

2026-1 SEMESTER · WEEK 11

NOS와 STS의 현장 적용

NOS & STS in Elementary Science Education

Lederman의 7요소, STS 체계, 그리고 2022 개정 초등 교육과정에서의 적용

포퍼와 쿤이 우리에게 남긴 것

칼 포퍼 (K. Popper)

반증주의: 과학 발전의 핵심은 논리적 비판

비판적 태도: 오류 가능성을 인정하는 태도

"과학은 끝없는 추측과 반박의 과정이다."

토머스 쿤 (T. Kuhn)

패러다임: 과학은 혁명적으로 전환된다

사회적 특성: 과학자 공동체의 합의가 중요

"과학은 누적적 진보가 아니라 가치관의 대전환이다."

"과학철학은 초등학생에게 너무 어려운 이야기일까?"

초등학생에게 철학자의 이론을 그대로 가르치는 것은 불가능합니다.

하지만 과학과 세상을 바라보는 **태도(Attitude)**와 **인식(Belief)**을 심어주는 것은 가능합니다.

1 Lederman의 NOS 7요소를 체계적으로 이해한다.

2 2022 개정 **교육과정 성취기준**에서 NOS 요소를 추출할 수 있다.

3 명시적-반성적 접근법을 활용하여 수업용 **'핵심 발문'**을 설계할 수 있다.

1. 과학 교육적 합의의 필요성 : Lederman의 NOS 7요소

복잡한 철학을 초등 수준으로 정제하기

과학철학계

실재론 vs 도구주의
합리주의 vs 상대주의
(논쟁의 연속)



과학교육계 (Lederman 등)

"학생들의 과학적 소양 증진을 위해
합의 가능한 공통 요소만 추출하자"

Lederman 요소 1: 경험적 특성 (Empirical Nature)

증거에 기반한 지식

자연 현상에 대한 관찰과 증거(데이터)들을 바탕으로 제안된다. 초자연적이거나 계시에 의한 지식과 과학을 구분하는 핵심 기준.

교실 상황 예시

"선생님, 귀신은 진짜로 있나요?"

교사의 핵심 발문

"귀신이 존재한다는 것을 증명할 수 있는 관찰 가능한 '증거'가 있을까?"

Lederman 요소 2: 잠정성 (Tentativeness)

변할 수 있는 과학 가장 핵심적 특성

새로운 증거가 발견되거나, 기존 데이터를 새로운 관점에서 해석하게 되면 과학 지식은 언제든지 변할 수 있다. (절대적 진리가 아님)

과학사 사례

천동설 → 지동설 (패러다임의 전환)

교사의 핵심 발문

"지금 우리가 배운 이 지식은 100년 후에도 똑같이 사실로 인정받을까?"

Lederman 요소 3: 주관성/이론 의존성 (Theory-ladenness)

과학자의 '안경' (헨슨의 이론)

과학자의 배경지식, 신념, 이전 훈련 경험이 그들이 무엇을 관찰하고 어떻게 해석할지를 결정한다.

시각화 예시



같은 데이터를 봐도 해석이 다름

교사의 핵심 발문

"같은 화석을 보고도 왜 두 과학자의 주장이 다를까? 그들의 '머릿속'은 어떻게 달랐을까?"

Lederman 요소 4: 상상력과 창의성 (Creativity)

논리만큼 중요한 예술적 영감

과학 지식의 생성 과정은 데이터를 기계적으로 조합하는 것이 아니라, 현상을 그럴듯하게 설명하기 위한 고도의 인지적 창조 과정이다.

적용 맥락

우주 공간, 원자 모형, 과거 생물의 생김새 등 직접 볼 수 없는 것을
그릴 때

교사의 핵심 발문

"눈에 보이지 않는 원자 모형을 만들 때, 러더퍼드는 어떤 상상력을 발휘
했을까?"

Lederman 요소 5: 사회문화적 내재성 (Socio-cultural)

과학은 사회와 무관하게 이루어지지 않는다

과학은 정치, 경제, 권력, 종교, 철학 등 그 시대의 사회문화적 맥락과 끊임없이 상호작용하며 발전한다.

과학사/STS 사례

우주 경쟁(미소 냉전), 생명공학 연구의 윤리적 문제

교사의 핵심 발문

"이 발명품이 우리 생활에 어떤 영향을 미쳤을까? 또 사람들은 왜 이 기술에 반대했을까?"

Lederman 요소 6: 관찰과 추론의 구별

본 것(Observation) vs 생각한 것(Inference)

관찰: 인간의 오감이나 도구를 통해 얻은 직접적인 감각 정보

추론: 관찰한 정보를 기존 지식에 비추어 내린 논리적 결론

실험실 사례

관찰: 양초가 덮인 유리병 속 불꽃이 서서히 약해지다 꺼졌다.

추론: 연소에 필요한 '어떤 기체'가 소진되었을 것이다.

교사의 핵심 발문

"여러분이 실험에서 직접 '본 것'만 이야기해 볼까요? 그리고 그걸 보고 '생각해 낸 것'은 무엇인가요?"

Lederman 요소 7: 과학 이론과 법칙

법칙은 이론이 성숙한 결과가 아니다 (오개념 교정)

흔한 오개념: 가설 → 이론 → (확실해지면) → 법칙 이라는 계층적 사고.

진실: 법칙은 관찰된 유형(What)을 기술하고, 이론은 그 원인(Why)을 설명하는 동등한 지위다.

과학사 사례

보일의 법칙(관계 서술 — 압력·부피의 반비례 패턴), 분자운동론(왜 그런 패턴이 나타나는지 설명하는 이론)

교사의 핵심 발문

"지금 우리가 배운 이 내용을 '법칙'이라고 부르는 이유와 '이론'이라고 부르는 이유가 어떻게 다를까요?"

[정리] 7가지 요소 한눈에 정리

1. 경험적 증거

데이터 기반

2. 잠정성

언제든 변할 수 있음

3. 주관성

배경지식의 영향

4. 창의성

상상력 동원

5. 사회문화성

시대적 배경 반영

6. 관찰/추론 구별

본 것 vs 생각한 것

7. 이론/법칙 구별

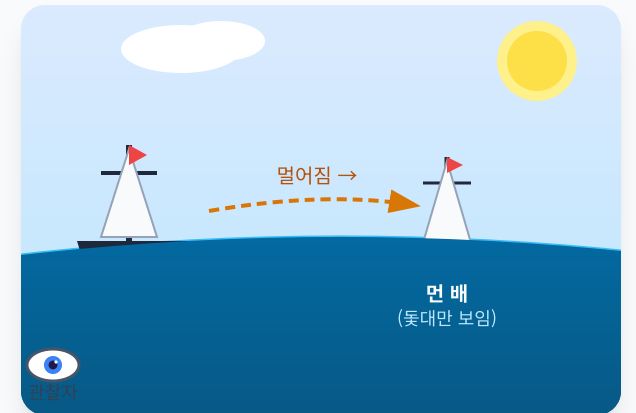
설명(Why) vs 서술(What)

퀴즈: 초등 교과서 속 NOS 찾기 (1)

"옛날 사람들은 지구가 평평하다고 생각했어요.
하지만 배가 멀어질 때 돛대가 가장 나중에 사라지는 것을 **보고**,
지구가 둥글다는 것을 알게 되었습니다."

이 내용에서 강조해야 할 NOS 요소는 무엇일까요?

 답 보기



퀴즈: 초등 교과서 속 NOS 찾기 (2)



초등 과학 교과서

플라스틱 구슬과 찰흙을 이용해 자신만의 화산 모형을 만들어봅시다.

이 활동에서 강조해야 할 NOS 요소는 무엇일까요?

답 보기

2. 방법론: 명시적-반성적 접근 (Explicit-Reflective)

**"실험만 열심히 하면
아이들이 과학의 본성을 저절로 깨달을까요?"**

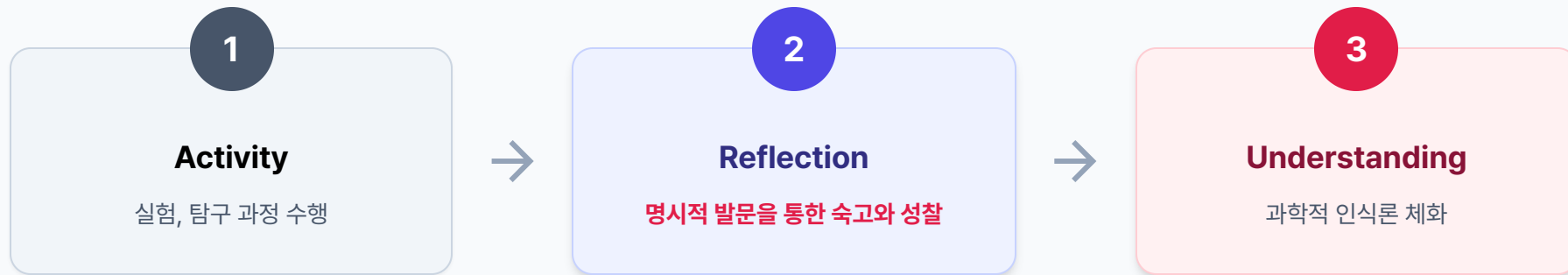
아닙니다.

암묵적 접근 vs 명시적 접근

암묵적 접근 (Implicit)	명시적 접근 (Explicit)
과학 실험이나 탐구를 '수행하는 것'만으로 은연중에 과학의 본성을 스스로 깨달을 것이라는 기대.	교사가 NOS 요소를 교육 목표로 확실히 설정하고 직접 설명하거나 명시적인 발문을 던지는 방식.
학생들은 모형 만들기 활동에만 집중하고 "재미있었다"로 끝납니다.	모형 제작 종료 후, 교사가 " 이 모형은 실제 자연과 어떻게 다를까? "라고 묻고 함께 논의합니다.
× (효과 없음이 연구로 입증됨)	✓ (Lederman 권장 방식)

반성적 사고(Reflection)의 힘

경험을 체화된 지식으로 전환하는 힘



"우리는 단순한 경험 그 자체로부터 배우지 않는다. 경험을 되짚어보는 과정(reflecting)으로부터 배운다." - John Dewey

3. 핵심 발문의 중요성

TEACHER

교사의 질문(Questioning) 방향이 곧 학생의 과학철학 기준이 된다.

학생들은 교사가 **마지막에 무엇을 되묻느냐**에 따라 과학의 본질을 받아들입니다.

정해진 정답을 맞히는 질문만 하면 '과학은 단순 암기 과목'이 되지만,
탐구 과정의 생각 흐름을 묻는 질문을 하면 '과학은 합리적인 사고 과정'이 됩니다.

좋은 발문 vs 나쁜 발문 예시 비교

수업 상황	지식 확인형 발문 (X)	사고 촉진/명시적 발문 (O)
강낭콩 성장 관찰 일지 작성 후	"강낭콩 떡잎이 나온 후에 줄기는 몇 cm 나 자랐나요?"	"여러분이 측정한 사실과, 이를 바탕으로 '강낭콩이 햇빛을 좋아한 다'고 추리한 부분을 분리해서 설명해 볼까요?"
태양계 모형 만들기 활동 후	"우리가 배운 행성 중 목성은 다른 행성 들에 비해 얼마나 더 크죠?"	"여러분이 만든 이 스티로폼 모형은 실제 우주의 태양계와 어떤 한 계점(차이점)을 가질까요?"

"이 실험이 끝나고 아이들에게 던질 마지막 한 마디는?"

예비 교사 상황 연습: 5학년 온도와 열 단원 - 열의 이동 관찰

실험실에서 따뜻한 물과 차가운 물을 섞어 온도의 변화를 장시간 측정했습니다. 측정 결과를 바탕으로 학생들은 "열이 따뜻한 곳에서 차가운 곳으로 이동한다"는 점을 학습하고 관찰 노트를 모두 썼습니다.

이때, 학생들의 과학적 본성(NOS)을 자극할 하나의 핵심 발문을 말해보세요.

4. 과학·기술·사회(STS)와 교육과정

STS

Science
Technology
& Society

과학의 본성이 **사회적 쟁점**과
직접 연결되는 지점



과학적 근거

사실과 데이터에 기반한 탐구



기술적 응용

발명·혁신과 그 결과



사회적 맥락

가치·윤리·정책 판단

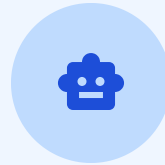
'과학적 소양'과 민주적 의사결정의 결합

- 과학적 원리에 대한 암기를 넘어, 실생활 문제 상황에 과학을 응용하는 **비판적 문제 해결 능력**을 중요시합니다.
- **가치 판단과 의사결정 역량**: 환경 파괴, 지속 가능한 에너지 등 찬반의 가치가 대립하는 쟁점 상황에서 과학적 근거로 판단할 수 있어야 합니다.
- 단순히 자연현상을 이해하는 순수 과학에서 벗어나, 기술의 발전이 사회와 맺는 **상호작용적 관계망(STS)**을 탐색합니다.



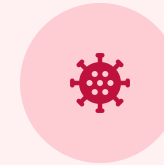
기후위기와 원자력

"탄소 중립 달성을 위해 원전을 증설해야 하는가?" 라는 질문에는 과학적 데이터, 경제적 이익, 지역 사회의 갈등, 환경 윤리가 모두 얽혀 있습니다.



AI와 데이터 편향

딥러닝 기반 AI가 사회에서 생성된 차별적 데이터를 그대로 학습하여 기존의 편향성을 더욱 강화하는 문제에 대한 논의.



전염병과 사회적 통제

신기술 기반 백신 개발이 개인의 접종 선택권(자율성)과 공중 보건 의무 사이에서 충돌할 때, 사회가 어떻게 합의를 형성해 나가는지에 대한 분석.

심오한 윤리 문제보다 중요한 "우리 학교 쓰레기 해결"



학교 주변 미세먼지 측정 데이터 분석을 통한 교내 캠페인 기획



층간소음 문제 해결을 위한 최적의 방음 부스 재질 실험



일회용 플라스틱을 대체할 수 있는 생분해성 물질 조사 및 전시

초등 STS 교육의 핵심은 언제나 "나의 생활과의 깊은 관련성(RELEVANCE)"입니다.

NOS와 STS의 필연적 연결 논리

"만약 우리가 가르치는 학생이 과학이란 **잠정적으로 변화**하며, **특정 시대의 사회문화에 영향**을 주고받는다라는 것을 이해하게 된다면, 어른이 되어서 사회적인 과학기술 쟁점을 마주했을 때 어떤 시민의 모습으로 생각하고 질문하게 될까요?"

- "전문가 집단의 주장만을 맹목적으로 받아들이지는 않을 것입니다."
- "모든 통계와 과학 도표 이면에 고려되지 못한 소외 계층은 없는지 살피게 됩니다."
- "불확실성이 존재하는 복잡한 논쟁에서도 대화를 피하지 않고 관용적 의사결정에 기여합니다."

2022 개정 성취기준 NOS 분석하기

지금부터 각 조별 지정 학년군-단원의 성취기준을 분해하겠습니다.



3~4학년군 그룹

물질, 에너지 기초 영역 전담



5~6학년군 그룹

생명·에너지 영역 전담

성취기준 매핑의 실제 예시 (1)

성취기준 [4과01-01]

3-4학년군 '물질'

"우리 주변에 있는 여러 가지 물체의 기능과 그것을 이루는 물질의 성질을 관련지어 논리적으로 설명할 수 있다."

가장 적합한 NOS 요소

경험적 특성 (경험 의존성)

학생들이 여러 물질의 구부러짐, 단단함을 직접 손으로 만져보거나 두드려보는 실험(증거)을 통해 데이터를 추출하고 기능을 인식합니다.

설계해야 할 명시적 핵심 발문 (예시)

"우리가 만져본 관찰 자료들을 모아봤을 때, 플라스틱과 금속은 각기 다른 특징이 있다고 어떻게 주장할 수 있을까?"

성취기준 매핑의 실제 예시 (2)

성취기준 [6과12-02]

5-6학년군 '에너지' 융합

"생태계 구성 요소들의 상호작용 속 식물 앞에서 일어나는 광합성과 호흡의 관계를 화학적 에너지 관점에서 이해한다."

가장 적합한 NOS 요소

관찰과 논리적 추론 구별

현미경이나 실험 용액 반응에서 색이 변하는 표면을 직접 관찰하고 내부에 화학 작용이 일어났음을 추론하는 활동

설계해야 할 명시적 핵심 발문 (예시)

"앞에 떨어뜨린 용액이 청람색으로 변하는 것 자체는 직접 눈으로 관찰한 것입니다. 그럼 그 현상 내부 보이지 않는 곳에서 무슨 일이 일어난다고 우리는 '생각'할 수 있나요?"



우리만의 과학 매핑 데이터베이스 구축

> System initializing... Connecting to NOS Mapping Board DB.

- 01] 아래 링크를 통해 11주차 과제 담벼락 페이지 접속 후 구글 계정 로그인
- 02] 학년군 및 성취기준 선택 후, NOS 요소 맵핑 및 핵심 발문 입력
- 03] 제출 완료 시, 전체 수강생이 열람 가능한 실시간 매핑 아카이브에 등재됨

[🔗 11주차 NOS 맵핑 과제제출함 입장하기](#)

팀 프로젝트: 핵심 발문 시각화 설계

- 1 지도해야 할 학년군의 전체 성취기준 목록 중 심층 분석할 **2개** 를 토의로 선정.
- 2 성취기준의 학습 목표와 가장 잘 호응하는 Lederman 7요소 중 택 1 연결하기.
- 3 초등학생이 자연스럽게 철학을 인지할 수 있는 명시적-반성적인 **'1분 핵심 발문' 대본** 창작.
- 4 제공된 인포그래픽 템플릿을 통해 1장의 매핑 차트로 제작 후 **자체 시스템** 업로드.

채점 영역	최우수 만점 기준 (Excellent)
선정 적합성	선택한 성취기준의 의도와 매치시킨 NOS 요소가 자연스럽게 상호 도출되며 조금도 억지스럽지 않은가?
학생 인지 수준	초등학생이 의미를 명확히 이해할 수 있는 구어체와 쉬운 어휘로 대본이 구성 되었는가? (전문적인 학술 용어 지양)
명시성과 반성	마지막 발문이 단순 용어 확인이 아니라 탐구 속 학생의 자신의 사고 과정 전체 에 대해 메타적으로 질문 하여 반성을 유도하고 있는가?

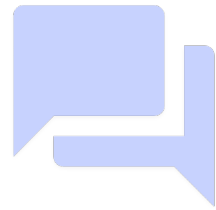
i 디자인의 화려함보다 교육적 발문(질문)의 깊이가 절대적 우선 고려 사항입니다.

[정리] 오늘 배운 핵심 개념 요약

1 **Lederman 7요소** 는 복잡하고 난해한 심층 철학 담론을 K-12 학교 수업 적용 목적으로 공통 분모만 정제한 것이다.

2 과학적 인식은 암묵적인 탐구 활동만으로는 형성되지 않으며, 교육과정상 의도적이고 **명시적인 반성(Reflection) 장치** 가 마련되어야 한다.

3 탐구 종료 후 교사가 제시하는 하나의 **결정적 핵심 발문 연습** 이 궁극적인 초등학생의 과학적 인식을 완성한다.



함께 논의해보기

자유롭게 질문을 던져주세요.

12주차: 과학의 상상력 (법칙과 이론)

- ✔ 과학 법칙(Law)과 이론(Theory)의 차이점 및 교육적 함의 분석
- ✔ 초등 교과서 속 '법칙'과 '이론' 표현 사례 심화 비교 실습

🔔 [알림] 시간 연장 (11:10~13:40)

어린이날 휴강 대체 1시간 포함