

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).

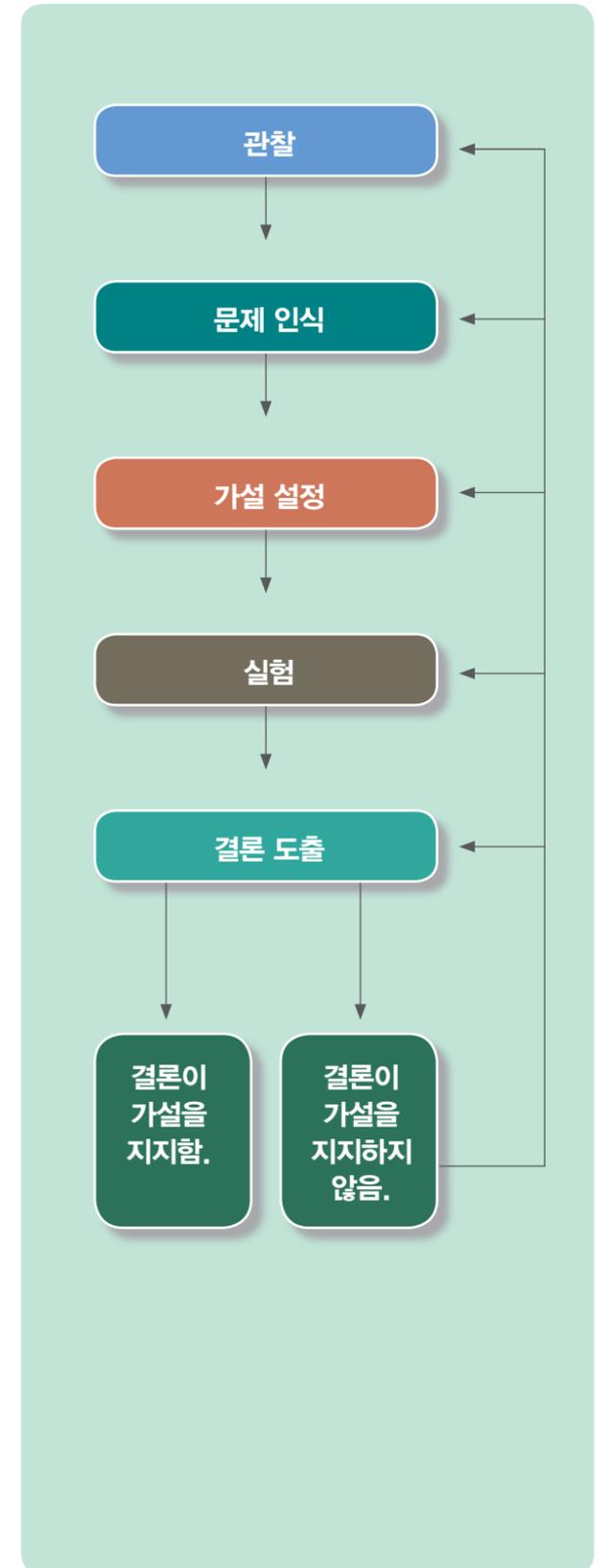
탐구의 중요성은 제3차 교육과정에서부터 지속적으로 강조되어 왔고, 2007 개정 교육과정에서 '자유 탐구'를 도입함으로써 탐구의 중요성을 더욱 부각시켰다. 자유 탐구는 학생이 직접 자신의 연구 문제를 결정하고 이를 해결해 나가는 탐구 형태로, 학생의 의문에 의해 시작되고, 학생이 직접 연구나 실험을 설계하고 수행하여, 그 결과에 대해 의사소통하는 학생 중심의 활동이다(양일호 등, 2008; Colburn, 2000; NRC, 1996). 이러한 자유 탐구는 과학자의 실제 활동과 가장 가까운 형태의 것으로(Colburn, 2000), 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 이용하여 찾아내고 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

여러 가지 가루 물질을 관찰한 다음, 관찰한 내용을 이야기해 보게 한다.

- ▷ 여러 가지 가루 물질을 관찰하여 봅시다. 관찰한 내용은 무엇입니까?
 - 베이킹파우더, 백설탕, 소금의 색깔은 흰색입니다.
 - 소금은 카레 가루보다 알갱이의 크기가 큼니다.
 - 카레 가루를 손끝으로 만져 보았더니 부드럽습니다.
 - 후춧가루에서 특유한 특 쏘는 냄새가 납니다.
 - 커피 가루를 물에 녹이면 가루는 모두 녹고, 물의 색깔이 갈색으로 변합니다.
- ▷ 가루 물질을 관찰하기 위해 이용한 감각 기관은 어떤 것입니까?
 - 눈(시각), 손(촉각), 코(후각)
- ▷ 관찰을 하기 위해 이용할 수 있는 다른 감각 기관들은 무엇이 있습니까?
 - 혀(미각)
- ▷ 다양하고 정확한 관찰을 하기 위해서 이용할 수 있는 관찰 도구에는 무엇이 있습니까?
 - 돋보기, 흰 종이, 유리 막대 등
- ▷ 효과적인 관찰을 위해서 관찰한 내용을 어떻게 해야 할까요?
 - 관찰한 내용을 자세히 기록합니다.

! 여러 가지 가루 물질을 만지거나 맛을 볼 때에는 안전한지 미리 확인한다.

관찰의 한계성

- ① 인간의 감각 기관은 들을 수 있는 가청 영역, 볼 수 있는 가시광선 영역의 한계를 가지고 있기 때문에 관찰할 때에도 한계가 있다. 이러한 까닭으로 관찰 도구를 이용하여 관찰할 필요가 있다.
- ② 관찰은 감각 기관에서 입력한 정보가 뇌에 전달되어 인식되는 과정에서 인지 구조에 의해서 재해석된다. 즉, 관찰은 인지 구조에 의해 영향을 받는다는 한계가 있다.
- ③ 관찰은 사전 경험 또는 과학적 이론에 의해서도 영향을 받는다.



관찰

여러 가지 가루 물질의 색깔, 냄새, 촉감, 알갱이 크기, 물에 녹는 정도 등을 살펴보세요.

분류

여러 가지 가루 물질의 공통점과 차이점을 바탕으로 기준을 세워 두 무리로 나누어 보세요.

관찰의 유형

기준	관찰의 유형
감각 기관	시각 관찰
	후각 관찰
	미각 관찰
	청각 관찰
	촉각 관찰
조작 유무	단순 관찰
	조작 관찰
정량화 유무	정성적 관찰
	정량적 관찰
대상의 전체성	부분 관찰
	전체 관찰
대상의 수	단일 대상 관찰
	다수 대상 관찰

분류

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

활동 안내

여러 가지 가루 물질을 관찰한 다음, 공통점과 차이점을 바탕으로 분류하여 보게 한다.

- ▷ 색깔이 흰색인 가루 물질에는 어떤 것이 있습니까?
 - 베이킹파우더, 소금, 백설탕
- ▷ 설탕보다 알갱이의 크기가 큰 것은 무엇입니까?
 - 고춧가루, 빵가루, 소금, 커피 가루, 녹차 가루
- ▷ 여러 가지 가루 물질을 분류하려고 할 때, 분류 기준이 될 수 있는 것에는 무엇이 있습니까?
 - 가루의 색깔, 알갱이의 크기, 만졌을 때의 촉감, 물에 녹는 정도 등
- ▷ 분류 기준을 세워 두 무리로 나누어 봅시다.

커피 가루, 카레 가루, 소금, 빵가루, 백설탕, 코코아, 고춧가루, 베이킹파우더, 황치즈 가루, 미숫가루, 겨자가루, 고추냉이 가루, 후춧가루, 녹차 가루

기준: 가루의 색깔이 흰색인가?

O

베이킹파우더, 소금, 백설탕

X

커피 가루, 카레 가루, 코코아, 고춧가루, 빵가루, 황치즈 가루, 미숫가루, 겨자가루, 고추냉이 가루, 후춧가루, 녹차 가루

▷ 더 분류할 수 있습니까? 더 이상 분류할 것이 없을 때까지 분류하여 봅시다.

기준: 가루의 색깔이 흰색인가?

O

베이킹파우더, 소금, 백설탕

X

커피 가루, 카레 가루, 코코아, 고춧가루, 빵가루, 황치즈 가루, 미숫가루, 겨자가루, 고추냉이 가루, 후춧가루, 녹차 가루

기준: 설탕보다 알갱이의 크기가 큰가?

O

커피 가루, 빵가루, 고춧가루, 녹차 가루

X

카레 가루, 코코아, 황치즈 가루, 미숫가루, 겨자가루, 고추냉이 가루, 후춧가루

분류의 유형

분류 유형은 분류 기준에 따라 2분법, 3분법, 4분법, 다분법으로 나눌 수 있다.

분류 유형	예시
2분법	동물과 식물, 남자와 여자
3분법	상·중·하, 대·중·소
4분법	봄·여름·가을·겨울
다분법	포유류·조류·파충류·양서류·어류

분류 유형은 분류 기준에 따라 다양하지만 과학 탐구 영역에서는 2분법 분류 체제를 주로 이용한다. 2분법의 분류 체제는 대상들의 대립 관계를 간단하고, 질서 정연하게 보여 준다. 또한, 어떤 항목이 주어져도 한 갈래에 속하지 않으면 다른 갈래에 속하게 되어 분류가 용이하다.

측정

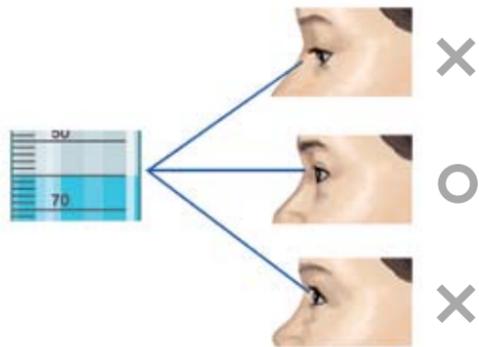
측정은 임의의 도구나 표준 도구를 이용하여 관찰을 정량화하는 활동이다. 측정할 때에는 목적에 맞는 측정 방법과 도구를 선택하여 정확하게 이용하는 능력이 필요하다.

활동 안내

액체의 부피를 측정하기 위하여 이용하는 측정 도구와 측정 도구의 이용 방법에 대해서 이야기하게 한다.

- ▷ 액체의 부피를 측정하기 위해 이용할 수 있는 측정 도구는 무엇입니까?
 - 눈금 실린더
- ▷ 액체의 부피를 정확하게 측정하기 위해서 어떤 점에 주의하며 측정하여야 합니까?
 - 눈금 실린더의 눈금을 읽을 때에는 액체의 높이와 눈높이를 맞춥니다.
 - 액체 아랫부분의 눈금을 읽습니다.
 - 여러 번 측정하여 평균을 냅니다.
- ▷ 동그란 고무찰흙을 물이 든 눈금 실린더에 넣었을 때 늘어난 물의 부피는 얼마입니까?
 - 425mL
- ▷ 여러 번 측정하여 평균을 냅니다.

눈금 실린더를 이용할 때 주의할 점



- ① 재려고 한 양보다 약간 큰 눈금 실린더를 이용한다.
- ② 눈금 실린더에 액체나 고체를 넣을 때에는 눈금 실린더를 기울여서 넣는다.
- ③ 눈금을 읽을 때 평평한 곳에 놓고, 용액이 흔들리지 않을 때 눈높이를 수평으로 맞추어 읽는다.
- ④ 눈금을 읽을 때에는 초승달 모양 액체의 중간을 읽는다.
- ⑤ 이용 후에는 깨끗이 씻어서 얹어 놓고 말린다.

측정

동그란 고무찰흙을 물이 든 눈금 실린더에 넣었을 때 늘어난 물의 부피를 재어 보세요. 물의 부피가 얼마나 늘어났나요?



12

예상

동그란 고무찰흙과 같은 양의 고무찰흙을 길쭉하게 만들어 물이 든 눈금 실린더에 넣으면 눈금의 변화는 어떻게 나타날까요?



13

측정 지도 시 유의 사항

- ① 반복적인 측정을 통하여 오차를 줄임으로써 정확하고 정밀한 측정값을 얻게 한다.
- ② 학생들이 무엇을 측정해야 하는지 측정 대상을 명확히 인식하게 한다.
- ③ 대상을 측정하기 위한 적합한 측정 도구를 학생 스스로 선택할 수 있게 한다.
- ④ 측정값에 적합한 단위를 표시하게 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

동그란 고무찰흙과 같은 양의 고무찰흙으로 길쭉하게 만든 것을 물이 든 눈금 실린더에 넣었을 때, 늘어난 물의 부피는 어떠할지 예상하여 보게 한다.

- ▷ 같은 양의 고무찰흙으로 하나는 동그랗게 만들고 다른 하나는 길쭉하게 만들었을 때, 두 고무찰흙의 부피는 어떠할까요?
 - 동그란 고무찰흙과 길쭉한 고무찰흙은 같은 양의 고무찰흙으로 만들었으므로 부피가 같을 것입니다.
 - 동그란 고무찰흙과 길쭉한 고무찰흙은 모양이 다르기 때문에 부피가 다를 것입니다.

- ▷ 일정한 부피를 가진 물체를 물이 든 눈금 실린더에 넣으면 물의 부피 변화는 어떠합니까?
 - 물체의 부피만큼 물의 부피가 늘어납니다.
 - 물체의 부피보다 더 많은 양만큼 물의 부피가 늘어납니다.
 - 물체의 부피보다 작은 양만큼 물의 부피가 늘어납니다.
 - 물의 부피에는 변화가 없습니다.
- ▷ 동그란 고무찰흙을 물이 든 눈금 실린더에 넣었을 때 늘어난 물의 부피는 얼마였습니까?
 - 425mL
- ▷ 동그란 고무찰흙과 같은 양의 고무찰흙으로 길쭉하게 만든 것을 물이 든 눈금 실린더에 넣으면 눈금 실린더의 눈금 변화는 어떠할지 예상하여 보세요.
 - 동그란 고무찰흙을 넣었을 때보다 늘어난 물의 부피가 더 많을 것입니다.
 - 동그란 고무찰흙을 넣었을 때보다 늘어난 물의 부피가 더 작을 것입니다.
 - 동그란 고무찰흙을 넣었을 때와 늘어난 물의 부피가 같을 것입니다.

예상 지도 시 유의 사항

- ① 예상과 추리 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 이용하는 '예상해 보자.'라는 말의 '예상'은 탐구 과정 기능의 '예상'과는 의미의 차이가 있다. 생활 속에서 이용하는 '예상'은 직접 경험하기 전에 선행 경험이나 지식을 바탕으로 미래에 나타날 일을 미리 생각해 본다는 의미지만, 탐구 과정 기능의 '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

네 개의 끈이 달린 불투명한 원통을 관찰한 다음, 하나의 끈을 잡아당기면 다른 끈의 길이가 짧아지는 까닭에 대하여 생각해 보게 한다.

- ▷ 네 개의 끈이 달린 불투명한 원통을 관찰하여 봅시다. 하나의 끈을 잡아당겨 봅시다. 관찰할 수 있는 현상은 무엇입니까?
 - 다른 끈의 길이가 짧아집니다.
- ▷ 또 다른 끈을 잡아당겨 봅시다. 관찰할 수 있는 현상은 무엇입니까?
 - 또 다른 끈의 길이가 짧아집니다.
- ▷ 하나의 끈을 잡아당기면 다른 끈의 길이가 짧아지는 현상이 나타나는 까닭은 무엇이라고 생각합니까?
 - 불투명한 원통 안에 네 개의 끈이 얽혀 있기 때문입니다.
- ▷ 불투명한 원통 안에 네 개의 끈이 어떻게 연결되어 있어야 할지 생각해 봅시다.

추리와 예상 구분하기

예상과 추리 모두 관찰한 사실에 근거한다는 공통점이 있으나 예상은 앞으로 일어날 일을 판단하는 반면, 추리는 현재 나타난 현상에 대한 원인이 무엇인지 판단한다는 점에서 차이가 있다.

음력 8일 하루 동안 상현달의 움직임을 관찰하였을 때, 관찰 사실이 아래의 그림과 같았다면 예상과 추리는 다음과 같다.



예상	밤 12시의 상현달의 위치는 서쪽 하늘일 것이다.
추리	하루 동안 상현달의 위치가 동쪽에서 서쪽으로 이동하는 것은 지구가 자전하기 때문에 나타나는 현상이다.

추리

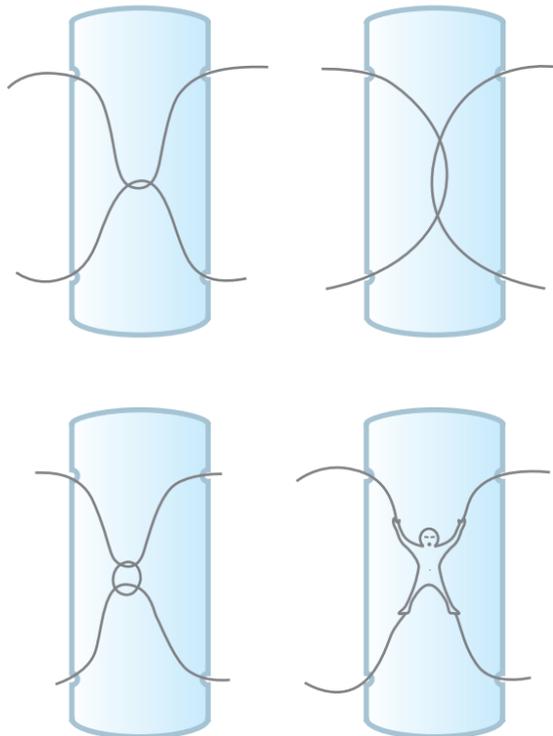
속이 보이지 않는 원통에 네 개의 끈이 달려 있어요. 하나의 끈을 잡아당겼더니 다른 끈의 길이가 짧아졌어요. 왜 이런 현상이 나타나는지 생각해 보세요.



의사소통

하나의 끈을 잡아당기면 다른 끈의 길이가 짧아지는 까닭에 대한 내 생각을 친구들에게 설명하여 보세요.
친구들은 내 생각을 잘 이해하였나요?
친구들은 어떻게 생각하나요?
친구들의 생각과 내 생각을 비교하여 보세요.

불투명한 원통 내부 구조 추리 예시



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

불투명한 원통 안에 네 개의 끈이 어떻게 연결되어 있는지 나의 생각을 친구들에게 이야기해 보게 한다.

- ▷ 불투명한 원통 안에 네 개의 끈이 어떻게 연결되어 있을지 나의 생각을 친구들에게 설명하여 봅시다.
- ▷ 친구들은 나의 생각을 잘 이해했습니까?
- ▷ 친구들에게 나의 생각을 잘 전달하기 위해서 이용할 수 있는 방법에는 무엇이 있습니까?
 - 그림 그려서 나타내기
 - 실제 끈을 연결하여 보여 주기

- ▷ 친구들의 생각을 들어봅시다.
- ▷ 친구들의 생각과 내 생각을 비교하여 봅시다. 내가 미처 생각하지 못한 부분을 친구들이 생각하고 있다면 친구들의 생각을 바탕으로 내 생각을 고쳐봅시다.

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.

의사소통의 유형

의사소통 유형	정 의	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

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 보 다음, 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?
 - 온도계의 붉은 기둥이 서서히 올라가는 것을 관찰하였습니다.
- ▷ 알고 있던 지식으로 설명할 수 없는 현상은 무엇입니까?
 - 온도에 따라 온도계의 붉은 기둥이 올라가고 내려가는 까닭을 설명할 수 없었습니다.
- ▷ 이러한 관찰을 통해서 생긴 의문은 무엇입니까?
 - 온도가 높아지면 온도계의 붉은 기둥이 왜 올라가는 것일까?
- ▷ 생활 속에서 내가 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 인식하였을 때 생성된다. 따라서 학생들에게 다양한 의문 상황을 제시하여 의문을 생성할 수 있는 기회를 많이 제공하는 것이 중요하다.



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 이용할 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 판문 역할을 한다.

활동 안내

온도가 올라가면 온도계의 붉은 기둥이 올라가는 현상을 관찰한 다음, 생긴 의문에 대한 가설이 만들어지는 과정을 생각해 보게 한다.

- ▷ 관찰한 현상에서 생긴 의문은 무엇입니까?
 - 온도가 높아지면 온도계의 붉은 기둥이 왜 올라가는 것일까?
- ▷ 이 의문에서 중요한 변인은 무엇입니까?
 - 온도, 온도계의 붉은 기둥입니다.
- ▷ 중요한 변인들 사이에는 어떤 관계가 있을지 생각하여 보세요.

- 온도가 높아지면 온도계의 붉은 기둥이 올라가고, 온도가 낮아지면 온도계의 붉은 기둥이 내려옵니다. 이것은 붉은 기둥에 들어 있는 액체가 온도에 따라 부피가 변하기 때문에 나타나는 현상일 것입니다.
- ▷ 중요한 변인 사이의 관계를 생각하며, 의문에 대한 잠정적인 답인 가설을 만들어 보세요.
- 온도가 높아지면 온도계 안에 있는 액체의 부피가 늘어나서 온도계의 붉은 기둥이 올라가고, 온도가 낮아지면 온도계 안에 있는 액체의 부피가 줄어들어서 온도계의 붉은 기둥이 낮아지는 것입니다. 즉, 온도가 높아지면 온도계 안에 있는 액체의 부피가 늘어나서 온도계의 붉은 기둥이 높이 올라가는 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
온도계의 붉은 기둥 속 액체는 무엇일까?	수은이나 알코올일 것이다.	추리
온도가 낮아지면 온도계의 붉은 기둥은 어떻게 될까?	온도가 낮아지면 온도계의 붉은 기둥은 내려올 것이다.	예상
온도가 높아지면 온도계의 붉은 기둥은 왜 올라가는 것일까?	온도가 높아지면 붉은 기둥 속의 액체 부피가 증가하여 붉은 기둥이 높이 올라가는 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 설계하여야 하며, 이때 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건은 무엇인지 생각해 보게 한다. 또한, 실험을 수행할 때 변인 통제를 해야 하는 까닭에 대해서도 생각해 보게 한다.

- ▷ 가설이 옳은지 그른지를 알아보기 위해서는 어떻게 해야 합니까?
 - 실험을 해야 합니다.
- ▷ 가설이 옳은지 그른지를 검증할 때, 실험을 통해 알아보아야 하는 것은 무엇입니까?
 - 온도에 따른 액체의 부피 변화입니다.
- ▷ 그렇다면 실험에서 다르게 조작해 주어야 하는 조건은 무엇입니까?
 - 온도입니다.
- ▷ 같게 해 주어야 하는 조건은 무엇입니까?
 - 온도 이외의 나머지 모든 조건은 같게 합니다.
- ▷ 측정해야 할 조건은 무엇입니까?
 - 액체의 부피입니다.
- ▷ 만약 실험에서 변인 통제를 하지 않는다면 어떻게 되겠습니까?
 - 가설을 뒷받침하는 결과를 알 수 없습니다.
 - 실험을 할 때마다 실험 결과가 달라집니다.
- ▷ 실험을 할 때, 변인 통제를 하는 까닭은 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

온도에 따른 액체의 부피 변화를 알아보기 위한 실험은 어떻게 해야 할까요? 이때, 실험에서 다르게 해야 할 조건과 같게 해야 할 조건은 무엇인가요?

① 다르게 해야 할 조건: 비커 속 물의 온도
② 같게 해야 할 조건: 시험관의 크기(지름 16mm), 유리관의 굵기(지름 5mm), 비커의 크기(1,000mL), 비커에 담은 물의 양

자료 변환

실험 결과를 표와 그래프로 나타내어 보세요.

물의 온도(°C)	물 기둥의 높이(mm)			평균
	1회	2회	3회	
27	0	0	0	0
60	14	15	14	14.4
70	22	28	25	25
80	34	34	35	34.4
90	44	45	45	45

물의 온도에 따른 물 기둥의 높이 변화

자료 해석

그래프를 보고 알 수 있는 사실은 무엇인가요?
"비커 속 물의 온도가 높아지면 유리관의 물 기둥 높이도 높아진다."

변인의 유형

변인은 실험에 영향을 주는 여러 가지 요인을 가리킨다. 변인에는 여러 가지 종류가 있는데 변인의 원인과 결과를 알아보는 실험에서 원인이 되는 변인을 '독립 변인', 결과로 나타나는 변인을 '종속 변인'이라고 한다. 또한, 독립 변인 중에서 같게 해 주어야 하는 변인을 '통제 변인', 다르게 해 주어야 하는 변인을 '조작 변인'이라고 한다.

[독립 변인] 실험에서 원인이 되는 변인	[통제 변인] 같게 해 주는 조건	시험관의 종류, 시험관에 넣는 물의 양, 유리관의 굵기와 길이, 시험관 마개의 종류 등
	[조작 변인] 다르게 해 주는 조건	액체의 온도
[종속 변인] 결과로 나타나는 변인	액체의 부피 변화	

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

- ▷ 실험 결과를 정리하는 방법에는 어떤 것들이 있습니까?
 - 표, 그래프, 그림 등이 있습니다.
- ▷ '온도에 따른 액체의 부피 변화' 실험 결과는 어떤 방법을 이용하여 자료를 정리하였습니까?

- 표와 선 그래프입니다.
- ▷ 표와 선 그래프가 실험 결과를 정리하기에 효과적인 방법이라고 생각합니까? 더 좋은 방법은 없습니까?
- ▷ 그래프를 보고 액체의 온도와 액체의 부피 변화 사이의 규칙성이나 경향성을 찾아보세요.
 - 물의 온도가 높을수록 물의 부피가 증가하고, 물의 온도가 낮을수록 물의 부피가 감소합니다.

자료 변환의 유형 및 특징

유형	특징
표	많은 데이터를 체계적으로 정리하여 나란하게 배치하는 방법으로 작은 공간에 많은 양의 자료를 정리할 수 있다.
막대 그래프	수직, 수평 막대를 활용하여 변수의 양을 비교하는 데 이용하는 그래프로, 자료의 수량이나 크기를 한눈에 비교할 수 있다.
원 그래프	전체의 비율로 결과를 보여 주는 그래프로, 전체에서 자료값이 차지하는 비율을 쉽게 비교할 수 있다.
선 그래프	변수 사이의 관계나 전체적인 경향성을 선으로 표현한 그래프로, 조사하지 않은 중간값과 이후의 변화도 예상할 수 있다.

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

‘온도가 높아지면 온도계의 붉은 기둥이 왜 올라갈까?’ 탐구 과정 속에서 자료 해석을 바탕으로 결론이 도출되는 과정을 경험하여 보고, 결론의 역할이 무엇인지 생각해 보게 한다.

- ▷ 실험 결과를 해석한 내용은 무엇입니까?
 - ‘액체의 온도가 높을수록 액체의 부피가 늘어나고 액체의 온도가 낮을수록 액체의 부피가 줄어든다.’입니다.
- ▷ 실험 결과는 실험을 시작하기 전에 세웠던 가설을 뒷받침하는 증거가 됩니까?
 - 가설은 ‘온도가 높아지면 온도계 안에 있는 액체의 부피가 늘어나서 온도계의 붉은 기둥이 높이 올라가는 것이다.’입니다. 실험 결과, 시험관 속 액체의 온도가 높을수록 액체의 부피가 늘어나서 유리관의 올라간 높이가 높아진다는 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.
- ▷ 이 탐구 주제의 결론은 무엇입니까?
 - 액체의 온도가 높을수록 온도계 안에 있는 액체의 부피가 늘어나기 때문에 온도계의 붉은 기둥이 올라간다는 것입니다.
- ▷ 결론 도출을 한 이후에는 무엇을 해야 합니까?
 - 다른 사람들에게 실험 과정과 결론을 알립니다.

결론 도출

실험 결과를 바탕으로 처음에 세웠던 가설이 옳는지 그치지 판단하여 보세요.

“실험을 통해 물의 온도가 높을수록 유리관의 물 기둥 높이가 더 높아진다는 것을 확인하였다. 따라서 온도가 높아지면 온도계 안에 있는 액체의 부피가 늘어나기 때문에 온도계의 붉은 기둥이 높이 올라간다는 나의 가설이 옳았음을 알 수 있다.”

수은 온도계 알코올 온도계

20

일반화

아래에 제시된 여러 가지 실험 결과로 알 수 있는 것은 무엇인가요?

물의 온도(°C)	액체 기둥의 높이(mm)		
	식초	우유	유리 세정제
27	0	0	0
60	29	22	20
70	36	33	33
80	44	45	45
90	55	58	63

21

결론 도출 지도 시 유의 사항

- ① 가능한 한 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 생각해 보게 한다.

- ▷ 이 탐구의 결론은 무엇입니까?
 - 액체의 온도가 높을수록 온도계 안에 있는 액체의 부피가 늘어나기 때문에 온도계의 붉은 기둥이 올라간다는 것입니다.

- ▷ 물이 아닌 다른 액체도 온도가 높을수록 부피가 늘어날까요?
 - 식초도 온도가 높아질수록 식초 기둥의 높이가 높아졌습니다.
 - 우유도 온도가 높아질수록 우유 기둥의 높이가 높아졌습니다.
 - 유리 세정제도 온도가 높아질수록 유리 세정제 기둥의 높이가 높아졌습니다.
- ▷ 이러한 현상에서 공통적으로 알 수 있는 것은 무엇입니까?
 - 액체는 온도가 높아지면 부피가 늘어나고, 온도가 낮아지면 부피가 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. 일반화된 과학 지식은 우리 생활에 적용되어 우리 생활을 편리하게 하는 생활 도구를 만듭니다.

일반화의 유형

유형	의미
이론	사실, 개념, 법칙으로 이루어져 있으며, 이들의 관계를 설명하는 것이다.
원리	법칙과 혼용되어 이용되는 용어이지만 원리가 법칙보다 더 포괄적인 의미를 가진다. 원리는 논리적 관계, 연산 기호, 수학적 공식 등으로 서술한다.
법칙	관찰 사실을 바탕으로 도출한 것으로서, 구체적인 상황이나 특정한 체계 안에서 여러 가지 개념의 관계를 설명하는 것이다.

일반화 지도 시 유의 사항

- ① 여러 연구의 실험 결과에 근거하여 규칙성을 발견하게 한다.
- ② 지나친 추리나 과도한 일반화를 하지 않게 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, 초등학생들이 일반화 과정을 경험하기는 어려우므로 깊이 있는 내용을 지도하지는 않는다.