

제2강. 토마스 쿤과 과학혁명의 구조

코페르니쿠스 혁명의
사례를 통해 본
“과학혁명의 구조”



Intro. 교과서 또는 종설 논문

❖ 과학 교과서 속의 과학

- 경쟁에서 살아남은 이론들만 서술
 - 학문의 후속 세대 양성에 유리
 - 경쟁과 극적인 승리의 과정은 봉인
- 지식이 만들어지는 과정을 보기 위해서는
블랙박스를 직접 열어볼 필요

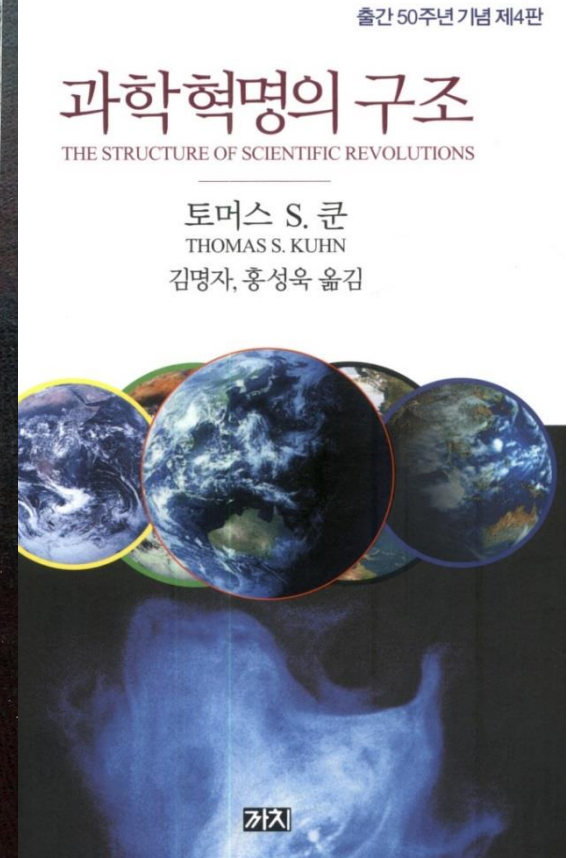
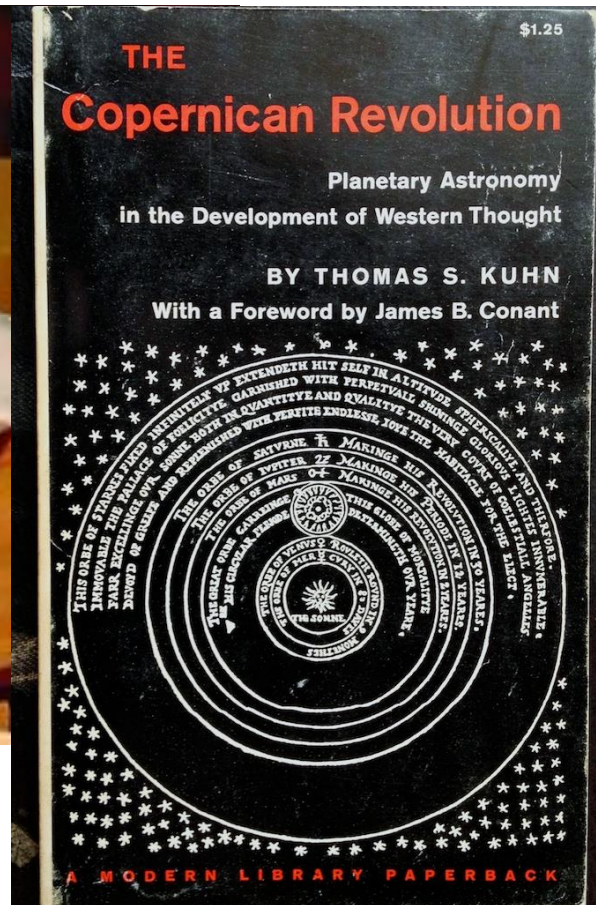
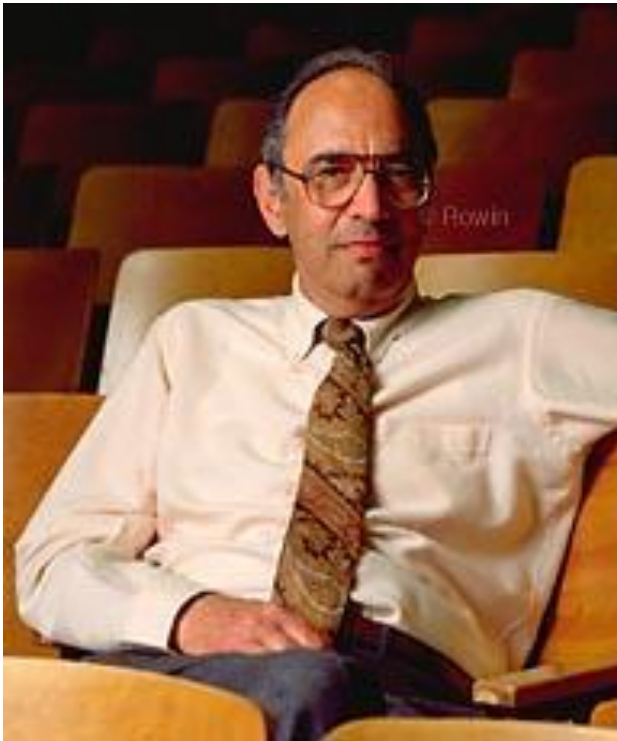


명왕성 퇴출 “혁명”

- ❖ 1930년 뉴멕시코 주의 대학생 클라이드 톰보가 발견
- ❖ 1990년대 카이퍼 벨트와 명왕성 급 행성들의 발견
- ❖ 2006년 국제천문학연맹, 최초로 행성의 정의를 “합의”, 명왕성 퇴출 → 일부(?)의 반발



『코페르니쿠스 혁명』 & 『과학혁명의 구조』



쿤의 과학관

❖ 과학자들이 수행하는 연구 활동의 본질

- 어떤 이론 체계를 맹목적으로 추구하는 경우가 훨씬 더 많음
- 문법에서 어형 변화표(=paradigm)를 준수하는 것과 흡사

	English	French	Persian	Spanish	Irish	Chinese
1 st Sg.	I speak	je parl-e	harf-mizan-am	habl-o	labh-rann	shuo
2 nd Sg.	you speak	tu parl-es	harf-mizan-i	habl-as	labh-rann	shuo
3 rd Sg.	he/she speaks	il/elle parl-e	harf-mizan-ad	habl-a	labh-rann	shuo
1 st Pl.	we speak	nous parl-ons	harf-mizan-im	habl-amos	labh-rann	shuo
2 nd Pl.	you speak	vous parl-ez	harf-mizan-id	habl-ais	labh-rann	shuo
3 rd Pl.	they speak	ils/elles parl-ent	harf-mizan-and	habl-an	labh-rann	shuo

① 패러다임 (paradigm)

❖ 의미① : 본보기가 되는 훌륭한 업적

- 패러다임은 문제를 해결하는 “범례(exemplar)”를 제공
- 범례는 풀 만한 연습(응용)문제가 무엇인지 알려주기도
만족스러운 해답의 형태는 무엇인지

❖ 의미② : 본보기를 따르면서 형성되는 스타일, 전통(전문 분야 기반)

- 기본 공식이 있음 ($F = ma$)
- 사물을 점 또는 입자의 모임으로 간주
- 두 점 사이에 작용하는 힘을 수학으로 표현
- 그 힘의 원인에 대해서는 묻지 않음

뉴턴 과학의
“disciplinary matrix”
= “뉴턴 스타일”

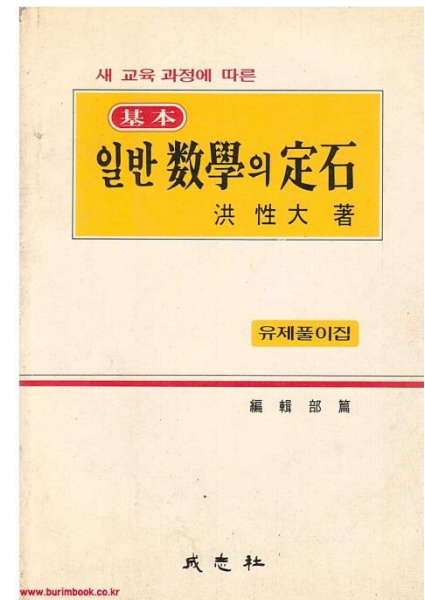
② 정상 과학(normal science)

❖ 의미 : 특정 패러다임을 수용하고 그 틀 안에서 연구하는 활동

- 패러다임이 보여준 성공의 약속을 실현하기 위해 “집단적으로” 노력
- 패러다임을 벗어날 경우 → “비정상” “이단”으로 간주

❖ 『수학의 정석』 풀이와 매우 흡사

- 문제 풀이의 규칙(공식)이 있음
- 문제에는 정답이 반드시 존재한다고 믿음
- 절대 문제나 풀이법에 의문을 제기하지 않음



1. 코페르니쿠스 혁명

❖ 아리스토텔레스 이래의 대강령

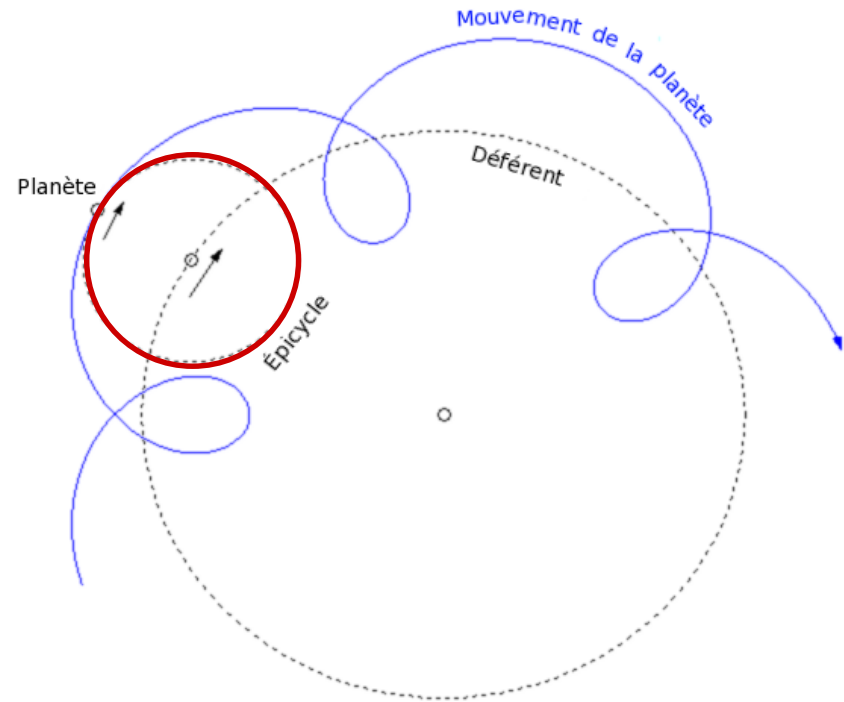
- “제5원소(달 위)의 세계에서는 등속원운동만 일어난다.”
- 실제는? → 행성들의 역행운동

❖ “Save the phenomena!” – 고중세 천문학의 패러다임

- 역행운동의 세계로부터 등속원운동의 세계로 구원하려면?
- 특수한 기하학적인 장치들이 필요 (일종의 보조가설)
- 예) 프톨레마이오스의 주전원(epicycle)

주전원(epicycle)

- ❖ 역행운동 : 겹보기운동
- ❖ 주전원 운동 : 실제 운동
 - 큰 원 궤도(deferent) 위를 중심으로 도는 작은 원(=주전원) 궤도 위를 돈다.
 - 여전히 등속원운동
- ❖ 행성 1개당 수십 개의 주전원으로 극한의 정밀성 추구



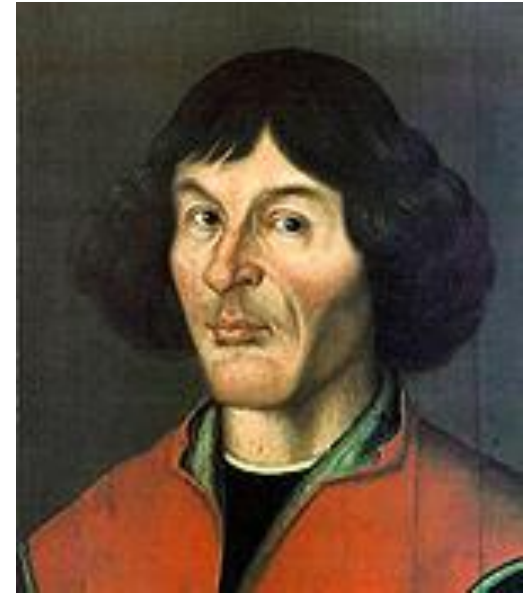
코페르니쿠스는 왜 “태양 중심설”을 주장했다?

❖ “코페르니쿠스 스타일”

- 『천구의 회전에 대하여』(1543)
- “단순해서 아름다운 우주”
 \leftrightarrow 괴물 같은 우주
- 태양을 중심에 둔 천문학

❖ 태양 중심설의 장점 : “simplicity”

- 예) 주전원을 가정하지 않고 우주의 구조 그 자체만으로도 역행운동을 설명할 수 있다.



Nicolaus Copernicus
(1473-1543)

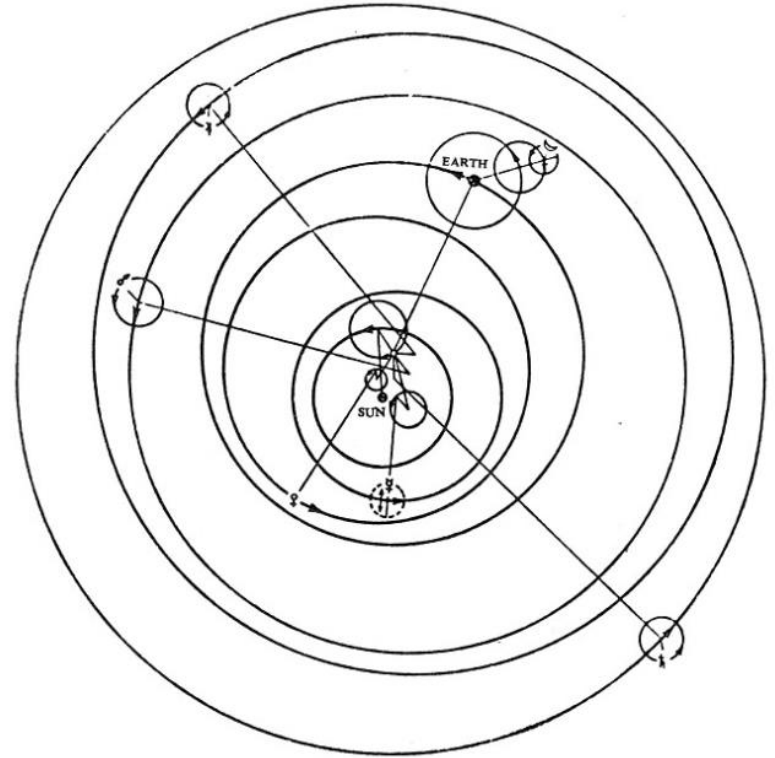
코페르니쿠스의 한계

❖ 행성의 등속원운동에 집착

- 실제로는 부등속운동
- 여전히 많은 주전원을 사용

❖ 코페르니쿠스가 남긴 과제

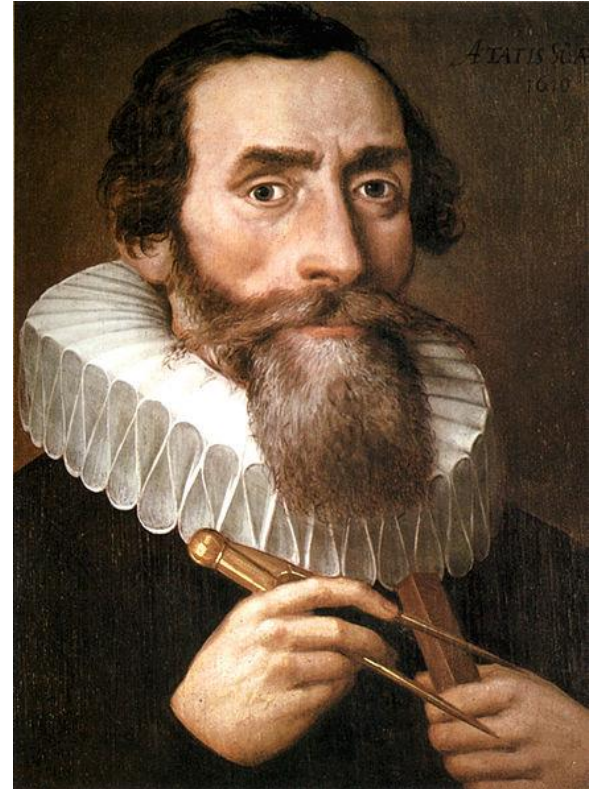
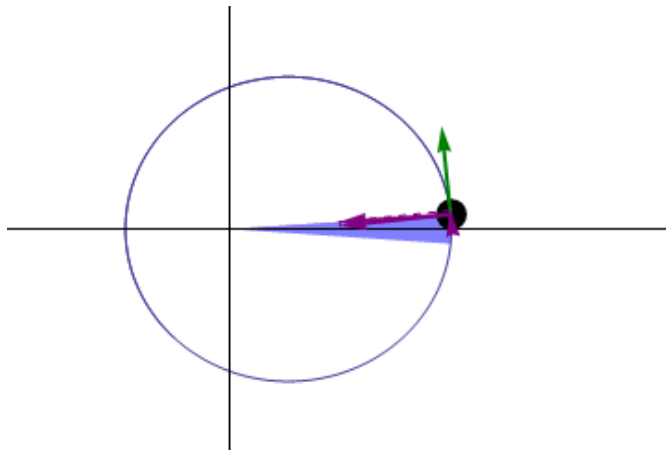
- 어떻게 하면 단순하고 아름다운 우주를 완성할 수 있을까?



케플러 : 단순하고 아름다운 우주의 완성

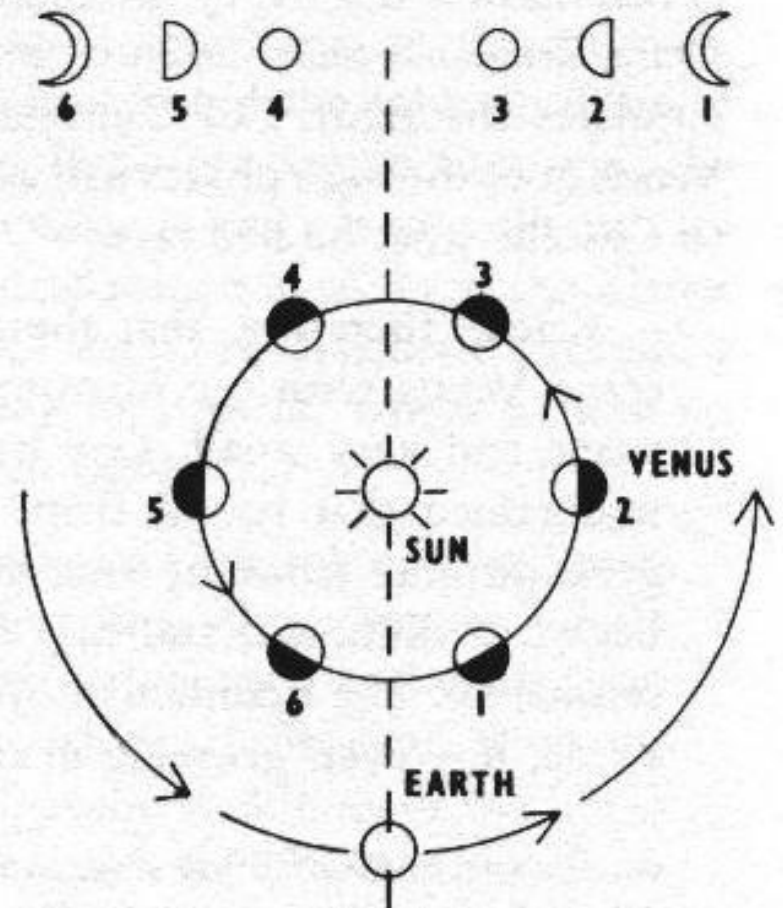
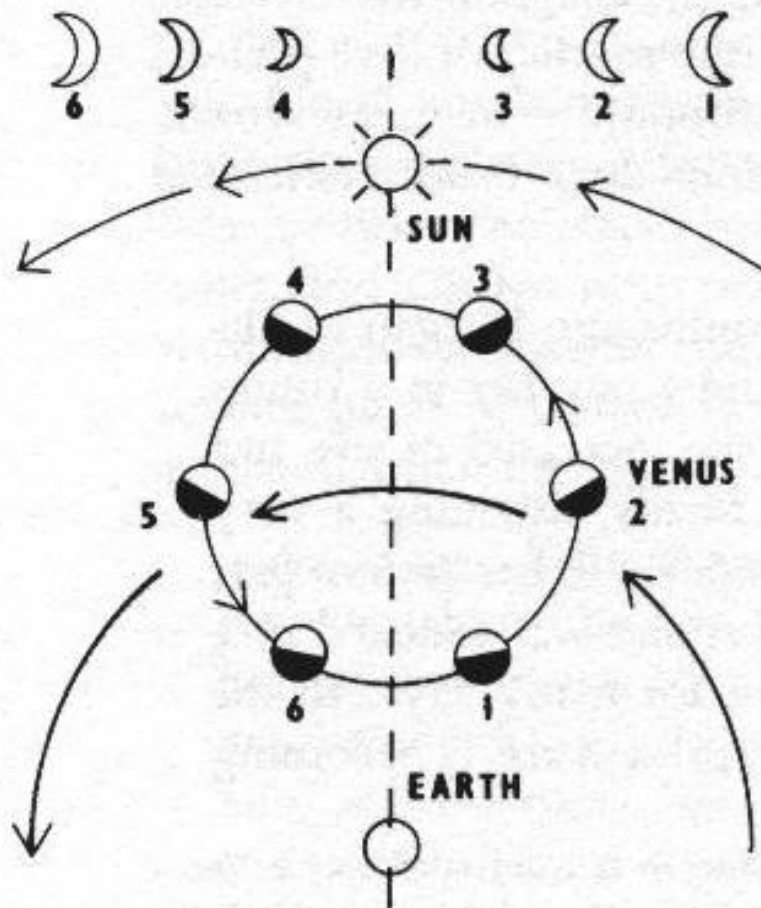
❖ 타원궤도의 법칙 (1609)

- 등속원운동을 포기
- 단순하고 아름다운 궁극의 모델
- 태양 중심설의 매력 고양



Johannes Kepler (1571–1630)

갈릴레오의 지원 사격: 금성의 위상 변화 관측



2. 지구 중심설 패러다임의 반격

❖ 근거 ① : 성경 구절과의 충돌

- “The sun stopped in the middle of the sky and delayed going down about a full day.” (Joshua 10:13)

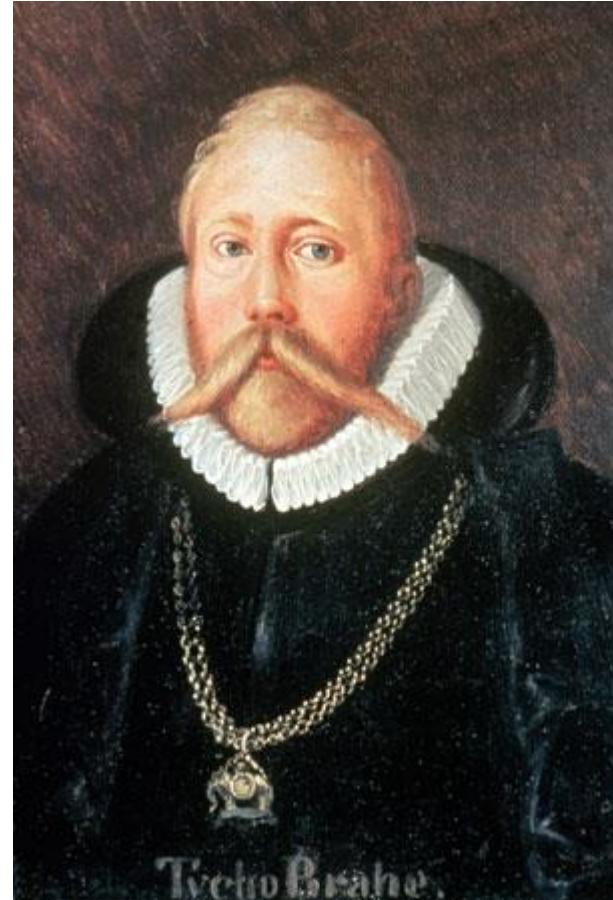
❖ 근거 ② : 상식과의 충돌

- 왜 위로 쏘아 올린 물체는 제자리로 떨어지나?
- 왜 지구의 운동을 느끼지 못하는가? 공전속도 약 30km/s, 자전속도 약 465m/s

❖ 근거 ③ : 연주시차가 관측되지 않음

티코 브라헤

Tycho Brahe 1546-1601



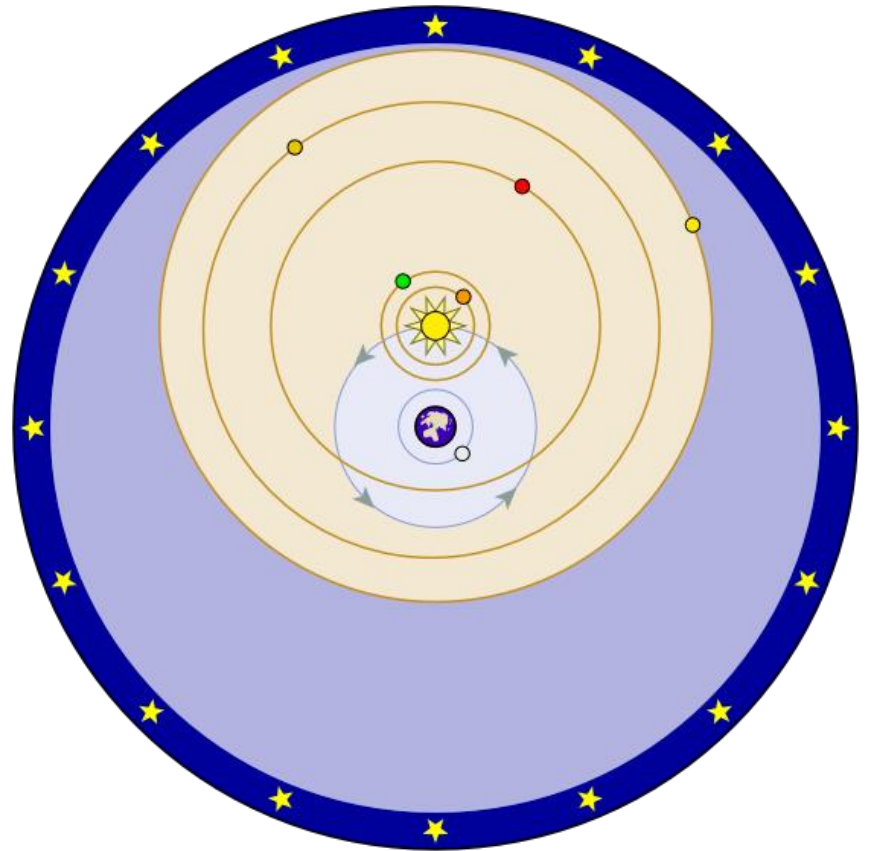
태양-지구 이중 중심 모델

❖ 티코 브라헤의 우주 모델

- 우주중심에 정지한 지구
- 태양, 달은 지구 주위 회전
- 오행성은 태양 주위를 회전

❖ 태양 중심설의 대안으로 부각

- 성경과 “상식”에 부합
- 관측 사실에도 부합
 - » 연주시차, 금성의 위상

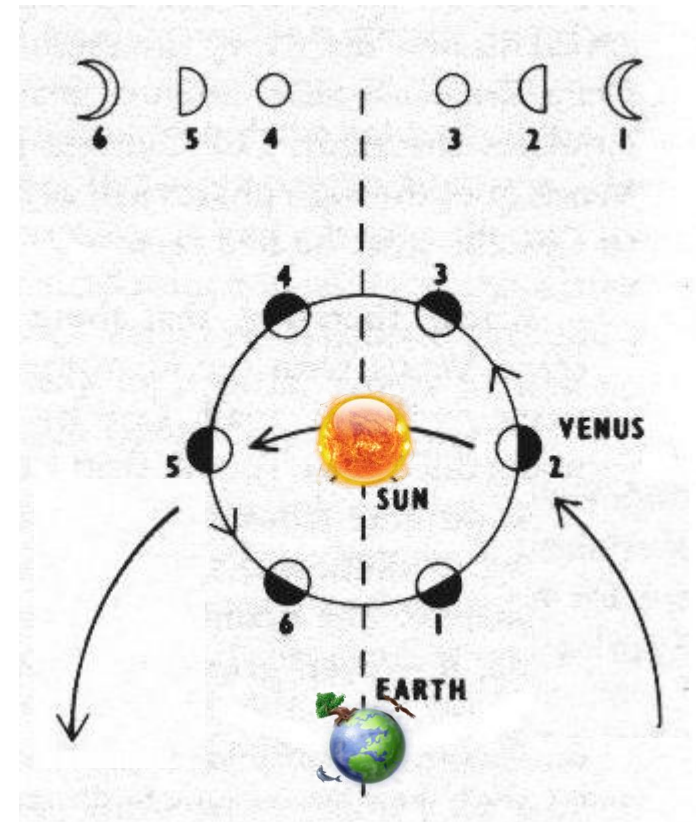


티코 브라헤 모델의 설명력

❖ 금성의 위상 변화

- 태양 중심설만을 지지하는 증거?
- No. 티코 브라헤 모델도 지지
- 금성이 태양을 중심으로 돌기만 하면 관측 가능한 현상이기 때문

❖ 이 경우에도 관측의 이론 적재성이 개입할 수 있음



3. 종합 : “과학혁명의 구조”는?

❖ 자연이 보여준 증거의 한계

- 한 가지 관찰 결과를 가지고도 대안적인 여러 이론이 성립
- 관찰 결과만으로는 두 패러다임의 우열을 가릴 수 없음

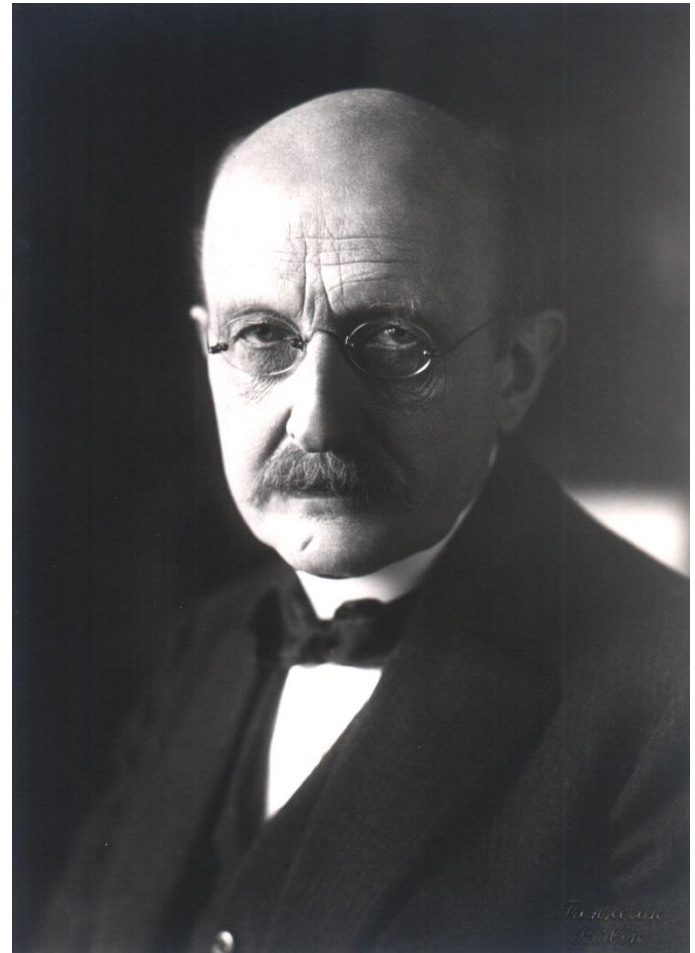
❖ 그렇다면 패러다임 전쟁의 승패는 언제 나타나는가?

- 상대방을 “개종”시키듯 설득하거나
- 어느 한 패러다임의 추종자들이 모두 “순교”할 때
- 이유 : 과학자는 특정 패러다임을 “교리”처럼 받아들이기 때문

막스 플랑크의 탁월한 견해

“새로운 과학적 진리는 그 반대자들을 설득하고 계몽시킴으로써 승리하는 것이 아니라, 그들이 모두 죽어서 사라지고 대신에 새로운 과학적 진리에 익숙한 세대들이 성장함으로써 승리하는 것이다.”

물리학자 막스 플랑크
Max Planck (1858-1947)



패러다임 전환의 의미

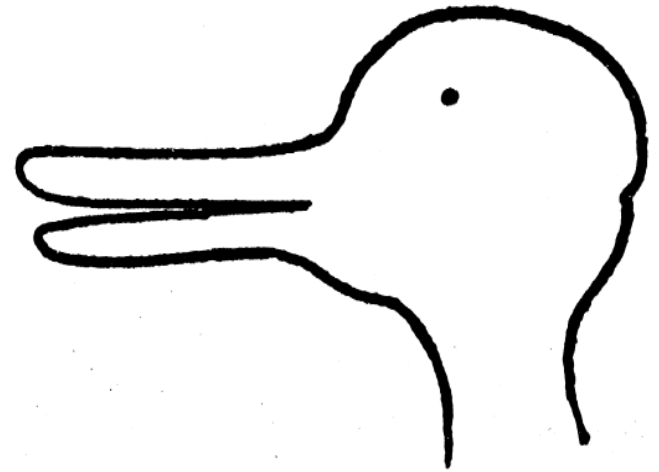
❖ 세상을 보는 시각의 총체적 변화

- “gestalt change”

❖ 인식하는 세상 자체의 변화

- 해가 도는 세상
→ 지구가 도는 세상

❖ “개종” 과도 같은 체험

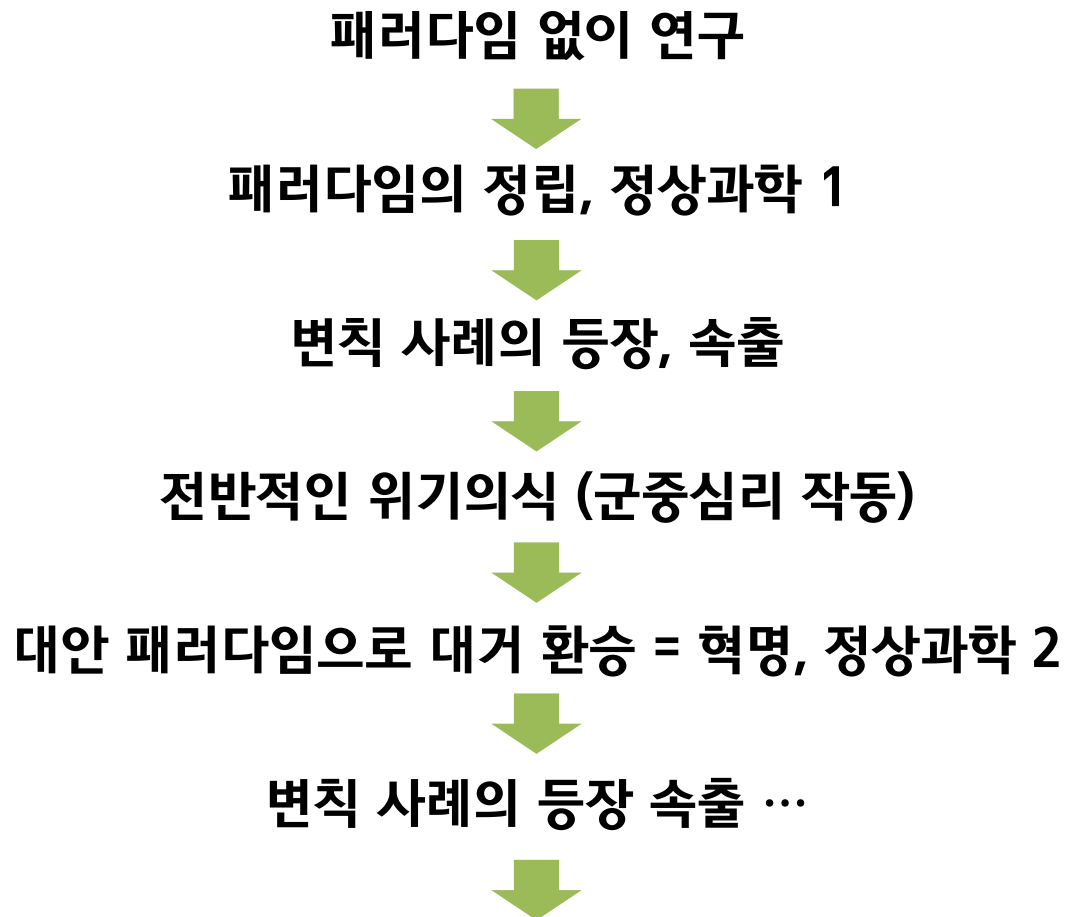


오리로만 보이던 이 그림이
어느 날 갑자기 토끼로 보이기 시작했다.

코페르니쿠스 혁명의 교훈들

- ❖ 패러다임을 바꾸게 된 순간 잃어버리는 가치들이 있다.
 - 코페르니쿠스 : 단순성을 취하고 정합성을 포기
 - 지구가 회전함으로 인해서 생기는 수많은 모순된 현상이 발생
- ❖ 과학혁명론은 논리보다는 과학자들의 “가치관”에 의존한다.
- ❖ 과학자는 특정 이론(세계관)에 목을 매는 사람들이다.
 - 과학 활동 = 종교 숭배?, 과학혁명 = 종교 혁명?

정리: “scientific revolutions”의 과정



쿤의 기분 나쁜 생각?

❖ 과학 활동의 전통적 관점

- 비판과 창조 정신에 입각한 활동
- 진리를 향한 바벨탑 쌓기



❖ 쿤의 새로운 관점

- “평상시의 과학자들은 연습문제만 푼다.”
- 과학혁명 = 낡은 집을 허물고 새 집을 짓는 사건

낡은 배를 버리고 새 배로 옮겨가는 사건

자연을 보는 렌즈를 갈아끼우는 사건