내는 것이다. 예상은 경험 의존적인 반면, 가설 설정은 전제 의존적이라고 할 수 있다. 예를 들어 “촛불을 컵으로 덮으면 촛불이 꺼질 것이다.”라는 것은 예상인 반면, “촛불을 컵으로 덮으면 산소가 소모되어 촛불이 꺼질 것이다.”라는 가설이라고 할 수 있다.

(다) 변인 통제

공정한 검증을 할 수 있도록 실험을 설계하기 위해 실험 및 조사에 영향을 주는 여러 조건을 확인하고 독립 변인과 종속 변인 이외의 다른 변인을 일정하게 통제하는 과정을 말한다.

(라) 자료 변환

관찰이나 측정 결과로부터 얻은 자료를 기록하고 자료를 해석할 수 있도록 표나 그래프 등으로 조작하거나 변환하는 활동을 말한다.

(마) 자료 해석

자료 해석은 관찰이나 실험으로 얻는 자료를 분석하고 예상이나 추리를 통해 의미 있는 관계나 경향을 찾아내는 과정을 말한다.

(바) 결론 도출

해석된 자료를 바탕으로 문제에 대한 해답을 얻거나 가설에 대한 판단을 내리는 과정으로서, 증거로 수집된 자료의 타당성과 신뢰성을 검토하는 활동을 포함한다.

(사) 일반화

구체적인 사례나 검증된 사실로부터 일종의 외삽이나 귀납을 사용하여 좀 더 포괄적인 의미를 이끌어내는 과정을 말한다.

3. 과학 지식

과학은 지식이 산출되는 과정이며 과학적 산물은 과학 활동의 결과로 생긴 사물과 지식을 말한다. 여기에서는 과학의 산물 가운데 과학 지식을 중심으로 설명한다. 우리가 자연 세계에 대해서 알게 된 지식인 과학 지식은 여러 가지 수준이 있다. 일반적인 과학 지식은 사실, 개념, 원리, 법칙 이론, 모델 등으로 구분한다.

(1) 사실(fact)

‘사실’은 관찰과 측정을 통해 얻어진 구체적이고 검증 가능한 정보의 단편이다. 사실은 우리가 감각을 사용하여 지각할 수 있는 것들로서, 일반적으로 신뢰할만한 자료를 의미한다. 최근에는 과학 지식의 잠정성에 기초하여 ‘사실(fact)’이라는 용어가 줄 수 있는 참, 불변성 등의 이미지 때문에 ‘사실’보다는 ‘관찰 자료’나 ‘현상’이라는 용어를 사용하기도 한다. 일반적으로 사실은 직접 관찰 가능해야 하고, 언제든지 검증 가능해야 한다는 두 가지의 기준에 맞아야 한다. 결국, ‘사실’은 그것을 관찰하고자 하는 모든 사람에게 열려 있다. 동시에 사실에 수반되는 측정에는 불확실성과 한계가 있다. 따라서 자료는 오류 가능성을 내포하고 있기 때문에 절대적으로 순수하거나 확실한 진실이라고 간주될 수 없다.

(2) 개념(concept)

과학적 사실은 그 자체만으로는 별로 의미가 없다. 사실은 원자료이므로 이들을 검토하여 유의미한 아이디어와 관계들을 형성해야 한다. 패턴을 찾고 자료들 간의 관계를 구성하기 위해서는 사고와 추론이 요구된다. 개념은 어떤 특성이나 속성들을 공통적으로 가지고 있는 사상, 사물, 현상에 대한 추상화이다. 브루너 등(1956)에 따르면, 개념에는 명칭, 정의, 속성, 가치, 예라는 다섯 가지의 중요한 요소가 있다. 개념은 학습자에게 단순히 전달되기 보다는 학습자가 능동적으로 형성하고 획득해 가는 것이다.

(3) 법칙(law)

과학적 법칙은 과학적 사실, 현상들 사이에 나타나는 규칙적인 패턴을 정리한 것이다. 즉, 법칙은 자연 현상에서의 규칙성을 정리한 것이라고 할 수 있다.

(4) 이론(theory)

이론은 어떤 현상에 대한 설명을 제공한다. 법칙과 이론의 차이를 잘 생각하여 보면, 법칙은 현상들 사이의 규칙적인 패턴을 정리한 것이지, 이에 대해 설명하거나, 왜 그러한 현상이 나타나는지, 어떤 메커니즘으로 일어나는지를 설명하지 않는다. 이에 반해 이론은 현상을 설명하고자 한다. 이론의 목적은 증거에 입각하여 최상의 설명을 제공하는 것이다. 이론은 설명하고 관련시키고 예상하는 데 사용된다. 과학자는 이론을 사용하여 패턴과 어떤 것에 작용하는 힘들을 설명한다. 이론은 직접 관찰로는 분명하지 않거나 직접 관찰할 수 없는 실재의 복잡성을 다루기 때문에 야심적인 지적 노력이라고 할 수 있다. 이론은 ‘사실, 개념, 법칙’을 조직화하는 것과는 다른 목적을 가지고 있다. 이론은 이러한 유형의 지식을 통합하여 현상들이 왜 그렇게 일어나는가를 설명한다. 이론은 사실과 법칙이 될 수는 없고, 반증되거나 개정될 때까지 잠정적인 상태로 존재한다. 이에 대해 호킹(1988)은 다음과 같이 말하고 있다.

“모든 이론은 가설에 지나지 않는다는 의미에서 항상 일시적이고 잠정적이다. 우리는 이론을 증명할 수 없다. 이에 대한 대표적인 예가 원자론이다. 원자론에 따르면, 원자는 조밀한 핵과 중성자, 전자들로 채워진 방대한 외부 공간을 차지하고 있다. 이 이론은 간접적 증거에 기초하고 있다. 어느 누구도 원자를 실제로 본 사람은 없다. 그러나 원자가 원자론에서 기술되는 방식대로 구성되어 있는 것이 사실이라면 화학 반응이나 핵 반응을 일으킬 때 이들은 특정한 방식으로 행동해야 한다. 수많은 실험에서 이들은 이 이론에서 예상된 대로 행동하는 것으로 나타났다. 그러므로 어느 누구도 원자를 본 적이

있다고 말할 수도 없고, 직접 관찰을 통해 원자의 구조를 규명할 수 있다고 말할 수는 없더라도 원자론은 원자의 모양이 어떠한가에 관해 말하여 준다.”

이론은 과학에서 매우 중요하다. 이론은 원자론, 상대성 이론, 판구조론 등으로 볼 때 인류의 기념비적이고 창의적인 업적을 표상한다.

(5) 모형(model)

과학적 모형은 우리가 볼 수 없는 어떤 것에 대한 표상이다. 모형은 지적 이미지나 구인이 되어 여러 가지 현상과 추상적 아이디어들을 표상하는 데 사용된다. 모형은 과학자들이 이해하고 설명하고자 시도하고 있는 아이디어나 이론의 가장 두드러진 특징들을 포함한다.

과학 지식은 이처럼 현상이나 자료, 개념, 법칙, 이론, 모형 등으로 구분될 수 있다. 자료에서 법칙, 법칙에서 이론(또는 모형)으로의 과정은 과학 지식이 단순화되고 정리되어 가는 과정이다. 수많은 자연 현상들을 낱알이 기술하기 보다는 이것들의 공통적인 규칙적인 법칙으로 설명할 때 보다 많은 현상을 간단하게 설명하고 이해할 수 있다. 또, 여러 법칙들에 공통적으로 적용될 수 있는 설명 체계인 이론이 구안될 때, 이는 여러 법칙과 또 이와 관련된 수많은 현상들을 하나의 방식으로 설명할 수 있게 된다.

과학 학습에서도 학생들은 현상, 개념, 법칙, 이론들을 모두 배우고 접하게 된다. 그러나 이 가운데에서도 과학 학습의 가장 바탕이 되어야 하는 것은 자연 현상이다. 현상과 무관한 법칙이나 이론은 공허한 껍데기에 지나지 않을 것이다. 특히, 과학을 처음 접하고 인지적으로 구체적 조작기 수준에 있는 초등학교생의 경우에는 추상적인 법칙이나 이론보다는 과학 지식을 구성하는 밑바탕이자 출발점인 여러 가지 자연 현상에 대한 이해가 강조될 필요가 있다. 여러 자연 현상에서 관찰할 수 있는 중요한 성질들을 알아보고 조사하고, 이 현상들 사이의 규칙적인 특징이 무엇인지를 찾아가는 과정에서 학생들은 과학의 과정과 함께 지식을 경험하고 이해해 나갈 수 있다. 그리고 향후 중학교 이후에 보다 많이 접하게 되는 과학적 법칙이나 이론을 현상과 관련지어 구체적으로 이해할 수 있는 토대를 구축할 수 있다.

IV

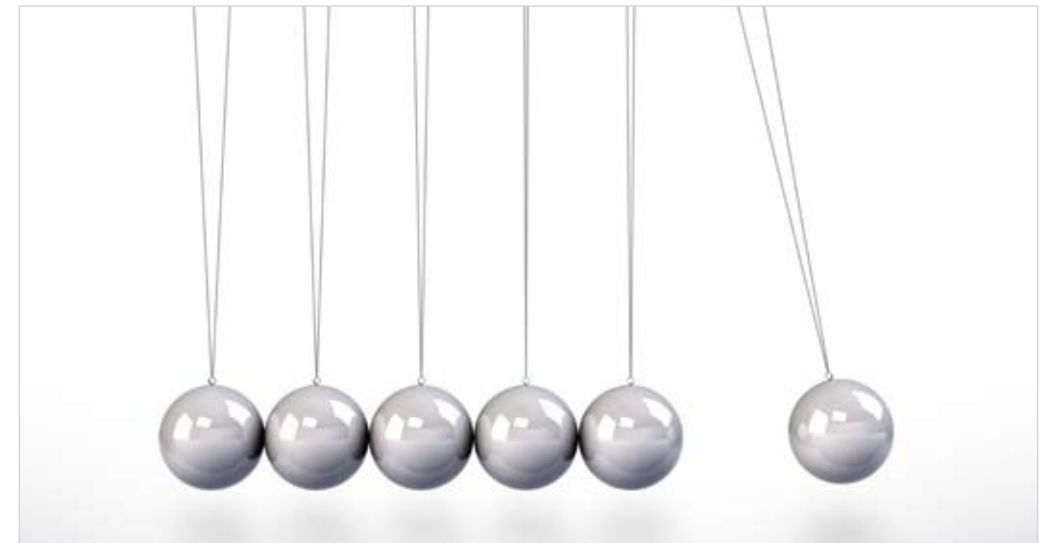
과학 학습 이론

1. 인지 발달 이론과 초등 과학 교육

다음은 우리의 교실 현장에서 일어날 수 있는 장면 중 하나이다.

“초등학교 6학년 과학 수업 시간에 진자에 대한 실험을 하고 있었다. 교사는 진자의 속도에 영향을 주는 요인이 무엇인지 탐구하라고 하였다. 그런데 한참 실험을 진행하고 있던 한 모둠에서 두 아이는 진자의 속도에 영향을 주는 요인을 잘 찾았으나, 나머지 아이들은 어려움을 겪고 있었다. 김 교사는 왜 어려움을 아이들이 느끼는지에 대한 이해가 잘 되지 않았다.”

■ 그림 IV-1 ■



진자 실험

이러한 상황은 교실에서 수업을 하다보면 자주 접하게 된다. 김 교사는 6학년 학생들이 형식적 조작기의 인지 발달 단계에 있다고 믿고 있다. 그렇게 때문에 변인이 다양한 이러한 실험 과제를 잘 해결할 수 있을 거라 믿었다. 그러나 실제 실험에서는 일부분의 학생들은 문제를 해결하는 데 어려움을 겪고 있었다. 이러한 현상에 대해 김 교사는 쉽게 이해할 수 없었다.

김 교사가 접한 실험 수업에서 학생들이 모두 형식적 조작기에 도달했다는 가정에 문제가 있다. 즉, 인지의 발달 단계가 성장이나 성숙으로 인하여 자연스럽게 도달하지 못하는 수도 있기 때문이다. 이러한 아동의 성장 발달에 대한 최초의 연구자 중 한명은 스위스의 심리학자인 피아제(1896~1980)이다. 그는 생물학으로 학위를 취득한 후에 자신의 세 자녀를 대상으로 관찰한 결과를 바탕으로 인간의 발달 과정에 대한 이론을 정립하였다(Ginsburg & Oppen, 2006).

피아제는 어린이들이 세계를 어떻게 보고, 어떻게 이해하는가를 알아내는 데 많은 관심을 가졌고, 어린이의 지적 발달의 과정에 일정한 특징이 있음을 밝혔다. 그의 이론에 의하면 아동들은 환경에 적응하고자 하는 경향이 있고, 이러한 적응의 과정은 동화(assimilation)와 조절(accommodation)이라는 상호보완적인 과정에 의해서 이루어지며, 이러한 과정을 환경과 상호작용하는 인지의 구조라고 보았으며, 인지의 구조를 도식(Schema)이라 하였다. 즉, 아동이 환경과의 상호작용을 통해 모순된 상황을 접하고, 외부의 정보가 현재의 인지 구조에 맞지 않을 때, 인지적 비평형 상태가 되기 때문에 새로운 지식의 습득이 가능하다(Lawson, 1995).

(1) 도식

아동들은 주위의 환경과 상호 작용을 통해 정보를 조직한다. 아동이 정보를 조직하고 처리하는 기본적인 인지 구조를 피아제는 도식(Scheme)으로 표현하였다. 아동이나 성인 모두는 새로운 정보를 인식하기 위해서는 이러한 도식을 사용한다. 태어난 지 얼마 되지 않은 영아의 경우 손가락을 자주 빨다. 이러한 행동이 지속되면 우리는 습관이라고 부르기도 한다. 이처럼 규칙적이고 반복적이며 일관성이 있는 행동을 도식이라고 볼 수 있다.

(2) 동화와 조절

동화는 지적 행동의 바탕이 되며, 이미 학습된 지식과 기능을 이용하여 주어진 환경에 순응하는 과정을 조절한다. 즉, 인지 구조와 외부의 물리적 환경 사이의 조화를 말한다. 학습자는 아래의 〈그림 IV-2〉에서와 같이 기존의 인지 구조에 따라 주어진 정보의 의미를 해석하거나 그 인지 구조의 수준에 맞게 정보를 조정한다. 즉, ‘젓소’라는 외부로부터 받은 자극은 ‘네 발이 달리고, 다리가 네 개이고, 고양이보다 크고, 씹씹하고, 코가 축축한 것은 개’라는 기존의 인지 구조에 동화된 것이다(김찬중 등, 1999). 인지적 동화가 일어나는 과정은 주어진 정보를 개인들 각자가 독특한 형식으로 해석하는 활동에서 잘 나타난다. 과학 수업 시간에 실험 결과를 정리한 표를 보고 의미를 찾거나, 에너지의 의미를 아는 학생이 다양한 에너지의 형태를 설명하는 것과 같은 수업의 장면에서도 동화의 과정을 흔히 볼 수 있다.

■ 그림 IV-2 ■



동화와 조절

‘조절’은 정보를 통합하기 위해 그 정보에 알맞게 기존의 인지 구조를 구조적으로 변화시키는 과정을 의미한다. 피아제는 외부의 정보를 기존의 인지 구조에서 수용 가능하도록 그 정보가 요구하는 인지적 수준과 범위에 맞게 인지 구조가 변화하는 과정을 ‘조절’이라고 하였다. 〈그림 IV-2〉에서와 같이 외부의 물리적 환경에서 들어온 ‘젓소’에 대한 정보가 기존의 인지 구조에 알맞도록 변형되는 것이다.

외부로부터 들어온 정보가 기존의 인지 구조와 모순되거나 쉽게 동화될 수 없는 정보라면 그 정보를 이해하거나 해석할 수 있도록 확장되거나 연결되어 일반화할 수 있는 범위가 넓어지는 변화가 일어난다. 조절은 이러한 인지 구조의 변화를 의미한다. 과학 수업의 장면에서는 지구가 편평하다고 믿었던 학생이 인공위성 사진을 보고 지구가 원이라는 것을 알거나, 멘델의 법칙만을 이해하고 있던 학생이 돌연 변이 현상의 이해 등은 자주 볼 수 있다(박승재와 조희형, 1999).

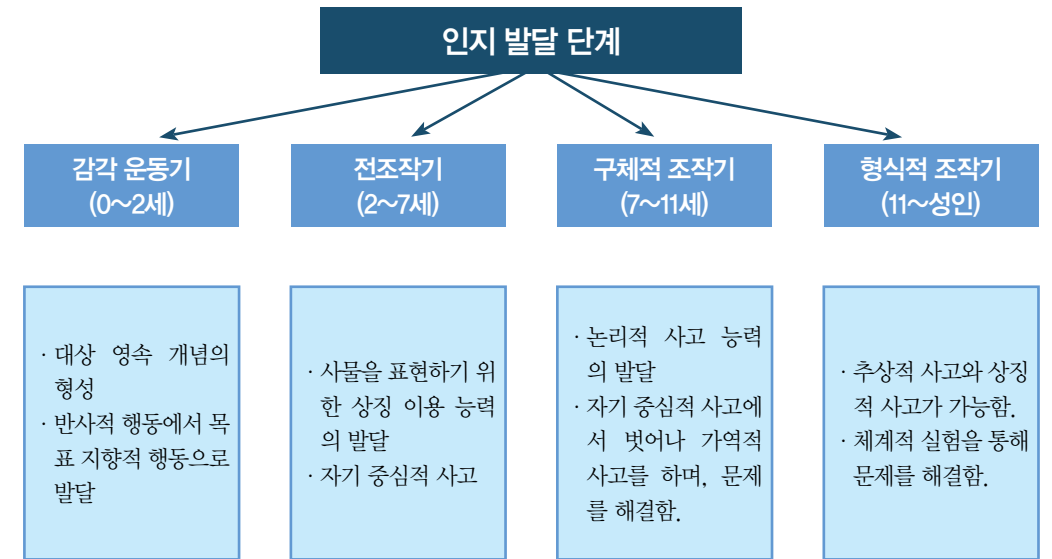
■ 표 IV-1 ■

(3) 평형화

아동의 지능은 동화와 조절이라는 과정을 통해 발달하며, 이러한 동화와 조절 사이의 지속적인 변화, 발달, 성장시키는 원동력이 평형화이다. 평형화는 생물과 환경 사이에 조화를 이루려는 내적 욕구로서 인지적 갈등을 해소하려는 성향으로 동화와 조절과 함께 지능 발달의 중요한 요인이 된다. 평형화의 과정은 인지 구조가 변화할지라도 그것의 기본적인 구조와 내용을 계속 유지하려는 기능을 한다. 또한, 환경과 인지 구조 사이에서 나타나는 모순이나 갈등에 대한 정신적 보상을 가져다 주며, 그렇게 함으로써 개인들이 환경의 변화에 능동적으로 반응할 수 있게 하는 자극으로 작용한다. 이러한 평형화의 특징은 과학 개념의 변화에 대한 전략을 개발할 수 있는 시사점을 주고 있다.

(4) 인지 발달 단계

피아제는 아동의 발달 단계를 감각 운동기, 전조작기, 구체적 조작기, 형식적 조작기의 4가지 단계로 보았다.



인지 발달 단계와 특징

아동 개개인의 발달의 단계에 개인차가 존재해도 이러한 4가지 단계를 모두 거친다고 하였다. 그러나 모든 발달 단계에서 현재의 단계는 앞의 단계를 포함한다. 구체적 조작기의 아동은 앞의 전조작기, 감각 운동기의 인지 능력을 포함하고 있다(Martin, 1999).

(5) 인지 발달 이론의 과학 교육에 적용(김찬중 등, 1999)

피아제의 인지 발달 이론은 아동들이 과학의 개념을 언제, 무엇을, 어떻게 학습해야 하는지에 대한 정보를 제공해 준다.

- 과학적 개념을 가르치기 위한 시기, 순서, 방법을 알려 주고 있다. 피아제의 이론은 아동이 수, 양, 공간 개념, 시간, 운동, 인과 관계 등과 같은 개념을 언제, 어떤 방법으로 학습해야 하는지 알려 준다.
- 실험·탐구 활동을 통한 학습의 중요성을 강조하고 있다. 과학의 주된 대상인 자연 현상과의 지적인 접촉이 필요하며, 이를 위해 아동이 직접 조작하는 탐구적 실험이 필요하다.
- 지적인 비평형 상태로의 유도이다. 피아제에 의하면 지적인 성장은 낮은 차원의 평형 상태에서 높은 차원의 평형 상태로의 전환을 의미한다. 이 과정에서 지적인 비평형 상태가 항상 있기 마련이다. 교사는 다양한 발문을 통해 아동의 지적인 비평형 상태의 유도는 매우 중요하다.

이러한 시사점 이외에도 McInerney & McInerney(1994)에 의하면 다음과 같은 시사점도 얻을 수 있다.

- (가) 학습자의 발달 단계와 사고 과정에 맞는 학습 활동을 한다.
- (나) 학습자의 다양한 경험을 제공하면 인지 발달 기능을 향상시킬 수 있다.
- (다) 학습자마다 인지 발달 단계에 도달하는 속도가 다르다.
- (라) 학습자마다 구성하는 의미는 다르다.
- (마) 학습의 경험을 개별화한다.
- (바) 개념을 학습하기 전에 관련된 경험을 제공해 준다.
- (사) 학습자의 오답을 이용하여 학습자에게 도움을 준다.
- (아) 사회적 상호 작용은 학습자에게 흥미와 능력 향상에 효과적이다.

피아제의 이론은 과학 교육의 목적, 교육과정, 교수·학습 이론, 과학 수업 평가 등에 폭넓게 적용되고 있다. 그러나 실제 과학 교육에 적용을 할 때와 과학 교육과정을 개발할 때 드러나는 문제점, 교수·학습 방법을 적용할 때 드러나는 한계, 발견 학습 현장에서 드러나는 문제점 등이 있다.

2. 구성주의와 초등 과학 교육

구성주의적 입장에서 학생을 어떻게 이해할 것인지에 대한 짧은 이야기를 생각하여 보자.

어느 작은 연못에 올챙이와 물고기가 서로 행복하게 살아가고 있었습니다. 올챙이는 시간이 지나면서 개구리로 모습이 변하였습니다. 그래서 더 이상 연못에 있는 물고기와 함께 살 수가 없었습니다. 얼마 동안 시간이 흐른 뒤에 개구리는 연못의 물고기가 그리워 다시 찾아갔습니다. 개구리는 물 밖 세상에 대하여 물고기에게 설명하여 주었습니다.

새, 소에 대하여 설명하여 주었습니다. 그리고 최근에 본 사람에 대하여 알려 주었습니다. 개구리의 설명을 듣고 물고기는 잘 이해하였습니다. 그러나 개구리와 물고기가 가지고 있는 새, 소, 사람에 대한 모습은 서로 일치하지 않았습니다.



물고기는 물고기야(출처: 시공주니어)

위의 이야기는 Leo Lionni 의 “Fish is Fish”의 일부 내용을 발췌한 것이다. 위의 그림에서처럼 물고기는 새, 소, 사람에 대한 이해를 물고기의 모습에 바탕을 두고 인지하고 있다. 이 이야기는 우리의 교실 수업에도 많은 시사점을 주고 있다. 즉, 학생 개개인의 경험과 지식이 매우 중요하며, 학생들이 가지고 있는 선 개념에 대한 이해의 중요성을 시사하고 있다고 볼 수 있다.

위의 짧은 동화는 구성주의가 무엇인지를 잘 보여주는 예라고 볼 수 있다. 이러한 구성주의는 새로운 개념이 아니다. 이미 오래 전에 철학이나 교육 철학 분야에서 연구되어져 왔다. 구성주의의 출발은 칸트(1724~1804)로부터 시작되었으며, 교육학에서는 헤르바르트가 주장한 학습자가 획득한 유사 개념과 경험과의 관련성을 유화(類化, apperception)라고 설명함으로써 피아제의 조절과 유사한 개념으로 모두 구성주의자라고 할 수 있다. 따라서 구성주의에 가장 큰 영향을 끼친 것은 피아제의 인지 발달 이론이다. 즉, 구성주의는 현대의 다양한 심리학과 인식론, 형이상학, 방법론, 심리학, 교육학적인 견해로 사람들이 이 그들 자신만의 지식을 구축하고 자신의 경험과 사고로부터 지식을 표상하는 생각을 구성주의라고 할 수 있다(Martin, 1999).

구성주의에서 ‘구성’이란 학습자 개인이 외적 세계와의 상호 작용에서 지식을 습득하고 스스로 의미를 부여하는 ‘의미의 구성’을 말한다(채동현, 1997).

오늘날의 구성주의는 과학 교육뿐만 아니라 교육학·인식론·과학사·과학철학·심리학·철학 등에서 지식에 대한 관념인 인식론으로 알려져 왔다. 과학 교육의 현장에서는 과학 교육의 목표 설정, 교육과정 내용의 선정과 조직, 과학 교수·학습 방법 및 자료의 개발, 과학 교육의 평가 방법 및 도구의 개발, 과학 교사 교육 프로그램 개발 등의 준거가 되는 통합적·복합적 사고로 인식되고 있다.

(1) 과학적 지식에 대한 관점

구성주의 측면에서 본 과학 지식은 학습자에 의해서 구성되며, 절대적인 진리가 아니라고 본다. 이와 같은 과학적 지식의 특징의 관점에서 보면, 과학 지식은 학습자에 의해서 만들어진 것이라고 볼 수 있다. 이러한 측면은 과학에 있어 자연의 현상·사물·사건 등을 이해하고 설명하는 과정에 유용하고, 사회와 생활에 이용할 수 있는 과학 지식을 구성하는 데 그 목적을 가진다.

(2) 학습자에 대한 관점

구성주의적 관점은 학습자가 정보를 수동적으로 수용하는 존재가 아니라 새로운 상황에 사전 지식을 이용하며, 적절하다고 판단되면 그러한 지식 구조에 적응하면서 의미를 능동적으로 구성하는 존재이다.

(3) 학습 이론과 모형에 대한 관점

구성주의의 이론적 배경이 된 피아제, 오슈벨, 비고츠키 등은 학습 이론에 많은 영향을 주었다. 피아제는 물리적 환경과의 상호 작용, 오슈벨은 개념적 상호 작용, 비고츠키는 사회적 상호 작용을 더 강조한다. 이들의 학습관은 다음과 같다.

- (가) 학습은 능동적으로 의미를 구성하는 과정이다. 즉, 새로운 정보를 더하거나 기존의 지식을 재조정하여 기존의 지식을 바꾸는 과정이다.
- (나) 학습은 상호 작용을 통해 일어난다. 선행 지식과 새로운 지식, 자연과 사회적·문화적 상황이 다른 사람들 사이의 상호 작용을 통해 학습이 이루어진다.
- (다) 학습은 발달의 결과가 아니라 발달 그 자체이다. 학습은 개념적 구조의 발달 과정으로서 자기 조절과 변화를 요구한다.

이와 같이 구성주의는 학습을 학습자가 물리적·사회적 환경과의 능동적·적극적 상호 작용을 통해 의미를 구성하는 과정으로 본다. 따라서 이러한 학습이 효과적으로 일어나기 위해서는 상호 작용이 잘 일어날 수 있는 토론 수업, 협동 학습 등이 과학 수업에 적절하며, 교사는 학습자의 지식·태도·흥미 등을 고려하여야 한다.

(4) 교수·학습에 대한 관점

과학 교육에 적용되는 구성주의 학습 원리는 다음과 같다.

- (가) 구성주의 학습 전략은 문제 해결이며, 교수 전략은 협동 학습이 효과적이다. 따라서 과제·모둠·토론으로 이루어지 문제 중심 모형이 효과적이다.
- (나) 구성주의의 주된 교수·학습 목표는 개념의 발달과 변화에 있다. 이러한 개념을 발달과 변화를 위해서 일상생활의 소재를 활용하며, 교수·학습 과정안은 개념이나 대주제를 중심으로 작성한다.
- (다) 학습이 시작되기 전에 학습자의 선행 개념을 확인하고, 이에 인지적 갈등을 일으킬 수 있는 적절한 과제를 제시한다. 이를 통해 학생들의 오개념을 파악하고 이를 변화시킬 수 있어야 한다.
- (라) 교사는 학습의 조력자이며, 학습자를 존중하고, 다양한 발문을 한다.

구성주의에서 강조하는 교수의 목적 중 하나는 바로 개념의 변화에 있다. 이러한 개념의 변화를 위한 순환 학습 모형, 5E 모형은 개념의 변화에 그 목적을 두고 있으며, 협동 학습 및 토의 수업을 중시한다.

이러한 원리를 효과적으로 반영한 학습 방법은 다음과 같다(채동현, 1997).

- (가) 문제 해결 학습: 문제 해결 학습은 학습자가 자진하여 학습 문제를 정하고, 그 문제를 해결하는 사고 활동을 전개하여, 해답을 찾고 문제를 해결하는 학습 방법을 말한다.
- (나) 탐구 학습: 실생활에 직면한 딜레마로부터 학습자 스스로 문제를 인식하고, 그 문제에 대한 임시적인 해결이라고 할 수 있는 가설을 설정하고, 그 가설을 검증하기 위한 실험을 설계하고, 수행하며 결론을 도출하는 일련의 과정을 통한 학습을 말한다.
- (다) 협동 학습: 소집단에서 구성원 또래끼리 토의와 토론을 통하여 학습 과정에서 학생들이 능동적으로 참여하고, 주어진 문제를 공동으로 해결하는 것으로, 이를 통해 대인 관계, 학습 흥미, 학습 태도와 같은 긍정적인 효과를 얻을 수 있다.

(5) 평가에 대한 관점

구성주의는 과학 지식의 절대성과 과학적 방법의 논리성, 증거의 객관성을 수용하지 않는다. 이러한 관점에 따라서 과학에서의 평가의 주 대상은 문제를 개념화하여 이해하고 해결하는 과정과 방법에 있다. 즉, 하나만의 정답을 요구하는 형식의 평가는 바람직하지 않다. 이에 따른 효과적인 평가 방법으로는 수행 평가, 포트폴리오 평가 등이 있다.

(6) 실험에 대한 관점

실험은 과학 교육에서 중요한 역할을 하며, 다른 교과와 구별되는 주요한 요인이다. 구성주의 관점에서 실험은 지식의 습득 과정이기 때문에 중요하다. 다음과 같은 교실의 상황이 실험의 구성주의적 관점을 잘 나타내어 준다.

초등학교 5학년인 철수는 얼음이 알루미늄 포일이나 천으로 덮었을 때 좀 더 빨리 녹는지에 대한 실험을 하고 있다. 철수는 천으로 덮을 때 빨리 녹을 것이라고 믿고 있다. 그렇게 생각한 이유는 천으로 된 옷을 입으면 따뜻하기 때문에 얼음이 잘 녹을 것이라고 생각하였다. 그러나 실험 결과는 알루미늄 포일로 덮은 얼음이 더 빨리 녹았다.

이러한 실험의 결과가 나왔다고 해서 철수는 자기가 가진 생각을 쉽게 변화하지 않고, 실험 과정에서 어떤 실수가 있었기 때문이라고 생각하였다. 즉, 실험에서 나온 단 하나의 반증 사례는 일반적으로 학습자의 개념을 쉽게 변화시킬 수 없으며, 보다 많은 증거가 필요하다. 실험을 통해서 개념을 변화시키기 위해서는 반증할 수 있는 여러 가지 다양한 현상을 제시하여야 한다.

(7) 교사의 역할에 대한 관점

과학 교사는 학생들 스스로 자신의 과학적 개념을 구성하도록 격려하고, 탐구 과정의 본질을 통해서 자신의 이해를 발달시킬 수 있도록 도와주어야 한다(임청환 등, 1999).

- (가) 교사는 학생의 자율성과 주도권을 격려하고 이를 수용한다. 우리의 교육 목표나 철학 등은 학생들이 창의력이 풍부하고 탐구 능력이 우수한 학생이 되기를 원한다. 그러나 실제의 교실에서는 학교의 조직과 효율적인 관리를 위해 이를 희생시킬 우려가 있다. 따라서 교사는 교실 수업의 현장에서 학생 스스로 문제를 선택하거나 질문을 형성하고 이를 해결할 수 있도록 교사 차원에서 노력이 요구된다.
- (나) 조작적·상호 작용적·물리적 학습 자료들과 생생한 수업 준비물과 1차 자료를 사용한다. 과학 수업 시간에 학습하게 되는 개념, 정리, 법칙 등과 같은 것은 인간의 정신적 산물이다. 이러한 추상적인 것을 학생들이 효과적으로 이해하기 위해서는 가능하면 학생들이 직접 참여하고 조작 가능한 수업이 될 수 있도록 환경을 제공해 줄 필요가 있다.
- (다) 과학 수업에서 “분류하다”, “예상하다”와 같은 인지적 용어를 사용한다. 이러한 용어의 사용은 학생들의 인지 방식과 행동 방식에 영향을 줄 수 있기 때문이다.
- (라) 학생들의 반응이 수업을 조정하고 교수 전략을 변화시키며 내용을 변경하는 것을 허용한다. 학생들의 지식, 경험, 흥미가 때때로 당면한 이슈가 되는 경우가 있다. 예를 들어, 지구 온난화와 같은 문제를 교실 수업의 자료로 직접 활용할 수 있다는 것이다.
- (마) 개념들에 대한 교사 자신의 이해를 학생들과 공유하기 이전에 그러한 개념들에 대한 학생들의 이해를 먼저 알아본다. 구성주의적 입장을 가진 교사는 자신의 생각을 잠시 미루어 학생들이 자신의 생각을 스스로 발전시킬 수 있도록 도와야 한다.
- (바) 교사와 학생, 학생과 학생 사이의 대화에 적극 참여할 수 있도록 격려해야 한다. 과학 수업을 통해 배운 개념을 수정하거나 강화시킬 수 있는 효과적인 방안이 바로 사회적 담화를 통해서이다. 따라서 자신의 생각과 다른 사람의 생각을 교환할 수 있는 대화는 매우 중요한 요소이다.
- (사) 교사는 사려 깊고 개방적인 질문을 하고, 학생들 상호간의 질문을 장려함으로써 탐구를 효과적으로 수행할 수 있도록 한다.
- (아) 학생들이 먼저 자신들의 초기 가설에 대한 모순을 유발하여 인지 갈등을 통해 토론을 장려해야 한다.
- (자) 학생들에게 질문을 하거나 과제를 제시하는 경우 충분히 사고할 수 있게 기다려줄 필요가 있다.

3. 뇌 기반 학습과학과 초등 과학 교육

(1) 뇌 기반 학습과학

학습은 인간이라는 유기체를 중심으로 이해되고 성립되어야 하지만, 과거의 교육 패러다임은 인간 자체에 대한 이해보다는 비과학적인 교육관과 상식에 따라 제시되어 교육의 거시적 효과에만 중점을 두고 있었다. 최근 학습자 개인의 발달과 학습 과정에 근거한 뇌 과학 연구는 이러한 과거 교육 체제 속에서 찾지 못했던 인간 본연의 신경 생리적 인지 사고 기능에 대한 새로운 시각을 열어 주었다. 이는 ‘학습과학(Science of Learning)’을 바탕으로 시작되어 ‘뇌 기반 학습과학(Brain-Based Learning Science)’, ‘교육신경과학(Educational Neuroscience)’, 혹은 ‘신경교육학(Neuro-Education)’이라는 새로운 연구 분야를 만들게 되었다(김성일, 2006).

뇌 기반 학습과학은 모든 학습은 뇌에서 이루어진다는 것을 대전제로 하고, 인간의 사고 및 학습 과정에 대한 보다 과학적이고 체계적인 접근 방법과 이해를 통해 학습자의 뇌를 효율적으로 사용하고 활용할 수 있도록 돕는 것을 최종의 목표로 정하고 있다(SÜzcs & Goswami, 2007).

“학습은 뇌가 학습하도록 설계된 자연적인 방식에 따라 이루어진다.”라는 젠슨(2000)의 의견을 살펴

보면 왜 뇌 기반 학습과학이 중요하고, 그러한 방향으로 학습의 접근과 연구, 학습 환경이 설계되어야 하는지를 시사한다.

(2) 두뇌의 발달과 두뇌 가소성

인간의 두뇌는 감각과 운동을 담당하는 가장 기본적인 뇌가 우선적으로 발달하고, 공간과 언어를 담당하는 두정엽과 측두엽 발달이 뒤를 따른다. 이후 감각 정보의 통합과 추리, 중앙 집행 기능을 담당하는 전전두엽은 가장 늦게 발달하는 것으로 나타났다(NIMH, 2004). 감각 기관만을 보았을 때 시각에 비해 청각이 먼저 발달하지만, 점진적으로 성숙하는 것으로 나타났다. 이에 반해 시각은 늦게 발달하지만 빨리 성숙하는 것이 확인되었다. 대부분의 뇌 발달은 아래에서 위로, 오른쪽에서 왼쪽으로 그리고 뒤에서 앞으로 일어난다(Berninger & Richards, 2002).

뇌 발달에 따른 두뇌 가소성(plasticity)이란 환경의 변화에 대응하여 신경 생리학적 수준에서 뇌 구조와 조직의 변화가 일어남을 말한다. 이는 반복된 신경 회로의 연결은 자극에 대해 보다 효율적으로 반응하며, 뇌기능은 환경의 영향에 따라 가변적일 수 있음을 의미한다.

교육 현장에서 이루어지는 모든 교육 활동이 교수 목표를 통해 학습자를 변화시키는 과정이기에 뇌 기반 학습과학의 입장에서 본다면 지금까지 수행된 모든 교육이 뇌 기반 교육의 하위 범주로 볼 수 있어 특정의 뇌 기반 교육 프로그램이 존재하는 것은 아니다(김성일, 2006). 하지만, 학생들의 뇌 활성 구조나 패턴이 물리적으로 변화한다는 두뇌 가소성(plasticity) 연구(권용주와 이준기, 2010; Kwon et al., 2009; Lee et al. 2009)를 살펴보면 두뇌 각 영역 활성화와 네트워크에 기반을 둔 교수·학습 프로그램의 적절한 제시가 필요함을 알 수 있다. 이는 특정한 인지 구조 양식과 학습 패턴에 맞추어진 교수·학습 프로그램의 제시가 있어야 학생의 뇌 발달이 적절히 향상될 수 있음을 보여 준다.

(3) 과학 학습과 관련된 뇌 기능 영역

국내외 뇌 기반 학습 프로그램들(임채성, 2005, 2009; Connell, 2005; Jensen, 2000; Sousa, 2001)은 맥린(1978, 1990)의 삼위일체 뇌 모델(triune model of the brain)을 기초 원리로 하고 있다. 이는 인지, 동기 그리고 감성의 측면으로 인간의 두뇌 사고를 살펴본 것으로 해부학적으로 들어난 활성 패턴에 또 그 특징이 나타나고 있다.

인간의 대뇌는 크게 추상적 사고와 탐구 과정에서의 지식 생성에서 중추적 영향을 담당하고 있는 신피질(neocortex) 영역, 흥미나 공포와 같은 정서적 반응의 조절과 생성을 통해 감성의 중추로 불리는 변연계(limbic system)와 인간 두뇌의 가장 깊은 곳에 자리하면서 중독과 같은 뇌내 마약 물질의 분비 작용을 통해 내·외적 동기의 근원이 되는 보상을 통제하는 중뇌 보상계(midbrain reward system)로 이루어진다(Rosenzweig et al., 2005). 따라서 모든 학습을 뇌에서 이루어지는 것으로 전제하는 교육 신경학의 논리에 비추어 볼 때, 해당 학습 프로그램이 학습자의 전뇌(whole brain)에 대해 어떤 부분을 어떻게 자극하여 효율적으로 변화시킬 수 있는가를 알아보기 위해서는 분석 항목으로 과학 학습에 있어 인지, 동기 그리고 감성의 측면을 고려해야 한다.

(가) 인지적 측면

과학 학습에는 학습자가 능동적으로 지식을 생성하는 탐구 학습 유형과 지식을 수동적으로 받아들이는 지식 이해형 학습이 있다. 탐구 학습은 학습자가 처한 문제 상황 혹은 의문 현상에 대한 과학 지식을 그들 스스로 생성해내는 ‘지식 생성형 학습’을 의미한다(권용주 등, 2008). 이러한 과학 지식은 학습자의 기억 장소에 자연 현상에 관해서 획득한 구조화된 정보를 기억 장소에 체계적으로 저장해 놓은 것이며, 결국 학습자의 인지 활동의 결과물로 나타나는 것이다(Solso, 2001). 이것은 앞서 설명한 뇌의 세 영역 중 신피질 영역에서 주로 담당하는 것이다.

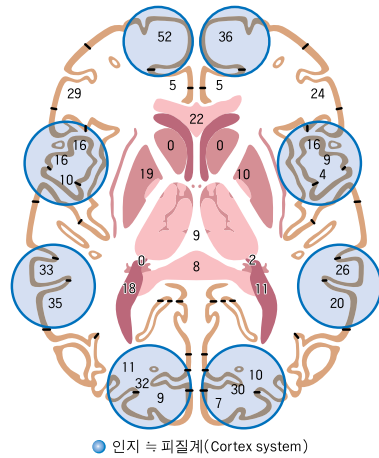
또한, 과학 지식의 유형은 표상 유형에 따라 선언적 지식(declarative knowledge)과 절차적 지식

(procedural knowledge)으로 구분될 수 있다. 선언적 지식은 과학적 지식 생성의 결과 생성되는 사실, 법칙, 이론 등과 같은 ‘결과적 지식(terminal knowledge)’과, 과학적 탐구의 과정에서 발생되는 의문, 의문에 대한 임시적인 설명인 가설, 가설 평가를 위해 고안된 검증 방법, 평가 기준 등과 같은 ‘중간적 지식(intermediate knowledge)’으로 다시 구분될 수 있다. 그에 반해, 절차적 지식은 선언적 지식을 산출하는 데 요구되는 암묵적인 지식을 의미한다. 즉, 과학 지식 생성에서 사실, 이론, 의문, 가설, 검증 방법 등의 선언적 지식을 산출하기 위해 표상되어야 하는 암묵적인 지식들이 곧 절차적 지식이다. 따라서 절차적 지식에는 탐구 전략, 과학적 추론, 실험 기구 조작 방법 등이 포함된다고 할 수 있다(권용주 등, 2003).

학생의 단순한 지식 생성 과정도 한 종류의 과학 지식만으로 이루어지지 않으며, 결과적 지식, 중간적 지식 그리고 절차적 지식이 상호 작용해야만 온전히 이루어질 수 있다. 따라서 과학 교수·학습 프로그램의 인지적 측면에 대한 분석에 있어, 이들이 어떤 과학 지식을 생성해 내는 교수·학습 프로그램인가를 살펴보는 것은 중요하다고 할 수 있다.

대부분의 문헌에서 공통적으로 관련된 주요 두뇌 영역은 추상 정보의 구성 및 생성에 관여하는 좌측 배외측전전두피질, 추상정보의 유지에 관여하는 우측 배외측전전두피질, 정보의 상제 탐색 및 연합과 청각에 관여하는 양측 측두피질(temporal cortex), 시·공간 정보-수리 정보의 유지 및 운용에 관여하는 양측 두정피질(parietal cortex), 구체적 정보의 수집 및 시각에 관여하는 양측 후두피질(occipital cortex)로 나타났다(그림 IV-3)(권용주 등, 2007; 이준기 등, 2009; Lee et al., 2008; Lotze et al., 2006; Lee et al., 2009; Goel & Dolan, 2003; Qiu et al., 2008). 양측 측두피질, 양측 두정 피질, 양측 후두 피질은 45쪽의 표에서 동일한 기능을 수행하는 영역들을 통합한 영역들이다. 이들 두뇌 영역들은 대부분 대뇌 피질계(cortex system)로, 과학 교수·학습 과정에서 인지 항목 요소들이 주로 피질계 영역에서 일어나는 것을 나타낸다.

■ 그림Ⅳ-3 ■



인지적 측면과 관련된 두뇌 활성 영역

(나) 동기적 측면

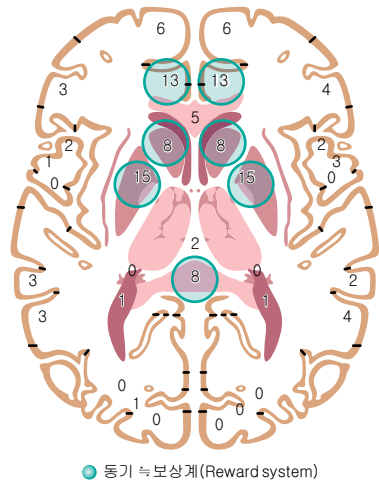
동기(motive)란 인간 행동의 에너지이고, 행동의 활성을 증감시키며 행동의 방향을 결정해 주는 심리적 요인이다. 또한, 행동을 발생하게 하고, 그 행동이 계속해서 지속되도록 하며, 특정한 행동을 선택하게 하는 과정이다(Reeve, 2001). 이는 우리 뇌의 가장 깊은 곳에 위치한 중뇌와 선조체 및 측좌핵과 같은 보상계에서 일어나며 도파민(dopamine)이라는 쾌락 물질의 분비 및 수용으로 조절되는 것으로 알려져 있다(Mizuno et al., 2008).

이러한 학습자들의 학습 동기는 일반적으로 내재적 동기와 외재적 동기로 구분해 볼 수 있다(Reeve, 2001). 내재적 동기(intrinsic motive)는 행동의 전개 자체가 목표가 된다. 즉, 학습하는 것 그 자체에 의미를 갖고 학습자 스스로 학습하는 경우이다. 외재적 동기(extrinsic motive)는 행동의 목표가 행동 이외의 것이어서, 학교에서 상을 주거나 진급 등의 보상을 사용하여 학습시키는 경우이다. 외재적 동기는 학습을 하지 않더라도 동기를 만족시키는 다른 방법이 존재할 수 있다.

아무리 수업 소재나 교재 등이 학생들이 재미있어 하는 것으로만 구성되었다고 하더라도 교육 현장에서 교사들에 의한 동기 부여가 적절히 이루어지지 않으면 그 흥미는 일회성에 그칠 가능성이 높다(김동렬 등, 2007). 학생 스스로 의문 상황을 해결하고 자신만의 지식을 생성해 나가도록 돕는 과정인 과학 수업의 지도에서 동기 부여는 중요한 항목이다.

과학 교수·학습 프로그램의 동기 항목에 관한 뇌과학 문헌 분석을 종합해 보면, 배외측전전두피질, 복외측전전두피질, 대상이랑, 두정피질, 측두피질, 후두피질이 일부 관련되었지만, 대부분의 문헌에서 공통적으로 관련된 주요 두뇌 영역은 보상 판단 및 감성 조절과 후각에 관여하는 양측 안와전두피질, 긍정 감성-보상 및 도파민 분비에 관여하는 양측 측좌핵과 양측 선조체, 보상중추로 알려진 중뇌로 나타났다(그림 IV-4)(Berns et al., 2001; Camara et al., 2009; Delgado et al., 2008; McClure et al., 2004; Mizuno et al., 2008). 이들 영역들은 대부분 두뇌 보상계(reward system) 영역으로, 과학 교수·학습 과정에서 동기 항목 요소들이 주로 보상계 영역에서 일어나는 것을 나타낸다.

■ 그림 IV-4 ■



● 동기 뇌 보상계 (Reward system)

● 동기 뇌 보상계 (Reward system)

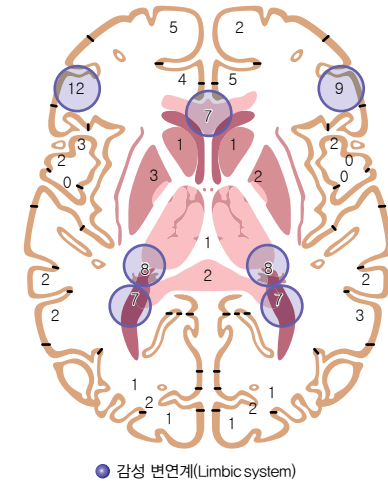
(다) 감성적 측면

감성은 과학적 사고의 모든 과정에서 나타날 뿐만 아니라 필수적인 요소로 작용한다(신동훈, 2006; 이준기와 권용주, 2008; 정진수, 2007; 정진수 등, 2007). 특히, 어린 학습자들뿐만 아니라 과학자들에게서까지도 과학적 사고 과정에서의 감성의 역할이 중요하게 작용했음이 재확인되고 있다(Thagard, 2002). 감성은 뇌의 세 가지 영역 중 변연계에서 대부분 관장하고 있지만, 최근의 연구 결과에 의하면 일부 전두엽 영역에서도 감성과 관련된 중요한 기능을 하는 것으로 드러나고 있다(Damasio, 1994). 그뿐만 아니라 인간의 어떤 기억이나 추론도 감성과 분리되어 일어날 수 없다는 뇌 과학의 증거들은 이 영역의 중요성을 말하여 주고 있다(LeDoux, 1996). 즉, 과학 교수·학습 프로그램 분석에서도 감성을 배제한 인지 영역만으로는 학습자들의 두뇌 활동 전반을 이해했다고 보기 어렵다.

과학 탐구 도중 나타나는 감성들에 대해서는 선행 연구들에 의해 긍정 감성뿐만 아니라 부정 감성들도 나타남이 보고된 바 있다. 긍정 감성이 탐구 과정과 학업 성취도와 정적 상관 관계를 형성함을 보고하는 연구가 많지만, 부정 감성 역시 반드시 과학 탐구에 나쁘게만 작용하는 것은 아니다(권용주 등, 2004).

과학 교수·학습 프로그램의 감성 항목에 관한 뇌 과학 문헌 분석을 종합해 보면, 공통적으로 관련된 주요 두뇌 영역은 감성 및 정보의 평가에 관여하는 대상이랑, 감성 및 새로운 정보의 부호화 및 기억에 관여하는 좌측 해마, 감성 및 기억의 재인에 관여하는 우측 해마, 공포 및 조건화와 부정 감성에 관여하는 양측 편도체로 나타났다(그림 IV-5). 이들 두뇌 영역들은 대부분 변연계(limbic system)로(Bartels & Zeki, 2004; Mak et al., 2009; Marco et al., 2006; Naqvi et al., 2006; Phan et al., 2002), 과학 교수·학습 과정에서 감성 항목 요소들이 주로 두뇌의 변연계 영역에서 일어나는 것을 의미한다.

■ 그림 IV-5 ■



● 감성 변연계 (Limbic system)

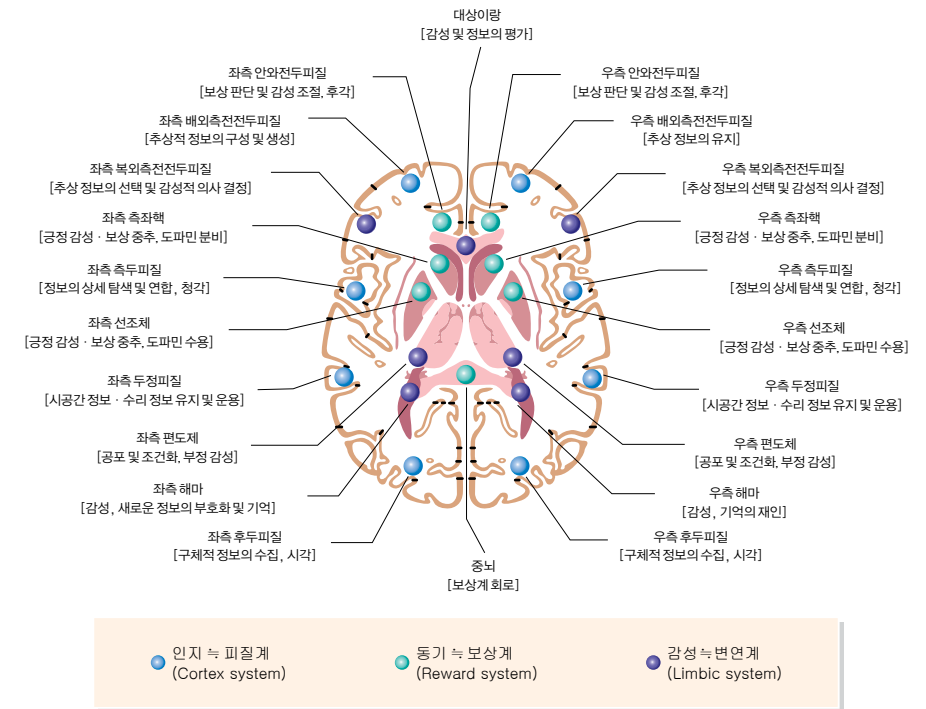
● 감성 변연계 (Limbic system)

● 감성 변연계 (Limbic system)

두뇌 기능 영역을 통합하면 하나의 통합된 ‘CORE(Cognition, Reward and Emotion) Brain Map’을 얻을 수 있다(그림 IV-6). 이것은 MacLean(1990)이 주장한 ‘뇌의 삼위일체(The triune brain)’ 이론과 부합되며, 인간의 고등 정신 기능인 교육과 학습의 두뇌 기능을 표현하고 분석하는 데 효과적인 분석 지도가 될 수 있다.

두뇌 기반 과학 교수·학습 프로그램 분석틀[CORE Brain Map]은 현장 교사들의 과학 수업에 대한 두뇌 기반 수업 컨설팅에 활용이 가능할 것으로 전망된다. 또한, 과학 교수·학습에 사용되는 각종 교재들의 구성 방식에 대한 두뇌기 반 진단 및 평가를 통한 컨설팅에 활용할 수 있다. 모든 교수·학습 상황을 분석할 수 있는 다양한 뇌기능 전반에 대한 일반화된 해석에는 제한점을 지닌다.

■ 그림 IV-6 ■



● 두뇌 기반 과학 교수·학습 프로그램 분석을 위한 CORE Brain Map

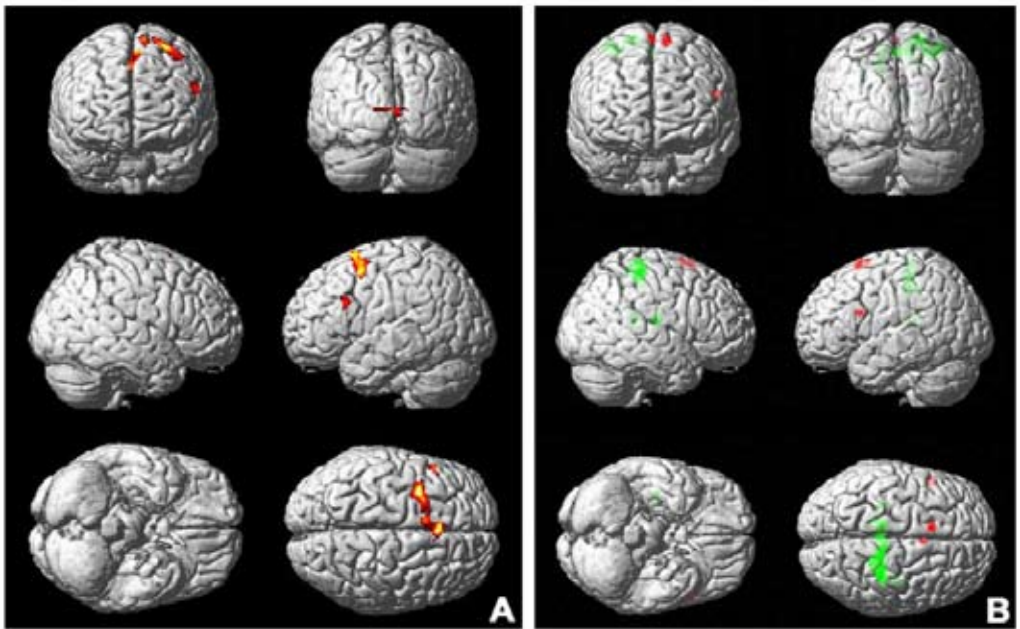
(4) 뇌 기반 과학 교수·학습에 따른 두뇌 사고 패턴의 변경

과학 학습 성취도의 향상은 어떤 방법으로 과학 교수·학습 프로그램이 제시되었을 때 나타날까? 또 한, 학생 스스로 가설을 만들 때와 교사에 의해 제시된 가설을 이해 할 때의 두뇌 활성 차이는 있을까? 이러한 의문에 실마리를 제공해 주고 있는 한 연구가 있다(Kwon et al., 2009).

과학 교육 비전공 여학생 18명(20~25세)을 가설 생성 그룹과 가설 이해 그룹의 두 가지로 구분하였다. 가설 생성 그룹과 가설 이해 그룹의 경우 가설 생성력에 있어 두 그룹 간 유의미한 차이가 없는 것으로 확인되었다. 두 달간 이루어진 연구에서 가설 생성 그룹의 경우 생물학적 가설 생성식의 교수 방법에 따라 학습을 진행하였고, 가설 이해 그룹은 가설 이해 교수를 주입식으로 받게 되었다. 가설 관련 학습 전후의 두뇌 활성 상태를 비교하기 위해 fMRI(3.0T, ISOL)를 통해 BOLD(blood oxygenation level dependant) 신호를 확인하였다.

연구 결과(그림 IV-7) 프로그램 투입 전 모든 피험자들이 가설을 생성하는 동안 좌전두이랑(left frontal gyrus), 대상이랑(cingulate gyrus), 췌기소엽(cuneus)의 활성이 관찰되었다. 뇌 기반 과학 교수·학습 방법 투입 효과를 보면, 가설 생성 그룹의 경우 좌측 하전두이랑과 상전두이랑의 활성도가 높아지는 것으로 확인되었다. 이는 작업 기억의 부하와 고차 추리 사고의 과정과 관련된 영역이다. 이와는 달리 시각적 정보의 분석과 인식에 관련된 후두정 경로(occipito-parietal route) 활성은 감소되는 것으로 나타났다. 이는 가설 생성 시 전두엽 중 배외측전전두피질(DLPFC, dorsolateral prefrontal cortex) 영역이 결정적인 역할을 하는 것을 확인할 수 있다.

■ 그림 IV-7 ■



가설 생성 동안 두뇌 활성 패턴

(A는 모든 피험자, B는 가설 생성 교수를 통해 증가(붉은색)되거나 감소된 영역(녹색))

실험 결과 두뇌 사고의 패턴만 변경된 것이 아니라 실제 가설 생성력도 향상된 것이 확인되었다. 이는 뇌 기반 과학 교수·학습 프로그램에 따라 학생들의 두뇌 사고 패턴을 교수 목표에 맞추어 효과적으로 향상시킬 수 있으며, 이는 실제 학업 성취도 향상에도 반영되어 나타남을 알 수 있다.

(5) 뇌 기반 과학 교수·학습 프로그램 분석틀

항목	두뇌 영역	대표적 기능	정의	예시
인지	좌측 배외측전전두 피질	추상적 정보의 생성	직접 관찰할 수 없는 대상에 대한 정보를 스스로 만들어 내는 것	• 각 조는 먼저 크레이터의 크기가 유성체의 어떤 물리량에 어떻게 관련되어 있을지 가설을 설정하고, 다음으로 가설을 검증할 수 있는 실험을 설계하도록 한다.
	우측 배외측전전두 피질	추상적 정보의 유지	직접 관찰할 수 없는 대상에 대한 정보를 보존하거나 변환 없이 지탱하는 것	• 쌍떡잎 식물과 외떡잎 식물의 특징에 대하여 알려 준다. • 생물 간의 먹고 먹히는 관계인 먹이그물에 대하여 알려 준다.
	좌측 측두피질	정보의 상세 탐색 / 정보의 연합 / 청각	관찰이나 측정을 통하여 수집한 자료를 보다 구체적으로 찾아 밝히거나 하나 이상의 자료들을 조직화하는 것 / 귀(소리)를 통해 학습자가 관찰 사실을 수집하는 것	• 씨의 껍질을 벗기고 두 쪽으로 나누어 속의 구조를 상세히 알아보자 • 음식물에 들어 있는 에너지량이 나타나 있는 [표 1]과 영양성분이 제시된 [표 2]를 이용하여 준호가 점심에 먹은 음식의 에너지량을 구해보자. • 녹음기로 자신의 목소리를 1분 정도 녹음하여 들어보자
	우측 측두피질	정보의 상세 탐색 / 정보의 연합 / 청각		
	좌측 두정피질	시·공간 정보 유지 및 운용 / 수리 정보 유지 및 운용	사물이나 현상의 위치나 크기 혹은 시간적 속성에 대한 정보를 변환 없이 보존하거나 적절한 형태로 변환하여 활용하는 것	• 가로축을 전압, 세로축을 온도의 변화로 하여 그래프를 그려 본다. • 전압계, 전류계, 발열량 측정 장치를 이용하여 전류에 의한 물의 온도 변화를 측정할 수 있는 방법을 생각하여 보자.
	우측 두정피질	시·공간 정보 유지 및 운용 / 수리 정보 유지 및 운용		
	좌측 후두피질	구체적 정보의 수집 / 시각	직접 관찰할 수 있는 대상에 대한 정보를 찾아 모음. / 눈(빛)을 통해 학습자가 관찰 사실을 수집하는 것	• 옥수수과 강낭콩 씨앗을 관찰하여 스케치해 본다. • 깍지에 싸여 있는 땅콩의 겉모양을 들여다 보고, 씨를 찾아보자.
	우측 후두피질	구체적 정보의 수집 / 시각		
동기	좌측 안와전두피질	보상 판단 / 후각	수업 중 학습자의 행위를 촉진하거나 학습 분위기를 조성하기 위하여 주는 물질이나 칭찬에 대하여 스스로 기능해 봄. / 수업 중 느껴지는 정서 양상에 대한 조절 / 코(냄새)를 통해 학습자가 관찰 사실을 수집하는 것	• 자석 모둠왕 선정하기: 정해진 시간 안에 자석에 붙는 곳 찾는다. - 준비물: 개인별 자석1개 - 가장 많이 찾은 모둠을 자석 모둠왕으로 선정하기 • 연소되는 초에서 나는 냄새를 맡아보게 한다.
	우측 안와전두피질	보상 판단 / 후각		
	좌측 측좌핵	내적 동기 / 외적 동기		
	우측 측좌핵	내적 동기 / 외적 동기	학습자가 학습 목표 달성에 쉽게 접근하도록 유인하는 수업 중 활동이나 사례의 제시 / 수업 중 학습자의 행위를 촉진하거나 학습 분위기를 조성하기 위한 물질, 칭찬, 석차 등과 같은 외적 보상물을 제시하는 것	• ‘바윗돌 깨뜨려~’ 노래 부르기 ‘바윗돌 깨뜨려 돌덩이, 돌덩이 깨뜨려 돌맹이, 돌맹이 깨뜨려 자갈돌, 자갈돌 깨뜨려 모래알 ~ 랄랄 랄랄라 랄랄라 랄랄 랄랄라 랄랄라 ~♪’ - 위 노래에서 바윗돌, 돌덩이, 돌맹이, 자갈돌, 모래알의 차이점은 무엇일까요?
	좌측 선조체	내적 동기 / 외적 동기		
	우측 선조체	내적 동기 / 외적 동기		

항목	두뇌 영역	대표적 기능	정의	예시																				
동기	중뇌	외적 동기	수업 중 학습자의 행위를 촉진하거나 학습 분위기를 조성하기 위한 물질, 칭찬, 석차 등과 같은 외적 보상물의 제시	• 교실(필통)에서 가장 많은 물질로 이루어진 물체 찾기 아동들에게 주어진 상황을 잘 설명하고, 주어진 시간 내에 빨리 찾는 사람에게 보상을 해 준다. - 예: 교실 - 게시판, 시계, 컴퓨터, 프린터 필통 - 샤프 등																				
감성	좌측 복외측전전두피질	추상 정보의 선택 / 감성적 의사 결정 / 긍정 감성 / 부정 감성	직접 관찰할 수 없는 대상에 대한 정보의 선택 / 학습자의 정서 상태에 기반을 두고 행위나 태도를 정함. / 학습자에게 수업 중 유발된 정서	• 대륙이동설을 뒷받침할 수 있는 여러 증거들 중 가장 유력한 증거 하나를 선택해 설명하도록 한다. • 자신이 관찰한 나비들 중에 제일 마음에 드는 한 가지를 고르도록 한다.																				
	우측 복외측전전두피질	추상정보의 선택 / 감성적 의사 결정 / 긍정 감성 / 부정 감성																						
	대상이랑	감성의 평가 / 정보의 평가	학습자가 자신의 정서적 상태와 수업 과정에서 제시되거나 생성한 지식에 대해 스스로 가늠함.	• 학생들에게 워크시트를 나누어 주고 질문을 한다. 아래의 표는 식물이 산발적으로 나 있는 황갈색의 모래로 된 해변에 살고 있는 네 마리의 암컷 쥐에 대한 설명이다. 어떤 쥐가 생물학적으로 가장 적합한가? 왜 이 쥐가 적합한지 설명하여 보자. <table><tr><td>털 색깔</td><td>검은색</td><td>황갈색</td><td>진한 갈색</td><td>흰색</td></tr><tr><td>수명</td><td>2개월</td><td>8개월</td><td>4개월</td><td>2개월</td></tr><tr><td>각각이 낳은 새끼수</td><td>0</td><td>11</td><td>3</td><td>0</td></tr><tr><td>달리는 속도</td><td>8m/min</td><td>6m/min</td><td>7m/min</td><td>5m/min</td></tr></table>	털 색깔	검은색	황갈색	진한 갈색	흰색	수명	2개월	8개월	4개월	2개월	각각이 낳은 새끼수	0	11	3	0	달리는 속도	8m/min	6m/min	7m/min	5m/min
	털 색깔	검은색	황갈색	진한 갈색	흰색																			
	수명	2개월	8개월	4개월	2개월																			
	각각이 낳은 새끼수	0	11	3	0																			
달리는 속도	8m/min	6m/min	7m/min	5m/min																				
좌측 편도체	공포 및 조건화 / 부정 감성	학습자에게 느껴지는 두렵고 무서운 정서 / 수업 중 학습자의 자극과 반응을 적절히 연합시켜 줌. / 학습자에게 수업중 유발된 나쁜 혹은 불편한 정서	• 약물의 오·남용이 인체에 미치는 영향을 [표 2]를 보며 설명한다. • 세계 곳곳에서 발생한 생물 농축에 의한 피해 사례 사진을 보고, 각 사례에서 생물 농축이 일어나기까지의 경로를 설명하게 한다.																					
우측 편도체	공포 및 조건화 / 부정 감성																							
좌측 해마	긍정 감성 / 새로운 정보의 부호화 및 기억	학습자에게 수업 중 유발된 정서 / 학습자가 기존에 알고 있지 못하던 정보를 변환하고 기억함.	• 고체가 액체를 거치지 않고 바로 기체로 승화되는 것을 보여 준다. - 준비물: 드라이아이스																					
우측 해마	긍정 감성 / 부정 감성 / 기억의 재인	학습자의 기억과 연관된 수업 중 유발된 정서 / 학습자가 자신의 기억 내용에 대하여 재차 인식하게 됨.	• 선수 학습 확인 - 뿌리가 드러난 식물의 사진을 보여 주면서 뿌리의 역할에 대한 질문에 답하도록 한다.																					

V

과학 교수·학습 모형

과학 수업과 관련하여 교수 모형(Teaching method), 교수 접근법(Teaching approach), 교수 방법(Teaching method), 교수 기법(Teaching technique), 교수 기능(Teaching skill) 등 다양한 용어가 사용되고 있는데, 사용하는 사람과 맥락에 따라 의미와 적용 범위가 다르다. 여기서는 교육학자와 교사들에게 일반적으로 정식화된 의미로 받아들여지고 있는 것을 과학 교수·학습 모형으로 간주하고 주요 모형들을 살펴본다.

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(Joyce et al., 2004). 특히 과학 수업에서는 과학과 관련된 태도, 탐구 능력의 신장, 다양한 과학 개념의 이해를 추구하므로, 교사는 과학 교육 목표를 달성하는 데 적합한 수업 모형을 선정하여 적절히 구사할 수 있어야 한다.

과학과 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. 효과적인 과학 수업을 위해서는 각 모형의 철학적·심리학적 배경을 충분히 이해하고 적용 방안을 숙지해야 한다.

1. 과학 교수·학습 모형 선택을 위한 안내

교사가 과학과 학습 지도를 잘하기 위해서는 내용이나 활동에 적합한 과학과 교수·학습 모형을 선택하는 것이 매우 중요하다. 내용이나 활동의 특성에 적합한 과학과 수업 모형을 선택하고 이를 바르게 적용하기 위해서는 각 모형의 철학적·심리학적 배경과 내재된 가정, 모형이 사용될 수 있는 적용 환경과 조건, 그리고 모형 자체에 대한 정확한 이해가 필요하다(김한호와 권재술, 1995; 정완호 외, 1996). 각 학습 모형의 주요 특징은 다음과 같다.

■ 표 V-1 ■

각 학습 모형의 주요 특징

교수·학습 모형	주요 특징
경험 학습 모형	- 관찰, 분류와 같은 기초 탐구 능력 배양이 목적 - 구체적이고 조작적인 감각 경험을 강조 - 새로운 학습 소재를 다룰 때 적합 - 전조작기에 해당하는 학습자에게 효과적
발견 학습 모형	- 규칙성 발견을 통해 개념을 형성하고 일반화하는 것이 목적 - 학습 지도의 계획 단계가 중요하며, 적절한 자료 준비가 필요 - 학습 주제가 귀납적으로 과학 법칙이나 원리를 습득할 때 유용 - 모두 가능하나 구체적 조작기 학습자에게 효과적
탐구 학습 모형	- 과학의 본성을 체득시키기 위함이 목적 - 과학의 본질적인 과정인 가설-검증 절차를 체득하는 모형 - 가설을 세울 수 있는 상당한 기존 지식이 필요 - 실험 설계가 중요하고, 변인 통제를 정확히 해야 함. - 형식적 조작 단계의 학생들에게 적합

교수 · 학습 모형	주요 특징
순환 학습 모형	• 과학의 기본 개념 학습 및 인지 발달 촉진이 목적 • 학생들의 개방된 활동과 교사의 교수 활동이 적절하게 결합 • 관찰, 실험을 통하여 새로운 개념을 발견할 수 있도록 유도 • 인지적 갈등을 일으키는 문제 상황으로의 유도가 중요
개념 변화 학습 모형	• 학생의 오개념을 과학 개념으로 변화시키는 것이 목적 • 학생의 생각을 충분히 표현할 수 있는 기회 제공 • 인지적 갈등을 일으켜 학생의 생각에 불만을 갖도록 함 • 많은 학생들이 오개념을 가지고 있는 내용을 가르칠 때 효과적

김찬중(1996)은 교수 · 학습 모형을 다음과 같이 학습자에 대한 가정, 학습 활동의 특성, 바람직한 학습의 결과로 분류하였다.

표 V-2

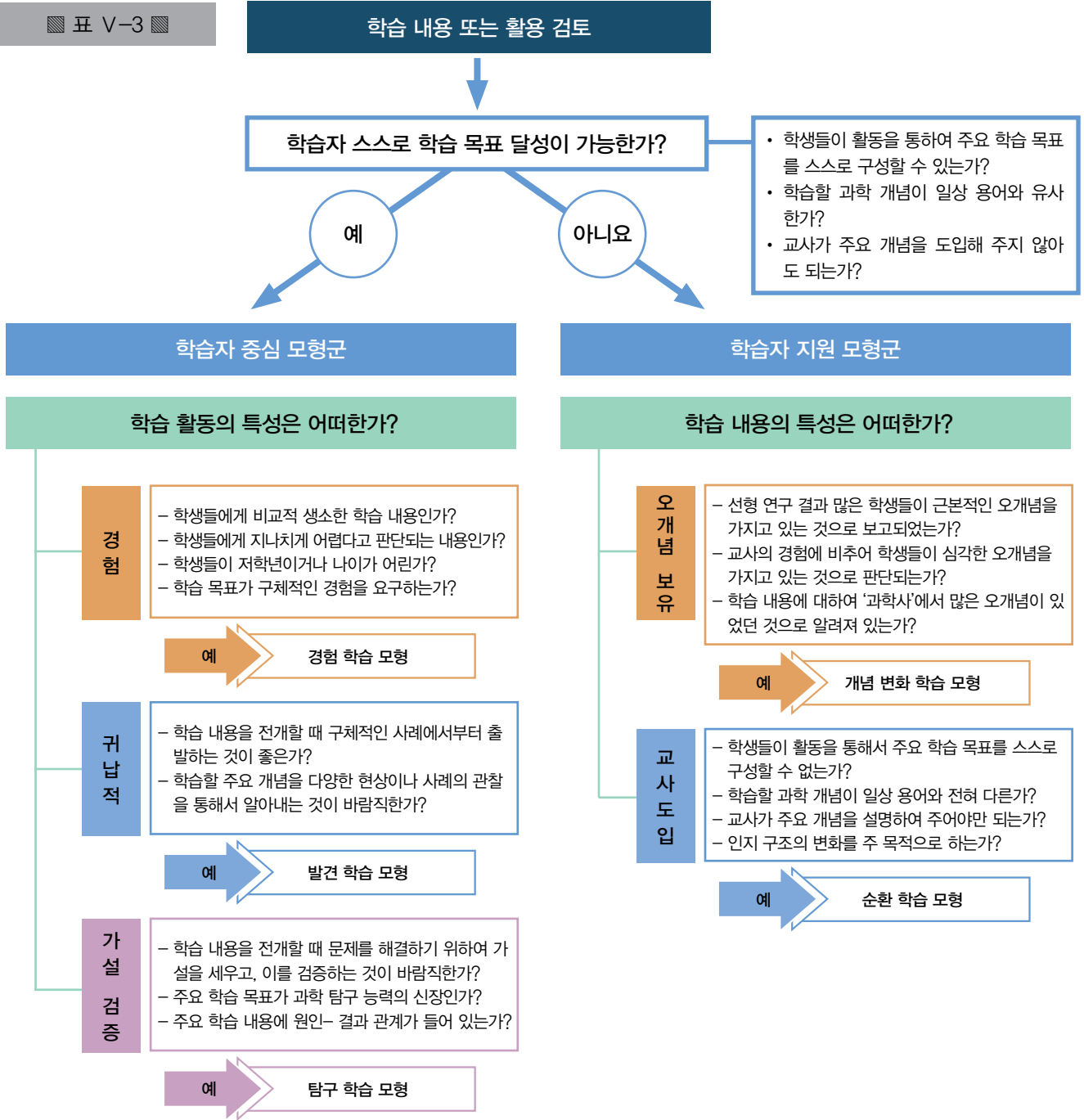
교수 · 학습 모형의 분류			
교수 · 학습 모형	학습자에 대한 가정	학습 활동의 특성	바람직한 학습 결과
경험 학습 모형	경험을 통하여 스스로 정보 수집 가능	직접적인 경험	새로운 정보의 수집과 분류
발견 학습 모형	학습 목표를 스스로 발견 가능	귀납적 활동	새로운 과학 지식의 발견
탐구 학습 모형	스스로 탐구 가능	가설-검증 활동	과학의 본성에 대한 바른 이해와 과학 지식의 습득
순환 학습 모형	학습 목표를 스스로 발명하기 어려움	인지적 평형화	인지 구조의 변화
개념 변화 학습 모형	학습 내용에 대하여 근본적인 오개념 보유	인지적 갈등을 통한 개념 변화	오개념을 과학적 개념으로 변화

그리고 적절한 과학 수업 모형 선택을 위하여 다음과 같은 교수 · 학습 모형 선택을 위한 절차를 개발하였는데, 학습 내용이나 활동을 검토한 다음, 1단계로 학습 목표를 학습자 스스로 달성할 수 있는지를 묻는다. 여기에서 그렇다고 판단되면 학습자 중심 모형군으로, 그렇지 않다고 판단되면 학습자 지원 모형군으로 옮겨간다.

학습자 중심 모형군일 경우에는 학생들의 활동이 주요 학습 활동을 이루게 된다. 이때, 학습 활동이 주로 경험을 요구하는 경우에는 경험 학습 모형을, 귀납적일 경우에는 발견 학습 모형, 가설 검증일 때에는 탐구 학습 모형을 선택하게 된다.

학습자 지원 모형군일 경우에는 학습자 중심 모형군보다 교사의 직접적인 개입이 증가하므로, 학습 활동보다는 내용의 특성을 바탕으로 판단하게 될 가능성이 높다. 학습할 내용에 대하여 학생들이 근본적인 오인을 보유하고 있는 경우에는 개념 변화 학습 모형, 교사에 의한 개념 도입이 필요한 경우에는 순환 학습 모형을 선택할 수 있다.

표 V-3

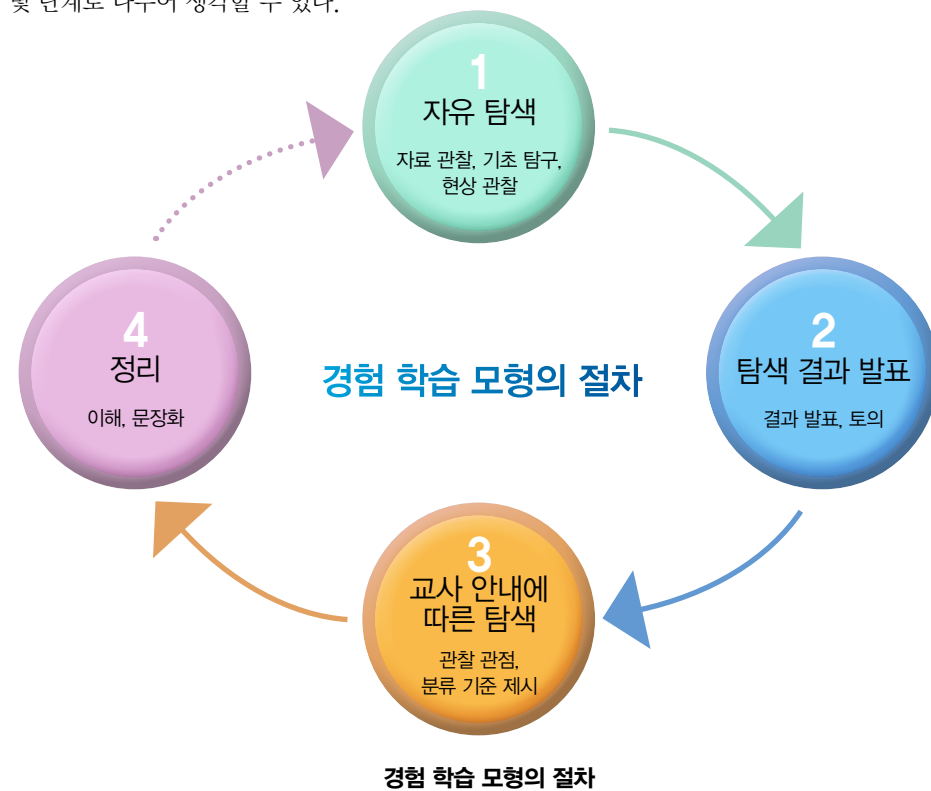


적절한 과학 교수 · 학습 모형 선택을 위한 절차

2. 경험 학습 모형

경험 학습 모형은 과학 발전의 초기 단계에서 과학자들이 활동하는 목적을 과학 수업에 적용한 유형으로서 초등학교 저학년을 위해 고안된 것이다. 이 수업 모형이 적용되는 과학 수업의 목적은 탐구 과정 능력의 개발에 있다고 볼 수 있다. 이 모형은 과학 지식을 발견하기 위한 기초적인 정보 수집을 하는 데에 목적이 있다.

초등학교 저학년의 경우에는 과학을 처음 접하는 단계이다. 따라서 이 수준의 학생들은 피아제의 발달 단계로 보더라도 전조작기나 초기 구체적 조작기에 해당하므로 논리적인 사고를 수행하기에는 무리가 따른다. 따라서 지시된 주변의 사물이나 물질에 대하여 구체적인 조작 활동을 수행하는 것으로, 이 모형의 목적은 주로 관찰·측정·분류 등 기초 탐구 과정을 하도록 안내함으로써 기초적인 탐구 능력을 개발하는 데 목적이 있다(Bybee, 2000). 경험 학습 모형의 엄밀한 절차를 규정하기는 어렵지만, 아래와 같이 몇 단계로 나누어 생각할 수 있다.



(1) 경험 학습 모형의 특성

이 학습 모형의 적용 대상은 주로 초등학교 저학년이다. 경험 학습 모형에서는 학생들이 탐구 과정을 바르게 인식하고, 과학에 대한 흥미를 갖게 하는 것이 중요하다. 경험 학습 모형의 주요 특성을 정리하면 다음과 같다.

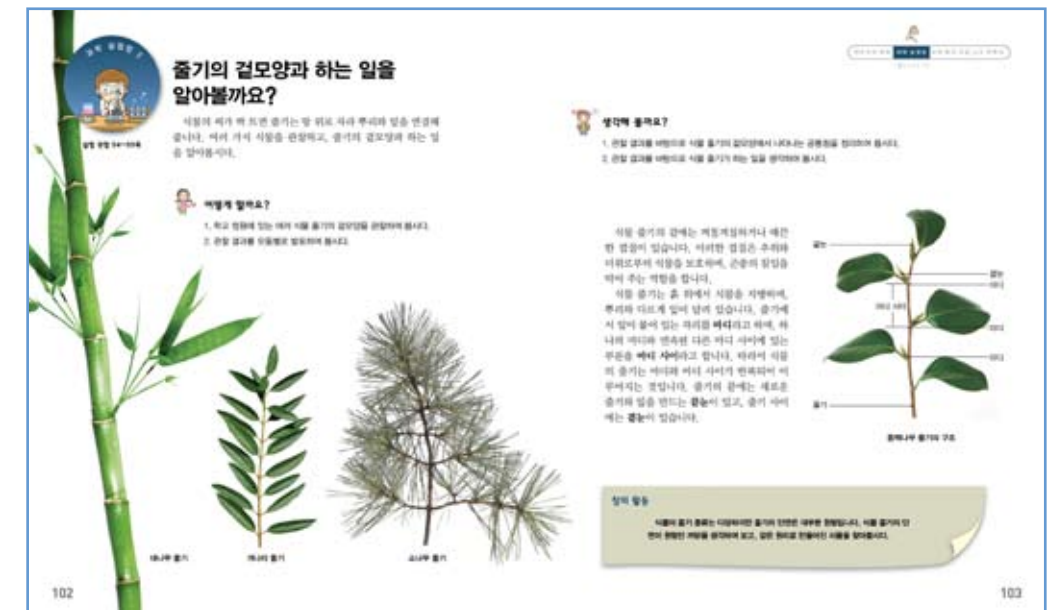
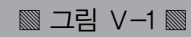
첫째, 학생들의 구체적이고 조작적인 감각 경험이 강조되는 수업 모형이다. 이 수업 모형에서 제시되는 자료는 학생의 감각 기관을 통하여 경험될 수 있는 구체적인 물체가 적합하다. 구체적인 물체이어야만 직접 보면서 만져보기도 하고, 맛을 보는 등 조작적인 활동을 하면서 감각 기관을 통한 경험을 할 수 있기 때문이다.

구체적인 물체는 시청각 자료로 대체할 수도 있다. 실제로 학교 수업에서 모든 자료를 구체적인 실제 물체를 제공하는 것이 불가능하기 때문에 그림이나 슬라이드, 비디오 등을 사용할 수 있다.

둘째, 이 모형을 적용한 수업은 특정한 지식을 동반한 내용보다는 탐구 과정의 습득을 목표로 하고 있다. 이 수업에서는 어떤 개념이나 일반화를 목표로 하지 않는다. 한마디로 말하면 정답이 정해져 있지 않은 수업이다. 즉, 학생들이 다양한 자료를 통하여 그에 합당한 탐구 과정 능력의 신장에 목표가 있을 뿐

이다. 따라서 교사는 학습 안내에 보다 융통성을 발휘하여 학생들의 학습 배경, 흥미, 요구 등을 적극적으로 수용하는 수업으로 이끌어야 한다. 물론 모든 경험 학습 모형이 오직 탐구 과정 능력의 신장에만 목표가 있다고 단정할 수는 없다. 하지만 본질적으로 경험 학습 모형은 기초 탐구 과정 요소를 중심으로 하는 탐구 능력 신장이 목적이다.

(2) 경험 학습 모형의 적용



경험 학습 모형이 적용된 차시의 예

단원	5학년 1학기 [3. 식물의 구조와 기능]
차시	5/12 줄기의 겉모양과 하는 일을 알아볼까요?
학습 목표	식물 줄기의 관찰을 통해 외부 형태를 설명할 수 있다.
수업 모형 선정 이유	이 차시는 식물의 줄기 구조를 알아보는 차시이다. 개나리, 소나무, 대나무 줄기가 잘 나타나는 사진이나 실물을 자유롭게 관찰하여 관찰 결과를 발표한다. 이 과정에서는 단순한 관찰이 주로 이루어지므로 발표가 끝난 후, 교사의 인도에 따라 줄기 외부 형태의 공통점과 차이점을 생각하면서 관찰하도록 지도한다. 이처럼 탐색 결과를 바탕으로 식물 줄기의 공통점을 정리하는 과정을 학습하므로 경험 학습 모형이 적합하다.
수업 절차	1. 자유 탐색 - 주어진 학습 자료를 자유롭게 탐색해 보는 단계이다. - 주어진 자료의 모양이나 색깔 등을 단순히 관찰하거나, 두드려보거나, 맛을 보고, 냄새를 맡는 등 다양한 방법으로 탐색해 볼 수 있다. - 기초적인 탐구 과정 요소인 관찰, 측정, 분류 등을 경험하게 함으로써 주어진 자료에 대하여 친숙해지도록 한다. ◆ 제시된 식물의 줄기를 자유롭게 탐색하게 한다. ▷ 제시된 식물을 자유롭게 관찰하여 볼까요? 무엇을 관찰할 수 있을까요? － 잎이 달려 있고, 뿌리는 없고, 땅 위에 나와 있고, 줄기의 색깔은 녹색이 아닙니다. ▷ 모듬별로 식물의 줄기를 자세히 관찰하여 봅시다.

2. 탐색 결과 발표

- 앞 단계에서 자유롭게 탐색한 결과를 발표하게 하는 단계이다.
- 교사는 학생들의 발표 내용을 듣고, 탐색 단계에서 기초 탐구 과정 요소의 각 특성에 맞는 활동을 하였는지 판단할 수 있다.
- 학생들은 발표 활동을 통하여 다른 사람들의 발표 내용을 정확하게 청취하고, 자신의 탐색 결과와 비교하고, 토의하면서 주어진 자료에 대한 탐구 결과를 정리한다.

◆ 자유롭게 탐색한 결과를 모둠별로 발표하게 하여 자신이 탐색하지 못했던 부분이 있음을 알게 한다.

- ▷ 식물 줄기를 탐색한 결과를 모둠별로 발표하여 볼까요?
- 식물 줄기의 색깔은 갈색 또는 녹색입니다. 줄기에는 잎이 모두 달려 있습니다. 줄기에는 마디가 있습니다.
- ▷ 자신이 탐색하지 못했던 부분을 다시 한 번 생각하여 봅시다.

3. 교사 인도에 따른 탐색

- 교사는 학생들이 발표한 내용 중에서 미흡했다고 판단되는 활동을 점검한다.
- 교사는 새로운 관점을 학생들에게 암시하여 새롭게 탐색할 수 있는 기회를 제공한다.
- 교사가 권위적으로 교사의 관점을 제시하면, 학생들의 자발적 학습 의욕을 제한할 수 있으므로 주의해야 한다.
- 학생들이 분류한 내용의 기준이 비과학적이라면 보다 과학적인 기준에 접근하도록 안내한다.

◆ 줄기의 기능을 생각하면서 다시 한 번 관찰하게 한다.

- ▷ 줄기의 기능을 생각하면서 식물 줄기에 대하여 관찰한 결과를 써 봅시다.
- 줄기는 땅위로 나와 있으며, 잎이 붙어 있습니다.
- ▷ 줄기는 뿌리와는 어떤 기능이 같고, 어떤 기능이 다른지 생각하면서 관찰하여 봅시다.
- 줄기는 뿌리와 같이 식물을 지지해 줍니다. 하지만 뿌리처럼 물이나 양분을 흡수할 수 있는 구조가 없습니다.
- ▷ 줄기와 잎과의 관계를 생각하면서 줄기의 외부 형태를 관찰하여 봅시다.
- 줄기는 뿌리와 잎을 연결해 줍니다. 줄기 끝에는 눈이 있습니다.

4. 정리

- 학생들 스스로 탐색했던 내용과 교사의 인도에 따라 탐색한 결과를 정리한다.
- 교사는 학급 전체의 결과를 종합하여, 학생 자신이 탐색한 결과를 스스로 정리했다는 성취감을 심어 주어야 한다.

◆ 식물 줄기의 외부 형태의 공통점을 정리하게 한다.

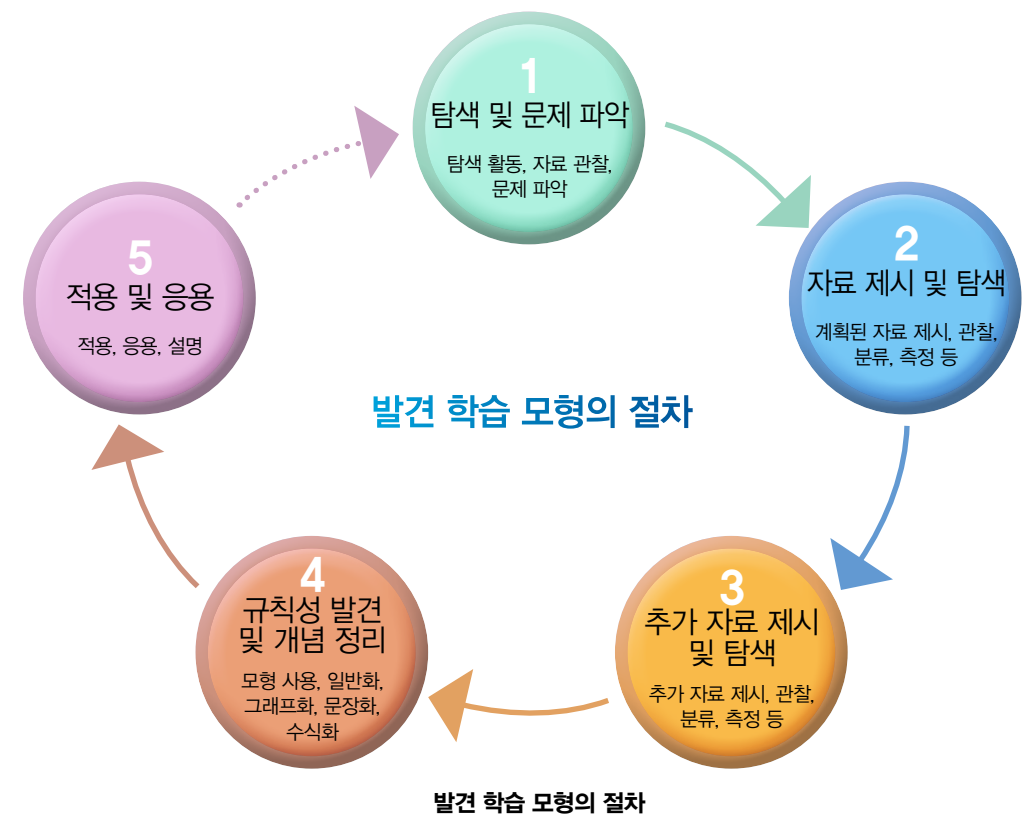
- ▷ 탐색 결과를 바탕으로 식물 줄기의 외부 형태를 정리하여 봅시다.
- 줄기의 끝에는 눈이 있습니다. 줄기에는 잎이 달려 있습니다.
 - 줄기는 땅 위로 나와 있습니다.
- ▷ 줄기의 기능을 생각하여 봅시다.
- 뿌리와 잎을 연결해 주는 기능이 있습니다.
 - 식물을 지탱하고 보호해 주는 기능이 있습니다.

3. 발견 학습 모형

과학자들은 다양한 관찰과 측정 등을 통해 관심 있는 분야에 대한 자료를 수집한 후, 분석하여 이들이 암시하고 있는 특성이나 경향성을 찾아본다. 관찰과 측정 등의 탐색 대상이 자연이었다면, 이번에는 관찰과 측정 등을 통하여 축적된 자료를 탐색 대상으로 하는 조작 활동이 이루어진다. 실제 과학자들이 과학 개념이나 원리 등을 발견하게 되는 것은, 이와 같이 자료에 대한 탐색 활동을 통해서 이루어진다(윤길수 등 외, 2001).

발견 학습 모형은 구체적인 물체를 대상으로 한 경험 수업이 이루어진 후에 투입할 수 있는 수업 모형이라고 볼 수 있다. 이 모형에서 학생들은 제시된 자료를 통하여 귀납적인 방법으로 개념을 형성하거나 일반화하는 과정이 나타난다. 귀납적 방법이란 구체적인 자료를 토대로 그들 간에 존재하는 규칙성을 찾아 기술하는 것을 말한다. 발견 학습 모형은 학생이 자료들 속에 내재되어 있는 어떤 논리적 특성을 찾는 것이므로, 구체적 조작 능력을 가진 학생들에게 적용할 수 있는 수업 모형이다. 그러나 다른 발달 단계의 학생들에게도 학습 내용의 특성을 고려하여 얼마든지 효과적으로 이루어질 수 있다. 발견 학습 모형의 학습 단계는 일반적으로 다음과 같은 흐름을 보이는 것으로 보인다.

■ 표 V-5 ■



(1) 발견 학습 모형의 특성

초등학교에서의 과학 수업은 학생들이 과학을 처음 대하는 실질적인 학교 교육의 시작이기 때문에 과학 개념의 새로운 도입이 주된 교육과정의 목표가 된다. 따라서 초등학교 과학 수업의 차시별 목표는 발견 학습 모형으로 안내해야 할 내용이 많다. 초등학교에서 과학 개념이 바람직한 방향으로 학습되어야 고학년에서 효율적인 교육 결과가 나올 수 있기 때문에, 초등학교에서의 발견 학습 과정은 상대적으로 중요하다고 볼 수 있다. 발견 학습 모형의 특성을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 이 모형에서는 규칙성의 발견이나 개념 형성을 주요 목표를 두고 있다는 점이다. 그러나 학습 목표로서의 규칙성 발견이나 개념 형성은 표면적으로만 드러나 있다는 점을 유의해야 한다. 수업이 교사

중심의 주입식 교육으로 진행된다면, 이때 획득된 지식은 학습되었다고 볼 수 없다. 즉, 규칙성의 발견이나 개념 형성은 기초 탐구 과정을 통해 학생 중심으로 수집되고 분석된 결과로서 이루어져야 함을 전제로 한다.

둘째, 발견 학습 모형은 학습 안내를 위한 계획과 준비가 상대적으로 철저해야 한다. 이 모형에서는 탐구 과정을 통하여 자연스럽게 규칙성의 발견이나 개념 형성이 유도되어야 하기 때문에, 이를 위한 전략적인 자료 준비가 사전에 잘 이루어져야 한다. 교사는 기본적인 자료 제시와 추가 자료 제시물을 구분할 뿐만 아니라, 각 제시물을 어떤 순서로 어떤 상황에서 효과적으로 제시할 것인가를 구체적으로 계획해야 한다. 이를 위해서는 우선 학습 목표가 단순하고 명확해야 하며, 학습 목표를 확대 해석해서는 안 된다. 교사는 모든 수업 진행 과정이 목표를 향해 일사불란하게 진행되어야 함을 잠시라도 잊어서는 안 된다.

셋째, 교사는 학습 과정에서 추상적인 과학 개념을 학생 스스로 획득하도록 안내해야 한다. 이를 위해 교사는 불필요한 설명을 줄이고, 질문을 통하여 학습 안내를 수행해야 한다. 특히, 주어진 자료를 자세히 설명하기보다는 학습 목표에 비추어 강조되어야 할 제시물의 특성을 암시함으로써 개념 형성을 촉진시켜야 한다.

(2) 발견 학습 모형의 적용

■ 그림 V-2 ■



발견 학습 모형이 적용된 차시의 예

단원

6학년 1학기 [2. 산과 염기]

차시

2~3/10 다양한 용액을 분류하는 방법을 찾아볼까요?

학습 목표

- 용액의 다양한 분류 기준을 말할 수 있다.
- 지시약을 이용하여 용액을 분류할 수 있다.

수업 모형 선정 이유

지시약을 이용하여 용액을 산과 염기로 분류할 수 있다는 것을 학습하는 차시이다. 따라서 다양한 지시약을 이용하여 산과 염기를 분류해 보고, 여기에 대한 규칙성을 발견할 수 있도록 발견 학습 모형을 적용하였다.

수업 절차

1. 탐색 및 문제 파악

- 학습 목표와 관련된 학습 자료를 제시하여 학생들이 탐색하도록 한다.
- 교사는 자연스럽게 학생 스스로 학습 문제를 파악하도록 안내한다.
- 학습 목표를 파악하기 위한 자료는 다양한 방법으로 제시하여, 학습에 대한 흥미와 적극적인 학습 분위기를 조성한다.

◆ 학생들이 단순한 관찰을 통하여 주어진 용액들을 분류해 본 후, 단순 관찰을 통해서 분류할 수 없는 무색 투명한 두 영역을 제시하여 자연스럽게 다른 방법을 이용하여야 한다는 것을 탐색할 수 있도록 한다.

- ▷ 일상생활에서 사용하는 용액에는 어떤 것들이 있는지 발표하여 봄시다.
 - 물, 사이다, 식초, 주스, 간장, 세제 등이 있습니다.
- ▷ 분류란 무엇을 말하는 것입니까?
 - 공통점과 차이점을 가지고 기준을 만들어 관련 있는 것끼리 묶는 것을 말합니다.
- ▷ 준비된 용액을 분류하기 위해서는 어떤 기준을 세울 수 있습니까?
 - 맛이나 색깔, 냄새를 이용합니다.
- ▷ 분류 기준에 맞춰 분류를 하여 봄시다.
- ▷ 용액 중에 색이 없고 투명하면서 냄새가 나지 않는 용액이 있다면 이런 용액은 어떤 방법을 이용하여서 분류하여야 할지 말하여 봄시다.
 - 점성을 이용합니다.

2. 자료 제시 및 탐색

- 자유로운 탐색 활동을 하게 하는 단계이다.
- 교사는 학습 문제 해결을 위해 필요하다고 판단되는 자료를 선택하여 제시한다.
- 자료들은 대자연 현상과 관련된 것으로서 자료의 맥락이 학생들에게 친근한 것일수록 좋다.
- 학생들은 주어진 자료를 가지고 가능한 모든 관찰을 한다. 관찰의 결과를 정리할 수 있는 시간을 부여한 후, 관찰 결과를 발표시켜 발표 내용을 공유할 수 있는 시간을 가지는 것이 필요하다.
- 교사는 관찰 결과가 의도된 학습 결과와 다를지라도 수용하고 정리하는 개방적인 수용 자세가 필요하다.

◆ 단순한 관찰을 이용하여 분류할 수 없는 용액을 리트머스 종이를 이용하여 색깔 변화를 확인하도록 한다.

- ▷ 리트머스 종이를 이용하여 용액을 분류하여 봅시다.
- ▷ 리트머스 종이에 용액을 묻히면 어떤 변화가 있는지 말하여 봅시다.
 - 붉은색 리트머스 종이가 푸르게, 푸른색 리트머스 종이가 붉게 변하는 용액이 있습니다.
- ▷ 같은 색깔 변화를 보이는 용액끼리 분류하여 봅시다.

3. 추가 자료 제시 및 탐색

- 학생들이 규칙성을 발견하여 과학 개념을 형성하거나 일반화하는 것을 더욱 강화시켜 주기 위한 단계이다.
- 학생들이 과학 개념을 형성하는 데 어려움이 예상되거나, 정확한 개념 형성을 위해서 보다 구체적인 자료가 필요할 수 있으므로, 보충 자료를 준비하여 관찰하고 탐색할 수 있도록 한다.
- 이미 주어진 자료보다 구체화시킨 자료를 제시하여 목표 개념을 명료화하거나, 정반대의 자료를 보여 주어 이미 발견된 개념을 확신시켜 주는 자료를 준비할 수도 있다.
- 보충 관찰에서는 앞서 했던 관찰 결과와 새로운 관찰 결과 간의 공통점이나 차이점을 부각시키는 교육적 처치가 필요하고, 여기서는 교사의 직접적인 지식 전달보다는 질문 기법을 통하여 학생들의 탐구를 유도하는 것이 좋다.

◆ 리트머스 종으로 분류한 용액을 페놀프탈레인 용액을 이용하여 분류하여 봄으로써 리트머스 종이를 이용한 결과와 비교하여 보도록 한다.

- ▷ 페놀프탈레인 용액을 관찰하여 봅시다.
 - 무색, 투명합니다.
- ▷ 페놀프탈레인 용액을 이용하여 용액을 분류하여 봅시다.
- ▷ 용액에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 어떤 변화를 관찰할 수 있는지 발표하여 봅시다.
 - 붉게 변하는 용액이 있습니다.
- ▷ 같은 변화가 일어나는 용액은 어떤 것인지 정리하여 봅시다.
- ▷ 과학자들은 왜 지시약을 이용하여 용액을 분류할까요?
 - 맛이나 색깔 같은 방법들은 사람마다 조금씩 다른 기준으로 판단하게 됩니다. 그러나 지시약은 누구에게나 같은 기준을 줍니다.

4. 규칙성 발견 및 개념 정리

- 전 단계에서 했던 관찰 결과들을 공개하고, 토의를 통하여 관찰 결과로부터 일반화나 규칙성을 발견하는 단계이다.
- 교사는 관찰된 사실들로부터 어떤 경향성이나 틀(patten)을 발견하고 기록하도록 안내해야 한다. 이처럼 기술된 내용을 개념 또는 일반화된 추리라고 한다.
- 개념을 형성하는 단계에서 학생들은 관찰 결과를 토의하더라도 단번에 정확한 개념을 발견하기 어려운 경우가 많다. 교사는 이러한 학생들의 생각을 질문이나 토의를 통해 학생들이 동의할 수 있는 표현으로 정리하여야 한다.
- 관찰 결과 속에 내재한 과학 개념을 발견하는 일은 학생 중심으로 진행될 수 있도록 안내를 가지고 안내해야 하며, 교사가 직접 지식을 제시하는 일은 학생들의 탐구를 제한시킬 수 있으므로 주의해야 한다.
- 학생들이 규칙성을 발견하지 못하거나 개념 형성이 미흡할 경우에는 피드백을 하고, 새로운 자료를 제시하여 학습 목표를 달성할 수 있도록 한다.

◆ 리트머스 종지와 페놀프탈레인 용액을 이용한 색깔 변화를 통해 용액을 분류할 수 있다는 규칙성을 발견하도록 한다.

- ▷ 리트머스 종이를 이용한 실험과 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨린 실험을 통해 나누어진 용액들을 서로 비교하여 봅시다.
 - 나누어진 용액끼리 같습니다.

5. 적용 및 응용

- 앞에서 발견한 규칙성이나 개념의 인지적 정착을 유도하는 단계이다.
- 학생들은 자신이 발견한 규칙성이나 개념을 새로운 자연 맥락이나 환경에 적용함으로써 개념에 대한 활용 범위를 넓히고 개념의 의미를 인지적으로 정착시킬 수 있다.
- 본 교수·학습 활동의 목표가 실제로 달성되었는지를 파악하게 하는 형성평가로서 활용될 수도 있다.

◆ 지시약을 이용하면 산과 염기로 분류할 수 있다는 것을 이용하여 생활에서 사용하는 용액을 산과 염기로 분류하여 보는 활동이다.

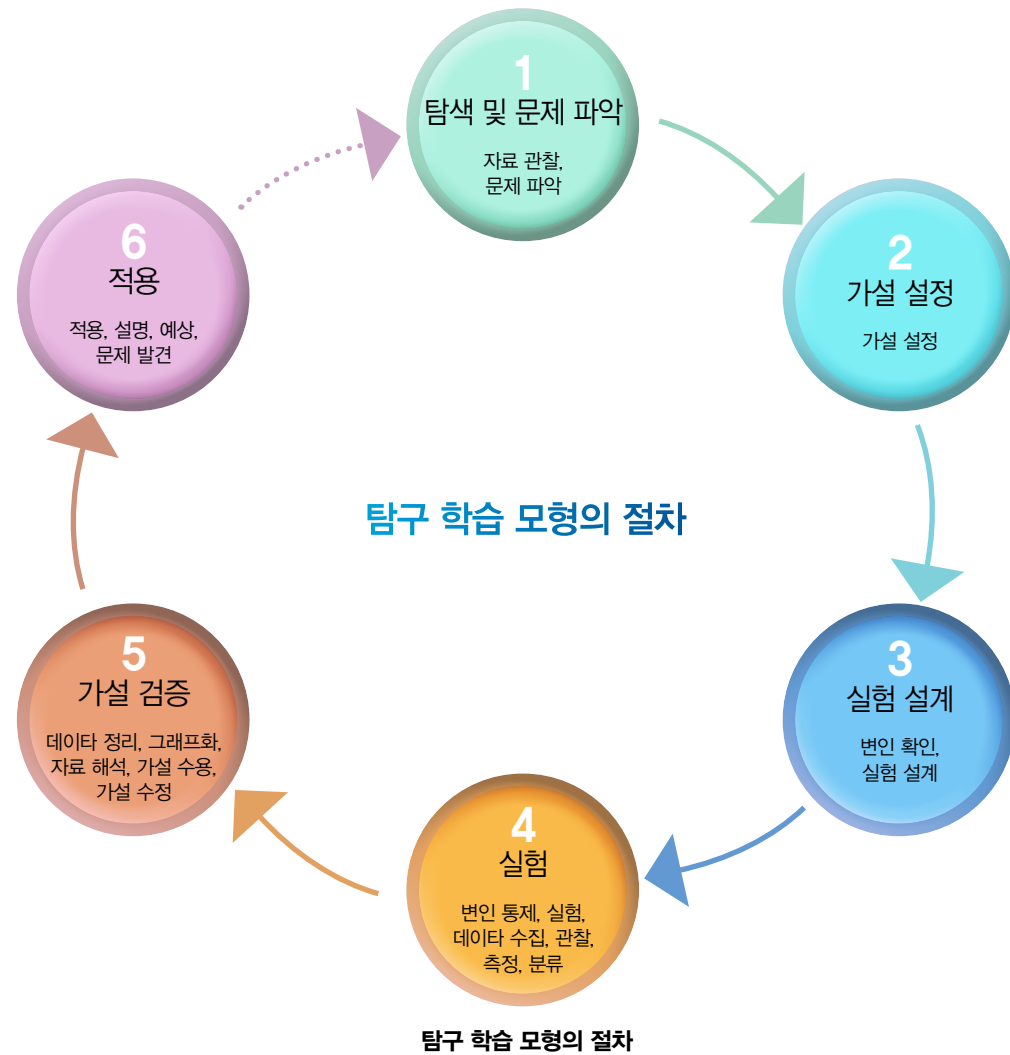
- ▷ 우리 주변에서 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨렸을 때 색깔이 변하는 용액을 찾아봅시다.
 - 비눗물, 락스, 세제가 있습니다.
- ▷ 산성 용액과 염기성 용액의 의미에 대해서 알아보까요?
 - 붉은색 리트머스 시험지를 푸르게 만들거나, 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨렸을 때 붉은색으로 변하는 용액을 염기성 용액이라고 합니다.
 - 푸른색 리트머스 시험지를 붉게 변하게 하는 용액을 산성 용액이라고 합니다.
- ▷ 용액을 산성 용액과 염기성 용액으로 분류하여 봅시다.
 - 산성 용액: 식초, 사이다, 묽은 염산
 - 염기성 용액: 유리 세정제, 묽은 수산화나트륨 용액

4. 탐구 학습 모형

과학자들은 관찰한 사실을 자신이 가지고 있는 기존 지식으로 이해하고 해석하며 설명하고자 한다. 그러나 이러한 일이 항상 원활하게 잘 진행되는 것은 아니다. 자신이 현재 가지고 있는 지식으로 설명이 안 되는 현상이 발견되거나 예상될 때에는, 새로운 설명 체계를 가정해야 한다. 이러한 설명은 기존 지식을 수정하거나 보다 분화시키는 등, 세련된 지식을 필요로 하게 된다. 이 과정에서 과학자들은 모순된 현실을 설명하고 해결할 수 있는 가설을 설정하게 되는데, 결국 가설은 검증되어야 할 잠정적 해결책이 되는 것이다.

탐구 학습 모형은 대부분의 과학자들의 실제 연구 과정을 모형화한 것으로서 학생들이 과학 하는 것(doin science)을 실천하도록 안내하는 수업 모형이라고 볼 수 있다. 따라서 이 모형에 따른 수업에서는 과학의 전반적인 본성을 체득할 수 있고, 이를 위해서 학생들은 반드시 실험 과정에 직접 참여해야 한다.

발견 학습 모형에서는 자료가 먼저 제시되고 이를 탐색하도록 안내하는 데 반하여, 탐구 학습 모형은 문제를 인식하고 문제 해결을 위한 가설을 설정하는 일이 먼저 온다. 모든 절차는 가능한 과학자의 실제 과학 연구를 수행하는 과정을 따라 진행되며, 이를 통해 학생들은 그들의 수준에서 보다 세련된 지식을 획득하게 된다. 탐구 학습 모형은 기초 탐구 과정만이 아니라 인지적 부담이 큰 통합 탐구 과정을 경험해야 한다. 따라서 형식적 조작 단계의 학생들에게 적합한 모형이라고 볼 수 있으며 단계는 다음과 같다.



(1) 탐구 학습 모형의 특성

탐구 학습 모형을 적용할 학생은 대체로 형식적 조작 논리를 할 수 있어야 한다. 그러나 피아제의 형식적 조작 단계의 적용이 연령에 엄격하게 제한을 받는 것이 아니라는 것은 여러 가지 연구 결과로 알려져 있다. 따라서 초등학교 학생들이 추상적인 대상을 논리적으로 조작할 수 없다고 단정지어서도 안 된다. 그리고 초등학교에서의 가설 검증 수업이 엄격한 탐구적 과정을 통한 지식의 검증을 이끄는 본래의 목적을 달성할 수 없을지라도, 과학하는 일을 연습해 봄으로써 과학의 본성을 이해하도록 한다는 점에서 의의가 있음을 인식할 필요가 있다. 탐구 학습 모형의 특성을 들어 보면 다음과 같다.

첫째, 이 모형은 과학의 전체적인 본성을 학습 과정을 통하여 체득하는 수업 모형이다. 대부분의 과학자들이 연구하는 것과 같은 과정을 거침으로써 과학의 과정과 그 결과물인 세련된 지식을 배울 수 있게 한다.

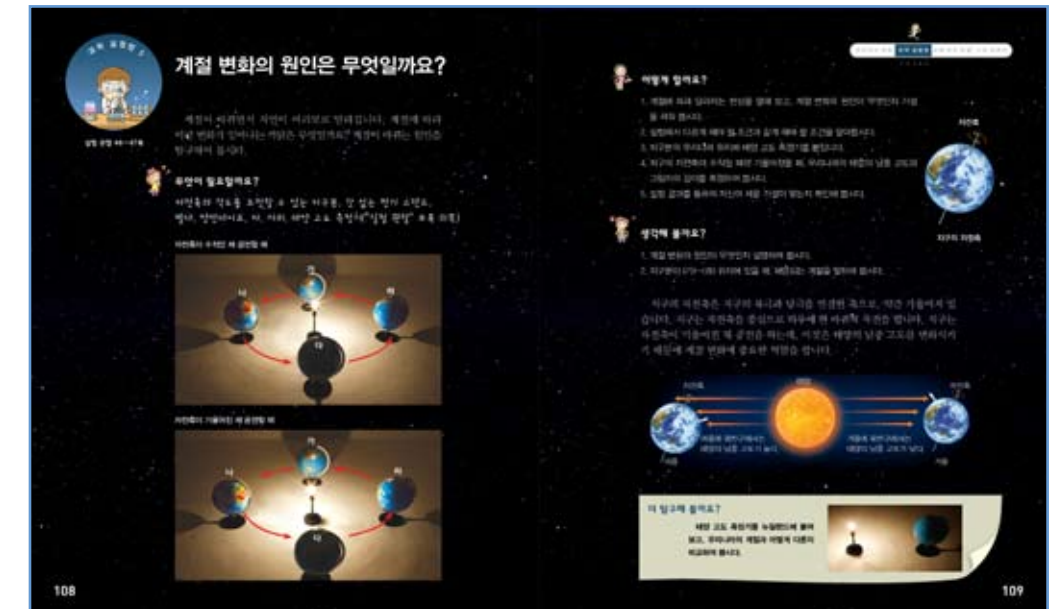
둘째, 이 모형의 시작은 문제 발견을 통하여 그 문제의 잠정적 해결인 가설을 세워야 하므로, 가설을 설정할 만한 기본적인 지식을 학생들이 가지고 있어야 한다. 따라서 학생들은 자신의 지식에 기초한 가설을 세우는 훈련이 필요하다. 이러한 훈련을 통하여 잘못 설정된 가설에 대해서는 그 부당성을 검토하게 함으로써 문제 인식을 분명히 할 수 있고, 가설의 올바른 특성을 탐구할 수 있는 계기로 안내할 수 있다.

셋째, 이 학습 모형의 과정은 가설의 검증 과정이므로 다른 모형에서의 실험에 비하여 보다 논리적이고 세밀해야 한다. 왜냐하면 실험 설계의 과정이 변인 통제와 관련되어 있기 때문에 신중을 기하지 않으면 검증을 위한 적절한 자료를 수집할 수 없고, 잘못된 결론을 내릴 가능성이 있기 때문이다.

넷째로, 변인 통제는 정확히 실시할수록 좋다. 실험에서의 변인들은 일반적으로 독립 변인, 종속 변

인, 통제 변인으로 구별된다. 여기서 변인을 통제한다는 것은 주로 통제 변인을 실험과 관련지어 일정하게 유지해야 한다는 것을 의미한다. 그러나 실험 결과에 영향을 미치는 원인으로서의 독립 변인과 실험의 결과로 나오는 자료로서의 종속 변인이 분명하게 드러나도록 실험을 수행하는 것도 넓은 의미에서 변인 통제 활동에 속한다.

(2) 탐구 학습 모형의 적용



탐구 학습 모형이 적용된 차시의 예

단원	6학년 1학기 [3. 계절의 변화]
차시	7/9 계절 변화의 원인은 무엇일까?
학습 목표	1. 자전축이 수직일 때와 기울어져 있을 때의 남중 고도를 측정할 수 있다. 2. 계절의 변화를 남중 고도의 변화와 관련지어 설명할 수 있다.
수업 모형 선정 이유	이 차시는 계절 변화의 원인을 학생들이 실험을 통해 탐구하는 데 목적이 있다. 학생들은 계절 변화의 원인이 무엇인지 가설을 세우고, 이 가설을 검증하기 위한 실험을 설계할 수 있다. 예를 들어 자전축의 기울어짐이 계절 변화의 원인 중에 하나라고 가설을 세웠다면 자전축이 수직일 때와 기울어졌을 때의 태양의 남중 고도를 측정해 볼 수 있다. 학생들이 계절 변화의 원인을 탐구하기 위한 다양한 가설과 실험 설계 과정을 통해 과학적 개념을 습득하므로 탐구 학습 모형이 적합하다.
수업 절차	1. 탐색 및 문제 파악 - 주어진 자료를 탐색하여 문제를 파악하는 단계이다. - 자연 현상이나 어떤 물체에 대한 의문점을 해결하려면 문제를 정확하게 파악하는 것이 매우 중요하다. - 문제 파악은 주어진 자료의 탐색으로부터 시작하며, 현재 학생들이 주어진 자료에 관련된 지식을 어느 정도 가지고 있는냐에 따라 문제 수준과 방향이 결정된다. - 자연스럽게 문제를 파악할 수 있도록 학생들의 사전 개념과 사전 학습 내용에 대한 정확한 파악이 필요하다.

- 문제 파악을 위한 자료 제시가 쉽지 않은 학습 과제의 경우에는, 교사가 문제를 직접 제기하거나 질문을 통해 문제를 인식할 수 있도록 한다.

◆ 계절 변화가 무엇을 말하는지, 계절에 따라 무엇이 달라지는지에 대한 접근이 충분히 되어야 한다. 질문을 통해 태양의 남중 고도가 변해야 계절이 변함을 알 수 있도록 한다. 계절 변화의 현상으로부터 계절 변화의 원인에 대하여 생각해 보도록 유도한다.

▷ 계절 변화에 따라 달라지는 것에는 무엇이 있습니까?

- 태양의 남중 고도, 그림자의 길이, 기온, 풍경이 있습니다.

▷ 태양의 남중 고도가 계절마다 달라지는 이유는 무엇 때문일까요?

- 지구가 공전하기 때문에, 지구의 자전축이 기울어져 있기 때문에, 태양이 움직이기 때문에, 지구와 태양 사이의 거리가 달라지기 때문입니다.

2. 가설 설정

- 제기된 문제에 대한 잠정적 해답인 가설을 설정하는 단계이다.
- 가설 설정은 문제를 해결하는 방안이 현실적으로 암시될 수 있는 해결 가능한 것이어야 한다. 현실적으로 해결 가능하다는 말은 현재 학생들이 보유한 지식 수준에 맞아야 함은 물론, 해결 과정에서 결정적 근거로 활용될 자료의 수집 과정이나 그 신뢰성이 교과 수준에서 보장되는 내용이어야 한다는 의미이다.
- 가설은 학생 개인의 차원보다는 조별로 토의 과정을 거쳐 형성해 보는 것이 타당한 가설을 찾는 데에 도움이 될 수 있다.

◆ 계절 변화의 원인에 대한 가설로 자전축의 기울기 이외의 다양한 것이 있을 수 있다. 여러 가설을 수용하여 실험 설계를 해 보고, 결과에 따라 가설을 수정하여 지구본의 자전축과 관련하여 세우도록 유도한다.

▷ 계절의 변화가 생기는 이유에 대해 가설을 세워 봅시다.

- 계절 변화는 지구가 기울어진 채 공전하기 때문에 일어날 것이다.
- 지구와 태양 사이의 거리가 가까워지기 때문일 것이다.

3. 실험 설계

- 설정된 가설을 검증할 수 있는 구체적인 실험 과정을 결정하는 단계이다.
- 실험 과정은 검증 과정에 관여하는 다양한 변인들을 확인하고, 통제할 변인과 종속된 변인을 구별하며, 통제 변인의 통제 방법도 고려해야 한다. 또한, 실험 기구의 적절성과 실험의 구체적인 절차의 논리성을 충분히 토의하여 결정해야 한다.
- 실험 과정이 교사나 어떤 우수한 학생이 제시한 방법으로 논의 없이 진행된다면, 모양만 실험이고 인지적으로는 비탐구적인 요리책 활동이 될 위험이 있으므로 학생들은 실험 설계 과정에 적극적으로 참여하고 자신의 생각을 자율적인 토의를 통해 제시해야 한다.
- 교사는 실험 과정이 탐구적으로 이루어지도록 학생들의 창의적 실험 고안과 그들의 능력이 충분히 발휘될 수 있도록 안내해야 한다.

◆ 학생이 세운 가설을 검증하기 위한 변인 통제를 한다. 현재 교과서에 제시된 실험 설계는 지구본의 자전축의 기울기에 따른 가설을 검증하기 위한 설계이다.

▷ 가설을 탐구하기 위해 어떻게 실험을 설계해야 할까요?

- 자전축을 수직으로 한 후 공전시키며 태양의 남중 고도를 측정한다.
- 자전축을 기울인 채 공전시키며 태양의 남중 고도를 측정한다.

▷ 변인 통제를 해 봅시다.

4. 실험

- 다르게 해야 할 것: 지구본 자전축의 기울기
- 같게 해야 할 것: 측정 지점(우리나라), 태양과의 거리

- 구안한 실험 절차에 따라 실제적인 활동이 이루어지는 단계이다.
- 구체적으로 왜, 그리고 어떻게 실험이 이루어져야 하는지 학생들이 생각하도록 해야 하며, 단순한 기능으로서의 실험이 되어서는 안 된다.

◆ 실험에서 태양의 남중 고도의 변화 관찰에 초점을 맞추도록 하며, 태양의 남중 고도 변화를 계절 변화와 관련지어 실험 결과를 도출하도록 한다.

▷ 자전축의 기울기를 달리하여 태양의 남중 고도와 그림자의 길이를 측정해 봅시다.

5. 가설 검증

- 실험 단계에서 얻은 자료를 해석하여 문제 해결을 위해 세운 가설이 성립할 수 있는가를 결정하는 단계이다. 여기에서는 자료의 해석 능력이 필요하며, 학생의 창의성과 논리성 및 비판적 사고 등이 복합적으로 활용된다.
- 자료 해석에서 탐구자는 나름대로의 기호나 논리적 체계를 사용하게 된다. 그래프를 이용하여 자료의 특성을 규명한다든지, 실험에서 얻은 자료의 특성을 수식화한다든지 등 자료에 조작적인 방법을 가하여 그 가치를 논리적으로 표현해 줄 수 있어야 한다. 이때, 과학에서 수학 활용이나 과학적 모델의 창의적인 활용 등이 탐구 능력으로서 발휘될 수 있도록 안내해야 한다.
- 자료 해석을 통하여 나타난 실험 결과가 가설에 맞으면 가설은 수용되지만, 맞지 않을 경우는 가설을 수정하거나 새로운 가설을 설정하여 실험 설계 단계에서부터 다시 검증해야 한다.

◆ 구체적인 실험 결과를 통해 가설을 검증하도록 한다.

▷ 실험 결과와 내가 세운 가설을 비교하여 봅시다.

- 자전축이 수직일 때는 태양의 남중 고도와 그림자의 길이에 변화가 없었다. 자전축이 기울어져 있을 때는 지구의 각 위치에 따라 남중 고도와 그림자의 변화가 있었다. 이 결과를 통해 지구의 자전축이 기울어져 공전하면 태양의 고도가 변할 것이라는 가설은 맞다.

6. 적용

- 위에서 검증된 가설을 실제로 새로운 상황에 적용하고 설명하여 보면서 응용하는 단계이다.
- 적용 단계를 통해 검증된 지식의 유용성을 확인하고, 그 지식을 토대로 새로운 문제점을 발견할 수 있는 기회를 제공한다.
- 이러한 문제점은 다시 새로운 가설을 설정할 수 있는 조건을 제공하기 때문에 새로운 검증을 시도할 수 있어서 위에서 실시한 검증 과정을 반복할 수 있게 만든다.

◆ 실험 결과를 통해 계절 변화의 원인을 일반화하고, 지구본의 각 위치에서의 계절을 태양의 남중 고도 변화로 설명하도록 한다. 또, 우리나라가 아닌 북반구의 계절은 어떤 차이가 있는지 적용해 보도록 한다.

▷ 계절 변화의 원인을 말하여 봅시다.

- 지구의 자전축이 기울어진 채 태양 주위를 공전하기 때문입니다.

▷ 지구의 각 위치에서 우리나라의 계절을 말하여 봅시다.

- 태양의 남중 고도가 가장 높은 (나)의 위치에서 우리나라는 여름이고, 가장 낮은 (라)의 위치에서는 겨울입니다.

▷ 남반구에 있는 뉴질랜드의 계절은 우리나라와 어떻게 다를까요?

- 남반구에 태양 고도 측정기를 이용하여 남중 고도를 측정해 보니, 북반구와 서로 반대였습니다.

5. 순환 학습 모형

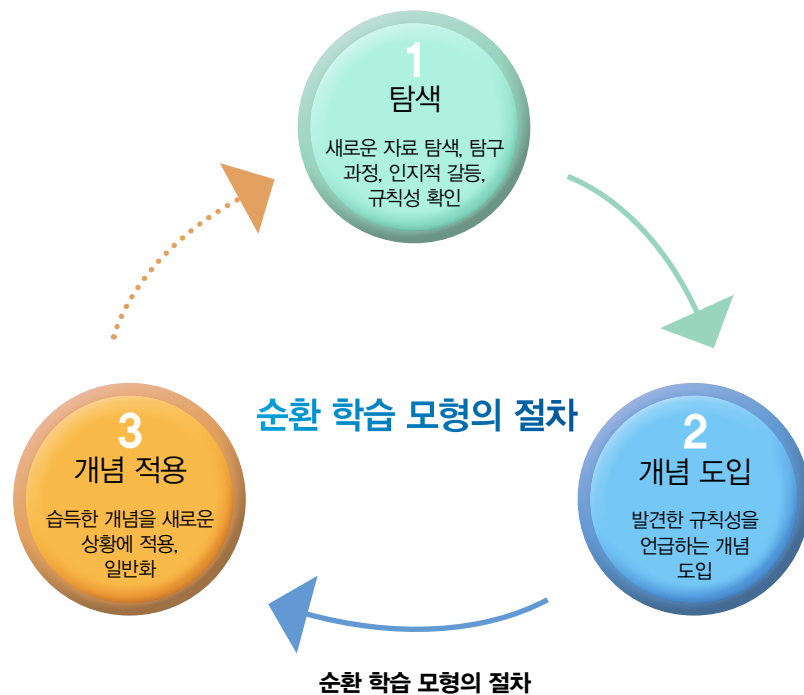
순환 학습 모형의 역사적 기원은 1950년대 초반에 듀이의 반성적 사고 과정을 바탕으로 헤스 등이 제시한 고전적 순환 학습 모형에서 찾을 수 있다. 카플러스(1964)가 주도한 과학 교육과정개선연구(SCIC)에서는 구성주의 및 피아제의 지능 발달 이론이 시사한 개념 변화 모형을 통합하여 초등학교 과학 프로그램의 교수·학습 과정을 개발하였다. 카플러스는 특별히 피아제가 제시한 지능 발달 이론의 동화·조절·평형화(Hassard, 2005) 또는 동화·조절·조직화(Abraham, 1992)의 세 과정에 대응하는 탐색(exploration)·창안(invention)·발견(discovery)으로 이루어진 순환 학습(learning cycle) 모형을 개발하였다. 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.

로손 등(1989)은 오개념 연구 결과를 검토, 수용하여 순환 학습의 적절한 사용은 선개념의 표출과 이에 대한 토론 및 논쟁 개화를 제공하며 이는 인지적 비평형을 유발시켜 더 적절한 개념과 사고 패턴을 발달시킨다고 보았다. 로손은 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 보편적이고 말하는 SCIS의 순환 학습 모형이, 선행 지식의 분화·발달에는 POE나 PEOE 모형이, 학생들의 오개념을 과학적 개념으로 바꾸어 주는 데에는 4E, 5E, 7E 모형이 비교적 효과적이다.

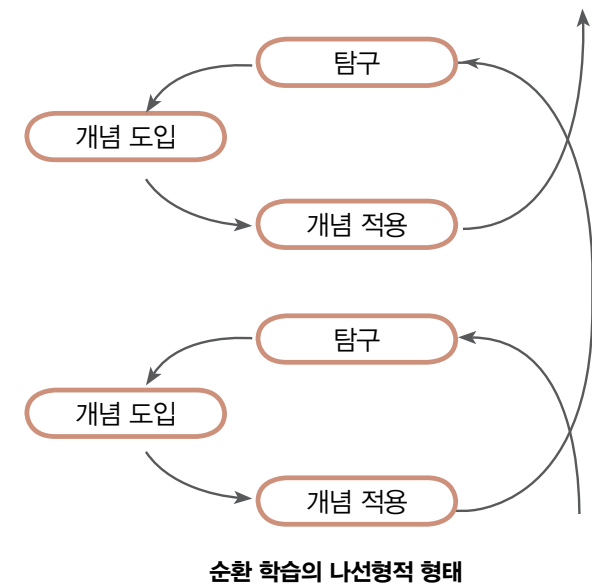
SCIS의 순환 학습 모형을 구성하는 주요 단계와 특징을 도식적으로 나타내면 다음과 같다.

표 V-7



각 단계에서 이루어지는 활동들은 연속적으로 유의미하게 이어지며 나선형적 형태를 띠는 순환 학습 모형은 1시간 수업 내에 이 순서로 전개되어야 한다는 것은 아니다. 첫 단계가 수 시간 계속되고 두 번째 단계가 20~30분 안에 끝날 수 있으며, 세 번째 단계는 시간 제한이 없을 수도 있다.

표 V-8



(1) 순환 학습 모형의 특성

이 모형은 탐색, 개념 도입, 개념 적용의 순환적인 학습의 세 단계로 이루어진 학습 주기를 이용한다. 탐색 단계에서는 학생들이 탐색을 통해 규칙성을 발견할 수 있는 기회를 제공한다. 개념 도입 단계에서는 교사가 규칙성을 나타내는 개념을 소개하고, 학생은 그 개념을 규칙성에 연결함으로써 실질적으로 개념을 획득하도록 한다. 개념 적용 단계에서는 학생이 새로운 상황에서 그 개념을 적용할 수 있는 사례와 적용할 수 없는 사례를 찾도록 하여 습득한 개념을 다듬게 한다.

일반적으로 순환 학습은 탐색 → 개념 도입 → 개념 적용의 단계로 주기적으로 반복된다. 탐색 활동은 종종 기존 개념의 적용을 요구하며, 또한 새로운 개념을 도입할 필요를 만들기 때문이다. 개념 도입 활동도 종종 새로운 개념의 적용을 학생들 스스로 발견하도록 하는 기회를 제공하여 해결될 문제를 탐색하도록 할 수 있다. 그리고 개념 적용 활동은 앞에서 도입한 개념을 사용할 기회를 제공하고, 학생들에게 새로운 규칙성을 탐색하도록 할 수 있다. 이와 같은 의미에서 각 단계는 지속적으로 순환되는 형태를 보인다.

(2) 순환 학습 모형의 적용



순환 학습 모형이 적용된 차시의 예

단원	5학년 2학기 [2. 용해와 용액]
차시	2/10 용해와 용액이란 무엇일까요?
학습 목표	1. 물에 여러 가지 가루를 넣었을 때 나타난 변화에 대해 관찰할 수 있다. 2. 용해와 용액의 개념을 이해하고 설명할 수 있다.
수업 모형 선정 이유	이 차시는 단원의 제목이기도 한 용해와 용액이라는 개념을 처음 도입하고 있다. 따라서 학생이 여러 가지 가루 물질을 녹여 보는 다양한 탐색 활동을 통해서 과학적 개념을 도입하고, 이것을 다른 상황에 적용해 보는 활동으로 구성되어 있다. 이런 탐색과 개념 도입, 적용의 과정은 순환 학습 모형이 적합하다.

수업 절차

1. 탐색

- 학생들에게 직접적인 경험을 충분히 주는 단계이다. 학생들은 교사의 안내를 최소한으로 받으면서 자유롭게 제시된 학습 자료를 탐색한다.
- 탐색 단계에서 학생들이 인지적 갈등에 빠지도록 하는 것이 중요하다. 인지적 갈등이 생기면 학생들은 그 문제를 해결하고자 하는 내적인 욕구를 가지게 되기 때문이다.
- 탐색 단계에서 제시되는 학습 자료는 학생들에게 너무 익숙하거나 또는 지나치게 생소한 것이어서는 안 된다.
- 탐색 활동을 통해서 나름대로 관찰하고 발견한 것을 자신의 언어로 기술하고 표현하는 과정을 거쳐야 한다. 그러나 이 단계에서는 그 경험을 분석하거나 이해하는 데 교사가 학생들에게 어떠한 도움도 주지 않는다. 단지 원 자료(raw data)나 그 자료로부터 얻어지는 직관이 이 단계의 주요 목적이다.

◆ 개념 도입에 앞서 관련 탐구 활동으로 액체에 여러 가지 가루 물질을 넣어보는 현상을 관찰하게 된다. 그 결과를 바탕으로 잘 녹는 물질과 잘 녹지 않는 물질에 대한 탐색 활동을 하도록 한다.

- ▷ 물에 여러 가지 가루를 넣는 예를 발표하여 봅시다.
- ▷ 설탕, 시트르산, 탄산칼슘, 나프탈렌 등을 물과 아세톤에 넣으면 어떻게 될지 예상하여 봅시다.
- ▷ 작은 유리병에 물을 담고 네 가지 가루를 넣어 녹인 후 관찰한 결과를 발표하여 봅시다.
- ▷ 물과 아세톤에 잘 녹는 가루 물질은 어떤 것인가요?
- ▷ 물과 아세톤에 잘 녹지 않는 가루 물질은 어떤 것인가요?

2. 개념 도입

- 개념 도입 단계는 학생들이 경험한 일들을 설명하거나 기술하기 위한 과학적 개념을 도입하는 단계이다. 과학적 개념은 원래 과학자가 오랜 연구와 토의를 거쳐서 발명한 것이기 때문에 학생이 이를 발명하거나 이름을 붙이기는 어렵다.
- 학생들이 사용하고 표현한 언어나 명칭을 발표하게 하고, 이를 과학 개념과 연결시켜 준다. 또한, 학생들의 표현과 과학 개념 사이의 공통점과 차이점도 명확하게 해 준다.
- 개념은 간단한 말에 의한 정의로서, 도입하는 것이 아니라 분류나 계열화라는 조작을 통해 구성되고 이해되어야 한다. 이런 의미에서 학생들은 자신이 행한 논리 조작을 통해 과학 개념을 '발명'한 것이다.
- 이 단계에서 도입된 과학 개념을 통해서 학생들은 인지적 갈등이나 비평형 상태에서 벗어날 수 있도록 지도해야 한다.

3. 개념 적용

◆ 앞선 탐구 활동을 바탕으로 용해, 용액, 용질, 용매의 개념을 도입한다.

- ▷ 실험에서 물에 설탕이나 시트르산이 잘 녹았습니다. 이때, 물, 설탕, 시트르산이 서로 구별이 되는지 이야기하여 봅시다.
- ▷ 이와 같이 물과 같은 액체와 가루 물질이 골고루 섞이는 현상을 우리 생활에서는 '녹는다'라는 표현을 사용합니다. 그러면 과학자들이나 과학 공부를 할 때에는 어떤 용어를 사용하는지 살펴봅시다.
- ▷ 용해, 용액, 용질, 용매라는 용어가 무엇을 뜻하는지 실험 결과와 관련지어 설명하여 봅시다.
 - 용해: 어떤 두 물질이 골고루 섞이는 현상
(설탕이 물과 골고루 섞여서 설탕물이 되는 것)
 - 용액: 어떤 두 물질이 골고루 섞여 있는 것(설탕물)
 - 용질: 용액 속에 녹아 있는 물질(설탕물 속의 설탕)
 - 용매: 어떤 물질을 녹이는 물질(물)
- ▷ 실험 결과를 용해, 용액, 용질, 용매라는 용어를 사용하여 말해 봅시다.

- 도입된 개념을 사용하여 새로운 상황이나 현상을 이해하고 설명하는 단계이다.
- 학습 활동을 통하여 그 개념의 유효성을 느끼고 심화시킬 수 있다.
- 학생들에게 도입된 개념을 심화시키고, 활용할 수 있는 추가적인 기회를 준다.

◆ 탐구 활동을 바탕으로 도입된 개념을 적용하여 일상생활에서 용해 현상을 이용하는 예를 생각하여 보게 한다.

- ▷ 우리 생활에서 용해 현상을 이용하는 예를 찾아봅시다.
 - 소금을 물에 녹여서 음식의 간을 맞춥니다.
 - 주스 가루를 물에 녹여 주스를 만들어 마십니다.

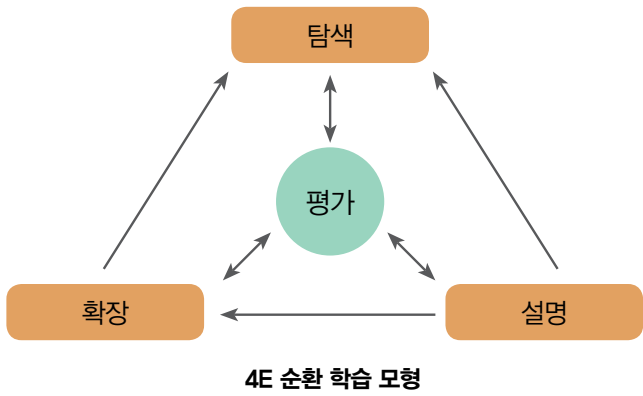
(3) 순환 학습의 변형 · 확장 형태

순환 학습은 과학 교수 · 학습 현장에서의 효과를 검증하는 과정에서 4E 모형, 5E 모형, 7E 모형, POE 모형, PEOE 모형 등 다양한 형태로 변형되고 확장되었다.

(가) 4E, 5E, 7E 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(Martin et al., 2004). 4E 모형은 SCIS(Karplus, 1977)에서 처음으로 개발된 '탐색 → 창안 → 발견'의 3단계 모형을 기본으로 하며 평가 단계를 추가한 것이다.

표 V-9



5E 모형은 ‘탐색 → 개념 도입 → 개념 적용’ 모형을 기본으로 하여 ‘참여(engagement) → 탐색(exploration) → 설명 (explanation) → 정교화(elaboration) → 평가(evaluation)’ 라는 5단계 모형으로 개선한 것이다. BSCS(1989)에서는 구성주의 학습 이론과 원리에 따라 탐색 단계를 참여와 탐색으로 나누고, 개념 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.

인간이 학습하는 방식에 관한 연구와 그 연구 결과를 수업 계획과 교육과정 개발에 적용하는 과정에서 5E 순환 학습 모형은 7E 모형으로 확장되었다(Eisenkraft, 2003). 7E 모형은 5E 모형의 참여 단계를 ‘사전 개념 활성화(elicit)’와 ‘참여(engage)’ 단계로 확장시키고, 정교화·평가 두 단계를 ‘정교화(elaborate)’, ‘평가(evaluate)’, ‘확장(extend)’ 단계로 세분화하였다. 5E 모형에서 7E 모형으로 변화된 내용을 도식적으로 나타내면 다음과 같다.



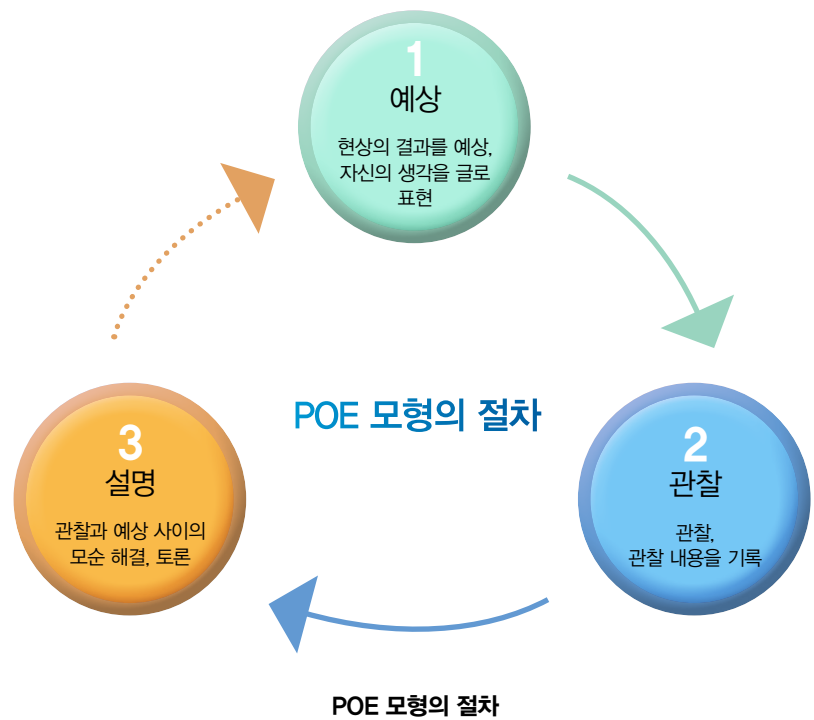
5E 모형과 7E 모형의 비교

(나) POE 와 PEOE 모형

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

POE는 White와 Gunstone(1992)에 의해 제안된 방법으로, 관찰할 현상의 결과를 예상하고 정당화하는 ‘예상(prediction)’, 실제로 관찰한 사실이나 실험을 통해 얻은 결과를 서술하는 ‘관찰(observation)’, 예상과 관찰 사이의 불일치를 해결하는 ‘설명(explanation)’ 3단계로 구성된다. 이 세 단계가 순환적 과정이라는 측면에서 POE는 순환 학습의 변형이라고 할 수 있다. POE를 사용하면 학생들이 수업 전에 가지고 있는 생각이나 이해 정도를 직접 확인할 수 있으므로, 수업을 학생들의 수준에 맞도록 진행할 수 있는 장점이 있다. 또한, 예상과 관찰 사이의 불일치를 해결하는 설명 단계에서 학생들의 활발한 토의를 적절히 활용하면 학생들에게 과학 개념을 효과적으로 이해시킬 수 있다.

표 V-11

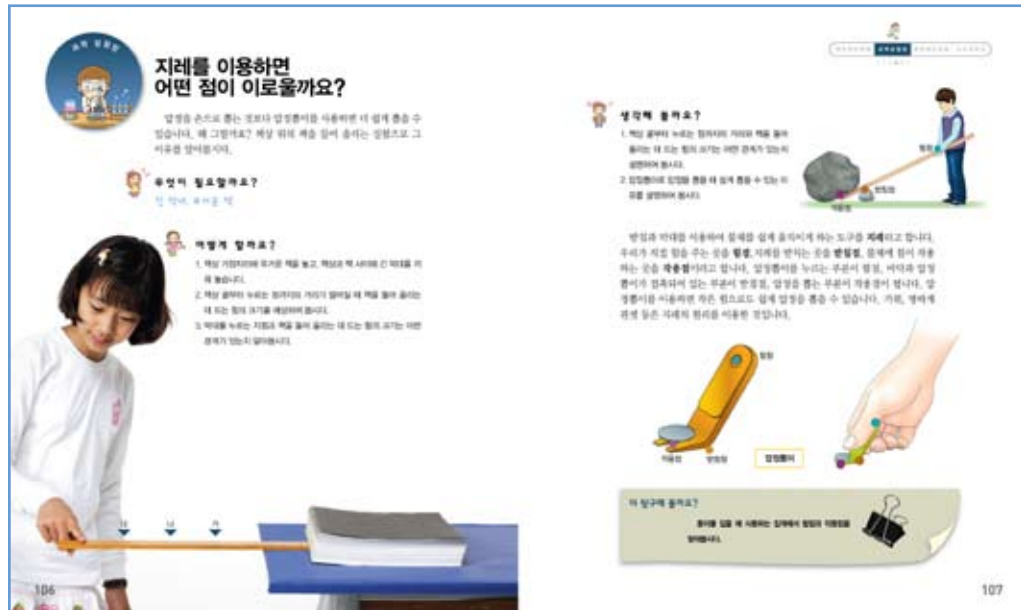


과학 수업에서 POE를 활용하면 학생들의 이해 정도를 알 수 있고, POE의 결과를 토대로 내용 제시 및 계열화에 활용할 수 있는 장점이 있다. 또한, POE를 시범 실험과 연계하여 활용하면 학생들의 수업 전 개념을 분명하게 확인할 수 있고, 예상할 때 경험하는 정교한 추론의 과정이 학습에 동기를 부여하는 역할을 하며, 갈등 해결 과정에서의 진정한 토의를 통해 올바른 개념을 효과적으로 이해할 수 있다. 그리고 생활에서 쉽게 접할 수 있는 상황들을 이미 알고 있는 지식으로 설명할 수도 있다.

PEOE 모형은 관찰이 이루어지기 전의 초기 설명(initial explanation)의 중요성을 강조하기 위하여 설명 단계를 구체화하였다(Ebenezer & Haggerty, 1999). PEOE(prediction → Explanation → Observation → Explanation) 모형에 따른 과학 교수·학습에서는 교사가 학습할 내용과 관련된 대상이나 현상을 학생들에게 간단히 소개하면, 학생들은 일어날 현상이나 사건을 예상하고 그 이유를 설명한다. 그리고 그 현상이나 사건을 실제로 관찰하고 그렇게 일어난 것에 대해 설명하며, 다른 예를 제시하는 활동을 한다. 이처럼, PEOE 모형에 따른 교수·학습에서는 POE 모형에 따른 교수·학습보다 학생들의 설명을 더 강조한다.

(다) POE 모형의 적용

단원	6학년 2학기 [3. 에너지와 도구]
차시	5/9 지레를 이용하면 어떤 점이 이로우까요?
학습 목표	1. 지레를 사용한 실험을 통해 지레의 이로운 점을 설명할 수 있다. 2. 지레의 원리를 이용한 도구를 찾고, 지레의 원리를 설명할 수 있다.
수업 모형 선정 이유	본 차시는 지레의 원리에 대해서 학습하는 것이 목표이다. 지레의 원리에 대해 탐구할 기회를 주기 위해 예상-관찰을 통해 현상을 근거를 들어 설명할 수 있는 POE 모형을 적용하였다.



POE 모형이 적용된 차시의 예

수업 절차

1. 예상

- 학생들이 현상의 결과를 예상하고 자신의 예상을 정당화시킬 수 있는 이유를 제시하는 단계이다.
- 예상하기 위해서는 학생들이 상황의 성격을 정확히 이해해야 하므로, 주어진 상황을 이해하는데 필요한 질문을 충분히 하도록 한다.
- 학생이 자신의 생각을 글로 써 봄으로써 학생들의 사고가 더 정교해지기 때문에, 예상이나 그 근거는 가능한 한 글로 표현하도록 하는 것이 좋다.

◆ 책을 들어올리기 위해 막대를 눌렀을 때, 누르는 위치에 따라 필요한 힘의 크기가 어떻게 달라질지 예상하여 보게 한다.

- ▷ 누름 못을 사용하면 누름 못이 쉽게 빠지는 이유는 무엇일까요? 책상 위의 책을 들어올리는 실험을 통해 그 이유를 알아봅시다. 책상 가장자리에 무거운 책을 놓고, 책 밑에 긴 막대를 놓아 봅시다.
- ▷ 긴 막대를 누르는 점까지의 거리에 따라 책을 들어올리는 데 필요한 힘의 크기가 어떻게 달라질지 예상하여 봅시다.
- 책상에서 먼 쪽을 누를수록 힘이 적게 들 것입니다.
- ▷ 왜 그렇게 생각하는지 이야기하여 봅시다.

2. 관찰

- 학생들이 각자 관찰한 결과를 적는 단계이다.
- 학생이 가지고 있는 기존 생각과 모순되는 현상을 관찰할 경우에도 관찰한 사실을 그대로 적게 한다.
- 관찰 내용을 학생들이 각자 적도록 하고 발표하여 관찰한 현상에 대한 학생들의 다양한 반응을 명확히 한다.

◆ 학생이 한 예상이 옳은지를 확인하기 위한 실험을 수행하고 관찰하도록 한다.

- ▷ 막대의 여러 지점을 손으로 직접 누르면서, 책을 움직여 봅시다.

3. 설명

- ▷ 막대의 어느 지점을 눌렀을 때, 책을 들어올리는 데 필요한 힘이 어떻게 달라지는지 관찰하여 봅시다.
- 막대의 책상에서 먼 지점을 누르면 작은 힘으로도 책이 쉽게 움직입니다.

- 관찰한 것과 예상한 것 사이의 모순을 해결하는 단계이다.
- 교사는 학생들의 의미를 정확히 파악해야 하며, 다양한 질문을 통하여 학생들이 자신의 생각을 분명히 할 수 있도록 유도한다.
- 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(노태희 등, 1997).

◆ 학생이 자신의 예상과 실험 결과를 바탕으로 지레에 대해 설명하도록 한다.

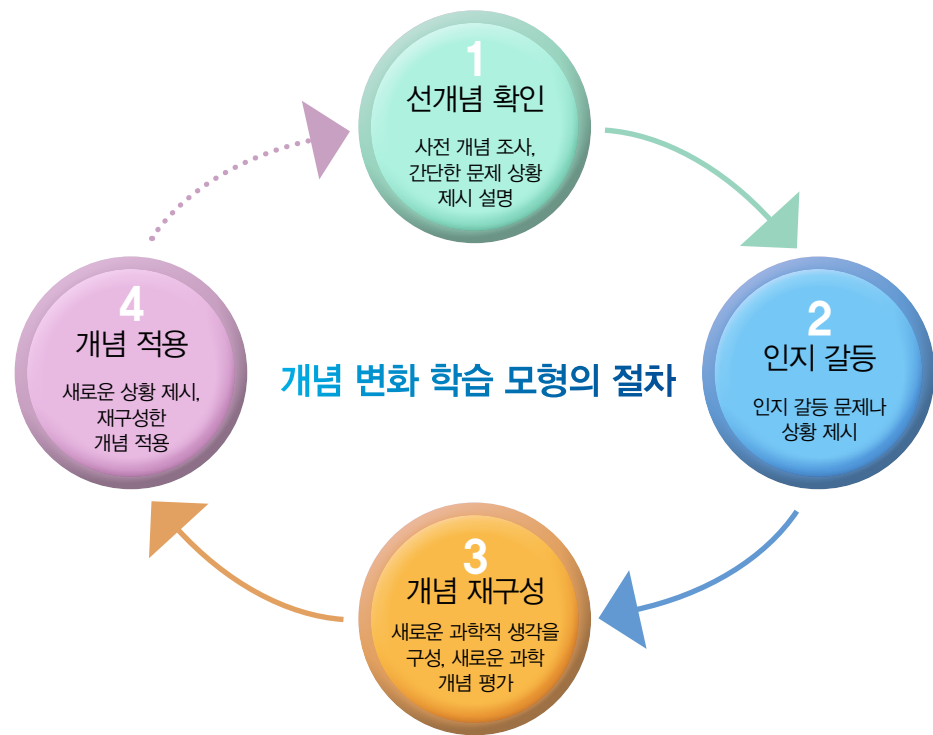
- ▷ 막대를 누르는 위치와 책을 움직이기 위해 필요한 힘의 크기 사이에는 어떤 관계가 있는지 말하여 봅시다.
- 막대를 받치는 곳과 막대를 누르는 곳 사이의 거리가 멀수록 책을 들기 위해 필요한 힘은 적게 듭니다.
- ▷ 지레의 원리를 설명하여 봅시다.
- 지레를 이용하면, 무거운 물체도 쉽게 들어올릴 수 있습니다.
- ▷ 누름 못 뽑이를 지레의 원리로 설명하여 봅시다.
- 누름 못 뽑이에서 손으로 누르는 점이 힘점이 되고, 누름 못과 닿는 부분이 작용점, 누름 못 뽑이가 구부러지는 부분이 받침점이 됩니다. 누름 못 뽑이에서 힘점과 받침점 사이의 거리가 길어서 누름 못을 작은 힘으로도 뽑을 수 있습니다.

6. 개념 변화 학습 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 오인(misconceptions)을 가지고 있으며, 이러한 오인은 과학 학습에 심각한 장애 요인이라는 사실이다.

학생의 오인은 쉽게 과학 개념으로 대체되거나 변화되지 않으므로 이를 위하여, 특별히 고안된 수업 모형이 개념 변화 학습 모형이다. 학생들의 생각을 바꾸기 위해서는 다음과 같은 특정 조건이 만족되어야 한다(Posner et al, 1982). 첫째, 자신의 생각에 불만을 가진다(dissatisfaction). 둘째, 새로운 개념을 이해할 수 있다(intelligent). 셋째, 새로운 개념이 옳은 것 같다(plausible). 넷째, 새로운 개념이 활용 가능성이 많다(fruitful). 이상의 네 가지 조건이 개념 변화 학습 모형의 기초를 이루고 있다.

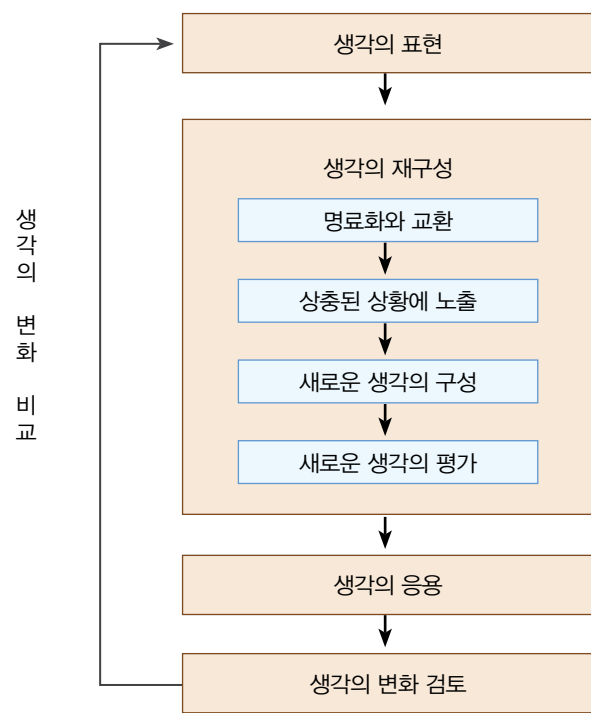
표 V-12



개념 변화 학습 모형의 절차

드라이버(1986)는 학생들의 대체적 개념들, 즉 오인을 피아제의 지능 발달 이론에서 말하는 논리적-수학적 특성이 아니라 개념적인 구조와 그 체계로 보며, 오슈벨이 말하는 선행 개념을 과학 지식이 아니라 일종의 오개념으로 보고, 그것을 대체적 개념틀로 부른다. 이러한 대체적 개념틀을 과학자의 지식으로 바꾸어 주기 위한 수업 모형을 아래와 같이 제시하였다. 이 모형은 학생들이 자신들의 생각을 표현하고, 재구성하며, 재구성한 생각의 타당성을 평가하며, 재구성된 생각을 응용하고 검토하는 단계로 이루어져 있다.

표 V-13



드라이버의 개념 변화 학습 모형

표 V-14

학생들이 가지고 있는 주요 오개념

영역	대표적인 오개념
운동과 에너지	- 에너지는 물질이다. - 종이와 같은 물질은 빛을 반사하지 않는다. - 열은 뜨거운 물체로부터 나온다.
물질	- 물질을 이루는 입자 사이에는 간격이 없다. - 설탕이 물에 녹아서 보이지 않는 것은 없어졌기 때문이다.
생명	- 식물은 뿌리를 통해서 먹이를 흡수한다. - 식물의 먹이는 공기, 물, 비료, 햇빛이다. - 곤충은 동물이 아니다.
지구와 우주	- 지구는 둥근 원판 모양이다. - 겨울에는 태양과 지구 사이의 거리가 멀고, 여름에는 거리가 가깝다.

개념 변화 학습 모형은 우선 학생들이 자신의 생각을 충분히 인식할 수 있도록 하기 위하여, 자신의 생각을 표현할 수 있는 기회를 초기에 제공하고, 인지적 갈등을 일으켜서 자신의 생각에 불만을 갖도록 한 다음, 학생들의 생각을 변화시킬 수 있도록 과학 개념을 이해 가능하고, 그럴듯하고, 활용 가능성이 많음을 보여 주도록 제시하는 과정을 포함하고 있다.

(2) 개념 변화 학습 모형의 적용

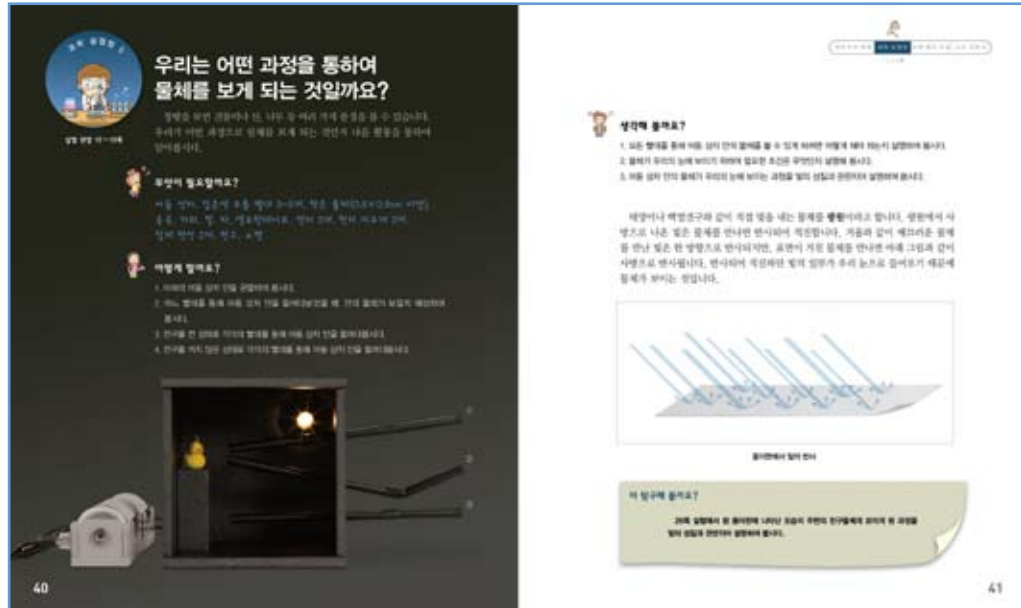
단원
차시
학습 목표
수업 모형 선정 이유

6학년 1학기 [1. 빛]

6/8 우리는 어떤 과정을 통하여 물체를 보게 되는 것일까요?

1. 물체가 보이는 과정을 빛의 진행과 관련지어 설명할 수 있다.

물체를 볼 수 있는 이유에 대해서 학생들은 눈에서 빛이 나와서 보인다고 생각하는 경우가 많고, 물체가 있는 곳이 밝아서 보인다는 것과 같은 많은 오개념을 가지고 있다. 학생들의 이런 오개념에 대해서 인지 갈등을 일으켜 개념을 변화시키는 것이 이 차시의 수업 목표이기 때문에 개념 변화 학습 모형이 효과적이다.



개념 변화 학습 모형이 적용된 차시의 예

수업 절차

1. 생각의 표현

- 학생들이 학습할 내용과 관련된 각자의 생각(오개념)을 표현하는 단계이다.

◆ 물체가 어떤 과정을 거쳐서 우리 눈에 보이게 되는지 자신의 생각을 발표하게 한다.

- ▷ 책상 위에 있는 지우개를 우리가 눈으로 볼 수 있는 이유는 무엇일까요?
- 우리 눈에서 빛이 나가서입니다, 교실이 환하기 때문입니다.
- ▷ 빛은 어떤 특성을 가지고 있는지 생각하여 봅시다.

2. 생각의 재구성

- 명료화와 교환: 학생들이 자신의 생각을 서로 발표하게 함으로써 다른 학생들의 생각에 비추어 자신들이 가지고 있는 생각의 의미를 명료화하도록 한다.
- 상충된 상황에 노출: 학생들의 생각과 상충되는 현상이나 사건을 제시한다. 이를 통해서 학생들은 자신의 생각이 부족하다는 것을 인식하고 불만을 갖게 된다. 이러한 과정은 자신의 생각을 바꾸려는 동기를 제공한다.
- 새로운 생각의 구성: 학생들 자신이 부족한 생각을 대체할 수 있도록 하며, 학생들이 스스로 구성하기 어려운 과학 개념은 교사가 제시한다. 학생들의 생각과 과학 개념을 비교할 때 어떤 장점이 있는지를 잘 드러나게 한다.
- 새로운 생각의 평가: 새로운 생각이 얼마나 타당한지 평가하는 단계로 새로운 생각을 평가한다. 학생들이 새로운 생각이 옳다는 것을 충분히 인식하도록 한다.

◆ 자신의 생각을 다른 학생들과 비교해 보고, 학생들이 가지고 있는 오개념에 혼란이나 갈등을 일으킬 수 있는 자료를 제시하여 물체가 어떤 과정을 통해 보이는지 생각을 다시 할 수 있도록 한다.

※ 명료화와 교환

▷ 다른 학생들의 생각과 자신의 생각을 서로 비교하여 보고, 여러 생각의 장단점을 이야기해 봅시다.

※ 상충된 상황에 노출. 오개념 1. [물체가 있는 곳이 밝으니까 보인다.]

- ▷ 곧은 빨대와 구부러진 빨대를 꽂은 검은 상자에 꼬마전구를 켜고 그 안에 있는 물체를 관찰하여 봅시다. 어떨 때 물체가 보입니까?
- 모든 빨대에서 보이는 것이 아니라 곧은 빨대에서만 물체가 보입니다.

※ 오개념 2. [우리의 눈에서 빛이 나가서 물체에 닿으니까 보인다.]

- ▷ 위의 상자 안에 있는 꼬마전구를 끄고 물체를 관찰하여 봅시다.
- 어떤 빨대에서도 물체가 보이지 않습니다.

※ 새로운 생각의 구성

- ▷ 지금까지 한 실험을 통해 변화된 생각이 있는지 발표하여 봅시다.

※ 새로운 생각의 평가

- ▷ 실험 결과를 통해 바뀐 생각을 토대로 물체가 보이는 과정을 설명하여 보고, 이것이 바른지 스스로 평가해 봅시다.

3. 생각의 응용

- 학생들에게 새로운 소재나 상황을 제시하여 재구성한 생각을 적용하게 한다.
- 새로운 생각이 얼마나 활용 가능성이 많은지를 인식하게 한다.

◆ 학생들이 새롭게 생각한 내용을 다른 상황에 응용하여 보도록 한다.

- ▷ 왜 어두운 곳보다 밝은 곳에서 물체를 잘 볼 수 있을까요?

4. 생각의 변화 검토

- 학생들의 생각이 어떻게, 어느 정도 변화되었는지를 검토한다.

◆ 처음에 학생들이 가졌던 생각과 나중에 변화된 생각을 비교하여 보게 한다.

- ▷ 우리가 물체를 보는 과정에 대해 처음 가졌던 생각과 지금 현재 내가 가지고 있는 생각을 비교하여 말해 봅시다.

VI

과학 학습의 평가

1. 과학 학습과 평가

과학 교수·학습 과정에서 이루어지는 학생 평가는 학생의 학습(learning)과 성취(achievement)를 평가하여 평가 정보를 학생, 교사, 학부모 등 관련 대상자들에게 제공함으로써 그들의 교육적 노력 및 의사 결정을 돕는 데 목적이 있다(McMillian, 2004). 따라서 학생들이 무엇을(what) 학습하였는가를 측정하는 평가보다는 어떻게(how) 학습하고 있으며, 어느 정도 향상(progress)되고 있는가를 알려주는 평가, 또한 교사의 과학 교수 활동의 적절성에 대해 구체적인 정보를 제공해 줄 수 있는 평가가 이루어져야 한다(남명호 등, 2000; Shavelson et al., 1991; Enger & Yager, 2001; Orpwood, 2001). 이러한 방향으로 평가가 이루어지기 위해서는 다음의 두 가지 측면에서 과학 학습 평가에 대한 교사와 학생, 학부모의 인식이 달라져야 한다.

첫째, 평가의 역할을 학습이 모두 끝난 후에 학생들의 성취나 수행 능력을 평가하는 것으로 한정하기 보다는 교수·학습 과정의 일부로 인식해야 한다. 이를 위해서 교사는 학습이 이루어지기 전에 학습 목표를 성공적으로 성취했을 때 나타나는 특성을 학생들에게 제시하고, 학습이 이루어지는 과정에서 무엇을 잘하고 있으며, 무엇이 부족한지에 대한 피드백을 수시로 제공해야 한다. 이러한 피드백은 학생으로 하여금 더 향상된 학습 결과를 성취하는 데 도움을 줄 것이다.

둘째, 실제적 상황에서 나타나는 문제 해결 능력과 비판적 사고 능력을 평가해야 한다. 이를 위해서 학생들에게 문제 해결을 위한 충분한 시간을 제공해야 하며 문제 해결 과정에서 나타나는 소집단 활동의 결과를 학생 평가에 중요하게 반영해야 한다.

2. 과학 학습 평가의 영역

교육과정에서 과학 교과는 국민의 기본적인 과학적 소양을 기르기 위하여 자연을 과학적으로 탐구하는 능력과 과학의 기본 개념을 습득하고 과학적인 태도를 기르기 위한 과목이다. 이러한 과학 교과의 성격은 과학의 평가 방향을 제시한다(김수동 등, 2005). 즉 과학 학습 평가에서는 과학 교과의 목표에서 제시한 과학의 기본 개념의 이해, 과학의 탐구 능력 및 과학적인 태도를 균형 있게 평가해야 한다(교육인적자원부, 2007). 따라서 과학 교과의 목표를 바탕으로 한 과학 학습의 평가 영역은 크게 개념, 탐구 능력, 태도, 태도로 나눌 수 있다.

표 VI-1



과학 학습 평가 영역

(1) 개념 평가

개념을 이해한다는 것은 교과서에 기술되어 있는 대로 표현법을 익히거나 관련된 문제를 반복하여 풀 다고 해서 얻어지는 것이 아니다. 학생이 어떤 개념을 이해하고 있다면 개념 이해에 필요한 여러 가지 접근을 시도하고 있어야 하며, 그것들을 통해 여러 방식으로 개념을 설명할 수 있어야 한다. 즉, 개념의 의미를 자신의 말로 서술할 수 있어야 하며, 그 개념이 가지는 특징을 열거할 수 있어야 한다. 또한, 개념에 해당하는 명칭을 사용하고, 개념에 포함되는 예시와 개념에 포함되지 않는 예시를 열거할 수 있어야 한다.

(가) 과학 개념의 평가 요소

개념 이해에 대한 평가는 개념의 이해 과정을 구성하고 있는 요소인 지식, 이해, 적용의 세 범주로 구분할 수 있다. 이 구분 방법은 블룸의 교육 목표 분류 체계를 응용하여 개발한 이원 목적 분류표로 나타낼 수 있다. 이를 표의 형태로 나타내면 <표Ⅵ-2>와 같다.

표Ⅵ-2

이원 목적 분류표

번호	문항 내용 (개념)	곤란도			행동 영역			관련 오개념
		상	중	하	지식	이해	적용	
1								
2								
3								
4								

(1) 지식(인식)

지식이란 한 교과 영역 속에 담겨져 있는 특정 요소를 인지하고 회상하거나 재인하는 것을 의미한다. 과학 교과의 영역으로 보면 사물 또는 현상 등에 대한 사실, 명칭, 속성, 원리, 법칙 등을 인지하고 기억하거나 유사한 상황에서 이를 확인하는 것이다.

(2) 이해

이해는 학교 교육에서 다루어지는 가장 기본적인 활동이다. 이해는 사물의 이치, 사건의 변화, 현상의 속성을 구성하는 각 요소로부터 사물, 사건, 현상의 전체 모습을 인지하여 학습 상황의 형태 그대로는 물론이고 학습 상황과는 다른 형태로 재생시키거나 변환시켜 정보를 전달할 수 있는 것을 의미한다.

(3) 적용

적용이란 학생이 이미 배운 정보나 지식 또는 어떤 사실에 대해 이해한 내용을 구체적인 장면에서 응용하는 능력이다. 즉, 사실·원리·이론·법칙 등의 지식을 구체적인 상황이나 사건에 활용할 수 있는 능력을 말한다.

(2) 탐구 능력 평가

과학적 탐구 능력은 새로운 자연 현상에서 문제를 발견하고 이를 해결해 나가는 능력이다. 따라서 탐구 능력 평가는 문제의 인식으로부터 그 문제를 해결하기 위한 일련의 과정, 즉 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 실험 수행, 자료 해석, 결론 도출 등의 과정에서 요구되는 능력을 평가하는 것이다.

(가) 탐구 능력의 평가 요소

탐구 능력의 평가는 기초 탐구 기능과 통합 탐구 기능의 두 범주로 구분할 수 있다. 기초 탐구 기능은 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통이 있으며 통합 탐구 기능은 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화가 있다. 각 탐구 기능의 평가 관점은 <표Ⅵ-3>과 같다.

표Ⅵ-3

탐구 능력 평가의 평가 관점

탐구 능력의 영역	세부 탐구 기능	평가 관점
기초 탐구 기능	관찰	• 학생들이 감각 기관과 관찰 도구를 이용하여 다양하고 객관적인 관찰을 하는가?
	분류	• 대상들의 공통점과 차이점을 바탕으로 과학적인 분류 기준을 정했는가? • 분류 기준에 따라 대상들을 같은 범주 또는 다른 범주로 무리지었는가?
	측정	• 측정하기에 적절한 측정 도구를 선택하였는가? • 측정 도구를 올바른 방법으로 사용하는가? • 반복 측정을 통하여 정확하게 측정하는가?
	예상	• 관찰, 측정 결과에서 규칙성을 찾아내는가? • 발견한 규칙성을 바탕으로 이 후의 관찰 사실을 판단하는가?
	추리	• 관찰 사실을 바탕으로 관찰 결과가 나타난 까닭을 논리적으로 설명하는가?
	의사소통	• 자신의 탐구 결과를 논리적으로 말하는가? • 친구들과 의견을 주고 받으면서 자신의 생각을 수정·보완하는가?
통합 탐구 기능	문제 인식	• 자신의 지식으로 설명할 수 없는 현상에 대해서 의문을 가지는가?
	가설 설정	• 의문에 대한 잠정적인 답을 제시할 수 있는가?
	변인 통제	• 공정한 실험을 설계하기 위해 변인들을 조작·통제하는가?
	자료 변환	• 탐구의 결과로 얻은 자료를 표나 그래프로 나타낼 수 있는가?
	자료 해석	• 표나 그래프를 보고 탐구 결과의 규칙성, 경향성을 찾아낼 수 있는가?
	결론 도출	• 자료 해석을 바탕으로 가설의 옳고 그름을 판단할 수 있는가?
	일반화	• 자신의 탐구 결론과 비슷한 결론을 가진 구체적인 사례나 검증된 사실로부터 포괄적인 의미를 이끌어낼 수 있는가?

(1) 기초 탐구 기능의 평가

각 기초 탐구 기능의 평가 관점은 아래와 같다.

- (가) 관찰은 모든 감각 기관이나 감각을 확장시키는 도구(현미경, 망원경 등)를 사용하여 사물과 현상에 대해 필요한 정보와 자료를 얻는 과정이다. 따라서 관찰 평가에서는 학생들이 자신의 감각 기관과 관찰 도구를 이용하여 다양하고 객관적인 관찰을 하고 있는가를 평가한다.
- (나) 분류는 분류 대상들을 관찰한 후 대상들이 지닌 공통점과 차이점을 바탕으로 분류 기준을 정했는가, 분류 기준에 따라 대상들을 같은 범주 또는 다른 범주로 구분하고 있는가를 평가한다.
- (다) 측정은 관찰을 정량화하는 활동이므로 측정 도구의 선택과 사용, 단위 선택, 측정 범위와 구간, 어림셈, 오차와 정확도, 반복 가능성 등을 고려하여 측정하고 있는가를 평가한다.
- (라) 예상은 관찰이나 측정 결과에 기초하여 규칙성을 파악하고 있는지, 이를 바탕으로 이후에 관찰될 사실을 미리 판단할 수 있는지를 평가한다.
- (마) 추리는 관찰 사실을 바탕으로 관찰 결과가 나타난 까닭에 대해 논리적으로 설명하고 있는지를 평가한다.
- (바) 의사소통은 자신이 탐구한 내용을 친구들과 주고 받으면서 자신의 생각을 수정·보완하여 보다 발전된 탐구를 수행하는지를 평가한다.

(2) 통합 탐구 기능의 평가

통합 탐구 기능의 평가는 대체로 문제 상황을 제시하고 이를 어떻게 해결해 가는지, 다양한 탐구의 증거를 이용하여 어떻게 결론 도출, 과학적 주장 혹은 일반화로 이어지는지를 평가한다. 각 통합 탐구 기능의 평가 관점은 아래와 같다.

- (가) 문제 인식은 자신의 지식으로 설명할 수 없는 현상을 관찰한 후, 이 현상에 대한 궁금증을 자신의 언어로 재구성하는 과정을 평가한다.
- (나) 가설 설정은 문제 인식에서 제기된 문제에 대한 잠정적인 답을 경험적으로 검증할 수 있도록 진술하는가를 평가한다.
- (다) 변인 통제는 공정한 실험을 설계하기 위해 실험 및 조사에 영향을 주는 여러 조건을 확인하고, 이러한 변인을 조작, 통제하는가를 평가한다. 즉, 독립 변인과 종속 변인을 제외한 다른 변인들을 일정하게 통제하고 조작 변인의 영향에 따라 종속 변인의 변화를 알아보는 과정이 이루어지는지를 평가한다.
- (라) 자료 변환은 탐구의 결과로 얻은 자료를 체계적으로 기록하고, 탐구의 결과를 의미 있게 전달할 수 있는 표나 그래프 등으로 나타낼 수 있는가를 평가한다.
- (마) 자료 해석은 자료 변환된 표나 그래프를 통해 탐구 결과가 의미하는 인과 관계나 상관 관계, 규칙성이나 경향성을 찾아낼 수 있는지를 평가한다.
- (바) 결론 도출은 자료 해석을 바탕으로 자신이 처음에 세웠던 가설의 옳고 그름을 판단할 수 있는지를 평가한다.
- (사) 일반화는 자신의 탐구 결론과 비슷한 결론을 가진 구체적인 사례나 검증된 사실로부터 좀 더 포괄적인 의미를 이끌어 낼 수 있는지를 평가한다.

(3) 태도 평가

과학 태도 평가는 오래 전부터 그 중요성이 거론되어 왔지만, 학교 현장에서 과학 태도 평가가 이루어지기에는 어려움이 있었다. 가드너 (1975)는 과학 태도를 크게 과학에 대한 태도와 과학적 태도로 나누었다. 과학에 대한 태도는 과학에 관련된 것들에 대한 긍정적·부정적 반응의 경향을 가리키는 것으로 과학에 대한 흥미, 과학자들에 대한 태도, 과학의 사용에 대한 태도이다. 과학적 태도는 학생들이 되고 싶어 하는 과학자들의 특성(개방된 마음, 객관성 등)이다. 과학적 태도의 정의는 보는 관점에 따라 여러 가지로 생각할 수 있는데, 이는 성공한 과학자들이 가지고 있는 과학적 태도의 구성 요소가 무엇인가 하는 점에 대해 견해가 다양하다는 것을 말한다.

(가) 태도의 평가 요소

한국교육개발원(1991)에서는 학생이 <표Ⅵ-4>와 같은 행동을 보이면 각각의 과학적 태도를 가지고 있다고 하였다.

표Ⅵ-4

과학적 태도의 구성 요소

태도 요소	관련 행동
호기심	- 무엇을, 언제, 왜, 어떻게로 시작되는 질문을 한다. - 생물체나 물체를 탐색할 때 여러 감각 기관을 이용한다. - 관찰된 현상을 설명하려고 시도한다. - 어떤 사건이나 사물에 대해서 질문을 한다.
자진성 및 적극성	- 실험이나 기타 학습에 자진하여 발표하고 활동한다. - 과학 활동에 적극 참여한다. - 의문이 나는 문제는 책을 보거나 선생님께 질문하여 해결하려고 노력한다.
솔직성	- 가설에 반대되는 증거도 수집한다. - 실험에 결론을 내릴 때에는 실험 데이터를 근거로 한다. - 어떤 설명을 찬성하거나 반대할 때 경험적 증거를 찾는다.
객관성	- 가설에 반대되는 증거도 수집한다. - 결론을 내리기 전에 가능한 한 많은 데이터를 모은다. - 문제의 여러 가지 면을 검토하고 가능한 여러 가지 해결책을 생각하여 낸다. - 다른 사람의 주장이나 설명을 지지하거나 부정할 때 경험적 증거를 찾는다.
개방성	- 경험적 증거에 맞게 자기의 의견이나 결론을 수정한다. - 남의 의견도 경청하고 타당할 때는 받아들인다. - 자기가 발견한 것을 다른 사람에게 발표한다.
비판성	- 남의 의견을 잘 듣고 옳고 그름을 판단한다. - 다른 사람의 의견을 맹목적으로 받아들이지 않는다. - 무엇을, 언제, 왜, 어디서, 어떻게로 시작되는 질문을 한다.
판단 유보	- 확실한 증거에 의해서 지지되지 않는 것을 사실로 받아들이지 않는다. - 성급히 판단과 결론을 내리지 않는다. - 결론을 내리기 전에 충분한 참고 자료를 찾는다.
협동성	- 실험에 필요한 관찰, 측정 도구를 번갈아 사용한다. - 실험 준비, 실험 결과 기록, 발표, 실험 후의 정리 정돈을 협동하여 잘한다.

준비성	- 실험이나 관찰이 시작되기 전에 필요한 자료를 준비 점검한다. - 관찰이나 실험이 끝나면 정리 정돈을 잘한다.
계속성 및 끈기	- 실패에도 불구하고 실험이나 관찰을 반복한다. - 다른 학생들이 관찰이나 실험을 일찍 끝마치더라도 관찰이나 실험을 계속하여 완결한다. - 해결되지 않은 문제는 계속하여 참고 문헌을 찾아보거나 선생님께 질문하여 해결하려고 노력한다.

3. 과학 학습 평가 방법

과학 학습 평가 방법은 크게 지필 평가와 수행 평가로 나눌 수 있다. 평가하고자 하는 목표에 따라 지필 평가 또는 수행 평가 중 적절한 평가 방법을 선택하는 것이 중요하다.

(1) 지필 평가

지필 평가는 채점자의 판단 개입 여부에 따라 주관식과 객관식으로 구분되며, 피험자의 반응에 따라 선택형과 서답형으로 구분된다. 선택형은 주어진 답지 중에서 정답을 선택하는 형태이며, 서답형은 정답을 학생들이 스스로 작성하는 것이다. 선택형에는 선다형, 진위형, 배합형이 있고, 서답형에는 단답형, 완성형, 논술형이 있다.

표Ⅵ-5

지필 평가의 평가 유형

구분	지필 평가의 평가 유형		
채점자의 판단 개입 여부	주관식		
	객관식		
피험자의 반응	선택형	선다형	여러 개의 답지 중에서 정답을 고르도록 하는 형태
		진위형	제시한 진술문의 옳고 그름을 판단하게 하는 형태
		배합형	선다형과 유사하게 문두와 답지부로 이루어져 있으며 여기에 보기가 추가된 형태
	서답형	단답형	피험자가 짧은 답안을 써 넣도록 고안된 문항의 형태
		완성형	문두의 형태가 완성된 형태의 문장이 아니라 불완전 문장이거나 또는 도표인 형태
		논술형	주어진 주제에 대하여 피험자가 문장 형태로 답을 제공하는 형태

(2) 수행 평가

수행 평가는 평가자가 학습자들의 학습 과제 수행 과정 및 결과를 직접 관찰하고 관찰 결과를 전문적으로 판단하는 평가 방식이다(한국교육학회 교육평가연구회, 1994; 교육부, 1998). 수행 평가는 초등학교 과학 수업 전 과정에서 단계적으로 이루어질 수 있으므로, ‘수행 과정의 평가’, ‘수행 결과물의 평가’, ‘학생 성취도 평가’로 구분할 수 있다. 수행 평가 단계별 평가 유형은 다음과 같다: 1) 수행 과정의 평가: 찬반토론법, 프로젝트, 게임과 역할놀이, 실험 과정 평가, 야외 활동; 2) 수행 결과물의 평가: 연구 보고서, 일지, 작품, 포트폴리오; 3) 학생 성취도 평가: 서술형 검사, 논술형 검사, 구술 시험, 면접법, 개념도, 묘사법, 실기 평가.

각 수행 평가 유형의 특징 및 구체적인 방법은 <표Ⅵ-6>과 같다.

■ 표Ⅵ-6 ■

수행 평가의 평가 유형 및 평가 방법

단계	평가 유형	수행 평가의 특징 및 구체적인 방법
수행 과정의 평가	찬반 토론법	• 서로 다른 의견을 제시할 수 있는 토론 주제를 제시하여 개인·집단별 찬반 토론을 한 다음, 찬반 토론을 위한 준비성이나 충실성, 토론 내용의 논리성, 반대 의견을 존중하는 태도와 상대방을 이해시키는 설득력, 토론 진행 방법 등을 평가한다.
	프로젝트 (projects)	• 관심 있는 주제를 선택하여 자료를 수집, 분류, 조사, 분석하여 문제를 해결해 나가는 것으로 연구 주제나 범위에 따라 개인 또는 그룹별로 할 수 있다. 프로젝트를 계획하고 보고하는 전 과정에서 나타나는 과학에 대한 호기심과 계획성, 준비성, 적극성, 인내성, 자신감 등의 태도와 탐구 사고력, 창의력, 일상생활에의 적용성 등을 평가한다.
	게임과 역할놀이	• 특정 과학 주제에 대한 상황이나 장면을 게임이나 역할놀이를 통하여 연출해 보는 것으로, 공감대 형성과 문제·쟁점 해결에 대한 상상력과 창의력을 평가한다.
	실험 과정 평가	• 실험, 실습의 결과뿐만 아니라 실험하고, 실험 기구를 조작하는 전 과정을 체크리스트나 평정 척도를 이용하여 평가한다.
	야외 활동	• 야외 채집이나 야외 활동을 통한 실험 관찰시, 관찰한 내용이나 관찰하는 방법 또는 동료 간의 협동심이나 탐구하는 자세 등을 평가한다.
수행 결과물의 평가	연구 보고서	• 탐구 주제에 대해 나름대로 자료를 수집, 분류, 조사, 분석하고 이를 종합하여 보고서를 작성, 제출하도록 하는 방법으로, 수행 결과물에 대한 평가뿐만 아니라, 탐구 주제에 대한 정보를 수집하는 방법, 다양한 자료를 종합하고 분석하는 방법 등을 평가한다.
	일지 (journals)	• 일지는 수업 중이나 수업을 마친 후, 덜 구조화된 형식으로 자신이 선택한 주제에 대해 자유롭게 써 나가는 일기 형태를 말한다. 이는 일반적인 결과물에서는 얻을 수 없는 수업 내용에 대해 학생들이 느끼는 세밀한 자료까지 얻을 수 있는 장점이 있다. 특히 학생의 반성적인 사고력에 대한 평가에 있어서 탁월한 방법이다.
	작품	• 만들기, 공작, 도구 등 과학 탐구 수행의 결과물로 나온 모든 것을 가리킨다.

수행 결과물의 평가	포트폴리오 (portfolio)	• 포트폴리오는 학습지, 실험노트, 실험·실습 결과 보고서 등을 정리한 학생의 성장과 학습 과정상의 자기 반성을 포함하는 ‘작품 모음집’을 의미한다. 학생은 이를 통해 자신의 장점과 부족한 점, 인내성, 잠재 가능성 등을 인식할 수 있고, 교사는 학생의 과거와 현재의 일련의 과정을 효과적으로 파악하여, 그것을 토대로 앞으로의 발전 방향에 대한 조언을 적극적으로 할 수 있다.
학생 성취도 평가	서술형 검사	• 학생들이 직접 서술하는 형태의 검사로, 모범 답안을 제시하고 있는 경우가 대부분이다. 단편적인 지식보다는 창의성 등 고등 사고 기능을 묻거나 문제 해결 과정, 과학 관련 사회 쟁점에 대한 탐구 과정의 이해도를 측정할 수 있도록 구성한다.
	논술형 검사	• 서술형 검사의 일종으로, 특별히 제시하고 있는 정답이 없는 상태에서 개인 나름의 생각이나 주장을 논리적이고 창의적으로 설득력 있게 기술하는 것으로, ‘~에 대해 논하라/~에 대해 설명하라/~에 대해 해설하라/~를 비교하라’ 등의 형식을 취한다. 창의력, 문제 해결력, 비판력, 조직력, 정보 수집 및 분석력 등 고등 사고 기능을 평가할 수 있다.
	구술 시험	• 어떤 특정한 내용이나 주제에 대하여 학생 자신의 의견, 생각, 느낌 등을 발표하도록 하여 학생의 이해력, 표현력, 판단력, 의사소통 능력 등을 평가하는 방식이다. 구술 시험은 주제나 질문을 미리 알려 주는 경우도 있지만, 특별한 내용 영역만 알려 주고, 그 내용 영역과 관련 있는 주제나 질문을 제시하고 학생이 답변하는 형식을 취할 수도 있다.
	면접법	• 평가자와 학생이 서로 대화를 통하여 얻고자 하는 자료나 정보를 수집하여 평가하는 방법이다.
	개념도	• 어떠한 주제를 중심으로 단계적으로 사고를 펼쳐나가는 과정을 도식화하는 방법으로, 학생의 다양한 견해나 사고 과정을 종합적으로 평가할 수 있다.
	묘사법	• 문장이나 언어로는 쉽게 나타내기 어려운 복잡한 상황을 그림이나 말로 표현하게 하는 방법이다. 이는 특히 현상의 이면에 숨어져 있는 구조에 대한 견해를 밖으로 끌어내기 위해 효과적인 수단으로 학생의 잠재 능력 계발에 도움이 된다고 하여 최근 주목받고 있는 수행 평가 방법의 하나이다.
	실기 평가	• 학생들이 활동을 통해 나타나거나, 작품을 제작하는 과정에서 나타나는 다양한 기능을 측정하는 평가 방식이다. 평가는 되도록 통제되지 않고 자연스러운 상황에서 이루어지는 것이 좋으며, 어떤 주제에 대하여 학생들로 하여금 가설을 세운 다음 직접 실험·실습을 하게 한 후, 그 과정을 관찰하거나 결과로 정리되는 산출물을 평가할 수 있다.

4. 과학 학습 평가 과정

체계적인 과학 학습 평가를 실시하기 위해서 평가 계획을 세워야 한다. 이 과정에서 평가의 목적을 규명하고 평가 내용, 평가 시간, 평가 방법, 평가 절차 등을 결정한다. 또한, 과학 학습 평가는 성취 기준과 평가 기준에 기초하여 이루어져야 한다. 성취 기준과 평가 기준을 바탕으로 한 과학 학습 평가 과정은 다음과 같다.

첫째, 평가의 목적 및 평가 내용을 결정한다.

둘째, 평가 내용에 대한 성취 기준을 확인한다.

성취 기준은 교수·학습 활동의 실질적인 기준으로서, 각 차시 수업에서 성취해야 할 능력과 특성을 명료하게 진술한 것이다.

셋째, 성취 기준을 바탕으로 평가 기준을 세운다.

평가 기준은 각 평가 영역에 대하여 학생들이 성취한 정도를 몇 개의 수준으로 나누어 각 수준에서 기대되는 성취 정도를 구체적으로 진술한 것이다. 이러한 평가 기준은 평가 활동에서 실질적인 기준 역할을 할 수 있다. 평가 기준에서 ‘중’은 학생이 해당 학년의 교수·학습 과정을 충실히 이수할 때 성취할 것으로 기대되는 수준이며, ‘상’은 ‘중’에서 요구하는 수준을 성취함과 동시에 추가적으로 ‘중’ 수준보다 심화 발전된 내용을 성취한 수준이다. ‘하’는 ‘중’에서 요구하는 수준을 성취하지 못한 수준을 의미한다(김주훈 등, 2001).

넷째, 성취 기준과 평가 기준에 근거하여 적절한 평가 방법을 선택한다.

다섯째, 평가 기준과 평가 방법에 따라 평가 문항을 개발한다.

5. 과학 학습 평가 영역의 평가 예시

(1) 개념 평가

(가) 개념 평가 성취 기준과 평가 기준 설정의 예

〈표 VI-7〉은 2007 개정 교육과정에 따른 5학년 과학 교과서 2단원 ‘전기 회로’의 10차시 중 2차시의 성취 기준과 평가 기준을 지식, 이해, 적용의 세 가지 요소별로 설정하여 서술한 것이다.

차시별 성취 기준과 평가 기준의 예

성취 기준		평가 기준		
		상	중	하
지식	불이 켜지는 전지와 전구의 연결 방법을 기억한다.	불이 켜지는 전지와 전구의 연결 방법을 말할 수 있다.	불이 켜지는 전지와 전구의 연결 방법을 기억한다.	불이 켜지는 전지와 전구의 연결 방법을 기억하지 못한다.
이해	불이 켜지는 전지, 전구 연결 방법과 불이 켜지지 않는 전지, 전구 연결 방법이 다름을 이해한다.	불이 켜지는 전지, 전구 연결 방법과 불이 켜지지 않는 전지, 전구 연결 방법을 보고 불이 켜지고 켜지지 않는 이유를 설명할 수 있다.	불이 켜지는 전지, 전구 연결 방법과 불이 켜지지 않는 전지, 전구 연결 방법의 차이를 말할 수 있다.	불이 켜지는 전지, 전구 연결 방법과 불이 켜지지 않는 전지, 전구 연결 방법의 차이를 말할 수 없다.
적용	새로운 전지와 전구의 연결 방법을 보고 불이 켜질지 예상한다.	전지와 전구의 연결 방법의 특징을 제시하며 불이 켜질지 예상할 수 있다.	새로운 전지와 전구의 연결 방법을 보고 불이 켜질지 예상할 수 있다.	새로운 전지와 전구의 연결 방법을 보고 불이 켜질지 예상할 수 없다.

(나) 개념 평가 문항의 예시

① 지필 평가

5-1-2					
단원	2. 전기 회로	차시명	전지와 전구를 어떻게 연결해야 불이 켜질까요?	차시	1/8
평가 영역	개념(이해)	평가 방법	지필 평가	평가 유형	선택형(선다형)
전선을 사용하여 전지와 전구를 연결하였을 때, 전구에 불이 켜지는 것은? ① ② ③ ④ ⑤					

② 수행 평가

5-1-2																																			
단원	2. 전기 회로	차시명	전지와 전구를 어떻게 연결해야 불이 켜질까요?	차시	1/8																														
평가 영역	개념(이해)	평가 방법	수행 평가	평가 유형	실험 과정 평가 (수행 과정의 평가)																														
◆ 평가 내용 및 절차 ① ‘전기 회로’ 용어를 도입한 후, 학생들에게 여러 가지 전기 회로를 제시한다. ② 학생들은 여러 가지 전기 회로에서 스위치를 열고 닫을 때 나타나는 현상을 관찰하고, 이러한 현상이 생기는 이유를 설명하거나 모둠별로 토론한다. ③ 교사는 학생들의 활동 상황을 관찰하면서 개별 학생 단위 또는 집단 단위로 행동의 빈도, 적절성 및 정확성 등을 리커트 척도나 점검표를 이용한 평가지를 사용하여 용어에 대한 이해 정도를 평가한다. ◆ 리커트 척도에 의한 관찰 기록 <table> <tr> <th>평가 항목</th><th>매우 그렇다</th><th>그렇다</th><th>보통 이다</th><th>그렇지 않다</th><th>전혀 그렇지 않다</th></tr> <tr> <td>학생은 전기 회로에서 불이 켜지는 이유를 설명할 때, 전지와 전구의 연결 방법을 언급하는가?</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>학생은 전기 회로에서 불이 켜지지 않는 이유를 설명할 때, 전지와 전구의 연결 방법을 언급하는가?</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>학생이 사용하는 ‘전기 회로’ 용어는 내용면에서 적절하게 사용되고 있는가?</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>총점</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						평가 항목	매우 그렇다	그렇다	보통 이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다	학생은 전기 회로에서 불이 켜지는 이유를 설명할 때, 전지와 전구의 연결 방법을 언급하는가?						학생은 전기 회로에서 불이 켜지지 않는 이유를 설명할 때, 전지와 전구의 연결 방법을 언급하는가?						학생이 사용하는 ‘전기 회로’ 용어는 내용면에서 적절하게 사용되고 있는가?						총점					
평가 항목	매우 그렇다	그렇다	보통 이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다																														
학생은 전기 회로에서 불이 켜지는 이유를 설명할 때, 전지와 전구의 연결 방법을 언급하는가?																																			
학생은 전기 회로에서 불이 켜지지 않는 이유를 설명할 때, 전지와 전구의 연결 방법을 언급하는가?																																			
학생이 사용하는 ‘전기 회로’ 용어는 내용면에서 적절하게 사용되고 있는가?																																			
총점																																			

◆ 과학 개념의 활용 및 적용 빈도에 따른 평가

분 행동	전기 회로와 관련시킨 행동이나 언어를 한 행동 빈도									
	0~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	36~40	수업 전	수업 후
지식										
이해										
적용										

(2) 탐구 능력 평가

(가) 탐구 능력 평가 기준 설정의 예

탐구 능력 평가는 수행 과정과 수행 결과를 구분하여 평가한다. 하지만 수행 과정과 수행 결과를 구분하여 평가하는 것은 쉽지 않다. 그러므로 수행 과정은 탐구 과정이 이루어지는가에 초점을 두고 평가하여야 하며, 수행 결과는 수행 과정을 결과로 드러나게끔 했는가, 수행 결과로서의 기록이 정확한가에 초점을 두고 평가하여야 한다. 수행 과정 및 결과와 관련된 평가 기준은 평가 절차상에서 나타날 다양한 학생 수행의 결과를 반영하여 <표 VI-8>, <표 VI-9>와 같이 평가 루브릭으로 구성할 수 있다.

표 VI-8

수행 과정과 관련된 평가 기준

평가 영역 (과학 탐구 요소)	구체적인 평가 항목	배점		
		2점	1점	0점
분류	용액의 분류	여러 가지 용액을 관찰하고 다양한 분류 기준을 세워 분류함.	여러 가지 용액을 관찰하고 한 가지 분류 기준을 세워 분류함.	여러 가지 용액을 관찰하지만 분류 기준을 세우지 못함.
등급		상	중	하

표 VI-9

수행 결과와 관련된 평가 기준

평가 영역 (과학 탐구 요소)	구체적인 평가 항목	배점		
		2점	1점	0점
분류	용액의 분류	여러 가지 용액을 분류하고 그렇게 분류한 이유를 모두 제시함.	여러 가지 용액을 분류했으나 그렇게 분류한 이유를 일부만 제시함.	분류만하고 설명을 하지 못함.
등급		상	중	하

(나) 탐구 능력 평가 문항의 예시

① 지필 평가

단원

2. 산과 염기

차시명

다양한 용액을 분류하는 방법을 찾아볼까요?

차시

6-1-2

2~3/10

평가 영역

탐구 능력(분류)

평가 방법

지필 평가

평가 유형

선택형(선다형)

민지는 묽은 수산화나트륨 용액, 식초, 유리 세정제, 사이다를 관찰하고 이 용액을 몇 가지 기준을 가지고 다음과 같이 분류하려고 한다.

묽은 수산화나트륨 용액, 식초, 유리 세정제, 사이다

색깔이 있는가?

예

아니요

분류 기준 A

예

유리 세정제

아니요

식초

분류 기준 B

예

묽은 수산화나트륨 용액

아니요

사이다

■ 분류 기준 A로 적절한 것은?

① 짠맛이 나는가?

② 가열하면 빵 굽는 냄새가 나는가?

③ 가열하였을 때 탁탁 소리를 내며 튀는가?

④ 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액을 떨어뜨렸을 때 보라색으로 변하는가?

⑤ 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨렸을 때 색깔이 변하는가?

84

총론

85

② 수행 평가

5-1-3

단원	3. 식물의 구조와 기능	차시명	잎의 구조를 알아볼까요?	차시	6/12
평가 영역	탐구 능력(관찰)	평가 방법	수행 평가	평가 유형	야외 활동 (수행 과정의 평가)

(가) 평가 목표

① 여러 가지 잎의 생김새를 관찰하고, 각각의 특징을 말할 수 있다.

(나) 평가 기법:【야외 활동】

(다) 【야외 활동】 평가 기법 적용 이유

① 관찰이 주가 되는 차시이기 때문에 여러 가지 식물의 잎 모습을 직접 관찰하며 활동할 수 있는 야외 활동이 적합하다.

② 주어진 학습 자료를 바탕으로 수업을 하지 않고 자신이 주도적으로 자연의 관찰 대상을 정확히 관찰할 수 있도록 야외 활동을 하도록 한다.

(라) 평가 내용 및 방법

◆ 평가 내용(관점)

① 식물의 구성 요소를 잎, 뿌리, 줄기, 꽃과 열매로 구분하여 말할 수 있는가?

② 여러 가지 식물의 잎 모양의 특징을 구별하여 말할 수 있는가?

◆ 평가 절차

① 야외 활동을 하기 전에 식물이 어떤 부분으로 이루어져 있는지 알도록 한다.

② 야외에 나가 여러 가지 식물을 보고 그 특징을 알아보도록 유도한다.

③ 조사한 특징을 기초로 비교 관찰할 수 있도록 한다.

◆ 평가 기준표

평가 영역 (탐구 과정 기능)	구체적인 평가 항목	배점		
		2점	1점	0점
관찰	식물의 구성 요소 알고 구분하기	식물의 구성 요소에 대하여 정확히 알고 각 부분을 구분할 수 있다.	식물의 구성 요소에 대하여 알고 있으나 각 부분을 구분하지 못한다.	식물의 구성 요소에 대하여 알지 못하며 각 부분을 구분하지도 못한다.
	여러 가지 식물의 잎 특징 알고 구별하기	식물의 잎에 대해 조사하거나 관찰하여 식물 잎의 특징을 알고 구별하여 말할 수 있다.	식물의 잎에 대해 조사하거나 관찰하여 식물 잎의 특징을 알지만 구별하여 말하지는 못한다.	식물의 잎에 대한 특징을 찾아내지 못한다.
등급		상	중	하
계		4점	1~3점	0점

◆ 평가 상의 유의점

① 학생들이 자유롭게 관찰 활동을 할 수 있도록 하되 안전사고에 주의하도록 한다.

② 여러 가지 식물을 관찰하면서 식물의 이름에 대한 궁금증이 생길 수 있으므로, 식물도감을 통하여 알아갈 수 있는 방법을 알려주도록 한다.

5-1-3

단원	3. 식물의 구조와 기능	차시명	잎의 구조를 알아볼까요?	차시	6/12
평가 영역	탐구 능력(관찰)	평가 방법	수행 평가	평가 유형	일지 (수행 결과의 평가)

(가) 평가 목표

① 잎을 다양한 방법으로 관찰하고, 글이나 그림으로 표현할 수 있다.

(나) 평가 기법:【일지】

(다)【일지】 평가 기법 적용 이유

① 야외 활동을 수행하며 학생들이 느끼고 새롭게 알게 된 내용들에 대한 세밀한 정보를 얻을 수 있기 때문에 일지가 적합하다.

② 관찰한 내용을 가능한 한 자유롭게 자세하게 기록하게 하여, 관찰 능력의 평가 자료로 이용할 수 있다.

(라) 평가 내용 및 방법

◆ 평가 내용(관점)

① 식물의 구성 요소를 잎, 뿌리, 줄기, 꽃과 열매를 구분하여 기록하였는가?

② 여러 가지 식물의 잎 모양의 특징을 구별하여 관찰한 내용을 기록하는가?

◆ 평가 절차

① 야외 활동을 하면서 활동 과정, 개념 정리, 소감 등을 자유롭게 기록하게 한다.

② 활동이 끝난 후, 평가 기준표를 바탕으로 일지를 평가한다.

◆ 평가 기준표

평가 영역 (탐구 과정 기능)	구체적인 평가 항목	배점		
		2점	1점	0점
관찰	식물의 구성 요소를 구분하여 기록하기	식물의 구성 요소를 정확하고 세밀히 기록하였다.	식물의 구성 요소를 구분하여 기록하였으나, 다소 부정확하다.	식물의 구성 요소를 구분하지 못하였다.
	식물의 잎 모양 특징을 구별하여 관찰 기록하기	여러 가지 식물의 잎 모양의 생김새와 특징을 구체적으로 구별하여 기록하였다.	여러 가지 식물의 잎 모양의 생김새와 특징을 기록하였으나 대략적으로 기록하였다.	여러 가지 식물의 잎 모양의 생김새와 특징을 구별하여 기록하지 않았다.
등급		상	중	하
계		4점	1~3점	0점

◆ 평가 상의 유의점

① 학생들이 어떤 내용을 기록해야 할지 알 수 있도록 기록 사항에 대한 사전 설명이나 일지 양식을 제시해 주면 효과적이다.

② 관련 사실이나 느낌 등을 자유롭게 기록할 수 있도록 사전에 안내한다.

(3) 태도 평가

(가) 태도 평가 문항의 예시

① 지필 평가

평가 영역	태도(협동성)	평가 방법	지필 평가	평가 유형	선택형 (검사법)
※다음은 자신의 입장에 관한 질문입니다. 아래 질문에 매우 찬성이면 1, 찬성이면 2, <u>중간 입장</u>이면 3, <u>반대</u>이면 4, 매우 반대이면 5에 동그라미를 표시하면 됩니다.					
8	나는 무슨 문제를 가지고 실험하더라도 혼자서 해결할 수 있다.	1 2 3 4 5			
18	혼자 해결하기 어려운 문제는 선생님이나 친구들과 상의하여 해결해도 좋다.	1 2 3 4 5			
28	유명한 과학자가 연구를 하다가 잘 모를 때 자기보다 유명하지 않은 과학자에게 협조를 부탁하는 것은 좋지 않다.	1 2 3 4 5			
37	과학자가 연구를 할 때 어려움이 있으면 다른 과학자가 도와주는 것이 과학의 발전에 도움이 된다.	1 2 3 4 5			

※ 위의 문항들은 과학에 관련된 태도 중에서 ‘협동성’에 관한 하위 요소를 평가하기 위해 과학적 태도 검사지 중에서 발췌한 것이다.

② 수행 평가

평가 영역	태도(정직성)	평가 방법	수행 평가	평가 유형	프로젝트 (수행 과정의 평가)
관찰 대상: 김 철 수 관찰 일시: 9.1. ~ 12.30. 관 찰 자: 이 명 숙 관찰 행동: 자신이 얻은 자료를 조작하거나 수정하지 않는다.					
일 시	표 시			합 계	
9 / 12	<u> V V V </u>			<u> 3 </u>	
10/ 27	<u> V V </u>			<u> 2 </u>	
※ 과학과 관련된 태도 중에서 ‘정직성’의 하위 요소에 대한 관찰 평가의 예이다. 행동 기록법에 의해 그러한 행동이 관찰되었는지의 여부를 평가한다.					

평가 영역	태도 (증거의 존중)	평가 방법	수행 평가	평가 유형	프로젝트 (수행 과정의 평가)
이름: 김 철 수 일시: 9.24. 관찰자: 이 명 숙					
다음 행동이 관찰되면 ‘예’에, 관찰되지 않으면 ‘아니요’에 √표 하시오.					
			예	아니요	
1. 설명을 지지하거나 또는 반대하기 위한 증거 자료를 찾는다.			√		
2. 결론을 내리기 전에 되도록 관련된 많은 자료를 모은다.				√	
3. 자신의 진술을 지지하는 경험적 증거를 찾고 제공한다.				√	
※ 과학적 태도 중에서 ‘증거의 존중’의 하위 요소에 대한 관찰 평가의 예이다. 점검표에 의해 그러한 행동이 관찰되었는지의 여부를 평가한다.					

6. 평가 시 유의할 점

평가에서 중요한 것은 평가 도구의 타당성과 신뢰성이다. 타당하고 신뢰도 높은 평가를 하기 위해서 평가 문항을 개발하거나 평가를 실시할 때 다음과 같은 사항에 유의한다.

(1) 평가 도구 개발 시 유의할 점

- (가) 평가의 타당성을 높이기 위하여 공동으로 평가 도구를 개발하여 활용한다.
- (나) 과학 교육 목표상의 비중에 따라 각 평가 영역의 평가 비율을 정한다.
- (다) 평가 목표를 상세화, 구체화한다.
- (라) 성취 기준, 평가 기준을 설정한다.
- (마) 평가 문항 진술을 명확히 해야 한다.
- (바) 학생들의 입장을 최대한 고려하여 학생들에게 친숙한 형태로 문제나 답지를 제공한다.
- (사) 동일한 평가 목표에 대해 한 문항이 아닌 여러 문항을 포함한다.
- (아) 추측하여 답을 얻을 수 있는 가능성을 줄인다.
- (자) 문항을 작성한 후에 피험자의 입장이 되어 문항을 해결해 보고, 모범 답안이나 평가 준거를 미리 작성한다.

(2) 평가 시 유의할 점

- (가) 여러 가지 방법을 동원한 다중 평가법으로 평가한다.
- (나) 평가 실시 방법, 채점 준거를 명확히 하고 학생들과 공유한다.
- (다) 평가의 결과를 분석하고 반성하여 새로운 학습 지도의 계획 수립과 방법 개선에 충분히 활용한다.

VII

과학적 탐구

1. 과학적 탐구의 의미

자연에 대한 탐구의 과정과 과학의 본성에 대한 이해(Aikenhead, 1983), 또는 과학자들이 자연 현상에 대해 의문을 갖고 의문을 해결하기 위해 자료를 수집하는 등의 조사하고 연구하는 활동 중에 사용하는 다양한 방법들을 정의할 수 있다.

콜번(2003)은 과학적 탐구에 대한 범위를 넓혀 과학자가 수행하는 과학적 활동과 학생이 과학 시간에 수행하는 학습 활동으로 구분하였다. 이러한 관점에서 과학적 활동으로서의 과학적 탐구는 과학자가 자연 세계를 조사·실험하고 그 과정에서 얻어진 증거에 바탕을 두어 설명을 제시하는 과학적 연구를 뜻하며, 학습으로서의 과학적 탐구는 학생이 과학자가 자연 세계를 연구하는 방법과 과정에 따라 과학 지식과 과학적 관념의 이해를 계발하는 학습을 뜻한다(NRC, 1996). 이와 같은 내용을 종합하면, 과학적 탐구를 과학자와 학생이 자연 세계에 대한 질문을 던지고 현상을 조사하여 질문에 대한 답을 찾아가는 일련의 과정이라고 규정할 수 있다.

이러한 과학적 탐구의 과정은 과학자들이 자연 사물이나 현상들을 탐구할 때 거치게 되는 보편적인 과정과 기능들로 이루어져 있다.

2. 과학적 탐구의 목적

1900년 이전에는 과학이 지식 중심으로 인식되었으며(NRC, 2000), 현재까지도 국어 사전이나 영어 사전에는 과학 또는 자연 과학이 과학 지식으로 규정되어 있다. 특히 19세기 후반기에는 과학이 자연에 관한 사실(fact)의 추구, 그리고 본 것에 대한 보고와 관련되어 있다고 믿게 되었다(Schwab, 1966). 그러나 듀이(John Dewey, 1859~1952)는 1909년에 학습해야 할 과학에는 과학 지식뿐만 아니라 과정·방법도 있다고 강조함으로써 과학의 구성 요소를 지식과 과학적 방법, 즉 과학적 탐구 과정으로 나누었다. 이러한 움직임은 미국의 과학 교육의 흐름을 이끌며 1960년대에는 과학 교육과정 개혁이 일어나면서 미국과학진흥협회(AAAS)와 교육과정위원회에 의해 대표적인 탐구 중심의 초등 과학 교육 프로그램인 SAPA(Science-A Process Approach)가 개발되었으며, 1980년대에 와서는 미국과학진흥위원회(AAAS, 1990)가 6여 년간의 연구를 통해 SAPA II를 개발하였다. 과학 지식이 급격하게 늘어나는 시대에 살고 있는 학생들이 모든 과학 지식을 학습하고 습득할 수는 없을 뿐만 아니라 과학자들조차도 과학 지식의 발달을 따라갈 수 없다고 보고, 그러한 상황에서는 과학 지식의 기저가 되는 과학적 탐구 과정의 교수·학습이 더 실용적이라는 생각에 SAPA II가 개발되었다. 특히 SAPA II는 초등학생들의 과학적 탐구에 의한 과학의 학습에 필요한 과학적 탐구 과정 기능을 위주로 개발되었다.

이렇게 대두된 과학적 탐구의 목적은 학생들로 하여금 과학적 탐구 과정을 통해 과학 지식을 획득할 뿐만 아니라 과학적 탐구의 본성을 이해하며, 과학적 탐구를 수행할 수 있는 능력과 기능도 습득하는 것이다(Vasques, 2008). 과학적 탐구를 통해서는 추리하고 비판적으로 생각하는 능력이 키워지고, 과학에 대한 태도가 함양되며(Martin et al., 2009), 과학의 읽기 기능과 쓰기 기능과 같은 고차원적 탐구 기능도 습득된다(Hammerman, 2006).

3. 과학적 탐구의 기능

과학적 탐구 기능이란, 탐구 요소라고도 하는데, 탐구를 하는 데 필요한 기능이나 요소를 말한다. 이러한 탐구 기능은 초등학교 저학년이 다룰 수 있는 기초 탐구 기능과 중학년 이상이 다루기에 적합한 통합 탐구 기능으로 나누어진다.

(1) 기초 탐구 기능

기초 탐구 기능(basic science process skills)은 과학적 탐구에 필수적인 능력으로서 과학 교육의 주요 목적이다.

관찰

(가) 관찰의 의미와 중요성

- ① **의미**: 관찰이란 어떤 물체나 자연 현상의 특징을 감각 기관(오감)과 관찰 도구를 사용하여 찾아내고 기술하는 활동을 말한다.
- ② **중요성**: 과학적 탐구 과정의 가장 기본적인 요소로서, 분류, 측정, 예상, 추리, 문제 인식 등 다른 탐구 과정의 바탕이 되는 핵심적인 활동이다. 또한, 초등학교 학생이 숙달해야 할 가장 중요한 기능이다.

(나) 관찰의 유형

관찰의 유형은 감각 기관의 종류, 조작 여부, 정량화 유무, 대상의 전체성, 대상의 수에 따라 다양하게 나눌 수 있다(권용주 등, 2005).

- ① **감각 기관의 종류**: 관찰할 때 사용한 감각 기관의 종류에 따라 관찰 유형을 나눌 수 있다.

▣ 표Ⅶ-1 ▣

관찰의 종류	예
시각 관찰	복숭아는 전체적으로 둥근 모양이며, 돌보기로 관찰하였더니 가늘고 짧은 숨털이 표면에 붙어 있다.
후각 관찰	복숭아에서 달콤한 냄새가 난다.
미각 관찰	복숭아의 맛을 보았더니 새콤하면서도 달다.
촉각 관찰	복숭아 껍질을 손으로 만져 보았더니 까칠까칠하다.
청각 관찰	복숭아를 입으로 베어 물었더니 “와삭” 하는 소리가 난다.

② 조작 여부: 관찰을 하면서 관찰 대상에 어떠한 조작을 가하느냐에 따라 관찰 유형을 나눌 수 있다.

표Ⅶ-2

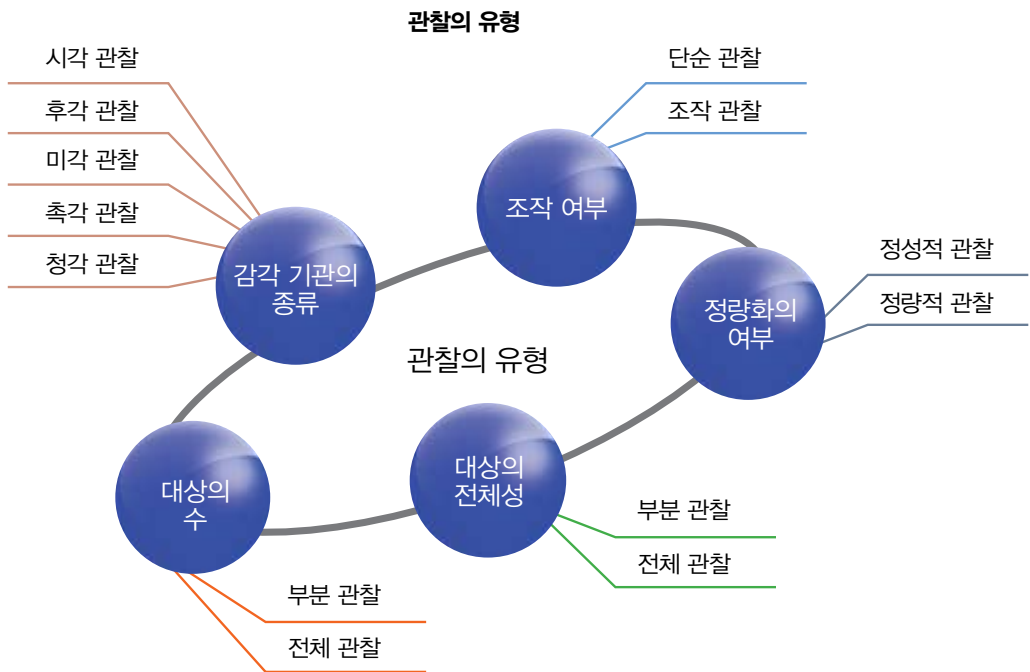
관찰의 종류	정의	예
단순 관찰	관찰 대상에 조작 활동 없이 있는 그대로 관찰하는 것	복숭아 껍질에 솜털이 나 있다.
조작 관찰	관찰 대상에 어떠한 조작을 한 후에 나타나는 현상을 관찰하는 것	복숭아를 잘라 보았더니 가운데에 씨가 있다.

③ 정량화의 여부: 관찰 대상의 특징을 정성적으로 관찰하느냐, 측정 도구를 사용하여 정량적으로 관찰하느냐에 따라 관찰 유형을 나눌 수 있다.

표Ⅶ-3

관찰의 종류	정의	예
정성적 관찰	관찰 대상의 특징을 정성적으로 관찰한 것	복숭아 껍질에 솜털이 나 있다.
정량적 관찰	관찰 대상의 특징을 측정 도구를 사용하여 수치화한 것	복숭아 솜털의 길이는 2mm 이다.

표Ⅶ-4



(다) 관찰 지도 시 유의 사항

- ① 다양한 감각을 이용하여 관찰할 수 있도록 자유로운 분위기를 조성한다.
- ② 관찰할 충분한 시간을 제공하고, 관찰할 기회를 여러 번 준다.
- ③ 예상이나 추리, 주관적 느낌, 이미 알고 있는 사실을 기록하는 것은 관찰이 아니다.
- ④ 정량적 관찰을 할 때, 반드시 자나 저울을 사용하여야 하는 것은 아니다. 길이의 경우 손가락 마디로 표시하거나 무게의 경우 다른 물체와 비교하여 나타낼 수 있다.

분류

(가) 분류의 의미와 중요성

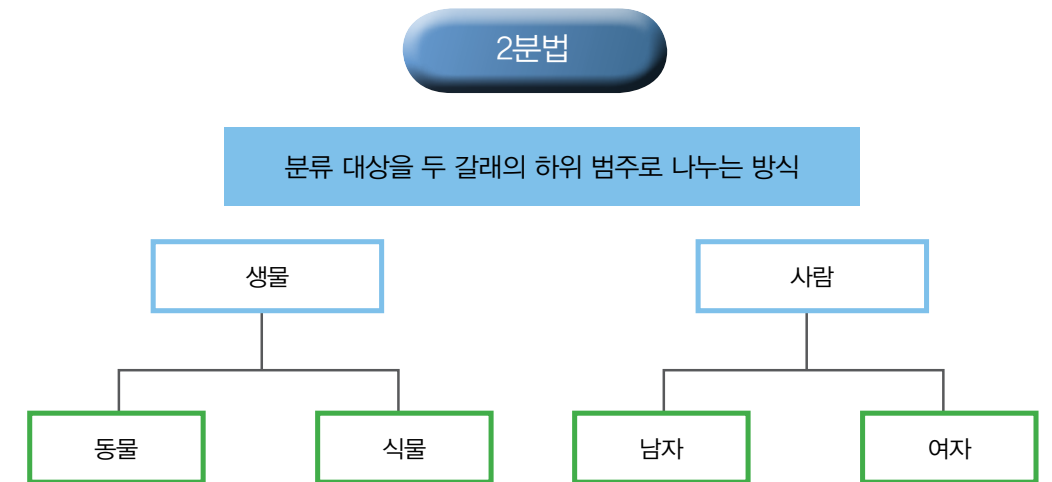
- ① 의미: 분류는 어떤 물체나 자연 현상의 공통점과 차이점을 찾아낸 후 기준을 세워 무리 짓는 활동을 말한다.
- ② 중요성: 물체나 현상에 대한 분류는 많은 대상들을 다루기 쉬운 크기로 묶어 줌으로써 자료를 다루는 시간과 노력을 절약할 수 있다. 또한, 분류 활동을 통하여 자료들 사이의 규칙성과 경향성을 발견함으로써 새로운 예상을 할 수 있고 자료에 대한 기억을 향상시킬 수 있다.

(나) 분류의 유형

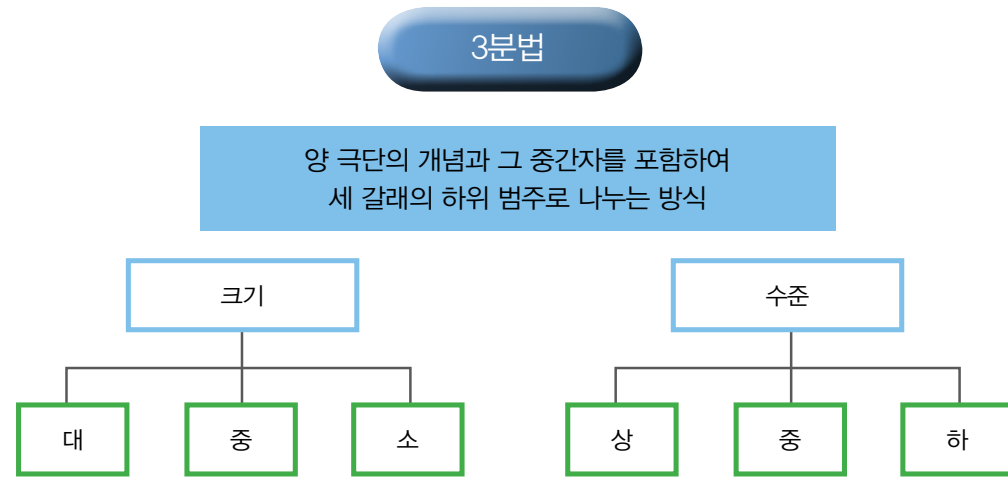
분류의 체제는 분류 기준에 따라 2분법, 3분법, 4분법, 다분법 등이 있다.

- ① 2분법: 분류 대상을 두 갈래의 하위 범주로 나누어 가는 방식이다.

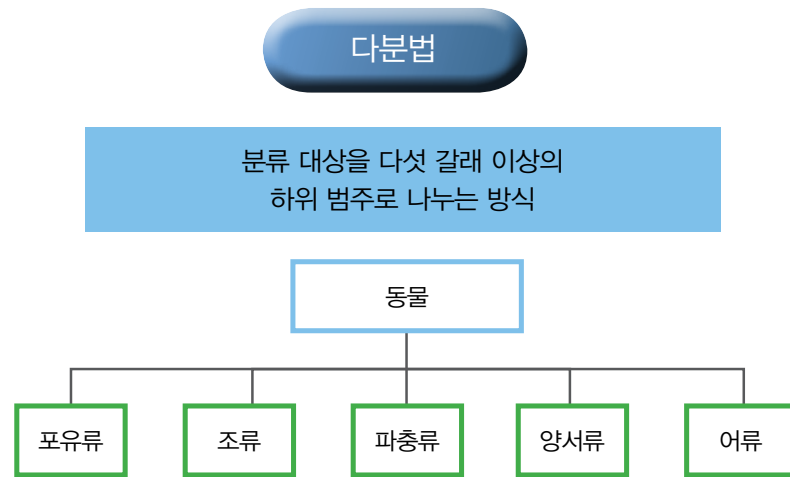
표Ⅶ-5



- ② 3분법: 분류 대상을 양 극단의 개념과 그 중간자를 포함하여 세 갈래의 하위 범주로 나누어 가는 방식이다.



③ 다분법: 분류 대상을 다섯 갈래 이상의 하위 범주로 나누는 방식이다.



(다) 분류 활동 지도시 유의 사항

- ① 분류의 기준은 객관적이어야 한다.
‘예쁜가?’, ‘내가 좋아하는 것인가?’ 와 같은 분류 기준은 사람마다 다르기 때문에 좋은 분류 기준이 아니다.
- ② 분류의 기준은 명확하여야 한다.
‘크기가 큰가?’ 라는 분류 기준은 크기를 표현하는 데 그다지 좋은 분류 기준이 아니다. 명확한 분류를 하기 위해서는 ‘한 변이 3cm 이상인 것은?’과 같이 측정 단위를 기준으로 크기를 표현하는 것이 좋다.
- ③ 분류를 할 때는 일관성이 있어야 한다.
분류 기준을 ‘각이 있는 것은?’으로 하였다면, 한 쪽 갈래에는 각이 있는 것만으로 분류하고, 다른 쪽에는 각이 없는 것만으로 분류가 이루어져야 한다.

- ④ 분류된 것은 서로 중복되어서는 안 된다.
분류된 각각의 항목은 서로 겹쳐지지 않도록 해야 한다.
- ⑤ 분류된 것은 전체와 부합되어야 한다.
분류된 각각의 항목을 모두 합치면, 분류 이전의 항목과 일치하여야 한다.

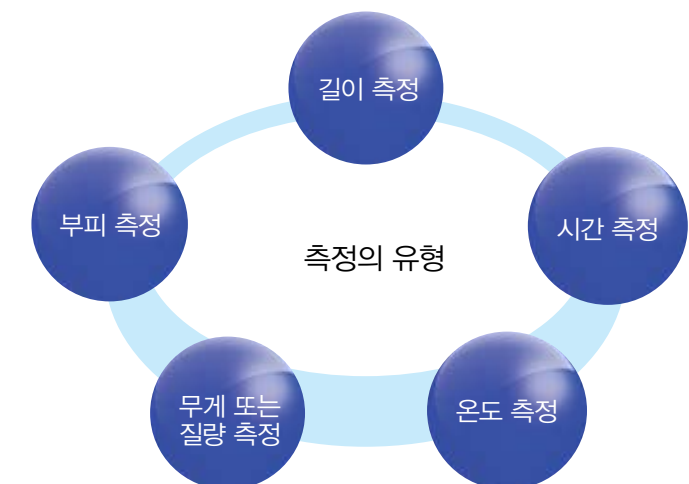
측 정

(가) 측정의 의미와 중요성

- ① 의미: 측정은 임의 도구나 표준 도구를 사용하여 관찰을 정량화하는 활동을 말한다.
- ② 중요성: 측정은 조사와 실험 활동에서 자료 수집을 위한 방법이다. 과학 탐구에서 의미 있는 결과를 얻으려면 적절한 측정 도구를 선택하여 올바른 방법으로 사용하여야 한다.

(나) 측정의 유형

- ① 길이
 - ㉞ 정의: 두 지점 사이의 거리
 - ㉞ 단위: m, km, cm, mm
 - ㉞ 측정 표준 도구: 자
- ② 시간
 - ㉞ 정의: 시간 측정에는 두 가지 측면이 있다. 하나는 시각을 측정하는 것이고, 또 다른 하나는 시간을 측정하는 것이다. 시각은 시간의 한 지점을 일컫는 것이며, 시간은 시각과 시각 사이의 간격을 말하는 것이다.
 - ㉞ 단위: 초, 분, 시
 - ㉞ 측정 표준 도구: 초시계



③ 온도

㉗ 정의: 물체의 차고 뜨거운 정도

㉘ 단위: $^{\circ}\text{C}$

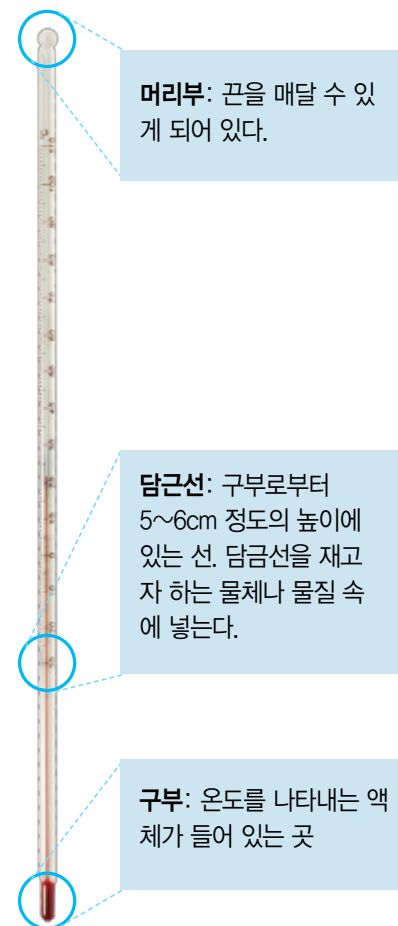
㉙ 측정 표준 도구: 온도계

㉚ 온도계 사용법

- 손으로 온도계를 잡지 말고 고리에 실을 매달아 잡는다.
- 담금선까지 온도계를 담근다. 담금선이 없는 온도계는 재고자 하는 물체에 액체가 올라간 곳까지 담근다.
- 빨간색 액체가 멈출 때까지 기다린다.
- 구부가 바닥에 닿지 않게 한다.
- 온도계의 눈금을 읽을 때는 눈높이를 맞춘다.
- 눈금은 일반적으로 10°C 간격으로 큰 눈금이 매겨져 있으며, 작은 눈금은 1°C 간격으로 매겨져 있다. 그러나 온도계마다 다를 수 있으므로 눈금을 확인해야 한다.
- 온도계가 깨졌을 때에는 알코올이나 백등유가 눈에 들어가지 않도록 주의한다. 또한, 깨진 유리 조각 등이 위험할 수 있다.

그림 VII-1

온도계 사용법



④ 무게 또는 질량

㉗ 정의: 무게와 질량은 다르다. 무게는 물체에 작용하는 중력의 크기이고 질량은 물체의 고유한 양이다.

㉘ 단위: 무게- g중, kg중, 질량- g, kg

㉙ 측정 표준 도구: 무게- 용수철 저울, 전자저울, 얇은병이 저울
질량- 윗접시 저울, 대저울

⑤ 부피

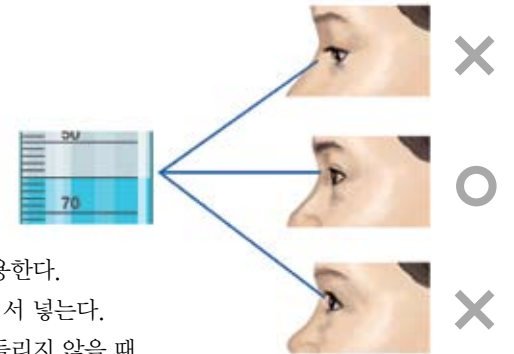
㉗ 정의: 물체가 차지하는 공간

㉘ 단위: L, mL

㉙ 측정 표준 도구: 눈금 실린더

㉚ 눈금 실린더 사용법

- 재려고 한 양보다 약간 큰 눈금 실린더를 사용한다.
- 눈금 실린더에 액체나 고체를 넣을 때 기울여서 넣는다.
- 눈금을 읽을 때 편평한 곳에 놓고 용액이 흔들리지 않을 때, 눈높이를 수평으로 맞추어 읽는다.
- 눈금을 읽을 때에는 초승달 모양 액체의 중간을 읽는다.
- 사용 후에는 깨끗이 씻어서 얹어 놓고 말린다.



(다) 측정 활동 지도 시 유의 사항

- ① 반복적인 측정을 통하여 오차를 줄임으로써 정확하고 정밀한 측정값을 얻도록 한다.
- ② 학생들이 무엇을 측정해야 하는지 측정 대상을 명확히 인식하도록 한다.
- ③ 측정 대상을 측정하기 위한 적합한 측정 도구를 학생 스스로 선택할 수 있도록 한다.
- ④ 측정한 값에 적합한 단위를 표시하도록 한다.

예 상

(가) 예상의 의미와 중요성

- ① 의미: 예상은 현재까지의 관찰 결과를 토대로 미래의 결과를 예측하는 활동을 말한다.
- ② 중요성: 독립 변인과 종속 변인을 구분하여 정량적으로 관찰 내용을 나타내고 관찰한 대상 간의 관계를 읽어 내는 것이 중요한 노력을 하는 것이다.
- ③ 일상생활에서 예상이 중요하게 사용되는 예:
 - 비가 올 것이라는 일기 예보를 듣고 우산을 가져가는 것
 - 지구 온난화로 기후 변화가 예상되자 온실 가스를 줄이기 위해 노력하는 것
- ④ 예상은 공통점, 더 나아가 규칙성 관찰을 바탕으로 이루어진다.

(나) 예상의 유형

- ① 내삽: 관찰 또는 측정 데이터 범위 내에서 예상하는 것.
- ② 외삽: 관찰 또는 측정 데이터의 범위 밖의 현상을 예상하는 것.

(다) 예상 지도 시 유의 사항

- ① 관찰과 구별한다.
 - ㉗ 관찰: 오감을 사용하여 사물과 현상에 대한 정보와 자료를 얻는 탐구의 가장 기본적인 과정.
 - ㉘ 예상: 관찰한 사실을 토대로 앞으로 관찰되거나 일어날 현상이 구체적으로 어떻게 될지 미리 판단하는 것.
- ② 경향성을 보이면 규칙성이 있는 것으로 판단할 수 있어야 한다.

실제 실험에서 얻어진 자료는 실험 오차가 포함된 값으로 이론적인 값과 일치하지 않는 경우가 많다. 이때, 이론적인 값이 아니더라도 얻어진 자료가 경향성을 보이면 규칙성이 있는 것으로 판단할 수 있어야 한다.
- ③ 자료를 체계화하여 제공한다.

자료로부터 학생이 특정 현상의 규칙성을 얼마나 잘 파악할 수 있도록 조직화되어 있는가에 따라 예상이 달라지므로 자료를 체계화하여 제공한다.
- ④ 실험을 하기 전에 예상한다.

예상을 하고 실험을 하면 왜 그런지에 대한 의문을 갖고 더 탐구할 수 있다.

추 리

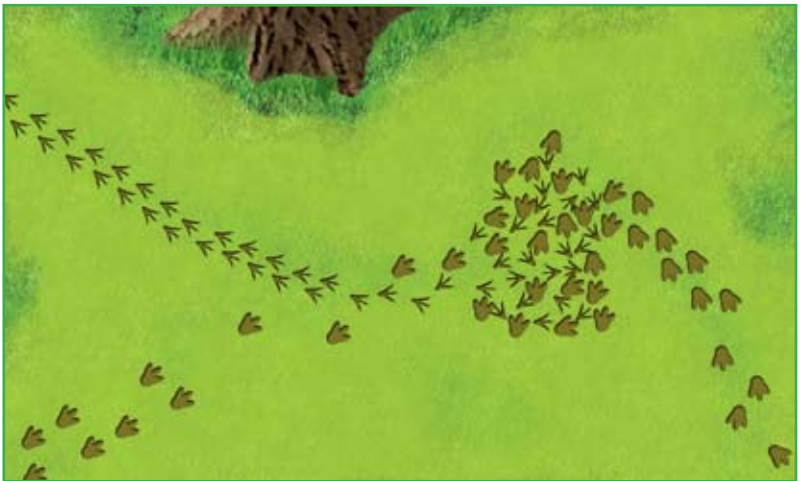
(가) 추리의 의미와 중요성

- ① 의미: 추리는 관찰한 사실에서부터 설명을 끌어내기 위해서 사고하는 활동을 말한다.
- ② 중요성
 - ㉗ 우리 주위에 일어나는 일을 해석하고 설명할 수 있을 때, 우리 주의의 환경에 대해 보다 나은 이해를 하게 된다. 우리 행동의 많은 부분은 관련 사건에 대해서 우리가 행한 추리에 근거한다.
 - ㉘ 과학자는 추리에 근거하여 가설을 세운다.
 - ㉙ 추리는 개념이나 법칙에 대한 기초가 되어 과학 지식을 발전시킨다.
- ③ 추리 활동의 예

숲 속에 난 발자국이 다음의 그림과 같다고 할 때, ‘큰 발자국의 간격이 일정하지 않다’는 것을 관찰하고, 이를 통해 ‘큰 발자국을 낸 동물이 천천히 걷다가 뛰어갔을 것이다’라고 추리할 수 있다.

■ 그림 VII-2 ■

추리의 예



(나) 추리의 유형

- ① 설명적 추리: 어떤 현상에 대한 이유를 설명한다.
- ② 일반화 추리: 여러 관찰 사실로부터 일반화를 이끌어낸다.
- ③ 예언적 추리: 어느 한 행동을 관찰하고 미래의 행동을 예상한다.

(다) 추리 지도 시 유의 사항

- ① 관찰, 예상, 추리를 구별한다.
- ② 추리는 잠정적인 설명이므로 성급한 판단을 하지 않는다.
- ③ 많은 관찰 사실을 바탕으로 할 때, 좋은 추리를 할 수 있으므로 다양한 관찰 사실을 얻도록 한다.

의사소통

(가) 의사소통의 의미와 중요성

- ① 의미: 의사소통은 다양하게 탐구한 내용을 친구들에게 이야기하고 서로의 생각을 주고 받는 활동을 말한다.
- ② 과학에서의 의사소통: 학생들이 자신의 생각을 표현하여 다른 학생으로부터 검증받고, 이러한 과정에서 새로운 아이디어를 생성하는 협동적인 과정이다.
- ③ 과학자들은 학술지 등을 통하여 글을 매개로도 의사소통을 한다.

- ④ 의사소통 활동의 예:
 - － 미국의 SAPA(Science A Process Approach)－ 의사소통
 - ㉓ 다른 사람이 알 수 있도록 사물의 성질을 기술한다.
 - ㉔ 사물의 성질의 다양한 변화를 기술한다.
 - ㉕ 사물의 크기와 상대적인 위치를 고려하여 지도를 작성하고 동시에 지도상의 사물 간의 거리를 추정한다.
 - ㉖ 막대그래프, 꺾은선그래프를 그린다.
 - ㉗ 그래프 상에 나타난 상관성, 경향성을 언어를 이용하여 기술한다.
- ⑤ 효과적인 의사소통을 하려면 명확하게 자신의 생각을 표현하고, 나와 다른 사람의 생각에 어떤 차이가 있는지를 생각하며 의견을 주고받는 것이 중요하다.

(나) 의사소통의 유형

표 VII-9

의사소통 유형	정의	종류
토의	두 사람 이상이 모여 집단적 사고 과정을 거쳐 어떤 문제의 해결을 시도하는 논의 방식	심포지엄, 패널 토의, 포럼, 원탁 토의, 회의
토론	쟁점이 되는 논제에 대해 대립하는 두 모둠이 정해진 규칙에 따라 주장하고, 검증, 반박의 과정을 통해 이성적이고 합리적인 판단을 내리려는 방식	대답, 세미나

(다) 의사소통 지도 시 유의 사항

- ① 듣는 사람을 고려하면서 자신의 생각을 정확하게 말하고 자신의 말과 행동에 책임을 지게 한다.
- ② 상대방의 전체적인 말을 정확하게 듣고 이해하도록 한다.
- ③ 상대방의 말을 경청하면서 공감과 확신을 주는 반응을 하고, 이해되지 않는 부분은 질문하게 한다.
- ④ 긍정적인 사고와 능동적인 자세로 참여하게 한다.

(2) 통합 탐구 기능

통합 탐구 기능은 기초 탐구 기능이 통합된(integrated) 능력이다. 과학적 탐구와 과학적 탐구에 의한, 또는 과학적 탐구를 통한 학습은 기초 탐구 기능 이외에 통합 탐구 기능을 획득해야 실질적으로 수행할 수 있다.

문제 인식

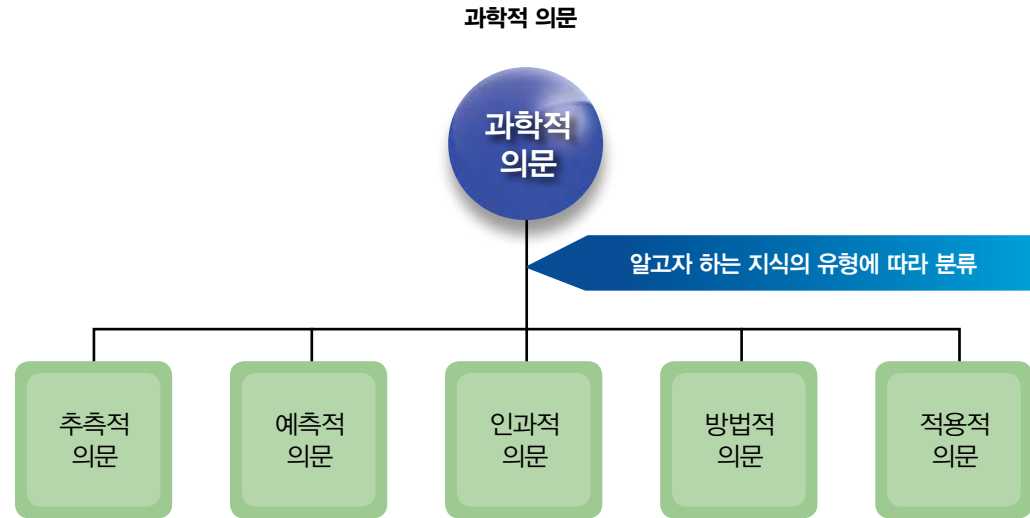
(가) 문제 인식의 의미와 중요성

- ① 의미: 문제 인식은 자연 현상에 대한 관찰을 통해서 의문을 생성하는 것이다.
- ② 과학적 의문: 자연 현상을 관찰하고 현재의 지식으로는 설명될 수 없는 불안정한 문제, 의심, 불확실성 등을 인식했을 때 갖게 되는 궁금증이나 알고자 하는 것이다(Christenbury & Kelly, 1983; Lawson, 1995; Simpson & Anderson, 1981; Spargo & Enderstein, 1997).
- ③ 문제 인식과 과학적 의문

문제 인식은 “왜?”, “무엇?”, “어떻게?”라는 등의 질문 형태로 생성됨. 문제 인식을 통해 과학적 지식을 축적해 나간다는 측면에서 과학적 의문이라고 할 수 있다.
- ④ 문제 인식(과학적 의문)의 중요성
 - ㉓ 연구의 방향과 가치를 결정짓는 핵심적인 과정(권용주 등, 2003)
 - ㉔ 학생들에게는 알아야 할 필요성을 자극함으로써 실제적인 과학적 탐구로 유도하고 나아가 새로운 의문을 도출할 수 있도록 도와 준다(AAAS, 1989; NRC, 2000; Thagard, 1998).

(나) 과학적 의문의 유형(권용주 등, 2003 / 이혜정 등, 2004)

- ① 추측적 의문: 현재의 관찰 결과나 관찰된 일련의 사건 즉, 대상 자체의 개념이나 성분, 구조, 기능 등에 대한 궁금증이 나타난 의문이다.
- ② 예측적 의문: 현재의 관찰 사실에 대한 변인을 달리했을 때 나타나게 될 현상이나 일련의 사건에 대한 궁금증을 나타낸 의문이다.
- ③ 인과적 의문: 관찰 사실을 근거로 어떤 현상이 일어나게 된 원인에 대한 궁금증이 나타난 의문이다.
- ④ 방법적 의문: 현재의 관찰 사실을 다른 방법으로 해결하기 위하여 자신의 지식을 새롭게 구성하고 통합할 수 있는 방법에 대해 궁금해하는 의문이다.
- ⑤ 적용적 의문: 관찰하고 있는 대상의 쓰임새를 궁금해하는 의문. 관찰자가 다루고자 하는 정보를 어디에 사용할 수 있을지 궁금해하는 의문이다.



(다) 과학적 의문 생성 과정

① 추측적 의문 생성 과정

- ㉠ 관찰 상황을 구성하는 요소들과 관찰하는 대상의 특성을 추출한 후 관찰 대상을 분석한다.
- ㉡ 현재의 관찰 상황과 유사한 경험이나 지식 등을 전체적으로 머릿속에 떠올리는 경험 상황을 표상한다.
- ㉢ 관찰하고자 하는 대상과 경험 대상의 유사성을 비교하여 경험 대상을 관찰 대상으로 차용 가능한지의 여부를 판단한다.
- ㉣ 과거 경험으로부터 현재의 관찰 대상을 가장 잘 설명한다고 판단되는 경험을 차용하는 과정을 거쳐서 추측적 의문을 생성한다.

② 예측적 의문 생성 과정

- ㉠ 관찰 상황을 구성하는 요소들과 관찰하는 대상의 특성을 추출한 후 관찰 대상을 분석한다.
- ㉡ 현재의 관찰 상황과 유사한 경험이나 지식 등을 전체적으로 머릿속에 떠올리는 경험 상황을 표상한다.
- ㉢ 경험 현상을 원인적으로 설명한다.
- ㉣ 관찰 현상에 대한 변인을 조작한다.
- ㉤ '만일 ~하면 ~하게 될까?'라는 형태의 의문문을 만들어 의문에 대한 답을 생각하여 보고, 그 답을 찾지 못하는 경우 예측적 의문을 생성한다.

③ 인과적 의문 생성 과정

- ㉠ 관찰 상황을 구성하는 요소들과 관찰하는 대상의 특성을 추출한 후 관찰 대상을 분석한다.
- ㉡ 현재의 관찰 상황과 유사한 경험이나 지식 등을 전체적으로 머릿속에 떠올리는 경험 상황을 표상한다.
- ㉢ 떠올린 경험이 관찰 사실을 설명할 수 있는 것에는 '∼때문인가?', '∼ 때문에 ∼할까?', 설명할 수 없는 것에는 '왜∼할까?'의 형태로 만들어 본 후, 의문에 대한 답을 생각하여 보고 답을 찾지 못하는 경우 인과적 의문을 생성한다.

④ 방법적 의문 생성 과정

- ㉠ 관찰 상황을 구성하는 요소들과 관찰하는 대상의 특성을 추출한 후 관찰 대상을 분석한다.
- ㉡ 현재의 관찰 상황과 유사한 경험이나 지식 등을 전체적으로 머릿속에 떠올리는 경험 상황을 표상한다.
- ㉢ 경험 대상과 현재의 관찰 사실과의 유사성을 비교한다.
- ㉣ 경험 대상을 관찰 대상으로 차용 가능한지의 여부를 판단한다.
- ㉤ 과거의 경험을 차용하는 과정을 통해 방법적 의문을 생성한다.

⑤ 적용적 의문 생성 과정

- ㉠ 관찰 상황을 구성하는 요소들과 관찰하는 대상의 특성을 추출한 후 관찰 대상을 분석한다.
- ㉡ 현재의 관찰 상황과 유사한 경험이나 지식 등을 전체적으로 머릿속에 떠올리는 경험 상황을 표상한다.
- ㉢ '∼을 ∼에 사용할 수 있을까?', '∼을 ∼하게 사용할 수 있을까?'의 형태를 갖는 의문으로 관찰 대상을 어떻게 사용할 것인지 그 용도를 생각하여 보고, 그 답을 찾지 못하는 경우 적용적 의문을 생성한다.

(라) 문제 인식 지도 시 유의 사항

- ① 문제 인식에서 관찰은 매우 중요하므로 대상에 대해 객관적이고 다양한 관찰을 할 수 있도록 지도한다.
- ② 다양한 의문을 생성해 낼 수 있도록 해야 한다.

가설 설정

(가) 가설 설정의 의미와 중요성

- ① **가설의 의미:** 가설이란 어떠한 현상의 원인에 대하여 타당한 설명을 찾아 그 이유를 설명하고 잠정적으로 답이라고 생각하는 것이다. 탐구의 과정에서 생성되는 중요한 중간적 지식으로 자연 현상에서 발생되는 의문에서 과학적인 설명으로 진입할 수 있는 관문의 역할을 한다(Klahr & Dunbar, 1988; Wenham, 1993).

- ② **가설 설정의 의미:** 가설 설정은 미지의 인과적 원인에 대해서 새로운 설명 체계를 제시하는 과정이다.

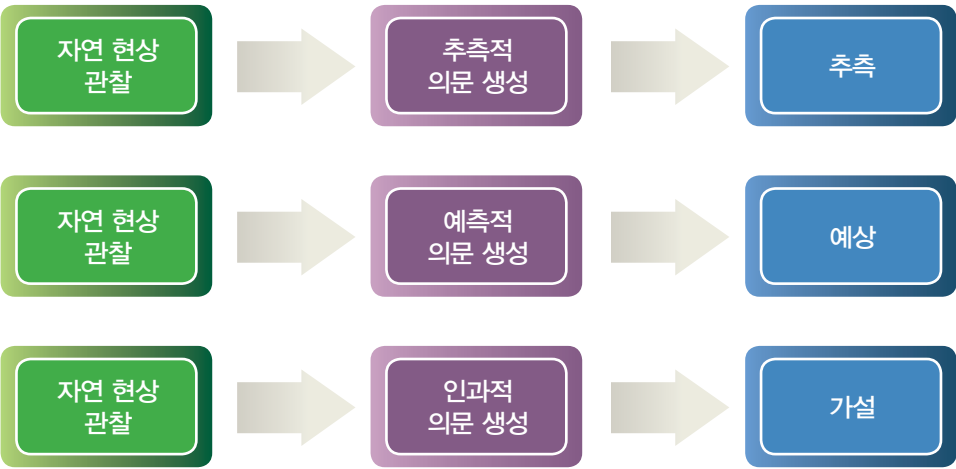
③ 가설과 가설 설정

- ㉠ 가설의 설정과 검증은 과학적 탐구 활동 중 핵심적인 과정이다(권용주 등, 2000).
- ㉡ 학생들의 과학적 성취도 향상, 논리적 사고의 발달, 창의적 사고의 발달과 밀접하게 관련되어 있어(Asdit & London, 1997; Lawson et al., 1989) 과학 수업에서 매우 중요하다(Lawson, 1995).

④ 가설, 추측, 예상, 목적론적 설명
 ㉗ 추측, 예상, 가설의 차이점
 : 자연 현상을 관찰한 후 생성되는 의문의 종류에 따라 그 답의 유형이 달라진다.

표Ⅶ-11

추측, 예상, 가설의 차이점



④ 목적론적 설명: 모든 자연 현상을 행동에 의해 충족되는 목적에 의해서 설명하려는 것
 예) 살기 위해서 먹는다, 보기 위해서 눈이 있다.

(나) 가설의 유형(권용주 등, 2000)

- ① 관찰로부터 생성된 가설: 관찰자가 다양한 유형의 관찰을 하면서 인과적 의문을 떠올리고, 그 의문에 대한 답을 관찰 사실에 기초하여 가설을 생성. 사전 지식이 부족한 학생들의 가설 생성·지도에 적합하다.
- ② 사전 지식(경험)에서 생성된 조작적 가설: 사전 지식에서 근접적 특성 및 관찰 가능성뿐만 아니라 더 나아가 직접 조작될 수 있는 속성을 차용한 가설이다.
- ③ 사전 지식(경험)에서 생성된 이론적 가설: 사전 지식에서 직접적으로 변인으로 조작되어지지 않는 설명을 차용한 가설이다.

(다) 가설 설정 지도 시 유의 사항

- ① 가설은 검증 가능해야 한다.
 : 가설과 관련해서는 옳음을 증명하는 방법이 있는 것보다는 틀렸음을 증명하는 방법이 있는 것이 더욱 중요(반증 가능성)하다.
- ② 가설에는 결과나 현상에 관련된 변인들이 들어있어야 하며, 독립 변인과 종속 변인들 사이의 관계가 나타나 있어야 한다.
 : ‘만약 (독립 변인)이 ~ 될수록 (종속 변인)이 ~ 일 것이다.’의 형태로 진술
- ③ 예상이나 추리가 아니어야 한다.

변인 통제

(가) 변인 통제의 의미와 중요성

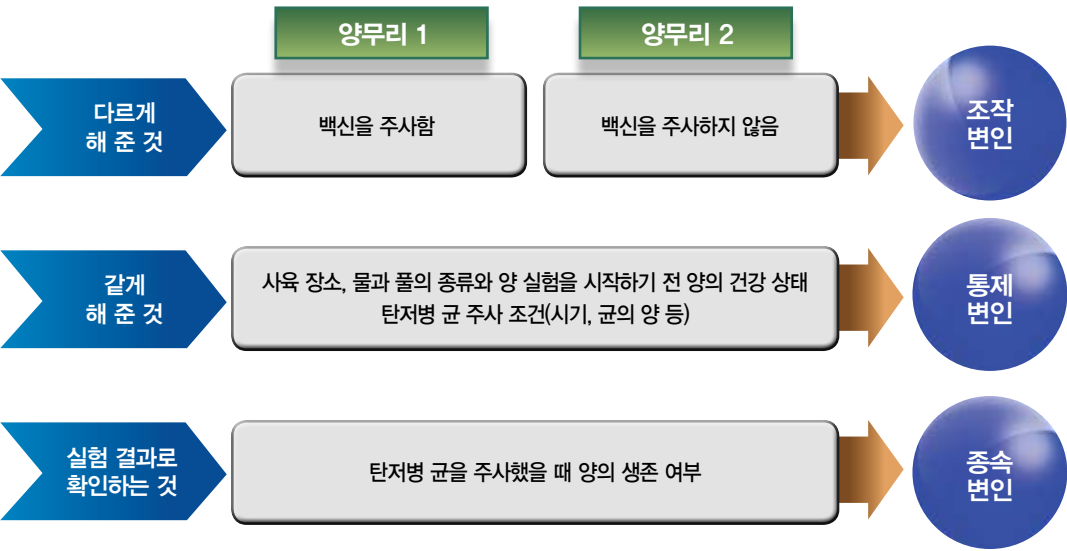
- ① 변인의 의미: 변인이란 실험에서 변화시키거나 고정하는 조건의 형태나 양을 말한다.
- ② 변인 통제의 의미: 실험 및 조사에 영향을 주는 여러 조건을 확인하고, 여러 변인을 일정하게 통제하거나 조작하는 과정이다(AAAS, 1990).
- ㉗ 실험에 영향을 미치는 변인을 분명하게 파악하기 위해 반드시 필요하다.
- ④ 과학자들의 주된 활동이다(AAAS, 1990; Chinn & Malhotra, 2002).
- ④ 문제를 설정, 인식하는 것과 밀접한 관련이 있다(Ross, 1988).

(나) 변인의 유형

- ① 독립 변인
 - ㉗ 조작 변인: 실험에서 변화시켜 주어야 할 것
실험에서 효과를 알아보고자 하는 것
 - ④ 통제 변인: 실험에서 일정하게 유지시켜야 할 것
- ② 종속 변인: 실험에서 측정해야 할 것
- ③ 탄저병 백신의 효과를 검증하기 위한 실험 설계

표Ⅶ-12

실험 설계 예시



(다) 변인 통제 지도 시 유의 사항

- ① 실험 목적을 분명히 한다.
: 실험 목적을 확실하게 인식하면 실험에서 원인이 되는 것이 무엇이고, 결과로 나타나는 것이 무엇이며, 무엇을 변화시켜야 하는지가 분명해진다.
- ② 실험의 원인과 결과가 되는 변인들을 파악하여 표로 정리하는 습관을 기르도록 한다.
: 조작 변인과 종속 변인 및 독립 변인의 목록을 작성하고 각 변인 값의 범위를 기록해 두는 습관을 기르면, 새로운 실험 상황에 접했을 때 무엇을 파악해야 하는지 자신이 어떤 변인을 모르고 있는지를 확실히 알 수 있다.
- ③ 공정한 검사의 개념을 가르치면 변인 통제의 필요성을 쉽게 인식할 수 있도록 한다.
: 공정한 검사의 개념은 실험군과 대조군의 상황을 보여 주고, 실험 조건이 공정한지를 묻는 것을 말한다. 변인 통제된 실험이라고 묻는 것보다, 실험 조건이 공정하냐고 물을 때 학생이 더 쉽게 이해한다.

자료 변환

(가) 자료 변환

- ① 자료 변환의 의미
자료 변환이란 관찰이나 측정 결과로 얻어진 자료를 기록하고, 자료를 해석할 수 있도록 표나 그래프 등으로 조작하거나 변환하는 활동을 말한다.
- ② 자료 변환의 중요성
 - ㉗ 많은 양의 복잡한 정보를 시각적으로 간결하게 인식할 수 있다.
 - ㉘ 실험의 조작 변인과 종속 변인을 파악하고, 검증하려는 가설을 알 수 있다.
 - ㉙ 자료의 경향성이나 규칙성을 찾기 쉽다.
 - ㉚ 결과를 해석하거나, 핵심을 강조하는 데 유리하다.

(나) 표로 변환하기

표는 많은 데이터를 체계적으로 정리하여 제한된 지면에 제공하는 방법으로 가장 많이 사용된다.

- ① 표의 자료 기입 방법
 - 비교할 요소를 행에 두고, 이에 따른 변화나 수치 등을 열에 기입한다.
- ② 표의 유형
 - 개방형, 밀폐형, 반밀폐형

표VII-13

㉗ 개방형 예시

지역	서울	부산	대구	인천	광주
맑은 날(일)	21	22	23	18	23
흐린 날(일)	6	7	4	6	5
비온 날(일)	3	1	3	6	2

표VII-14

㉘ 밀폐형 예시

지역	서울	부산	대구	인천	광주
맑은 날(일)	21	22	23	18	23
흐린 날(일)	6	7	4	6	5
비온 날(일)	3	1	3	6	2

표VII-15

㉙ 반밀폐형 예시

지역	서울	부산	대구	인천	광주
맑은 날(일)	21	22	23	18	23
흐린 날(일)	6	7	4	6	5
비온 날(일)	3	1	3	6	2

표VII-16

③ 표로 변환하기 단계

㉗ 조사 내용 확인하기

조사한 내용을 확인하고, 내용을 간단하게 나타낼 방법을 생각한다.

㉘ 표의 제목 정하기

조사한 내용이 잘 드러나도록 표의 제목을 정한다.

㉙ 표의 행과 열의 수 정하기

조사한 내용을 담을 수 있는 표의 행과 열의 수를 정한다.

㉚ 표의 행 방향, 열 방향 제목 정하기

조사한 내용이 잘 드러나도록 표의 행 방향, 열 방향 제목을 정한다.

㉛ 표 완성하기

조사한 내용이 잘 드러나도록 알맞게 표를 완성한다.

㉜ 주어진 자료와 표로 변환된 자료 비교하기

조사한 내용을 글로 나타낸 것과 표로 변환된 자료를 비교·평가한다.

④ 표로 자료 변환 시 유의 사항

- ㉗ 표는 간결한 방식으로 상세한 정보를 제공해야 한다.
- ㉘ 표는 전체 연구를 나타내기 위해서 사용하지는 않는다.
- ㉙ 주요 강조점이나 경향성을 강조하여야 한다.
- ㉚ 결과를 행과 열로 표현한다.
- ㉛ 십진법을 사용하며, 소숫점은 1~2개 사용한다.
- ㉜ 표는 되도록 단순하게 만든다.
- ㉝ 2개의 단순한 표는 하나의 복잡한 표보다 효과적이다.
- ㉞ 표의 제목은 간결하게 붙인다.
- ㉟ 표의 내용은 본문과 관계없이 이해되어야 한다.

(다) 그래프로 변환하기

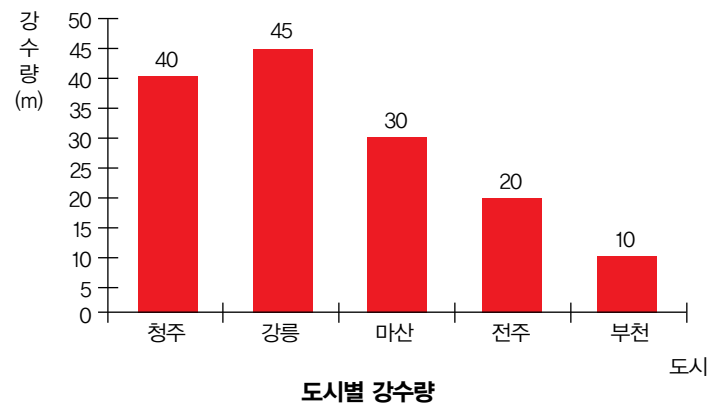
① 그래프의 의미와 특징

관찰 결과나 실험 결과가 되는 데이터를 점, 선 또는 면적의 형태로 나타내어 시각적 효과를 높인 자료로서 데이터의 분포와 전체적인 경향성을 나타내기 쉽다.

② 그래프의 종류

- ㉑ 막대그래프: 막대그래프는 한 축을 불연속 변수로 하는 양을 비교하는 데 효과적으로 사용된다.

그림 VII-3



- ㉒ 원그래프: 전체의 합이 100%인 데이터를 한 원속에서 면적으로 구분한 그래프로써 변수들의 크고 작음의 %, 또는 절대치의 상대적인 비교에 효과적이다.

그림 VII-4

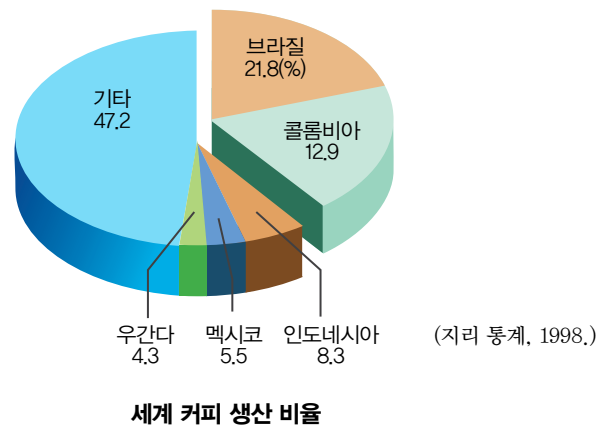
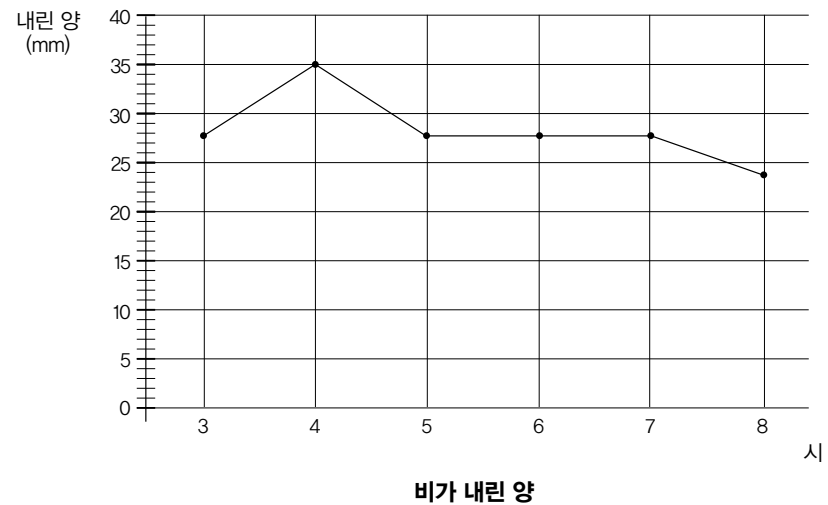


그림 VII-5

- ㉓ 선그래프: 한 변인의 변화에 대한 다른 변인의 변화를 나타내기 위해 변수 사이의 관계를 점 또는 선으로 표현한 그래프로써, 변수 사이의 관계와 전체적인 경향성을 파악하는 데 효과적이다.



자료 해석 / 결론 도출

(가) 자료 해석

① 자료 해석의 의미

자료 해석이란 표, 그래프, 그림과 같은 자료 등을 읽고, 그 의미를 이해하며 변인 사이의 관계를 해석하는 것을 말한다.

② 자료 해석의 중요성

- ㉗ 해결하고자 하는 문제에 대한 답을 얻기 위해 실험을 제대로 수행하였는지 여부를 결정한다.
- ㉘ 주어진 자료를 잘 이용하는 데 필수적이다.

(나) 결론 도출

① 결론 도출의 의미

결론 도출이란 수집된 자료를 해석하고 결과를 분석하여, 논리적 추론 과정을 통해 문제에 대한 해답을 얻거나 잠정적으로 설정한 가설의 옳고 그름을 판단하는 것이다.

② 결론 도출 시 유의 사항

- ㉗ 자료의 타당성, 신뢰성 검토를 포함한다.
- ㉘ 결론은 결과의 반복적 진술이 아니라, 결과를 바탕으로 논리적으로 추론한 진술로, 간단 명료하고 정확하게 표현해야 한다.
- ㉙ 연구를 통해 발견한 것, 자료의 해석, 연구의 제한점, 논의 사항 등이 포함되어야 한다.

③ 결론 도출의 중요성

- ㉗ 탐구할 문제에 대한 최종적 해답을 제공한다.
- ㉘ 잠정적인 해답인 가설에 대한 검증 결과들을 종합적으로 검토, 정리하게 된다.
- ㉙ 추후의 탐구 활동에 대한 문제 제기의 발판이 된다.

(다) 자료 해석의 방법과 유의 사항

표 VII-17

① 자료 해석의 방법



② 자료 해석 및 자료 해석 지도 시 유의 사항

- ㉞ 변환된 자료를 무조건 암기하거나 수동적으로 받아들이지 않도록 한다.
- ㉟ 그래프나 표가 나타내는 의미를 정확하게 이해하는 것이 중요하다.
- ㊱ 자료 해석을 위한 학습을 위해서, 학생들의 일상생활과 관련된 친숙한 자료를 해석하는 활동부터 시작한다.

(라) 결론 도출의 방법과 유의 사항

표 VII-18

① 결론 도출의 방법



② 결론 도출 시 유의 사항

- ㉞ 가능한 한 간단 명료하고 명확하게 진술해야 한다.
- ㉟ 가설을 지지하는 조사와 실험 결과를 잘 정리한다.
- ㊱ 수집한 실험 결과에 근거하고, 과도한 예측과 추측을 피한다.
- ㊲ 실험 보고서에서 결과를 반복하지 않고, 결과에 바탕을 두어 논리적으로 추론한 진술로 기술한다.

일반화

(가) 일반화의 의미와 중요성

① 일반화의 의미: 일반화란 탐구 실험 과정을 통하여 얻어진 자료들을 바탕으로, 개별적이고 구체적인 사례나 검증된 사실로부터 과학적 원리, 법칙을 찾아내는 탐구 활동을 말한다.

② 일반화의 특징

- ㉞ 탐구 실험에서 얻어진 구체적인 자료를 바탕으로 한다.
- ㉟ 원리와 법칙을 찾아 과학적 규칙성을 발견한다.
- ㊱ 실제 과학 현상들을 설명하고 예측하는 과학적 예측력의 기능을 한다.

③ 일반화의 중요성

- ㉞ 과학적 이론을 형성하는 중요한 바탕이 된다.
- ㉟ 다양한 자연 현상의 규칙성을 찾도록 도와 준다.
- ㊱ 탐구 활동의 결과로 얻어진 결론 도출 등의 탐구 지식들을 적용 및 응용할 수 있도록 한다.
- ㊲ 여러 가지 과학 현상들을 하나의 큰 흐름으로 파악할 수 있도록 도와 준다.

(나) 일반화하기

① 자료 관찰 분석

물 컵에 물을 담고 컵을 거꾸로 뒤집어 보고 관찰하기
→ 관찰 내용: 물이 쏟아진다.

② 추가 자료 관찰 분석

- ㉞ 종이를 컵에 대고 물이 가득 든 컵을 거꾸로 기울여 보고 관찰하기
- ㉟ 컵의 종류와 종이의 종류를 다양하게 하여 실험하고 관찰하기
→ 관찰 내용: 컵을 거꾸로 뒤집거나 좌우로 기울여도 물이 쏟아지지 않는다.

③ 규칙성 발견

- ㉞ 실험을 통해 알게 된 사실을 정리하여 규칙성 발견하기
→ 컵과 종이는 물이 쏟아지지 않는 근본적인 원인과 관련이 적다.
→ 컵을 둘러싸고 있는 공기의 압력은 사방으로 작용한다. 공기가 종이를 누르는 힘 때문에 물이 쏟아지지 않는다.

④ 새로운 상황에 적용하기(일반화)

- 물 컵에 넣은 빨대를 손가락으로 막고, 빨대를 올려보기
 - 빨대의 윗부분을 막으면 물이 쏟아지지 않는다.
 - 빨대의 윗부분의 손가락을 떼면 물이 쏟아진다.
- 컵으로 한 실험과 빨대를 이용한 실험을 관련지어 실험 결과 일반화하기
 - 컵의 아래 부분에 작용하는 공기의 압력이 중이가 떨어지지 않도록 받치고 있기 때문에 물은 쏟아지지 않았다. 빨대를 이용한 실험에서도 공기의 압력이 아래 부분에 작용하여 같은 결과를 보인 것이다.

(다) 일반화의 유형

① 법칙

- ㉗ 의미: 과학적 법칙은 과학적 개념과 아울러 사실들로 이루어져 있어서 개념이나 사실보다 더 포괄적인 특성을 지님. 과학적 사실을 진술하는 것이 단일 언명인 반면에, 법칙은 개념들 사이의 관계를 진술한 복합 언명, 즉 법칙은 여러 개의 개념으로 이루어진 포괄적이고 복합적인 관념이다.
예) “공기는 열을 가하면 늘어난다.”는 공기, 열, 확장의 세 개념을 연결한 복합 언명에 해당

② 자연 법칙: 일반성, 보편성, 정합성의 세 가지 조건을 만족시키는 법칙을 말한다.

- ㉗ 일반성: “모든 물체는 서로 잡아당기는 힘을 가지고 있다.”라는 명제가 “사과와 지구는 서로 잡아당기는 힘을 가지고 있다.”라는 명제에 비하여 일반적인 자연 법칙이 될 수 있다.
- ㉘ 보편성: 생물의 종(種)과 같이 특정한 장소, 시간, 개인 등에 한정되지 않는 어떤 특성을 진술한 것을 말한다.
- ㉙ 정합성: 다른 지식과 모순되지 않고 타당한 특성을 의미한다.

③ 원리

- ㉚ 의미: 과학적 법칙과 같이 개념들 사이의 관계를 진술한 복합 언명이나 원리가 법칙보다 더 포괄적이다.
- ㉛ 법칙과 원리의 비교

④ 이론

- ㉜ 의미: 사실, 개념, 법칙으로 이루어진 복합적 지식으로 새로운 사실, 개념, 법칙을 설명한다. 과학적 이론은 자연 현상에 관한 가정적 속성이나 과정으로, 그 원인을 제시함으로써 그 현상을 설명할 뿐만 아니라, 새로운 현상을 예측하는 바탕이 된다.
예) 코페르니쿠스의 지동설은 태양을 비롯한 행성들의 상대적인 위치와 운동 속도에 대한 가정을 제시함으로써 태양과 행성들의 운동과 위치를 설명하고 예상하는 근거가 됨.

㉝ 쿤(Kuhn, 1970)이 제시한 좋은 과학적 이론이 갖추어야 할 본성

- 정확성: 이론은 정확해야 한다. 즉, 이론으로부터 연역된 언명의 참가치는 현재의 실험 결과 및 관찰 결과와 일치해야 한다.
- 일관성: 이론은 내적으로는 물론이며 다른 영역의 이론과도 일치해야 한다.
- 넓은 범위: 이론의 범위는 넓어야 한다. 이론은 본래 설명하려는 관찰 결과와 법칙을 초월하여 더 깊고 넓은 영역에 걸쳐 관찰된 결과와 법칙도 설명할 수 있어야 한다.
- 단순성: 이론은 단순해야 한다. 간단한 이론일수록 좋은 이론이다.
- 유용성: 이론은 새로운 결과를 많이 이끌어 낼 수 있어야 한다. 좋은 이론은 새로운 현상뿐만 아니라 현상들 사이의 새로운 관계를 제시할 수 있는 바탕이 된다.

㉞ 이론의 특징

- 이론의 본성은 그 적절성을 기준으로 말할 수 있을 뿐, 진위로 따질 수 있는 것이 아니다.
- 사실, 개념, 법칙을 통합하여 어떤 현상들이 왜 그렇게 일어나는가를 설명해 준다.
- 반증되거나 개정될 때까지 잠정적인 상태로 존재한다.

⑤ 모형

- ㉟ 의미: 자연 사물이나 현상을 설명하는 이론을 표상화한 것을 말한다.
예) 유전자의 구조는 나선형 모양, 원자의 구조는 태양계의 모양으로 표상화

㊱ 모형의 특징

- 새롭고, 아직 알려져 있지 않으며 복잡한 이론을 친숙하고 단순하게 그리고 명쾌하게 기술할 수 있다.
- 이론 모형은 이론적 속성을 나타내는 것으로, 실제 구조 자체는 아니다.

(라) 일반화 과정 지도 시 유의 사항

- ① 실제 구체적 실험 결과와 자료에 근거하여 규칙성을 발견하도록 한다.
- ② 지나친 추측이나 과도한 일반화를 하지 않도록 주의한다.
- ③ 이끌어 낸 법칙, 원리 등을 바탕으로 새로운 현상을 설명할 수 있는 설명력이 있는지를 점검해야 한다.
- ④ 기존의 과학 현상뿐만 아니라 앞으로 일어날 상황을 예측하고 예언하는 예측력을 지닐 수 있는 과정을 포함해야 한다.

표 VII-19

법칙	원리
구체적, 가시적인 상황이나 특정한 체계 안에서 진술	논리적 관계, 연산 기호, 수학적 공식 등으로 서술
관찰 사실을 바탕으로 도출	관찰 자료와 직접적인 관련이 적음.
보일의 법칙, 뉴턴의 운동 법칙, 만유인력의 법칙, 질량보존의 법칙, 에너지 보존 법칙, 각 운동량 보존 법칙 등	파스칼의 원리, 아르키메데스 원리, 광속도 불변의 원리 등

1. 자유 탐구의 의미

자유 탐구에 대해 명확하게 정의된 내용은 없다. 하지만 자유 탐구가 어떠한 특성을 가져야 하고 적용할 내용이 무엇이며 수행 과정이 어떠한지 하는지는 여러 문헌에 언급되어 있다. 이에 지도서에서는 ‘2007 개정 교육과정’에 기술된 자유 탐구의 특성과 지도 단계 및 주제 예시와 함께 과학적 탐구의 특성을 고려하여 자유 탐구에 대한 조작적 정의를 다음과 같이 내리고자 한다.

평소 의문을 가지고 있던 과학 문제를 여러 가지 방법을 이용하여 해결해 가는 과정으로, 학생 스스로 탐구 주제를 정하고 주제에 맞게 실험을 설계하고 실험을 통해 문제를 해결해 가는 일련의 과학적 탐구 활동

2. 자유 탐구의 목적

과학적 탐구의 목적은 과학적 탐구를 수행할 수 있는 능력과 기능으로 설정된다(NSTA, 2004). 과학적 탐구 중심으로 이루어지는 과학 수업의 목적은 탐구에 의한 과학 학습, 또는 탐구를 통한 과학 학습을 통해 습득될 수 있는 과학적 탐구의 능력과 기능으로 설정된다(Vasques, 2008). 단위 수업 속에 잠재되어 수행되는 과학적 탐구의 목적이 이렇다면 단위 수업과는 별개로 이루어지는 자유 탐구의 목적은 이와는 달라야 할 것이다.

이러한 자유 탐구의 목적을 엿볼 수 있는 부분이 교육과정에 제시되어 있다. 교육과정 해설서에서는 학습 지도 방법 10번에서 자유 탐구의 지도 방법을 아래와 같이 언급하면서 “자유 탐구는 학생들 스스로 장기간 탐구를 할 수 있는 기회를 제공함으로써 종합적인 탐구 능력을 기르도록 하는 데 그 목적이 있다.”라고 설명하였다.

(10) ‘자유 탐구’는 주제 선정에서부터 계획 수립, 탐구 수행, 결과 발표에 이르기까지 학생이 주도하여 창의적으로 수행할 수 있도록 지도한다. ‘자유 탐구’는 비교적 긴 기간 동안 이루어지므로 수행 과정 중 수시로 진행 상황을 점검하고 적절한 격려와 조언을 한다.

이와 같이 자유 탐구의 목적은 학생들에게 과학자가 하는 탐구의 과정에 대해 경험의 기회를 제공하는 데 있으므로, 과학 교육에서 주장하는 결과로서의 과학보다는 과정으로서의 과학으로 바라보아야 한다. 즉, 결과보다는 과정을 중시하는 형태를 가져야 한다. 이러한 내용은 자유 탐구의 목적이 학생들에게 과학자의 탐구 과정을 경험하게 하는 데 목적이 있다는 것이다.

3. 과학적 탐구로서의 자유 탐구의 수준과 유형

자유 탐구는 과학적 탐구에 속하므로 과학적 탐구의 수준이 자유 탐구의 수준과 같다고 할 수 있다. 과학적 탐구의 수준은 교사가 질문과 방법을 제시하거나 수집된 자료를 해석하는지 여부에 따라 <표 VIII-1>과 같이 네 단계 수준으로 나뉘기도 한다. 수준 0은 질문과 방법을 교사가 학생에게 제시하고, 그 과정에서 얻어진 자료도 교사가 해석하는 가장 낮은 수준의 탐구이다. 이런 수준 0과 대조적으로, 수준 3의 탐구에서는 모든 과정과 절차가 학생의 몫이다(Settlage & Southerland, 2007).

표 VIII-1

개방성에 따라 구분되는 과학적 탐구 접근법의 수준

탐구의 수준	질문의 출처	자료 수집 방법	결과의 해석
0	교사 제시	교사 제시	교사 제시
1	교사 제시	교사 제시	개방
2	교사 제시	개방	개방
3	개방	개방	개방

과학적 탐구의 수준에 따라 과학적 유형을 나눌 수 있는데, 과학적 탐구의 유형은 목적과 방법뿐만 아니라 탐구의 단계에 따라서도 여러 가지 종류로 나뉜다. 특히, 과학적 탐구를 통한 과학 교수·학습은 질문의 제시, 자료의 수집, 결과의 해석을 모두 교사가 하는 0수준의 과학적 탐구에서 이 세 가지 단계를 모두 학생이 하는 3수준의 과학적 탐구를 포함한 네 가지 유형으로 구분할 수 있다. 앞의 <표 VIII-1>에 기술된 0수준의 과학적 탐구를 ‘구조화된(structured) 탐구’라고 한다. 그리고 1수준과 2수준의 과학적 탐구는 각각 슈왑이 말한 1수준과 2수준의 과학적 탐구로서 ‘안내된(guided) 탐구’이며, 3수준의 탐구는 스와브가 말한 3수준의 탐구로서 ‘개방적(open-ended) 탐구’로 불린다. 개방적 탐구의 예로 과학 전 출판작을 들 수 있다(Settlage & Southerland, 2007). 이 세 가지 탐구는 다음과 같은 특성을 지닌다(Colburn, 2003).

표 VIII-2

개방성에 따라 구분되는 과학적 탐구의 특징

탐구의 종류	특징
구조화된 탐구 (structured inquiry)	- 문제, 방법 및 절차가 주어지고, 기대되는 결과만 주어지지 않는다. - 요리책 활동과 달리, 학생들은 자료를 분석하고 해석하여 관계를 찾는다. - 확실한 답이 있거나 모든 학생이 동일한 결론에 이르는 확인 실험과 달리, 학생마다 다르게 해석하여 다른 결론에 이를 수 있다.
안내된 탐구 (guided inquiry)	문제와 재료 및 도구는 주어지지만, 조사 과정, 방법, 자료 수집 및 분석 방법 등은 학생이 찾는다.
개방적 탐구 (open-ended inquiry)	과학자의 과학적 연구 활동과 비슷하게, 질문과 수행 방법, 자료 분석 방법 등을 모두 학생이 해결한다.

4. 자유 탐구의 단계

자유 탐구는 과학자들의 탐구 과정을 경험하게 하는 데 목적이 있다. 이에 근거한다면 자유 탐구의 단계는 과학자들의 탐구 과정과 유사하다고 할 수 있다. 즉, 과학자들이 자신들의 연구 분야에서 탐구 문제를 찾아 탐구를 수행하고 수행한 결과를 해석하는 일련의 활동을 하는 것처럼 학생들의 자유 탐구도 이와 유사한 과정을 거쳐야 한다. 학생들의 자유 탐구의 단계를 설정하면 다음과 같다.

표 VIII-3



자유 탐구의 단계

① 탐구 문제 찾기 단계

학생들이 자신들이 탐구하고자 하는 주제를 탐색한 후 구체적인 탐구 문제를 선정하는 단계

② 탐구 계획 세우기 단계

선정된 탐구 문제를 해결하기 위한 탐구 방법을 선택하고, 탐구를 수행하기 위해 시간 계획을 비롯한 탐구 전체에 대하여 설계하는 단계

③ 탐구하기 단계

탐구 계획에 맞춰 탐구를 수행하는 단계로, 탐구를 수행할 때는 탐구에 관련된 내용들을 기록하고 탐구를 통해 나온 결과를 정리하는 등의 활동을 하는 단계

④ 보고서 작성하기 단계

탐구를 통해 나온 결과를 가지고 자신이 세운 가설이나 탐구 문제의 정확한 답을 도출하는 등의 활동과 자신이 탐구한 모든 결과를 바탕으로 탐구 결과 보고서를 작성하는 활동을 하는 단계

⑤ 탐구 내용 발표하기 단계

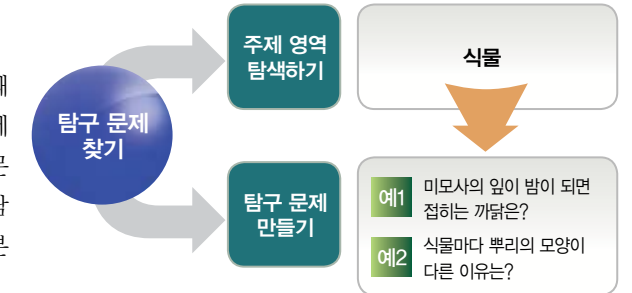
탐구한 내용을 바탕으로 작성한 결과 보고서를 이용하여 다양한 방법을 활용하여 자신의 결과를 발표하는 단계

구체적인 자유 탐구의 단계를 설명하면 다음과 같다.

1단계 탐구 문제 찾기(주제 영역 탐색하기)

(가) 탐구 문제 찾기의 단계

탐구 문제 찾기는 자유 탐구의 첫 번째 단계로서, 자유 탐구의 출발점이라는 점에서 매우 중요한 의미를 지닌다. 탐구 문제 찾기는 크게 주제 영역 탐색하기와 탐구 문제 만들기의 두 가지 활동으로 세분화할 수 있다.



탐구 문제 찾기의 단계

① 주제 영역 탐색하기

자신의 관심사에 따라 생활 주변에서 탐구하고 싶은 주제 영역을 찾아보는 활동
(예: 식물, 동물, 운동, 음식, 놀이, 컴퓨터 등)

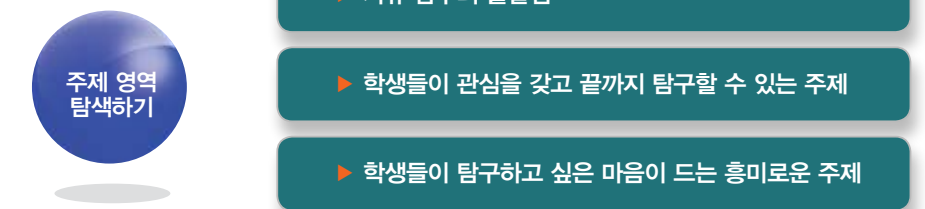
② 탐구 문제 만들기

탐색한 주제를 바탕으로 범위를 좁혀 세부적으로 탐구할 문제를 만드는 단계
(식물을 주제 영역으로 정했을 때의 예시: 식물마다 뿌리의 모양이 다른 이유는? 방향에 따라 나이의 두께가 다른 이유는? 등)

(나) 주제 영역 탐색하기

주제 영역 탐색하기는 자유 탐구 중 가장 처음에 이루어지므로 학생이 관심 있어 하는 것, 학생이 탐구하고 싶은 주제 영역을 찾는 데 중점을 둔다. 교사는 학생이 끝까지 스스로 탐구를 수행할 수 있는 흥미로운 주제 영역을 찾도록 돕는다.

표 VIII-5



주제 영역 탐색하기

(다) 주제 영역 탐색 방법

일상생활에서 흥미로운 주제 영역을 탐색할 수 있도록, 크게 7가지 방법을 생각하여 볼 수 있다.

방법 1 자신이 좋아하는 것이 무엇인지 생각한다.

→ 자신의 흥미나 취미를 고려하여, 일상생활에서 자신이 좋아하는 것이 무엇인지 떠올려 보거나, 평소 궁금했던 것이 무엇인지 생각하여 본다.
(예: 식물에 대한 탐구, 컴퓨터에 대한 탐구, 운동에 대한 탐구 등)

방법 2 일상생활에서 나타나는 현상에 대해 '왜'라고 질문한다.

→ 생활 주변에서 일상적으로 보고, 듣고, 느끼는 모든 것에 대해 '왜'라고 질문하여 그 현상의 원인을 탐구해 본다.
(예: 라면 면발은 왜 꼬불꼬불할까? 바닷물은 왜 파란색일까? 등)

방법 3 자신의 경험을 바탕으로 궁금증을 찾아본다.

→ 자신이 경험했던 것 중에서 특별히 기억에 남거나 궁금했던 사건을 중심으로 주제 영역을 찾아본다.
(예: 등산 중 걸터앉은 나무 등치의 나이테 두께가 다 다른 이유 등)

방법 4 흔히 접하는 주변의 것을 새로운 시각으로 살펴본다.

→ 생활 주변에서 당연하다고 생각하고 그냥 지나치던 것들을 지금까지와 다른 시각으로 바라봄으로써 주제 영역을 탐색한다.
(예: 식물의 자람, 동물들 사이의 의사소통, 과일의 갈변 현상 등)

방법 5 영화나 텔레비전 프로그램에서 주제를 찾는다.

→ 내가 관심 있는 프로그램에서 본 것 중 새롭게 본 것이나 보면서 호기심이 생기는 현상을 중심으로 주제 영역을 탐색한다.
(예: 입체 영상의 원리, 거짓말 탐지기의 원리 등)

방법 6 교육과정 내용을 확장하여 새로운 주제를 찾는다.

→ 교과서에서 배우는 교육과정의 내용을 확장하여 참신하면서도 학년 수준에 맞는 새로운 주제를 찾는다.
(예: 중기의 색에 관한 탐구, 동물의 먹이와 내장의 길이 사이의 관계 탐구 등)

방법 7 과학 이외의 분야에서 주제를 찾는다.

→ 녹색 성장, 첨단 과학, 수학, 음악 등 과학 이외의 분야에서 자유 탐구 주제를 탐색할 수 있다.
(예: 건반의 길이에 따른 소리의 높낮이, 자연 현상의 황금비, 프랙탈의 원리 등)

(라) 좋은 자유 탐구 주제

좋은 자유 탐구 주제는 끝까지 탐구를 이끌어갈 수 있는 원동력이 된다. 자유 탐구는 스스로 처음부터 탐구를 설계하여 수행하는 과정이므로 자기 스스로 탐구할 수 있는 주제, 흥미롭고 참신한 주제가 좋다. 또한, 자유 탐구를 통해 전반적이고 종합적인 과학 탐구 능력을 기를 수 있는 주제가 좋다.

(마) 좋은 자유 탐구 주제 영역 선택을 위한 교사의 역할

자유 탐구를 처음 접하는 학생들은 주제 영역을 찾기 어려워할 수 있다. 이러한 학생들이 흥미롭고 좋은 자유 탐구 주제 영역을 찾을 수 있도록 하기 위해서는 교사의 역할이 중요하다.

교사는 먼저 학생들의 탐구 활동을 촉진시키기 위하여 탐구를 수행할 수 있는 기회를 많이 주는 것이 좋다. 이는 학생들이 자유 탐구에 대하여 자신감을 갖고 자유 탐구를 수행하는 데 도움이 된다. 또한, 학생이 주제 영역 찾기를 어려워할 경우 실생활 문제에서 힌트를 제공하는 것도 좋다. 교사의 힌트를 바탕으로 학생이 사고의 폭을 넓혀갈 수 있다.

그리고 주제 영역과 관련되는 읽기 자료, 풍부한 보충 자료를 소개하고, 첨단 과학, 수학 등 과학 이외의 분야도 함께 소개하여 학생들이 더 넓은 영역에서 통합적으로 주제를 찾게 하는 것도 중요하다.

1단계 탐구 문제 찾기(탐구 문제 만들기)

(가) 탐구 문제 만들기

① 탐구 문제 찾기의 첫 번째 활동인 주제 영역 탐색하기 활동은 자유 탐구를 시작할 때, 자신의 관심 영역이나 평소에 궁금했던 것들을 떠올려 보는 데 의미가 있지만, 너무 광범위하고 정교화되지 않은 면이 많다. 따라서 이후의 탐구 문제 만들기 활동을 통하여 앞에서 찾은 넓은 영역을 구체화하고, 탐구할 문제를 구체화·정교화한다.

② 탐구 문제 만들기 활동을 통하여

㉞ 이전 활동에서 탐색한 주제들이 실제로 탐구가 가능한 것인지 판단한다.

㉟ 자신이 해결하고자 하는 탐구 문제를 선택한다.

㊱ 이를 위해 교사나 다른 친구들과의 활발한 의사소통을 통하여 자유 탐구 문제를 구체화한다.

㊲ 탐구 목표가 분명하게 드러나도록 탐구 문제를 정교화한다.

(나) 탐구 문제 선정 단계

자유 탐구 문제를 만들기 위한 단계가 모든 주제 선정 시마다 획일적으로 정해진 것은 아니다. 그러나 대표적인 몇 가지 단계들을 알아 나가다 보면 좀 더 쉽게 탐구 문제를 만들 수 있다. 한 가지 주의할 점은 반드시 주제 영역 탐색 후 탐구 문제를 만들 필요는 없다는 것이다. 처음부터 구체적인 탐구 문제를 정했다면 굳이 탐구 문제 만들기 단계를 거치지 않아도 된다.

1단계

탐색한 주제 영역 중 한 가지 고르기

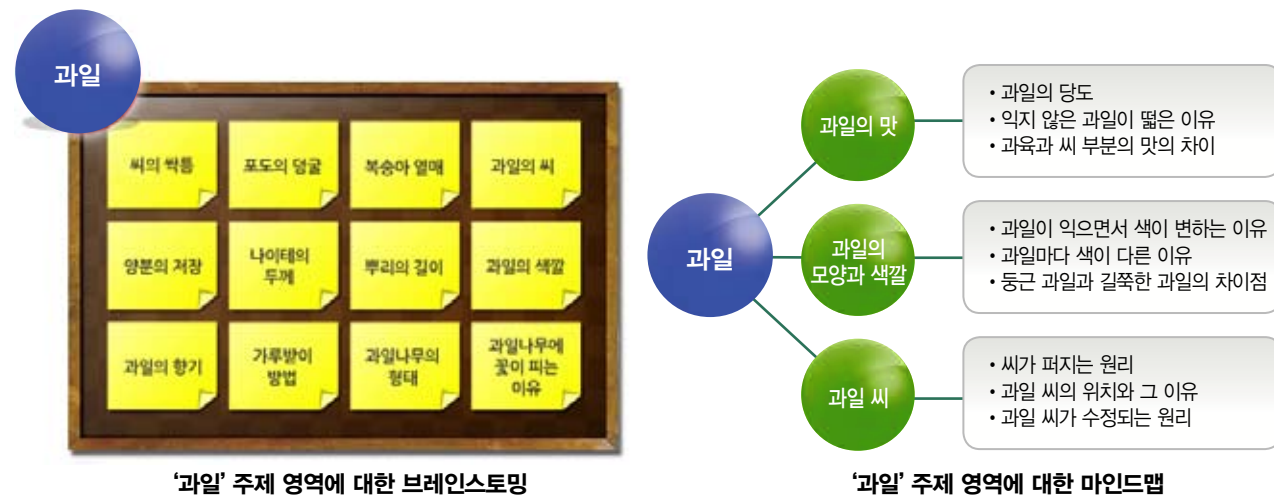
탐구 문제 만들기의 첫 번째 단계는 다양하게 탐색한 주제 영역들 중에서 가장 탐구해 보고 싶고, 적합하다고 생각하는 하나의 주제를 선택하는 것이다. 탐색한 주제 영역 모두를 탐구하기에는 시간도 부족하고, 탐구가 불가능한 주제 영역도 있으므로, 탐색한 주제 영역 중 가장 적절하다고 판단되는 하나의 주제를 선택한다.

2단계

브레인스토밍이나 마인드맵을 통하여, 1단계에서 고른 주제 영역 관련 탐구 문제 찾기

탐구 문제 만들기의 두 번째 단계는 1단계에서 선택한 주제 영역에 대해, 브레인스토밍이나 마인드맵을 통하여 다양한 탐구 문제를 이끌어내는 단계이다. 이 단계에서는 브레인스토밍을 통해 짧은 시간에 최대한 다양하고 많은 생각을 끌어 내며, 마인드맵으로 자신의 생각을 체계적으로 정리하면서 다양한 탐구 문제를 찾아본다. 이때에는 선택한 주제 영역에 대한 다양한 생각을 꺼내는 것이 중요하므로, 생각나는 탐구 문제라면 무엇이든 써 본다.

표 VIII-6



‘과일’ 주제 영역에 대한 브레인스토밍

‘과일’ 주제 영역에 대한 마인드맵

3단계

탐색한 주제 영역 중 한 가지 고르기

브레인스토밍과 마인드맵으로 다양한 탐구 문제를 도출했더라도 그 문제들을 모두 탐구할 수는 없다. 그러므로 스스로 탐구를 진행할 수 있는 문제인지, 기존에 알려진 문제가 아닌 새롭고 참신한 문제인지, 실제로 탐구할 수 있으며 탐구의 설계가 가능한 문제인지를 고려하여 실행 가능한 탐구 문제를 선정한다.

4단계

고른 탐구 문제 정교화·구체화 하기

탐구 문제 만들기의 마지막 단계는 지금까지의 과정을 거쳐 고른 탐구 문제를 더욱 정교화하고 구체화하는 단계이다. 탐구 수행이 가능하다고 판단한 탐구 문제를 더욱 세분화·정교화하여 구체적으로 탐구할 수 있는 문제로 다듬는 과정이다.

(다) 탐구 문제 만들 때 유의할 점

탐구 문제를 만들 때에는,

- ① 탐구의 목표가 분명하게 드러나도록 한다. 처음부터 탐구 목표를 분명하게 세워야 탐구 과정에서 목표와 비교하여 탐구를 바르게 수행하고 있는지 판단할 수 있고, 그 과정을 평가할 수 있다.
- ② 학생 스스로 탐구할 수 있는 문제를 선정하도록 한다. 아무리 좋은 탐구 문제이더라도 스스로 탐구가 불가능하다면 좋은 자유 탐구 문제라고 할 수 없다.
- ③ 간단한 조사로 쉽게 답을 찾을 수 있는 문제는 피하는 것이 좋다. 너무 욕심을 부린 거창한 탐구 문제도 좋지 않지만, 인터넷이나 책을 통해 간단하게 답을 찾을 수 있는 탐구 문제도 좋지 않다. 구체적인 계획을 세워 탐구할 수 있는 새롭고 참신한 주제를 선택한다.
- ④ 너무 넓은 범위의 탐구 문제는 피한다. 과욕을 부려 너무 어려운 문제를 선택하거나, 범위가 넓은 문제를 선택하면 끝까지 탐구를 진행할 수 없다. 최대한 좁은 범위 내에서 스스로 해결 가능한 문제를 선택하도록 한다.

2단계

탐구 계획 세우기(탐구 방법 선택하기)

(가) 탐구 방법 선택하기의 필요성

효과적이고 효율적인 해결 방법을 통해 원하는 결과를 도출할 수 있다.

(나) 자유 탐구의 탐구 방법

① 실험 중심 자유 탐구

㉠ 과학에서의 실험

- 의도적이고 계획적으로 설정한 조건이나 상황 아래에서 자연 현상에 대한 정보를 수집한다.
- 반드시 어떠한 목적에 따라 탐구를 수행하여 궁극적으로 변인들 사이의 관계에 대한 가설을 검증한다.
- 변인 통제: 독립 변인 이외의 모든 변인을 일정하게 유지하는 것으로서, 실험을 수행할 때 원하는 결과를 얻기 위해서 핵심이 되는 활동이다.
- 실험 중심 자유 탐구에 적합한 문제: 조건이나 상황을 의도적으로 조작하여 원하는 결과를 얻을 수 있는 탐구 문제

② 기르기 중심 자유 탐구

㉠ 과학에서의 기르기

- 혐오감이나 인체에 해를 주지 않고 우리 주위에서 흔히 볼 수 있는 동식물을 직접 기르면서 나타나는 현상, 성장 과정, 적합한 환경 등을 연구한다.
- 배우게 되는 점
 - 동식물의 특징을 학습하게 된다.
 - 생명 존중의 태도를 기르게 된다.

- 학생들의 정서 순화와 심성 개발이 자연스럽게 이루어진다.
- ④ 기르기 중심 자유 탐구에 적합한 문제: 지속적으로 가꾸고 기르는 과정을 통해 생명 현상의 변화를 계속 관찰하는 탐구 문제

③ 만들기 중심 자유 탐구

- ㉗ 과학에서의 만들기
 - 탐구 주제와 관련한 물건을 실제로 만들어보면서 그와 관련된 과학적 원리나 개념을 탐구한다.
 - 배우게 되는 점
 - 과학 이론이 실제 생활에 적용되는 것을 확인한다.
 - 과학 기술에 대한 흥미를 고취시킨다.
 - 발전하는 미래 사회에 적응할 수 있는 능력을 신장시킨다.
- ④ 만들기 중심 자유 탐구에 적합한 문제: 과학적 원리나 개념을 이용하여 실생활과 관련된 물건을 제작하는 탐구 문제
- ④ 만들기를 통해 기를 수 있는 능력

④ 탐사·탐방 중심 자유 탐구

- ㉗ 과학에서의 탐사·탐방
 - 과학의 대상이나 과학이 이루어지고 있는 현장을 방문하여 직접 체험하면서 그와 관련된 과학 지식을 직접 조사하거나 현실에 기초한 지식을 탐색한다.
 - 배우게 되는 점
 - 과학을 실제 세계와 연결시켜 볼 수 있다.
 - 통합 교과적 교육 효과를 가져온다.
 - 문제 해결력, 자기 주도적 학습 능력, 의사소통 능력, 협동 학습 능력을 향상시킨다.
- ④ 탐사·탐방을 실시할 수 있는 장소
 - 과학관, 연구원, 천문대, 역사 유적지, 박물관, 산업시설, 수목원, 생태공원, 하천 등
 - 탐사·탐방지에서 전문가를 만나 더욱 자세한 정보를 얻을 수 있다.
- ④ 탐사·탐방 중심 자유 탐구에 적합한 문제: 학교 밖의 다양한 삶의 현장 전체를 교육 장소로 이용하고, 직접 체험하면서 현실에 기초한 지식을 탐색할 수 있는 문제

(다) 탐구 방법을 선택할 때 유의할 점

- ① 탐구 문제에 따라 적합한 탐구 방법은 각기 다르므로 탐구 문제를 가장 효과적이고 효율적으로 해결할 수 있는 적합한 탐구 방법을 선택한다.
- ② 실제로 자유 탐구를 수행할 때는 한 가지뿐만 아니라 여러 유형을 함께 사용하는 것이 효과적이다.

2단계 탐구 계획 세우기(세부 계획 세우기)

(가) 세부 계획 세우기의 필요성

- ① 치밀한 탐구 계획이 설계되면 그 계획에 따라 원하는 탐구의 방향을 정할 수 있다.
- ② 정해진 탐구의 방향에 따라 체계적인 탐구 순서, 자료 수집 등이 이루어져 탐구를 효과적으로 진행할 수 있다.
- ③ 효과적인 탐구 진행을 통해 정확한 탐구 결과를 얻을 수 있다.

(나) 탐구 계획서 작성 방법

- ① 모둠 이름, 탐구자, 날짜, 장소
- ② 탐구 문제: 알아보려는 것을 구체적으로 작성
- ③ 탐구 동기: 어떤 계기로 탐구 문제를 정했는가?
- ④ 탐구 일정: 언제, 어디서, 무엇을 할 것인가에 대한 시간 사용 계획
- ⑤ 역할 분담: 탐구 내용과 방법에 따라 모둠원이 할 일
- ⑥ 탐구 방법: 어떤 방법으로 무엇을 탐구할 것인가?
- ⑦ 보고서 작성 방법: 탐구 후 발표하는 방법
- ⑧ 지도 조인: 선생님의 도움말
- ⑨ 그 외: 준비물, 탐구 시 주의 사항, 예상되는 결과 등

(다) 세부 계획을 세울 때의 지도 사항

- ① 실현 가능성
 - ㉗ 실제로 실현할 수 있는 탐구 계획인가를 알아본다.
 - ④ 좋지 않은 탐구 계획
 - 부모님이나 교사의 도움 없이 학생 스스로 할 수 없는 계획
 - 너무 어렵고 복잡한 계획
 - 쉽게 구할 수 없는 실험 재료나 장비를 사용하는 계획
 - 지나치게 오랜 시간이 걸려 탐구 기간 내에 결과를 확인하기 어려운 계획
 - 이용하기 어려운 실험 장소나 실험 기구·약품 등을 사용하는 계획
- ② 탐구 순서
 - ㉗ 탐구의 방법에 따라 적합한 탐구 순서와 탐구 단계를 거치는가를 알아본다.
 - ④ 순서를 제대로 계획하지 않으면 탐구 결과가 원하는 대로 나오지 않으므로, 탐구 문제에 대해 충분한 예비 지식을 갖고 순서를 계획한다.
- ③ 역할 분담
 - ㉗ 주제에 따라 개인별 혹은 모둠별로 탐구가 가능하며, 모둠별 탐구에서 합리적인 역할 분담은 중요하다.
 - ④ 탐구 내용과 방법에 따라 모둠원이 해야 할 일을 분배한다.
 - ④ 역할을 분담할 때는 탐구자의 능력과 흥미를 고려하여 정한다.

- ㉔ 지나치게 욕심을 내거나 자신이 없다는 이유로 친구에게만 미루는 것은 소집단 활동을 방해하는 행동임을 주의시킨다.

④ 자료 수집

- ㉔ 자료 수집 방법: 필기, 음성 녹음, 사진 자료, 동영상 녹화, 참고 문헌이나 인터넷 검색 등
- ㉔ 선정한 탐구 문제에 적합한 자료 수집 방법을 선정하도록 지도한다.
- ㉔ 탐구 과정에서 도움이 되는 참고 문헌이나 인터넷 사이트 주소를 정리하여 두면 나중에 필요한 자료를 쉽게 얻을 수 있다.

⑤ 시간 사용

- ㉔ 자유 탐구에 소요되는 시간은 탐구 문제에 따라 다르다.
- ㉔ 긴 시간이 걸리는 탐구 문제일수록 자세하고 구체적인 시간 계획이 필요하다.
- ㉔ 탐구 단계별로, 각 시기별로 어떤 탐구 활동을 수행할 것인가에 대한 자세한 시간 계획을 세운다.

⑥ 검토

- ㉔ 자기 스스로, 그룹별 토론, 다른 사람의 지도 조언을 통해 검토한다.
- ㉔ 탐구 계획은 탐구를 진행해 나가면서 지속적인 검토를 통해 수정하고 개선한다.
- ㉔ 수행하고 있는 탐구가 계획에 맞게 잘 진행되고 있는지를 검토한다.
- ㉔ 계속되는 검토를 통해 올바른 탐구 결과를 이끌어 낼 수 있다.

3단계 탐구하기(탐구 수행하기)

(가) 탐구하기의 필요성

탐구 과정 요소를 활용하여 실제적인 탐구 활동을 진행하면서 탐구 문제를 해결하여 결론을 도출하는 발판을 마련해 준다.

(나) 탐구 방법에 따른 탐구 수행 과정 및 유의 사항

① 실험 중심 자유 탐구

㉔ 탐구 수행 과정



- 실험 수행 단계의 지도 사항
 - 탐구 관점 명확히 하기
 - 예비 실험하기: 변인을 알아보고, 실험 방법을 정교화한다.
 - 변인 통제하기
 - 실험 되풀이하기: 반복 실험을 통해 결과를 평균 내어 정확한 결과를 얻는다.

㉔ 유의 사항

- 안전 사고에 유의
 - 위험한 물건을 다룰 때는 반드시 안전 장비를 착용한다.
 - 성분을 모르는 물건을 함부로 만지거나, 냄새 맡거나, 먹지 않도록 한다.

② 기르기 중심 자유 탐구

㉔ 탐구 수행 과정



- 실험 수행 단계의 지도 사항
 - 준비하기: 동식물이 살 수 있는 쾌적한 환경을 만든다.
기르는 생물에 대한 사전 지식을 습득하여 특성에 맞는 사육 재배 환경의 사육장이나 재배 화분을 꾸민다.
 - 탐구 기능 습득하기: 동식물의 겉모양, 행동 특성을 오감을 이용하거나 전체와 부분으로 나누어 관찰하거나, 정량적 관찰, 정성적 관찰 등 다양한 방법을 통해 관찰 방법을 익힌다.
 - 탐구 활동: 계획에 따라 관찰하고, 기록은 글, 그림, 사진 촬영 등 다양한 방법을 이용한다.

㉔ 유의 사항

- 학생들이 구하기 쉽고 직접 기를 수 있는 동식물을 선정한다.
- 생물에 대한 친근감과 생명 존중 태도를 갖는다.
- 기대와 다른 실험 결과가 나와도 정직하게 발표한다.

③ 만들기 중심 자유 탐구

㉔ 탐구 수행 과정



- 단계에서의 지도 사항
 - 기본 설계: 재료 준비(폐품 사용 권장), 만들 작품의 설계도를 작성한다.
 - 만들기: 어른들이나 친구들과 같이 만들거나 동영상을 참고해도 좋다.
 - 테스트: 보완·응용할 점 확인하며, 새로운 아이디어를 생성한다.
 - 재설계: 학생들이 창의성을 발휘하여 만든 작품을 보완·발전시킨다.
 - 원리 탐구: 만든 작품의 과학적 원리를 조사하여 탐구한다.

㉔ 유의 사항

- 안전 사고에 유의한다.

- 창의성 향상에 주안점을 두도록 지도한다.
- 단계별 평가를 통해 다양한 평가 요소(참신성, 협동심 등)를 반영한다.

④ 탐사·탐방 중심 자유 탐구

㉓ 탐구 수행 과정



- 지도 사항
 - 사전 조사를 철저히 하거나 사전 답사하기
 - 탐방을 하며 관찰, 체험, 얻은 정보를 자세히 기록하고 정리하기

㉔ 유의 사항

- 알고 싶은 내용이 무엇인지 미리 확인하도록 한다.
- 사전 조사를 통해 탐방 시간 및 장소를 선택한다.
- 계절과 장소를 고려한다.
- 역할 분담을 철저히 한다.
- 중요한 내용이나 새로 알게 된 내용을 꼼꼼히 기록한다.

3단계 탐구하기(탐구 내용 기록 / 결과 정리하기)

(가) 탐구 내용 기록하기

① 자유 탐구에서의 기록

- ㉓ 기록의 중요성: 기록을 하는 과정에서 학생 스스로 탐구 결과를 확인하고, 알고 있는 것, 더 알아야 할 것을 생각하며 과학자들이 하는 것과 같이 자신을 되돌아 보는 반성적 사고를 하는 중요한 경험을 할 수 있다.

㉔ 기록의 역할

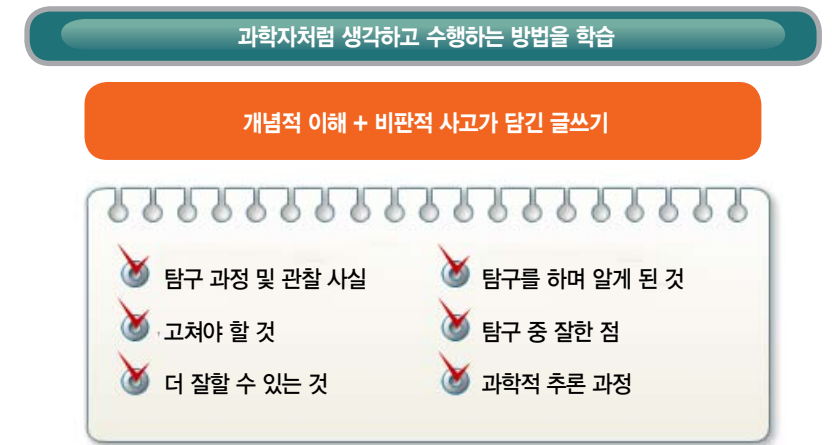
- 결과 도출 자료: 탐구일지나 사진, 동영상 자료 등 기록한 자료는 변환과 해석을 거쳐 결론을 도출하고 발표를 하는 원천이 된다.
- 탐구 활동 증거: 처음부터 끝까지 학생의 자유 탐구 과정을 확인할 수 있는 증거가 되기 때문에 평가 자료로 활용 가능하다.

표 VIII-7

② 자유 탐구 기록의 종류

㉓ 노트

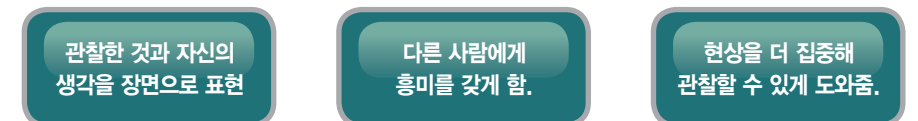
- 노트 기록의 의미와 포함 내용



- 노트 기록 지도 시 유의 사항
 - 단순 관찰 사실 기록 지양
 - 일정한 기록 간격 유지
 - 변인 통제를 하는 실험에서 변인에 따른 결과가 나타나도록 자세히 기록
 - 기록은 원본 유지

㉔ 그림

- 탐구에서 그림의 의미: 관찰한 것과 자신의 생각을 장면으로 표현하여 다른 사람에게는 흥미를 주고 자신에게는 현상에 더 집중할 수 있게 도와 준다.



- 그림을 그리는 방법: 상황에 따라 단순히, 변화된 모습을 자세히, 또는 모든 부분을 세밀하게 나타내기도 하는데, 탐구 방법과 과정에 맞추어 그린다.
 - 기르기 중심 탐구에서의 그림: 특징이나 변화된 모습을 세밀하게 그린다.
 - 만들기 중심 탐구에서의 그림: 작은 부분까지 세밀하게 그린다.(그림은 설계도)
 - 탐사·탐방 중심 탐구에서의 그림: 특징을 살려 단순하게 그린다.(시간의 제약)

㉔ 영상 기록물

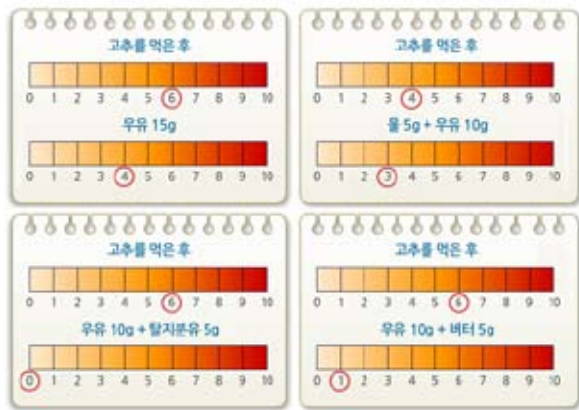
- 사진: 현상을 있는 그대로, 쉽고 빠르게 기록하고 보관할 수 있지만 사진 자료에만 의존하여 기록하는 것은 자유 탐구가 무분별한 자료 중심으로 흘러갈 수 있으므로 지양해야 함.
- 음성: 인터뷰를 하거나 소리 자료를 만들어야 할 때 사용. 쉽게 자료를 얻을 수 있지만 자료의 편집과 변환에 어려움도 있음.
- 동영상: 장면과 음성을 한 번에 기록할 수 있고, 특히 시간의 흐름에 제약을 덜 받기 때문에 변화되는 모습을 관찰하고 기록하기에 유용하지만 편집이 어렵고, 기기가 비싸다는 단점이 있음.

(나) 결과 정리하기

① 자료 변환

- 자료 변환의 예
 - 표나 그래프 등 다양한 방법으로 변환할 수 있는데, 이때, 변인들 사이의 관계가 잘 나타나도록 변환하여야 하고, 변환한 자료들은 더 쉽고 빠르게 해석할 수 있는 발판이 된다.

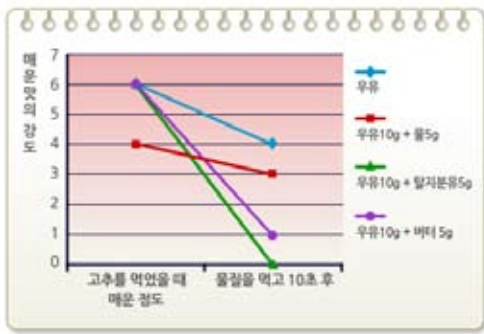
표 VIII-8



고추를 먹고 매운맛을 없애기 위한 방법에 대한 자료

실험 조건		물질을 먹은 후 매운 맛의 강도 변화 (먹기 전 → 먹고 10초 후)
우유	15g	6 → 4
우유10g + 물5g	15g	4 → 3
우유10g + 탈지분유5g	15g	6 → 0
우유10g + 버터 5g	15g	6 → 1

자료를 표로 변환



표를 그래프로 변환

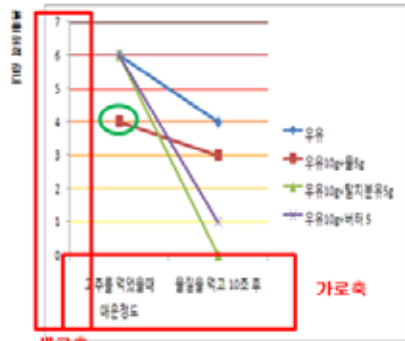
② 자료 해석

- 자료 해석의 예
 - 자료 해석 시 먼저 변인들 사이의 관계를 파악하고, 표는 1행과 1열, 그래프는 가로축과 세로축을 확인한다.

표 VIII-9

		종속변인 매운 맛의 강도 변화 (먹기 전 먹은 후)
독립변인	통제변인	
우유	15g	6 → 4
우유10g+물5g	15g	4 → 3
우유10g+탈지 분유5g	15g	6 → 0
우유10g+버터 5g	15g	6 → 1

표



그래프

4단계 보고서 작성하기(결론 도출하기 및 결과 보고서 작성하기)

(가) 보고서 작성하기 단계

보고서 작성하기 단계의 하위 활동에는 결론 도출 활동과 결과 보고서 작성하기 활동이 있다.

(나) 결론 도출하기

결론 도출은 자유 탐구 활동의 결과를 바탕으로, 처음 세웠던 가설이 옳은지 그른지를 판단하는 활동이다.

① 결론 도출 활동의 방법

- 탐구 문제 확인: 탐구하고자 했던 문제가 무엇이었는지 확인한다.
- 가설 확인: 탐구 실험을 수행할 때 설정했던 가설이 무엇이었는지 확인한다.
- 탐구 결과 분석: 탐구 실험 과정 중에 수집했던 자료를 분석한다.
- 가설 검증: 설정했던 가설이 옳은지 그른지를 점검한다.
- 결론 도출: 검증한 가설의 결과에 근거해 결론을 요약하여 진술한다.

② 결론 도출 지도 시 강조할 점

- 수집한 실험 결과에 근거하여 결론을 도출한다.
- 결과와 결론을 분명하게 구분하여 명확히 서술한다.
- 과도한 예측과 추측을 피한다.
- 가능한 한 간단 명료하게 진술한다.

(다) 결과 보고서 작성하기

결과 보고서 작성은 탐구의 전 과정과 핵심 내용을 다른 사람이 알아보기 쉽도록 일정한 서식에 따라 기록하는 활동이다.

① 개요 짜기

- 장점: 전체적인 틀을 파악함으로써 꼭 들어가야 하는 내용과 불필요한 내용을 점검할 수 있으며, 탐구의 목표가 잘 드러나는 체계적인 보고서를 작성할 수 있다.
- 내용: 탐구 주제, 탐구 동기, 탐구 문제, 탐구 계획, 탐구 결과, 결론, 더 알고 싶은 점, 느낀 점, 참고 자료 등을 적는다.

② 결과 보고서 작성 방법

- 탐구 주제: 전체적인 탐구 내용이나 탐구 목표를 포함하도록 짓는다.
- 탐구 동기: 구체적인 경험을 들어 탐구 주제를 선정하게 된 계기를 적는다.
- 탐구 문제: 탐구를 통해 알아보고자 하는 내용을 적는다.
- 탐구 계획: 준비물, 탐구 장소, 탐구 기간, 탐구 방법, 역할 분담에 대해 되도록 구체적이고 자세하게 적는다.
- 탐구 결과: 표, 그래프, 그림, 사진, 관찰 일지를 활용하여 탐구 활동의 결과를 정리한다.

- 실험 중심 탐구: 실험 과정과 실험 결과를 사진과 함께 자세히 기록
- 만들기 중심 탐구: 만들기 재료와 만드는 과정을 사진이나 그림과 함께 자세히 기록
- 기르기 중심 탐구: 식물이나 동물의 모습과 특징을 기록하고, 관찰일지 작성
- 탐사·탐방 중심 탐구: 기간과 일시, 현장의 약도, 만난 사람 등을 기록하고, 사진으로 증거 확보
- 결론: 탐구 활동 결과를 바탕으로 탐구 문제에 대한 최종적인 답을 적는다.
- 더 알고 싶은 점: 탐구를 하면서 궁금했던 점이나 더 탐구하고 싶은 내용을 적는다.
- 느낀 점: 솔직하게 느낀 점을 적는다.
- 참고 자료: 참고 도서의 제목, 지은이, 출판사, 출판 연도 등을 자세히 기록하며, 참고한 인터넷 사이트 주소 등도 기록한다.

5단계 탐구 결과 발표

(가) 자유 탐구 결과 발표의 의의

① 자유 탐구 결과 발표의 의미

자유 탐구의 마지막 단계인 탐구 결과 발표는 학생들이 스스로 수행하였던 자유 탐구 활동에 대한 과정과 결과들을 교사와 다른 학생들에게 발표하는 과정이다. 또한, 발표를 듣는 교사와 학생들이 이를 반성하는 단계이기도 하다.

② 기대 효과

- 자신의 탐구 결과를 효과적으로 표현하고 설명하는 과학적 의사소통 능력 신장
- 자신의 탐구 활동 과정 및 발표 과정에 대한 스스로 평가할 수 있는 능력 신장
- 자신의 탐구 활동에 대하여 반성적으로 사고할 수 있는 기회 제공
- 추후 자유 탐구 활동에 대한 다양한 아이디어와 정보 습득 및 공유

(나) 자유 탐구 발표 지도 방법

자유 탐구 발표에 포함되는 주요 내용



자유 탐구 발표 내용 구성 요소

이 5가지 요소는 자유 탐구 과정에서 핵심이 되는 부분으로서, 발표 자료 구성 및 실제 발표할 때 항상 염두에 두고 활동을 하도록 지도한다.

(다) 자유 탐구 결과 발표 계획 세우기

① 발표 형식 선정

자유 탐구 발표를 위하여 학생들에게 먼저 발표 형식을 결정하게 한다. 프리젠테이션, 포스터, 전시회, 시연 시범, 역할 놀이, UCC와 같은 다양한 발표 형식 중 자신의 탐구 결과를 효과적으로 발표할 수 있는 방법을 우선 선택하도록 한다.

② 발표 방법 계획

자신이 결정한 발표 형식에 따라 어떻게 발표 자료를 준비하여 발표할지 구체적인 세부 계획을 세운다.

③ 만드는 순서 및 역할 분담

발표 자료를 구성하는 순서에 따라 역할을 분담하여 발표 준비가 이루어지도록 지도한다.

④ 자료 목록 및 준비물

발표 자료를 구성하기 위해 필요한 자료 목록과 준비물을 목록으로 작성하게 한다.

⑤ 어려운 점과 해결 방법

모둠원과 상의하여 발표 자료를 만드는 데 어려운 점과 그에 대한 해결 방법을 생각하여 보도록 한다.

또한 최종적인 자료형태의 모습을 그림으로도 그려보도록 할 수 있다. 결과 발표 계획은 탐구 결과를 효과적으로 전달할 수 있는 방법을 학생들 스스로 결정하고 이에 따라 모둠원들과 협동하여 결과 발표를 준비하여 협동심을 키울 수 있도록 한다. 이에 앞서 교사의 제반 사항에 대한 안내가 필요하다.

(라) 자유 탐구 발표를 위하여 교사가 준비할 사항

① 발표 시기 선정

발표 시기는 학급별로 융통성 있게 진행하며 우수한 보고서일 경우에는 과학 행사 및 축제를 활용하는 것도 좋은 방법이다. 또한, 결과 발표 시 구두 발표와 컴퓨터를 활용하기 때문에 초등의 경우 국어와 재량 활동과 같은 타교과와의 통합적인 시간 운영을 고려해 볼 수 있다.

② 발표 시간 안내

발표 시간을 미리 안내하여 학생들이 발표 준비하는 데 참고하도록 한다. 보통 5분에서 10분 정도의 발표 시간이 주어지며, 종료 30초 전에 종을 이용하여 시간의 흐름을 알려 주는 것이 좋다. 또한, 만약 발표 시간을 초과했을 경우 교사의 질문을 통하여 미처 발표 못한 내용에 대하여 발표할 수 있도록 격려한다.

③ 발표 장소 선정

발표 장소는 교실뿐만 아니라 학교 복도, 강당, 다목적 교실 등을 활용하며 결과 발표의 내용, 방법, 형식 등을 고려하여 결정한다.

④ 발표 방법 안내

학생들의 자유 탐구 결과 발표를 효과적으로 하기 위해서는 무엇보다 발표 방법에 대한 지도가 필요하다. 청중들의 관심을 집중시키고 제한된 시간 동안 자신의 탐구 결과를 효과적으로 전달할 수 있는 방법에 대하여 지도한다.

⑤ 발표 형식 안내

발표 계획을 세울 때 다양한 발표 형식에 대하여 소개하여 학생들이 자신에게 효과적인 발표 형식을 자율적으로 결정하도록 한다. 또한, 하나의 발표 형식만을 사용하는 것이 아니라 다양한 발표 형식을 충분히 활용할 수 있도록 지도한다.

이밖에도 자유 탐구에 대한 평가 및 교사 발문 계획을 준비하여 학생들의 자유 탐구에 대한 다양한 정보를 제공할 수 있도록 준비해야 한다.

(마) 자유 탐구 발표 지도의 실제

① 자유 탐구 발표 방법에 대한 지도

자유 탐구의 발표는 어떻게 청중의 관심을 지속시키느냐가 중요하다. 발표를 서로 질문하고 답변하는 대화식으로 이끌어 간다면 청중과의 적극적인 상호 작용을 기대할 수 있으며 관심을 집중시킬 수 있다. 또한, 발표 시작이나 도중에 탐구하면서 겪었던 재미있었던 일화 및 관련된 과학 역사, 실험 시연, 재미있는 동영상 등을 짧막하게 소개하는 것도 좋은 발표 방법이다. 발표에서는 말의 속도와 음량, 장단을 변화시켜 중요한 점을 강조하며 어려운 내용에 대하여 쉬운 의미로 풀어서 설명하고 가능한 중언부언을 피하도록 지도한다.

② 다양한 자유 탐구 발표 형식

- 프리젠테이션 형식을 이용한 발표
- 포스터 형식을 이용한 발표
- 전시회 형식을 이용한 발표
- 시연, 시범 형식을 이용한 발표
- 역할 놀이 형식을 이용한 발표
- UCC 형식을 이용한 발표

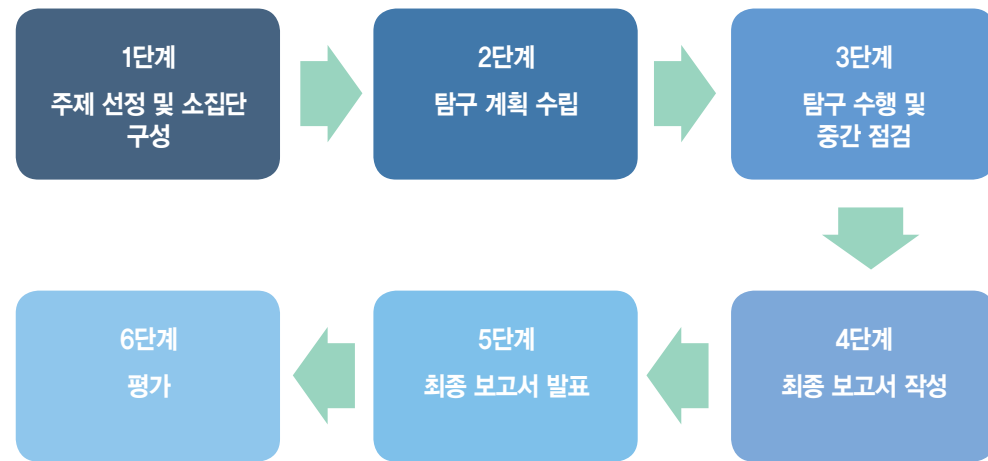
5. 자유 탐구 지도 단계

‘자유 탐구’는 학생들 스스로 장기간 탐구를 할 수 있는 기회를 제공함으로써 종합적인 탐구 능력을 기르도록 하는 데 그 목적이 있다. 따라서 교사는 자유 탐구 과정을 안내하고 조언을 하는 역할을 하도록 하며, 자유 탐구 활동은 주제 선정부터 계획 수립, 탐구 수행, 결과 발표에 이르기까지 학생이 주도하여 창의적으로 수행할 수 있도록 한다. 그러나 자유 탐구는 긴 기간 동안 이루어지고 학생 스스로 해야 하는 활동인 만큼 적절한 시기에 적절한 도움이 없다면 학생들이 많은 어려움을 겪을 수 있다. 따라서 교사는 이러한 점을 고려하여 학기 중에 체계적이고 지속적으로 적절한 격려와 조언을 할 수 있는 기회를 가짐으로써 학생들의 자유 탐구 수행에 필요한 도움을 주도록 한다.

자유 탐구는 다양한 방법을 활용하여 지도할 수 있지만, 소집단 탐구(Group Investigation) 기법을 사용하면 효율적으로 지도할 수 있다. 소집단 탐구는 협동 학습 기법 중의 하나로, 학생들에게 넓고 다양한 학습 경험을 제공하기 위해 설계된 것이다. 이는 이미 정해진 지식이나 기능 습득보다는 여러 측면의 문제를 해결하기 위해서 정보를 습득, 분석, 종합하는 통합적 학습에 적합하다. 또한, 이는 주제 선정, 탐구 방법 선정, 정보 수집 및 분석, 결과 발표 등에 대해서 학생들에게 최대한 책임과 자유를 부여하는 방식으로 자유 탐구의 취지에도 잘 부합한다.

소집단 탐구 기법을 사용한 자유 탐구 지도 방법을 예시하면 다음과 같다. 아래 예시를 참고하되, 학교나 학생의 특성을 고려하여 자유롭게 적용할 수 있다. 한편 자유 탐구는 개별적으로도 수행 가능하며, 그 절차는 소집단 탐구와 유사하게 진행할 수 있다.

표 VIII-11



자유 탐구 지도의 단계

(1) 1단계: 주제 선정 및 소집단 구성

1단계에서는 제시된 큰 주제에 대하여 학생들이 브레인스토밍을 통해서 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 구성하되, 성별, 능력 등에서 이질 집단으로 구성하는 것이 바람직하다. 한편 소집단을 먼저 구성한 뒤에 구성원들이 논의하여 주제를 선정할 수도 있다.

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

[1단계 실행 절차 예시]

- ① 교사는 학생들에게 “이번 주제는 해양에 대한 탐구입니다. 바다에 대해서 알고 싶거나 더 깊게 탐구하고 싶은 주제를 자유롭게 발표하세요.”라고 안내한다.
- ② 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
- ③ 학생들이 발표한 다양한 주제들에서 공통된 소주제들끼리 묶어 범주화한다. (예) 바다 깊은 곳에 사는 생물의 종류와 특징, 해양에 대한 소설의 종류와 관련된 과학 지식, 배의 발달 과정과 원리, 심해저 탐사 기술의 발달 과정, 미래 해양 개발의 방향 등
- ④ 학생들은 각 소주제에 대해서 탐구할 소집단을 구성한다.

(2) 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]

- ① 우리 팀의 구성원 파악 및 역할 분담
- ② 우리가 알고 싶은 세부 내용 분석
- ③ 필요한 정보를 구할 수 있는 출처 파악
- ④ 탐구 결과 발표 방법 및 절차 상세화 등

(3) 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. 조별로 탐구 수행 진행 상황을 발표하게 하면 학생들은 서로의 장단점을 보고 도움을 받을 수 있다.

- ① 학생들은 정보를 수집하고, 데이터를 분석하여 결론을 도출한다.
- ② 각 구성원은 맡은 일을 수행하고, 아이디어를 교환, 토의하고 종합한다.

(4) 4단계: 최종 보고서 작성

4단계는 최종 보고서를 작성하는 단계이다.

- ① 구성원들은 해당 팀에서 알아낸 핵심 내용이 무엇인지 결정한다.
- ② 보고할 내용과 발표할 방법을 결정한다.

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

(5) 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.

- ① 발표는 간결하고 명료하게 하되 강의 형태는 지양한다.
- ② 시청각 자료를 사용한다.
- ③ 필요하면 공식적으로 토론을 전개할 수도 있다
- ④ 활동의 일부를 극화하거나 시뮬레이션 하는 것도 가능하다.
- ⑤ 음악, 율동 등으로 표현할 수도 있다.
- ⑥ 학생들의 관심을 끌기 위해서 퀴즈 형태를 활용할 수도 있다.
- ⑦ 그림, 사진 등을 전시할 수도 있다.

지금까지 예시한 자유 탐구 활동 관련 자료는 하나의 참고 자료일 뿐 모든 학교, 모든 내용에서 이러한 체제로 운영하라는 것은 아니다. 해당 학교의 사정, 탐구 내용, 탐구 수준, 학생 준비도 등에 따라 다양한 방식을 적용해 보는 것이 바람직할 것이다.

6. 자유 탐구의 평가

(1) 교육과정에 제시된 자유 탐구의 평가

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, 자유 탐구에서는 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 평가를 지양하고 학생 활동 관찰, 보고서 또는 산출물 검토 등을 활용하여 결과 중심보다는 과정 중심의 평가를 하는 것이 바람직하다.

탐구 단계별 평가 관점 및 평가 방법을 예시하면 다음과 같다.

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 학생 면담
	발표 내용 이해의 용이성	
	발표 방법의 창의성	

한편 평가 결과는 개별 탐구일 경우에는 개별적으로 점수를 부여하지만, 소집단 탐구를 할 경우에는 소집단 공통으로 점수를 부여하는 방안과 소집단에 대한 기여도를 고려한 개별 점수와 소집단 공통 점수를 합산하여 부여하는 방안 등이 있을 수 있다.

또한, 학생 스스로 하지 않고 다른 사람이 대신해 주거나 인터넷 등에서 베껴서 제출할 가능성을 방지하기 위해서는 결과 제출 시 그러한 결과물을 얻은 과정을 보여 주는 다음과 같은 증거 자료도 함께 제출하게 해야 한다.

- ① 탐방이나 방문을 요청하는 편지와 승인서
- ② 방문지와 방문한 사람들과의 기념 사진
- ③ 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 위해 다음과 같은 질문을 활용할 수도 있고, 이러한 사항이 보고서에 포함되도록 지도할 수도 있다.

- ① 결과물을 제작하는 동안에 어떤 과정을 거쳤는가?
- ② 누가 또는 무엇이 결과물 제작에 영향을 미쳤는가?
- ③ 어떤 모험을 경험하였는가?
- ④ 활동 과정에서 예기치 못한 상황이 발생하지 않았는가?
- ⑤ 어떤 새로운 지식을 얻었는가?
- ⑥ 무엇을 배우게 되었는가?
- ⑦ 이 결과물에 대해 의문점은 없는가?
- ⑧ 만일 다시 이러한 결과물을 제작한다면 어떤 점을 다르게 하겠는가? 등

(2) 자유 탐구 평가의 실제

자유 탐구는 평가 방법을 다양화하여 실시할 수 있다. 즉, 자유 탐구는 수행 평가에서 사용되는 관찰 평가, 탐구 보고서 평가, 포트폴리오 평가 등을 사용하여 평가할 수 있다. 자유 탐구의 평가에 대한 구체적인 예로 자유 탐구 단계에 따른 평가 준거를 제시하면 <표 VIII-13>과 같다.

표 VIII-13

자유 탐구의 단계	평가 준거
탐구 문제 찾기	① 탐구 문제가 창의적인가? ② 탐구 문제가 해결 가능한가? ③ 탐구 문제를 선정하는 데 적극적인가? ④ 탐구의 목표가 명확한가?
탐구 계획 세우기	① 탐구 문제의 해결에 적합한 탐구 방법을 선택하였는가? ② 탐구 계획이 과학적인가? ③ 탐구 계획이 체계적인가? ④ 탐구 계획이 구체적인가? ⑤ 탐구 계획을 세우는 데 적극적인가? ⑥ 탐구 계획은 실천 가능하게 작성되었는가?
탐구하기	① 계획대로 일정이 추진되는가? ② 탐구 수행이 지속적인가? ③ 탐구 수행이 합리적인가? ④ 탐구 수행을 성실하게 했는가? ⑤ 탐구 수행에서 협동하였는가?
보고서 작성하기	① 결론 도출이 적합한가? ② 탐구 보고서가 수행 과정과 일치하는가? ③ 탐구 보고서의 내용이 체계적인가? ④ 탐구 보고서의 내용이 우수한가?
탐구 내용 발표하기	① 결과 발표 내용이 정확한가? ② 발표 내용이 이해하기 용이한가? ③ 발표 방법이 창의적인가? ④ 발표 준비와 발표에 적극적인가?

1. 과학 글쓰기의 의미와 필요성

2007 개정 교육과정의 과학과 목표에서 언급한 바와 같이, 과학 교과는 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 일상생활의 문제를 창의적이고 합리적으로 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 기르기 위한 교과이다. 이에 과학 글쓰기는 과학 학습에 있어서 지식과 개념을 배우는 것을 넘어, 그 지식을 생활환경과 사회문제에 연관시켜 생각하는 데 매우 타당한 학습 방법으로, 학습자 개인의 과학적 소양을 촉진하는 데 적합하다. 이러한 까닭으로 오늘날 과학 학습에서 글쓰기가 조명 받고 있으며, 2007 개정 과학과 교과에서 과학 기술의 사회적 책무성을 강조하며 과학 글쓰기가 신설되었다.

2007 개정 교육과정에 따른 5~6학년 과학 교과서는 과학적 소양을 기르기 위한 방법 중의 하나로서, 과학 교과서 각 단원의 ‘O’단계(Organizing knowledge) 차시에 ‘과학 글쓰기’ 활동을 제시하였다.

(1) ‘과학 글쓰기’의 의미

일반적으로 의미하는 과학 글쓰기(science writing)에는 두 가지 종류가 있다. 하나는 과학적 대상에 관해 글을 쓰는 것이고(writing about science), 다른 하나는 과학적인 맥락이나 문맥으로 글을 쓰는 것이다(writing in the context of science).

과학적 대상에 관해 글을 쓰는 것은 과학을 하나의 대상으로, 또는 하나의 주제로 취급하여 다양한 유형의 글을 쓰는 것이다(정희모 외 역, 2008). 예를 들어, 계절의 변화 원인을 하나의 소설로 구성하거나 동시를 작성하는 것이 이에 해당된다. 이와 같은 글쓰기는 과학적 대상을 소재로 하여 시, 소설, 극본 등 다른 장르로 글을 쓰는 글쓰기의 한 형식이라 할 수 있다.

다른 하나의 과학 글쓰기는 글에서 다루고 있는 대상이나 화제보다 표현 방식을 중요시하는 것으로서, 과학적 맥락과 형식의 지배를 받는 글쓰기이다. 이러한 의미의 과학 글쓰기는 객관적인 방법을 통해 특정한 독자를 대상으로 사실적인 정보를 전달하고 보고하는 글쓰기로서, 기술 글쓰기(Technical Writing)의 범주에 속한다. 그 예로 실험 보고서나 자유 탐구 결과 보고서, 과학 논문과 같은 글을 들 수 있다.

하지만 초등학교 학생들의 인지 발달 단계와 과학에 대한 흥미와 관심 등을 고려하였을 때, 초등학교 교과서에 제시되는 과학 글쓰기는 전자인 과학적 대상에 관해 글을 쓰는 의미의 과학 글쓰기가 적합하다. 이야기 쓰기와 같은 글쓰기 유형은 대부분의 학생들이 친숙해 하는 장르로서(Wellington & Osborne, 2001), 학생들에게 친숙한 장르를 사용함으로써 초등학생들이 자신의 생각을 문자 언어로 표현하도록 돕는 과정으로 시작하는 것이 필요하다. 좀 더 형식적인 글로 과학적·기술적 장르의 글을 쓰는 데 어려움이 있는 학생들은 다양한 유형의 글쓰기를 통해서 자신들의 개인적인 경험과 과학적 아이디어를 연결 짓는 기회를 가질 수 있기 때문이다. 따라서 초등학교 과학 교과용 도서에서 다루는 과학 글쓰기는 과학적 대상에 관해 다양한 유형의 글을 쓰는 것으로 정의한다.

(2) ‘과학 글쓰기’의 필요성

과학 교육에서 사용되는 과학 글쓰기는 과학 교과 학습의 방법으로서, 즉 글쓰기를 통한 과학 교과 내용 학습을 목적으로 하는 학습 작문(writing-to-learn)이라 할 수 있다. 기존의 과학 글쓰기는 과학 수업 시간에 교사가 가르치는 과학 개념들의 이해와 기억의 수단, 또는 학습 결과를 평가하기 위한 도구로 인식되고 사용되었지만, 과학 글쓰기에 대한 최근의 연구 결과에서는 과학 글쓰기의 새로운 잠재력을 보

여 주고 있다. 과학 글쓰기에 대한 여러 연구 결과를 토대로 과학 교육에서의 과학 글쓰기 필요성을 정리하면 다음과 같다.

(가) 과학 글쓰기는 학생들로 하여금 자신의 생각과 전달하고자 하는 의미를 반영하고 구성할 수 있는 기회를 제공한다(Prain, 2006).

과학 글쓰기를 통하여 학생들은 자신이 구성한 과학 지식과 지식의 의미 구성 과정을 표현할 뿐만 아니라, 글쓰기 과정을 통하여 새로운 내용을 구성할 수 있는 사고 과정을 갖게 된다.

(나) 과학 글쓰기를 통하여 교사들은 학생들의 선개념 또는 개념 구성을 파악할 수 있다(이호진과 최경희, 2004).

과학 학습을 하기 전의 과학 글쓰기는 학생들이 갖고 있는 선개념(대안 개념)을 파악하여 교수·학습 설계에 도움이 된다. 또한, 과학 학습 과정 중이나 후에 이루어지는 과학 글쓰기는 학생들의 개념 구성을 파악하는 데 도움이 된다.

(다) 과학 글쓰기는 학생들의 이해와 의사소통을 향상시킨다.

학생들은 과학 글쓰기를 통하여 과학 개념을 비롯한 과학 지식에 대한 자신의 이해를 발전시키며, 자신이 쓴 글을 통해 경험, 생각, 주장에 대해 다른 사람과 의사소통을 할 수 있다(Howard, 1988).

(라) 과학 글쓰기는 학생들로 하여금 자신들의 생각과 아이디어를 명료화·체계화에 기여한다(Furtak, 2008).

과학 글쓰기는 단순한 지식 획득을 위한 학습으로서의 역할뿐만 아니라 어떠한 대상에 대한 사람들 간의 반응을 만들고, 아이디어를 명료화하고 지식의 구성 및 체계화를 돕는다. 즉, 글쓰기 행위는 글을 쓰는 사람의 사고와 전달하고자 하는 내용을 반영할 수 있는 기회를 제공하는 것이며, 학습자 개인의 의미 달성을 촉진한다(Rivard, 1994).

(마) 과학 글쓰기는 문자 언어의 사용을 통하여 학습자들이 과학 학습에 능동적으로 참여하게 한다.

음성 언어를 이용하는 말하기에 비하여 문자 언어를 사용하는 글쓰기는 학습자의 특성에 관계없이 과학 학습에 참여할 기회를 보다 균등하게 제공하므로, 학습자들이 과학 학습에 능동적으로 참여할 수 있게 한다.

(바) 과학 글쓰기의 목적, 유형(장르), 독자를 다양하게 확대시킨 글쓰기는 과학적 지식과 절차적 방법에서 학습 결과를 향상시킨다(Prain, 2006; Prain & Hand, 1999).

2. 과학 글쓰기 지도 방법

국어 시간을 비롯한 다른 교과 시간에 이루어지는 학생들의 글쓰기는 글쓰기 과정에 대한 구체적인 지도나 교수 없이 교과서나 교사에 의해 정해진 주제와 유형의 글을 쓰도록 하는 것이 일반적이다. 이러한 과정에서 많은 학생들은 글쓰기 과정을 매우 어렵고 힘든 것으로 인식하게 된다. 또한, 교사들이 학생들의 글쓰기 과정보다 결과물에 치중하여 학생들의 글을 평가용으로만 사용할 경우에 이러한 인식은 더욱 심화될 수 있다.

따라서 학생들에게 과학 글쓰기를 지도할 때, 교사는 학생들에게 과학 글쓰기가 과학 학습에서 유의미한 활동이라는 인식을 보여 주어야 하며, 학생들의 과학 글쓰기 동기를 자극하고 지속시키기 위한 유의미한 과학 글쓰기 활동을 조직해야 한다.

그러기 위해 교사는 초등학생들이 선호하고 친숙해하는 다양한 유형의 과학 글쓰기 활동을 통하여 학생들이 다양하고 폭넓은 유형(장르)의 글을 접하고, 글쓰기를 경험하여 그들의 배경 지식을 확대할 수 있도록 해야 한다. 또한, 글쓰기 과정이 순환적이고 반복적인 과정임을 알고 각 단계에서 교사의 모델링과 지속적인 피드백이 중요한 것을 인식해야 한다.

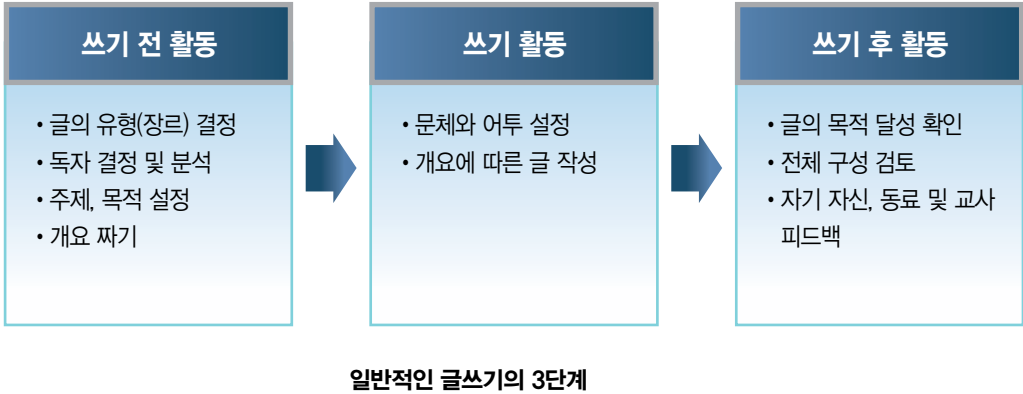
(1) 과학 글쓰기의 유형(Types of Science Writing, Genre)

- (가) 설명하는 글쓰기
- (나) 상상하여 글쓰기
- (다) 비교하는 글쓰기
- (라) 설득하는 글쓰기
- (마) 편지 쓰기
- (바) 광고 만들기
- (사) 이야기 쓰기
- (자) 극본 쓰기
- (차) 소책자 만들기
- (카) 보고서 쓰기
- (타) 동시 쓰기

(2) 과학 글쓰기 과정 및 지도 방법

일반적인 글쓰기 과정은 ‘쓰기 전 활동(pre-writing)→쓰기 활동(writing)→쓰기 후 활동(post-writing)’ 또는 ‘계획하기→쓰기→수정하기’로 이루어지는데, 과학 글쓰기도 이런 단계를 거친다. 일반적인 글쓰기 과정의 3단계를 좀 더 세분화하면 POWER(Plan, Organize, Write, Evaluate and Revise)로 아래와 같이 나타낼 수 있다.

표 IX-1



(가) Plan(계획하기)

‘계획하기’는 글쓰기를 시작하기 전에 작성할 글의 주제, 목적, 독자, 장르를 확인하고, 아이디어를 생성하는 단계이다. 계획하기 단계에서 이루어지는 개요 짜기는 글 전체의 설계도와 같은 것으로, 개요를 어떻게 작성하느냐에 따라 글쓰기의 과정과 내용이 달라질 수 있으며, 글의 유형에 따라 약간씩 달라진다. 많은 학생들이 전체 글쓰기 과정에서 계획하기 단계를 소홀히 하는 경향이 있으나, 전문적인 필자(writer)들은 전체 글쓰기 시간의 1/4을 사용할 정도로 중요하게 여기는 단계이다. 이 단계에서 교사는 학생들에게 계획하기 단계의 중요성과 계획하기 방법을 지도해야 한다. 계획하기 단계에서 교사는 학생들로 하여금 그들이 작성할 글의 주제와 목적에 맞는 글의 유형을 선정하고, 독자를 분석한 후 브레인스토밍을 통하여 떠오르는 아이디어들을 빈 종이에 적을 수 있도록 해야 한다.

예시> 계획하기 단계의 개요 짜기 예시:

글의 주제	산성비 피해를 줄이기 위한 국제 협력 요청
글의 목적	산성비의 원인과 피해를 설명하여 국제적으로 산성비 피해를 줄인다.
글의 유형	설명하는 글쓰기
글의 독자	여러 나라의 환경부 장관
브레인스토밍	
글의 개요	1. 처음 산성비의 의미 2. 중간 1) 산성비의 피해 토양 산성화, 식물 성장에 악영향, 건축물 부식, 문화재 부식, 피부병, 탈모 등 2) 산성비의 원인 자동차 매연, 공장 연기에 섞인 오염 물질 3. 끝 산성비 피해를 위한 노력과 여러 가지 방안 산성비 피해를 막기 위한 국제적인 협력이 필요한 이유

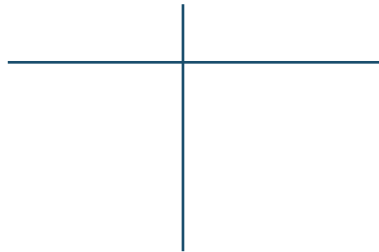
(나) Organize(조직하기)

조직하기 단계에서는 계획하기 단계에서 브레인스토밍을 통하여 생성한 아이디어나 내용들을 글의 구조에 적합한 그래픽 조직자(graphic organizer)를 사용하여 시각적으로 조직화한다. 과학 글쓰기 단계에서 사용할 수 있는 대표적인 그래픽 조직자는 다음과 같다.

그래픽 조직자

① 표

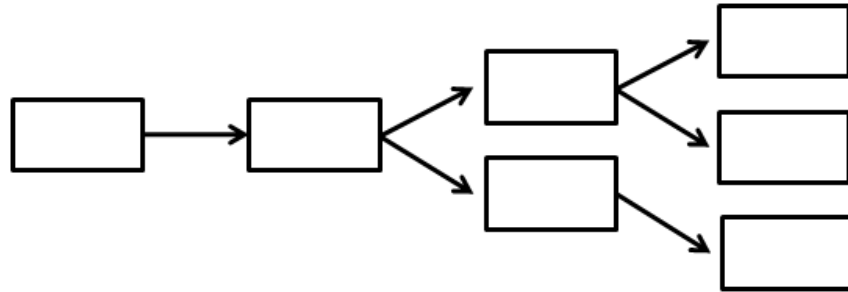
② T-차트



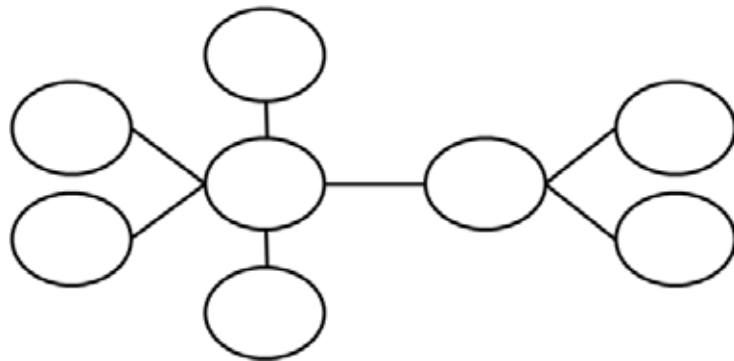
③ 분류도



④ 흐름도



⑤ 개념도



예시) T-차트: 사막여우와 북극여우 비교하는 글쓰기를 위한 그래픽 조직자

사막여우	북극여우
*몸집이 작다 *귀가 크다 *털 색이 누렇다 *아프리카의 사막 지대에 산다	*몸집이 크다 *귀가 뭉툭하고 작다 *털 색이 하얗다 *알래스카와 같은 극지방에 산다

(다) Write(글쓰기)

글쓰기 단계에서는 계획하기 단계와 조직하기 단계를 통하여 생성된 내용을 토대로 직접 글을 작성한다. 뼈에 살을 붙이듯 개요짜기에 아이디어와 내용들을 확장시켜가면서 글을 쓰도록 한다. 글쓰기 단계에서 교사는 학생들이 계획하기 단계에서와 같이 글의 주제, 목적, 유형, 독자를 인식하면서 글을 쓸 수 있도록 해야 한다.

글을 쓰는 과정에서는 처음에 계획하기 단계에서 세웠던 계획들을 수정하거나 내용의 일부를 삭제할 수 있다. 글을 쓰는 동안에 학생들은 자신들의 생각을 다듬기 때문에 계획하기 단계에서 생각했던 내용은 글을 쓰면서 바뀔 수 있다. 이런 경우, 교사는 처음 계획한 내용을 고집하기 보다는 전체적인 맥락을 고려하여 적절히 수정할 수 있도록 돕는 것이 바람직하다. 수정해야 하는 이유가 분명하고 타당하다면 수정은 이루어질 수 있다.

(라) Evaluate(평가하기)

평가하기는 학생들 스스로 자신이 쓴 글로부터 거리를 두고 비판적으로 글을 평가하는 과정으로서, 글을 쓴 사람의 목적과 의도가 달성하였는지의 여부를 평가하는 과정으로 초점을 두어야 한다. 평가하기 단계에서는 학생들이 선정한 주제, 목적, 독자, 장르에 맞는 글의 구조와 관련된 기준뿐만 아니라, 글의 명료성과 같은 일반적인 기준이 포함된 평가 기준을 사용하여 학생들이 작성한 글을 자신 자신과 학급 친구, 교사가 평가하여 피드백 하도록 한다. 글을 쓴 사람이 그 글의 첫 번째 독자가 되어, 자신의 생각과 아이디어가 선정된 주제, 목적, 독자, 장르에 맞게 표현되었는지 평가할 수 있도록 한다.

평가의 기준은 글의 유형과 관계없이 적용할 수 있는 일반 항목들과 글의 유형에 따라 다르게 적용할 수 있는 특수한 항목들을 따로 나누어 정할 수 있다. 이것은 설명하는 글쓰기의 평가 기준과 광고 만들기 등의 평가 기준은 다소 차이가 날 수 있음을 의미한다.

교사가 학생들이 작성한 글에 대하여 평가하고 피드백을 할 때에는 “잘 썼구나”, “좀 더 잘 써보렴”과 같은 평가보다는 보다 구체적이고 분명한 정보를 제공하므로써 유의미한 피드백이 되도록 하는 것이 중요하다.

또한, 평가하기 단계에서 교사는 학생들이 작성한 글을 교수·학습 평가용으로 사용하여서는 안 된다. 이것은 학생들이 과학 글쓰기를 싫어하거나 부정적으로 생각하도록 만들 수 있으며, 학생들이 자신을 비롯한 학급 동료, 교사로부터 받은 피드백으로부터 글을 수정할 수 있는 기회를 박탈하는 것이다. 그러므로 교사는 과학 글쓰기의 평가하기 단계가 학생들의 성적을 평가하는 단계가 아니며, 더 나은 글쓰기를 위한 하나의 과정임을 반드시 기억해야 한다.

(마) Revise(수정하기)

글쓰기에 미숙한 사람들은 수정하기를 이미 써놓은 글의 잘못된 부분을 고쳐서 깔끔한 글을 만드는 과정이나 글쓰기 과정 중의 고정된 마지막 단계로 편협하게 생각하는 경향이 있다(Macarthur et al., 1991). 하지만 수정하기는 글쓰기 과정의 모든 시점에서 이루어진다(Fitzgerald, 1987). 수정하기는 글을 쓰기 전 계획하기 단계와 조직하기 단계에서도 글의 내용이나 구성을 변경할 수 있으며, 글을 쓰는 과정 중에서도 끊임없이 이루어진다. 또한, 자기가 자신이 쓴 글의 비평가 입장이 되어 스스로 평가하거나 동료들의 글을 평가하는 기회를 통하여 끊임없이 인지적인 수정 과정을 거치게 된다.

수정하기는 글을 쓴 사람이 의도한 의미와 실제 의미 사이의 간격을 발견하는 과정으로서, 즉 학생들에게는 그들의 목표와 예상 독자를 고려하여 글쓰기 전 과정에 걸쳐 계속적으로 이루어지는 과정이다. 따라서 교사는 학생들이 글을 쓰는 전 과정에 걸쳐 수정하기를 할 수 있도록 격려하되, 국어 문법에 너무 치중하지 않도록 주의한다.

5학년 1학기

월	주	단원	차시	학습 주제	비고
3	1	1. 지구와 달	1	지구와 달 모양을 맞추어 볼까요?	
			2	지구는 어떤 모양일까요?	
	2		3	달은 어떤 모습일까요?	
			4	지구에 생물이 살 수 있는 까닭은 무엇일까요?	
			5	낮과 밤이 생기는 까닭은 무엇일까요?	
	3		6	태양은 왜 움직이는 것처럼 보일까요?	
			7	하루 동안 달은 어떤 방향으로 움직일까요?	
	4		8~9	여러 날 동안 같은 시각에 달을 관찰하면 모양과 위치는 어떻게 변할까요?	
			10	지구와 달에 대하여 정리해 볼까요?	
			11	천체 망원경으로 달 표면을 관찰하여 볼까요?	
			4	2. 전기 회로	1
2	전지와 전구를 어떻게 연결해야 불이 켜질까요?				
3	전기가 통하는 물체에는 어떤 것이 있을까요?				
4	전지의 연결 방법에 따라 전구의 밝기는 어떻게 달라질까요?				
5	전구의 연결 방법에 따라 전구의 밝기는 어떻게 달라질까요?				
6	전기 회로를 간단하게 나타내어 볼까요?				
7	전류가 흐르는 방향을 알아볼까요?				
8	전기를 안전하게 이용하는 방법은 무엇일까요?				
9	전기 회로에 대하여 정리해 볼까요?				
10	나만의 전지를 만들어 볼까요?				
5	1	3. 식물의 구조와 기능	1	같은 식물을 찾아볼까요?	
			2~3	뿌리의 구조와 하는 일을 알아볼까요?	
			4	줄기의 겉모양과 하는 일을 알아볼까요?	
			5	줄기에서 물은 어떻게 이동할까요?	
	2		6	잎의 구조를 알아볼까요?	
			7	잎에서 만들어지는 물질은 무엇일까요?	
			8	잎에 도달한 물은 어떻게 될까요?	
			9	꽃의 구조와 하는 일을 알아볼까요?	
	3		10	열매의 구조와 하는 일을 알아볼까요?	
			11	식물의 구조와 각 부분의 기능에 대하여 정리해 볼까요?	
			12	우리 학교 식물도감을 만들어 볼까요?	
			4	4. 작은 생물의 세계	1
2	우리 주변에는 어떤 작은 생물이 있을까요?				
1	3~4	물에 사는 작은 생물을 알아볼까요?			
	5~6	땅에 사는 작은 생물을 알아볼까요?			
2	7	작은 생물을 키워 볼까요?			
	8	작은 생물은 우리 생활과 어떤 관계가 있을까요?			
	9	곰팡이, 세균, 바이러스는 우리 건강에 어떤 영향을 미칠까요?			
3		10	작은 생물의 세계에 대하여 정리해 볼까요?		
		11	작은 생물 생태 지도를 만들어 볼까요?		

- * 교육과정상에 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.

참고 문헌

교육부(1998). 수행 평가의 이해. 교육부 교육정책홍보관실 교육홍보자료.

교육인적자원부(2007). 2007 개정 과학과 교육과정 해설서.

교육과학기술부, 한국과학 창의재단, 한국교원대학교 과학 교육 연구소(2009). 초등 과학 전문교사가 되기 위한 과학 교수법 및 평가방법의 실제 4학년용. 한국교원대학교 과학교육연구소.

강호감, 공영태, 권혁순, 김재영, 배진호, 송명섭, 신영준, 양일호, 윤혜경, 이대형, 이명제, 임채성, 임희준, 장신호, 전영석, 채동현(2007). 초등 과학 교육론. 서울: 교육과학사.

권용주, 신동훈, 한혜영, 박윤복(2004). 과학적 관찰과 규칙성 발견 활동에서 나타나는 감성 단어 유형과 과학 지식 생성력과의 관계. 한국과학 교육학회지, 24(6), 1106~1117.

권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비 과학 교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학 교육학회지, 20(1), 29~42.

권용주, 이준기 (2010). 분류 지식의 생성과 이해 형태 학습을 통한 학생들의 두뇌활성 변화. 한국과학 교육학회지, 30(4), 487~497.

권용주, 정진수, 강민정, 박윤복 (2005). 생명현상에 대한 초,중등 과학교사의 관찰에서 나타난 과학적 관찰의 유형. 한국과학 교육학회지, 25(3), 431~439.

권용주, 정진수, 이준기, 신동훈, 양일호(2007). 생명현상에 대한 가설 검증방법의 고안과정에서 나타나는 초등 예비 교사의 두뇌 활성 - fMRI 연구. 한국생물교육학회지, 35(2), 212~224.

권용주, 정진수, 이준기, 이일선 (2008). 과학적 탐구사고력 향상을 위한 과학 지식의 생성과 평가. 서울: 메이드.

김동렬, 손연아, 문두호 (2007). 동기 유발 전략을 적용한 하이퍼미디어 학습 프로그램이 학생들의 인지 수준에 따른 생물 학업 성취도와 학습 동기에 미치는 효과. 한국생물교육학회지, 35(1), 38~51.

김성수(2006)(역). 과학 글쓰기 핸드북. 木下是雄의 理科系の 作文技術. 사이언스북스.

김성일 (2006). 뇌 기반 학습과학: 뇌과학이 교육에 대해 말하여주는 것은 무엇인가? 인지과학, 17(4), 375~398.

김수동, 전영석, 김동영, 신영준, 이봉우, 최돈형, 최원호, 홍준의 (2005). 과학 수업에서 학생평가를 잘 하려면. 한국교육과정평가원 연구보고, ORM 2005-51-5.

김주훈, 김영애, 정구향(2001). 제7차 교육과정에 따른 초등학교 과학과 성취 기준과 평가 기준 예시 평가 도구의 개발 연구. 한국교육과정평가원 연구보고, RRE 2001.

김찬중(1996). 수업 내용이나 활동에 적합한 과학과 교수·학습 모형 선택을 위한 절차 개발 연구. 과학과 수학교육, 17, 143 ~ 170, 청주교육대학교 과학 교육연구소.

김찬중, 채동현, 임채성 (1999). 과학 교육학개론. 서울: 북스힐

김한호, 권재술(1995). 발견수업 모형과 가설 검증수업 모형에 대한 이론적 분석과 현장 적용 연구. 한국초등과학 교육학회지, 14(2), 149~162.

남명호, 김성숙, 지은림 (2000). 수행 평가 이해와 적용. 서울: 문음사.

노태희, 김동연, 김혜경, 홍은경, 강석진, 채우기, 노석구(1997). 문제 해결식 교수 방법이 학생의 성취도, 과학 과정기술, 과학활동인식에 미치는 효과. 한국과학 교육학회지, 17(1), 45~54.

박승재(1985). 과학 교육. 교육과학사.

박승재, 조희형(1999). 교수·학습이론과 과학 교육, 서울: 교육과학사.

신동훈 (2006). 생물학 가설생성에서 나타나는 과학적 감성의 생성 과정 설명을 위한 신경 인지적 모형 개발. 한국생물교육학회지, 34(2), 232~245.

신형기(2006). 과학 글쓰기. 사이언스북스.

윤길수, 전우수, 이명제, 김경호, 김도옥(2001). 초등 과학 교육, 형설출판사.

이준기, 이일선, 권용주 (2010). 과학 교수·학습 프로그램의 평가를 위한 두뇌 기반 분석틀의 개발, 한국과학교육학회, 30(5), 647~667.

이준기, 권용주 (2008). 생명현상에 대한 과학적 가설생성과 이해 과정에서 나타나는 감성의 유형. 중등 교육연구, 56(3), 1~36.

이준기, 이일선, 권용주(2009). 생명현상에 관한 가설평가과정에서 나타나는 두뇌활성양상 및 기능적 연결 네트워크. 생물교육학회지, 309~320.

이혜정, 정진수, 박국태, 권용주(2004). 초등학생들과 초등예비교사들이 관찰 활동에서 생성한 과학적 의문의 유형. 한국과학 교육학회지, 24(5), 1018~1027.

이호진, 최경희(2004). 과학 글쓰기에 나타나는 초등학생들의 선행 개념 및 오개념. 교과교육학연구, 제 8권 3호, 421~435.

임채성(2005). 뇌 기능에 기초한 과학 교수 학습: 뇌기능과 학교 과학의 정의적·심체적·인지적 영역의 연계적 통합 모형. 초등 과학 교육, 24(1), 86~101.

임채성(2009). 뇌 기반 진화적 과학 교수 학습 모형의 개발. 한국과학 교육학회지, 29(8), 990~1010.

정완호, 권재술, 최병순, 정진우, 김효남, 허명(1996). 과학 수업 모형의 비교 분석 및 내용과 활동 유형에 따른 적정 과학 수업 모형의 구안. 한국과학 교육학회지, 16(1), 13~34.

정진수 (2007). 초·중등 학생들을 위한 과학적 감성 측정 도구 개발과 생물학 가설 생성에서 나타나는 감성 조사. 한국생물교육학회지, 35(1), 11~26.

정진수, 마이클 매튜스, 신동훈 (2007). 과학적 가설 생성의 인지적 과정과 감성 요소의 인과적 상호 작용에 관한 모형 개발. 한국생물교육학회지, 35(4), 663~677.

정진수, 윤성규(2008). Caminalcules를 이용한 귀납적 탐구 과제 수행에서 나타난 뇌파의 상대 파워 스펙트럼 분석. 한국생물교육학회지, 36(4), 456~467.

채동현 (1997). 구성주의를 통한 과학 교육, 한국초등과학 교육학회지, 16(1). 97~102.

정희모, 김성수, 이재성 (2008)(역). 비판적 사고와 과학 글쓰기. Marilyn Moriaty의 Writing science through critical thinking. 연세대학교 출판부.

한국교육개발원(1991). 교육의 본질 추구를 위한 과학 교육 평가 체제 연구(Ⅱ) - 과학 교육 평가 체제 및 예시 평가 도구 개발

한국교육학회 교육평가연구회(1994). 교육측정, 평가, 연구, 통계 용어사전, 서울: 중앙교육진흥연구소.

한안진 (1987). 현대 탐구과학 교육. 서울: 교육과학사.

AAAS (American Association for the Advancement of Science, 1989). Project 2061: Science for all Americans. New York: Oxford University Press.

AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1990). SAPAⅡ. New Hamp-

shire: Delta Education, INC.

Abraham, M. R.(1992). Instructional strategies designed to teach science concepts, In F. Lawrenz, K. Cochran, J. Krajcik, & P. Simpson(eds.) Research matter...to the science teacher, NARST monograph, no. 5. Manhattan, KS: NARST.

Aikenhead, G. S. (1983). A retrospective account of the development of a novel curriculum in science: Prospects for change. In R. Butt, J. Olson, T. Russell, & T. Aoki (Eds.), Insiders' realities, outsiders' dreams: Prospects for curriculum change. Vancouver, University of British Columbia Centre for the Study of Curriculum and Instruction.

Asdit, D. J., & London, M. (1997). Effects of hypothesis generation on hypothesis testing in rule discovery tasks. Journal of General Psychplpgy, 124(1), 19~35.

Bartels, A., & Zeki, S. (2004). The neural correlates of maternal and romantic love. NeuroImage, 21, 1155~1166.

Berninger, V. W., & Richards, T. L. (2002). Brain Literacy for Educators and Psychologists. San Diego, CA: Academic Press.

Biological Sciences Curriculum Study (BSCS). (1989). New designs for elementary school science and health (Science for life and living). Dubuque, IA: Kendall/Hunt.

Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). A study of thinking. New York: John Wiley.

Butler, M. B. (1999). Factors associated with students' intentions to engage in science learning activities. Journal of Research in Science Teaching, 36(4), 455~473.

Bybee, R. W.(2000). Teaching Science as Inquiry. In J. Minstrell & E. H. van Zee(Eds.) Inquiry into Inquiry Learning and Teaching in Science, AAAS. pp. 20~46.

Bybee, R. W., Buchwald, C. E., Crissman, S., Heil, D. R., Kuerbis, P. J., Matsumoto, C., McInerney, J. D. (1989). Science and technology education for the elementary schools: framework for curriculum and instruction, Andover, MA and Washington, DC: Apartnership of the NETWORK, Inc. and Biological Sciences curriculum Study, Colorado Springs, CO.

Camara, E., Rodriguez-Fornells, A., Ye, Z., & M?nte, T. F. (2009). Reward networks in the brain as captured by connectivity measures. Frontiers in neuroscience, 3(3), 350~362.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education, 86, 175~218.

Christenbury, L., & Kelly, P. (1983). Questioning: A Path to Critical Thinking. Urbana, IL: National Council of Teachers of English.

Colburn, A. (2003). The lingo of learning: 88 education terms every science teacher should know. Arlington, VA: NSTApress.

Connell, J. D. (2005). Brain-based strategies to reach every learner. [정종진, 임청환, 성용구 공역 (2008). 뇌 기반 교수·학습전략. 학지사.]

Damasio, A. R. (1994). Descartes's error: Emotion, reason, and the human brain, William Morris Agency, Inc., NewYork.

de Marco, G., de Bonis, M., Vrignaud, P., Henry-Feugeas, M. C., & Peretti, I. (2006). Changes in effective connectivity during incidental and intentional perception of fearful faces. Neu-

roImage, 30, 1030–1037.

Delgado, M. R., Gillis, M. M., & Phelps, E. A. (2008). Regulating the expectation of reward via cognitive strategies. *Nature neuroscience*, 11(8), 880~881.

Driver, R. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105~122.

Ebenezer, J. V., & Haggerty, S. M.(1999). *Becoming a secondary school teacher*. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.

Enger, S. K. & Yager, R. E. (2001). *Assessing Student Understanding in Science*. CA: Corwin Press, Inc.

Fulwiler, B. R.(2007). *Writing in Science*. Heinemann Portsmouth, NH.

Furtak, E. M., & Ruiz_Primo, M. A.(2008). Making students' thinking explicit in writing and discussion: An analysis of formative assessment prompt. *Science Education*, 92, 799~824.

Gardner, P. L. (1975). Attitude to science: A review. *Studies in Science Education*, 2, 1~41.

Ginsburg, H. P. & Oppen, S. (2006). *Piaget's Theory of Intellectual Development*(3rd ed)(김정민 역(2006), *피아제의 인지 발달이론*, 서울:학지사),Prentice Hall.

Goel, V., & Dolan, R. J. (2003). Explaining modulation of reasoning by belief. *Cognition*, 87, B11~B22.

Graham, S., MacArthur, C.A & Fitzgerald, J.(Eds)(2007). *Best Practices in writing instruction*. Guilford.

Hammerman, E. (2006). *Becoming a better science teacher: 8steps to high quality instruction and student achievement*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Hassard, J.(2005). *The art of teaching science: Inquiry and innovation in middle school and high school*. Oxford: Oxford University Press.

Hawking, S. W. (1988). *A brief history of time*. New York: Bantam Books.

Jensen, E. (2000). *Brain-based learning* 2nd Ed. Turning Point Publishing.

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.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1~48.

Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd ed., Chicago: University of Chicago Press.

Kwon, Y. J., Lee, J. K., Shin, D. H., & Jeong, J. S. (2009). Changes in brain activation induced by the training of hypothesis generation skills: An fMRI study. *Brain and Cognition*, 69, 391~397.

Lawson, A. E., Abraham, M. R., and Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. NARST.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the deveolpment of thinking*. Wadsworth Publish-

ing Company.

LeDoux, J. E. (1996). *The emotional brain: the mysterious underpinning of emotional life*. NY: Touchstone.

Lee, I. S., Lee, J. K., Kwon, Y. J. (2009). Brain activation pattern and functional connectivity network during experimental design on the biological Phenomena, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 29(3), 348~358.

Lee, J., Kwon, Y., & Jeong, J. (2008). Neural substrates during finding target objects and observing natural phenomena: An fMRI study. In *Advances in Cognitive Neurodynamics*, R. Wng, F. Gu & E. Shen (Eds.). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Lotze, M., Heymans, U., Birbaumer, N., Veit, R., Erb, M., Flor, H., & Halsband, U. (2006). Differential cerebral activation during observation of expressive gestures and motor acts. *Neuropsychologia*, 44, 1787~1795.

MacLean, P. D. (1990). *The triune brain in evolution*. New York: Plenum Press.

MacLean, P. D. (1978). A mind of three minds: Educating the triune brain. In J. Chall & A. Mirsky (Eds.), *Education and the Brain*. Chicago: Chicago University Press.

Mak, A. K. Y., Hu, Z., Zhang, J. X., Xiao, Z., & Lee, T. M. C. (2009). Neural correlates of regulation of positive and negative emotions: An fMRI study. *Neuroscience Letters*, 457, 101~106.

Martin, D. J. (1997). *Elementary Science Methods: A Constructivist Approach* (임창환, 권성기, 송명섭, 송남희 역 (1999) *초등 과학 교육 구성주의적 접근*). Delmar Publishers:CA.

Martin, R., Sexton, C., & Gerlovich, J.(2004, 3rd Ed.). *Teaching science for all children: Methods for constructing understanding.*: Boston: Allyn and Bacon.

Martin, R., Sexton, C., & Franklin, T. (2009). *Teaching science for all children: An inquiry approach*, 5th ed. Boston: Pearson.

McClure, S. M., Li, J., Tomlin, D., Cypert, K. S., & Montague, L. M. (2004). Neural correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks. *Neuron*, 44, 379~387.

McInerney, D. M., & McInerney, V. (1994). *Educational psychology: Constructing learning*. Sydney: Prentice Hall.

McMillan, J. H. (2004). *Classroom Assessment: Principles and Practice for Effective Instruction*. Allyn and Bacon.

Mechling, K. R., & Oliver, D. L. (1983). *Handbook I. Science teachers basic skills*. Washington, DC: National Science Teachers Association. pp. 8~12.

Mizuno, K., Tanaka, M., Ishii, A., Tanabe, H. C., Onoe, H., Sadato, N., & Watanabe, Y. (2008). The neural basis of academic achievement motivation. *NeuroImage*, 42, 369~378.

Naqvi, N., Shiv, B., & Beehara, A. (2006). The role of emotion in decision making – A cognitive neuroscience perspective. *Current directions in psychological science*, 15(5), 260~264.

National Science Teachers Association (NSTA) (2004). Position statement on the scientific inquiry. www.nsta.org/positionstatement&psid=43/.

NIMH. (2004). *Imaging Study Shows Brain Maturing*. Retrieved, 17 June 2004, from <http://www.nimh.nih.gov/press/prbrainmaturing.cfm>.

NRC (National Research Council, 1996). National science education standards. Washington, D.C.: National Academy Press.

NRC (National Research Council, 2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Center for Science, Mathematics, and Engineering Education. Washington, D.C.: National Academy Press.

Orpwood, G. (2001). The Role of Assessment in Science Curriculum Reform. *Assessment in Education*, 8(2), 135~151.

Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F., & Liberzon, I. (2001). Functional neuroanatomy of emotion: A meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *NeuroImage*, 16, 331~348.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211~227.

Prain, V. (2006). Learning from writing in secondary science: Some theoretical and practical implications. *International Journal of Science Education*, 28(2), 179~201.

Prain, V., & Hand, B. (1996). Writing for learning in secondary science: Rethinking Practices. *Teaching & Teacher Education*, 12(6), 609~626.

Reeve, J. (2001). Understanding motivation and emotion. John Wiley & Sons.

Rivard, L. P. (1994). A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*. 31(9), 969~983.

Rosenzweig, M. R., Breedlove, S. M., & Watson, N. V. (2005). Biological psychology: An introduction to behavioral and cognitive neuroscience, (4th ed.), Sinauer Associates, Inc.

Ross, J. A. (1988). Controlling variables: A meta analysis of training studies. *Review of Educational Research*, 58(4), 405~437.

Qiu, J., Li, H., Yang, D., Luo, Y., Li, Y., Wu, Z., & Zhang, Q. (2008). The neural basis of insight problem solving: An event-related potential study. *Brain and Cognition*, 68, 100~106.

Schwab, J. J. (1966). The teaching of science as enquiry. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Science Curriculum Improvement Study(SCIS) (1974). SCIS teacher's handbook. University of California, Berkeley.

Settlage, J. & Southerland, S. A. (2007). Teaching science to every child: Using culture as a starting point. Berlin: Routledge.

Shavelson, R. J., Baxter, G. P., Pine, J. (1991). Performance Assessment in Science. *Applied Measurement in Education*, 4(4), 347~362.

Simpson, R. D., & Anderson, N. D. (1981). Science, students, and schools: A guide for the middle and secondary school teacher. New York, NY: John Wiley & Sons.

Solso, R. L. (2001). Cognitive psychology, 6th Ed. New York: Allyn & Bacon.

Sousa, D. A. (2001). How the brain learns. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Spargo, P. E., & Enderstein, L. G. (1997). What questions do they ask? *Science and Children*, 43~45.

Stein, J. (Ed.). (1967). The random house dictionary of the English language. New York, NY:

Random House.

Sözs, D., & Goswami, U. (2007). Educational Neuroscience: Defining a new discipline for the study of mental representations. *Mind, Brain and Education*, 1(3), 114~127.

Thagard, P. (1998). Ulcers and bacteria I: Discovery and acceptance. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 29(1), 107~136.

Thagard, P. (2002). The passionate scientist: Emotion in scientific cognition. In P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal (Eds.), *The Cognitive basis of science*. Cambridge University Press.

Vasques, J. A. (2008). Tools & traits: Highly effective science teaching, K-8. Portsmouth, NH: Heinemann.

Webster's New Collegiate Dictionary. (1973). Springfield, MA: G. & C. Merriam Company.

Wellington, J., & Osborne, J. (2001). Language and literacy in science education. Buckingham [England] ; Philadelphia, PA: Open University Press.

Wenham, M. (1993). The nature and the role of hypothesis in school science investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231~240.

White, R., & Gunstone, R. (1992). Probing understanding. London: The Falmer Press.

제2부 지도의 실제

탐구, 어떻게 할까요?

1. 지구와 달

2. 전기 회로

3. 식물의 구조와 기능

4. 작은 생물의 세계

탐구해 볼까요?

154

168

220

276

342

392