

제 1강 과학탐구과정

신영준 신동훈 박헌우 박형용

1. 수업목표

- 1) 과학 탐구에 요구되는 기능들에 대하여 안다.
- 2) 과학 지식의 구성 과정에 대해 이해한다.

2. 개요.

과학을 알고 할 수 있다는 것은 과학 지식을 아는 것뿐만 아니라 과학을 하는 방법을 아는 것을 필수적으로 포함한다. 1960년대 이후, 과학 교육을 탐구의 결과로 얻어진 지식의 전수보다는 자연을 탐구하는 과정으로 보는 경향이 강하게 대두되어 과정으로서의 과학인 '탐구 활동'을 강조하고 있다. 탐구는 과학 지식을 구성하여 나아가는 과정으로, 기존의 지식과 과학의 과정 및 기능을 활용하여 새로운 지식을 쌓는 일련의 총체적인 활동을 의미한다. 과학 탐구는 관찰, 실험 활동 등과 같은 실제적인 과학 활동은 물론, 과학 지식을 적용하여 새로운 과학적 문제를 해결하는 문제 해결 활동도 포함한다.

과학 탐구의 형태는 다양하지만 대부분의 탐구 활동에 공통적으로 사용되는 과정이 있다. 이를 '탐구 과정'이라고 하며 탐구를 수행하는 데 필요한 기능이나 요소를 말한다. 탐구 과정은 '과학적 과정 기술' 또는 '과학 탐구 요소'라고도 한다. 미국과학진흥협회(AAAS)와 교육과정위원회에서 개발한 대표적인 탐구 중심의 초등 과학 교육 프로그램인 SAPA(Science: A Process Approach)에서는 과학 탐구 과정을 크게 '기초 탐구 과정'과 '통합 탐구 과정'으로 나누어 제시하였다. 기초 탐구 과정은 통합 탐구 과정의 기초가 되는 것으로, 과학 탐구에서 매우 중요하며, 그리고 이러한 기초탐구기능을 바탕으로 실제의 문제를 과학적으로 해결하는 과정에 대한 통합 탐구 요소는 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화의 일곱 단계로 나누어진다. 본 수업에서는 과학 지식의 구성 과정인 과학탐구 과정에 대해 명시적으로 알아본다.

3. 과학의 과정

1. 과학의 과정의 중요성

1) 과학 교사가 “충분한” 과학 지식을 아는 것의 어려움

- ① 오늘날 알려진 과학의 양은 막대함→한 개인이 전부 혹은 그 일부라도 아는 데에는 많은 어려움이 있음 / 지식의 팽창 속도를 개인이 따라잡는 것은 불가능 함
- ② 오늘날 사실로 간주되는 과학적 지식이 → 미래에는 쇠퇴할 지도 모른다.
- ③ 과학적 개념은 시간이 지남에 따라 변화하는 경향이 있다.

=> “교사가 학급 내에서 무엇을 어떻게 하느냐 하는 것이 교사가 알고 있는 지식이나 교육과정보다 훨씬 더 중요하다는 것은 명백하다.(R. Yager, 1990)

=> 학생들은 방대한 양의 과학 지식을 배우는 것이 아니라 과학을 어떻게 할 것인가(How to do Science)를 배워야 한다.

어떻게 관찰하고, 어떻게 창안하고, 어떻게 새로운 생각을 구상해 낼 것인지, 어떻게 종합하고, 어떻게 분석하고, 평가하는지를 배워야 한다.

=> 그들 자신의 개념을 학생 스스로 구성할 수 있어야 한다.

2.) 새로운 과학적 지식을 생성하는 과정

=> 새로운 지식은 옳고 그름의 한계를 뛰어넘어 새로운 사고의 결과로 만들어진다.

과학자들이 과학을 하는 것은 옳고 그른 답들에 얽매이지 않는다.

새롭고 예상치 못했던 그리고 이전의 방식들과 잘 맞지 않는 사건들을 계속해서 탐구한다. (새로운 발견과 발명에서 그 예를 찾아볼 수 있다.)

“나는 숨겨져 있고 알려지지 않은, 그리고 과학적 연구에서 전혀 발견되지 않았던 것에 대해서는 곰곰이 생각하고 노력해야 한다고 생각한다. 과학적 연구들은 대부분 우연히 발견되거나 그 주제에 대해 꾸준히 전념한 사람에 의해 발견되거나 그것과 관련된 모든 것을 주의 깊게 관찰하는 데서 발견되는 경향이 있다.(C. Goodyear, 1968)

=> 새로운 지식은 다른 사람들이 관찰하지 않은 것을 관찰함으로써, 다른 사람들이 질문하지 않았던 것을 질문함으로써, 다른 사람들이 추론해내지 못한 것을 추론해 냄으로써, 정답이 아니라 의미 있는 대답에 더 초점을 둠으로써 얻어지게 된다. 즉, 새로운 지식은 과학을 행함에 따라 결과로서 얻어지는 것이다.

2. 과학교육과정에서의 변화

1960년대 이후, 기계적 암기 학습(rota learning)에서 탈피를 강조하였고, “자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 신장시키고, 문제 해결에 이를 활용하게” 하는 것이 중추적인 교육목표로 설정 됨.

❖ 과학 탐구 능력

-기초적인 탐구 능력: 모든 탐구 능력을 이해하는 데 기반이 되며, 좀 더 복잡한 과정을 이루는 구성요소가 됨

-통합적인 탐구 능력: 보다 고차원의 사고 단계가 필요한 것

-탐구 과정에는 정보를 얻고, 이해하고, 정보를 사용하는 요소가 포함되어 있음.

→과학의 탐구 과정에서 학생의 기존 지식이 크게 영향을 끼침

→탐구 과정을 통해 탐구 능력 뿐 아니라 과학 개념을 습득하고 과학 활동의 본성을 이해하게 됨

❖ 미국의 SAPA(Science a Process Approach) 프로그램

미국의 AAAS(American Association for the Advancement of Science)는 과학하는 과정의 중요성을 인식하고 SAPA (Science-A Process Approach) 교육과정을 개발하였는데, **13가지의 탐구과정 요소에 대한 과학교육목표**를 제시함

❖ 우리나라 교육과정

✓ 기초 탐구 능력: 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통

✓ 통합 탐구 능력: 문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화

탐구기능		이론	예
기초 탐구 과정 기능	관찰하기 (Observing)	사물과 현상에 대하여 정보를 모으기 위해 감각(오감)을 사용하는 것	꽃의 색깔, 모양, 냄새 기술하기. 연필을 노란색 또는 길이가 20cm라고 기술하기
	분류하기 (Classifying)	어떤 방법이나 체계에 따라 사물, 사상, 정보를 배열하거나 나누기	어떤 암석 알갱이의 크기나 굳기에 따라 암석을 분류하기
	측정하기 (Measuring)	적절한 도구를 사용하여 표준 또는 비표준 적인 단위로 사물이나 현상을 정량적으로 관찰하기	책상의 길이를 미터자를 사용하여 측정하거나, 식물이 자란 길이, 흡수된 물의 양 등을 산정하기
	의사소통하기 (Communicating)	말이나 그림 등을 사용하여 행동, 사물, 현상을 기술하는 것	시간에 따른 식물의 길이 변화를 그래프 제시하고, 말로 설명하기
	추론(유추)하기 (Inferring)	추론을 통해 관찰 내용을 설명하거나 현상의 원인을 말하기	나뭇잎의 벌레 먹은 부분을 보고 어떤 곤충이 갉아먹었는지를 알아내기
	예측(예상)하기 (Predicting)	현재 알고 있는 정보를 바탕으로 앞으로 일어날 일을 기술하는 것	설탕과 녹말을 가열했을 때 모양과 상태가 어떻게 변할지 짐작해보기
	수 사용하기 (Using Numbers)	수학적 규칙이나 공식을 이용하여 양을 결정하거나 측정치로부터 관계 결정하기	이동한 시간과 거리가 다른 두 움직이는 물체에 대해 기준을 정하여 빠르기를 수치로 나타내기
	시공간계사용하기 (Using Space/Time Relationships)	방향, 공간 배열, 운동과 속도, 대칭, 변화 속도 등을 식별하고 기술하기	빛이 비추어지는 방향과 위치에 따라 물체의 그림자 형태 변화와 길이 나타내기

탐구기능		이론	예
통합 탐구 과정 기능	가설설정하기 (Formulating Hypotheses)	추론을 바탕으로 옳을 것이라고 생각하는 것에 대해 잠정적이고 검증 가능한 진술을 작성하기	'토양에 더한 유기물의 양이 많을수록 콩은 더 잘 성장할 것이다'와 같은 가설설정
	조작적 정의하기 (Defining Operationally)	실행 가능한 행동, 관찰 가능한 내용, 조작 가능한 내용으로 용어(변인)들을 설명하기	'콩의 성장'을 '일주일에 몇 센티미터로 측정되어질 것'이라고 진술하기
	변인통제하기 (Controlling Variables)	실험 결과에 영향을 미칠 수 있는 변인을 찾아내고, 일정하게 유지시키거나 변화시켜야 하는 것의 특징을 인식하기	금붕어의 크기, 시험관의 크기, 호흡수 측정 시간을 같게 유지하면서 실온의 물과 얼음을 넣은 물에서의 금붕어 호흡 수 비교하기
	실험하기 (Experimenting)	여러 가지 사고 기능을 사용하여 통제된 상황에서 과학적인 검증을 설계하고 수행하기	의문을 가지는 것에서 자료를 해석하는 것까지, 콩의 성장에 유기물이 미치는 영향에 관한 전체 실험 수행 과정
	자료해석하기 (Interpreting Data)	자료를 조직화한 표, 그래프, 도표 등을 통해 얻어진 정보로부터 결론 도출하기	일정 시간 동안 물과 모래의 온도 변화를 측정하고 얻은 결과로부터 모래의 온도 변화가 물의 온도변화보다 크다고 결론 내리기
	모형설정 (Formulating models)	추상적 현상에 대한 설명을 구체적인 사물이나 현상을 이용하여 기제, 도식, 구조 등으로 표현하는 것	원자의 모형을 핵과 전자로 표현하기

과학탐구기능

기초탐구기능

관찰, 측정, 분류, 추리, 예상, 의사소통

▶ 모든 탐구능력의 기초

좀더복잡한 과정을 이루는 구성요소

● SAPA(Science: A Process Approach)

- 기초탐구기능

- 관찰, 측정, 분류, 추리, 예상, 의사소통

- 통합탐구기능(과정)

- 문제인식, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론도출, 일반화

● 기초탐구기능 - 관찰

- 모든 감각 기관 또는 현미경이나 망원경, 돋보기 등과 같이 감각을 확장시키는 도구를 사용하여 사물에 대한 정보와 자료를 얻는 과정

정성적 관찰	정량적 관찰
붉은색을 띤다. (시각)	내 키는 180cm이고, 허리는 30인치이다. (자)
시큼한 냄새가 난다. (후각)	고기 한 근의 무게는 600g이다. (저울)
쓴맛이 난다. (미각)	방 안의 온도는 20℃이다. (온도계)
피부가 까칠하다. (촉각)	이 우유의 양은 500mL이다. (눈금 있는 도구)
문지르면 금속성 소리가 난다. (청각)	내가 너보다 키가 크다. 이 책상의 세로 폭은 내 걸음으로 세 걸음 정도이다.

● 기초탐구기능 - 측정

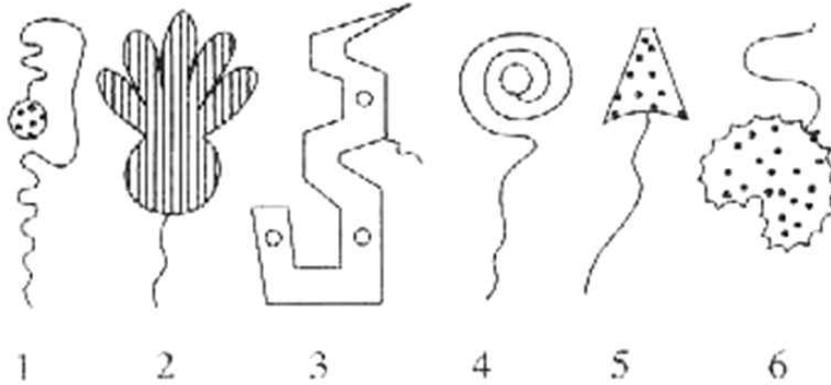
- 관찰을 수치화(수량화)하는 과정으로 정량적 관찰, 비교와 분류, 원활한 의사소통의 기초
- 십진법에 기초한 미터법을 측정 단위로 사용
- 기본단위: 길이 - m, 질량과 무게 - g, 부피 - L

접두어	접두어의 의미
kilo(킬로)	기본 측정 단위의 1000배
hecto(헥토)	기본 측정 단위의 100배
deca(데카)	기본 측정 단위의 10배
deci(데시)	기본 측정 단위의 1/10
centi(센티)	기본 측정 단위의 1/100
milli(밀리)	기본 측정 단위의 1/1000

● 기초탐구기능 - 분류

- 대상이 되는 사물, 사건, 현상들이 가지고 있는 공통성을 찾아 함께 묶거나 관계를 연결하는 과정
- 어떤 공통적 속성이나 기준에 따라 나누고, 세분화하여 사물들 사이의 관계를 체계화하는 과정
- 수준: 이원분류, 다단계 분류, 서열화

● 기초탐구기능-분류

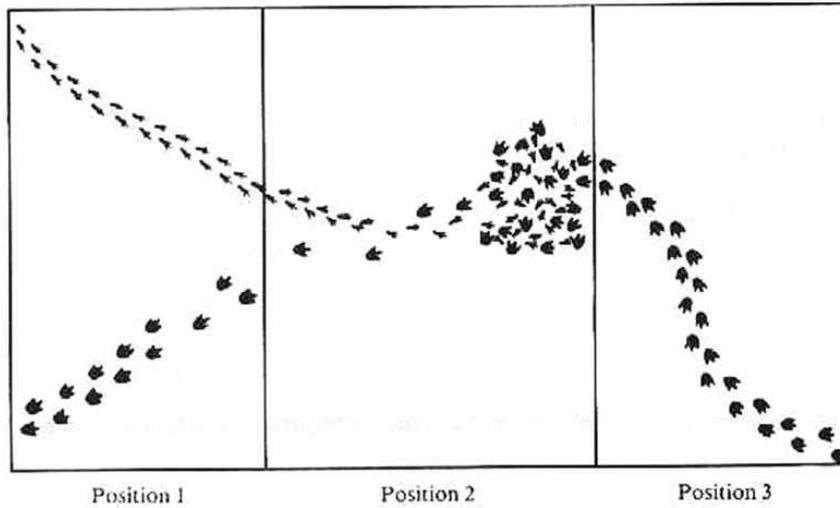


● 기초탐구기능-추리

- 사물이나사건, 현상을 관찰한 결과를 논리적으로 해석하고 설명하는 과정
- 관찰에 근거함
: 증거가 없거나 매우 적은 막연한 추측과는 구별됨

관찰 사실	추리
운동장에 있는 깃발이 흔들리고 있다.	밖에는 바람이 불고 있을 것이다.
음식에 곰팡이가 있다.	이음식은 상하였을 것이다.
저 별은 다른 별보다 훨씬 밝다.	저 별은 다른 별보다 지구와 더 가까이 있을 것이다.

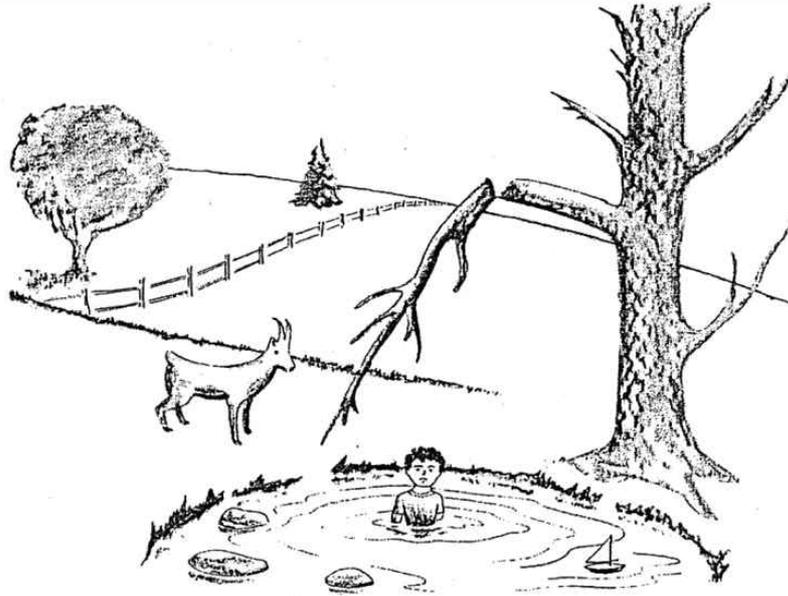
● 기초탐구기능 - 추리



● 기초탐구기능 - 예상

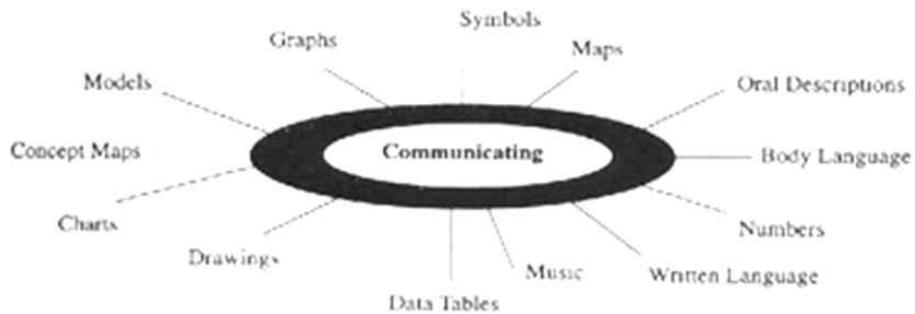
- 관찰이나 측정 결과에 기초하여 규칙성을 파악하고 앞으로 어떤 일이 일어날지를 미리 판단하는 과정
- ✓ 무게가 다른 두 공을 가슴 높이에서 동시에 놓으면 바닥에 동시에 떨어질 것이다.
- ✓ 비가 서서히 그치고 해가 나왔으므로 무지개가 뜰 것이다.
- ✓ 자전거의 타이어에 바람이 없으므로 자전거가 잘 나가지 않을 것이다.
- ✓ 식초는 약한 산성을 띠고 있으므로 파란색 리트머스 종이를 붉게 변화시킬 것이다.

● 기초탐구기능 - 관찰/추리/예상해보기



● 기초탐구기능 - 의사소통

- 자신의 생각이나 정보를 다른 사람에게 전하고 다른 사람의 생각이나 정보를 이해하는 과정
- 말뿐만 아니라 글, 몸짓, 그림, 그래프 등을 통해서도 가능



통합탐구과정 (기능)

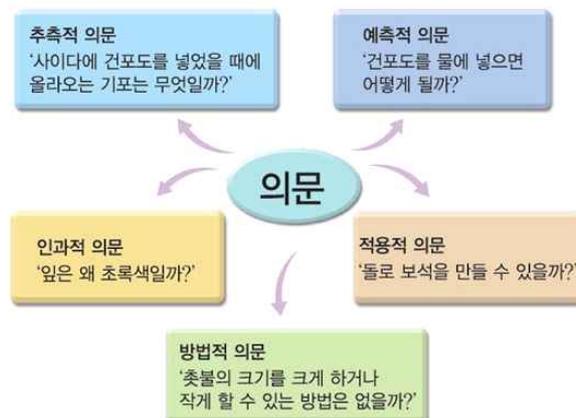
문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론도출, 일반화

➤ 기초탐구기능을 바탕으로

보다 고차원의 사고 단계를 요구하는 탐구과정 (기능)

● 통합탐구과정 - 문제인식

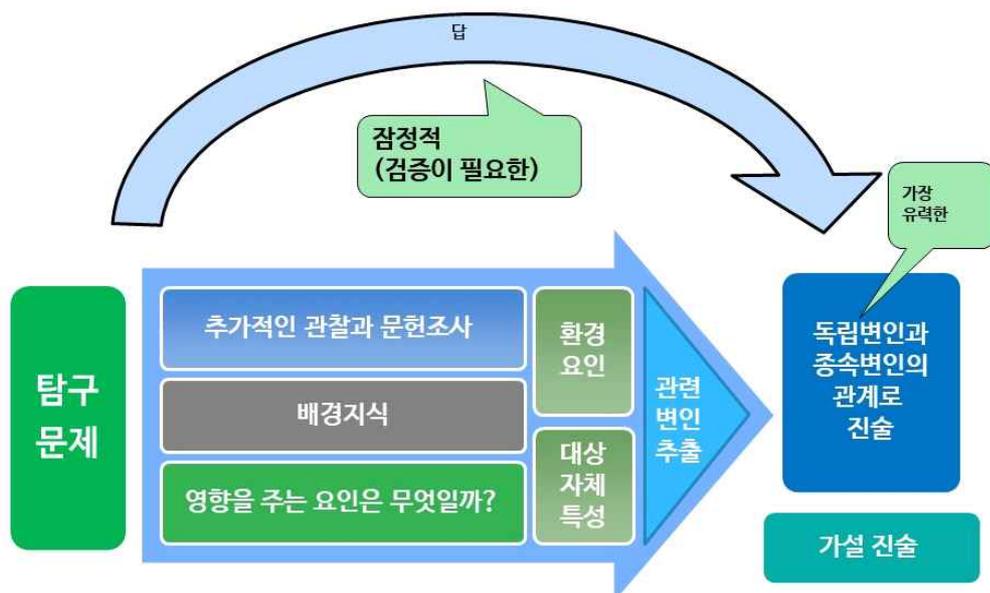
- 설명할 수 없는 현상에 의문을 가지고 그것을 알고자 하는 것
- 탐구할 문제를 찾아 명확하게 나타내는 것
- 탐구의 가장 첫 단계이자, 가장 중요한 단계



● 통합탐구과정 - 가설 설정

- 탐구의 대상이 된 현상에 대한 임시적 설명
즉, 탐구 문제에 대한 잠정적인 답을 세우는 것
- 자연 현상을 관찰하면서 생긴 의문에서 과학적 설명으로 진입하는 관문
➤ 과학적 탐구에서 핵심적인 역할

● 통합탐구과정 - 가설 설정



● 통합탐구과정 - 실험 설계

1. 가설로부터 예측

- 1) 만일 이 가설이 참이라면, 관찰 될 수 있는 현상을 예측
- 2) 다양한 예측이 가능

2. 예측 내용을 확인할 수 있게 실험 설계

- 1) 예측한 것을 바탕으로 간략하게 실험을 어떻게 할지 이야기 해본다. (실험 조건, 변인통제(대조/실험군 포함)
- 2) 실험 조건을 구체적으로 계획한다.
 - 독립변인을 어떻게 변화시킬 것인가? (독립변인 조작 방법)
 - 종속변인을 어떻게 측정할 것인가? (종속변인 측정 방법)
 - 통제변인을 최적의 조건으로 어떻게 같게 할 것인가? (통제변인 처리 방법-대조군, 실험군 마련 방안)

● 통합탐구과정 - 변인 통제

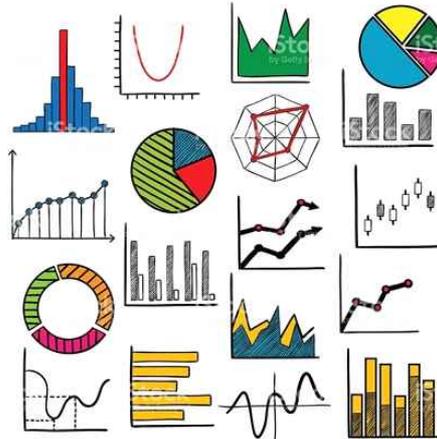
실험과 관련된 조건을 확인하고, 실험에서 다르게 해야 할 조건을 제외한 나머지 조건을 모두 같게 하는 것

- ▶ 변인 통제가 이루어지지 않으면 실험의 결과가 무엇에 영향을 받은 것인지 알 수 없다.

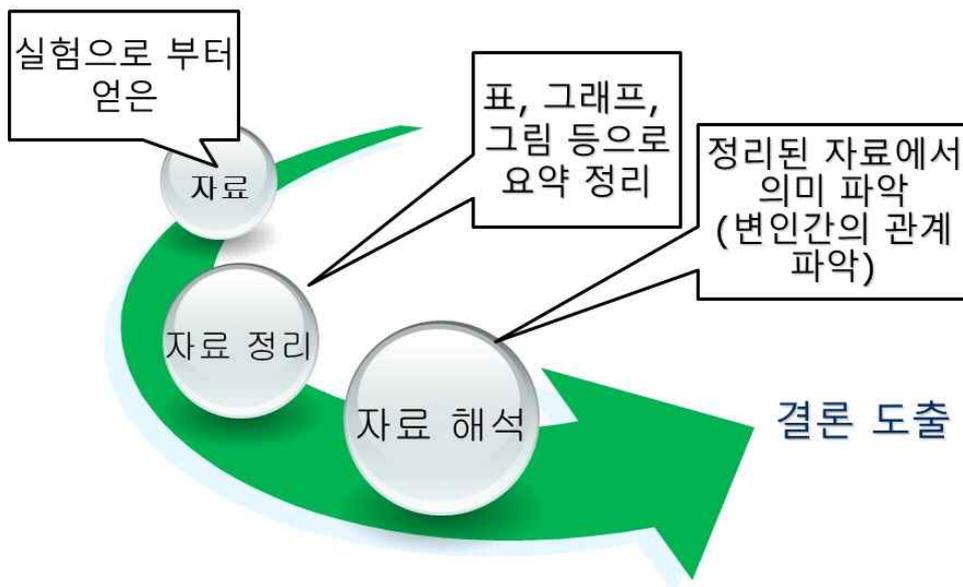


● 통합탐구과정 - 자료 변환

어떤 결과를 표, 그래프, 그림, 기호의 다른 형태로 바꾸는 것
일반적으로 탐구활동의 결과를 표와 그래프로 나타내는 것



● 통합탐구과정 - 자료 해석

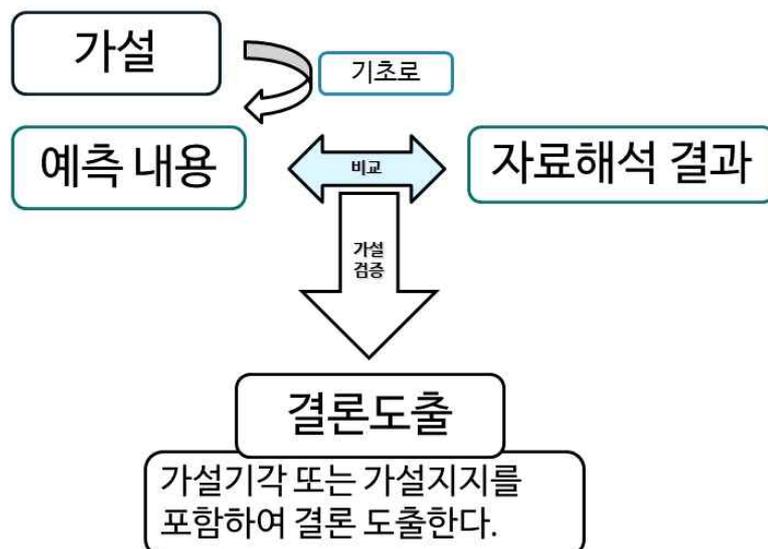


● 통합탐구과정 - 결론도출

실험이나 연구를 통해 수집한 자료를 분석하여 가설의 옳고 그름을 판단하는 과정

- 결론은 반드시 가설과 관련된 진술이라는 점에서 예상, 추리, 자료 해석 등과는 구분됨

● 통합탐구과정 - 결론도출



- 통합탐구과정 - 일반화

여러 가지 실험, 관찰 및 자료조사 등을 통해 얻어낸 개별적인 사실들로 부터 원리와 법칙을 이끌어 내는 과정