

# 반증주의의 쟁점

# 반증주의의 의미?

- 우리가 틀렸는지도 모른다.

(온건한 반증주의-과학이 오류 가능성을 지닌 체계이고 그러므로 이론에 대한 엄격한 시험을 찾는다는 주장)

Vs.

- 우리가 맞는지는 절대로 알 수 없다.

(포퍼의 반귀납주의-수많은 시험을 통과했는데도 불구하고 신뢰 할 근거가 전혀 없다는 주장)

# 점성술은 반증불가능한가?



- 반증됨/ 반증가능함
- 점성술에 의한 직업 예측은 반증 가능하지 않을까?

# 반증가능성?

- 반증가능성은 이론의 특징인가, 아니면 이론을 대하는 태도의 특징인가?

Ex) 평평한 지구 학회 회원 조

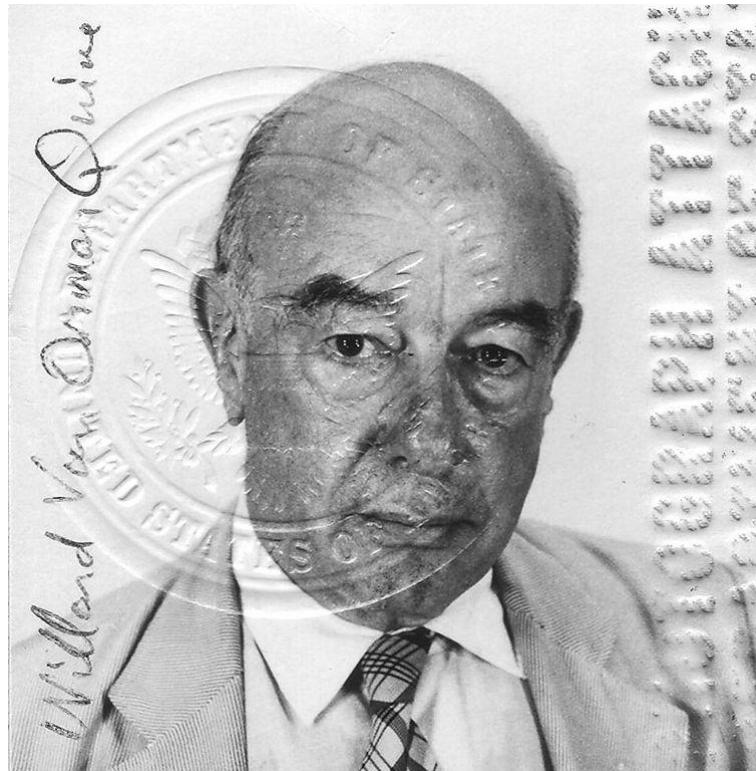


flat-Earth theory

# 반증가능성의 쟁점

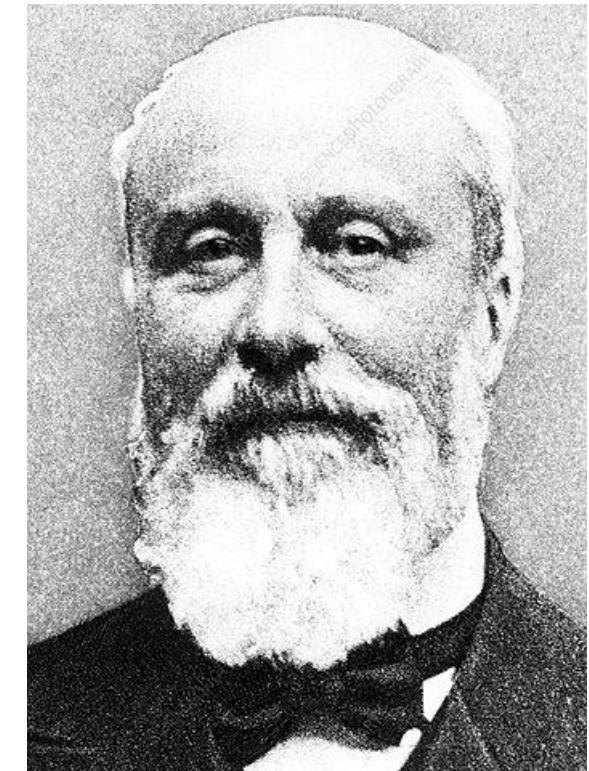
- 1) 증거가 충분히 쌓이는 때는 언제인가?
- 2) 반증가능성/ 반증불가능성 판단이 상대적일 수 있다.
- 3) 적절한 증거란 무엇인가?

# 콰인-뒤앙 논제(Quine-Duhem Thesis)



Willard Van Orman Quine (1908-2000)

“가설에 대한 경험적 테스트에는 하나 이상의 배경 가정이 필요하기 때문에 과학적 가설을 단독으로 테스트하는 것은 불가능하다.”



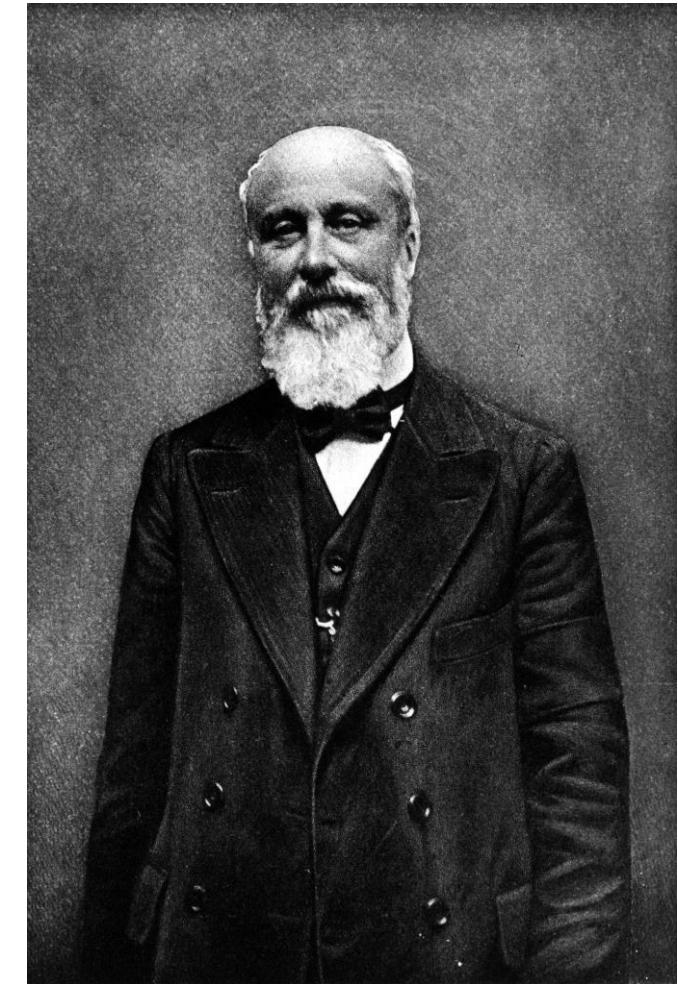
Pierre Duhem(1861-1916)

# (수정된) 반확증 추론

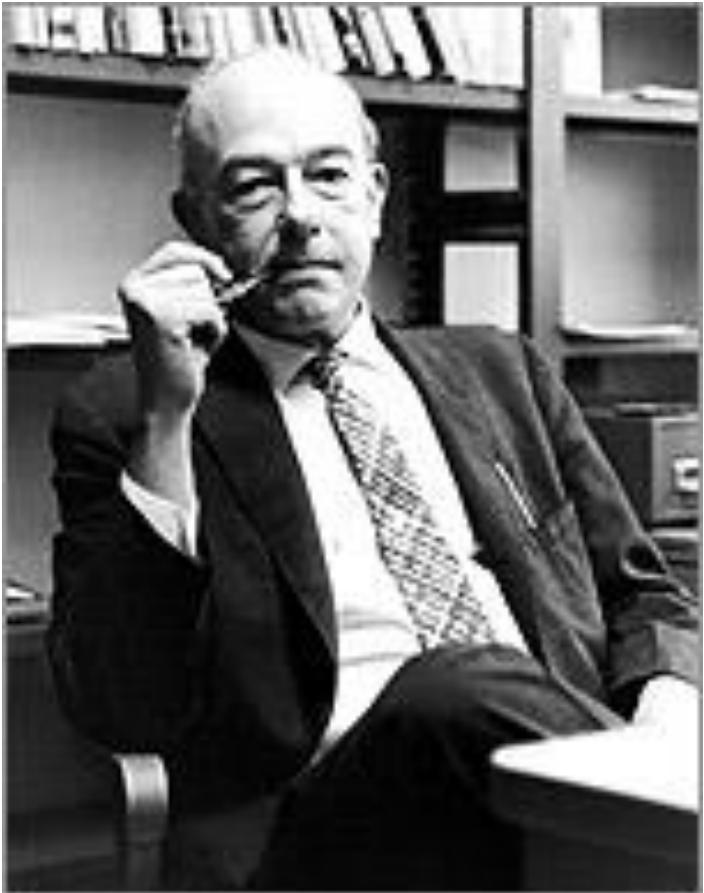
- 만일 T가 옳다면, 그리고 A1, A2, A3, ..., An이 맞는다면, 그러면 O가 관찰될 것이다.
- O가 관찰되지 않았다.
- 따라서 T가 옳지 않거나, A1이 맞지 않거나, A2가 맞지 않거나, A3가 맞지 않거나, ..., An이 맞지 않는다.

- 혜성 궤적의 관찰로 뉴턴의 중력이론을 테스트하는 경우, 중력의 법칙만으로는 혜성의 어떠한 궤적도 예측하지 못함.
- 혜성의 질량, 태양계의 다른 천체들의 질량과 상대적인 위치 및 속도, 태양계에 있는 다른 천체들에 상대적인 혜성의 초기 위치와 속도, 중력 상수를 표현하는 변수들에 값을 할당해야 하며, 뉴턴의 다른 운동 법칙들도 도입해야 함.
- 혜성이 뉴턴 이론이 예측한 궤적을 따라 운동하지 않음이 관찰된다면?
  - ☞ 중력의 법칙이 거짓 or 뉴턴의 다른 법칙들 중 하나가 거짓 or 태양계의 다른 천체들의 질량값 수치가 잘못됨 or 혜성 관찰의 실수 or 망원경의 광학 법칙이 잘못됨 or ....

- 가설들은 배경 조건들, 도구들의 신뢰성, 초기 조건들 등에 대한 다른 가정들과 결합되어야만 하나의 관찰 문제를 연역해낼 수 있다.
- “물리학에서의 실험은 이론의 체계로부터 분리된 독립적인 하나의 가설에 대해서만 판결을 하는 것이 아니라 이론의 전체 체계에 대해 판결하는 것이다... 물리학은 총괄적인 전체로서 간주되어야 하는 하나의 체계이다. 이 체계는 이 체계의 어떤 한 부분이 그것으로부터 가장 멀리 떨어져 있는 다른 부분들에까지 작용하고 어떤 부분들은 다른 부분들보다 더 많이 작용하게 되는데, 어쨌든 어느 정도이든 간에 이론의 전체에 있는 모든 부분들에 작용하지 않고서는 기능할 수 없도록 만들어진 유기체이다.” -Pierre Duhem, 『The Aim and Structure of Physical Theory』(1906) 중



# 믿음의 무리와 경험의 법정



- 우리가 시험하는 것은 가설 하나만이 아니라 그에 따른 보조 가설까지도 포함.
- 사실 우리는 일반적으로 한 무리의 주장 을 검증하는 것이며, 반확증 증거가 나타 날 때 그중 어느 주장을 기각하거나 수정 할지 시험하는 것.
- “우리의 믿음들은 개별이 아닌 한 무리로 경험의 법정에 출두한다.”(콰인): 경험에 의해서 평가되는 것은 개별 진술들이 아 니라 지식 체계 전체라는 것.

# 경험주의의 두 독단

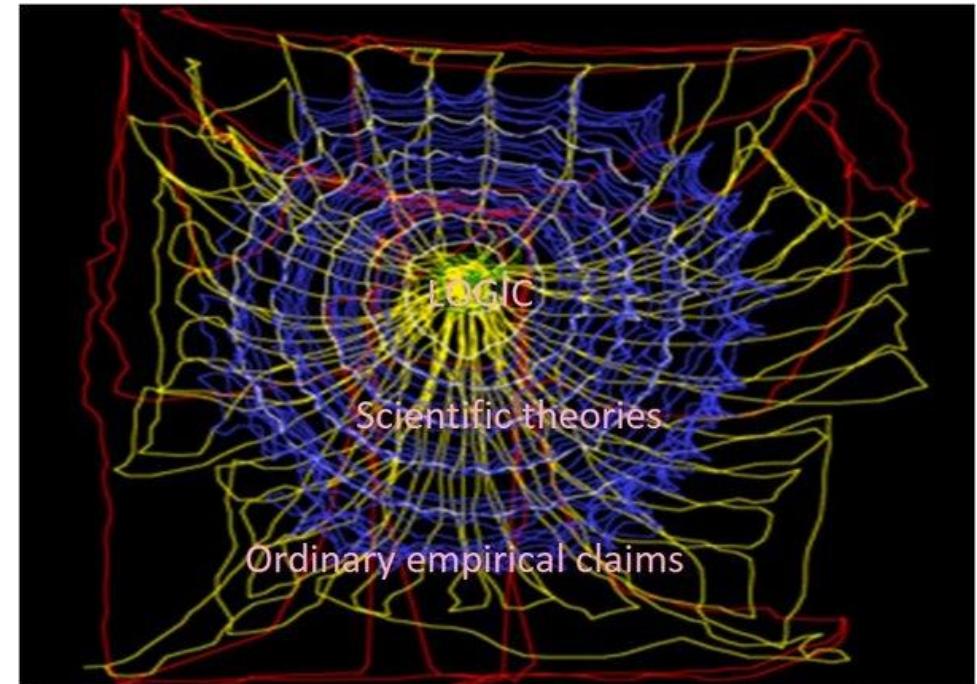
- Willard Van Orman Quine, "Two Dogmas of Empiricism"(1951)
- 경험주의(논리실증주의)의 두 독단:
  - 1) 분석명제와 종합명제의 구분
  - 2) 검증 원리와 환원주의(어떤 의미 있는 명제든 직접적 경험에 관한 참이거나 거짓인 진술로 번역될 수 있다는 주장)

# 분석명제-종합명제의 구분?

- “모든 결혼하지 않은 미혼 남성은 결혼하지 않았다.”  
Vs. “모든 총각은 결혼하지 않았다.”
- “모든 심장을 가진 동물은 신장을 가진 동물이다.”
- 동의어/정의/바꾸어 쓸 수 있음/필연성/분석성...  
 순환적!

# 환원주의?

- 확증 전체론(confirmation holism): 진술들의 참은 개별적으로가 아니라 오직 총체적으로만 결정된다. 경험에 의해 평가되는 것은 믿음 체계 전체이기 때문에, 개별 진술의 경험적 내용을 말하는 것은 부적절하다.
- 어떤 진술도 다른 믿음을 조정함으로써 참으로 수용될 수 있으며, 원리적으로 어떤 진술도 수정 가능하다.



Quine's Web of Belief

가장 인과적인 지리와 역사의 문제로부터 원자 물리학이나 심지어 순수 수학과 논리학의 가장 심오한 법칙에 이르기까지 우리의 소위 지식 또는 믿음들의 총체는 오직 그 언저리에서만 경험과 부딪치는 인공적 제조물이다. 바꾸어서 표현하면, 총체 과학이란 경험이 그 경계 조건으로 되는 힘의 장(場)과 같다. 외곽에서 일어나는 경험과의 갈등은 장 내부에서 재정돈된다... 논리적 법칙이란 역으로 단순히 그 체계의 어떤 상위 진술이고, 그 장의 어떤 상위 요소일 뿐이다. 하나의 진술을 재평가함으로써 우리는 어떤 다른 진술들도 재평가해야 하는데, 아마 이 진술들은 처음 진술과 논리적으로 연관되는 진술이거나 논리적 연관 자체에 관한 진술일 것이다. 그러나 전체 장은 그것의 주변 조건들인 경험에 의해 불충분하게 결정되기 때문에, 어떤 단일한 반대 경험에 비추어 볼 때 어떤 진술들이 재평가되어야 할지에 관해서는 상당한 선택의 폭이 있다...

이 견해가 옳다면 개별 진술의 경험적 내용에 대해 이야기한다는 것은 오도된 것이다. 특히 그것이 그 장의 경험적 외곽으로부터 아주 둑떨어져 있는 진술인 경우라면 더욱 오도된 것이다. 더욱이 경험에 근거하여 우연히 성립하는 종합적 진술과 어느 경우에나 성립하는 분석적 진술 간의 경계를 찾는 것은 어리석은 일이 된다. 어떤 진술이든지 우리가 체계 내의 여러 곳을 충분히 철저하게 조정한다면 경우에 상관없이 참이라고 주장될 수 있다. 주변부에 아주 가까이 있는 진술까지도 완강히 저항하는 경험에 직면하였을 때, 환각을 이유로 내세우거나 아니면 논리 법칙이라 불리는 일정한 종류의 진술을 수정하여 참이라고 주장될 수 있다. 더구나 거꾸로 말한다면, 어떤 진술도 수정에서 면제되어 있는 것은 없다. 논리적 법칙인 배증률의 수정조차도 양자 역학을 단순화하는 수단으로 제안되었다...

-Willard Van Orman Quine, "Two Dogmas of Empiricism" 중

---

## When Carnap reads "Two Dogmas of Empiricism"



# 반증할 수 없는 과학

- 확률적 진술("동전을 던졌을 때 앞면이 나올 확률은 2분의 1이다.")
- 만유인력 이론에서 서로 떨어져 있는 두 물체 사이의 '원거리 작용' 원리
- 단순성 원리("필요 이상으로 세상을 복잡하게 만들어서는 안 된다.")
- 이론물리학의 여러 이론들(초끈 이론/ 우주 인플레이션/ 암흑 물질의 존재...)

# 결정적 실험은 가능한가?

- 존재 진술의 반증

Ex) “희지 않은 백조가 있다.”

- 과학에서 사용되는 대부분의 진술은 존재 진술이 아니라 보편 진술이다?

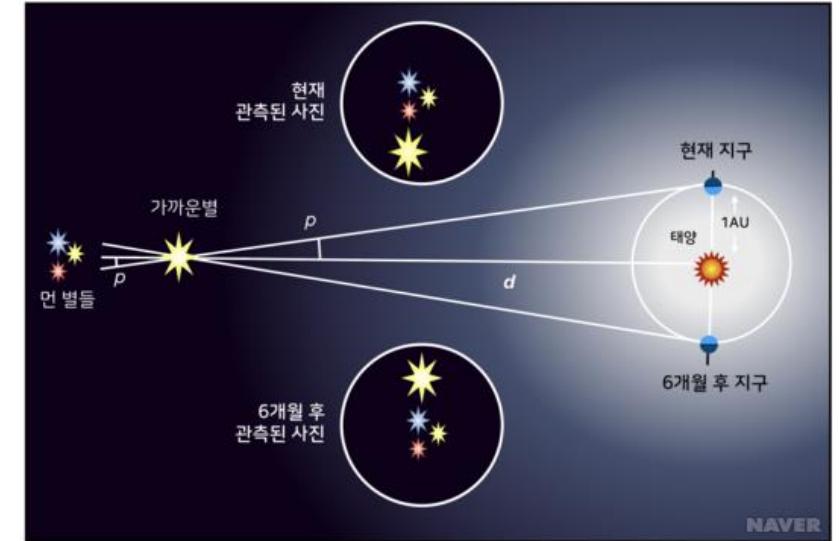
☞ 실제 과학에서는 단 하나의 명제로 된 이론이나 가설은 존재하지 않으며, 핵심 주장과 보조 가설들이 복잡하게 얹혀 하나의 가설이나 이론을 이루고 있다.

# 결정적 실험(crucial experiments)의 불가능성

- 결정적 실험: 두 이론이 경쟁할 때에는 두 이론이 각각 상반된 예측을 제시하는 결정적 실험을 계획할 수 있어야 한다는 것. 이상적으로는 이 실험을 통해 (한 이론이 절대적으로 옳은 이론임을 보이지는 못하더라도) 최소한 한 이론이 틀렸음이 증명되어야 함.
- 그러나 실험에 대한 검증이 일반적으로 믿음 집합에 대한 검증이고, 반확증 증거에 직면할 때 주된 이론보다는 보조 가설을 기각할 선택지가 항상 있다면, 결정적 실험은 일반적으로 불가능하다.

# 코페르니쿠스의 이론과 별의 연주시차 관측

- 16세기에 코페르니쿠스(Nicolaus Copernicus)의 태양중심설이 나온 후, 티코 브라헤(Tycho Brahe)는 별들의 연주시차를 측정함으로써 지구 연주운동을 검증할 수 있다고 생각하여 별들을 관측.
- 그 결과 연주시차를 검출할 수 없었고, 이에 따라 티코는 코페르니쿠스의 태양중심설을 받아들이지 않음.
- 그러나 티코가 연주시차 검출에 실패한 것은 별들이 너무 멀리 떨어져 있어, 연주시차가 기대했던 것보다 훨씬 작았기 때문.



# 결정적 실험의 불가능성에 대한 해석

- 1) 약한 해석: 경쟁 이론들이 모두 결정적 실험의 결과를 수용할 수 있다. (저온 핵융합 실험의 예)
- 2) 강한 해석: 그 어떤 실험 결과건 그 어떤 이론에서도 수용할 수 있다.

# 가설이 반증되어도 핵심 주장은 살아남을 수 있다

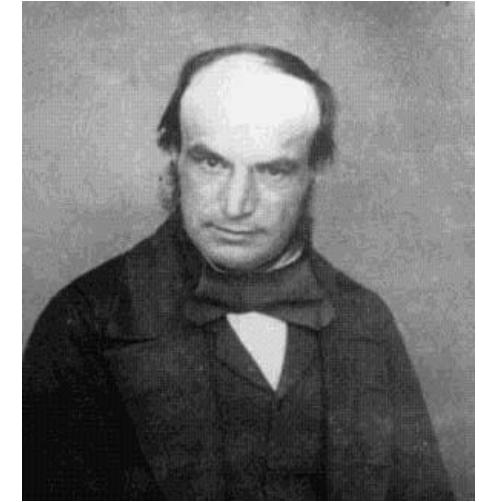
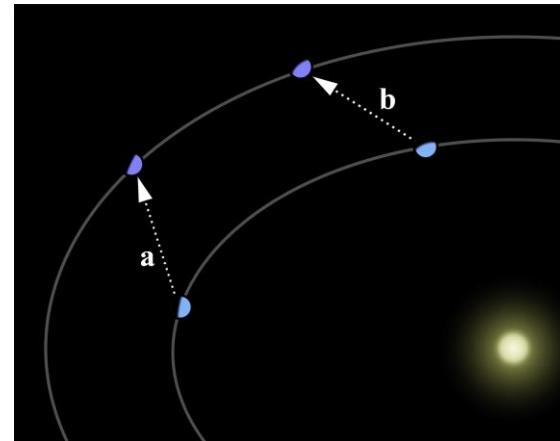
- 뉴턴 역학 체계의 반증 사례들

Ex) 만유인력의 법칙을 이용해 계산한 달의 공전 주기가 실제 달의 공전 주기와 다름/ 공기 중 음파 속도가 실제 관측치와 20%나 차이가 남

⇒ 보조 가설들을 도입하거나 기존의 가설들을 수정하여 다시 계산한 결과 예측치가 실제 관측치와 잘 일치하게 됨. 달의 공전주기(생략한 차수 다시 대입)/ 음파의 속도(음파가 전달되면서 응축 현상의 열로 인해 속도가 달라짐)

- Ex) 뉴턴 역학을 이용한 천왕성의 움직임 예측이 실제 관측 결과와 불일치  
 ⇒ “태양계의 행성은 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성 뿐이다.”라는 보조 가설 의심.  
 관측 결과와 일치하는 계산 결과가 나오도록 천왕성 궤도 바깥쪽의 또 다른 행성 가정.

John Couch Adams



Urbain Jean-Joseph Le Verrier

# 해왕성 발견(1846년 9월 24일)



Johann-Gottfried-Galle



# 빛보다 빠른 물질?

- 2011년 9월, 유럽입자물리학 연구소(CERN)에서 중성미자(neutrino)라는 입자가 빛보다 빠른 속도로 비행했음을 관측했다는 결과를 발표  
→ 광케이블의 접속 문제/ 시간을 기록하는 진동자 문제로 밝혀짐. 2012년 6월 8일 빛보다 빠른 물질이 존재한다고 한 주장을 철회.



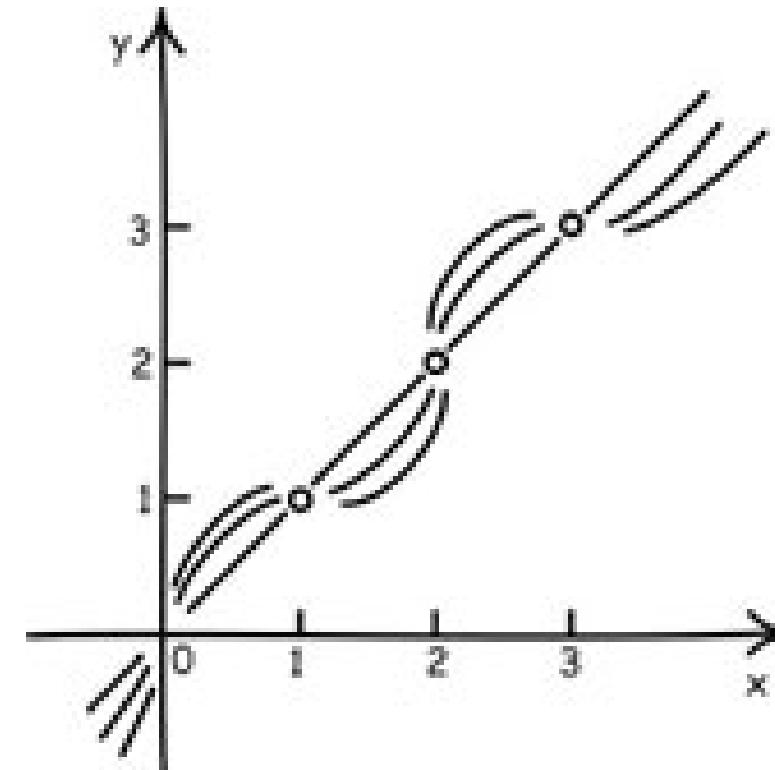
OPERA 연구진이 빛보다 빠른 입자의 발견에 대한 발표하는 장면

# 이론의 미결정성

- 경험의 법정에 서는 것은 개별 이론이 아니라 이론의 전체 체계다. 따라서 반례가 나와도 전체 이론 체계 내의 어떤 부분이 잘 못되었는지를 꼭 집어 이야기할 수 없다.
  - 반례를 없애기 위해서라면 어떤 부분이라도 수정할 수 있다.
- ☞ 경험 자료만으로는 경합하는 이론들 중에 어떤 것이 가장 나은지를 결정할 수 없다.

# 미결정성 논제(underdetermination thesis)

- 이론은 이용 가능한 데이터에 의해 미결정된다: 관련된 모든 실험 결과를 비롯한 이용 가능한 데이터를 통해 특정한 이론이 옳다는 완전한 결정을 절대로 내릴 수 없으며, 경쟁 이론이 틀렸다는 것도 확실히 증명하지 못한다는 것.



# 이론의 미결정성에 대한 해석

- 1) 약한 해석: 이용 가능한 데이터가 이따금 둘 이상의 경쟁 이론 중 하나를 지목해내지 못함. 양립 가능.
- 2) 강한 해석: 과학 이론과 과학 지식은 사회적 산물이며 공동체의 발명품에 불과. 객관적으로 옳다고 유일하게 결정된 과학 이론은 없다.

# 역사주의적 전환(historical turn)

- 형식적-논리적 접근: 귀납적 방법론/ 가설연역적 방법론/ 반증 주의적 방법론. 과학 활동이 따라야 할 규범의 형식적인 조건들을 제시.
- 그러나 실제 과학 활동 사례들에 대한 연구가 진행됨에 따라, 형식적 접근에서 다루는 입증이나 반증 같은 논리적 과정들은 과학의 실제 역사에 잘 부합하지 않는다는 비판이 제기됨.
  - ☞ 논리적 과정에 과학 활동을 끼워 맞추는 연구 방법보다는 실제 과학사 연구에 기초한 새로운 형태의 방법론 추구. 역사주의적 접근.