

2. 가설설정



만일, 집에서 저녁 식사 후에 텔레비전을 가족들과 함께 보고 있는데, 정전이 되었다면 왜 정전이 되었는지 당신은 그 원인을 생각할 것이다. 만일 다른 집은 정전이 아니라면, 전기 요금을 내지 않아서 차단당했거나 집안에 과부하가 걸려서 차단기가 내려갔거나, 아니면 다른 원인을 생각해 볼 것이다. 만일 다른 집도 정전이라면, 전기 선로에 문제가 생겼거나, 번개가 쳐서 전기가 나갔을 수도 있고, 발전소에 문제가 있을 것이라는 생각을 할 것이다. 이렇게 어떠한 현상의 원인에 대하여 타당한 설명을 찾아 그 이유를 설명하고, 잠정적으로 답이라고 생각한 것을 가설이라고 한다.

과학은 자연 현상에 대한 설명체계를 고안하는 학문이다(Lawson, 2002; Mayer, 1993). 이러한 설명체계를 고안하는 과정에는 자연 현상을 관찰하여 규칙성을 발견하는 귀납적 과정, 인과적 의문을 생성하여 가설을 생성하는 귀추적 과정, 생성한 가설을 검증하는 연역적 과정 등이 있다(권용주 등, 2003b). 이러한 생명 현상을 설명하는 여러 과정 중에서 가장 창의적이고 중요한 핵심 과정은 가설 생성 과정이라고 할 수 있다(권용주 등, 2003a; Klahr & Dunbar, 1988; Lawson, 1995; Wenham, 1993). 예를 들어 멘델이 유전 법칙을 창안할 때 단순히 귀납적 추론만을 사용했다면 “완두 교배 실험에서 F1에서는 모두 노란색 완두 종자만, F2에서는 녹색과 노란색의 완두 종자를 1:3의 비율로 얻을 수 있다.”는 규칙성을 제시하는 수준에서 연구가 끝났을 것이다. 그러나 멘델은 이러한 규칙성을 설명하기 위해서 “한 개체의 한 형질을 결정하는 유전인자는 2개이며, 각각은 어버이로부터 물려받고, 그 둘은 서로 대립이 되는 변이체로 존재한다.”는 가설을 제안한 것이다(권용주 등, 2003b).

Darwin의 진화론에서도 가설의 중요성이 극명하게 드러난다. 만약 Darwin이 자신이 관찰하고 경험한 다양한 생물의 세계를 단순히 보고하고 기술하는 수준에서 그쳤다면, 우리는 다윈을 기억하지는 않을 것이다. 사실 다윈의 위대성은 생물 진화의 발견자로서가 아니라 생물 진화의 기작(mechanism)을 제안한 것에서 찾아야 한다. 그가 제안했던 진화 기작이 바로 적자생존과 자연선택의 이론적인 가설이다. 즉 생물학에서 가설의 생성은 생명 현상을 단순히 기술하는 것이 아니라 생명 현상의 원인을 설명하는 것이다. 또한 현대 생물학의 신기원을 이룩한 DNA의 이중 나선 구조도 Watson과 Crick의 가설로부터 시작된 것이다. 이와 같이 과학에서 가설을 생성하는 과정은 미지의 인과적 원인에 대해

서 새로운 설명체계를 제시하는 과정이므로 다른 설명과정에 비해 더욱 중요하다고 할 수 있다.

가설은 과학에서 매우 중요한 역할을 하기 때문에, 가설의 역할을 명확하게 이해해야 한다. 이러한 시각에서 볼 때, 가설은 단순히 수집된 정보에 기초한 경험적 추측이 아니다. 가설을 창안하기 위해서는 배경 정보와 추측 요소가 요구되기는 하지만, 경험에 의한 추측들이 모두 가설인 것은 아니다.

예를 들어 여러분이 녹색 사과 몇 개의 맛을 보고 맛이 시다는 사실을 알았다고 해보자. 그래서 여러분은 이러한 “경험(experience)”으로부터 모든 녹색 사과는 맛이 시다고 “추측(guess)”하고, 이에 기초하여 다른 녹색 사과도 맛을 보면 실 것이라고 예측하였다. “모든 녹색 사과는 시다”라는 여러분의 이러한 추측이 가설이라고 할 수 있는가? 아니다. 이것은 단순히, 일반화(generalization)일 뿐이다. 즉, 귀납(induction)이라는 과정을 통해 특정 경험들로부터 이끌어 낸 일반적 언명이다. “다른 녹색 사과의 맛도 실 것이다”라는 경험에 의한 추측을 가설이라고 할 수 있는가? 이에 대한 대답도 ‘아니다’이다. 이러한 언명은 가설이라기보다는 다음과 같이 진행되는 단순한 부류 논리(class logic)에 기초한 예측(prediction)이다: “모든 녹색 사과는 맛이 시다. 이것은 녹색 사과이므로, 맛이 실 것이다.” 다음 녹색 사과도 실 것이라는 예측은 연역(deduction)이라는 과정을 통해 도출된다.

철학자들은 가설을 창출하는 과정을 귀추(abduction)라는 용어로 표현한다(Hanson, 1958). 귀추는 차용한 정보의 조사(관찰)와 이들에 대한 설명의 고안으로 이루어진다. 이렇게 하기 위해서는 분명히 얼마간의 경험과 원인들에 관한 추측이 필요한데, 그 추측은 귀납이나 연역으로부터 도출되는 것이 아니라 사전 지식과 귀추라는 창의적 과정으로부터 나온다. 귀추에는 현 상황이 이미 알려진 다른 상황들과 어떻게 유사한가에 대한 이해와 이러한 유사성을 현 상황에 대한 가설원으로 사용하는 능력이 수반된다. 아마도 설탕 분자 때문에 사탕과 과자가 단맛이 난다는 사실을 알고 있는 학생이, 이 아이디어를 빌어 녹색 사과의 단맛 결여를 설명하는 가설로 사용하는 것은 합당하다고 볼 수 있다. 그러므로 ‘녹색 사과는 설탕(당; sugar) 분자가 결여되어 있기 때문에 맛이 시다’는 언명은 귀추에 의해 도출된 가설이다. 이 가설의 목적은 ‘녹색 사과의 맛을 시게 하는 원인이 무엇인가?’라는 의문에 답하는 것이다.

일부 과학 교과서에서는 귀납이 가설 생성에 수반되는 과정이라고 진술한다. 예를 들면, Brum과 McKane(1989)은 “대부분의 가설과 이론은 구체적인 관찰들을 하나의 일반화된 설명으로 동화하는 귀납적 추론(inductive reasoning)의

산물이다”라고 주장한다. 그러나 Hanson(1958)이 다음과 같이 진술한 바와 같이 이 진술은 틀렸다: “(귀납은) 결코 어떠한 아이디어도 창출할 수 없다. 과학의 모든 아이디어는 귀추에 의해 생긴다.” 귀납이 제공하는 것이라곤 그 자체로는 아무 것도 설명할 수 없는 일반적 진술(general statement)이다.

이 점을 이해하기 위해서, 녹색사과 이야기를 다시 고려해 보자. 귀납에 의해 개별 사과들을 맛보는 것(구체적인 것)으로부터 모든 녹색사과의 맛은 시다(일반적인 것)는 언명에 이르게 된다. 이러한 언명은 귀납적 일반화(inductive generalization)이다. 귀납으로부터 비롯되는 이러한 언명은 단순히 일단의 구체적 데이터를 요약하며 이러한 언명이 더 검증되게 한다.

따라서 가설이란 현상을 설명하기 위하여 생각해 낸 가정(假定)이며, 가설을 기초로 해서 추론하고 적절한 결과를 유도한다는 의미에서 작업가설(作業假說)이라고도 하며, 그 타당성은 실험 등을 통해 경험적으로 검증되어야 한다.

2

가설의 중요성

과학적 지식을 생성한다는 것은 제기된 문제 현상을 설명하기 위해 필요한 지식을 고안하는 것을 의미한다(Anderson & Biddle, 1991). 따라서 과학적 지식을 생성한다는 것은 자연 현상을 설명하기 위해 필요한 지식을 고안하는 것을 의미한다. 과학적 지식에는 과학적 사실, 법칙, 이론처럼 자연 현상의 탐구 결과로 생성되는 결과적 지식뿐만 아니라, 자연 현상에서 발상되는 의문, 의문의 임시적인 설명인 가설, 가설 평가를 위해 고안된 검증 방법 등과 같이 자연 현상을 탐구하는 과정에서 생성되는 중간적 지식도 포함된다고 할 수 있다(권용주 등, 2003b). 그러므로 과학적 지식을 생성한다는 것은 결과적 지식을 고안하는 것뿐만 아니라 탐구의 과정에서 생성되는 중간적 지식을 고안하는 것도 포함한다고 할 수 있다.

과학 탐구에서 중간적 지식의 중요성은 결과적 지식의 중요성에 비해 결코 덜하다고 할 수 없다. 예를 들어, Darwin의 진화론이 “왜 다양한 생물들이 존재할까?”라는 결정적인 의문에서 시작된 것처럼, 대부분의 과학적 연구의 방향과 가치는 이러한 ‘의문’에 의해 매우 큰 영향을 받는다. 그리고 ‘검증방법’의 대표적인 예인 실험 방법에 관한 지식 또한 과학적 연구에서 매우 중요한 중간적 지식이다. 따라서 과학적 탐구 과정에서 생성되는 중간적 지식이 결과적 지

식보다 중요하지 않다고 하기는 어렵다.

탐구의 과정에서 생성되는 중간적 지식들 중 특히, 관찰된 현상들의 원인에 대한 임시적인 설명으로 고안된 명제나 명제들의 집합으로 정의되는 ‘가설’의 중요성은 아무리 강조되어도 지나치지 않다. 가설은 자연 현상에서 발상되는 의문에서 과학적인 설명으로 진입할 수 있는 관문의 역할(Klahr & Dunbar, 1988; Wenham, 1993)을 하기 때문에 과학적 탐구에서 가장 핵심적인 중간적 지식이라고 여겨져 왔다(Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn et al., 1988; 권용주 등, 2000).

이러한 가설의 중요성은 과학사의 여러 곳에서 찾을 수 있다. Kekule의 벤젠 구조에 관한 가설의 고안은 이러한 사례의 대표적인 예가 될 수 있다. Kekule은 꿈에서 본 뱀들의 원형 배열에서 아이디어를 얻어 벤젠 구조에 관한 가설을 고안하였다. 그는 이 임시적인 벤젠 구조 모형을 통해 지금까지 설명하지 못했던 벤젠의 성질들을 설명할 수 있었고, 이 모형을 확인하기 위한 실험들의 결과를 예상할 수 있었다. 이러한 과학사적 예는 풀리지 않는 의문과 과학적인 설명을 연결하는 관문으로서 가설이 얼마나 중요한 역할을 하는가를 보여주는 좋은 예가 된다.

역사적으로 과학적 탐구 활동 중에서 가설의 창안과 검증은 가장 핵심적인 과정의 하나로 여겨져 왔다(권용주 등, 2000). 또한 가설의 창안 또는 검증 기능의 발달은 학생들의 과학적 성취도 향상, 논리적 사고의 발달, 그리고 창의적 사고의 발달과 매우 밀접하게 관련되어 있기 때문에(Asdit & London, 1997; Lawson et al., 1989), 학생들의 가설 생성 활동은 과학 수업에서 매우 중요한 것으로 인식되고 있다(Lawson, 1995).

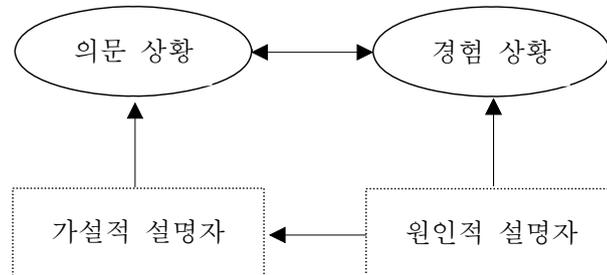
3

가설의 생성 과정

3-1. 가설 생성 모델

과학적 가설의 생성 과정을 모형을 들어 설명하면 다음과 같다(권용주 등, 2000, 2003; 정진수 등, 2005). 과학적 가설은 현재의 ‘의문 상황’을 구성하는 정성적 하위 특성들을 동정하는 첫 번째 단계, 현재의 ‘의문 상황’과 유사성 정도가 높다고 판단되는 과거의 ‘경험 상황’을 동정하는 두 번째 단계, 이 ‘경험 상황’을, 설명해주는 기지의 ‘원인적 설명자’를 동정해 내는 세 번째 단계, 끝으

로 이러한 ‘원인적 설명자’들 중에서 현재의 의문 상황을 가장 효과적으로 설명한다고 판단되는 ‘가설적 설명자’를 차용하는 네 번째 단계 등을 통해서 가설이 생성된다는 것이다.



[과학적 가설 생성 모델]

예를 들어, 바나나 색깔 변화의 원인을 묻는 과제에서 피험자들은 먼저 바나나 껍질의 색깔이 갈색으로 변한 상황을 인지하는 첫 번째 과정, 과거의 상황에서 이 의문 상황과 유사성 정도가 높다고 판단되는 사과와 같은 갈변 현상을 동정하는 두 번째 과정, 이 사과와 같은 갈변 현상을 설명해주는 기지의 원인적 설명자 즉, 산화현상을 동정하는 세 번째 과정, 마지막으로 이 설명자를 가설적 설명자로 차용하는 네 번째 과정을 거쳐 현재의 의문 상황을 설명하는 가설을 생성하게 된다(권용주 등, 2005).

Darwin의 진화론을 설명할 때에도 이러한 생성 모형을 적용하여 설명할 수 있다. Darwin이 갈라파고스 섬을 비롯한 생물들의 다양성을 보고 "왜 생물들은 이렇게 다양하게 존재할까?"라는 의문을 가졌다면, 첫 번째 과정에 해당된다. 이 의문을 해결하기 위해서 경험 상황 속에서 ‘비둘기 사육의 경험’과 ‘말더스의 인구론’을 생각했다면 두 번째 과정에 해당된다. 이러한 유사 상황에서 ‘인위선택과 과잉생산에 따른 적자생존’의 원인적 설명자를 생각했다면 세 번째 과정에 해당된다. 이 원인적 설명자를 자연선택과 적자생존으로 변경하였다면 네 번째 과정에 해당된다. 다윈은 이러한 가설 생성 사고 과정을 거쳐 생물 진화의 원인을 자연선택과 적자생존으로 설명한 것으로 해석할 수 있는 것이다.

이와 같은 가설 생성 모델을 바탕으로 경험적 연구를 통해 가설의 생성 과정을 구체적으로 설명할 수 있는 삼원귀추모형이 개발되었다(정진수 등, 2005). 삼원귀추모형(TAM: triple abduction model)에 의하면 가설은 의문분석과정(SAQ: stage of analyzing question), 설명자탐색 과정(SSE: stage of searching explicans), 가설구성 과정(SCH: stage of constructing hypothesis)을 통해서 생성된다. 이 과정을 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.

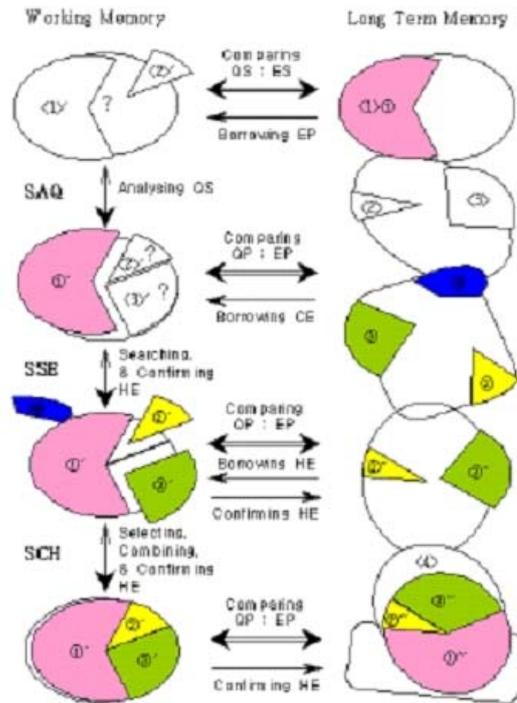


그림 1. 삼원 귀추 모형(TAM). (정진수, 2004)

그림 1과 같이 TAM은 흰색의 배경 도형, 배경의 일부를 나타내는 부분 도형, 그리고 색칠된 색 도형 등 모두 세 가지 유형의 도형과 화살표를 포함하고 있다. 세 가지 유형의 도형들은 각각 다른 선형적 지식들을 표현하고 있다. 먼저, 배경 도형은 ‘상황’을 표현하고 있다. 이 상황은 사건이나 현상들이 일어나고 있는 전체라고 할 수 있다. 그림 1에서 왼쪽 열에 그려진 작업 기억(working memory)에 포함된 QS (questioning situation)는 과학적 의문을 갖게 한 상황, 즉 ‘의문 상황’을 의미하고, 오른쪽 열에 그려진 장기 기억(long-term memory)에 포함된 ES (experienced situation)는 의문 상황과 유사한 ‘경험 상황’을 의미한다.

두 번째, 부분 도형은 감각 기관을 통해서 지각되는 사실, 사건, 움직임 등과 같이 상황을 구성하고 있는 ‘현상’을 표현한 것이다. 이 현상들은 <1>, <2>, <3>, <4>와 같이 표현되어 있다. 그림 1에서 작업 기억에 포함된 QP (questioning phenomena)는 의문 상황의 일부분인 ‘의문 현상’을 의미하고, 장기 기억에 포함된 EP (experienced phenomena)는 의문 현상과 유사한 ‘경험 상황’을 의미한다.

마지막으로, 색 도형은 현상의 원인적 설명자들을 의미한다. 이 원인적 설명

자들은 ①, ②, ③, ④와 같이 표현되어 있다. 그림 1에서 작업 기억에 포함된 HE (hypothetical explicans)는 의문 현상을 원인으로 설명하는 ‘가설적 설명자’이고, 장기 기억에 포함된 CE (causal explicans)는 경험 현상을 원인으로 설명하는 ‘원인적 설명자’이다.

또한 삼원귀추모형은 4가지 종류의 화살표를 포함하고 있다. 이 화살표들은 선언적 지식들이 표상되기 위한 절차적 지식들을 의미한다. 먼저, 작업 기억과 장기 기억 사이의 ‘ \Leftrightarrow ’ 화살표는 ‘유사성 비교 사고’를 나타내주고 있다. ‘Comparing QS : ES’는 의문 상황과 경험 상황을 비교한다는 의미이고, ‘Comparing QP : EP’는 의문 현상과 경험 현상을 비교한다는 의미이다. 두 번째, 장기 기억에서 작업 기억 방향으로 진행되는 ‘ \leftarrow ’ 화살표는 지식을 빌려오는 ‘차용 사고’를 의미한다. ‘Borrowing EP’는 경험 현상을 차용한다는 의미이고, ‘Borrowing CE’는 원인적 설명자를, ‘Borrowing HE’는 가설적 설명자를 차용한다는 의미이다. 세 번째, 작업 기억에서 장기 기억 방향으로 진행되는 ‘ \rightarrow ’ 화살표는 ‘확인 사고’를 의미한다. ‘Confirming HE’는 가설적 설명자를 확인한다는 의미이다. 마지막으로, ‘ \Downarrow ’ 화살표는 가설 생성의 단계들을 의미한다. TAM 모형은 위로부터 의문분석 과정(SAQ: stage of analyzing question), 설명자 탐색 과정(SSE: stage of searching explicans), 가설구성 과정(SCH: stage of constructing hypothesis)을 통해서 가설이 생성됨을 보여주고 있다.

삼원귀추모형에 따라 가설이 생성되는 과정을 단계별로 기술하면 다음과 같다. 먼저, 첫 번째 단계인 의문 분석 과정은 인과적 의문이 생성된 이후, 그 의문 상황에 포함된 현상들을 분석하고 그 현상들의 설명자들을 찾는 과정이다. 이와 관련된 사고는 'Comparing QS : ES', 'Borrowing EP', 'Comparing QP : EP', 'Borrowing CE' 등이다. 이 단계에서 의문 상황을 구성하는 현상들은 의문 상황과 경험 상황의 유사성을 비교하고 경험 상황에 포함된 경험 현상을 차용함으로써 표상된다. 또, 이 의문 현상들을 원인으로 설명하는 설명자들은 의문 현상과 경험 현상의 유사성을 비교하고, 경험 현상의 원인적 설명자들을 차용함으로써 생성된다. 만약 이 과정에서 모든 의문 현상들이 설명자들을 갖게 된다면 하위 의문들은 생성되지 않을 것이다. 그러나 설명되지 못한 현상들이 있으면 그것은 하위 의문으로 남게 된다.

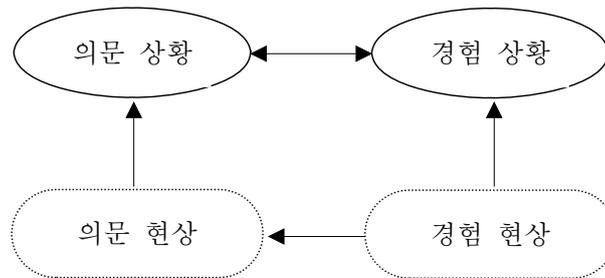
두 번째 단계인 설명자 탐색 과정은 구체화된 의문 현상들에 대한 가설적 설명자들을 찾아가는 과정이다. 이와 관련된 사고는 'Comparing QP : EP', 'Borrowing CE', 'Borrowing HE', 'Confirming HE' 등이다. 이 단계에서 가설적 설명자들은 의문 현상과 유사한 경험 현상을 찾고, 그 유사 경험 현상의 인

과적 설명자를 차용함으로써 생성된다. 또, 가설적 설명자들을 찾아 의문 현상과 또 다른 유사 경험 현상의 유사성을 비교함으로써 확인된다.

마지막으로, 세 번째 단계인 가설구성 과정은 설명자탐색 과정에서 생성된 가설적설명자들 중 최적의 것을 선택하고, 선택된 설명자들을 조합하여 가설을 구성하는 과정이다. 이 과정은 생성된 가설이 초기 의문 상황을 설명할 수 있는지 확인하는 과정을 포함한다.

3-2. 세 가지의 기본 귀추 모형

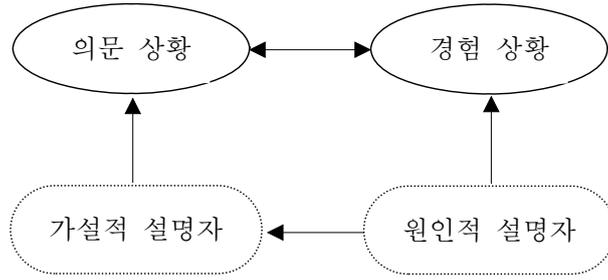
삼원귀추모형은 관찰 귀추모형, 가설 귀추모형, 확인 귀추모형 등의 세 가지 기본 귀추 모형을 포함하고 있다. 먼저, 관찰 귀추모형은 의문 상황 분석 단계에 포함된 'Comparing QS : ES'와 'Borrowing EP'를 합하여 모형화한 것이다.



[관찰 귀추 모형]

관찰 귀추 모형은 어떻게 의문 현상이 표상되는지를 설명한다. 이 모형에 의하면 의문 현상은 의문 상황과 경험 상황의 유사성을 근거로 경험 현상을 차용해옴으로써 생성된다. 이것은 관찰이 이론 의존적이라는 주장(Hanson, 1958; Hodson, 1998)과 잘 일치한다. 그리고 이 모형은 관찰이 어떻게 아는 것과 관련되는지도 설명하고 있다. 왜냐하면 가설 생성 과정에서의 의문 상황은 일반적인 관찰에서는 관찰 상황에 해당된다고 할 수 있고, 의문 현상은 관찰 사실에 해당한다고 할 수 있기 때문이다.

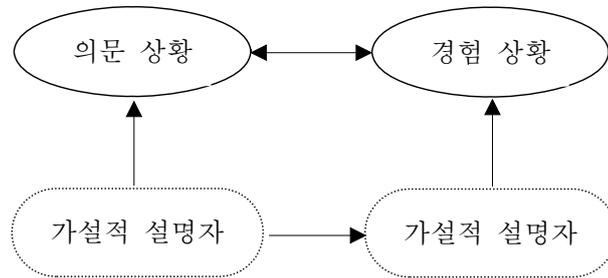
두 번째, 가설 귀추 모형은 삼원 귀추 모형의 두 번째 단계인 설명자 탐색 과정에 포함된 'Comparing QP : EP'와 'Borrowing HE'를 합하여 모형화한 것이다.



[가설 귀추 모형]

가설 귀추 모형에 의하면 가설적 설명자는 의문 현상과 경험 현상의 유사성을 근거로 원인적 설명자를 차용해옴으로써 생성된다. 원인적 설명자가 의문 현상과 경험 현상의 유사성에 근거를 두고 있다는 설명은 기본적으로 많은 연구들의 주장과 일치한다(예, Jeong & Kwon, 2001; Kwon et al., 2000; Lawson, 1995, 2000; Moore & Vodopich, 1998).

마지막으로, 확인 귀추 모형은 삼원 귀추 모형의 두 번째와 세 번째 단계에 포함된 'Comparing QP : EP'와 'Confirming HE'를 합하여 모형화한 것이다.



[확인 귀추 모형]

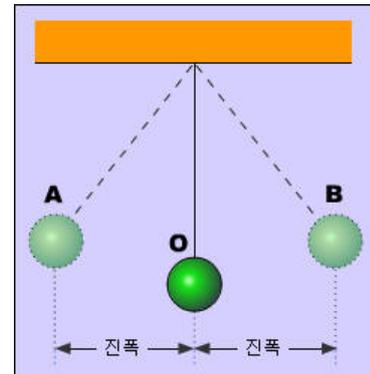
확인 귀추 모형은 어떻게 가설적 설명자를 확인하는지를 설명한다. 이 모형에 의하면 가설적 설명자는 의문 현상과 유사한 또 다른 경험 현상을 표상하고 그것들의 유사성을 비교하여 의문 현상의 가설적 설명자를 차용하여 경험 현상을 설명함으로써 확인된다.

과학적 가설이 생성되는 상황은 크게 하나의 자연 현상을 대상으로 관찰을 하는 과정에서 관찰로부터 생성된 가설과 사전 지식(경험)에서 생성된 가설로 나누어 생각할 수 있다. 또한 사전 지식(경험)에서 생성된 가설은 조작적 가설과 이론적 가설로 다시 구분할 수 있다(권용주 등, 2000).

4-1. 관찰에서 생성된 가설

일반적으로 자연 현상을 대상으로 관찰을 하는 과정에서 의문이 생성되고 그 의문에 대한 잠정적인 답을 찾는 과정이 가설이 생성되는 과정이다. 이러한 과정 중에서 관찰을 통해서 인과적 의문이 생성된 후, 그 현상의 설명자를 찾아 인과적 의문에 대한 잠정적인 답을 구하려고 할 때 경험이나 사전 지식이 부족하여 원인적 설명자를 차용해 오지 못하고 관찰 사실들을 바탕으로 가설을 생성하는 경우를 “관찰에서 생성된 가설”이라고 한다.

예를 들어 진자의 움직임을 관찰하다가 “진자의 주기가 왜 다를까?”라는 인과적 의문을 떠올렸다고 해보자. 이때 학생들은 진자의 무게, 진자의 실 길이, 진폭의 크기 등 진자 운동과 관련된 여러 변인들을 조작하면서 유심히 관찰했던 사실을 바탕으로 ‘실의 길이에 따라 주기가 달라질 것이다’라고 가설을 설정했을 때 이와 같은 가설을 ‘관찰에서 생성된 가설’이라고 할 수 있다.



또한 식물의 줄기를 잘라놓고 얼마의 시간이 지난 뒤 관찰해보면 시들어 있는 것을 알 수 있다. 이때 ‘왜 식물이 시들었을까?’에 대한 인과적 의문이 떠올랐을 때, 관련 지식이 풍부한 관찰자는 생성된 인과적 의문에 대한 원인적 설명자들을 유사 경험이나 사전 지식에서 귀추하여 여러 가지 가설들을 창안할 수 있을 것이다. 그러나 관련 지식이 부족하여 가설 생성과정에서 귀추를 하기 어려운 관찰자의 경우, ‘뿌리가 없기 때문에’, ‘물이 부족해서’와 같이 단순히 관찰 사실들의 비교를 통해 관찰 사실을 가설로 만들 것이다.

‘관찰에서 생성된 가설’은 관찰자가 다양한 유형의 관찰 즉, 조작적 관찰, 정량적 관찰, 정성적 관찰, 부분적 관찰, 전체적 관찰을 하면서 인과적 의문을 떠올리고 그 의문에 대한 답을 관찰 사실에 기초하여 가설을 생성하는 것이므로

사전 지식이 부족한 저학년 학생들의 가설 생성 지도에 적절하다.

4-2. 사전 지식에서 생성된 조작적 가설

‘생선과 육상 동물을 삶았을 때, 생선이 육상동물보다 부드럽고 잘 부서지고 또 씹을 때 잘 쪼개지는가?’라는 의문에 대한 가설의 예를 살펴보자.

- 운동량의 차이 때문에 육류가 어류보자 질긴 것이다. 어류는 물의 흐름에 따라 몸을 유연하게 움직이기 때문에 운동량이 적다. 반면 육류는 장애물도 있고 서 있는 것 자체가 운동이기 때문에 운동량이 많다고 볼 수 있다. 이러한 운동량의 차이가 근육의 발달 차이를 가져와 특성의 차이를 보이게 했을 것이다.
- 먹이가 다르므로 근육 조직의 발달 정도가 다를 것이다. 즉, 육상 동물은 물이 상대적으로 적게 함유된 질긴 음식을 먹고 이것은 다시 근육을 질리게 만들고, 또 어류는 물이 상대적으로 많이 함유된 부드러운 먹이를 먹기 때문에 이것은 근육을 부드럽게 만들 것이다.
- 물에 사는 어류는 근육 속의 단백질 일부가 물에 부분적으로 녹아서 물고기의 근육이 부드럽고 잘 쪼개진다.

위의 세 가지 가설의 공통적 속성은 어류나 육상 동물의 각 개체의 개인적인 행동 속성에 의해 근육의 차이가 결정되었다는 원인을 사전 지식(경험)에서 차용하여 제시한 것이다. 또한 이들 가설들의 공통점은 우리가 그 가설을 직접적으로 조작할 수 있고 또 그 원인이 바로 우리의 가까이에 존재하는 속성을 원인으로 제시했다는 것이다. 즉, 위 세 가설의 공통적인 특성은 개체 자신의 행동, 생리, 구조에 대한 설명을 원인으로 제시하고 있다. 이 가설들은 구체적이며 직접 조작될 수 있고, 관찰될 수 있으며, 우리 주변에 존재하는 원인이라는 것이다.

이 가설들에서 나타난 속성을 살펴보면 사전 지식에서 근접적 특성 및 관찰 가능성뿐만 아니라 더 나아가 직접 조작될 수 있는 속성을 차용하였다. 따라서 조작적 속성의 의미가 근접적 및 관찰 가능성의 의미를 포괄적으로 표현하기 때문에 이러한 가설들을 ‘사전 지식에서 생성된 조작적 가설(manipulative hypotheses)’이라고 한다.

4-3. 사전 지식에서 생성된 이론적 가설

‘생선과 육상 동물을 삶았을 때, 왜 생선이 육상 동물보다 부드럽고 잘 부서

지고 또 씹을 때 잘 쪼개지는가?’라는 의문에 대한 가설의 예를 살펴보자.

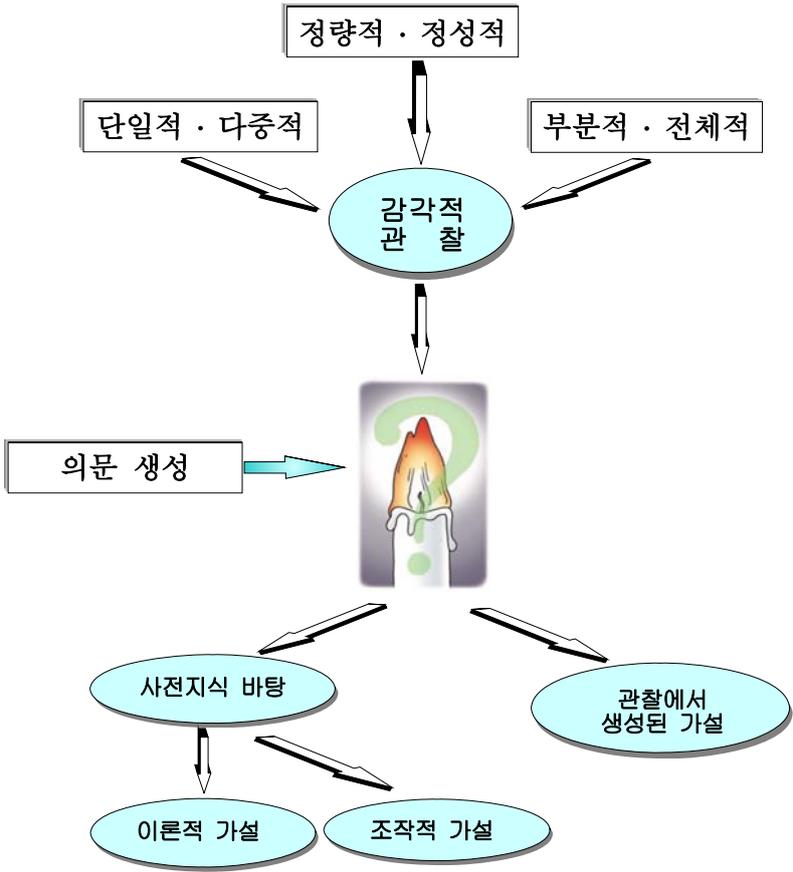
- 육상 동물과 어류의 생활 환경의 차이에서 오는 것이다. 즉, 육상 동물은 자신의 무거운 몸을 중력에 반하여 지탱하는 뼈의 근육이 강해야만 움직일 수 있고 또 그래야만 살아갈 수 있으므로 그렇게 발달되어 왔다. 반면 어류는 물에서 살기 때문에 자체의 부력으로도 얼마든지 물에서 떠다닐 수 있기 때문에, 그리고 육상동물보다는 대체로 무게가 적으며 단지 헤엄만 칠 수 있으면 되기 때문에 근육이 그렇게 질기고 단단하게 발달할 필요가 없다.
- 육상에서는 중력이 작용하므로 육상동물은 그 중력을 이기며 활동할 수 있도록 근육이 튼튼하게 진화되어 왔다. 그러나 어류의 경우를 보면, 어류가 사는 물은 물의 부력에 의해 중력이 육상만큼 직접적으로 작용하지 않는다. 따라서 어류는 물의 부력 덕분에 중력에 반하여 자신의 몸을 지탱하는데 필요한 튼튼한 근육이 발달될 필요가 없으므로 근육이 발달되지 않는 방향으로 진화되어 왔다.

위의 두 가설들은 개체의 개인적인 행동, 생리, 구조적 속성을 넘어서 주어진 자연 환경에 잘 적응한 개체들이 살아남아서 그것이 어류나 육상 동물의 전체적인 속성으로 자리 매김 되어진 것이라는 이론적인 설명을 사전 지식(경험)에서 차용하여 인과적 의문에 대한 원인으로 제공하고 있다. 즉, 이들의 설명은 진화적인 원인을 설명하고 있으며, 또 직접 관찰되거나 조작되어질 수 없는 이론적 설명을 원인으로 제시하고 있는 것이다. 따라서 이들 가설을 검증하기 위해서는 가설 자체를 하나의 독립 변인으로 조작하기 보다는 가설과 관련된 조작이 가능한 다른 독립변인을 제시하여 검증을 실시하는 조작 불가능한 가설의 연역적 검증과정이 고안되어야 한다.

조작적 가설에서는 가설과 검증에 사용되는 독립변인이 동일한 것과는 달리, 가설과 가설을 검증할 때 조작하는 독립변인이 서로 다르다는 것이다. 이것은 본질적으로 이들 가설이 바로 구체적으로 조작이 어려운 이론적 또는 진화적 속성을 포함하기에 그러한 것이다. 따라서 이러한 가설은 사전 지식에서 직접적으로 변인으로 조작되어지지 않는 설명을 가설에 차용하기 때문에 ‘이론적 가설(theoretical hypotheses)’이라고 한다.

5 학습 계열

학생들의 가설 생성 능력의 향상을 위하여, 가설의 유형을 위계적으로 나누고 학생들의 인지발달 수준에 맞춘 학습 계열은 다음과 같다.



제 I 단계에서는 과학적 가설에 대하여 학습한다. 여기서는 과학적 관찰을 통해 인과적 의문을 생성하도록 한다. 떠올린 인과적 의문에 대한 잠정적인 설명으로 기록한 답이 과학적 가설인지 아닌지를 구분하는 학습을 한다. 이와 같은 과정을 거치면서 과학적 가설을 창안하는 능력을 향상시킨다.

제 II 단계에서는 과학적 가설과 추측, 예상을 구분하는 학습을 한다. 여기서는 주어진 관찰 현상에 대하여 다양한 관찰을 하고, 관찰 현상과 관련된 인과적 의문과 추측적 의문, 예측적 의문을 떠올리도록 한다. 그리고 인과적 의문에 대한 잠정적인 설명으로서의 가설과 추측적 의문에 대한 설명으로서의 추측, 예측적 의문에 대한 설명으로서의 예상을 구분하는 학습을 한다. 또한 인과적 의문에

대한 다른 설명 형태인 목적론적 설명이 가설과 구분된다는 내용을 간단하게 제시하였다. 이러한 과정을 통해 가설과 추측, 예상, 목적론적 설명을 구분하여 가설을 창안하는 능력을 향상시키도록 하였다.

제Ⅲ단계에서는 관찰에서 생성된 가설에 대하여 학습한다. 여기에서는 주어진 관찰 대상에 대하여 다양한 관찰(정량적, 정성적, 조작적, 전체적, 부분적, 연속적 관찰)을 하고, 관찰 현상에 대한 인과적 의문을 떠올리도록 한다. 이때 인과적 의문은 사전 지식이나 경험에 의해 설명될 수 있는 것을 제외하고 관찰 과정에서 관찰 사실들의 비교를 통해 가설을 창안할 수 있는 의문을 중심으로 떠올린다. 즉, 의문 현상에 대한 원인적 설명자를 관찰 사실에서 찾을 수 있도록 하며, 사전 지식에 의한 것은 배제하도록 한다.

제Ⅳ단계에서는 사전 지식에서 생성된 조작적 가설의 창안에 대하여 학습한다. 조작적 가설의 창안은 먼저 주어진 자연 현상에 대하여 세밀한 관찰을 통해서 인과적 의문을 생성하도록 한다. 의문이 생성되면 의문 상황을 분석하고, 의문과 관련된 유사 경험을 표상하게 한 후 경험의 설명자를 표상하도록 한다. 그리고 조작 가능하고 관찰 가능하도록 최선의 조작적 가설을 창안하도록 한다. 이와 같은 과정을 거치면서 조작적 가설을 창안하는 능력을 향상시킨다.

제Ⅴ단계에서는 사전 지식에서 생성된 이론적 가설의 창안에 대하여 학습한다. 이론적 가설의 창안 과정은 조작적 가설의 창안과 과정은 같지만 창안되는 가설의 질은 다르다. 먼저 주어진 자연 현상에 대하여 세밀한 관찰을 통해서 의문을 떠올리도록 한다. 의문이 생성되면 의문 상황을 분석하고, 의문과 관련된 유사 경험을 표상하게 한 후 경험의 설명자를 표상하도록 한다. 그리고 직접 관찰되거나 조작되어질 수 없는 이론적 설명을 원인으로 하는 최선의 이론적 가설을 창안하도록 한다. 이와 같은 과정을 거치면서 이론적 가설을 창안하는 능력을 향상시킨다.

▶ 학습 목표

1. 과학적 가설에 대하여 설명할 수 있다.
2. 과학적 가설, 추측, 예상, 목적론적 설명을 구분하여 과학적 가설을 창안할 수 있다.
3. 주어진 사물이나 현상을 대상으로 관찰 사실에서 가설을 창안할 수 있다.
4. 주어진 사물이나 현상을 대상으로 사전 지식(경험)에서 생성된 조작적 가설을 창안할 수 있다.
5. 주어진 사물이나 현상을 대상으로 사전 지식(경험)에서 생성된 이론적 가설을 창안할 수 있다.

▶ 단계별 활동 요소와 활동 주제

단 계	활 동 요소	활 동 주 제
I. 과학적 가설	과학적 가설	액체의 증발
II. 가설과 예상	가설과 예상	금붕어 관찰
III. 관찰에서 생성된 가설	관찰에서의 가설 창안	빵에 핀 곰팡이
IV. 사전 지식에서 생성된 조작적 가설	조작적 가설의 창안	저절로 움직이는 팔랑개비
V. 사전 지식에서 생성된 이론적 가설	이론적 가설의 창안	생선과 육상 동물

가설창안을 위한 활동

제 I 단계: 과학적 가설



주 제 액체의 증발



활동 목표

- ① 현상의 관찰에서 의문을 생성할 수 있다.
- ② 과학적 가설에 대하여 설명할 수 있다.



학습 개요

1. 관찰

- 주어진 현상을 관찰한다.



2. 의문 생성

- 관찰을 통해 인과적 의문을 생성한다.



3. 가설 창안

- 인과적 의문에 대한 잠정적인 답을 떠올린다.



4. 과학적 가설과 비과학적 가설

- 과학적 가설과 비과학적 가설로 구분한다.



준비물

물, 식용유, 알코올, 비커 3, 유리판(15cm×15cm) 3, 스포이트 3, 부채, 거름종이, 자 등

지도 예시

① 일어나는 현상을 자세하게 관찰하고, 관찰 사실을 10가지 이상 기록해 보자.

물은 색깔과 냄새가 없고, 잘 흔들림.
 식용유는 연한 노란색이고, 고소한 냄새가 나며, 잘 흔들림.
 알코올은 색깔이 없고 술 냄새가 나며 잘 흔들림
 알코올>물>식용유 순서로 증발이 잘 일어남
 알코올과 물을 스포이트로 유리판에 떨어뜨리면 옆으로 잘 퍼짐
 식용유를 스포이트로 유리판에 떨어뜨리면 동그랗게 그 형태를 유지하고 있음

② 모둠원끼리 각자 관찰한 것을 발표하고, 내가 관찰하지 못한 것을 친구가 관찰한 것이 있으면 기록해보자.

시간이 지남에 따라 알코올의 양이 줄어들음
 식용유는 줄어드는 양이 천천히 오랜 시간에 걸쳐 변화함
 알코올이 가장 빨리 사라짐
 식용유는 시간이 지나도 거의 줄어들지 않음
 식용유를 손가락으로 만져보니 끈적끈적함
 식용유에서 기름 냄새가 남

③ 기록한 관찰 사실을 보고 궁금한 것이 떠오르면 모두 적어보자. 문제 인식에서 학습한 의문의 유형을 생각해보고, 의문내용을 그 유형에 따라 분류해보자.(예를 들어, 추측적 의문, 예측적 의문, 인과적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문)

관찰 사실	의문 내용	의문 유형
1.	물은 왜 사라질까?	인과적 의문
2.	식용유에서 노란 색을 띄는 성분은 무엇일까?	추측적 의문
3.	액체의 양을 달리하면 증발하는 속도는 어떻게?	예측적 의문
4.	식용유를 더 빨리 증발시키려면 어떻게 하면 될까?	방법적 의문
5.	액체에 따라 증발 속도가 다른 이유는?	인과적 의문
6.	식용유는 시간이 지나도 줄어들지 않는 이유는 무엇 때문일까?	인과적 의문
7.	식용유를 끈적끈적하게 만든 성분은 무엇일까?	추측적 의문
8.	알코올은 술을 만드는 연료일까?	추측적 의문
9.	알코올은 왜 가장 빨리 증발할까?	인과적 의문
10.	식용유는 색이 있기 때문에 더 느리게 증발할까?	인과적 의문

④ 앞에서 기록한 의문들 중에서 원인이나 이유를 묻는 인과적 의문을 선택하여 보자. 인과적 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 보자.

인과적 의문	인과적 의문에 대한 답
1. 물은 왜 사라질까?	물이 증발했기 때문에
5. 액체에 따라 증발 속도가 다른 이유는?	선생님이 무언가 마술을 부렸기 때문에
6. 식용유는 시간이 지나도 줄어들지 않는 이유는 무엇 때문일까?	식용유는 점성이 다른 액체보다 크기 때문에
9. 알코올은 왜 가장 빨리 증발할까?	알코올은 휘발성이 강하기 때문에
10. 식용유는 색이 있기 때문에 더 느리게 증발할까?	식용유는 색이 있기 때문에

□□ 유의점

☞ 다양한 측면에서 관찰이 이루어지도록 격려한다.

☞ 친구들과 활발한 토론이 이루어질 수 있는 분위기를 조성한다.

☞ 관찰한 사실에 ‘무엇’, ‘왜’, ‘어떻게’ 등을 붙여서 다양한 의문을 만들어 보도록 한다 (본 자료의 문제인식 영역 참고).

☞ 관찰 사실을 보고 궁금한 의문은 모두 기록할 수 있도록 허용적인 분위기를 조성한다.

☞ 이유나 원인을 묻는 인과적 의문만을 선택하여 기록하도록 한다.

☞ 의문에 대한 답을 떠오르는 대로 모두 기록하도록 격려한다.

㉓ 어떠한 현상을 관찰하고 그러한 현상이 일어난 원인을 묻는 인과적 의문에 대한 잠정적인 답을 가설이라고 한다. 이때 검증 가능하지 않은 것은 과학이 아니고 검증 가능한 것을 과학이라고 한다. 따라서 과학적 가설은 실험과 관찰을 통해서 옳고 그른지를 알 수 있어야 과학적 가설이라고 할 수 있다. 위에서 기록한 인과적 의문에 대한 답을 과학적 가설인 것과 과학적 가설이 아닌 것으로 구분하여 기록해 보자.

과학적 가설인 것(○)	과학적 가설이 아닌 것(×)
1. 물이 증발했기 때문에 6. 식용유는 점성이 다른 액체보다 크기 때문에 9. 알코올은 휘발성이 강하기 때문에 10. 식용유는 색이 있기 때문에	5. 선생님이 무언가 마술을 부렸기 때문에

㉔ 다음은 영희가 여러 현상을 관찰하고 의문에 대하여 잠정적인 답을 기록한 것이다. 이 중에서 과학적 가설에 해당되는 것에 ○ 표시를 해 보자.

- ① 조물주가 사과를 파랗게 만들었기 때문에 대부분의 사과는 파랗다.
- ② 지구는 하느님이 만들었기 때문에 하늘이 파랗다.
- ③ 이 물체는 냄새나 모양, 색으로 보아 콜라일 것이다.
- ④ 햇빛이 잘 비치는 곳에 둔 수조의 개구리밥이 더 잘 자랄 것이다.
- ⑤ 창가에 둔 강낭콩은 햇빛이 비치지 않는 곳의 줄기가 자라는 속도가 더 빠르기 때문에 햇빛 쪽으로 굽어서 자랄 것이다.
- ⑥ 물의 온도가 높을수록 잉크 알갱이의 운동이 활발하다. 따라서 온도가 높을수록 잉크가 더 빨리 퍼지고, 낮을수록 더 천천히 퍼질 것이다.

□□ 유의점

☞ 마술을 부려서 액체의 증발 속도가 다르다는 것은 과학적으로 검증가능하지 않기 때문에 가설이 아니다.

☞ ①과 ②는 현재의 관찰 사실이 나타나게 된 원인(이유)을 포함하고 있지만, 과학적으로 검증 가능하지 않기 때문에 과학적 가설이 아니다.

☞ ③은 추측이다.

☞ ④는 예상이다.

⇒ 본 자료 제II단계: 가설과 예상 참고



활동 목표

- ① 현상의 관찰에서 의문을 생성할 수 있다.
- ② 과학적 가설에 대하여 설명할 수 있다.

※ 다음과 같이 액체의 증발 실험을 꾸며본다.

- ① 물, 알코올, 식용유를 한 방울씩 동시에 유리판 위에 떨어뜨려 놓는다.
- ② 시간이 지남에 따라 어떤 변화가 일어나는지 관찰한다.
- ③ 실험 결과를 정리한다.

② 일어나는 현상을 자세하게 관찰하고, 관찰 사실을 10가지 이상 기록해보자.

다양한 유형의
관찰을 해보자.



- ② 모둠원끼리 각자 관찰한 것을 발표하고, 내가 관찰하지 못한 것을 친구가 관찰한 것이 있으면 기록해보자.

친구들의 발표
를 잘 듣자!



- ② 기록한 관찰 사실을 보고 궁금한 것이 떠오르면 모두 적어보자. 문제 인식에서 학습한 의문의 유형을 생각해보고, 의문 내용을 그 유형에 따라 분류해보자.(예를 들어, 추측적 의문, 예측적 의문, 인과적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문)

관찰 사실	의문 내용	의문유형
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

- ② 앞에서 기록한 의문들 중에서 원인이나 이유를 묻는 인과적 의문을 선택하여 보자. 인과적 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 보자.

인과적 의문	인과적 의문에 대한 답

- ③ 어떠한 현상을 관찰하고 그러한 현상이 일어난 원인을 묻는 인과적 의문에 대한 잠정적인 답을 가설이라고 한다. 이때 검증 가능하지 않은 것은 과학이 아니고 검증 가능한 것을 과학이라고 한다. 따라서 과학적 가설은 실험과 관찰을 통해서 옳고 그른지를 알 수 있어야 과학적 가설이라고 할 수 있다. 위에서 기록한 인과적 의문에 대한 답을 과학적 가설인 것과 과학적 가설이 아닌 것으로 구분하여 기록해 보자.

가설(○)	가설(×)

② 다음은 영희가 여러 현상을 관찰하고 의문에 대하여 잠정적인 답을 기록한 것이다. 이 중에서 과학적 가설에 해당되는 것에 ○ 표시를 해 보자.

- ① 조물주가 사과를 파랗게 만들었기 때문에 대부분의 사과는 파랗다.
- ② 지구는 하나님이 만들었기 때문에 하늘이 파랗다.



- ③ 이 물체는 냄새나 모양, 색으로 보아 콜라일 것이다.
- ④ 햇빛이 잘 비치는 곳에 둔 수조의 개구리밥이 더 잘 자랄 것이다.
- ⑤ 창가에 둔 강낭콩은 햇빛이 비치지 않는 곳의 줄기가 자라는 속도가 더 빠르기 때문에 햇빛 쪽으로 굽어서 자랄 것이다.
- ⑥ 물의 온도가 높을수록 잉크 알갱이의 운동이 활발하다. 따라서 온도가 높을수록 잉크가 더 빨리 퍼지고, 낮을수록 더 천천히 퍼질 것이다.

가설창안을 위한 활동

제 II 단계: 가설과 예상



주 제 금붕어 관찰



활동 목표

- ① 현상의 관찰에서 가설을 생성할 수 있다.
- ② 가설과 추측, 예상의 차이점을 설명할 수 있다.



학습 개요

1. 관찰 및 의문 생성

○ 관찰을 통해 여러 의문들을 생성한다.

2. 추측적 의문 선택 및 추측하기

○ 생성한 의문에서 추측적 의문을 선택하고, 추측을 한다.

3. 예측적 의문 선택 및 예상하기

○ 생성한 의문에서 예측적 의문을 선택하고, 예상을 한다.

4. 인과적 의문 선택 및 가설 생성하기

○ 생성한 의문에서 인과적 의문을 선택하고, 가설을 생성한다.

5. 추측, 예상, 가설

○ 가설과 추측, 예상을 구분한다.



준비물

어항 속의 금붕어, 돋보기 등

지도 예시

② 금붕어를 자세하게 관찰하고, 관찰 사실을 10가지 이상 기록해보자.

금붕어 몸체는 주로 붉은색임. 아가미의 움직임과 입을 뿔갓거리는 움직임이 동시에 일어남. 지느러미는 7개임, 몸통과 지느러미를 좌우로 움직이면서 헤엄침, 일정한 시간이 지나면 물 표면으로 입을 내 뱉, 지느러미에 빗살 무늬같은 무늬가 있다 등

② 모듬원거리 각자 관찰한 것을 발표하고, 내가 관찰하지 못한 것을 친구가 관찰한 것이 있으면 기록해보자.

금붕어 몸에 가로로 된 줄이 있음, 움직임이 일정함 등

② 각 관찰 사실들을 의문형으로 만들어보자. 문제인식에서 학습한 의문의 유형을 생각해보고, 의문내용을 그 유형에 따라 분류해보자.(예를 들어, 추측적 의문, 예측적 의문, 인과적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문)

관찰 사실	의문 내용	의문 유형
1.	금붕어 몸에 가로로 된 줄은 무엇일까?	추측적 의문
2.	금붕어 몸에 가로로 된 줄은 왜 있을까?	인과적 의문
3.	금붕어는 왜 숨을 쉴까?	인과적 의문
4.	물을 차갑게 하면 금붕어의 움직임은 어떨까?	예측적 의문
5.	금붕어는 무엇을 먹고 살까?	추측적 의문
6.	금붕어의 움직임을 좀 더 자유롭게 하려면 어떻게 하면 될까?	방법적 의문
7.	금붕어 몸에 지느러미는 왜 있을까?	인과적 의문
8.	물을 차갑게 하면 금붕어의 호흡이 느려지는 이유는?	인과적 의문
9.	물을 따뜻하게 하면 금붕어의 호흡이 빨라지는 이유는?	인과적 의문
10.	금붕어 몸이 유선형인 이유는?	인과적 의문

② 앞에서 생각한 의문 중에서 추측적 의문을 선택하고, 의문에 대한 답을 적어보자. 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 보자.

추측적 의문	추측적 의문에 대한 답
금붕어 몸에 가로로 된 줄은 무엇일까?	옆줄이다.
	가로로 된 줄은 방향을 알기 위해서 존재한다.
	가로로 된 줄은 근육조직으로 이루어져 있다.
금붕어는 무엇을 먹고 살까?	붕어용 사료, 달걀노른자 등
	살기 위해서 먹는다.
	물벼룩을 먹고 산다.

② 어떠한 현상을 관찰하고 추측적 의문을 생성한 후에, 의문에 대한 답으로 관찰 대상의 성분, 구조, 기능 등에 대하여 설명한 것을 추측이라고 한다. 따라서 추측적 의문에 대한 잠정적인 답만을 추측이라고 한다. 앞에서 기록한 내용 중에서 추측에 해당하는 것과 추측이 아닌 것을 찾아 적어보자.

추측	추측이 아닌 것
옆줄이다. 가로로 된 줄은 근육조직으로 이루어져 있다. 붕어용 사료, 달걀노른자 등 물벼룩을 먹고 산다.	가로로 된 줄은 방향을 알기 위해서 존재한다. 살기 위해서 먹는다.

□□ 유의점

☞ 다양한 측면에서 관찰이 이루어지도록 격려한다.

☞ 친구들과 활발한 토론이 이루어질 수 있는 분위기를 조성한다.

☞ 관찰한 사실에 ‘무엇’, ‘왜’, ‘어떻게’ 등을 붙여서 의문을 만들어 보도록 한다.

☞ **추측적 의문**: 관찰 대상 자체의 개념이나 성분, 구조, 기능 등에 대해 궁금한 점을 묻는 의문

☞ **추측**: 추측적 의문에 대한 답으로 관찰 대상에 대한 개념이나 성분, 구조, 기능 등에 대해 설명한 것

㉔ 앞에서 생각한 의문 중에서 예측적 의문을 선택하여 봅시다. 선택한 예측적 의문에 대한 답을 적어 봅시다. 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 봅시다.

예측적 의문	예측적 의문에 대한 답
물을 차갑게 하면 금붕어의 움직임은 어떻게?	느려질 것이다.
물을 따뜻하게 하면 금붕어의 호흡은 어떻게?	호흡수가 증가할 것이다. 온도가 높아지면 금붕어 활동량이 증가하고, 대사량이 많아지기 때문에 호흡수가 빨라짐
만일 금붕어의 꼬리지느러미가 없다면 어떻게?	앞으로 나아가려는 추진력이 약해지거나 없어지며, 방향을 못잡고 뱅글뱅글 돌 것이다. 지느러미를 움직여서 몸의 균형을 유지하고 추진과 방향을 잡는 역할을 하기 때문에
물을 차갑게 하면 금붕어의 호흡수는 어떻게?	호흡수가 줄어들 것이다.

㉕ 예측적 의문에 대한 답을 떠올렸을 때, 여러 관찰 사실을 바탕으로 앞으로 일어날 일을 미리 생각한 것이 있습니까? 예를 들어, ‘~하면 ~게 될 것이다’와 같은 형태로 ‘물의 온도가 올라가면 금붕어 움직임이 빨라지게 될 것이다’와 같이 앞으로 일어날 일을 예상하여 기록한 것을 예상이라고 합니다. 이러한 예상에 해당되는 것이 있으면 기록해 봅시다.

예상	예상이 아닌 것
느려질 것이다. 호흡수가 증가할 것이다. 앞으로 나아가려는 추진력이 약해지거나 없어지며, 방향을 못잡고 뱅글뱅글 돌 것이다. 호흡수가 줄어들 것이다.	온도가 높아지면 금붕어 활동량이 증가하고, 대사량이 많아지기 때문에 호흡수가 빨라짐 지느러미를 움직여서 몸의 균형을 유지하고 추진과 방향을 잡는 역할을 하기 때문에

㉖ 앞에서 생각한 의문 중에서 인과적 의문을 선택하고, 의문에 대한 답을 적어보자. 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 보자.

인과적 의문	인과적 의문에 대한 답
금붕어 몸에 가로로 된 줄은 왜 있을까?	물의 흐름과 속도, 온도 등을 측정할 수 있는 센서 역할을 하기 때문에
금붕어는 숨을 왜 쉴까?	살기 위해서
금붕어 몸에 지느러미는 왜 있을까?	지느러미와 몸통은 지느러미살(뼈대)에 의해서 연결되어 있는데, 지느러미를 움직여서 몸의 균형을 유지하고 추진과 방향을 잡는 역할을 하기 때문에
물을 차갑게 하면 금붕어의 호흡이 느려지는 이유는?	온도가 낮아지면 금붕어 활동량이 줄어들고, 대사량이 줄어들기 때문에 호흡수가 빨라짐
물을 따뜻하게 하면 금붕어의 호흡이 빨라지는 이유는?	온도가 높아지면 금붕어 활동량이 증가하고, 대사량이 많아지기 때문에 호흡수가 빨라짐
금붕어의 몸이 유선형인 이유는?	유선형은 물과의 마찰을 최대한 작게 해 주고, 물에 대한 저항의 크기를 작게 해주기 때문에

㉗ 어떠한 현상을 관찰하고 그러한 현상이 일어난 원인에 대한 잠정적인 답을 가설이라고 한다. 따라서 앞에서 의문에 대한 답을 적었을 때, 인과적 의문에 대한 잠정적인 답만을 가설이라고 합니다. 앞에서 기록한 내용 중에서 가설에 해당되는 것과 가설이 아닌 것을 찾아 적어보자.

가설	가설이 아닌 것
살기 위해서라는 설명을 제외한 나머지 설명들은 모두 가설임	살기 위해서

□□ 유의점

예측적 의문: 변인을 조작했을 때 나타날 결과에 대해 궁금한 점을 묻는 의문

예상: 예측적 의문에 대한 잠정적인 답으로 변인을 조작했을 때 앞으로 일어날 관찰 사실을 포함함.

‘물의 온도가 올라가면(변인 조작), 금붕어의 움직임이 빨라질 것이다(예상).’

목적론적 설명에 해당함: 목적론적 설명이란 모든 자연현상을 행동에 의해 충족되는 목적에 의해서 설명하려는 것으로 원인을 들어 설명하는 가설과는 다른 설명 체계이다. 예를 들어, 살기 위해서 먹는다와 보기 위해서 눈이 있다와 같은 설명을 말한다.

같은 인과적 의문이라도 설명을 어떻게 하느냐에 따라 목적론적 설명이 될 수도 있고, 가설이 될 수도 있음에 유의한다.

가설과 가설이 아닌 것을 정확하게 구분할 수 있도록 지도한다.

㉔ 다음은 철수가 관찰을 한 후 자신의 생각을 기록한 것이다. 이 중에서 가설과 추측, 예상을 구분하여 보자. 구분에 가설에 해당되면 ‘가설’, 추측에 해당되면 ‘추측’, 예상에 해당되면 ‘예상’이라고 적어보자.

기록한 내용	구분
찬물을 가열하면 끓을 것이다.	예상
기체는 압력을 가하면 부피가 줄어들기 때문에 공기를 넣은 주사기의 피스톤은 잘 밀려들어갈 것이다.	가설
공기가 더 많이 들어 있는 공의 무게가 더 무거울 것이다.	예상
사이다에 건포도 대신 단추를 넣으면 기포가 달라붙을 것이다.	예상
알코올과 물의 알갱이 크기가 서로 다르기 때문에 두 액체를 섞으면 부피가 줄어든 것이다.	가설
소금의 성분은 나트륨이다.	추측
가을이 되면 낙엽이 떨어질 것이다.	예상
소금물을 끓이면 소금만 남을 것이다.	예상
식용유는 물보다 잘 흔들리지 않고 끈적끈적하기 때문에 구슬을 떨어뜨리면 물보다 천천히 떨어질 것이다.	가설
손에 묻은 알코올이 증발하면서 주위의 열을 빼앗아가기 때문에 시원함을 느낄 것이다.	가설
나뭇잎을 손톱으로 누르면 진액이 나온다.	추측
해캄을 현미경으로 보면 마치 머리카락 모양처럼 생겼다.	추측

□□ 유의점

④ 추측, 예상, 가설의 개념을 정확하게 알고 이를 구분하여 사용할 수 있도록 지도한다.



활동 목표

- ① 현상의 관찰에서 가설을 생성할 수 있다.
- ② 가설과 추측, 예상의 차이점을 설명할 수 있다.

※ 여러 마리의 금붕어가 들어 있는 어항을 준비하여, 다양한 형태의 관찰을 하고 관찰 사실을 기록해 보자.



❓ 금붕어를 자세하게 관찰하고, 관찰 사실을 10가지 이상 기록하여 봅시다.

다양한 유형의
관찰을 해보자.



- ② 모둠원끼리 각자 관찰한 것을 발표하고, 내가 관찰하지 못한 것을 친구가 관찰한 것이 있으면 기록해보자

친구들의 발표
를 잘 듣자!



- ② 각 관찰 사실들을 의문형으로 만들어보자. 문제인식에서 학습한 의문의 유형을 생각해보고, 의문내용을 그 유형에 따라 분류해보자.(예를 들어, 추측적 의문, 예측적 의문, 인과적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문)

관찰 사실	의문 내용	의문유형
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

- ② 앞에서 생각한 의문 중에서 추측적 의문을 선택하고, 의문에 대한 답을 적어보자. 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 보자.

추측적 의문	추측적 의문에 대한 답

- ③ 어떠한 현상을 관찰하고 추측적 의문을 생성한 후에, 의문에 대한 답으로 관찰 대상의 성분, 구조, 기능 등에 대하여 설명한 것을 추측이라고 한다. 따라서 추측적 의문에 대한 잠정적인 답만을 추측이라고 한다. 앞에서 기록한 내용 중에서 추측에 해당하는 것과 추측이 아닌 것을 찾아 적어보자.

추측	추측이 아닌 것

- ④ 앞에서 생각한 의문 중에서 예측적 의문을 선택하여 봅시다. 선택한 예측적 의문에 대한 답을 적어 봅시다. 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 봅시다.

예측적 의문	예측적 의문에 대한 답

- ② 앞에서 생각한 의문 중에서 예측적 의문을 선택하여 봅시다. 선택한 예측적 의문에 대한 답을 적어 봅시다. 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 봅시다.

예측적 의문	예측적 의문에 대한 답

- ③ 예측적 의문에 대한 답을 떠올렸을 때, 여러 관찰 사실을 바탕으로 앞으로 일어날 일을 미리 생각한 것이 있습니까? 예를 들어, ‘~하면 ~게 될 것이다’와 같은 형태로 ‘물의 온도가 올라가면 금붕어 움직임이 빨라질 것이다’와 같이 앞으로 일어날 일을 예상하여 기록한 것을 예상이라고 합니다. 이러한 예상에 해당되는 것이 있으면 기록해 봅시다.

예상	예상이 아닌 것

- ④ 앞에서 생각한 의문 중에서 인과적 의문을 선택하고, 의문에 대한 답을 적어보자. 의문과 관련하여 알고 있는 지식과 예전에 경험했던 기억을 잘 떠올려 가능한 한 답을 구체적으로 모두 적어 보자.

인과적 의문	인과적 의문에 대한 답

- ⑤ 어떠한 현상을 관찰하고 그러한 현상이 일어난 원인에 대한 잠정적인 답을 가

설이라고 한다. 따라서 앞에서 의문에 대한 답을 적었을 때, 인과적 의문에 대한 잠정적인 답만을 가설이라고 합니다. 앞에서 기록한 내용 중에서 가설에 해당되는 것과 가설이 아닌 것을 찾아 적어보자.

가설	가설이 아닌 것

㉔ 다음은 철수가 관찰을 한 후 자신의 생각을 기록한 것이다. 이 중에서 가설과 추측, 예상을 구분하여 보자. 구분에 가설에 해당되면 ‘가설’, 추측에 해당되면 ‘추측’, 예상에 해당되면 ‘예상’이라고 적어보자.

기록한 내용	구분
찬물을 가열하면 끓을 것이다.	
기체는 압력을 가하면 부피가 줄어들기 때문에 공기를 넣은 주사기의 피스톤은 잘 밀려들어갈 것이다.	
공기가 더 많이 들어 있는 공의 무게가 더 무거울 것이다.	
사이다에 건포도 대신 단추를 넣으면 기포가 달라붙을 것이다.	
알코올과 물의 알갱이 크기가 서로 다르기 때문에 두 액체를 섞으면 부피가 줄어들 것이다.	
소금의 성분은 나트륨이다.	
가을이 되면 낙엽이 떨어질 것이다.	
소금물을 끓이면 소금만 남을 것이다.	
식용유는 물보다 잘 흔들리지 않고 끈적끈적하기 때문에 구슬을 떨어뜨리면 물보다 천천히 떨어질 것이다.	
손에 묻은 알코올이 증발하면서 주위의 열을 빼앗아가기 때문에 시원함을 느낄 것이다.	
나뭇잎을 손톱으로 누르면 진액이 나온다.	
해감을 현미경으로 보면 마치 머리카락 모양처럼 생겼다.	

가설 생성을 위한 활동

제 III 단계: 관찰에서 생성된 가설

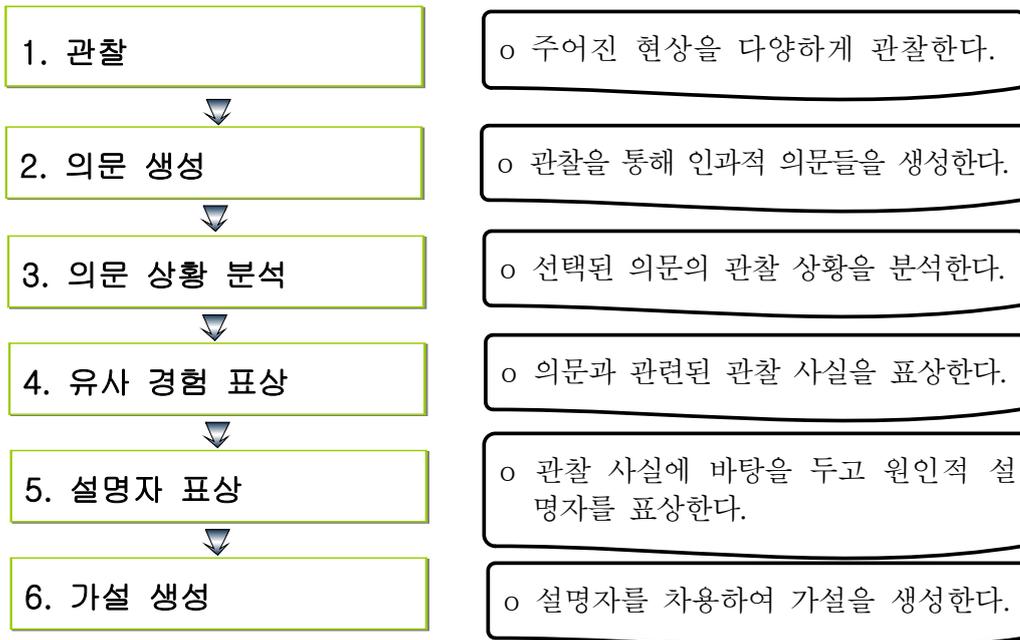


주 제 빵에 핀 곰팡이

활동 목표

- ① 주어진 자연 현상을 관찰하며 인과적 의문을 떠올릴 수 있다.
- ② 관찰 사실을 바탕으로 가설을 생성할 수 있다.

학습 개요



준비물

장소에 따라 곰팡이가 핀 빵과 곰팡이가 피지 않은 빵, 현미경, 슬라이드 글라스, 페트리 접시, 핀셋, 셀로판테이프 등

지도 예시

- ① 일어나는 현상을 자세하게 관찰하고, 관찰 사실을 10가지 이상 기록해 보자.

곰팡이 색깔이 거무스름하다. 빵 군데군데 불규칙하게 곰팡이가 피었다. 시간이 지나자 곰팡이의 크기가 커졌다. 냉장고에 둔 식빵은 바스락거리고 곰팡이가 피지 않았다. 햇빛이 비치는 곳에 둔 식빵은 곰팡이가 피지 않았다. 축축하고 어두운 곳에 둔 식빵은 곰팡이가 피었다 등

- ② 모둠원끼리 각자 관찰한 것을 발표하고, 내가 관찰하지 못한 것을 친구가 관찰한 것이 있으면 기록해보자.

손으로 곰팡이를 문지르면 먼지처럼 날아가지만 그 색은 그대로 식빵에 남아있다. 시큼한 냄새 등 이상한 냄새가 난다 등

- ③ 각 관찰 사실들을 의문형으로 만들어보자. 문제인식에서 학습한 의문의 유형을 생각해보고, 의문내용을 그 유형에 따라 분류해보자.(예를 들어, 추측적 의문, 예측적 의문, 인과적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문)

관찰 사실	의문 내용	의문 유형
1.	곰팡이의 거무스름한 것은 무엇일까?	추측적 의문
2.	곰팡이를 더 잘 피게 하려면 어떻게 하면 될까?	방법적 의문
3.	곰팡이는 왜 필까?	인과적 의문
4.	곰팡이는 어디에 사용될까?	적용적 의문
5.	물 속에 식빵을 담가놓으면 곰팡이가 필까?	예측적 의문
6.	냉장고에 있는 식빵은 왜 곰팡이가 안 필까?	인과적 의문
7.	장소에 따라 곰팡이가 피고, 피지 않는 이유는?	인과적 의문
8.	곰팡이를 없애는 방법은 없을까?	방법적 의문
9.	곰팡이를 약으로 사용할 수 있을까?	적용적 의문
10.	온도를 아주 높게 하면 곰팡이가 필까?	예측적 의문

- ④ 위에서 기록한 의문들 중에서 인과적 의문을 선택하여, 인과적 의문과 관련된 관찰 사실을 자세히 기록해 보자.

인과적 의문	관찰 사실
곰팡이는 왜 필까?	냉장고에 있는 식빵은 곰팡이가 안 폼. 실온에 둔 식빵은 곰팡이가 폼. 축축한 곳에 놓아둔 식빵은 곰팡이가 폼. 건조한 곳에 놓아둔 식빵은 곰팡이가 안 폼. 햇빛이 있는 곳의 식빵은 곰팡이가 안 폼 등
냉장고에 있는 식빵은 왜 곰팡이가 안 필까?	온도가 매우 낮다. 냉장고 안은 축축하다. 냉장고에 얼음이 얼어있다. 냉장고 안은 어둡다 등
장소에 따라 곰팡이가 피고, 피지 않는 이유는?	곰팡이가 피는 조건이 모두 다른 것 같다 등

- ⑤ 모둠원끼리 각자 관찰한 것을 발표하고, 인과적 의문과 관련하여 내가 관찰하지 못한 것을 친구가 관찰한 것이 있으면 기록해보자.

- ⑥ 위에서 기록한 관찰 사실이 왜 일어났는지 원인이나 이유를 적어보자.

관찰 사실	관찰 현상의 원인
냉장고에 있는 식빵은 곰팡이가 안 폼	온도가 너무 낮기 때문에
실온에 둔 식빵은 곰팡이가 폼	온도가 적절하기 때문에
축축한 곳에 놓아둔 식빵은 곰팡이가 폼	습도가 높기 때문에
건조한 곳에 놓아둔 빵은 곰팡이가 없음	물기가 없기 때문에
냉장고 안의 온도가 매우 낮다	온도를 낮게 조정해 놓았기 때문에
냉장고 안은 축축하다	냉장고 안의 온도와 밖의 온도차 때문에
냉장고에 얼음이 얼어있다	온도를 낮게 조정해 놓았기 때문에
냉장고 안은 어둡다	냉장고 문을 닫으면 센서의 불이 꺼지기 때문에

유의점

☞ 다양한 측면에서 관찰이 이루어지도록 격려한다.

☞ 친구들과 활발한 토론이 이루어질 수 있는 분위기를 조성한다.

☞ 관찰한 사실에 ‘무엇’, ‘왜’, ‘어떻게’ 등을 붙여서 의문을 만들어 보도록 한다.

☞ 현재의 관찰 대상(현상)을 다양한 측면에서 자세히 관찰하면 가설을 생성하기 위한 힌트를 발견할 수 있다.

☞ 학생들이 다양한 관점으로 자세하게 관찰할 수 있도록 다양한 발문을 한다.

☞ 관찰 현상이 왜 일어났는지 그 원인을 관찰현상에서 찾아 적는다. 친구들과 활발한 토론이 이루어질 수 있는 자유로운 분위기를 조성한다.

㉔ 관찰 현상의 원인을 현재의 의문현상의 원인으로 사용할 수 있는지 생각해보자. 인과적 의문과 관련된 상세한 관찰 사실을 바탕으로 인과적 의문에 대한 원인이라고 생각되는 가설을 만들어 보자.

인과적 의문	가설
곰팡이는 왜 필까?	온도, 습도, 햇빛 등의 조건이 잘 맞았기 때문에 (온도는 실온일수록, 습도는 높을수록, 어두울수록 곰팡이가 잘 피는 것 같다)
냉장고에 있는 식빵은 왜 곰팡이가 안 필까?	온도가 너무 낮기 때문에
장소에 따라 곰팡이가 피고, 피지 않는 이유는?	온도, 습도, 햇빛 등의 조건이 모두 다르기 때문에 이 조건이 잘 맞는 장소에서 곰팡이가 잘 피는 것 같다.

□□ 유의점

위의 과정들을 종합하여 관찰
현상가설을 생성하도록 돕는다.
생성한 가설은 과학적인 가설인
지 생각해보도록 한다.



활동 목표

- ① 주어진 관찰 현상에서 인과적 의문을 떠올릴 수 있다.
- ② 관찰 사실을 바탕으로 가설을 생성할 수 있다.

※ 여러 장소에 따라 곰팡이가 핀 식빵과 곰팡이가 피지 않은 식빵을 준비하여, 다양한 형태의 관찰을 하고 관찰 사실을 기록해 보자.

- 냉장고에 넣어 둔 식빵, 습도가 높고 햇빛이 비치는 실온에 놓아둔 식빵, 실온과 어두운 곳이지만 건조한 곳에 놓아둔 식빵, 습도가 높고, 어둡고, 실온에 놓아둔 식빵 등을 준비



- ② 일어나는 현상을 자세하게 관찰하고, 관찰 사실을 10가지 이상 기록해 보자.

- ② 모둠원끼리 각자 관찰한 것을 발표하고, 내가 관찰하지 못한 것을 친구가 관찰한 것이 있으면 기록해보자.

- ③ 각 관찰 사실들을 의문형으로 만들어보자. 문제인식에서 학습한 의문의 유형을 생각해보고, 의문내용을 그 유형에 따라 분류해보자.(예를 들어, 추측적 의문, 예측적 의문, 인과적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문)

관찰 사실	의문 내용	의문유형
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

- ② 위에서 기록한 의문들 중에서 인과적 의문을 선택하여, 인과적 의문과 관련된 관찰 사실을 자세히 기록해 보자.

인과적 의문	관찰 사실

- ③ 모둠원끼리 각자 관찰한 것을 발표하고, 인과적 의문과 관련하여 내가 관찰하지 못한 것을 친구가 관찰한 것이 있으면 기록해보자.

- ④ 위에서 기록한 관찰 사실이 왜 일어났는지 원인이나 이유를 적어보자.

관찰 사실	관찰 사실의 원인

- ⑤ 관찰 현상의 원인을 현재의 의문현상의 원인으로 사용할 수 있는지 생각해보자. 인과적 의문과 관련된 상세한 관찰 사실을 바탕으로 인과적 의문에 대한 원인이라고 생각되는 가설을 만들어 보자.

인과적 의문	가설



제 IV 단계: 조작적 가설

주 제 저절로 움직이는 팔랑개비

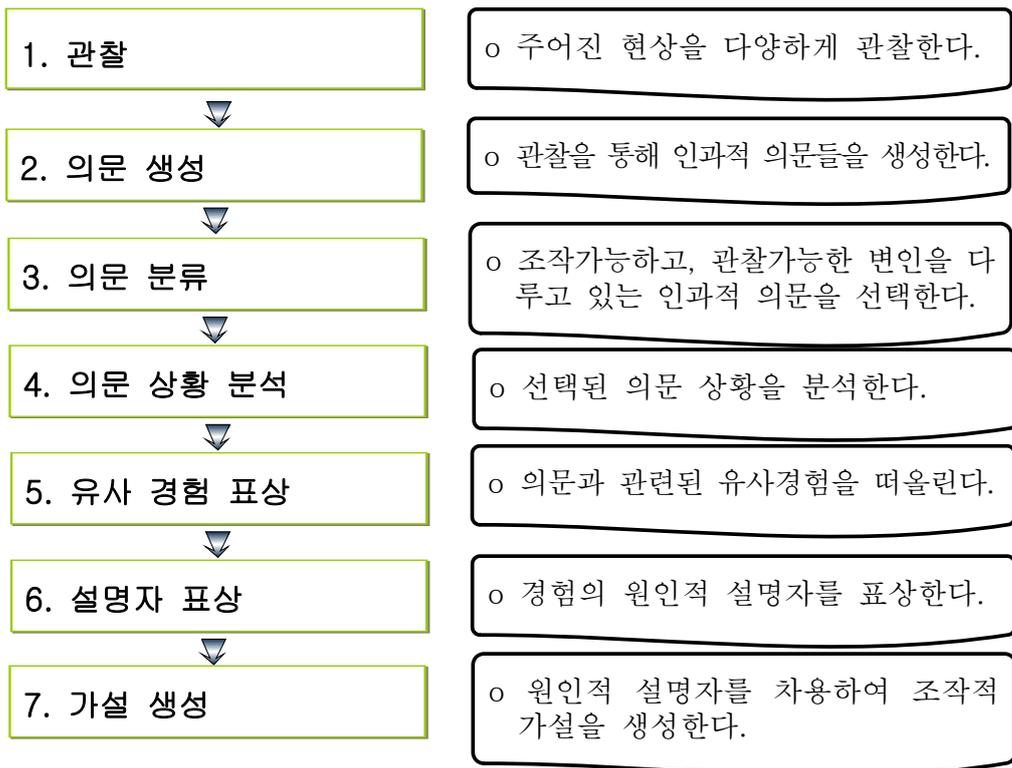


활동 목표

- ① 주어진 관찰 현상에서 인과적 의문을 떠올릴 수 있다.
- ② 주어진 관찰 현상에서 조작적 가설을 창안할 수 있다.



학습 개요



준비물

은박지 접시, 실, 가위, 전열기 등

지도 예시

① 이 실험에서 관찰한 사실을 모두 적어보자.

난로 위에 있는 팔랑개비가 빙글빙글 돈다. 난로 옆에 팔랑개비를 두면 움직이지 않는다. 난로에서 멀리 떨어뜨려 팔랑개비를 두면 돌지 않는다. 팔랑개비의 날개 수는 모두 8개이다. 팔랑개비의 색은 빨간색이다 등

② 관찰하면서 떠오른 인과적 의문을 모두 적어보자.

난로 위의 팔랑개비는 왜 빙글빙글 돌까?, 난로 옆의 팔랑개비는 왜 돌지 않을까?, 팔랑개비는 왜 여러 갈래로 만들어야 하는가? 등

③ 위에서 만든 의문 중에서 조작 가능하고 관찰 가능한 변인을 다루고 있는 의문을 선택하여 모두 적어보자.

난로 위의 팔랑개비는 왜 빙글빙글 돌까?, 난로 옆의 팔랑개비는 왜 돌지 않을까?, 팔랑개비는 왜 여러 갈래로 만들어야 하는가?

④ 위에서 선택한 인과적 의문과 관련된 현상들을 자세히 관찰하여 기록해 보자.

인과적 의문	관찰 사실
난로 위의 팔랑개비는 왜 빙글빙글 돌까?	난로 위는 따뜻하다. 난로 위쪽으로 아지랑이 같은 것이 피어오른다. 난로 위에 놓아둔 팔랑개비는 시간이 조금 지나자 한쪽 방향으로 빙그르르 돌다가 또 다른 쪽 방향으로 돌기도 한다 등
난로 옆의 팔랑개비는 왜 돌지 않을까?	난로 옆에 손을 대 보면 따뜻하다. 난로 옆에 팔랑개비는 돌아가지 않는다 등
팔랑개비는 왜 여러 갈래로 만들어야 하는가?	팔랑개비는 8개의 날개가 있다. 날개의 한쪽이 사선으로 접혀 있다. 날개는 빨간 색이다 등

⑤ 위의 인과적 의문현상과 유사하거나 관련된 과거의 경험들을 적어보자.

의문 현상	유사 경험
난로 위의 팔랑개비는 빙글빙글 도는 현상	흰색보다 검은색으로 된 옷을 입었을 때 더 따뜻하다. 추운 겨울날 양달에서 햇빛을 쬐면 따뜻해진다. 난로 위에 종이조각을 떨어뜨리면 종이조각이 떨어지지 않고 위로 올라간다 등
난로 옆의 팔랑개비는 빙글빙글 돌지 않는 현상	난로 옆에 종이조각을 떨어뜨리면 위로 올라가지 않고 떨어져버린다. 추운 겨울날 햇빛을 가리면 추워진다 등
팔랑개비가 여러 갈래로 나뉘어져 있는 현상	바람개비를 만들 때 날개가 2개인 것 보다 4개 일 때 더 잘 돌아갔다. 바람개비의 날개를 옆으로 접어서 비스듬하게 만들어야 더 잘 돈다 등

⑥ 위에서 떠오른 과거의 유사 경험 현상이 왜 일어났는지 그 원인이나 이유를 적어보자.

유사경험 현상	유사경험 현상의 원인
흰색보다 검은색으로 된 옷을 입었을 때 더 덥다.	검은 색일수록 열을 더 많이 흡수하기 때문에
추운 겨울날.양달에서 햇빛을 쬐면 따뜻해진다	양달과 음달에서 온도를 재면 양달이 높기 때문에
난로 위에 종이조각을 떨어뜨리면 종이조각이 떨어지지 않고 위로 올라간다	난로 위의 공기가 데워져서 위쪽으로 상승하기 때문에
바람개비를 만들 때 날개가 2개인 것 보다 4개 일 때 더 잘 돌아갔다.	날개 수가 회전력에 영향을 미치기 때문에
바람개비의 날개를 옆으로 접어서 비스듬하게 만들어야 더 잘 돈다	날개의 휘어진 각도가 회전력에 영향을 미치기 때문에

□□ 유의점

☞ 다양한 측면에서 관찰이 이루어지도록 격려한다.

☞ 다양한 인과적 의문을 기록할 있도록 격려한다.

☞ 가위로 자르거나, 칼로 오리고, 핀을 꼽는 등의 조작 가능하고 관찰 가능한 변인을 다룰 수 있는 인과적 의문을 선택하여 적는다.

☞ 의문과 관련된 과거 경험(책에서 읽은 내용, 저학년 때 배운 수업 내용, 컴퓨터에서 본 사실 등)을 기록한다.

☞ 인과적 의문과 관련된 과거의 경험을 쓰고, 그 경험에서 나타났던 현상이 왜 일어났는지 그 이유를 기록하도록 한다.

예) **인과적 의문:** 팔랑개비는 왜 돌까?

과거의 경험: 주말에 엄마와 산에 등산을 갔던 것이 생각한다.

유사경험 현상: 민들레 씨앗이 바람에 날아갔다.

유사경험 현상의 원인: 바람이 불었기 때문인 것 같다.

㉔ 경험상황의 원인을 현재의 의문현상의 원인으로 사용할 수 있는지 생각해보자. 위의 유사 경험들과 의문에 관련된 상세한 관찰 사실을 바탕으로 선택한 인과적 의문에 대한 원인이라고 생각되는 가설(잠정적인 답)을 만들어 보자.

인과적 의문	가설
난로 위의 팔랑개비는 왜 빙글빙글 돌까?	난로에서 나오는 열이 팔랑개비에 직접 도달하고, 난로 위의 공기는 데워져서 위쪽으로 상승하려고 하기 때문에
난로 옆의 팔랑개비는 왜 돌지 않을까?	난로에서 나오는 열이 팔랑개비에 골고루 직접 도달하지 못하기 때문에
팔랑개비는 왜 여러 갈래로 만들어야 하는가?	날개의 수와 날개의 휘어진 각도가 팔랑개비의 회전력에 영향을 미치기 때문에

□□ 유의점

위의 과정들을 종합하여 가설을 생성하도록 돕는다. 생성한 가설은 과학적인 가설인지 생각해보도록 한다.



활동 목표

- ① 주어진 관찰 현상에서 인과적 의문을 떠올릴 수 있다.
- ② 주어진 관찰 현상에서 조작적 가설을 창안할 수 있다.

※ 아래 그림과 같은 모양으로 은박지를 오려서 실에 꿰어 거꾸로 든 다음, 전열기구(또는 알코올 램프) 위로 가져가 본 후 나타나는 현상을 관찰해 봅시다.

② 이 실험에서 관찰한 사실을 모두 적어보자.

② 관찰하면서 떠오르는 인과적 의문을 모두 적어보자.

③ 위에서 만든 의문 중에서 조작 가능하고 관찰 가능한 변인을 다루고 있는 의문을 선택하여 모두 적어보자.

④ 위에서 선택한 인과적 의문과 관련된 현상들을 자세하게 관찰하여 기록해 보자.

인과적 의문	관찰 사실

② 위의 인과적 의문현상과 유사하거나 관련된 과거의 경험들을 적어보자.

의문 현상	유사 경험

③ 위에서 떠오른 과거의 유사 경험 현상이 왜 일어났는지 그 원인이나 이유를 적어보자.

유사 경험 현상	유사 경험 현상의 원인

④ 경험상황의 원인을 현재의 의문현상의 원인으로 사용할 수 있는지 생각해보자. 위의 유사 경험들과 의문에 관련된 상세한 관찰 사실을 바탕으로 선택한 인과적 의문에 대한 원인이라고 생각되는 가설(잠정적인 답)을 만들어 보자.

인과적 의문	가설

가설 생성을 위한 활동



제 V 단계: 이론적 가설

주 제 생선과 육상 동물

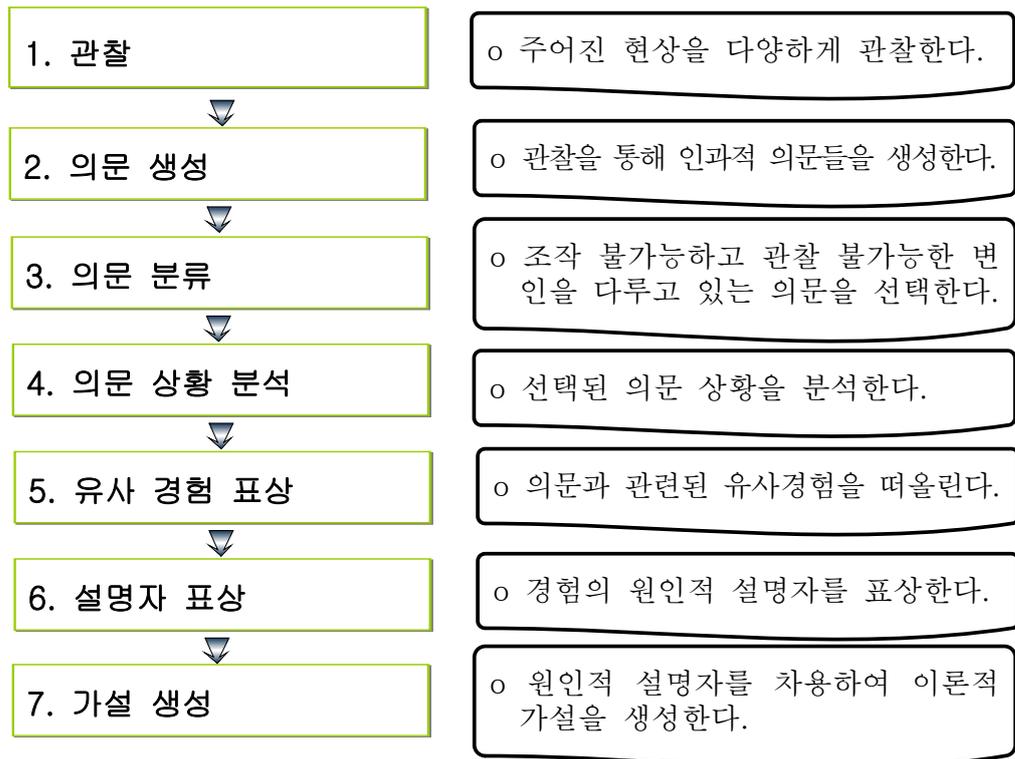


활동 목표

- ① 주어진 관찰 현상에서 인과적 의문을 떠올릴 수 있다.
- ② 주어진 관찰 현상에서 이론적 가설을 창안할 수 있다.



학습 개요



준비물

생선 반 토막, 돼지고기 50g, 휴대용 버너, 냄비 2개, 성냥 등

지도 예시

① 이 실험에서 관찰한 사실을 모두 적어보자.

생선에서 비린내가 난다. 생선을 손으로 누르면 폭 들어가고 잘 부스러진다. 돼지고기는 손으로 눌러도 탄력이 있고 잘 부스러지지 않는다. 생선은 씹으면 매우 부드럽다. 돼지고기는 생선에 비해 질기다 등

② 관찰하면서 떠오른 인과적 의문을 모두 적어보자.

왜 생선이 돼지고기보다 부드럽고 잘 부스러질까?, 왜 생선은 부드럽게 잘 씹힐까? 왜 돼지고기는 잘 부스러지지 않을까? 등

③ 위에서 만든 의문 중에서 조작이 불가능하고 관찰이 불가능한 변인을 다루고 있는 의문을 선택하여 모두 적어보자.

왜 생선이 돼지고기보다 부드럽고 잘 부스러지고 질길까?, 왜 생선은 부드럽게 잘 씹힐까? 왜 돼지고기는 잘 부스러지지 않을까? 등

④ 위에서 선택한 인과적 의문과 관련된 현상들을 자세히 관찰하여 기록해 보자.

인과적 의문	관찰 사실
왜 생선이 돼지고기보다 부드럽고 잘 부스러질까?	생선은 누르면 부스러지고, 돼지고기는 부스러지지 않는다. 생선은 씹으면 부드럽게 잘 씹히지만 돼지고기는 질기다. 생선은 살이 하얗고, 돼지고기는 검갈색이다 등
왜 생선은 부드럽게 잘 씹힐까?	살이 희다. 손으로 들면 두 세 조각으로 부스러진다. 포크로 잘 집히지 않는다. 씹지 않고 혀만 굴러도 살이 잘 부스러진다 등
왜 돼지고기는 잘 부스러지지 않을까?	육질이 질기다. 근육이 열기설기 어렵다. 비계도 있다. 검갈색이다. 손으로 잡아당기면 잘 찢기 어렵다 등

⑤ 위의 인과적 의문현상과 유사하거나 관련된 과거의 경험들을 적어보자.

의문 현상	유사 경험
생선이 돼지고기보다 부드럽고 잘 부스러지는 현상	소고기도 질기다. 대부분의 생선은 부드럽고 잘 씹힌다. 생선을 먹을 때보다 육류를 먹을 때 이에 뭔가가 잘 낀다. 돼지고기 같은 육상동물은 뛰어다닌다 등
생선은 부드럽게 잘 씹히는 현상	물고기는 헤엄을 친다. 물고기는 물에서 산다. 생선 요리는 요리 시간이 적게 걸린다 등
돼지고기는 잘 부스러지지 않고 질긴 현상	육상동물은 육지에서 산다. 할머니가 드실 때에 엄마는 잘게 다져서 요리를 해 주신다 등

⑥ 위에서 떠오른 과거의 유사 경험 현상이 왜 일어났는지 그 원인이나 이유를 적어보자.

유사경험 현상	유사경험 현상의 원인
소고기도 질기다.	근육이 튼튼하게 진화되어 왔기 때문에
대부분의 생선은 부드럽고 잘 씹힌다.	근육이 약하게 진화되어 왔기 때문에
생선을 먹을 때보다 육류를 먹을 때 이에 뭔가가 잘 낀다.	육류의 근육조직이 더 발달되어 씹어도 근육조직이 남아있기 때문에
돼지고기 같은 육상동물은 뛰어다닌다.	중력에 반하여 움직이기 때문에
물고기는 헤엄을 친다.	부력이 있기 때문에
물고기는 물에서 산다.	아가미로 호흡하고 부력이 있기 때문에
생선 요리는 요리 시간이 적게 걸린다.	근육조직이 약하기 때문에
육상동물은 육지에서 산다.	물에서 살기에 부적합한 신체구조를 가지고 있기 때문에
할머니가 드실 때에 엄마는 잘게 다져서 요리를 해 주신다.	질긴 근육 조직을 끊어주어야 하기 때문에

□□ 유의점

☞ 다양한 측면에서 관찰이 이루어 지도록 격려한다.

☞ 다양한 인과적 의문을 기록할 있도록 격려한다.

☞ 의문과 관련된 과거 경험(책에서 읽은 내용, 저학년 때 배운 수업 내용, 컴퓨터에서 본 사실 등)을 기록한다.

☞ 인과적 의문과 관련된 과거의 경험을 쓰고, 그 경험에서 나타났던 현상이 왜 일어났는지 그 이유를 기록하도록 한다.

예) **인과적 의문:** 왜 생선이 돼지고기보다 부드럽고 잘 부스러질까?

과거의 경험: 세계의 인종에 대한 책을 읽었던 경험

유사경험 현상: 인종마다 생김새가 모두 다르다는 사실

유사경험 현상의 원인: 생활 방식의 차이 때문에

☞ 이론적 가설은 사전 지식에서 직접적으로 변인으로 조작되어지지 않는 설명을 가설에 차용하기 때문에 관찰이나 조작이 불가능하다.

② 경험상황의 원인을 현재의 의문현상의 원인으로 사용할 수 있는지 생각해보자. 위의 유사 경험들과 의문에 관련된 상세한 관찰 사실을 바탕으로 선택한 인과적 의문에 대한 원인이라고 생각되는 가설(잠정적인 답)을 만들어 보자.

인과적 의문	가설
왜 생선이 돼지고기보다 부드럽고 잘 부스러질까?	생활 환경의 차이에서 오는 것이다. 육상동물은 자신의 무거운 몸을 중력에 반하여 지탱하는 뼈의 근육이 강해야만 움직이고 살아남을 수 있지만, 어류는 물에서 살기 때문에 자체의 부력으로도 얼마든지 물에 떠다닐 수 있다. 그래서 근육이 강할 필요가 없는 것이다.
왜 생선은 부드럽게 잘 씹힐까?	물에서는 부력에 의해 움직이기 때문에 중력에 반하여 자신의 몸을 지탱하는데 필요한 근육이 발달할 필요가 없으므로 근육이 발달하지 않는 방향으로 진화되어 왔기 때문에
왜 돼지고기는 잘 부스러지지 않을까?	육지에서는 중력에 반하여 지탱하는 뼈의 근육이 강해야만 움직일 수 있고 또 그래야만 살아갈 수 있으므로 그렇게 발달되어 왔기 때문에 근육이 강하다.

□□ 유의점

이론적 가설: 개체의 개인적인 행동, 생리, 구조적 속성을 넘어서 주어진 자연 환경에 잘 적응한 개체들이 살아남아서 그것이 어류나 육상 동물의 전체적인 속성으로 자리 매김된 것이라는 이론적인 설명을 가설로 차용해 온 것이다.



활동 목표

- ① 주어진 관찰 현상에서 인과적 의문을 떠올릴 수 있다.
- ② 주어진 관찰 현상에서 이론적 가설을 창안할 수 있다.

※ 다음과 같이 준비한다.

1. 생선 반 토막과 돼지고기 50g을 각각 잘 씻는다.
2. 냄비에 생선과 돼지고기를 넣고 익을 때까지 삶는다.
3. 생선과 돼지고기의 근육을 관찰한다.

② 관찰한 사실을 모두 적어봅시다.

③ 관찰하면서 떠오르는 인과적 의문을 모두 적어보자.

② 위에서 만든 의문 중에서 조작이 불가능하고 관찰이 불가능한 변인을 다루고 있는 의문을 선택하여 모두 적어보자.

③ 위에서 선택한 인과적 의문과 관련된 현상들을 자세하게 관찰하여 기록해 보자.

인과적 의문	관찰 사실

④ 위의 인과적 의문현상과 유사하거나 관련된 과거의 경험들을 적어보자.

의문 현상	유사 경험

② 위에서 떠오른 과거의 유사 경험 현상이 왜 일어났는지 그 원인이나 이유를 적어보자.

유사 경험 현상	유사 경험 현상의 원인

③ 경험상황의 원인을 현재의 의문현상의 원인으로 사용할 수 있는지 생각해보자. 위의 유사 경험들과 의문에 관련된 상세한 관찰 사실을 바탕으로 선택한 인과적 의문에 대한 원인이라고 생각되는 가설(잠정적인 답)을 만들어 보자.

인과적 의문	가설

