

과학의 방법

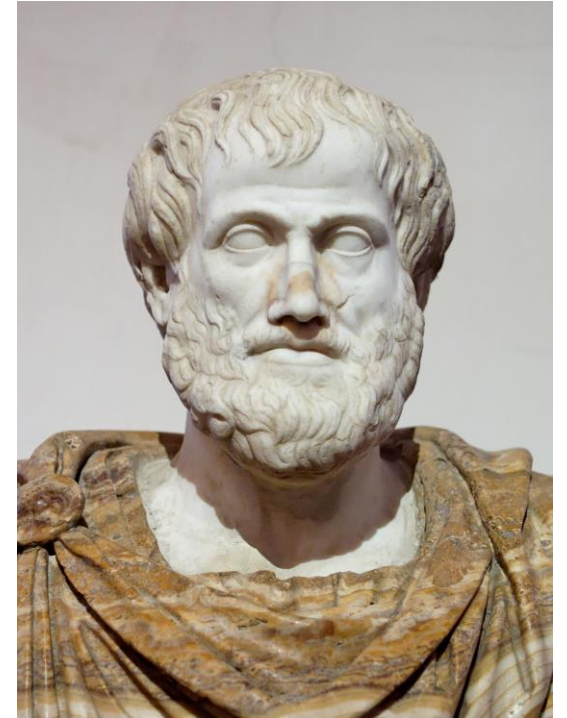
아리스토텔레스의 공리적(axiomatic) 접근법(『Organon』)

- 과학 지식은 필연적으로 참이라고 생각.
- 필연적으로 참인 기본 원리에 기초해 연역적으로 추론.

Ex) 모든 구리는 자유전자를 포함한다.

자유전자를 포함한 모든 물체는 전기를 전도한다.

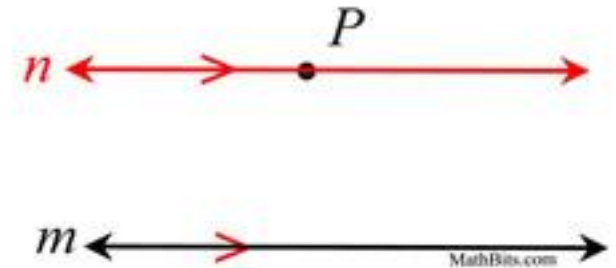
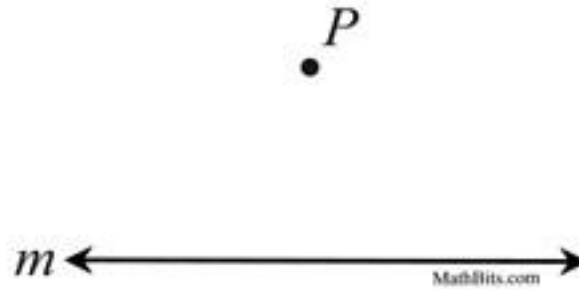
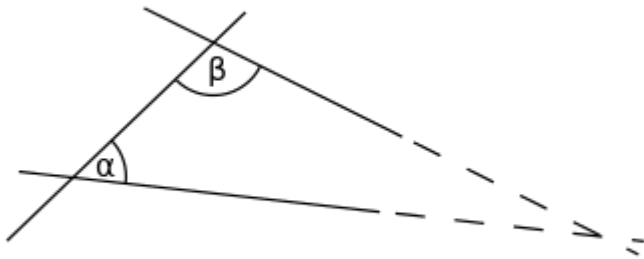
그러므로 모든 구리는 전기를 전도한다.(필연적 참)



Aristotle(384 BCE-322)

제1원리: 그 자체로서 필연적으로 참인 전제.

cf) 유클리드의 공리(공준)

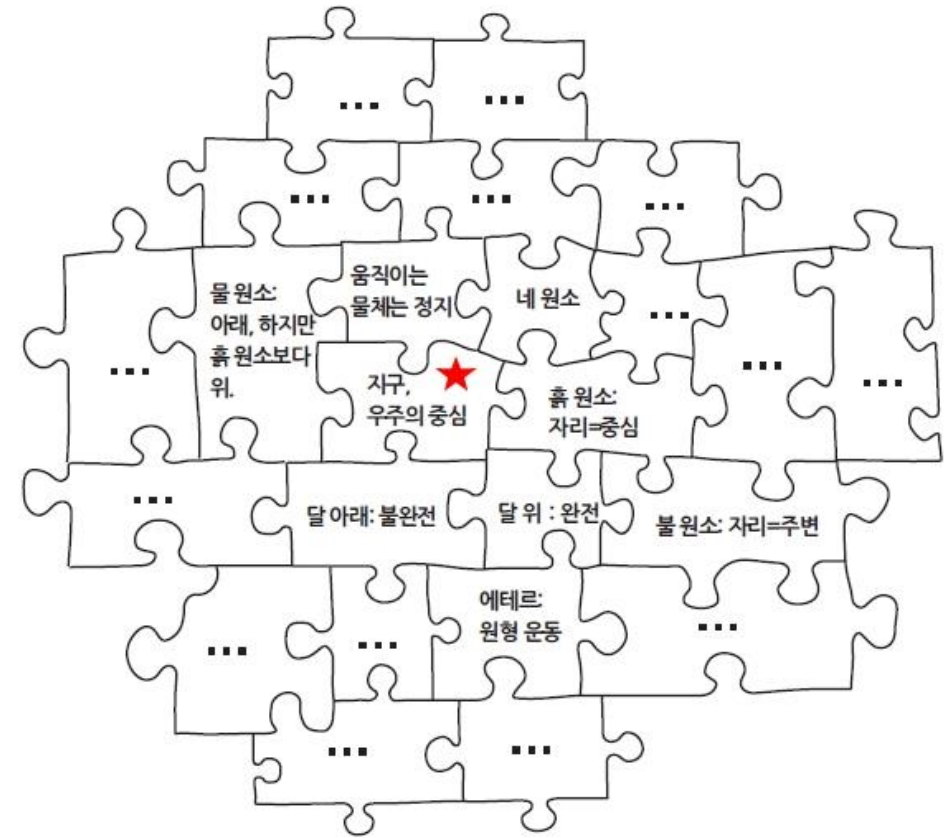


평행선 공준: 두 직선이 한 직선과 만날 때, 같은 쪽에 있는 내각의 합이 2직각(180°)보다 작으면 이 두 직선을 연장할 때 2직각보다 작은 내각을 이루는 쪽에서 반드시 만난다.(주어진 직선 밖 한 점을 지나는, 그 직선의 평행선은 많아야 하나 존재한다.)

- 적절한 교육과 지능, 훈련, 일정한 과학 상식을 갖춘 사람이면 세상에 관한 어떤 기본 사실이 필연적으로 참이라는 것을 바로 알 수 있다고 생각.
- 귀납-연역법(inductive-deductive method): 관찰 사실들에서 보편적 원리를 추론한 다음, 그 원리로부터 연역을 사용하여 다른 관찰 사실들을 확인하는 방법.

Ex) 달 표면이 어두워지는 현상 관찰-빛은 직진하며, 직진하는 빛이 불투명한 물체를 만나면 그림자가 생긴다는 원리 정립-지구와 달과 태양이 적절한 기하학적 배치에 놓이게 되면 월식 현상이 일어난다는 것을 설명

- 출발점이 되는 원리가 필연적으로 참이라는 것을 보장할 수 있는가?



[도표 1-2] 아리스토텔레스 믿음의 '그림 퍼즐'

과학적 방법으로서의 귀납법

- 과학이 경험적 증거들을 다루는 방법.
- 프랜시스 베이컨 『Novum Organum(신기관)』(1620)에서 정립.
- 성실한 관찰의 중요성 강조.

Francis Bacon(1561-1626)



귀납법의 단계

1. **자료 수집:** 관찰과 시험을 성실하게 수행하여 모든 사실들을 편견 없이 수집한다.
2. **자료 분석과 분류:** 수집한 자료들을 분석하고 편견이나 선입견 없이 분류한다. 이때 자료의 분석, 비교, 분류에 필요한 논리적인 원리를 제외한 어떠한 가설이나 이론의 영향도 받아서는 안 된다.
3. **일반화:** 편견 없이 수집하고 분류한 많은 사실들로부터 귀납 추론을 통해 그 사실들의 공통점이나 규칙성을 설명할 수 있는 원리(가설/법칙)를 얻는다.
4. **정당화:** 귀납으로 얻은 원리(가설/법칙)에서 연역을 통해 개별 예측을 얻고 실험이나 관찰을 수행한 후 그 결과와 예측을 비교하는 시험을 거친다.

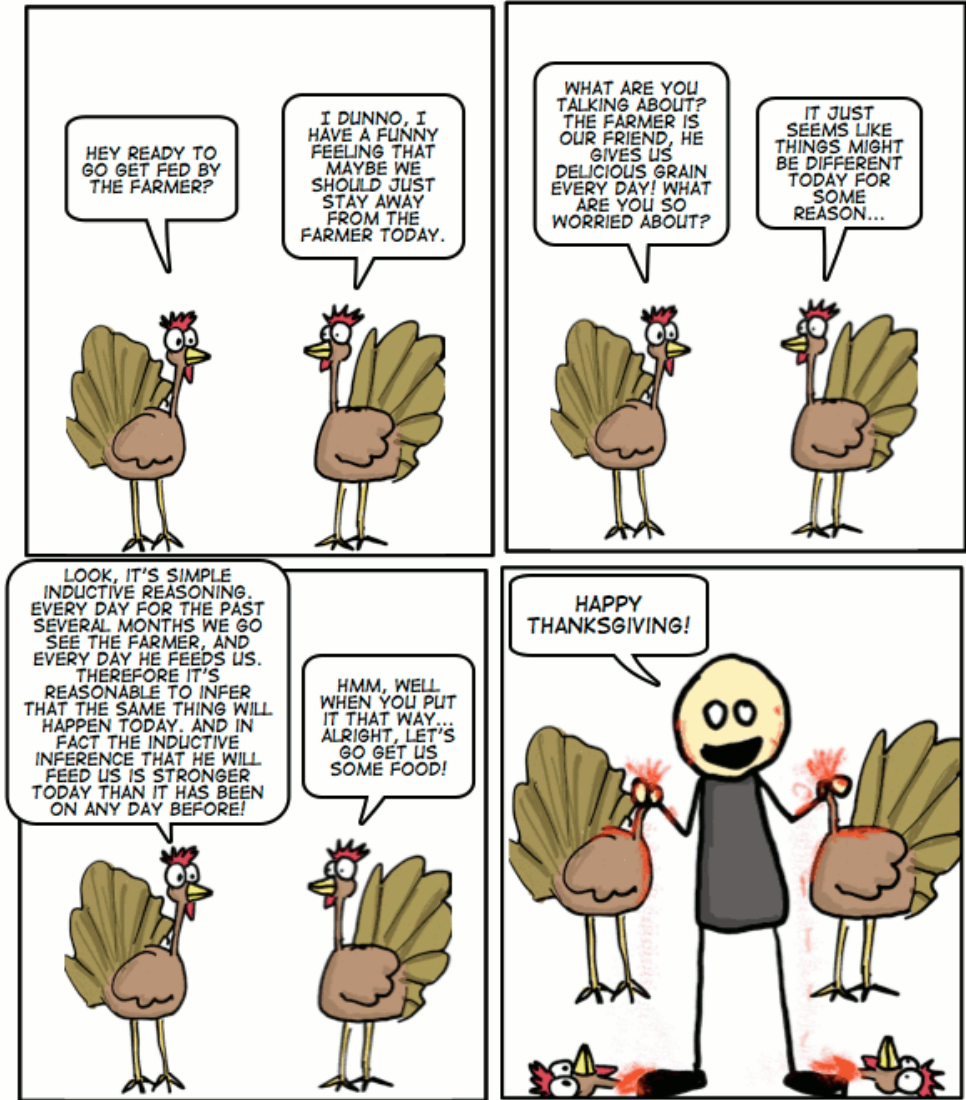
자료 수집 및 분석의 문제

- 우리는 결코 세상의 모든 사실을 수집할 수 없다.
- 수집된 수많은 사실들을 어떤 기준으로 분류할 것인가?

👉 가설(ex: "까마귀는 대부분 검은 것이다.")에 의해 안내되지 않는 관찰이란 불가능하다.

귀납의 문제

- 전제가 참이라고 해서 그것이 결론의 참을 보장할 수 있는가?
- 참인 전제를 아무리 많이 모아도 “모든 까마귀는 검다.”라는 결론이 참이 된다고 보장할 수 없다.



Russell's Turkey

훔의 비판



- “미래에 대한 어떤 추론도 논리적으로 정당화될 수 없다.”

David Hume(1711-1776)

귀납적 추론의 구조

- 우리의 과거 경험상 태양은 항상 동쪽에서 떴다.
그러므로 미래에 태양은 계속해서 동쪽에서 뜰 것이다.
☞ 생략된 전제: "미래는 계속해서 과거와 비슷할 것이다."
- 우리의 과거 경험상 ..가 항상(혹은 자주) 발생했다.
(미래는 계속해서 과거와 비슷할 것이다.)
그러므로 미래에 ..가 계속해서 발생할 것이다.

- 미래가 계속해서 과거와 비슷할 것으로 생각하는 근거는?

☞ 우리의 과거 경험상 미래가 과거와 비슷했다는 사실

- 우리의 과거 경험상 미래는 과거와 비슷했다.

(미래는 계속해서 과거와 비슷할 것이다.)

그러므로 미래는 계속해서 과거와 비슷할 것이다. (순환 추론)

Cf) 성서의 내용은 모두 진리이다. 왜냐하면 성서에 성서의 내용은 모두 진리라고 씌어 있기 때문이다.

- 미래에 대한 어떤 추론도 결론을 믿을 만한 근거를 제공하지 못한다.
- 미래에 대해 추론하는 것은 인간의 본성. 단지 미래에 대한 추론을 논리적으로 정당화할 수 없다는 것.

귀납적 일반화의 문제

- 귀납적 일반화만으로는 과학의 원리나 가설에 이를 수 없다.
- 귀납적 방법으로 얻을 수 있는 보편 명제들은 “모든 까마귀는 검다,” “모든 금속은 열을 받으면 팽창한다,” “모든 물체는 들어 올렸다가 손을 놓으면 아래로 떨어진다.”...등이나 이런 명제들은 과학 이론이나 법칙이 아님.
- 이러한 현상들이 나타나는 이유를 설명해주는 유전자, 원자와 운동 에너지, 중력 등은 우리가 직접 관찰할 수 있는 것들이 아니므로 귀납적 일반화만으로는 이러한 이론적 개념들에 접근할 수 없다.

가설연역법

- 하나의 가설 혹은 일련의 가설에서 관찰 가능한 개별 명제들을 도출(연역)한 후, 실제 관찰이나 실험을 수행하여 그 개별 명제가 사실인가를 검사하는 방법.
- 가설에서 도출된 개별 명제가 사실로 밝혀지면 가설은 입증된 것이고 그렇지 않은 경우 가설은 반증된 것.
- 잠정적인 가설이 이러한 비판적인 시험을 통과해서 입증되면 과학의 원리나 법칙으로 인정받을 수 있다.



William Whewell (1794-1866)

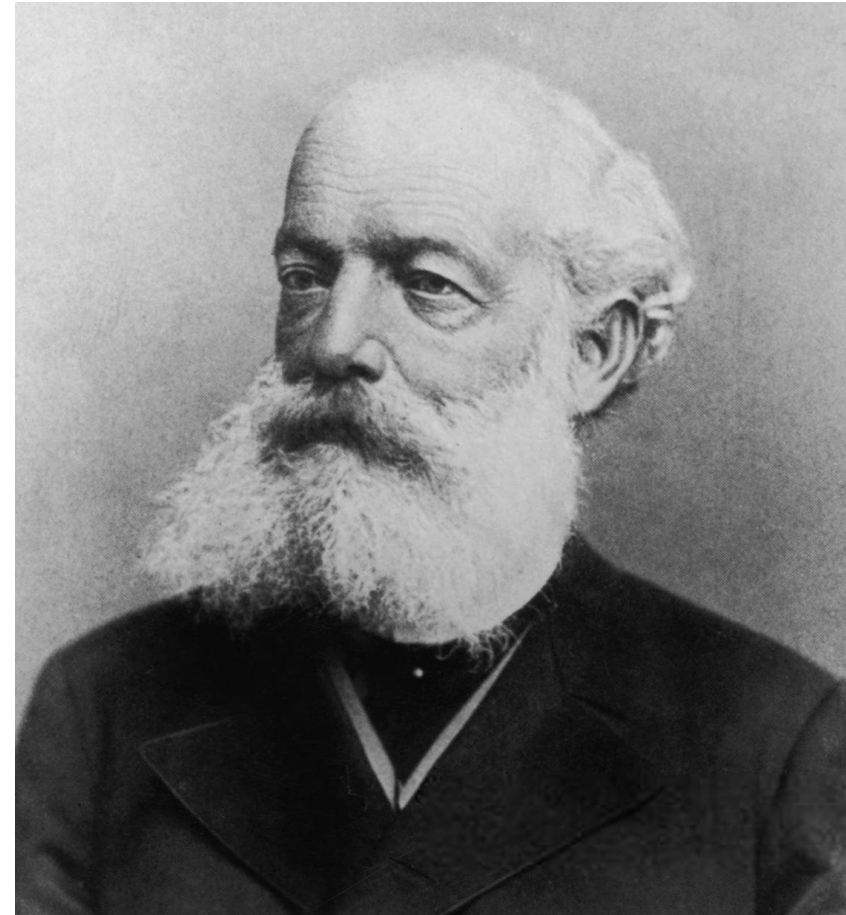
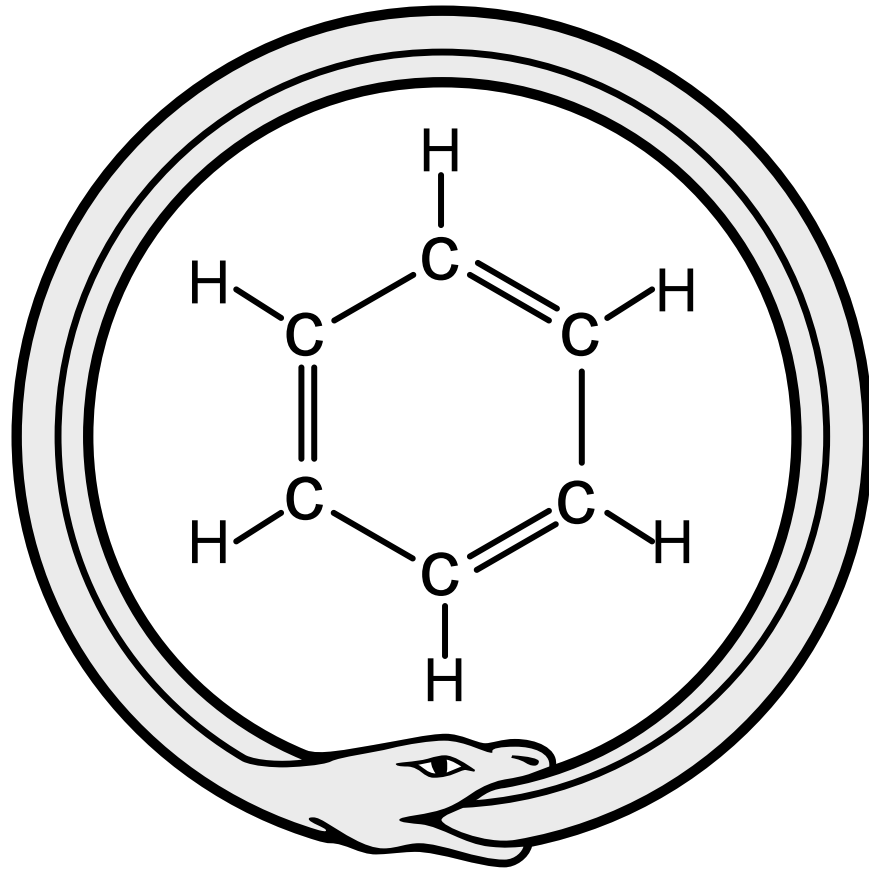
발견의 맥락과 정당화의 맥락 구분



Hans Reichenbach (1891-1953)

- 발견의 맥락: 원리(가설)가 생기기까지의 과정. 비논리성이 개입할 여지를 허용.
- 정당화의 맥락: 그 원리(가설)가 옳음을 보이는 과정. 엄격하고 객관적인 테스트. 귀납 논리.

케쿨레의 벤젠 구조 발견



Friedrich August Kekulé(1829-1896)

증명/검증/입증(확증)

- 증명(proof): 논리적으로 틀릴 가능성이 전혀 없음이 밝혀진다는 것. 완전한 증명은 논리적, 수학적 과정에서만 가능.
- 검증(verification): 경험적 검사를 통해 옳은 것으로 밝혀진다는 것. 어떤 가설이 옳다는 것이 검증되려면 가설과 관련된 모든 예측 사례들이 경험에 의해 옳다고 밝혀져야 함.
- 입증(확증, confirmation): 검증보다 약한 개념. 충분히 높은 확률로 지지되기만 하면 가설이 정당화되는 것으로 보자는 것.

험펠의 까마귀 역설



“모든 까마귀는 검다.”



Carl Hempel
(1905-1997)

- 이제까지 관찰한 검은 까마귀들은 "모든 까마귀는 검다."를 입증한다.
- "모든 까마귀는 검다."와 "검지 않은 모든 것은 까마귀가 아니다."는 서로 대우 관계로서 논리적 동치이다.
- 빨간 사과를 "검지 않은 것은 모두 까마귀가 아니다."를 입증하므로, 이 명제와 동치인 "모든 까마귀는 검다."를 입증한다. (??)



"모든 검지 않은 것은 까마귀가 아니다."

Paradox of Indoor Ornithology

- 입증 역시 귀납의 한계를 피할 수 없다. 보편 진술을 개별 관찰 진술들이 입증해줄 확률은 결국 유한수 나누기 무한수이므로 0에 수렴. ($r=n/\infty$)