

## 탐구, 어떻게 할까요?

### 탐구란 무엇인가?

과학은 자연 세계를 이해하기 위한 지식을 만들어 내는 학문이고, 이처럼 지식을 만들어 내는 일을 하는 사람이 과학자이다. 과학자들은 주변 현상을 관찰하다가 자신의 지식으로 설명할 수 없는 현상을 발견하면 의문을 가진다. 그리고 의문의 답을 알아 내기 위해 실험을 하고, 정확한 데이터를 얻어 내어 분석하며, 일반화한다. 과학자들과 같이 생활 속에서 생긴 의문의 답을 찾는 과정을 '탐구'라고 한다(National Research Council, 1996, 2000). 학생들은 과학적 탐구 활동을 경험함으로써 과학적 개념은 물론, 과학의 본성을 이해할 수 있고, 과학에 대한 긍정적인 태도를 가질 수 있다(Abd-El-Khalick et al., 1998; Veermans et al., 2005).

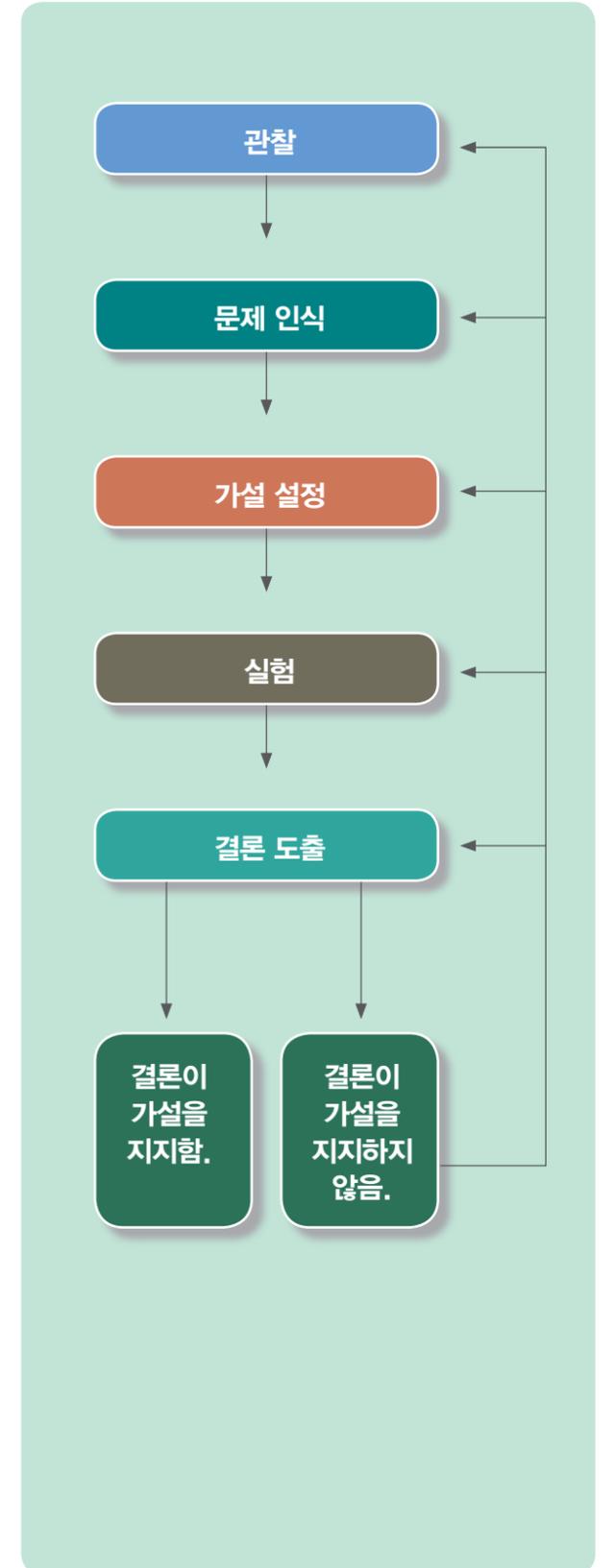
탐구의 중요성은 제3차 교육과정에서부터 지속적으로 강조되어 왔고, 2007 개정 교육과정에서 '자유 탐구'를 도입함으로써 탐구의 중요성을 더욱 부각시켰다. 자유 탐구는 학생이 직접 자신의 연구 문제를 결정하고 이를 해결해 나가는 탐구 형태로, 학생의 의문에 의해 시작되고, 학생이 직접 연구나 실험을 설계하고 수행하여, 그 결과에 대해 의사소통하는 학생 중심의 활동이다(양일호 등, 2008; Colburn, 2000; NRC, 1996). 이러한 자유 탐구는 과학자의 실제 활동과 가장 가까운 형태의 것으로(Colburn, 2000), 학교의 활동과 실제 과학적 탐구 사이의 차이를 좁힐 수 있는 학습 환경을 제공할 수 있을 것으로 여겨진다(Roth & Bowen, 1993).



### 탐구 과정 기능이란?

탐구를 수행하는 과정에 필요한 기능을 '탐구 과정 기능 (Science process skill)'이라 하며, 크게 기초 탐구 과정 기능과 통합 탐구 과정 기능으로 나눈다. 기초 탐구 과정 기능은 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통이며, 통합 탐구 과정 기능은 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 일반화이다.

### 탐구 과정



## 관찰

관찰은 어떤 물체나 자연 현상의 특징을 감각 기관과 관찰 도구를 사용하여 찾아 내고 기술하는 활동이다. 관찰은 과학적 탐구 과정의 가장 기본적인 요소로서, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통, 문제 인식 등 다른 탐구 과정의 바탕이 되는 핵심 활동이다. 또한, 초등학생이 숙달해야 할 가장 중요한 기능이다.

### 활동 안내

교과서에 제시된 다양한 새 부리의 사진을 관찰한 다음, 관찰한 내용을 이야기하여 보기

- ▷ 다양한 새의 부리를 관찰하여 봅시다. 관찰한 내용은 무엇입니까?
  - 공새의 부리는 검은색입니다.
  - 독수리는 윗 부리가 아래쪽으로 휘어 있습니다.
  - 벌새의 부리는 바늘처럼 가늘고 길다.
- ▷ 새의 부리를 관찰하기 위해 사용한 감각 기관은 무엇입니까?
  - 눈(시각)
- ▷ 관찰을 하기 위해 사용할 수 있는 다른 감각 기관은 무엇이었습니까?
  - 귀(청각), 손(촉각), 코(후각), 혀(미각)
- ▷ 더 정확하고 자세한 관찰을 하기 위해서 사용할 수 있는 관찰 도구에는 무엇이 있습니까?
  - 돋보기, 자, 카메라, 필기 도구, 메모장
- ▷ 효과적인 관찰을 위해서 관찰한 내용을 어떻게 해야 할까요?
  - 관찰한 내용을 자세히 기록합니다.

### 관찰인 것과 관찰이 아닌 것 구분하기

예상이나 추리, 주관적 느낌, 이미 알고 있는 사실을 기록하는 것은 관찰이 아니다. 새 부리를 관찰한 다음, 관찰 결과에서 관찰인 것과 관찰이 아닌 것을 구분하여 봄으로써 올바른 관찰이 무엇인지 지도할 수 있다.

관찰 결과	관찰인 것(O)과 관찰이 아닌 것(X)
벌새와 도요새의 부리는 가늘고 길다.	O
독수리는 멋있다.	X
매는 육식 동물일 것이다.	X
공새의 부리는 짧고 뭉툭하다.	O



### 관찰할 때의 주의할 점



### 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.

## 분류

여러 가지 새 부리의 공통점과 차이점을 바탕으로 기준을 세워 새들을 두 무리로 나누어 보세요.

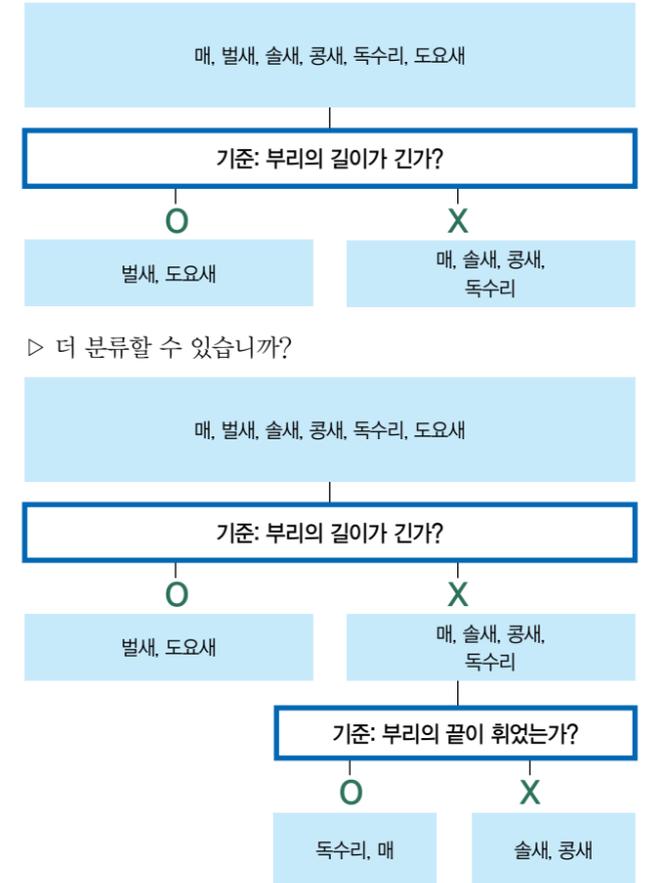
## 분류

분류는 어떤 물체나 자연 현상의 공통점과 차이점을 찾아 내어 기준을 세워 무리 짓는 활동이다. 대상들을 분류해 놓으면 대상들이 가지고 있는 특징을 명확하게 구분할 수 있으며, 이를 통해 자료를 처리할 때 시간과 노력을 절약할 수 있다.

### 활동 안내

교과서에 제시된 새 부리를 관찰하고, 공통점과 차이점을 바탕으로 분류하여 보게 한다.

- ▷ 어떤 새가 가늘고 긴 부리를 가졌습니까?
  - 벌새, 도요새
- ▷ 부리의 길이가 짧은 것은 어느 새입니까?
  - 공새, 솔새
- ▷ 공새와 독수리 부리의 차이점은 무엇입니까?
  - 공새의 부리는 위와 아래의 길이가 같지만, 독수리는 윗 부리가 아래 부리보다 길고, 아래로 휘어 있습니다.
- ▷ 부리의 길이에 따라 두 무리로 나누어 봅시다.

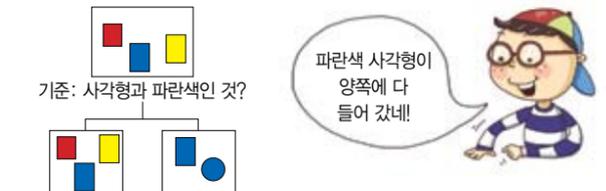


### 분류할 때의 주의할 점

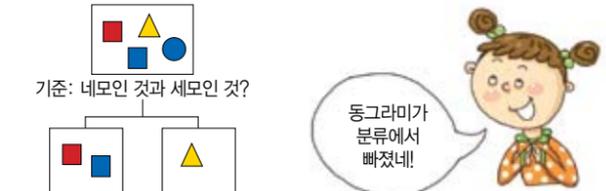
- ① 분류 기준은 명확해야 한다.



- ② 분류된 것은 서로 중복되어서는 안 된다.



- ③ 분류를 할 때, 대상을 빠뜨려서는 안 된다.



## 측정

측정은 임의의 도구나 표준 도구를 사용하여 관찰을 정량화하는 활동이다. 측정할 때에는 목적에 맞는 측정 방법과 도구를 선택하여 정확하게 사용하는 능력이 필요하다.

### 활동 안내

강낭콩 줄기의 길이를 측정하기 위해 사용하는 도구와 정확한 측정값을 얻기 위한 방법에 대하여 이야기해 보게 한다.

- ▷ 강낭콩 줄기의 길이를 측정하기 위해 사용할 수 있는 측정 도구에는 무엇이 있습니까?
  - 자, 줄자
- ▷ 교과서에 제시되어 있는 강낭콩 줄기의 길이는 얼마입니까?
  - 5.2cm
- ▷ 정확한 측정값을 얻기 위한 방법은 무엇입니까?
  - 여러 번 측정하여 평균을 냅니다.
- ▷ 만약 자가 없다면, 강낭콩 줄기의 길이는 어떻게 측정할 수 있습니까?
  - 긴 줄이나 손가락 길이, 또한 한 뼘 등을 이용합니다.

### 여러 가지 측정 도구



자: 길이 측정



초시계: 시간 측정



윗집시 저울, 전자저울: 무게 측정



눈금 실린더: 액체의 부피 측정



온도계: 온도 측정

### 측정

강낭콩 줄기의 길이를 정확하게 재어 보세요. 여러 번 측정하여 평균을 냅니다.

### 예상

5월 26일에 관 강낭콩 줄기 길이는 몇 cm일까요?

날짜	강낭콩 줄기의 길이(cm)
5월 22일	2.1
5월 23일	5.0
5월 24일	8.1
5월 25일	11.1
5월 26일	?

### 측정의 유형

측정 유형	정의
길이	두 지점 사이의 거리
부피	어떤 물체가 차지하는 공간
무게	어떤 물체에 작용하는 중력의 크기
질량	물체의 고유한 양
온도	물체의 차고 뜨거운 정도

### 측정 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 대상을 측정하기 위한 적합한 측정 도구를 학생 스스로 선택할 수 있도록 한다.
- ④ 측정된 값에 적합한 단위를 표시하도록 한다.

## 예상

예상은 관찰, 분류, 측정의 결과를 바탕으로 규칙을 찾아서 앞으로의 관찰 결과를 미리 판단하는 활동이다. 정확한 예상을 하기 위해서는 관찰 결과에서 관찰한 대상 간의 관계를 읽어 낼 수 있어야 한다.

### 활동 안내

여러 날 동안 측정한 강낭콩 줄기의 길이에서 규칙을 찾아, 5월 26일의 강낭콩 줄기의 길이를 예상하여 보게 한다.

- ▷ 교과서에 제시된 내용에서 이미 알고 있는 것은 무엇입니까?
  - 5월 22일, 23일, 24일, 25일의 강낭콩 줄기 길이
- ▷ 이미 알고 있는 강낭콩 줄기의 길이에는 어떤 규칙이 있습니까?
  - 5월 22일부터 5월 25일까지 1일에 약 3cm 정도 자랐습

니다.

- ▷ 5월 30일 강낭콩 줄기의 길이를 예상하여 봅시다.
  - 5월 22일부터 5월 25일까지 1일에 약 3cm 정도 자랐습니다. 그러므로 5월 26일 강낭콩 줄기의 길이는 5월 25일의 강낭콩 줄기보다 3cm 더 자란 약 14.1cm 정도일 것입니다.

### 예상의 유형

유형	정의	예시
내삽	관찰 또는 측정된 범위 내의 현상을 예상하는 것	5월 25일의 강낭콩 줄기 길이
외삽	관찰 또는 측정된 범위 밖의 현상을 예상하는 것	5월 26일의 강낭콩 줄기 길이

### 예상 지도 시 유의 사항

- ① 예상과 추리는 모두 관찰한 사실에 근거한다는 공통점이 있으나, 예상은 앞으로 일어날 일을 판단하는 반면, 추리는 현재 나타난 현상에 대한 원인이 무엇인지 판단한다는 점에서 차이가 있다. 그러므로 이러한 관점에서 예상과 추리를 구분할 수 있어야 한다.
- ② 내삽이나 외삽은 관찰한 자료의 규칙에 근거하는데, 실제 실험하여 얻어진 자료는 실험 오차가 포함된 값이므로, 이론적인 값과 일치하지 않는 경우가 많다. 이때, 이론적인 값이 아니더라도 얻어진 자료가 경향성을 보이면 규칙성이 있는 것으로 판단할 수 있다.
- ③ 생활 속에서 사용하는 '예상해 보자'라는 말의 '예상'은 탐구 과정 요소의 '예상'과는 의미의 차이가 있다. 생활 속에서 사용하는 '예상'은 직접 경험하기 전에 선행 경험이나 지식을 바탕으로 미래에 나타날 일을 미리 생각해 본다는 의미지만, 탐구 과정 요소의 '예상'은 관찰한 사실에서 규칙을 찾아 규칙성, 경향성을 바탕으로 미래의 관찰 사실을 판단한다는 의미이다.

## 추리

추리는 관찰한 사실을 바탕으로 관찰 결과에 대하여 설명하는 활동이다. 추리는 관찰을 바탕으로 이루어지므로 새로운 관찰 사실이 자신의 추리와 일치하는지 확인하고, 자신의 추리를 수정·보완함으로써 더 정확한 추리를 할 수 있다.

### 활동 안내

여러 가지 알의 크기와 모양, 색깔 등을 관찰한 다음, 각 알이 어떤 동물의 알일지 생각하여 보게 한다.

- ▷ 교과서에 제시된 여러 가지 알을 관찰하여 봅시다. 알의 종류는 몇 가지라고 생각합니까?
  - 4가지
- ▷ 왜 그렇게 생각합니까?
  - 알의 크기로 볼 때, 가장 큰 알 1종류, 가장 작은 알 1종류, 중간 크기의 알에서 색깔에 따라 붉은 알 1종류, 흰 알 1종류, 총 4종류의 알입니다.
- ▷ 가장 크기가 큰 알은 어떤 동물의 알이라고 생각합니까?
  - 타조의 알인 것 같습니다.
- ▷ 왜 그렇게 생각합니까?
  - 알의 크기가 아주 크므로 몸집이 큰 새가 낳았을 것입니다. 사진에 있는 새 가운데에서 몸집이 가장 큰 새는 타조이므로, 가장 크기가 큰 알은 타조의 알일 것입니다.
- ▷ 가장 크기가 작은 알은 어떤 동물의 알이라고 생각합니까?
  - 메추라기의 알일 것 같습니다.
- ▷ 왜 그렇게 생각합니까?
  - 알의 크기가 제일 작으므로 몸집이 작은 새가 낳았을 것입니다. 사진에 있는 새 가운데에서 몸집이 가장 작은 새는 메추라기이므로, 가장 크기가 작은 알은 메추라기의 알일 것입니다.

### 추리 지도 시 유의 사항

- ① 추리는 관찰에 대한 잠정적인 설명이므로, 성급한 판단을 하지 않도록 한다.
- ② 많은 관찰 사실을 바탕으로 할 때, 더 좋은 추리를 할 수 있으므로 다양한 관찰 사실을 얻도록 한다.



### 관찰과 추리 구분하기

관찰 결과를 바탕으로 이루어지는 추리는 관찰과 구분되어야 한다. 관찰은 감각 기관을 통해 인식한 경험이고, 추리는 어떤 관찰 결과에 대한 설명 또는 해설이다(SAPA II, 1990).

관찰 결과인가? 추리 결과인가?	구분
크기가 가장 작은 알은 껍질에 무늬가 있다.	관찰
크기가 가장 작고 껍질에 무늬가 있는 것은 메추라기 알이다.	추리
크기가 가장 큰 알은 타조 알이다.	추리
크기가 중간인 알은 붉은색도 있고 흰색도 있다.	관찰
크기가 중간이고, 붉은 알은 달걀이다.	추리
크기가 가장 작은 알의 껍질의 무늬는 다양하다.	관찰

## 의사소통

알을 보고 어떤 동물의 알이라고 생각한 까닭을 친구들에게 설명하여 보세요. 친구들은 나의 생각을 잘 이해했나요? 친구들은 어떻게 생각하나요? 친구들의 생각과 내 생각을 비교하여 보세요.

## 의사소통

의사소통은 탐구한 내용을 친구들에게 이야기하고, 서로의 생각을 주고받는 활동이다. 과학에서의 의사소통은 학생들이 자신의 생각을 표현하고 친구들로부터 자신의 생각을 검증받으며, 이러한 과정에서 새로운 아이디어를 생성하는 협동적인 과정이다.

### 활동 안내

각 알이 어떤 동물의 알인지에 대한 자신의 생각을 친구들에게 이야기하여 보게 한다.

- ▷ 가장 크기가 큰 알은 어떤 동물의 알이라고 생각합니까?
  - 타조 알인 것 같습니다.
- ▷ 그렇게 생각하는 이유를 말하여 봅시다.
  - 큰 알을 낳는 동물은 몸집이 큰 동물일 것입니다. 알을 낳는 동물 가운데에서 몸집이 큰 것은 타조이기 때문입니다.

### 의사소통의 유형

의사소통 유형	정의	세부 종류
토의	두 사람 이상이 모여 집단적 사고 과정을 거쳐 어떤 문제의 해결을 시도하는 논의 방식  예) 지구 온난화 해결 방안	• 심포지엄 • 패널 토의 • 포럼 • 원탁 토의
토론	쟁점이 되는 논제에 대해 대립하는 두 팀이 정해진 규칙에 따라 사실, 논거에 의한 주장을 하고 이에 대한 검증과 반박의 과정을 통해 이성적이고 합리적인 판단을 내리려는 방식  예) 유전자 조작은 해야 하는가?	• 대담 • 세미나

### 의사소통할 때의 유의 사항

- ① 듣는 사람을 고려하면서 자신의 생각을 정확하게 말하고, 자신의 말과 행동에는 책임을 진다.
- ② 상대방의 전체적인 말을 정확하게 듣고 이해하도록 노력하며, 추궁하거나 중간에 말을 자르지 않는다.
- ③ 상대방의 말을 경청하면서 공감과 확신을 주는 반응을 하고, 이해되지 않는 부분은 질문을 한다.
- ④ 여러 사람 앞에서 발표할 때에는 표, 그래프, 사진 등과 같은 시각 자료를 이용하면 말하고자 하는 내용을 쉽게 전달할 수 있다.

## 문제 인식

어떤 물체나 자연 현상을 관찰하다 보면 자신이 알고 있는 지식으로는 설명할 수 없는 것이 있다. 이때, 설명할 수 없는 현상에 대해 의문을 가지고 알고자 하는 것을 '문제 인식'이라고 한다. 문제 인식은 과학적 탐구의 출발점으로서, 탐구의 방향과 가치를 결정짓는다.

### 활동 안내

통합 탐구 과정 기능은 한 가지 주제에 대한 학생의 탐구 과정 속에서 나타나는 각 통합 탐구 과정 기능을 찾아 설명하고자 한다.

교과서에 제시된 한 학생의 의문 생성 상황을 읽어 본 후, 학생이 어떤 의문을 떠올렸는지 알아보게 한다. 또한, 과학은 자연 현상에 대한 의문의 답을 찾는 과정임을 강조하며 문제 인식의 중요성을 인식하게 한다.

- ▷ 학생이 관찰한 현상은 무엇입니까?
  - 어항에 차가운 물을 넣었더니 금붕어가 움직이지 않고, 아가미의 움직임도 줄어든 것입니다.
- ▷ 알고 있던 지식으로 설명할 수 없는 현상은 무엇입니까?
  - 무더운 날씨가 때문에 어항에 차가운 물을 넣어 주면 금붕어가 시원함을 느끼면서 더 활발하게 움직일 것으로 생각했는데, 나의 생각과 달리 금붕어가 움직이지 않은 것입니다.
- ▷ 이러한 관찰을 통해서 생긴 의문은 무엇입니까?
  - 차가운 물에서 금붕어와 아가미의 움직임은 왜 줄어드는 것일까?
- ▷ 생활 속에서 자신이 가졌던 의문에는 어떤 것이 있습니까?

### 문제 인식 지도 시 유의 사항

- ① 문제 인식은 학생들이 생활 속에서 스스로 의문을 생성하여 이루어지기도 하고, 학교에서 교사가 의문 생성 상황을 제시하고, 그 속에서 학생들로 하여금 의문을 생성하도록 기회를 줌으로써 이루어지기도 한다.
- ② 과학적 의문은 자연 현상을 관찰하여 현재의 지식으로는 설명할 수 없는 불안정한 문제, 의심, 불확실성 등을 인식했을 때 생성된다. 따라서 학생들에게 다양한 의문 상황을 제시하여 의문을 생성할 수 있는 기회를 많이 제공하는 것이 중요하다.

## 문제 인식

무더운 여름날, 엄마와 함께 어항 청소를 한 다음, 차가운 물을 어항에 붓고 금붕어를 넣었어요. 그런데 어항에 들어간 금붕어는 움직이지 않고 가만히 있었어요. 아가미의 움직임도 줄어들었어요. 그 순간 금붕어의 움직임과 아가미의 움직임이 차가운 물에서 왜 줄어드는지 궁금했어요.

"차가운 물에서는 금붕어와 아가미의 움직임이 왜 줄어드는 걸까?"



## 가설 설정

왜 그런지 까닭을 생각하여 보세요.

"물의 온도가 낮으면 금붕어의 호흡 횟수가 줄어들기 때문에 금붕어와 아가미의 움직임이 줄어드는 거야."

### 의문의 유형

의문 유형	정의
추측적 의문	현재 관찰하고 있는 대상의 개념, 성분, 기능, 구조 등에 관한 궁금증이 나타난 의문 예) 양초의 성분은 무엇일까?
예측적 의문	어떤 현상의 원인으로 작용하는 몇몇의 변인들을 달리했을 때 나타날 수 있는 새로운 현상이나, 아직 관찰되지 않은 것에 대한 궁금증이 나타난 의문 예) 심지의 두께를 더 두껍게 하면 불꽃의 온도는 어떻게 될까?
인과적 의문	관찰 사실을 근거로 어떤 현상이 일어나게 된 원인에 대한 궁금증이 나타난 의문 예) 양초를 거꾸로 세우면 왜 불꽃의 방향이 다시 위로 올라갈까?
방법적 의문	현재의 관찰 사실을 다른 방법으로 해결하기 위하여 자신의 지식을 새롭게 구성하고 통합할 수 있는 방법에 대한 궁금증이 나타난 의문 예) 촛불의 크기를 크게 하거나 작게 조절할 수 있는 방법은 무엇일까?
적용적 의문	관찰자가 다루고자 하는 정보를 어디에 사용할 수 있을지에 대한 궁금증이 나타난 의문 예) 촛불이 흔들릴 때, 검은 연기가 나는 것이 인체에 주는 영향은 무엇일까?

## 가설 설정

가설 설정은 '왜?'라는 의문에 대한 잠정적인 답을 만드는 과정이다. 가설은 자연 현상에서 생성되는 의문을 과학적인 설명으로 진입할 수 있도록 하는 관문 역할을 한다.

### 활동 안내

차가운 물에 들어간 금붕어가 움직이지 않는 현상을 관찰한 후 생긴 의문에 대한 가설이 만들어지는 과정을 생각해 보게 한다.

- ▷ 관찰한 현상에서 생긴 의문은 무엇입니까?
  - 차가운 물에서 아가미의 움직임은 왜 줄어드는 것일까?
- ▷ 이 의문에서 중요한 변인은 무엇입니까?
  - 물의 온도(차가운 물), 아가미의 움직임입니다.
- ▷ 중요한 변인들 사이에는 어떤 관계가 있을지 생각해 보세요.

- 물의 온도가 낮으면 아가미의 움직임이 줄어들 것입니다.
- 물의 온도가 높으면 아가미의 움직임이 활발해질 것입니다.
- ▷ 중요한 변인들 사이의 관계를 생각하며, 의문에 대한 잠정적인 답인 가설을 만들어 보세요.
- 물의 온도가 낮으면 금붕어의 호흡 횟수가 줄어들기 때문에 금붕어와 아가미의 움직임이 줄어드는 것입니다.

### 좋은 가설의 조건

- ① 관찰 사실에 기초하여 만들어져야 한다.
- ② 실험을 통해 검증 가능한 것이어야 한다.
- ③ 새로운 관찰 사실을 예상할 수 있어야 한다.

### 가설, 예상, 추리 구분하기

탐구 과정 중에 생긴 모든 의문에서 가설을 만들 수 있는 것은 아니다. 가설은 어떤 현상이 일어나게 된 원인에 대한 궁금증이 나타난 '왜?'라는 인과적 의문에서 만들어지는 것이다. 따라서 예측적 의문에 대한 잠정적인 답인 예상, 추측적 의문에 대한 잠정적인 답인 추리와는 구분되어야 한다.

의문	의문에 대한 잠정적인 답	구분
금붕어 몸에 가로로 된 줄은 무엇일까?	몸에 있는 가로로 된 줄은 옆 줄일 것이다.	추리
물을 차갑게 하면 금붕어의 움직임은 어떻게 될까?	물이 차가워지면 금붕어의 움직임이 느려질 것이다.	예상
물을 따뜻하게 하면 '왜' 금붕어의 호흡이 빨라질까?	금붕어 활동량이 증가하고 대사가 많아지기 때문에 호흡 횟수가 빨라질 것이다.	가설

## 변인 통제

변인 통제는 가설의 옳고 그름을 알아보기 위한 실험을 설계할 때, 실험에 영향을 주는 여러 가지 변인을 일정하게 통제하거나 조작하는 과정이다. 변인 통제가 잘 이루어진 실험은 여러 번 반복하여 실험을 해도 동일한 실험 결과를 얻을 수 있고, 이러한 실험 결과는 가설을 뒷받침하는 중요한 증거가 된다.

### 활동 안내

가설을 검증하기 위해 어떤 실험을 설계해야 하며 이때, 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건은 무엇인지 생각하여 보게 한다. 또한, 실험을 수행할 때 변인 통제를 해야 하는 이유에 대해서도 생각하여 보게 한다.

- ▷ 가설이 옳은지 그른지를 알아보기 위해서는 어떻게 해야 합니까?
  - 실험을 해야 합니다.
- ▷ 가설이 옳은지 그른지를 검증할 때 실험을 통해 알아 보아야 하는 것은 무엇입니까?
  - 물의 온도와 금붕어의 호흡 횟수의 관계입니다.
- ▷ 그렇다면 실험에서 다르게 조작해 주어야 하는 조건은 무엇입니까?
  - 비커 속 물의 온도입니다.
- ▷ 같게 해 주어야 하는 조건은 무엇입니까?
  - 비커 속 물의 온도 외의 나머지 모든 조건은 같게 합니다.
- ▷ 측정해야 할 조건은 무엇입니까?
  - 금붕어의 호흡 횟수입니다.
- ▷ 만약 실험에서 변인 통제를 하지 않는다면 어떻게 될까요?
  - 가설을 뒷받침하는 결과를 알 수 없습니다.
  - 실험을 할 때마다 실험 결과가 달라집니다.
- ▷ 실험을 할 때 변인 통제를 하는 이유는 무엇입니까?
  - 가설을 뒷받침할 수 있는 정확한 실험 결과를 얻기 위해서입니다.

### 좋은 실험의 조건

- ① 실험의 과정은 반복될 수 있어야 한다.
- ② 한 번에 한 가지 변인을 검증해야 한다.

### 변인 통제

물의 온도에 따른 금붕어의 호흡 횟수를 알아보기 위한 실험은 어떻게 해야 할까요? 이 실험에서 다르게 해야 할 조건과 같게 해야 할 조건은 무엇인가요?

① 다르게 해야 할 조건: 비커 속 물의 온도(35℃, 25℃(실온), 5℃)  
 ② 같게 해야 할 조건: 금붕어의 종류, 실험 장소, 비커의 크기(500mL), 비커 속 물의 양(500mL), 시험관의 크기(지름 20mm)

18

### 자료 변환

실험 결과를 표와 그래프로 나타내어 보세요.

비커 속 물의 온도(℃)	1회	2회	3회	평균
5	51	46	56	51
25(실온)	129	123	125	126
35	183	179	186	183

19

### 자료 해석

그래프를 보고 알 수 있는 사실은 무엇인가요?  
 "비커 속 물의 온도가 낮아지면 금붕어의 호흡 횟수가 줄어든다."

### 변인 통제 지도 시 유의 사항

- 학생들의 변인 통제 능력을 향상시키기 위해서는 다음의 세 가지를 염두에 두고 학생들을 지도하는 것이 효과적이다.
- ① 실험의 목적을 분명하게 한다. 실험의 목적을 분명히 인식하면 실험에서 원인이 되는 것, 결과로 나타나는 것, 변화시켜야 하는 것이 분명해진다.
  - ② 실험의 원인과 결과가 되는 변인들을 파악하여 표로 정리하는 습관을 기르도록 한다. 이러한 습관은 새로운 실험 상황에 접했을 때 무엇을 파악해야 하는지, 자신이 어떤 변인을 모르고 있는지를 알게 한다.
  - ③ 공정한 실험이란 무엇인지 인식하게 한다. 공정한 실험이 무엇인지 알면 변인 통제의 필요성을 쉽게 인식하여 자신이 설계한 실험이 변인 통제되어 있는지 검토할 수 있다.

## 자료 변환 및 자료 해석

자료 변환은 관찰이나 측정으로 얻은 자료를 표나 그래프로 나타내는 과정이며, 자료 해석은 탐구 결과가 나타난 표나 그래프의 의미를 이해하고 변인 사이의 관계를 분석하는 과정이다. 실험을 통해 얻은 자료를 표나 그래프로 나타내면 작은 공간에 많은 정보를 포함할 수 있으며 조작 변인에 따른 종속 변인의 변화 양상을 한눈에 볼 수 있어 자료 해석에도 도움이 된다.

### 활동 안내

실험을 통해 얻은 결과를 어떻게 정리하면 좋을지 생각해 보고, 변환된 자료를 바르게 해석하는 방법에 대해서 알아보게 한다.

- ▷ 실험 결과를 정리하는 방법에는 어떤 것이 있습니까?
  - 표, 그래프, 그림 등이 있습니다.
- ▷ 비커 속 물의 온도에 따른 금붕어의 호흡 횟수를 알아본 실

- 힘은 어떤 방법을 이용하여 실험 결과를 정리했습니까?
  - 표와 막대 그래프입니다.
- ▷ 표와 막대 그래프가 실험 결과를 정리하기에 효과적인 방법이라고 생각합니까? 더 좋은 방법은 없습니까?
  - 표는 반복한 실험 결과를 체계적으로 정리할 수 있고, 막대 그래프는 실험 결과를 한눈에 알아볼 수 있도록 표현되어 있어서 실험 결과를 정리하는 데 효과적인 방법이라고 생각합니다.
- ▷ 그래프를 보고, 비커 속 물의 온도와 금붕어의 호흡 횟수 사이의 규칙성이나 경향성을 찾아보세요.
  - 비커 속 물의 온도가 낮아지면 금붕어의 호흡 횟수가 줄어듭니다.

### 자료 변환의 유형

유형	특징
표	많은 데이터를 체계적으로 정리하여 나란하게 배치하는 방법
막대 그래프	수직, 수평 막대를 사용하여 변수의 양을 비교하는데 사용하는 그래프
원 그래프	전체의 비율로서 결과를 보여 주는 그래프
선 그래프	변수 사이의 관계나 전체적인 경향성을 선으로 표현한 그래프

### 자료 변환 및 자료 해석 지도 시 유의 사항

- ① 표나 그래프로 자료를 변환할 때에는 조작 변인과 종속 변인의 관계를 잘 나타낼 수 있는 유형을 선택한다.
- ② 2개의 단순한 표는 하나의 복잡한 표보다 효과적이다.
- ③ 표의 제목은 간결하게 붙인다.
- ④ 그래프에서 독립 변인은 가로축에, 종속 변인은 세로축에 나타낸다.
- ⑤ 막대 그래프의 막대는 전체 그래프에서 중심에 위치해야 한다.
- ⑥ 원 그래프는 가장 큰 자료부터 12시 방향에서 시작하여 시계 회전 방향으로 나타낸다.
- ⑦ 학생들이 변환된 자료를 무조건 암기하거나 수동적으로 받아들이는 것이 아니라, 조작 변인과 종속 변인의 관계를 찾아 이해하도록 지도한다.

## 결론 도출

결론 도출은 자료 해석을 통해 가설의 옳고 그름을 판단하는 과정이다. 결론 도출은 탐구 활동 전체에 대한 정리 단계로서 결론 도출을 통해 자신의 가설에 의미를 부여하고, 또 다른 의문을 떠올릴 수 있다.

### 활동 안내

자료 해석을 바탕으로 결론이 도출되는 과정을 경험하여 보고 결론의 역할이 무엇인지 생각해 보게 한다.

- ▷ 실험 결과를 해석한 내용은 무엇입니까?
  - 비커 속 물의 온도가 낮아지면 금붕어의 호흡 횟수는 줄어들고, 비커 속 물의 온도가 높아지면 금붕어의 호흡 횟수가 늘어난다는 것입니다.
- ▷ 실험 결과는 실험을 시작하기 전에 세웠던 가설을 뒷받침하는 증거가 됩니까?
  - 가설은 '물의 온도가 낮으면 금붕어의 호흡 횟수가 줄어들기 때문에 금붕어와 아가미의 움직임이 줄어드는 것이다.'입니다. 실험 결과를 통해 물의 온도가 낮아지면 금붕어의 호흡 횟수가 줄어들고, 물의 온도가 높아지면 금붕어의 호흡 횟수가 늘어난다는 것을 알 수 있으므로 실험 결과는 가설을 뒷받침하는 증거가 됩니다.
- ▷ 만약 실험 결과가 가설을 뒷받침하는 증거가 되지 않는다면 어떻게 해야 합니까?
  - 실험을 다시 합니다.
  - 새로운 실험을 설계합니다.
  - 가설을 다시 세웁니다.
- ▷ 비커 속 물의 온도에 따른 금붕어의 호흡 횟수를 알아 본 탐구의 결론은 무엇입니까?
  - '물의 온도가 낮으면 금붕어의 호흡 횟수가 줄어들기 때문에 금붕어와 아가미의 움직임이 줄어든다.'는 것입니다.
- ▷ 결론 도출을 한 후에는 무엇을 해야 합니까?
  - 다른 사람들에게 실험 과정과 결론을 알립니다.

### 결론 도출

실험 결과를 바탕으로 처음에 세웠던 가설이 옳는지 그른지 판단하여 보세요.

"실험 결과를 통해 물의 온도가 낮아지면 금붕어의 호흡 횟수는 줄어들고, 물의 온도가 높아지면 금붕어의 호흡 횟수는 늘어난다는 것을 알 수 있다. 따라서 물의 온도가 낮아지면 금붕어의 호흡 횟수는 줄어들기 때문에 금붕어와 아가미의 움직임이 줄어든다는 나의 가설이 옳았음을 알 수 있다."

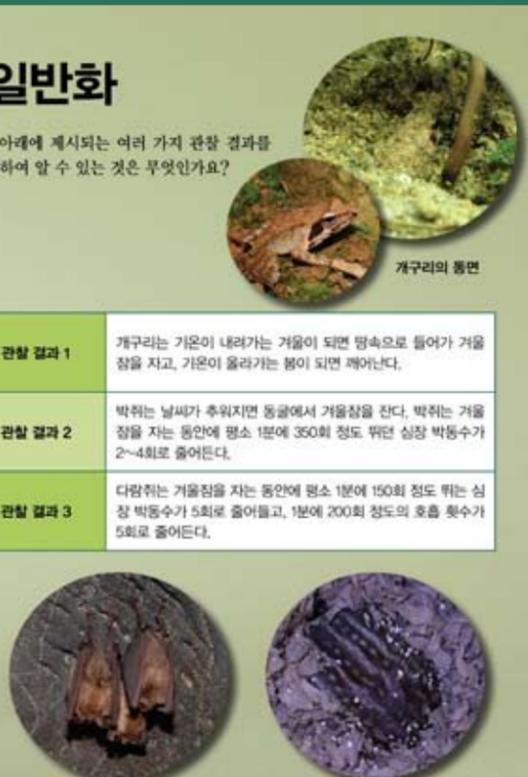


차가운 물속에서 가만히 있는 금붕어

### 일반화

아래에 제시되는 여러 가지 관찰 결과를 통하여 알 수 있는 것은 무엇인가요?

관찰 결과 1	개구리는 기온이 내려가는 겨울이 되면 땅속으로 들어가 겨울잠을 지고, 기온이 올라가는 봄이 되면 깨어난다.
관찰 결과 2	박쥐는 날씨가 추워지면 동굴에서 겨울잠을 잔다. 박쥐는 겨울잠을 자는 동안에 평소 1분에 350회 정도 뛰던 심장 박동수가 2~4회로 줄어든다.
관찰 결과 3	다람쥐는 겨울잠을 자는 동안에 평소 1분에 150회 정도 뛰는 심장 박동수가 5회로 줄어든다. 1분에 200회 정도의 호흡 횟수가 5회로 줄어든다.



개구리의 동면      박쥐의 동면      다람쥐의 동면

### 결론 도출 지도 시 유의 사항

- ① 가능한 간단명료하게 진술해야 한다.
- ② 가설을 지지하는 조사 결과와 실험 결과를 잘 정리해야 한다.
- ③ 수집한 실험 결과를 바탕으로 결론을 도출해야 하고, 과도한 예상과 추리를 하지 않는다.
- ④ 실험 보고서에서 결과와 결론이 중복 진술되지 않도록 하고, 실험 결과에 바탕을 두어 논리적으로 추론하여 명료하게 기술한다.

## 일반화

일반화는 여러 가지 실험을 통해 확인된 사실에서 규칙성을 발견하여 과학적 원리와 법칙을 찾아내는 과정이다. 일반화를 통하여 과학 지식을 형성해 나갈 수 있으며 이러한 과학 지식을 다양한 상황에 적용하여 과학적 현상을 예측하고 설명할 수 있다.

### 활동 안내

여러 탐구들의 결론에서 공통적으로 발견되는 규칙성은 주변 현상을 설명할 수 있는 과학 지식이 되고 이러한 지식이 모여 이론, 원리, 법칙으로 발전하는 일반화의 과정에 대하여 생각하여 보게 한다.

- ▷ 비커 속 물의 온도에 따른 금붕어의 호흡 횟수를 알아 본 탐구의 결론은 무엇입니까?
  - '물의 온도가 낮으면 금붕어의 호흡 횟수가 줄어들기 때문

- 에 금붕어와 아가미의 움직임이 줄어든다.'는 것입니다.
- ▷ 다른 동물들도 주변 환경에 따라 체내의 기능을 조절할까요?
  - 뱀, 거북이, 개구리 등은 기온이 내려가는 겨울이 되면 땅속으로 들어가 겨울잠을 자고 기온이 올라가는 봄이 되면 깨어납니다.
  - 박쥐는 날씨가 추워지면 동굴에서 겨울잠을 자며, 이때는 평상시 1분에 350회 정도 뛰던 심장 박동 수가 2~4회로 줄어듭니다.
  - 다람쥐는 겨울잠을 자는 동안 보통 1분에 150회 뛰는 심장 박동 수가 5회, 1분에 200회 정도의 호흡 횟수가 5회로 줄어듭니다.
- ▷ 이러한 동물들의 모습에서 공통적으로 알 수 있는 것은 무엇입니까?
  - 몇몇 동물들은 기온이 낮아지면 겨울잠을 통해 활동량을 줄이고 이로 인해 심장 박동 수, 호흡 수 등의 체내 기능이 줄어듭니다.
- ▷ 이와 같이 여러 연구들의 결론에서 공통적으로 발견되는 규칙성은 하나의 과학 지식이 되고 이러한 과학 지식이 모여 이론, 원리, 법칙이 되는 과정을 '일반화'라고 합니다.

### 일반화 지도 시 유의 사항

- ① 여러 연구의 실험 결과에 근거하여 규칙성을 발견하도록 한다.
- ② 지나친 추리나 과도한 일반화를 하지 않도록 한다.
- ③ 이끌어 낸 법칙이나 원리가 새로운 현상을 설명할 수 있는 설명력을 가지고 있는지 확인한다.
- ④ 기존의 과학 현상뿐만 아니라, 앞으로 일어날 상황을 예측할 수 있는 예측력을 가지는지 확인한다.
- ⑤ 초등학교 교과서 수준에서는 일반화 과정이 거의 제시되어 있지 않으며, 초등학생이 일반화 과정을 경험하기는 어려우므로 깊이 있는 내용을 지도하지는 않는다.