

교양으로서의 과학

정경숙
(기초교육원 핵심교양)

과학은

- 무엇인가 ?
 - 경험적이고 실증적인 것 : 근거가 있는 것
 - 경험을 일괄적으로 정리하면 모든 사례를 꿰뚫는 공통분모가 보인다
 - 직관을 넘어서는 증거의 집합
 - 패턴, 규칙, 원리, 법칙

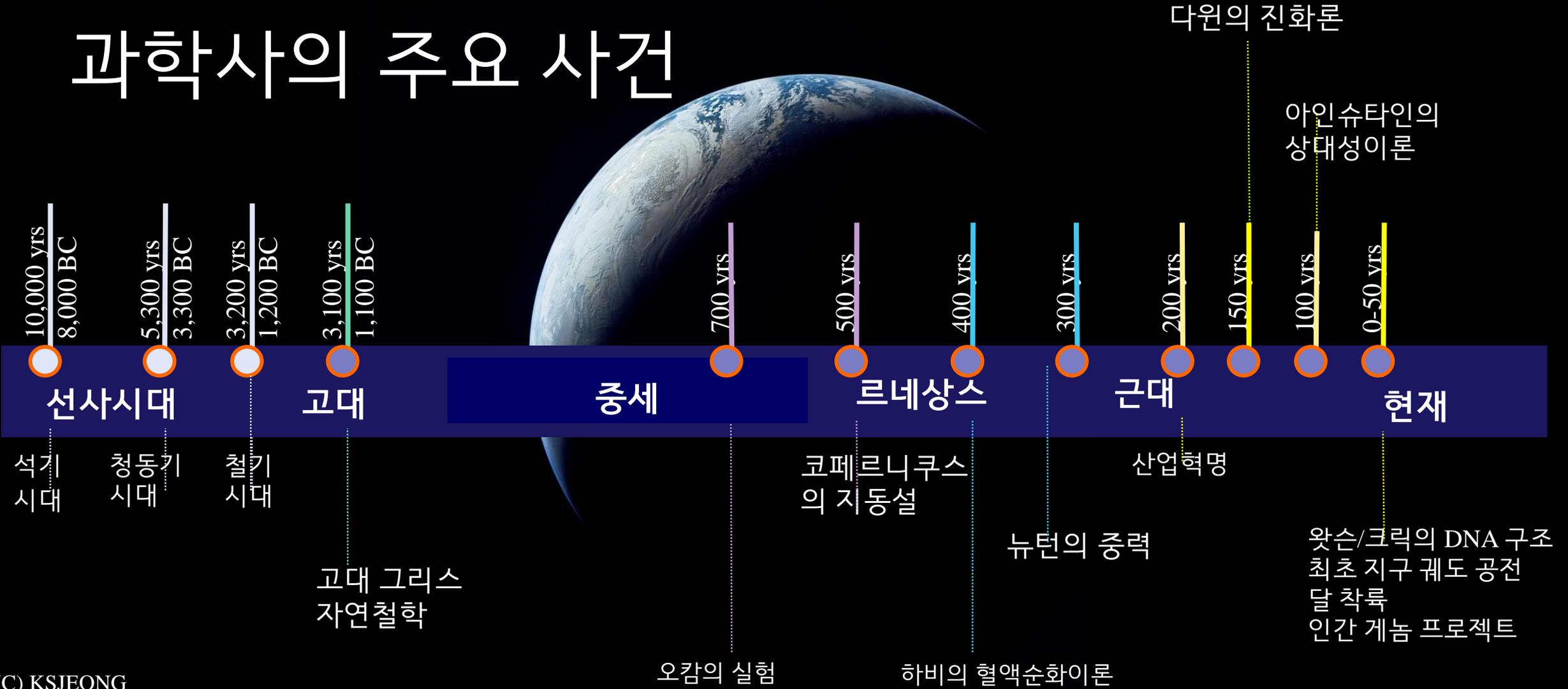
과학은

- 객관적이고, 영원 불변하고 모든 이치를 설명해주는 절대적 진리를 찾는 것
→ 그런 진리가 정말로 있을까?
- 과학은 절대적 ?
 - 과학은 합리적, 객관적이기를 추구 : 목표!
 - **세계관, 우주관의 변화와 함께 변화 : 절대적이지 않다!**

과학은

- 객관적이고, 영원 불변하고 모든 이치를 설명해주는 진리를 찾는 것
→ 그런 진리가 정말로 있을까?
- 구시대의 진실이 무너지고, 새로운 진실이 혁명처럼 다가와 정상과학의 범주 내에서 발전하고, 머물다가, 사라졌다 : 패러다임의 변화, 토마스 쿤 <과학혁명의 구조>
프톨레마이오스 → 코페르니쿠스 → 뉴턴 → 아인슈타인 → 현대물리학
- 그때마다 우리는 **그 시대의 과학**을 “믿었다” → **contemporary**

과학사의 주요 사건



과학은

- 언제 시작되었을까?
 - “과학은 무엇인가?”에 먼저 답을 해야 한다.
 - 과학을 바라보는 관점에 따라 시작에 대한 다양한 견해가 존재

과학은 무엇인가?

- 과학을 바라보는 다양한 관점에 따라 정의할 수 있다.
 - 실용적 관점
 - 이론적 관점
 - 지식/권력의 관점

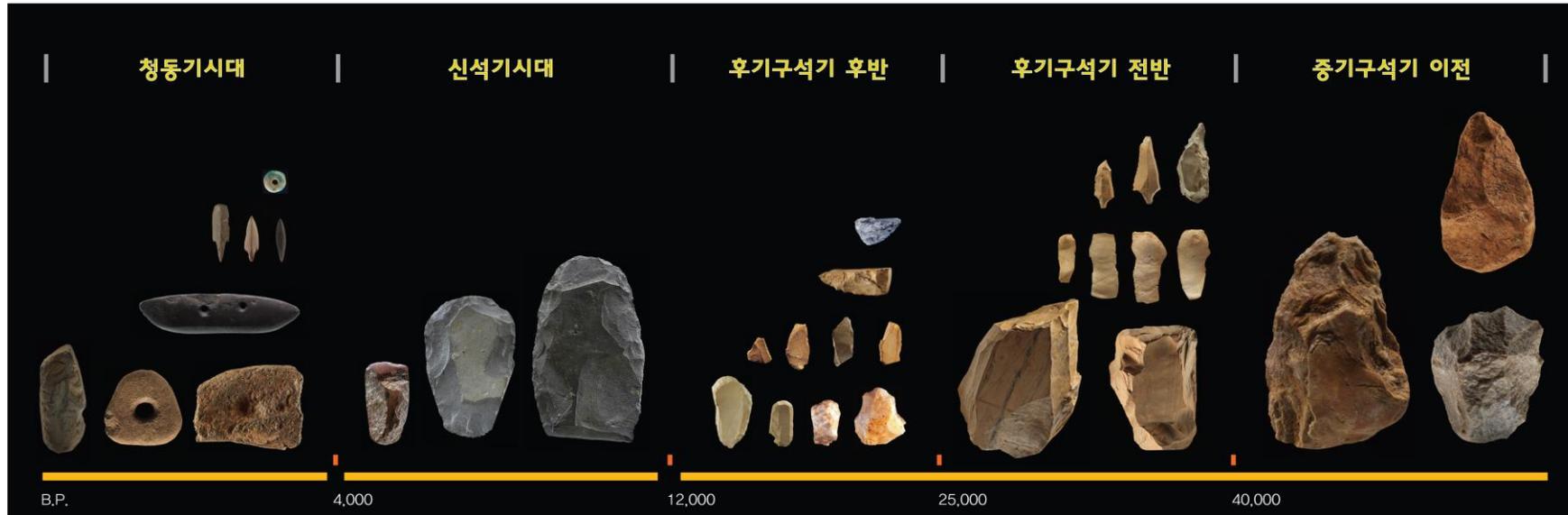
인간에게 불을 전해준 것 때문에 제우스에 의해 독수리에게 간을 쪼아 먹히는 벌을 받는 프로메테우스 @wik



과학은 무엇인가?

➤ 실용적 관점

- ✓ 과학은 인간이 자신의 주변 환경에 대한 지배권을 얻기 위해 사용하는 모든 행동유형
- ✓ 기술과 밀접한 관계. 과학의 기원은 기술의 출현과 함께 시작
- ✓ 자연에서 인간이 **불을 발견하고 도구를 사용하기** 시작하면서 과학기술을 처음 접했다
- ✓ 호모 에렉투스, 142만 년 전
- ✓ 선사시대 : 사냥, 수렵, 돌과 뼈를 이용한 다양한 도구 사용



<https://nopeoplestime.wordpress.com/2015/04/15/neanderthal-cannibalism/>

<https://www.youtube.com/watch?v=vBQpqtbxplQ>

https://www.youtube.com/watch?v=AP_dpbTbess

과학은 무엇인가 ?

- 실용적 관점

- 과학은 인간이 자신의 주변 환경에 대한 지배권을 얻기 위해 사용하는 모든 행동유형

WIKI

- 신석기 시대 : 태양 숭배 문화

- ✓ 스톤헨지 @ 살리스버리, 영국 남서부

- * BC 3,000-BC 1,500 : 다양한 집단에 의해 만들어짐

- * 태양과 달을 숭배하는 종교 의식 장소

- * 계절 변화를 알아내기 위한 일종의 달력으로 사용(추측)

- ✓ 스톤헨지 @ 뫼멜테, 독일

- * BC 2,300-BC 1,600, 우네티스(Unetice) 문화



(C) picture-alliance /dpa/J.Wolf

<https://www.dw.com/en/who-lived-near-p%C3%B6mmelte-the-german-stonehenge/a-53051585>

과학은 무엇인가 ?

- 실용적 관점

- 과학은 인간이 자신의 주변 환경에 대한 지배권을 얻기 위해 사용하는 모든 행동유형
- 신석기 시대
- 태양, 달, 별들에 대한 체계적인 관측
 - ✓ 네브라 스카이 디스크 Nebra Sky Disc
 - * 천체가 표현된 가장 오래된 유물
 - * 3,600년 전
 - * 신석기~초기 청동기 시대



과학은 무엇인가?

➤ 이론적 관점

- ✓ 과학은 지식추구를 목적으로 하는 **이론지식의 한 형태**
- ✓ 기술은 실제적인 문제를 해결하는 데 이론적 지식을 응용하며 과학과 구분
- ✓ 과학은 자연현상에 대한 질서정연하고 체계적인 파악과 기술(記述) 혹은 설명하는 것
- ✓ 이를 위해 필요한 도구로서 수학이나 논리학 등을 포함하기도 한다
- ✓ 과학의 기원은 합리적 과학이 등장하기 시작한 고대 그리스까지 내려온다.

과학은 무엇인가?

➤ 포스트모더니즘적인 관점

- ✓ 지식과 권력이 서로 긴밀하게 연결되어 있다는 관점에서 출발
- ✓ 과학 역시 배타적이고 **절대적인 권위를 추구한다**
- ✓ 과학은 신화, 인문학, 정치학과 같은 지식과 비교해 특별히 다른 지위를 지니지 못함
- ✓ 아주 오랜 옛날 신화적 세계관에서 시작되었다고 보는 극단적인 견해도 가능

과학은

- 객관적이고, 영원 불변하고 모든 이치를 설명해주는 진리를 찾는 것
→ 그런 진리가 정말로 있을까?
- 구시대의 진실이 무너지고, 새로운 진실이 혁명처럼 다가와 정상과학의 범주 내에서 발전하고, 머물다가, 사라졌다 : 패러다임의 변화, 토마스 쿤 <과학혁명의 구조>
프톨레마이오스 → 코페르니쿠스 → 뉴턴 → 아인슈타인 → 현대물리학
- 그때마다 우리는 **그 시대의 과학**을 “믿었다” → **con**temporary

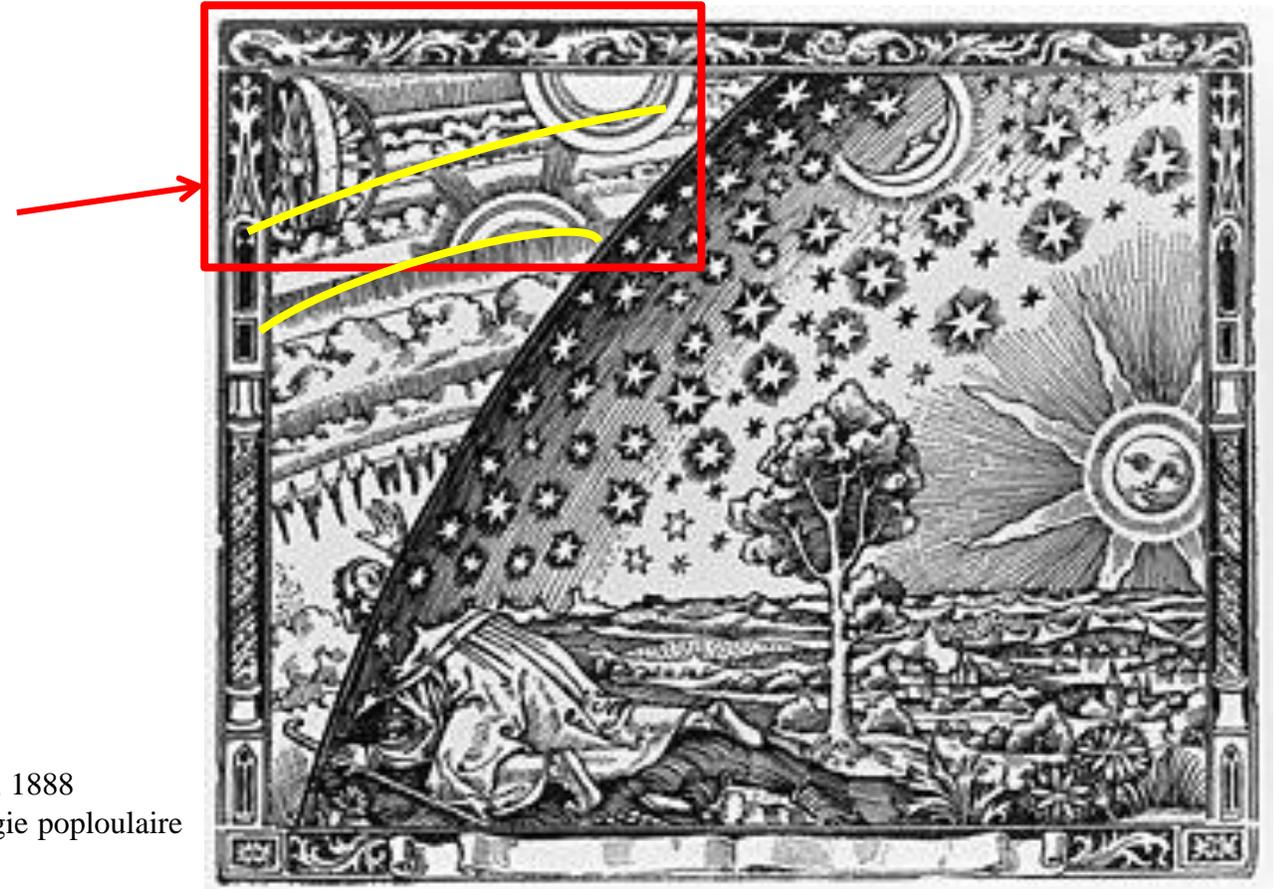
플라톤과 아리스토텔레스

- 플라톤
 - 기하학적 우주론 - 불(정4면체), 흙(정6면체), 공기(정8면체), 물(정20면체)
 - 르네상스 이후 신플라톤주의로 유럽에 영향
 - 기하학적인 생각은 코페르니쿠스, 갈릴레오, 케플러 등으로 이어짐
- 아리스토텔레스
 - 엠페도클레스의 4원소설을 수용
 - ✓ 불과 공기는 지구에서 벗어나려는 성질
 - ✓ 흙과 물은 지구의 중심으로 향하는 성질
 - 물리과학에서 변화와 운동의 문제를 주로 다룸
 - ✓ 제1질료를 바탕으로 네 가지 성질의 비율에 따라 원소의 종류가 결정
 - ✓ 비율이 변하면 원소도 변함 - 원소는 상호 가변적, 연금술의 근거
 - ✓ 만물의 변화는 달 아래 세계의 일
 - ✓ 달 너머 세계는 아이테르(aither)로 차있는 영원하고 완전한 곳
 - 논리적 정합성을 가지는 하나의 이론 → 강점인 동시에 약점

중세의 우주관

- 중세의 우주관

- 프톨레마이오스의 천동설
- 하늘과 땅의 경계 : 천상계와 지상계
- 궤도 위의 궤도를 달리는 천체
- 주전원 epicycle: wheel in a wheel



익명 작가
in Camille Flammarion, 1888
L'atmosphère: météologie populoulaire
@WIKI

우주론 : 세계관의 변화 – 인식의 변화

프톨레마이오스의 천동설

Ptolemy's cosmos : **Geocentric**

지구 @ 중심

VS

코페르니쿠스의 지동설

Copernicus' cosmos : **Helio**centric

태양 @ 중심

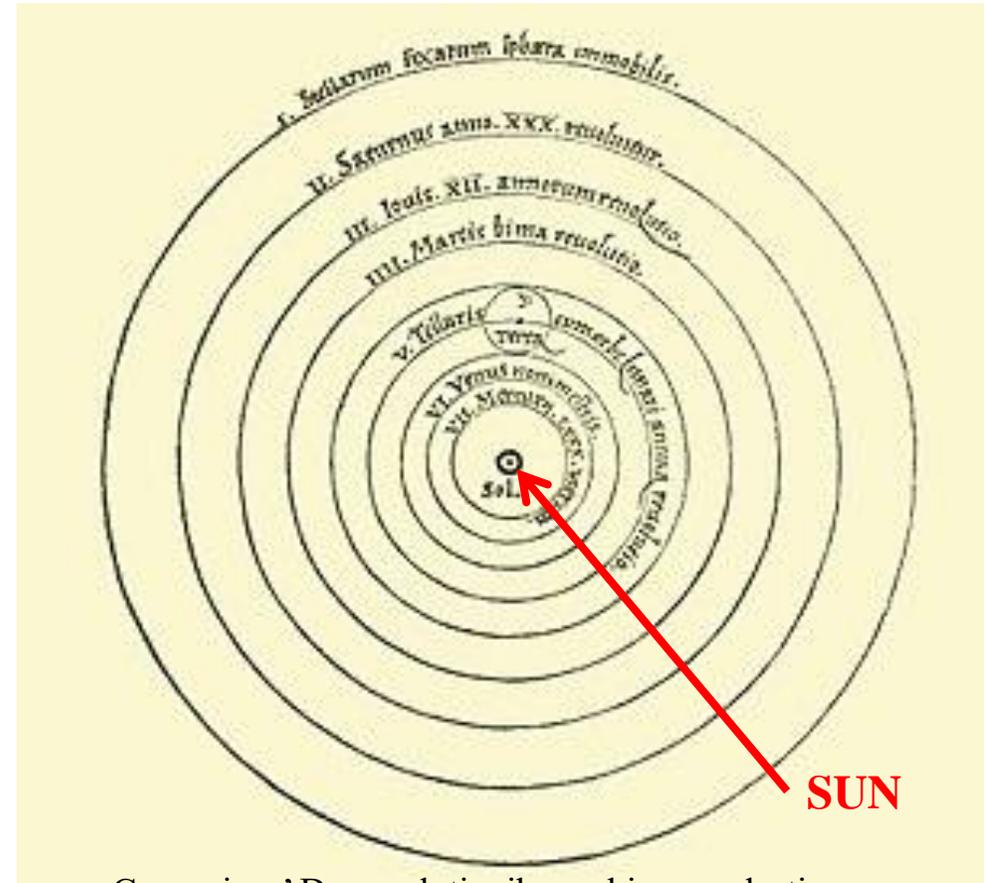
과학의 변화, 세계관의 변화

Schema huius praemissae divisionis Sphaerarum.



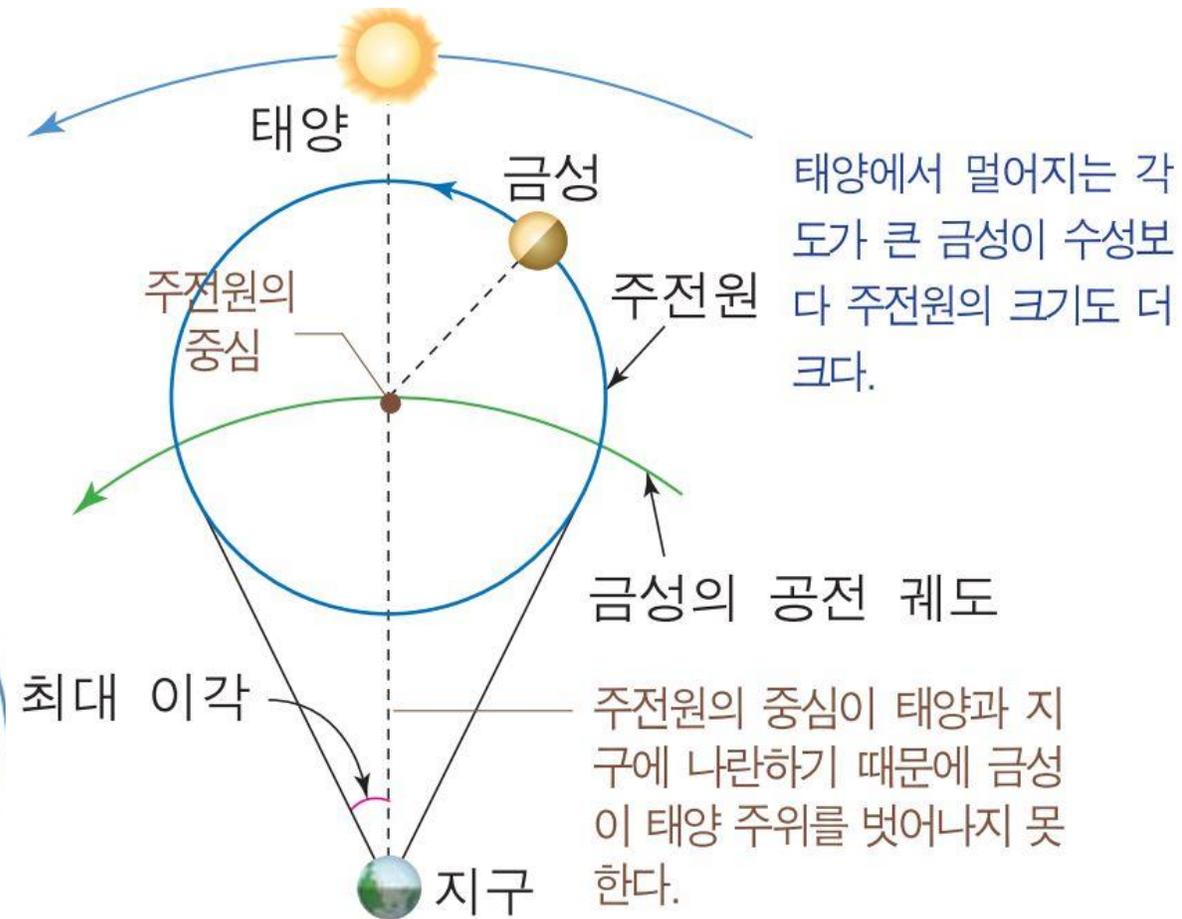
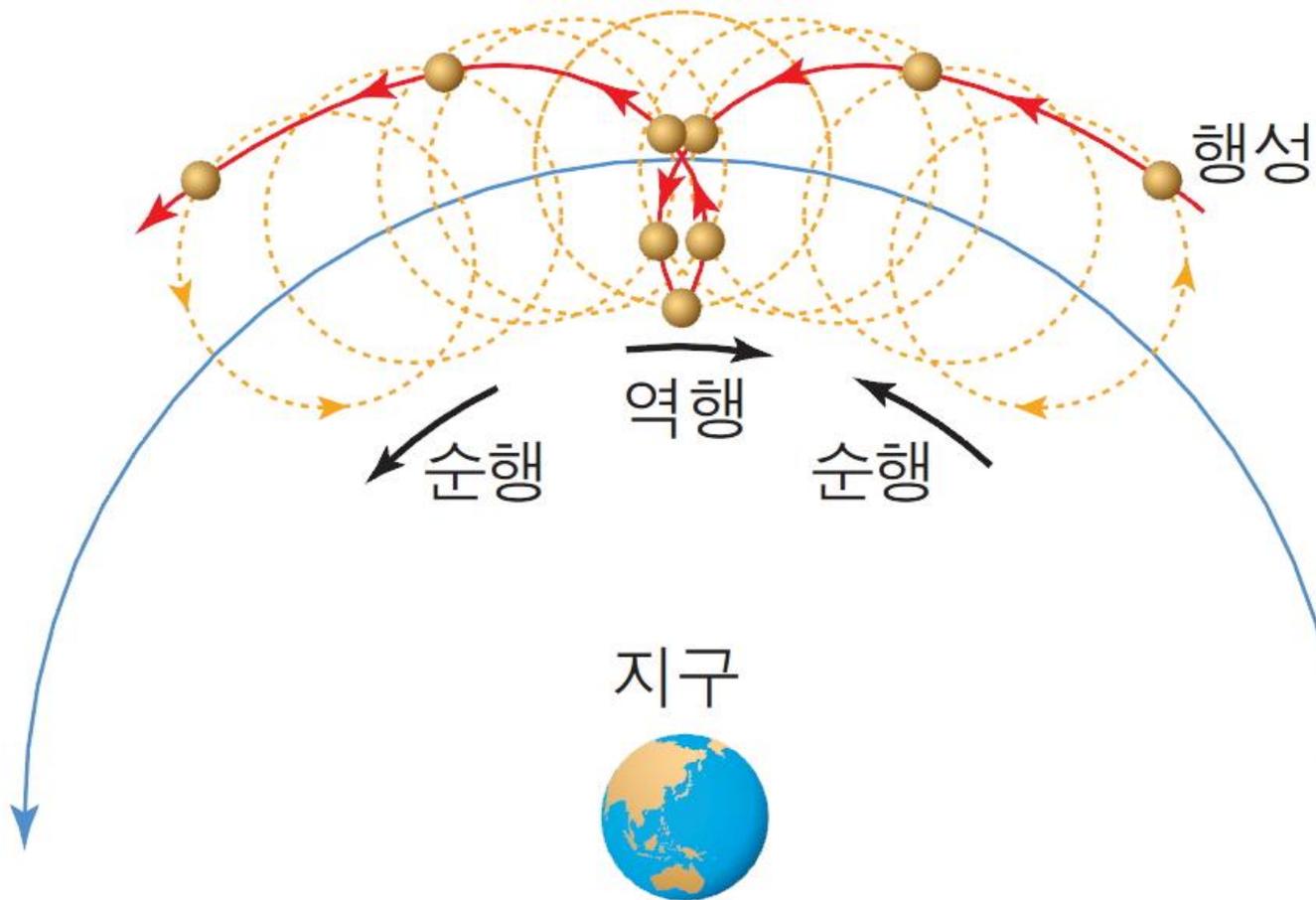
Earth

VS

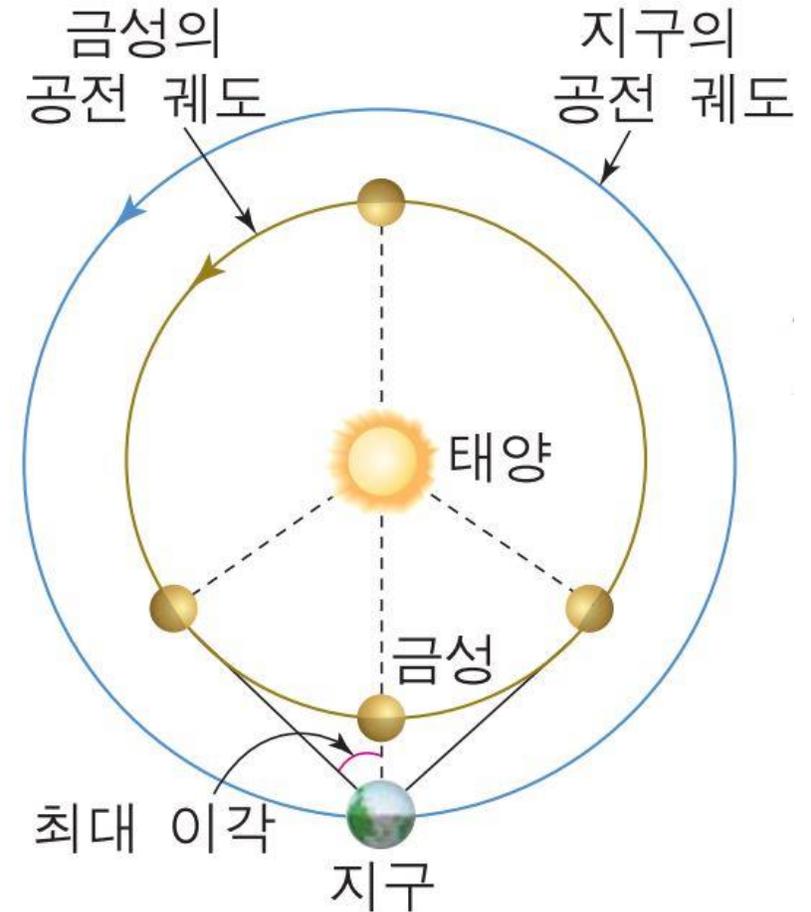
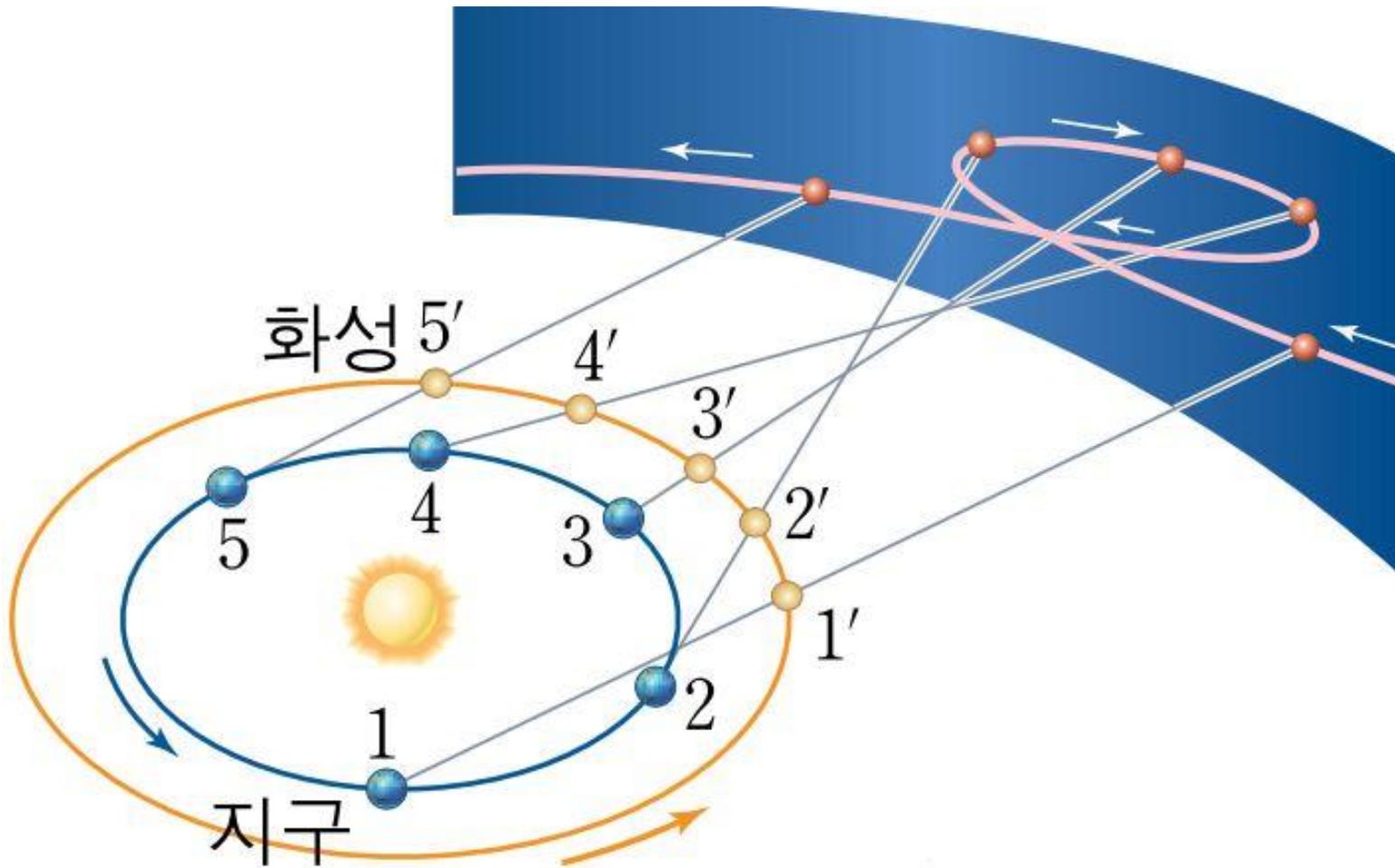


SUN

프톨레마이오스의 지구중심설

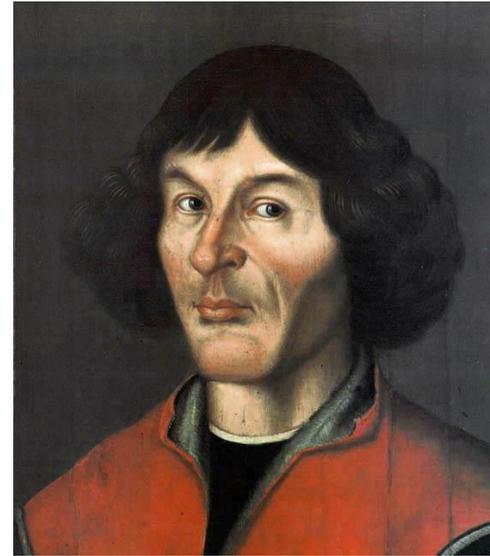


코페르니쿠스의 태양중심설



천문학

- 코페르니쿠스 Nicolaus Copernicus (1473-1543)
 - 《**천구들의 회전에 관하여** De revolutionibus orbium coelestium》
 - 1530년대에 완성, 발간을 미루다가 1543년 출간
 - **프톨레마이오스의 지구중심설(천동설)에 반하는 태양중심설(지동설)**
 - 완전한 원운동을 가정 (실제 행성의 운동은 타원궤도)
 - 우주는 여전히 천체가 붙어 있는 투명한 수정구로 겹겹이 둘러싸여 있다
 - 단점
 - 천동설에 비해 천문 관측 자료와 잘 들어맞지도 않고, 물리학적으로도 단순하지 않았다
 - 여전히 주전원 및 중심에서 벗어난 태양
 - '움직이는 지구'는 당시 물리학은 물론 상식, 성경과도 상충되는 개념
 - 별의 시차가 관찰되지 않음 → 별이 아주 멀리 있거나, 지구가 중심이거나
 - 행성의 위치는 지동설 체계를 따를 때 계산이 편리
 - 일부 천문학자들은 '거짓이긴 하지만 편의상 유용한 개념'으로 받아들임



NICOLAI COPERNICI TORINENSIS
DE REVOLUTIONIBUS ORBIVM
COELESTIVM, Libri VII.

Habes in hoc opere iam recens natus, & aedito, studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum, quam erraticarum, cum ex veteribus, tum etiam ex recentibus observationibus relictis: & nota insuper ac admirabilibus hypothesebus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex quibus eisdem ad quodvis tempus quam facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fructe.

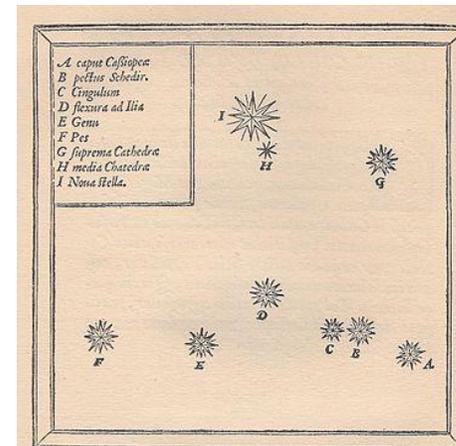
Αγαπητέ μου Νάηε δέδοται.

Norimbergae apud Ioh. Petreum,
Anno M. D. XLIII.

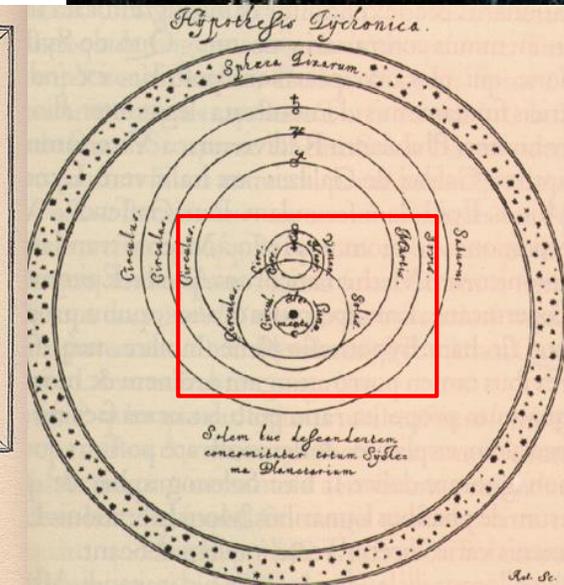
천문학



- 튀코 브라헤 Tycho Brahe (1546-1601)
 - 튀코 체계 (수정된 천동설) 을 주장
 - ✓ 지구가 중심이고 태양은 지구 주위를 회전
 - ✓ 행성들은 태양 주위를 회전
 - ✓ 별은 천구에서 지구를 중심으로 회전
 - 뛰어난 관측자
 - 신성과 혜성을 관찰
 - ✓ 달보다 먼 곳에서 변화가 일어난다는 것을 의미
 - 아리스토텔레스의 체계와 모순 천체가 붙어 있는 수정구가 붕괴
 - 다량의 관측자료를 케플러에게 남겨주고 사망



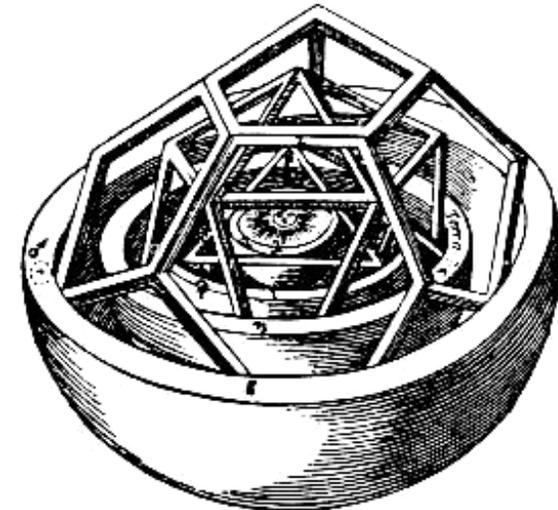
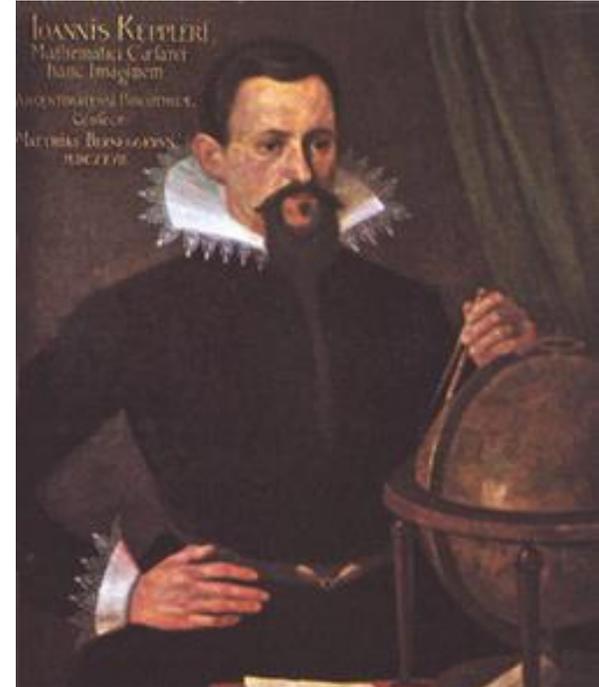
Distantiam vero huius stelle a fixis aliquibus in hac Cassiopeie constellatione, exquisito instrumento, et omnium minorum capaci, aliquoties observavi. Inveni autem eam distare ab ea, quae est in pectore, Schedr appellata B, 7. partibus et 55. minutis: a superiori vero



Solem huc designantem concomitantem totum Systema Planetarium

천문학

- 요하네스 케플러 Johannes Kepler (1571-1630)
 - 《우주구조의 신비 *Mysterium Cosmographicum*》, 1596
 - 튀코 브라헤의 조수가 되어 튀코가 관측한 화성의 위치 자료를 연구
 - 화성 궤도를 알아내기 위해 오랜 세월 계산에 몰두



천문학

• 케플러의 행성운동법칙

➤ 제1법칙: 궤도의 법칙

- ✓ 행성의 경로, 공전궤도는 타원궤도
- ✓ 태양은 타원의 두 초점 중 하나에 위치

➤ 제2법칙: 면적속도 일정의 법칙

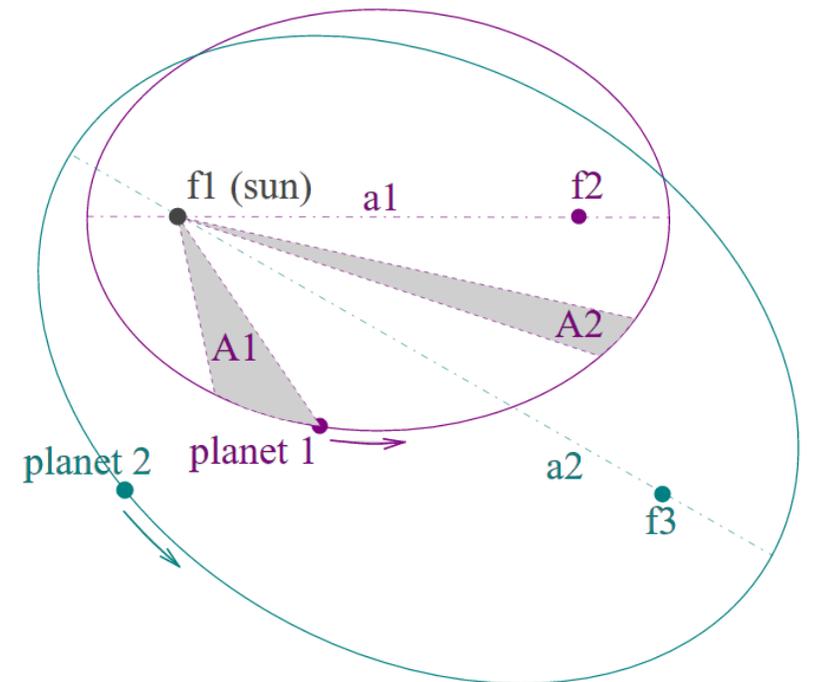
- ✓ 면적속도 $S = \text{일정}$; $r \times v = \text{일정}$

➤ 제3법칙: 조화의 법칙

- ✓ 행성의 공전 주기 제곱은 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례
- ✓ $T^2 \propto a^3$

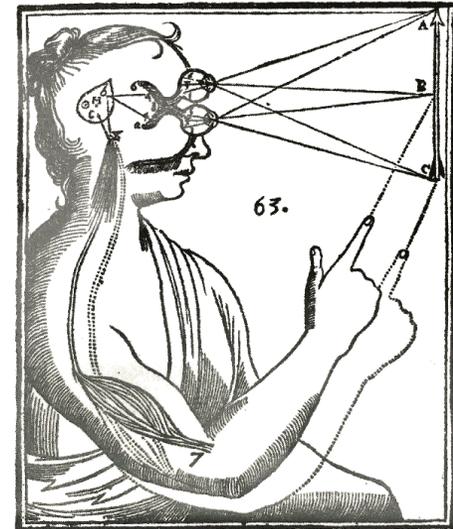
➤ 수정구 없이 행성을 운동하게 만드는 힘은?

- ✓ '아니마 모트릭스'와 '자력'



데카르트

René Descartes (1596-1650)



방법 서설

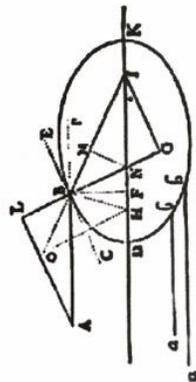
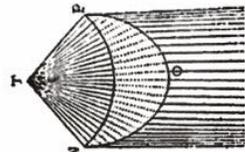
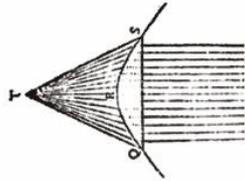
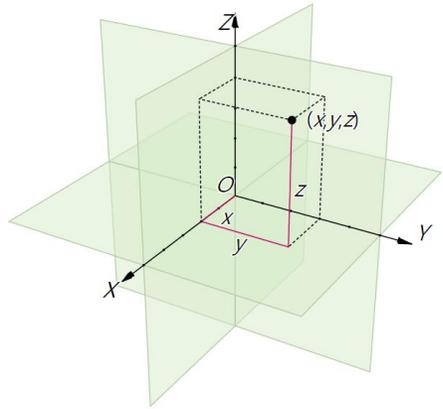
Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences

- 가장 단순한 여러 사실의 명증적 직관과 이들을 결합하는 필연적 연역 **연역법**
- 프랑스어로 쓰여진 최초의 철학서적
 - ✓ 기성의 권위로 생각하는 사람들이 아니라, 스스로 사물을 생각하는 사람들을 위한 책

이원론 (Dualism)

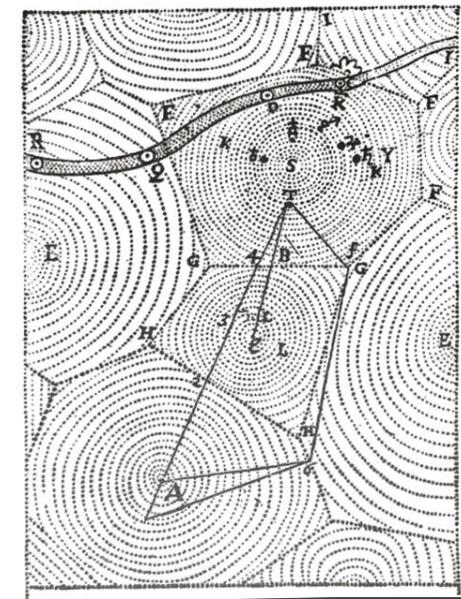
res cogitans, thinking substance

res extensa, the mechanical world



데카르트가 구면수차가 생기지 않는 렌즈를 설명한 그림

A New System of the World, 1630-1633



데카르트

(1596-1650)



- 물질 matter + 운동 motion
- 모든 물체는 외부의 자극 없이는 동일한 상태를 유지하려 한다.
- 운동하는 물체는 직선운동을 지속하려 한다.
- 운동하는 물체의 변화는 충돌에만 의존한다
 - 충돌법칙
- 원운동은 당연한(?) 운동 : 물체의 경향성
- 신비스런 원격 작용 (action at a distance) 배제

뉴턴

Isaac Newton (1642-1727)

- 질량 mass + 운동량 momentum
- 고유의 힘 inherent force, 가해진 힘 impressed force
 - 구심력 : 물체를 어떤 중심으로 끌어당기는 힘

Elliptical motion shows a force that keeps linear motion bent.
- 운동 법칙
 - 제1 법칙: 관성법칙 - 데카르트 법칙
 - : 물체는 가해진 힘이 없는 한 상태를 유지한다.
 - 제2법칙 : 운동법칙
 - : 가해진 힘에 비례하고 가해진 직선 방향으로 나타남
 - 제3법칙 : 작용-반작용, 운동량 보존
 - 모든 작용에 대해 크기가 같고 방향이 반대인 힘이 존재

원자 모델

데모크리토스
BC 460

달톤
1803

톰슨
1897

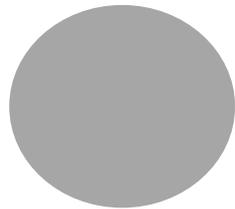
러더포드
1912

보어
1913

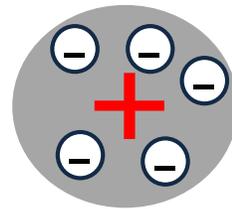
전자 구름 모델
1930 이후



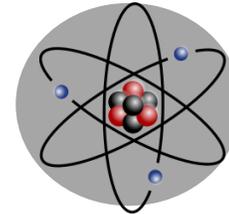
atomos



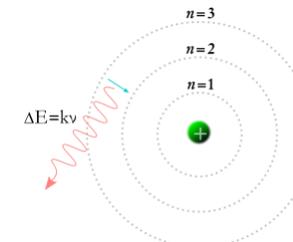
원자는 단단한 공 모양
더이상 쪼갤 수 없다!



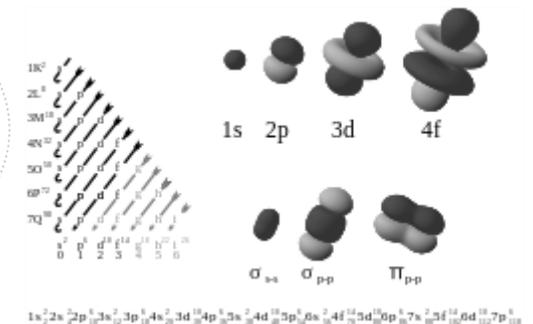
전자 발견



원자핵 발견



전자 궤도



1s 2p 3d 4f
σ_{s-s} σ_{pp} π_{pp}

토마스 쿤

- 역사의 역할, <과학혁명의 구조>의 서론
- “교과서는 과학을 지식을 누적적으로 쌓아온 것으로 보고 따라서 발전한 것이라는 점을 강조하고 있다.”
- “교과서에서 보면 과학은 마치 데이터를 수집해서 논리적으로 계산, 조작을 한 다음에 이론적으로 확장한 것처럼 보이는데 과연 과학이 이렇게 움직일까?”

- 과학은 이렇게 작동하는 것이 아니다!
 - ✓ “예측과 맞지 않는 변칙 사례가 나타나면서 비정상적인 연구가 위기를 맞이하고 과학혁명을 일으키고 새 정상과학을 대두시킨다”
 - ✓ 패러다임¹이 변칙 사례가 누적되어, 위기가 되고 과학혁명이 일어나 다음 패러다임이 나타난다
 - ✓ “과학혁명은 탐구될 만한 문제와 적법한 문제 풀이법의 여부가 바뀌는 과정”

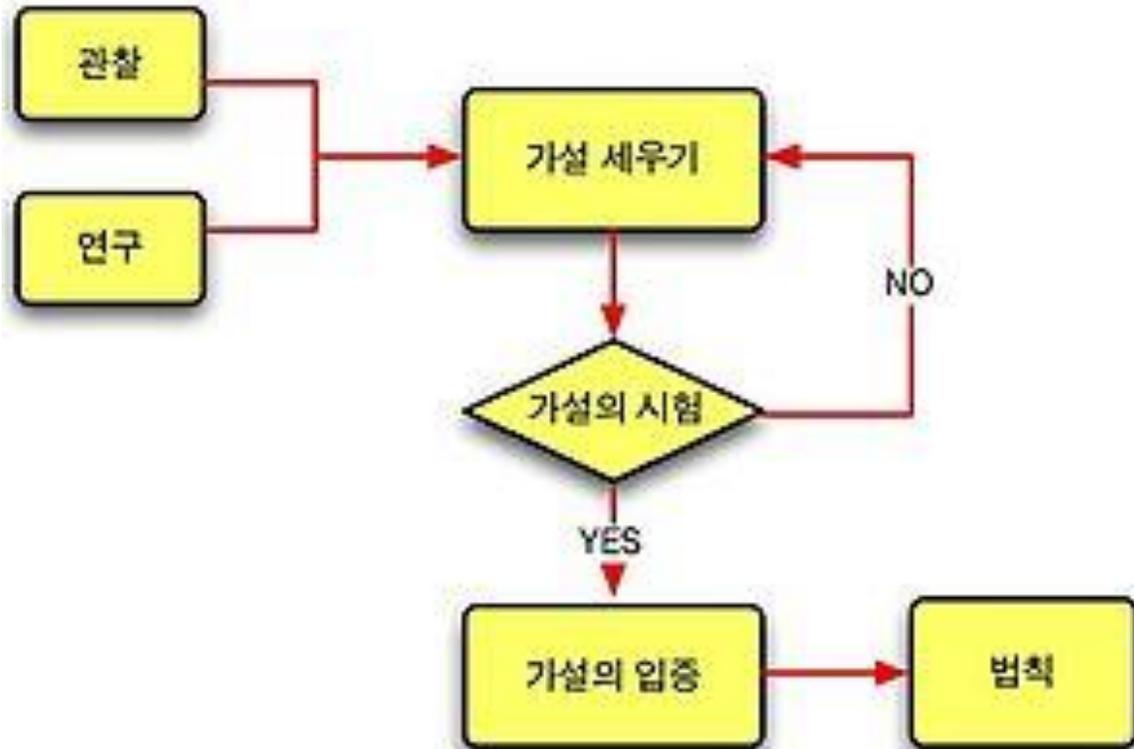
과학적 사고 방식, 과학적 방법론

- 경험적 관찰과 실험에 근거한 증거를 사용해서 현상의 원리를 밝히는 과정
 - 계획적인 관찰, 측정, 실험, 검증, 일반화, 시험 및 가설의 변경 등의 과정으로 이루어진 방법
 - 연구 과정에 대한 기록과 공개: 연구 결과 발표 - 객관적 검증 가능
 - 편견의 개입을 줄이기 위해 가능한 객관적
- 현상을 연구하고 새로운 지식을 구축하거나 이전의 지식의 통합할 때 사용
 - 모든 분야에 활용
- 포퍼 Carl Popper : 반증 가능성이 없는 것은 좋은 과학이 아니다. - 반증주의
- 칸트 Immanuel Kant : 과학은 정리된 지식 - 충분하지 않다!

과학 활동, 과학적 방법

- 경험적 관찰과 실험에 근거한 증거를 사용해서 현상의 원리를 밝히는 과정
 - 계획적인 관찰, 측정, 실험, 검증, 일반화, 시험 및 가설의 변경 등의 과정으로 이루어진 방법
 - 연구 과정에 대한 기록과 공개: 연구 결과 발표 - 객관적 검증 가능
 - 편견의 개입을 줄이기 위해 가능한 객관적
- 현상을 연구하고 새로운 지식을 구축하거나 이전의 지식의 통합할 때 사용

과학적 방법



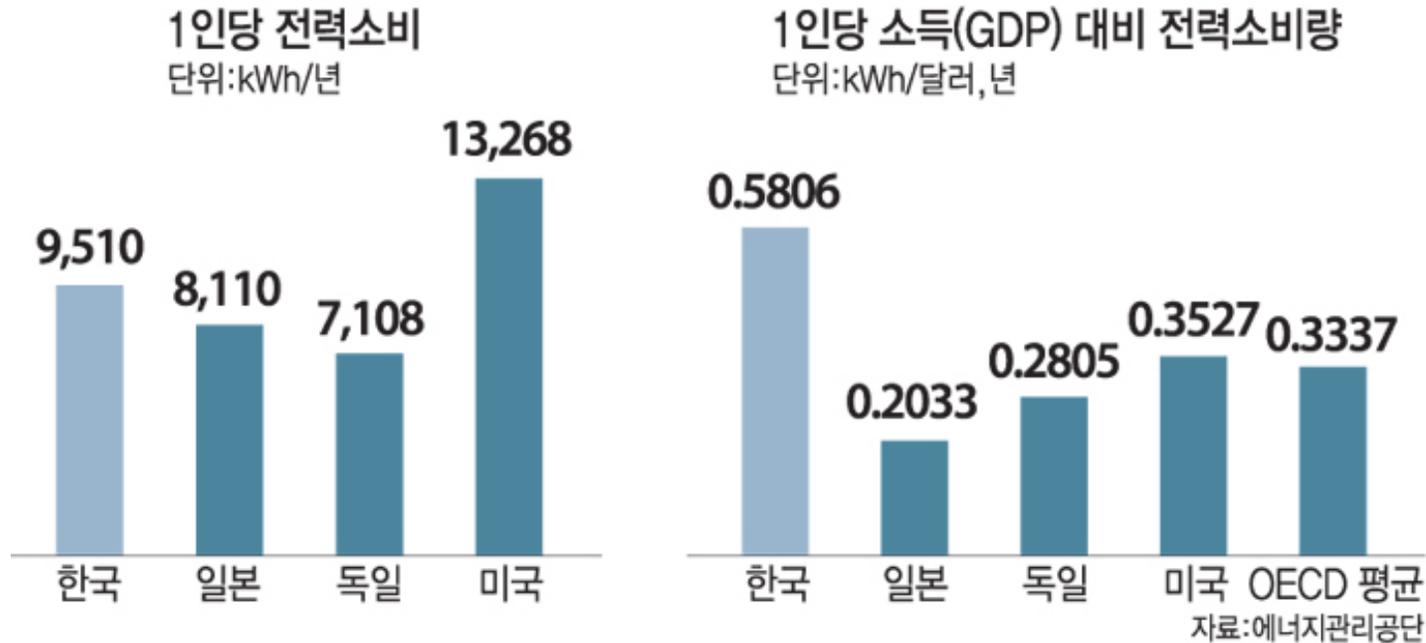
1. 문제 정의
2. 계획된 관찰: 정보와 자료 모으기
3. 가설 세우기: 관찰 사실을 설명할 수 있어야 함
4. 실험 하기 : 데이터 수집
5. 데이터 분석
6. 가설 검증 : 실험 데이터 분석을 바탕으로 가설 평가
7. 결과 발표: 전면 공개
 - 데이터, 실험 조건, 실험 방법 기록 공개
8. 다른 과학자의 검증 - 신뢰도 평가
 - 동일 조건에서 독립적인 다수의 실험, 검증하기
9. 가설의 입증을 통해 이론으로 인정

현대과학기술

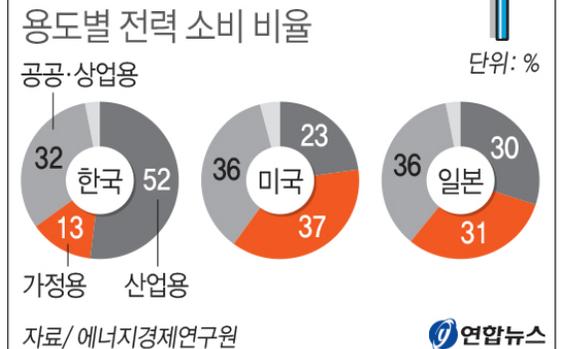
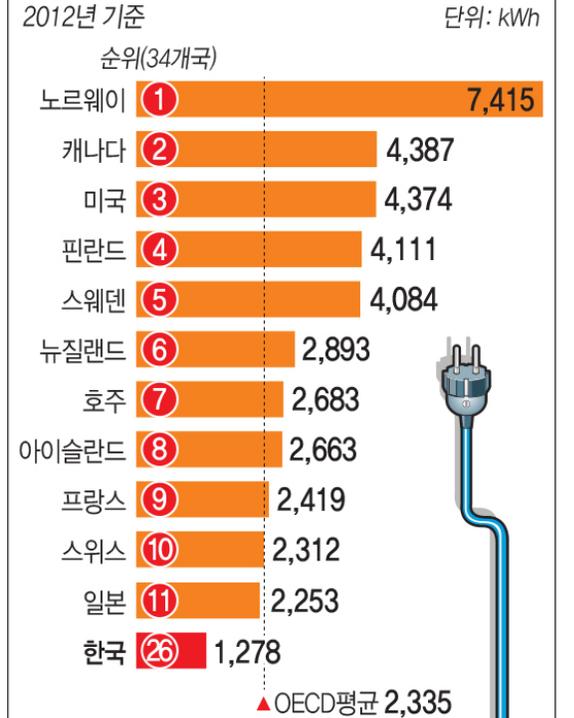
- 물질, 에너지
- 생명
- 우주
- 정보

에너지

국가별 1인당 전력 소비량



OECD 주요국 1인당 가정용 전력 소비량



단위: %

정보

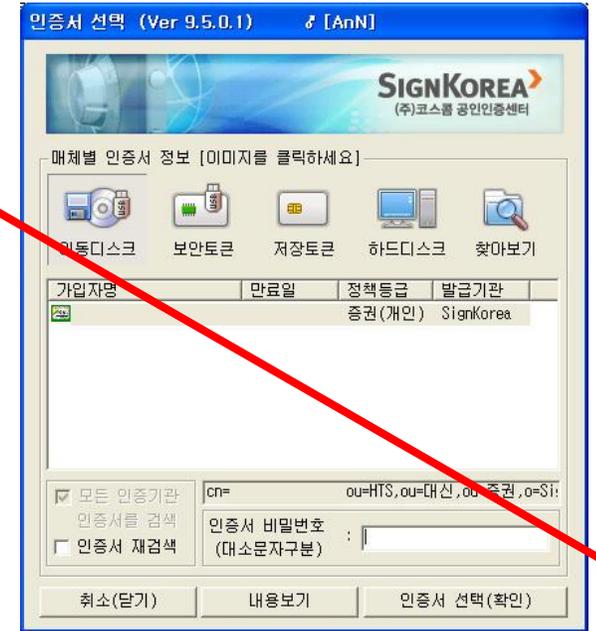
GPT-3 Chat Bot AI Deep Learning

amazon echo

Always ready, connected, and fast. Just ask.



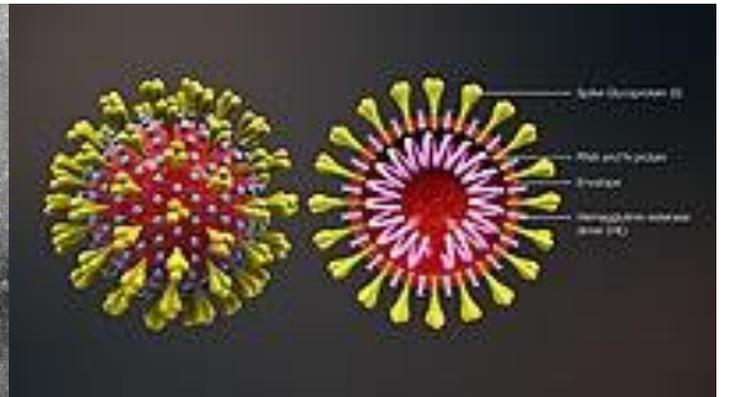
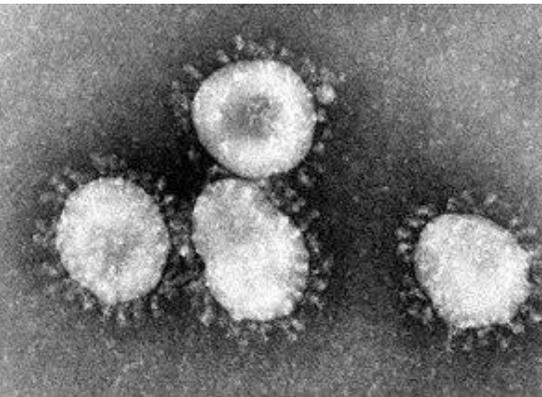
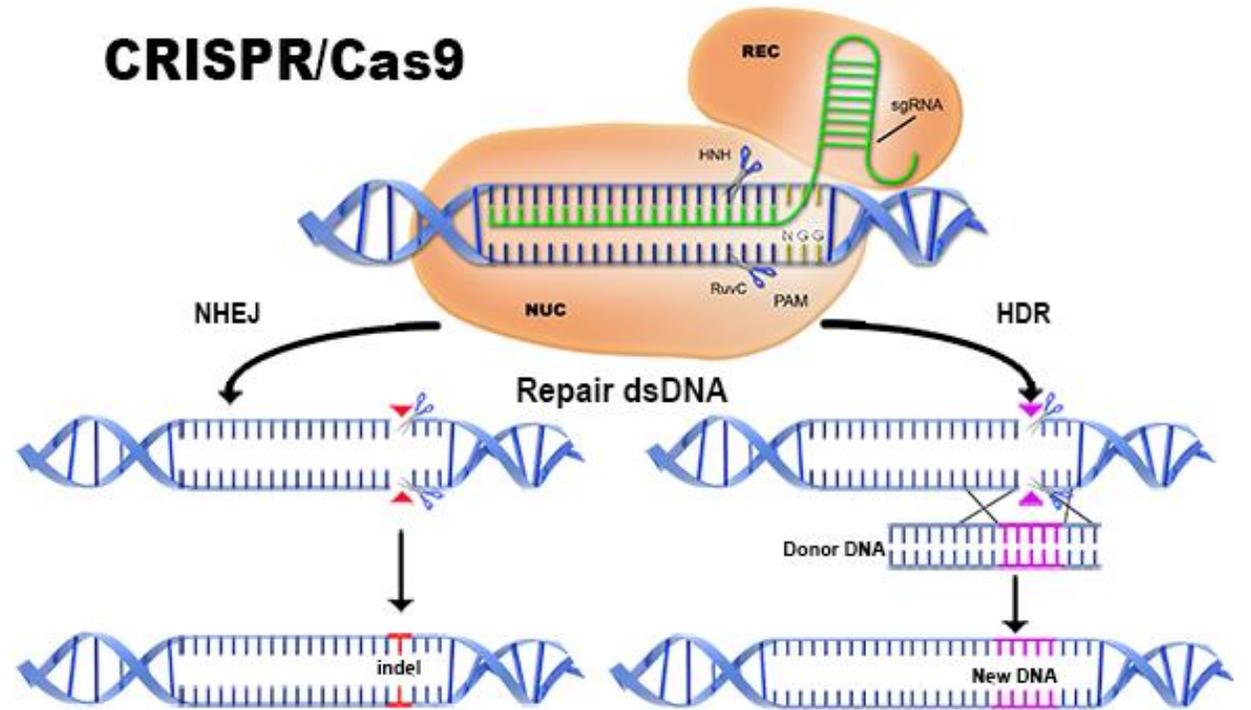
정보 공유와 보안



정보 : AI vs 인간 ?



생명



WIKI

현대과학기술을 이해하려는 이유

과학을 자연에 대한 합리적 지식의 축적으로 보는데 한계가 있다

과학에 대한 맹신은 위험하다

현대과학기술은 더이상 과학자들만의 이슈가 아니다

현대과학기술을 이해하려는 이유

- 과학을 자연에 대한 합리적 지식의 축적으로 보는데 한계가 있다
 - 뉴턴의 중력 개념
 - ⇒ 오늘날 당연히 받아들여지지만 발표 당시에는 신비한 미신적 개념으로 비판 받음
 - ⇒ 서로 떨어져 있는 질량을 가진 두 물체가 서로를 끌어당긴다는 중력 개념은 접촉해 있어야 힘의 전달이 가능하다고 여기던 당시에는 신비주의에 치우친 것으로 여겨졌다
- cf. 데카르트와 뉴턴
원자모델의 변화

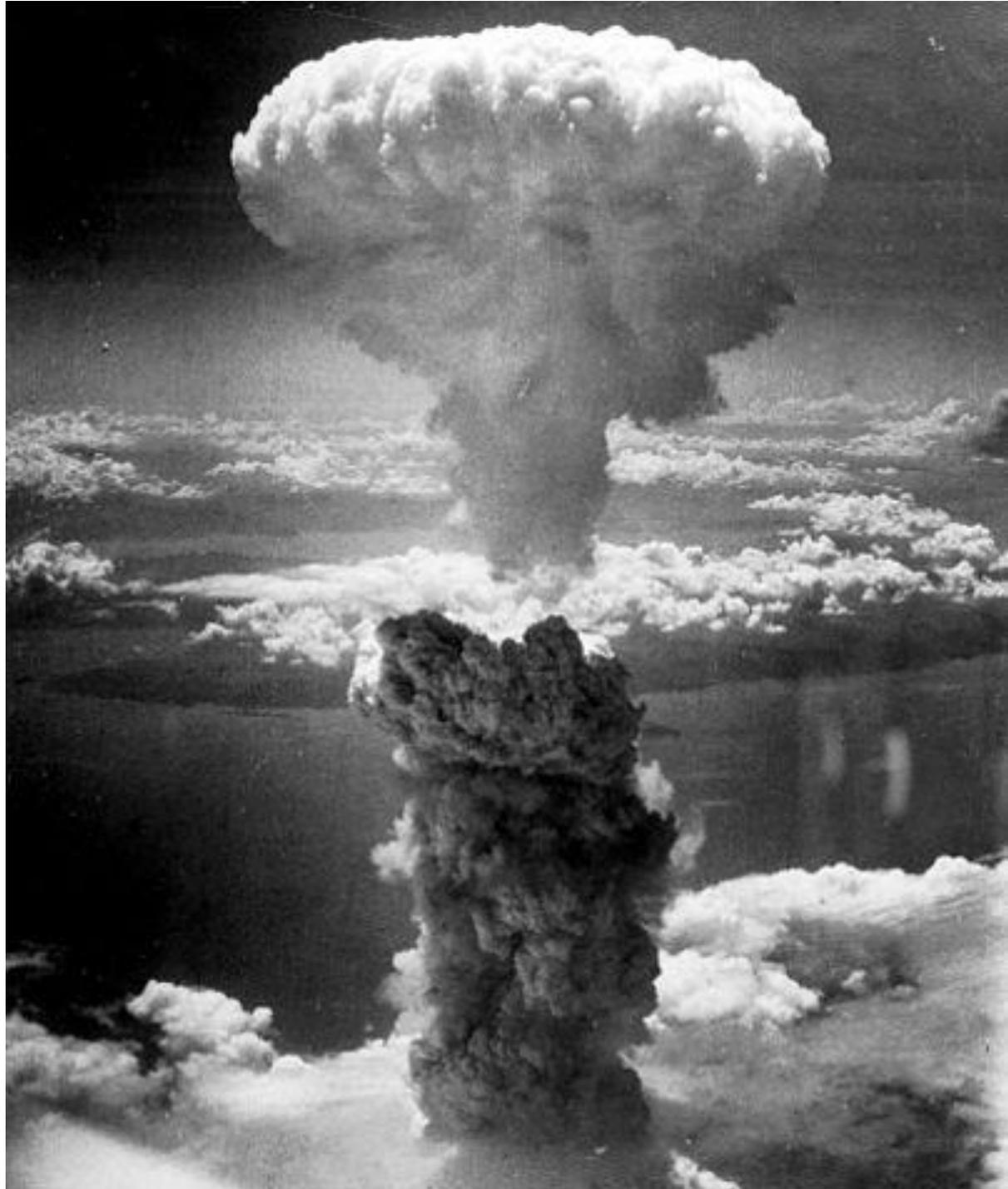
현대과학기술을 이해하려는 이유

- 과학에 대한 맹신은 위험하다

- 과학에 대한 낙관주의, 만능주의는 이미 세계대전을 통해 신뢰를 잃음

- ⇒ 제1차 세계대전은 화학자들의 전쟁(독가스), 제2차 세계대전은 물리학자들의 전쟁(원자폭탄)이라 불릴 정도로 대량 인명 살상에 과학이 큰 역할을 함

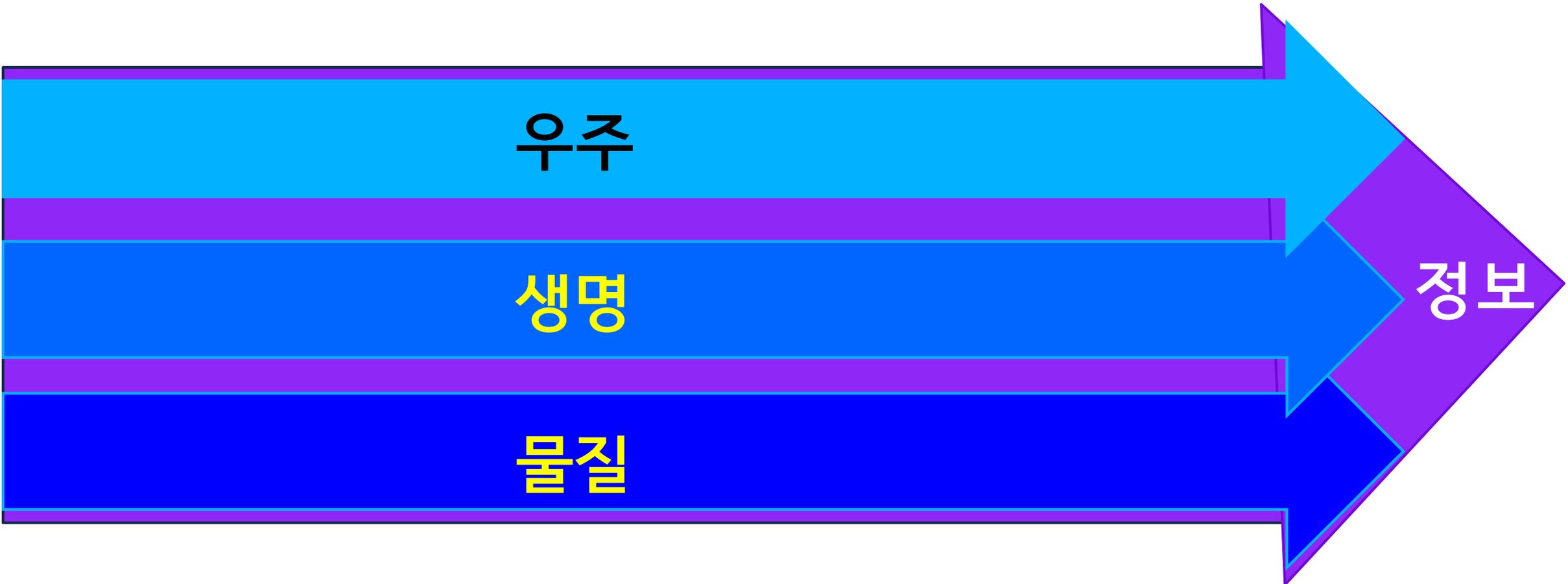
- ⇒ 일반적으로 유익하다고 생각되는 진리탐구에 종사하는 과학자들이 전쟁 상황에서 어떤 해악을 가져올 수 있는지, 과학이 어떻게 악용될 수 있는지를 보여줌



현대과학기술을 이해하려는 이유

- 현대과학기술은 더이상 과학자들만의 이슈가 아니다
 - 과학의 위력과 영향력이 커짐
 - 그럼에도 무관심 ← 전문화된 지식에 놀람
 - ← 감각적인 지식들에 몰두
 - 이해의 폭이 좁아지고, 불분명해진다. ex) 양자 담요 Quantum blanket
 - 유전공학, 원자력 등 과학기술의 발달이 현대사회 구성원 모두에게 영향을 미칠 수 있음
 - 현대과학기술은 이제 사회적인 이슈, 필수 교양

현대과학기술



- 21세기를 살아가는 우리의 삶에
 - 과학기술은 어떤 위치를 차지하는가
 - 어떤 과정을 통해 현재의 위상을 획득하게 되었는가
- 현대과학기술에 대한 정확하고 바른 이해를 추구
- 인간 활동의 하나의 과학
 - 인간을 이해하는 도구
 - 자연이라는 체계를 이해하는 도구