



과학적 추론 : 정성적 접근

연역과 귀납 / 설명과 예측



공룡은 유성 충돌에 의해 멸종했다?
이러한 결론은 어떻게 얻은 것일까?

과학적 추론들

- ▶ 연역 추론 : 추론의 전제가 결론 함축 (단, 전제의 참은?)
- ▶ 귀납 추론 : 추론의 전제가 결론 함축하지 않음 (어떻게 정당화?)
- ▶ 가설연역법 : 가설은 그로부터 연역적으로 도출된 현상이 경험적으로 확인될 때 뒷받침됨 (넓은 의미의 귀납 추론)
- ▶ 가장 널리 알려진 과학적 추론 방식
- ▶ 다양한 보완책들
 - ▶ 대안적 설명의 가능성이 적을수록 강력한 증거 제공
 - ▶ 단순한 이론 > 복잡한 이론 (최선의 설명으로의 추론)
 - ▶ 예측의 성공 > 사후 포섭 (예측주의)
- ▶ 베이즈주의 : 가설에 확률 부여



데카르트의 선형적 방법

► 부정할 수 없는 명징한 제1원리로부터 출발하여 연역적인 체계를 구축하고자 함

► 제1원리는 어떻게?

방법적 회의를 통해 “나는 생각한다. 고로 나는 존재한다”는 제1원리를 끌어냄

► 그 외의 지식은?

제1원리로부터 신의 존재를 증명한 후 세 가지 자연법칙 도출

► 제1법칙 : 물체는 현재의 운동상태를 계속 유지하고자 한다 (from 신의 불변성)

► 제2법칙 : 운동은 본질적으로 직진이다 (from 신의 불변성과 단순성)

► 제3법칙 : 충돌시 운동량은 보존된다 (from 신의 작업의 불변성)



RENATUS DESCARTES, NOBIL. GALL. PERRONI DOM. SUMMUS MATHEM. ET PHILO
Talis erat vultu NATORÆ FILSOS: unus Assignansq; fuis quavis miracula cauſe
Qui Menti in Matris viſcera pāndit iter. Miraculum reliquum ſolus in orbe fuit.

선험적 방법의 약점들

- ▶ 제1원리를 얻는 과정의 타당성
- ▶ 제1원리로부터 다른 지식을 이끌어내는 과정의 타당성
- ▶ 신 존재 증명의 예 : “신은 절대적으로 완벽하다. 그런데 존재하는 것이 존재하지 않는 것보다 더 완벽하다. 고로 신은 존재한다.”
- ▶ 세계의 구체적인 지식(입자들의 구체적인 크기, 운동량 등)을 알기 위해서는 경험적 방법이 불가피



경험주의

- ▶ 17세기 과학혁명을 이루어낸 과학자들은 베이컨의 경험주의 또는 귀납주의를 따른다고 주장
- ▶ 과학이란 ‘사실에 기반한 지식’
- ▶ 관찰 : 모든 선입관을 버리고 직접 경험해서 모은 관찰 사실에서 시작하여,
- ▶ 귀납적 추론 : 그것들을 일반화하여 이론을 만들어야 한다.
- ▶ 이렇게 만들어진 지식은 신뢰할 만한 지식이 될 수 있을까?

BLACK SWAN

NATALIE PORTMAN
VINCENT CASSEL
MILA KUNIS



FROM THE DIRECTOR OF THE WRESTLER & REQUIEM FOR A DREAM

귀납적 추론의 한계

1번 백조는 하얗다.

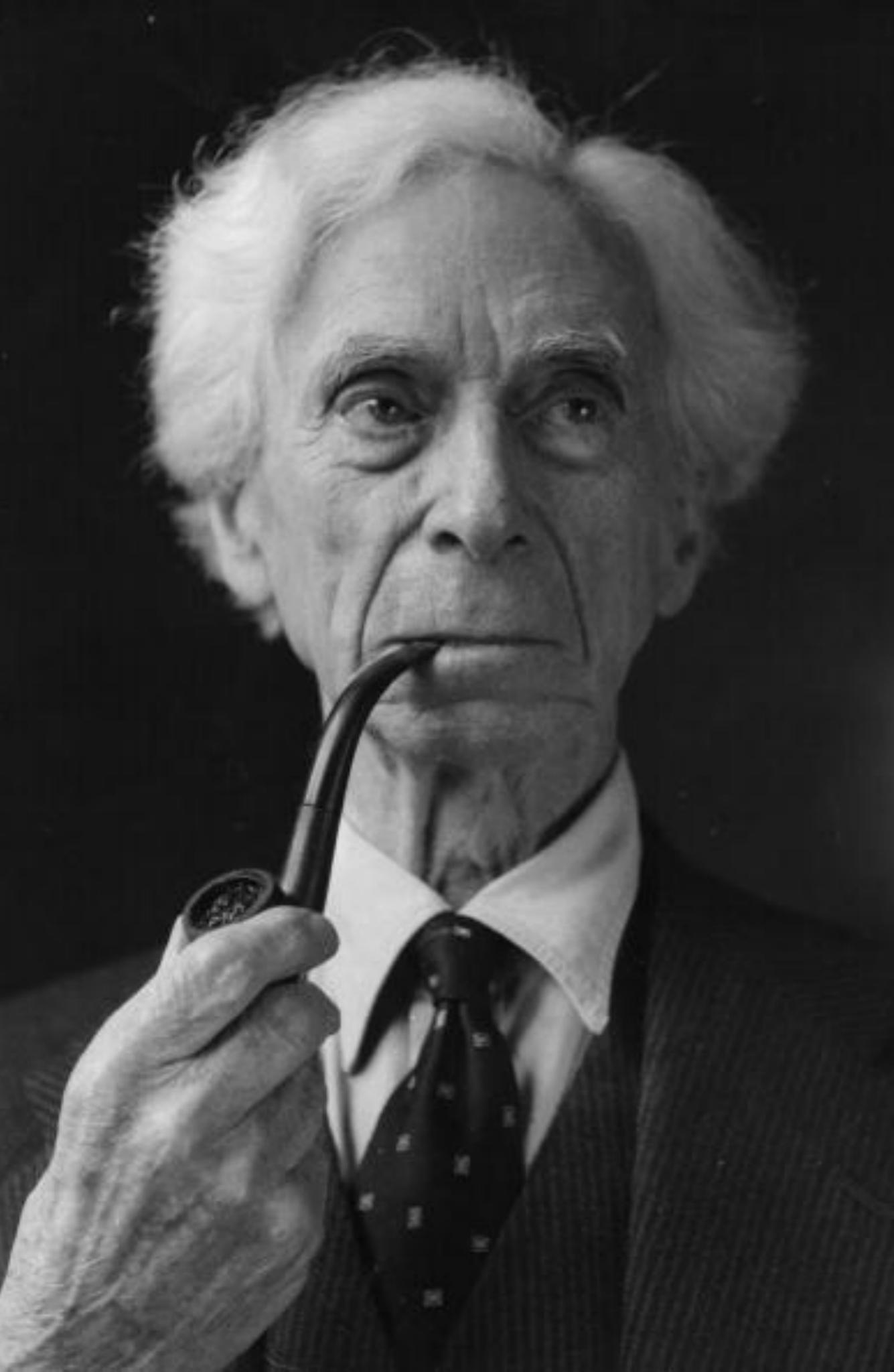
2번 백조는 하얗다.

3번 백조는 하얗다.

...

모든 백조는 하얗다

이 추론의 확실성은?



러셀의 칠면조



칼 포퍼의 무한 퇴행 논변

P_1 is true.

E_1 is true.

————
 H is true.

P_1 : 귀납 원리. 이 전제 덕분에 E_1 으로부터
 H 로의 귀납적 추론은 타당한 추론으로 변환됨.

그러나 이 귀납 원리는 논리적 참이 아닐 것이므로
2차 귀납 원리에 의존하는 귀납적 정당화를 요구함.

그리고 2차 귀납 원리는 ...

P_2
 E_2
————

P_1

P_3
 E_3
————

P_2

P_4
 E_4
————

P_3

P_5
 E_5
————

P_4

... ← ←

이 과정은 끝없이 되풀이된다.

개연(확률)적 추론으로의 도피

- ▶ “귀납 원리는 … 더 정확하게 말하면, … 개연성(확률)을 판정하는 데 기여한다. … 과학적 진술들은 단지 연속적인 개연성의 정도만을 얻을 수 있을 뿐, 참과 거짓은 그것의 도달 불가능한 상한과 하한이다.” - 한스 라이헨바하



귀납적 추론이 단지 개연적이라면?

P_1 is true.

E_1 is true.

H is probably true.

P_2 is true.

E_2 is true.

P_1 is probably true.

P_1 : 귀납 원리. 이 전제 덕분에 E_1 으로부터
 H 로의 개연적 추론은 타당한 추론으로 변환됨.

그러나 이 귀납 원리는 논리적 참이 아닐 것이므로
2차 귀납 원리에 의존하는 개연적(?) 정당화를 요구함.

그리고 2차 귀납 원리는 ...

P_3 is true.

E_3 is true.

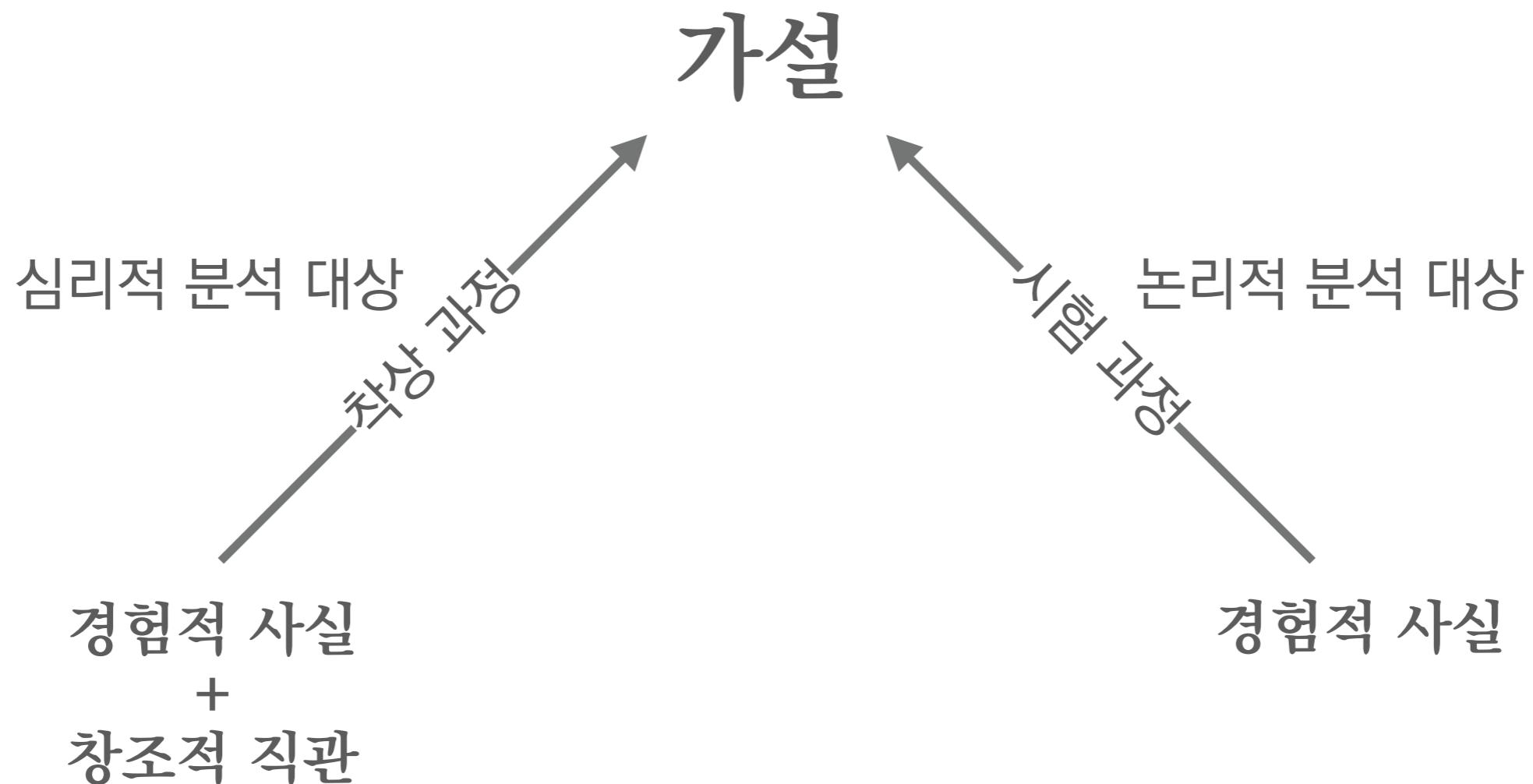
P_2 is probably true.

... ←

이 과정은 끝없이 되풀이된다.

‘귀납 논리’라는 심리적 착각

- ▶ 대다수의 귀납주의자들은 가설의 착상 과정을 ‘귀납 논리’로 착각!
- ▶ 논리적 분석이 가능한 가설의 시험 과정은 연역 추론만으로 충분.





포퍼의 화끈한 해결책

- 타당한 추론은 연역적 추론뿐!
- 귀납적 추론은 사용하지 말자!
- 즉, 관찰 진술로부터 이론의 ‘참’ 또는 “개연적 참”을 추론할 수 있다는 가정을 모조리 부정
- 모든 지식은 끊임없이 시험되어야 할 가설에 불과!

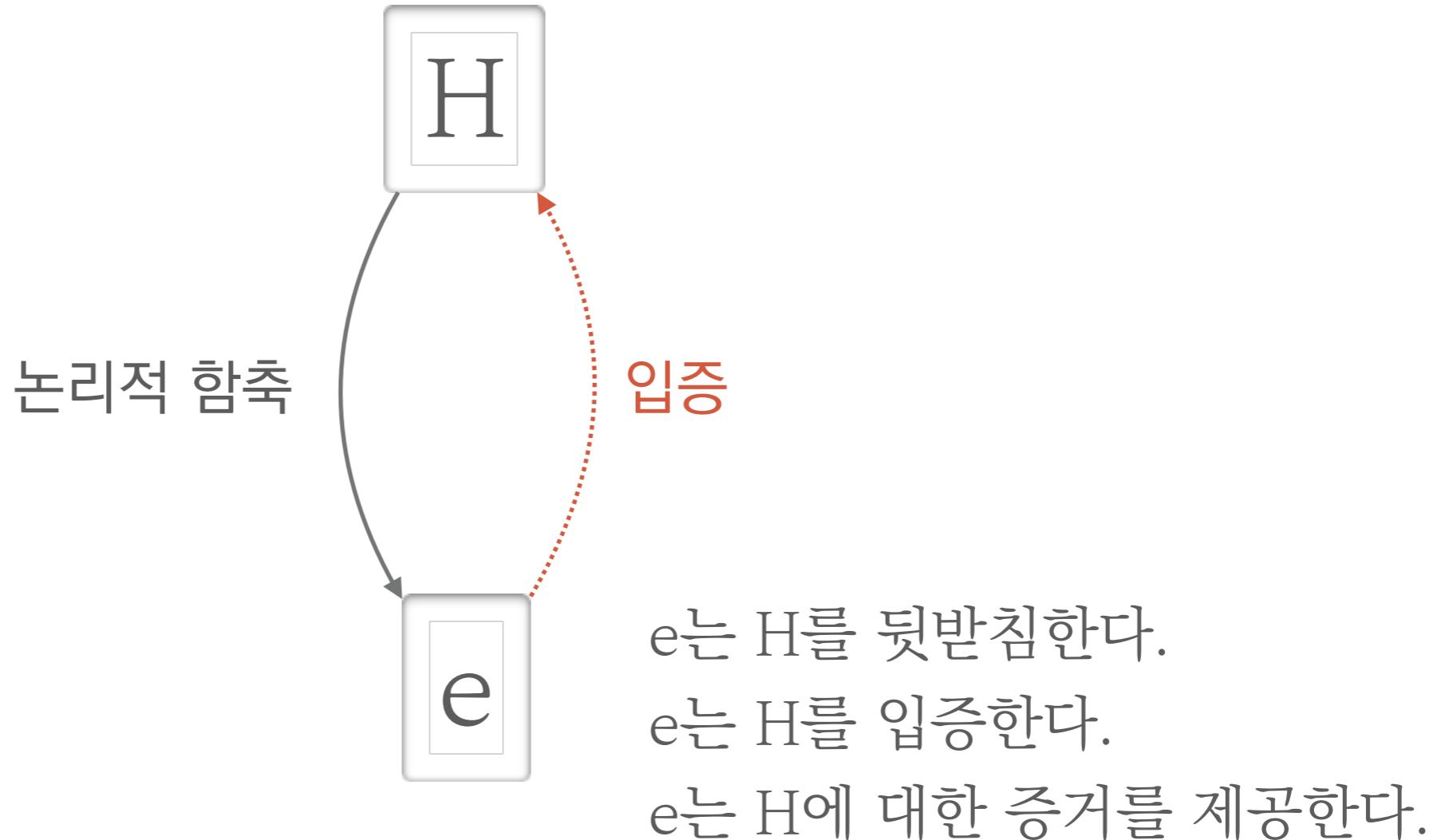
귀납을 사용하지 않는다면?





가설연역주의와 입증의 정도

가설연역주의와 증거



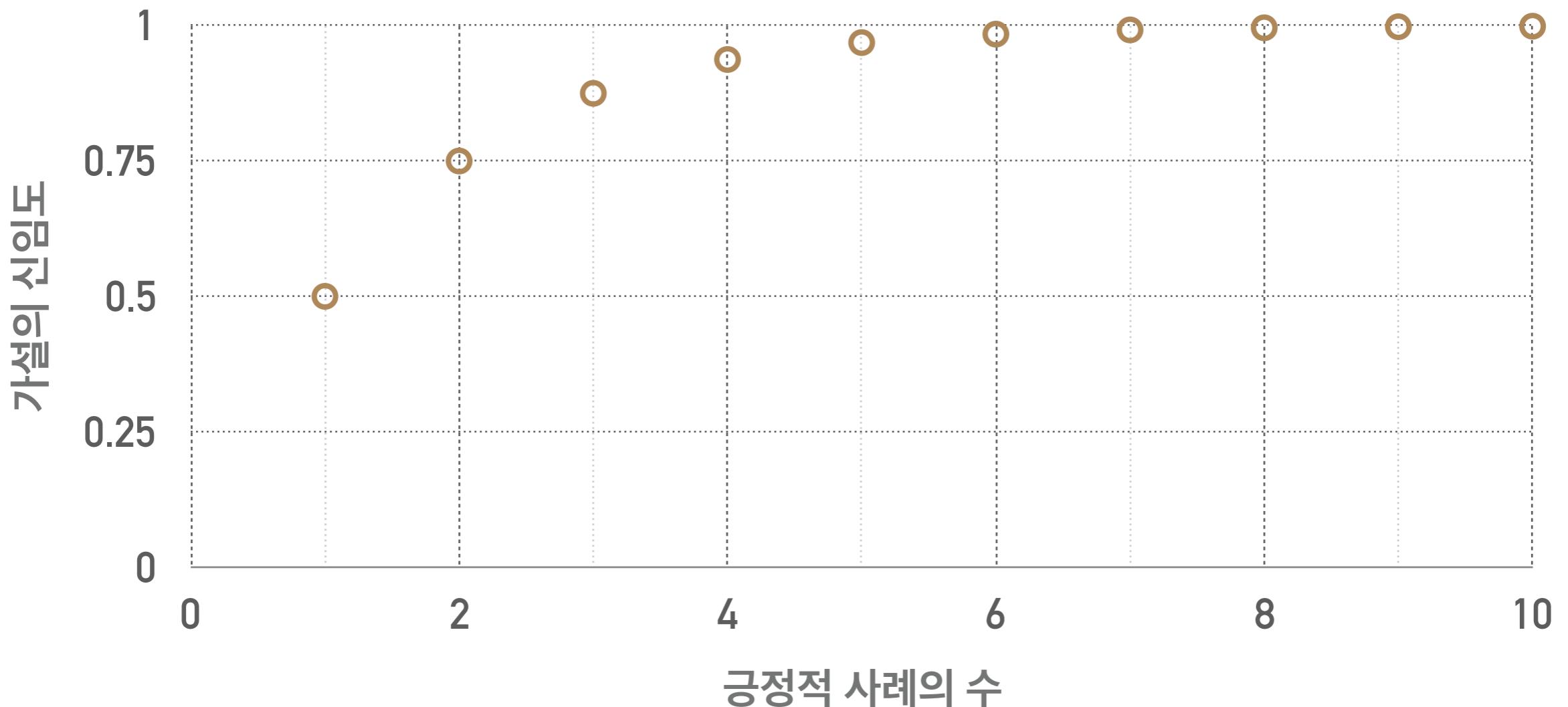
입증의 정도

“가설은 [...] 결코 관찰 증거에 의해 완전히 검증될 수 없다. 따라서 나는 우리가 검증 개념을 포기해야 한다고 제안했으며, 대신 가설은 증거에 의해 더 혹은 덜 입증되거나 반입증된다고 말하고자 한다.”

- 루돌프 카르납

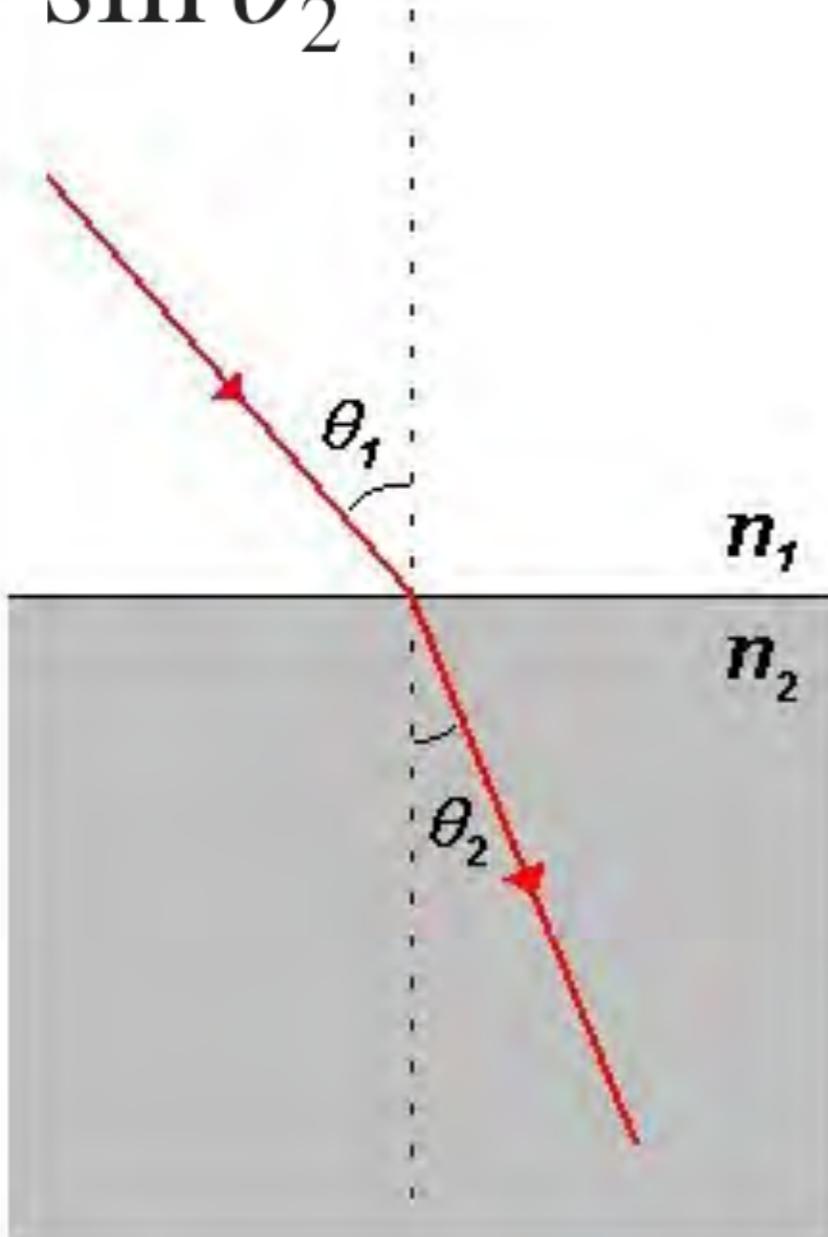
증거의 수

- ▶ 가설의 긍정적 사례가 증가할수록 가설의 신임도 증가
- ▶ 이미 확인된 긍정적 사례가 많을수록 새로운 긍정적 사례에 의한 입증 효과는 점점 감소



증거의 다양성 : 스넬의 법칙의 경우

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n \text{ (일정)}$$



▶ 세 가지 시험 방법

1. 매질과 입사각을 일정하게 유지한 채 굴절각 측정(총 100회)
2. 매질을 일정하게 유지한 채 입사각을 변경하며 굴절각 측정(총 100회)
3. 25쌍의 매질쌍에 대해 4가지 입사각을 사용하여 굴절각 측정(총 100회)

- ▶ 스넬의 법칙을 가장 강하게 입증해주는 시험 방법은 무엇일까? 또 왜 그럴까?
- ▶ 다양한 상황(초승달/보름달/반달/그믐달 일 때), 다양한 실험 장소, 실험자의 다양한 눈동자 색깔 등의 다양성을 고려한다면?

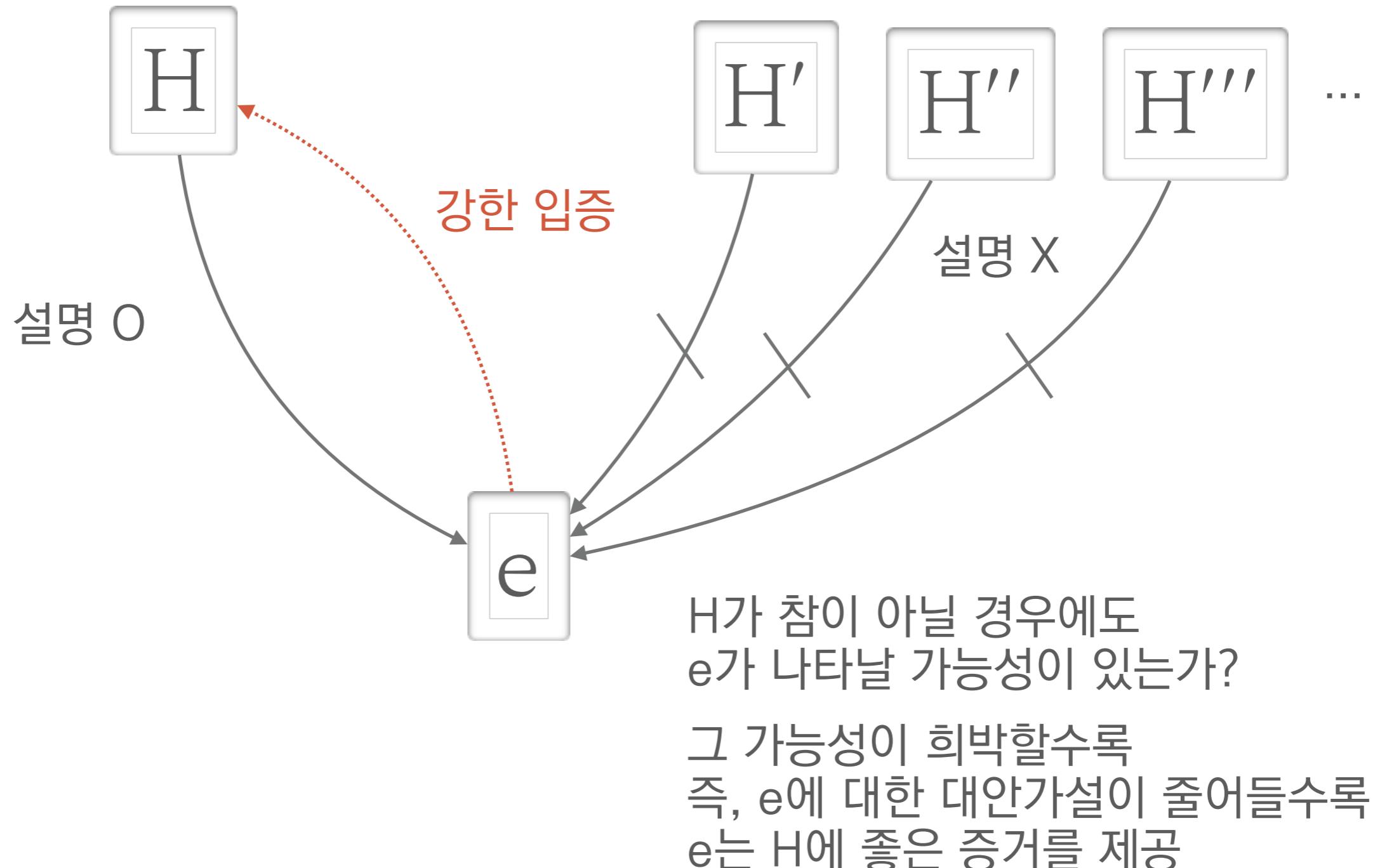
측정의 정확성

- ▶ 가설 : 관성 질량(m_a) = 중력 질량(m_g)
- ▶ 시험 : 다양한 물체의 자유낙하 가속도가 모두 같은지 확인

$$a = G \frac{M}{R^2} \frac{m_g}{m_a} = g \frac{m_g}{m_a}$$

- ▶ 동일한 방식의 시험이라도
측정의 정확성이 높아질수록 가설의 입증도 증가

공통된 직관 : 대안가설의 제거





비둘기 부부의 사랑

.....

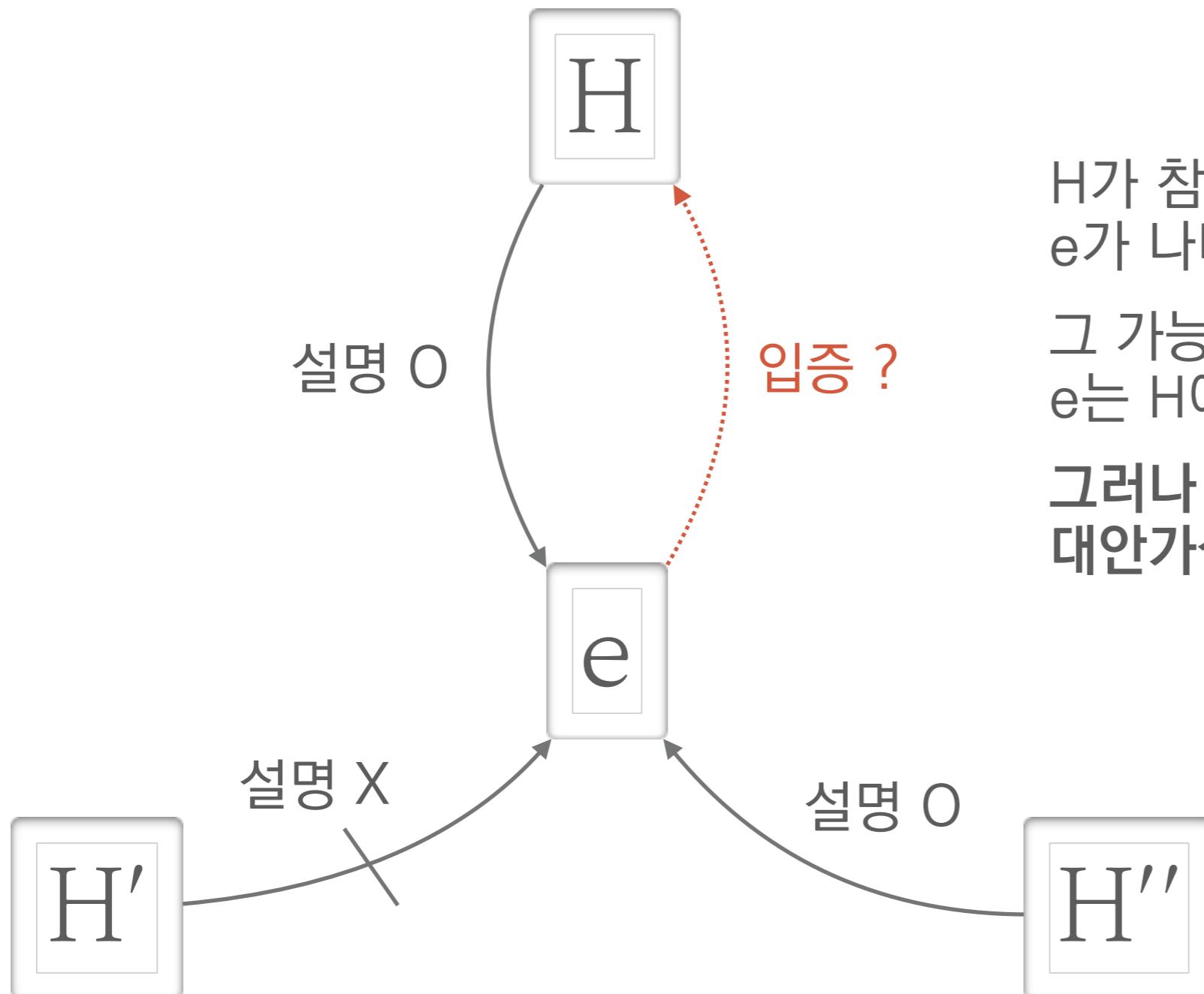
- ▶ 관찰 : 알을 낳기 전 비둘기 부부는 서로 부리를 비비며 꾸꾸꾸 우는 모습을 보여준다.
- ▶ 가설1 : 수컷 비둘기의 울음 소리가 암컷의 산란을 유발한다.
- ▶ 가설2 : 암컷 자신의 울음 소리가 자신의 산란을 유발한다.
- ▶ 실험1 : 암컷의 울음 소리를 제거한다면?
- ▶ 실험2 : 암컷이 녹음된 자신의 울음 소리를 듣는다면?



초감각적 지각(ESP)

잭과 질은 가장 친한 친구이다. 어느 날 뚜렷한 이유도 없이 잭에게 무엇인가 끔찍한 일이 일어났다는 확신이 들면서 질은 갑자기 소스라 치게 놀라는 경험을 한다. 그녀는 마음에서 그런 느낌을 떨쳐 버리려고 한다. 그런데 그날 늦게 그녀는 실제로 잭이 자동차 사고로 크게 다쳤다는 것을 알게 된다. 사건은 그녀가 어떤 끔찍한 일이 일어났다는 느낌이 들었던 바로 그때쯤 일어난 것으로 밝혀진다. 질은 투시력이 실제로 존재할 가능성에 대해 진지하게 생각하고 있는 자신을 발견한다.

대안가설과 이론 미결정성의 위협



H 가 참이 아닐 경우에도
 e 가 나타날 가능성이 있는가?

그 가능성이 희박할수록
 e 는 H 에 좋은 증거를 제공

그러나 e 를 설명할 수 있는
대안가설은 언제나 상상 가능!



최선의 설명으로의 추론(IBE)

.....

식품 저장실에 있던 치즈가 부스러기 몇 개만 남고 사라졌다.

어젯밤에 식품 저장실에서 긁는 소리가 들렸다.

따라서 치즈는 생쥐가 먹은 것이다.

분명히 대안 가설 존재

e.g., 가정부와 보일러 가설

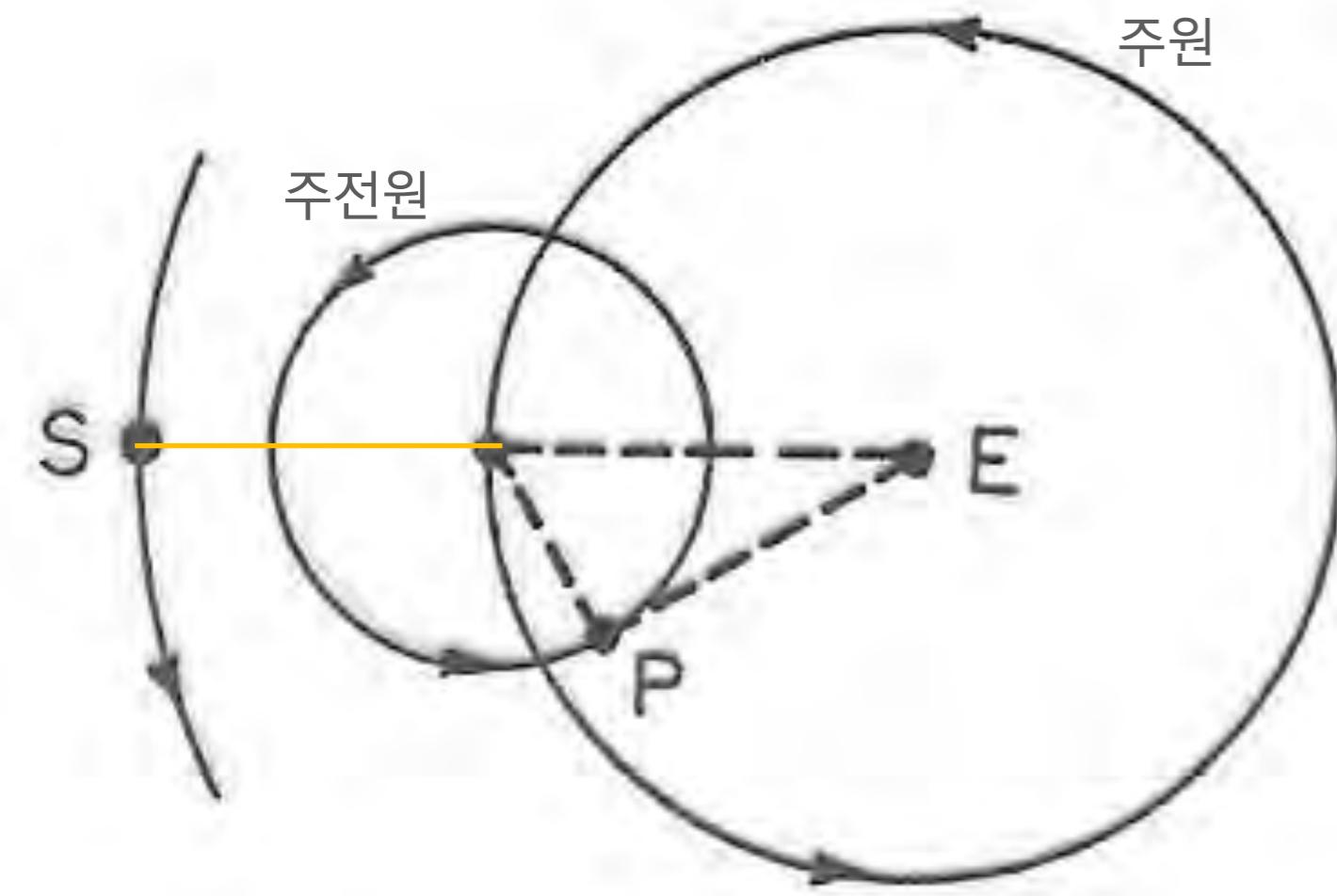
그러나 생쥐 가설이 더 나은 설명 제공!

말과 얼룩말의 해부학적 유사성

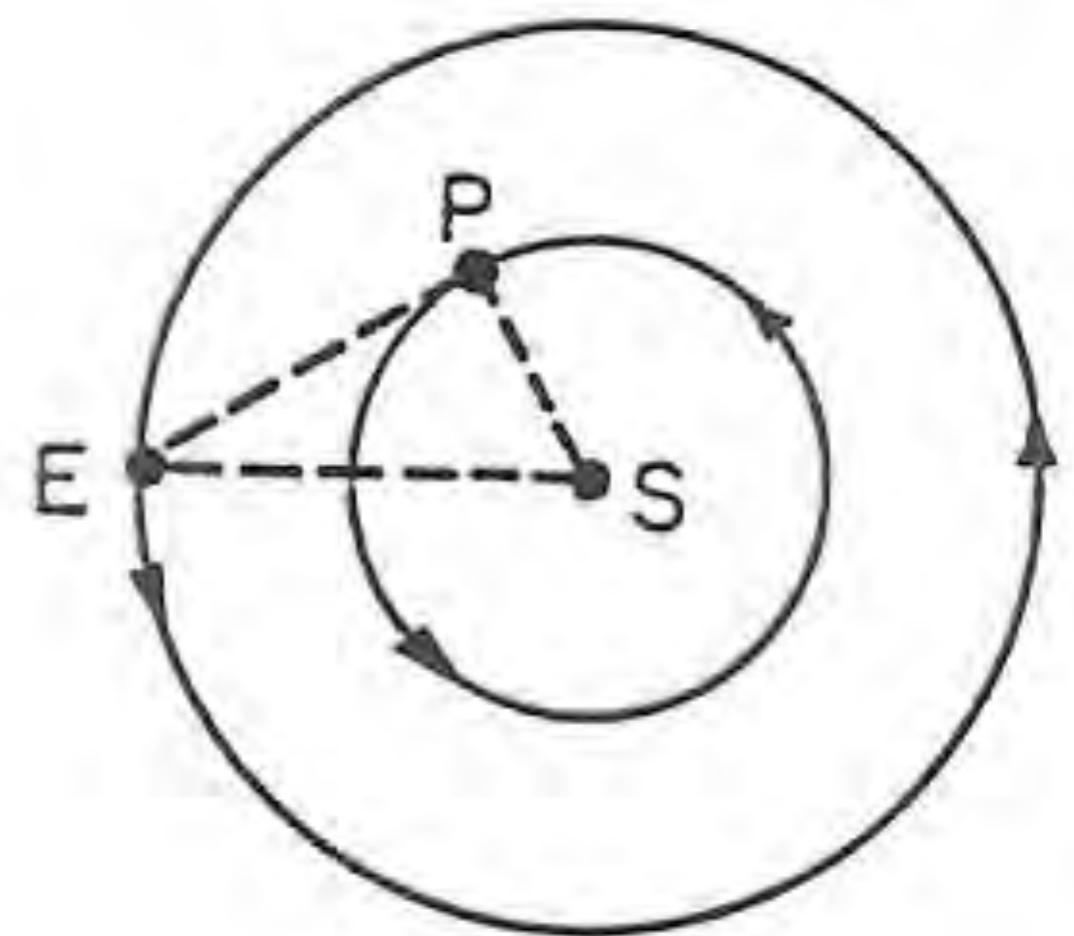
공통 조상 가설 vs. 개별 창조 가설



내행성과 태양 사이의 최대이각



프톨레마이오스의
지구중심설



코페르니쿠스의
태양중심설

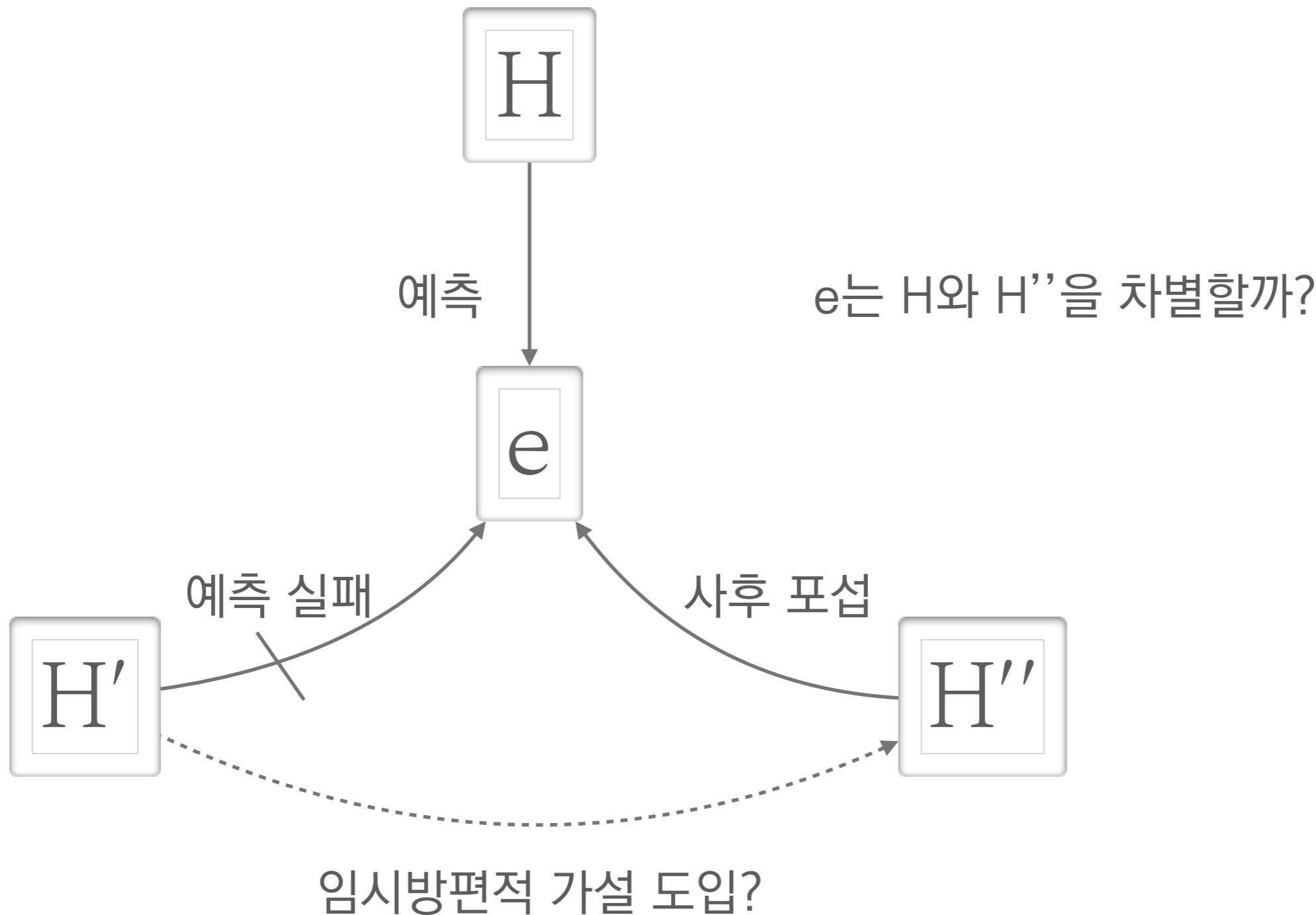
최선의 설명 : 단순성/경제성?

- ▶ 사라진 치즈 문제
 - ▶ 생쥐 가설 : 하나의 원인 가정
 - ▶ 가정부와 보일러 가설 : 두 개의 원인 가정
- ▶ 생명의 문제
 - ▶ 다윈 가설 : 종들 사이의 유사성뿐 아니라 다양한 사실들 한꺼번에 설명
 - ▶ 창조 가설 : 각각의 사실들에 대해 따로따로 설명해야
- ▶ 내행성의 최대이각
 - ▶ 지구중심설 : 주전원 가정 + 태양과 행성 주원의 동기화된 운동 가정
 - ▶ 태양중심설 : 태양이 지구를 비롯한 모든 행성 운동의 중심

단순성/경제성은 좋은 이론의 기준이 될 수 있는가?

- ▶ 우주가 단순하다고 생각할 이유는?
- ▶ 단순한 이론일수록 참일 가능성이 높을까?
- ▶ 라카토슈의 비판
 - ▶ ‘단순성’이란 애매한 개념
 - ▶ 이론 선택을 “기호와 유행”에 맡겨 버림
 - ▶ 보다 객관적이고 엄격한 기준 필요!

예측 VS. 사후 포섭



예측주의 옹호 논변들

- ▶ 임시 방편적 가설 논변 : 사후 포섭은 가설이 자료와 부합하게 만들어지도록 하지만, 그러한 가설은 임시 방편적(ad hoc)일 것이기에 신통치 않은 뒷받침만 받을 뿐이다.
- ▶ 시험 논변 : 가설은 그것의 예측을 통해서만 적절한 시험을 받을 수 있으며, 가설은 시험을 통과함으로써만 진정한 뒷받침을 얻을 수 있기 때문에, 예측은 사후 포섭보다 우월하다.
- ▶ 최선의 설명 논변 : 예측 성공의 경우, 자료와 가설의 일치에 대한 최선의 설명은 ‘가설의 참’이지만, 사후 포섭의 경우, 자료와 가설의 일치에 대한 최선의 설명은 애초에 그 가설이 자료와 부합하도록 설계되었다는 것이다.

피터 립턴의 새로운 논변 : 선택과 날조

- ▶ 이론적 미덕(단순성, 사전적 그럴듯함 등)과 증거적 미덕(다양성, 정확성 등)의 존재
- ▶ 선택 논변 : 예측의 경우 과학자는 증거적 미덕이 큰 예측을 시험 대상으로 선택할 만한 동기를 가지고, 사후 포섭을 하는 과학자는 애초에 그러한 선택권이 없다.
- ▶ 날조 논변 : 사후 포섭의 경우에는 이론적 미덕이 희생되기 쉬운 반면, 예측의 경우에는 이론적 미덕을 희생할 동기가 없다. 따라서 그 예측이 성공적이라면 증거적 미덕과 이론적 미덕 모두를 갖추었을 것이다.