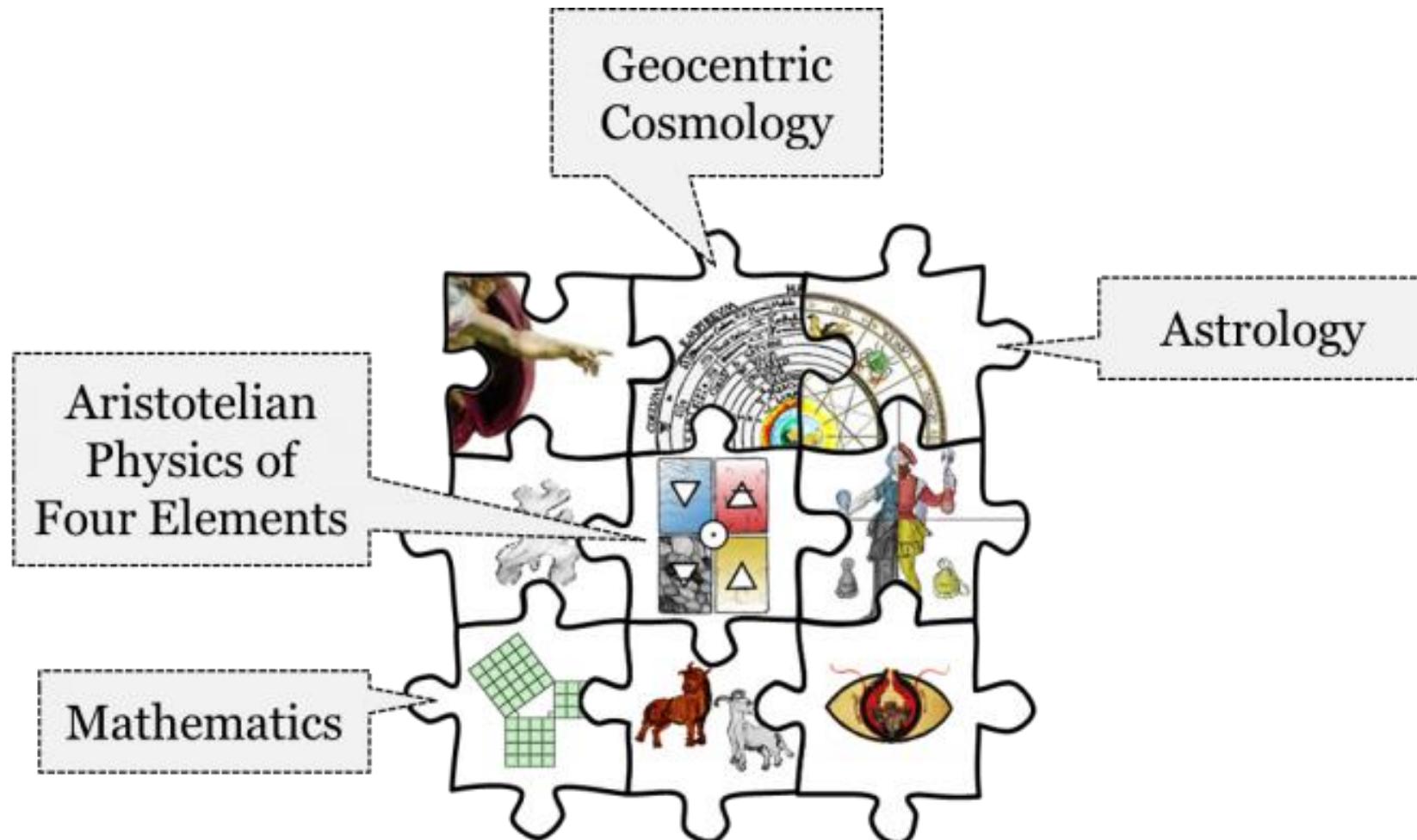


아리스토텔레스 세계관 속 우주

아리스토텔레스 세계관(B.C. 300~1600)



우주의 물리적 구조



- 지구: 우주의 중심/ 구체
- 달과 지구 사이 영역/ 달 위 영역 구분.
- 행성과 태양의 순서: 수성-금성-태양-화성-목성-토성-항성 천
- 별과 행성에 대한 믿음은 주로 맨눈 관찰에 기초.

화성



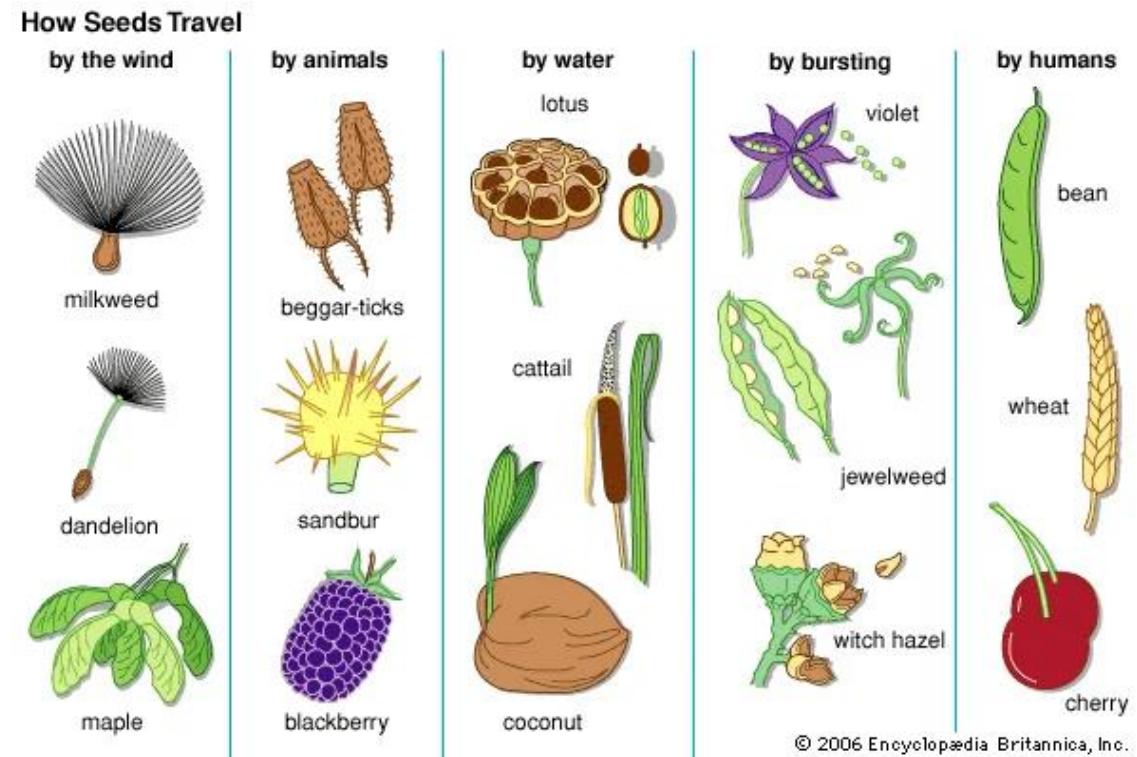
화성(火星, Mars)은 태양계의 4번째 행성이며, 4개의 지구형 행성 중 하나이다. 표면의 철의 산화로 붉은색을 띠기 때문에 동양권에서는 불을 뜻하는 화(火)를 써서 화성 또는 형혹성(熒惑星)이라 부르고, 서양권에서는 로마 신화의 전쟁의 신 마르스의 이름을 따 Mars라 부른다. 오늘날 영어에서 3월을 뜻하는 March도 여기서 유래되었다. 지구와의 평균 거리는 7,800만 km이다. 화성의 지름은 지구의 1/2 정도이고, 자전 주기는 지구보다 24시간 37분 22초로 더 길다. 매리너 4호가 1965년에 화성을 처음으로 근접 비행을 하기 전까지 과학계 안팎의 사람들은 화성에 대량의 물이 존재하리라고 기대하였다. 이러한 기대의 근거는 화성의 극지방에서 밝고 어두운 무늬가 주기적으로 변화한다는 사실이었다. ...하지만 화성 표면에서의 액체상태의 물은 낮은 대기압으로 인하여 존재 할 수 없다는 것이 밝혀졌다. 한편 화성의 극관은 물로 구성되어 있어, 이 극관에 존재하는 물은 화성의 표면을 11m의 깊이로 뒤덮기에 충분히 많은 양이 존재한다. 2016년 나사는 화성 표면 안에 얼음이 존재할 것이라고 새로운 발표를 하였다. 화성의 자전 주기와 계절의 변화 주기는 지구와 비슷하다. 화성에는 태양계에서 가장 높은 산인 올림푸스 화산이 있으며, 역시 태양계에서 가장 큰 계곡인 매리너스 협곡과 극관을 가지고 있다. **화성은 밤하늘에서 붉은 빛을 띠며 맨눈으로도 쉽게 관측이 된다.** 겉보기 등급은 1.6 ~ 3.0등급이며 태양, 달, 금성, 목성 다음으로 하늘에서 가장 밝은 태양계의 천체이다.

별과 행성

- 별과 행성은 맨눈으로 구분하기 어려움.
- 수성/금성/화성/목성/토성(행성)과 다른 별들의 차이점은 행성과 별이 밤하늘을 가로질러 이동하는 모습이 서로 다르다는 것.
- 별과 태양, 행성은 “에테르”로 구성되어 있다고 생각.
- 항성천: 모든 별은 지구에서 똑같은 거리를 두고 천구에 박혀 있으며 이 천구는 중심축을 따라 24시간 주기로 회전.
- 상대적으로 작은 우주를 상상.

목적론과 본질론

- “사과나무는 왜 열매를 맺는가?”
 - 1) 씨앗을 퍼뜨리기 위해(목적론적 설명)
 - 2) 열매를 맺는 사과나무가 더 성공적으로 살아남았으므로(기계론적 설명)



- “돌은 왜 떨어지는가?”

- 1) 돌은 주로 무거운 흙 원소로 구성되고, 흙 원소는 자연적으로 우주의 중심을 향해 움직이는 성향이 있기 때문에 (목적론적 설명)
- 2) 중력 때문에(기계론적 설명)

Free Fall Motion

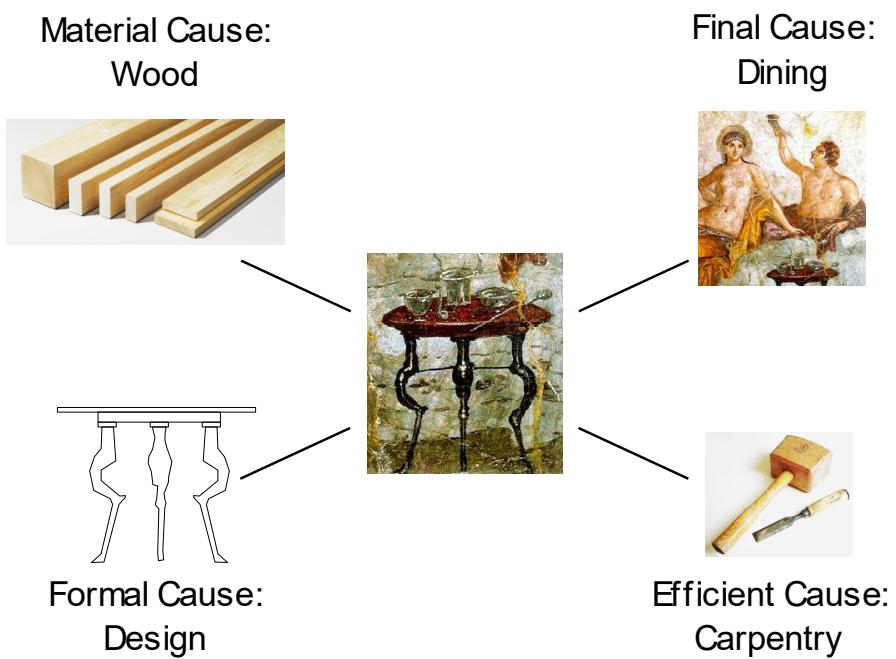


Apple falling from the tree



stone dropped down from a hill

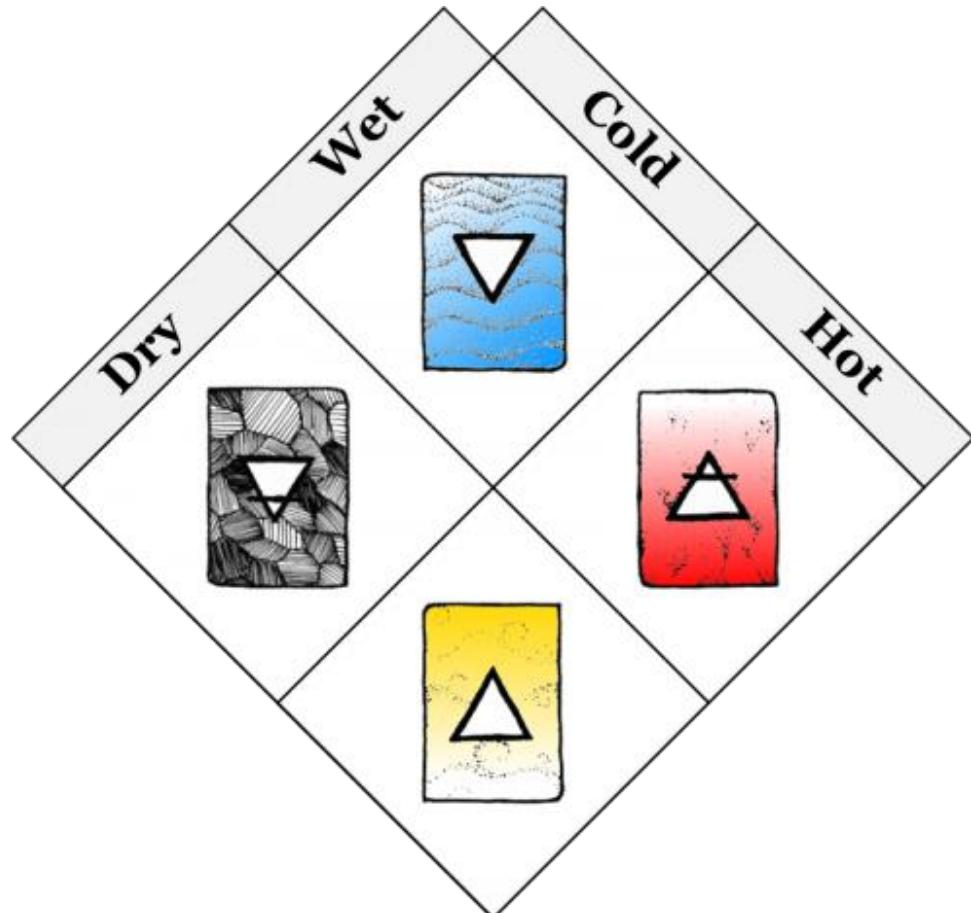
아리스토텔레스의 목적론(teleology)



Aristotle's Four Causes illustrated for a table:
material (wood), formal (structure), efficient
(carpentry), final (dining).

- 돌과 지구는 동일한 흙 원소로 구성되어 있기 때문에 돌은 지구의 중심을 향해 떨어진다.
- 출생에서 성인기까지 유기체의 발달은 내재적 목적에 따라 인도된다. 발달의 목적은 성인 유기체가 되는 것.
- 유기체의 기능적 부분들은 소유자에게 이익이 되기 때문에 존재한다.
- 순수한 우연은 우리가 세계에서 관찰하는 질서를 설명할 수 없다.

아리스토텔레스의 본질론(4원소)

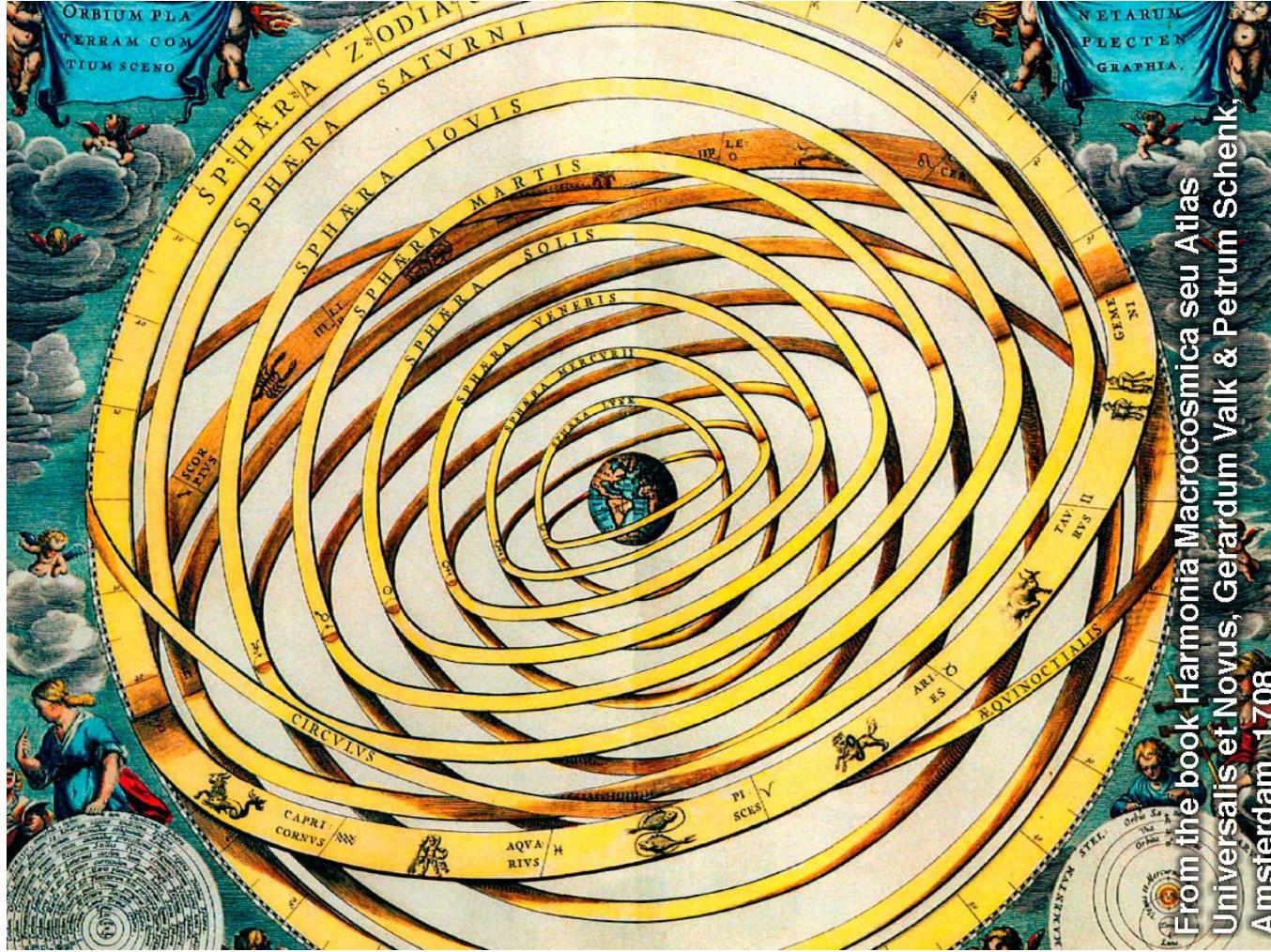


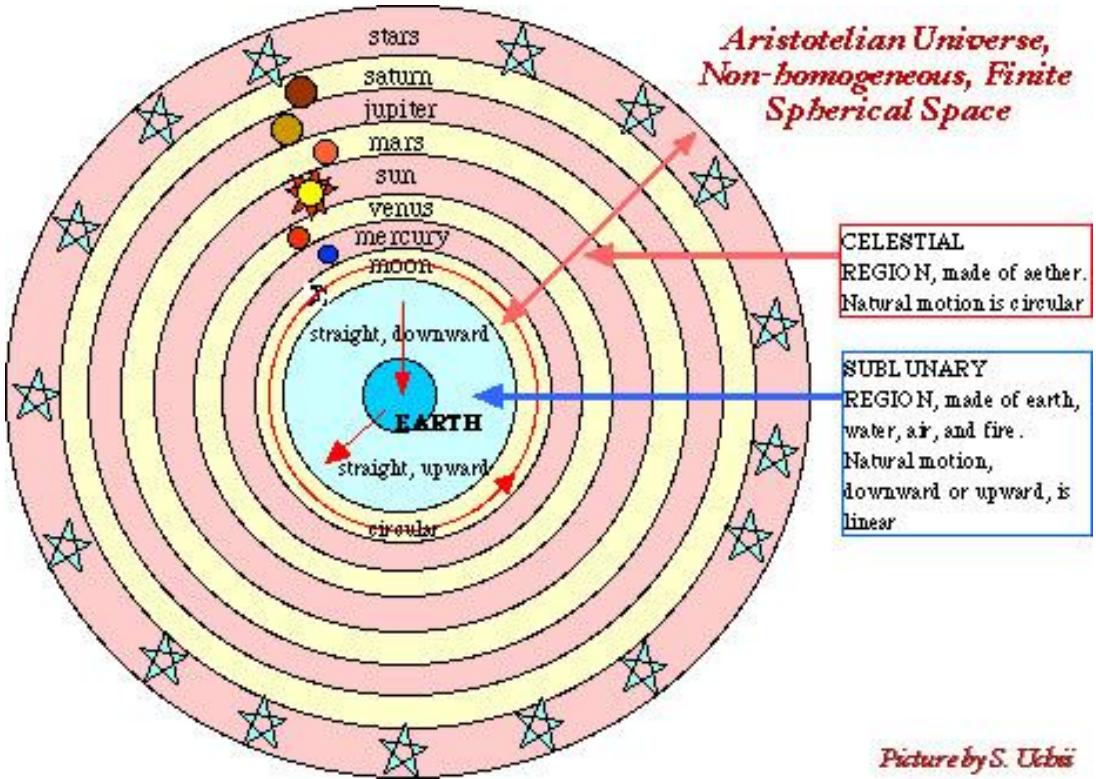
- 불 원소: 뜨겁고 건조함
- 공기 원소: 뜨겁고 젖음
- 물 원소: 차갑고 젖음
- 흙 원소: 차갑고 건조함
- 물체의 본질적 성질은 목적론적 성질.
- 원소가 가진 고유의 본 성에 의해 운동이 일어나며, 그 위계질서대로 배치가 된다면 운동은 멈추게 된다.

본질론적이고 목적론적인 우주

- 자연과학자의 임무는 범주별로 물체의 목적론적이고 본질적인 성질을 파악하는 것: 물체를 구성한 물질/ 그 물질의 조직/ 그 물질이 특정하게 조직된 경위/ 그 물체에 적합한 자연적 목적이나 기능의 종류 파악.
- 우주는 자연적인 목적과 의도로 충만하고, 자연과학자의 핵심적인 임무는 그런 목적과 의도를 파악하는 것.
- 유대교, 그리스도교, 이슬람교 등의 종교로 수정되고 내용이 추가되기도 했으나, 거의 2,000년간 서구의 일반적이고 표준적인 우주관이 됨.

우주의 중심에 정지한 둥근 지구





- 지구가 둥글고 정지해 있으며 우주의 중심이라는 믿음은 타당한 근거가 있었던, 논증에 의해 뒷받침된 믿음.
- 아리스토텔레스 『천체에 관하여』/ 프톨레마이오스 『알마게스트』

프톨레마이오스 『알마게스트』



- 프톨레마이오스(Klaudios Ptolemaeos, 85?~165?): 알렉산드리아의 지리학자, 천문학자, 수학자.
- 그리스 천문학자 히파르코스(B.C. 2세기 중엽)의 연구 실적을 기본으로 천동설에 의한 천체 운동을 수학적으로 기술. 총 13권으로 구성.
- 아랍어 사본(827)으로 널리 알려짐. 원래 제목은 Μαθηματικὴ Σύνταξις (Mathēmatikē Syntaxis)이나 책에 경의를 표하기 위해 이슬람 천문학자들이 아랍어로 '가장 위대한 책'이란 뜻의 '알마게스트'라는 이름을 붙임.

둥근 지구



- 고대 그리스 시대 이후부터는 교육받은 사람 중에 지구가 평평하다고 믿은 사람은 거의 없었음.
- 지구가 둥글다고 믿을 충분한 근거 존재.

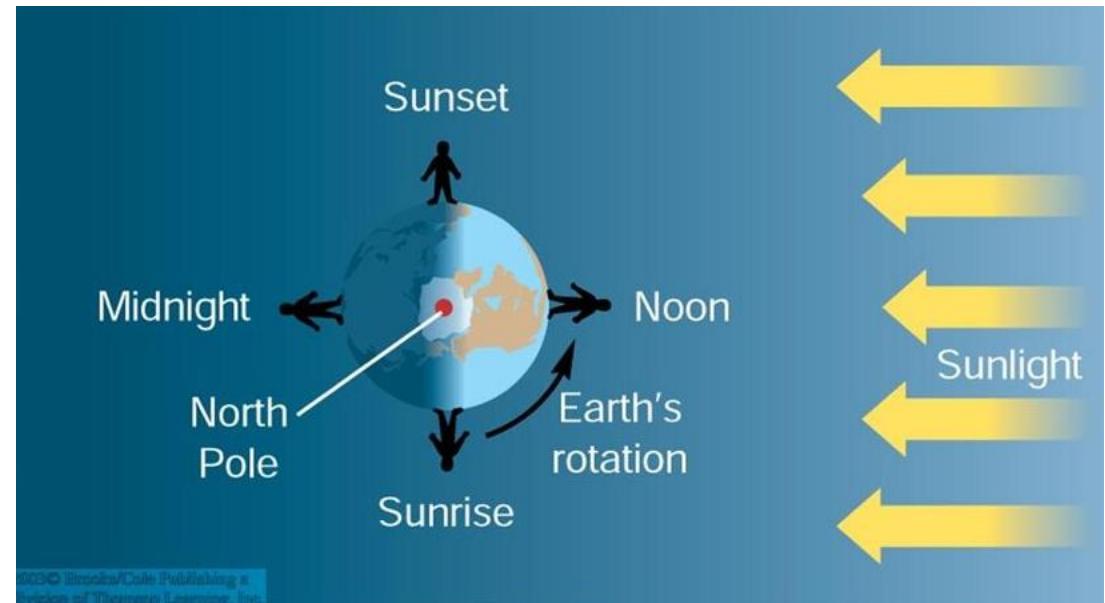
"The Blue Marble" December 7, 1972, by the crew of the Apollo 17 spacecraft en route to the Moon at a distance of about 29,000 kilometres.

- ① 지구에서 관찰하는 모든 사람에게 태양과 달, 별들이 뜨고 지는 시간이 같지 않고, 동방에 가깝게 사는 사람들이 항상 먼저, 서방에 가깝게 사는 사람들이 나중에 뜨고 지는 것을 볼 수 있다.
- ② 월식과 같은, 같은 시간에 발생하는 개기식 현상을 관찰한 사람들이 기록한 시간이 모두 같지 않다. 동방에 가깝게 사는 관찰자가 기록한 시간이 서방에 가깝게 사는 관찰자가 기록한 시각보다 항상 늦다.
- ③ 기록된 시각의 차이가 관찰 장소들 사이의 거리에 비례하므로, 지구의 표면이 둥글고 전반적으로 균일한 지표면의 만곡 때문에 각각의 지역에서 거리에 비례한 시간 간격을 두고 천체를 관찰하는 결과가 발생한다고 생각하는 것이 합리적일 것이다.
- ④ 만일 지구가 오목하다면, 서방에 가깝게 사는 사람이 별이 뜨고 지는 것을 먼저 관찰할 것이다. 만일 평평하다면, 모든 사람이 동시에 별이 뜨고 지는 것을 먼저 관찰할 것이다. 그리고 만일 피라미드나 정육면체 혹은 기타 다각형이라면 같은 평면에 있는 모든 사람이 동시에 별이 뜨고 지는 것을 관찰할 것이다. 하지만 이런 일은 일어나지 않는 것 같다.
- ⑤ 원통형일 리 없다는 것은 더욱 분명하다. 북극에 다가갈수록 남쪽에 있는 별이 점점 사라지고 북쪽에 있는 별이 점점 더 많이 보인다. 따라서 여기서도 지구의 만곡 때문에 천체가 비스듬히 균등하게 관찰되고, 지구의 모든 면이 둥근 모양임을 입증하는 것이 분명하다.
- ⑥ 또한 우리가 배를 타고 산이나 높은 장소에 접근할 때 각도와 방향에 상관없이 그 크기가 조금씩 커지는 것을 볼 수 있다. 산이나 높은 장소가 마치 바닷물 속에 잠겼다가 솟아오르는 것처럼 보이는 것은 수면의 만곡 때문이다.

-프톨레마이오스 <알마게스트> 중

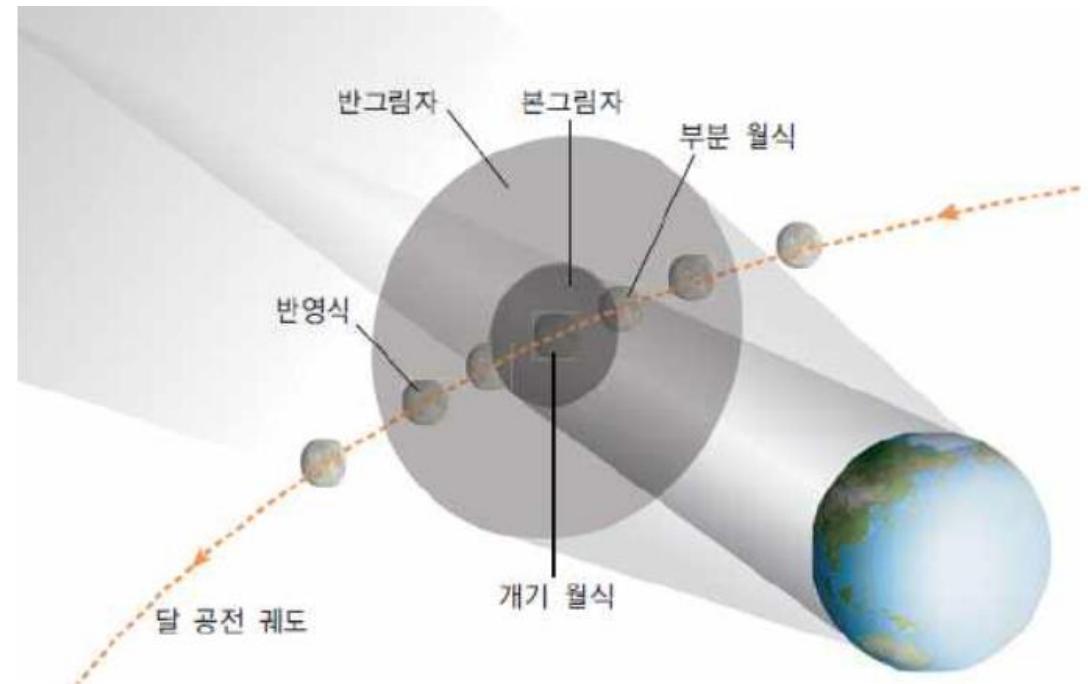
태양, 달, 별이 뜨고 지는 시간

① 지구에서 관찰하는 모든 사람에게 태양과 달, 별들이 뜨고 지는 시간이 같지 않고, 동방에 가깝게 사는 사람들이 항상 먼저, 서방에 가깝게 사는 사람들이 나중에 뜨고 지는 것을 볼 수 있다.



월식

- ② 개기식 발생 시각 기록이 같지 않다. 동방에 가깝게 사는 관찰자가 기록한 시간이 서방에 가깝게 사는 관찰자가 기록한 시각보다 항상 늦다.
- ③ 기록된 시각의 차이가 관찰 장소들 사이의 거리에 비례하므로, 지구의 만곡은 거의 균일하다.

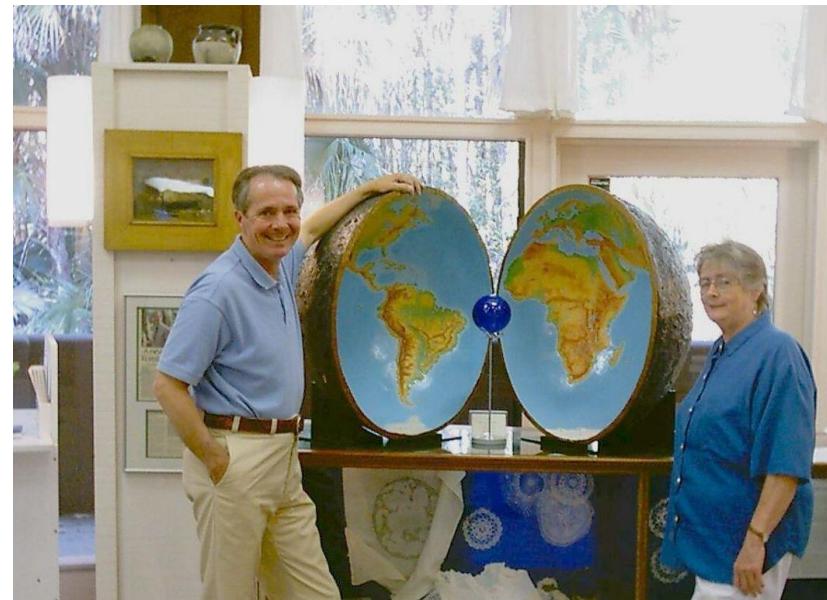


확증 추론

- 만일 T가 옳다면, O가 관찰될 것이다.
- O가 관찰되었다.
- 따라서 (아마도) T가 옳다.
- 만일 지구가 둥글다면 태양과 달, 별이 뜨고 지는 것이 동쪽에 사는 사람들에게 먼저, 서쪽에 사는 사람들에게는 나중에 관찰되어야 한다.
- 태양과 달, 별이 뜨고 지는 것이 동쪽에 사는 사람들에게 먼저, 서쪽에 사는 사람들에게는 나중에 관찰되었다.
- 따라서 지구는 둥글다.

지구가 둥글지 않다면?

④ 만일 지구가 오목하다면, 서방에 가깝게 사는 사람이 별이 뜨고 지는 것을 먼저 관찰할 것이다. 만일 평평 하다면, 모든 사람이 동시에 별이 뜨고 지는 것을 먼저 관찰할 것이다. 그리고 만일 피라미드나 정육면체 혹은 기타 다각형이라면 같은 평면에 있는 모든 사람이 동시에 별이 뜨고 지는 것을 관찰할 것이다. 하지만 이런 일은 일어나지 않는 것 같다.



반확증 추론

- 만일 T가 옳다면, O가 관찰될 것이다.
 - O가 관찰되지 않았다.
 - 따라서 T는 옳지 않다.
-
- 지구가 평평하다면, 지구 모든 곳에서 태양과 달, 별이 동시에 뜨고 지는 것이 관찰되어야 한다.
 - 지구 모든 곳에서 태양과 달, 별이 동시에 뜨고 지는 것이 관찰되지 않았다.
 - 따라서 지구는 평평하지 않다.

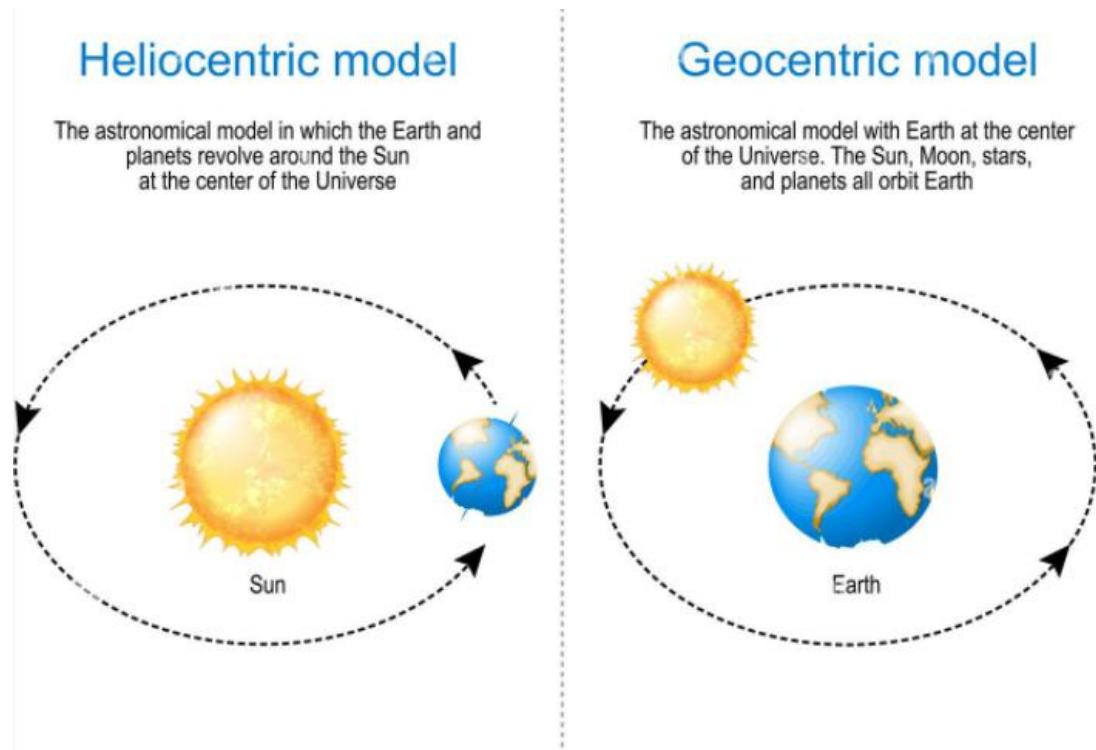
⑤ 원통형일 리 없다는 것은 더욱 분명하다. 북극에 다가갈수록 남쪽에 있는 별이 점점 사라지고 북쪽에 있는 별이 점점 더 많이 보인다. 따라서 여기서도 지구의 만곡 때문에 천체가 비스듬히 균등하게 관찰되고, 지구의 모든 면이 등근 모양임을 입증하는 것이 분명하다.



⑥ 우리가 배를 타고 산이나 높은 장소에 접근할 때 각도와 방향에 상관없이 그 크기가 조금씩 커지는 것을 볼 수 있다. 산이나 높은 장소가 마치 바닷물 속에 잠겼다가 솟아오르는 것처럼 보이는 것은 수면의 만곡 때문이다.



정지한 지구

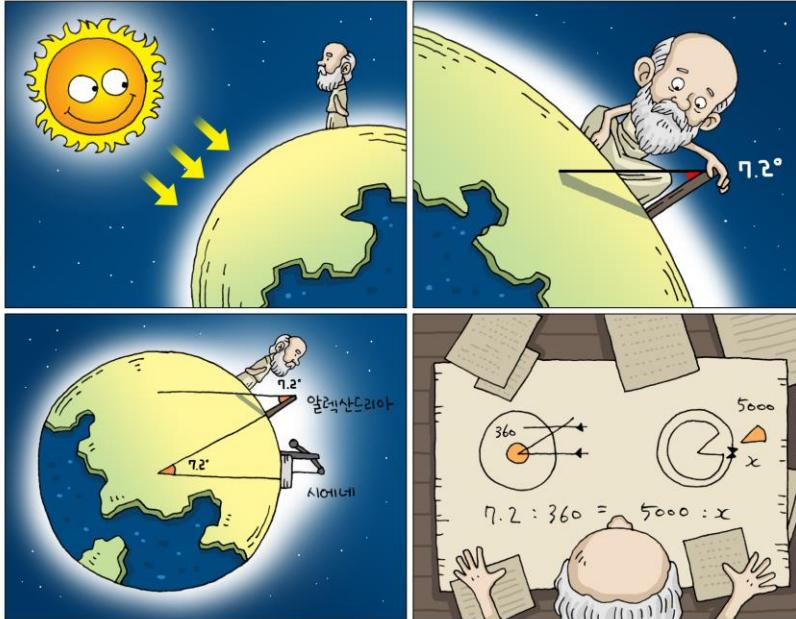


- “일부 사람들이 더 신빙성 있다고 생각해 동의하는 것이다. 예를 들면, 그들은 천체가 움직이지 않고 지구가 일정한 축을 중심으로 하루에 거의 한 바퀴씩 서에서 동으로 회전한다고 가정할 때 그에 반하는 것이 전혀 없다고 생각하는 듯하다.” -<알마게스트> 중

☞ 그러나 프톨레마이오스는 이를 거부.

상식 논증 1

- 지구의 둘레는 약 40,000km이므로, 지구가 축을 중심으로 하루에 한번 회전하면 적도의 지표면은 시속 1,600km가 넘는 속도로 움직여야 한다.
- 우리는 일반적으로 운동 중일 때 진동과 바람을 느끼지만, 지구가 움직인다면 느껴야 할 효과를 인식할 수 없다.
- 그러므로 지구는 움직이지 않는다.

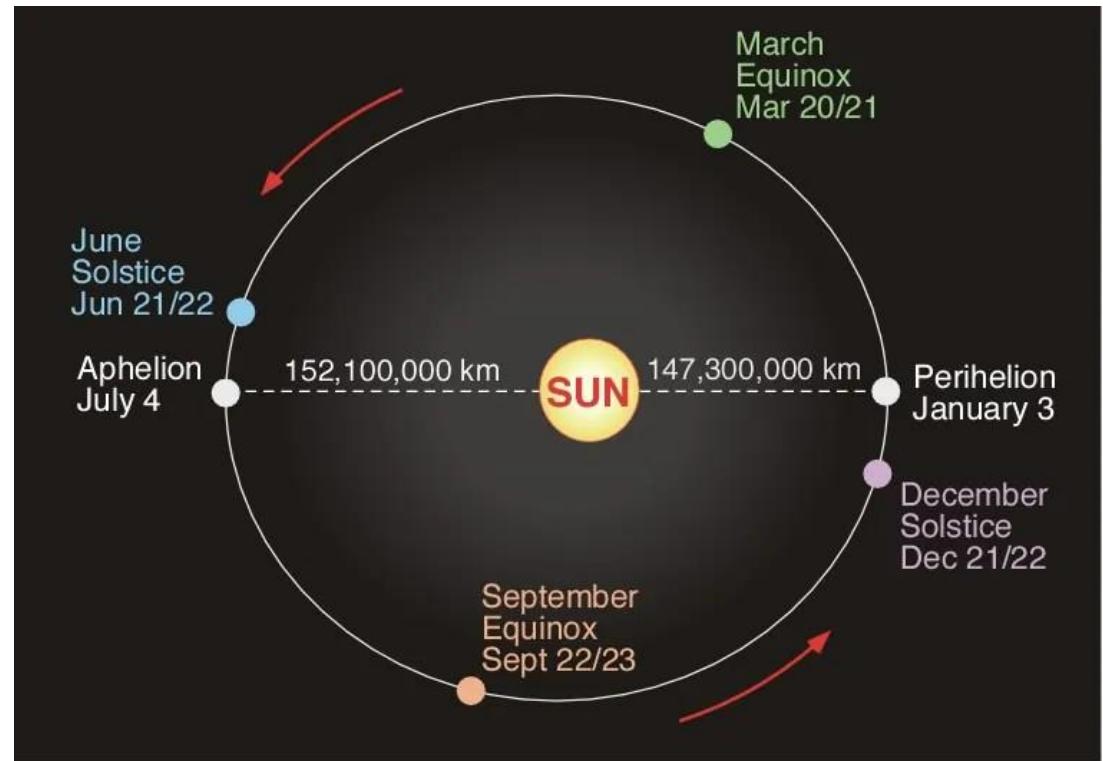


에라토스테네스의
지구 둘레 계산



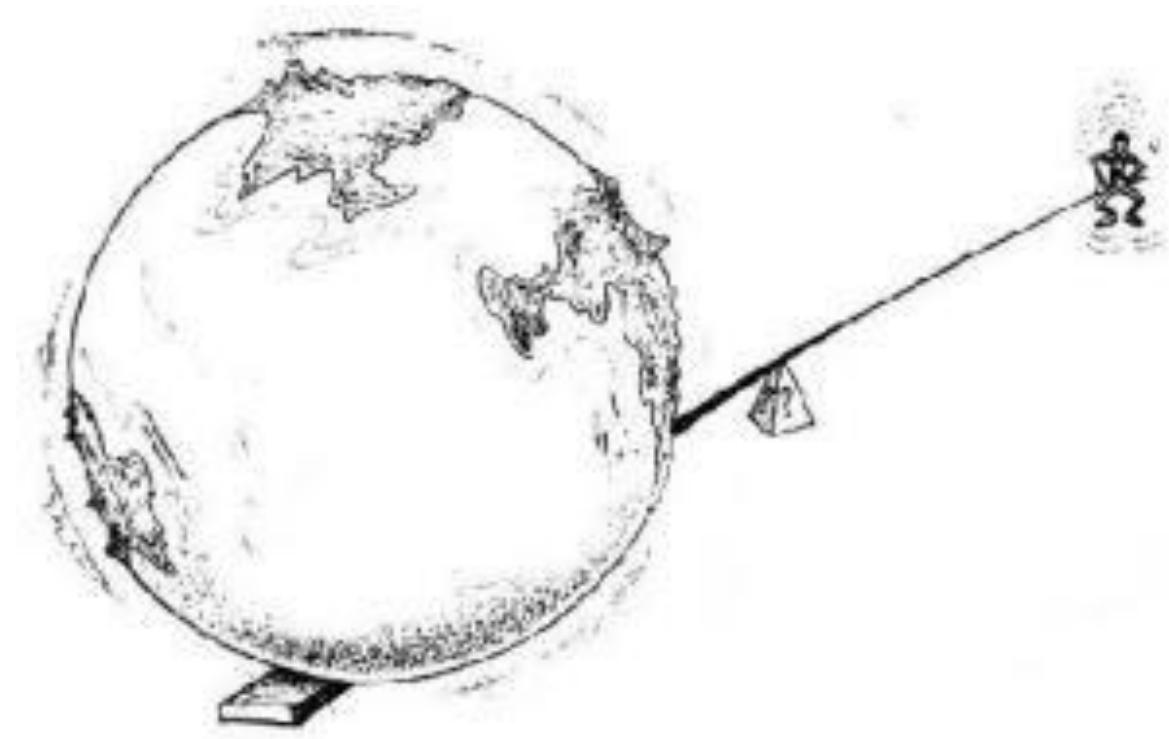
상식 논증 2

- 지구 궤도의 반지름은 약 150,000,000km이므로, 지구가 태양 주위의 궤도를 1년에 한 번씩 돌려면 대략 시속 110,000km로 움직여야 한다.
- 시속 110,000km로 움직인다면 우리는 운동의 효과-바람, 진동, 뒤로 넘어짐 등-를 인식해야 하지만 그러한 효과들이 관찰되지 않는다.
- 그러므로 지구는 움직이지 않는다.



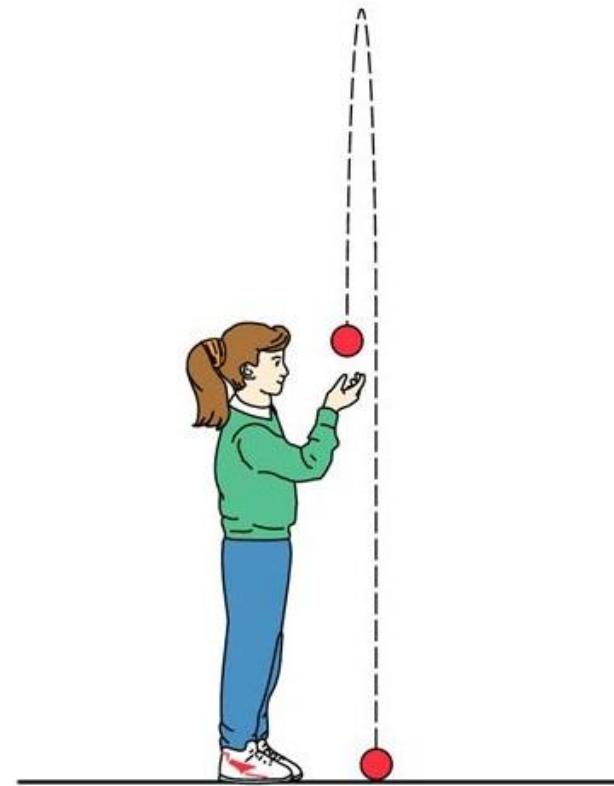
상식 논증 3

- 무엇인가가 움직이게 하지 않는 한 지구는 움직이지 않을 것이다.
- 그러나 지구를 움직이게 할 만큼 거대한 것은 없는 듯하고, 설령 지구를 움직이게 하는 것이 있다 해도 계속 지구를 움직이게 할 수는 없다.
- 따라서 지구가 움직이지 않는다 고 믿는 것이 훨씬 더 합리적이다.



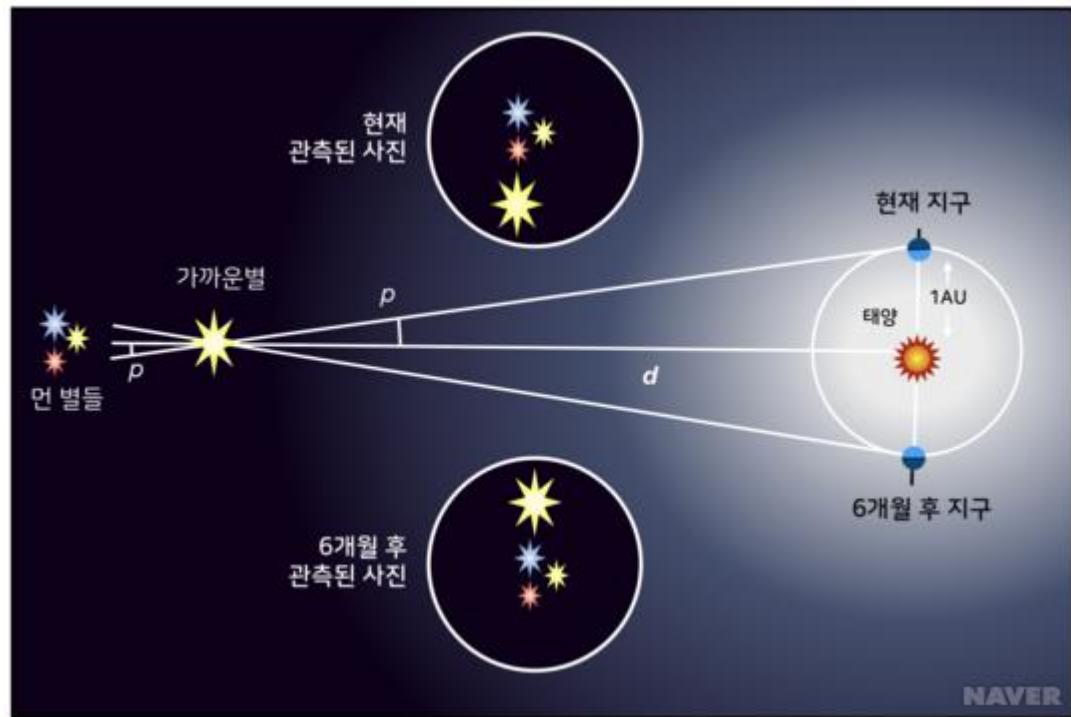
움직이는 물체 논증

- 만일 지구가 움직인다면 위로 똑바로 던진 물체는 우리 뒤쪽으로 떨어질 것이다.
- 그러나 위로 던진 물체가 우리 뒤쪽으로 떨어지는 것이 관찰되지 않는다.
- 그러므로 지구는 움직이지 않는다.



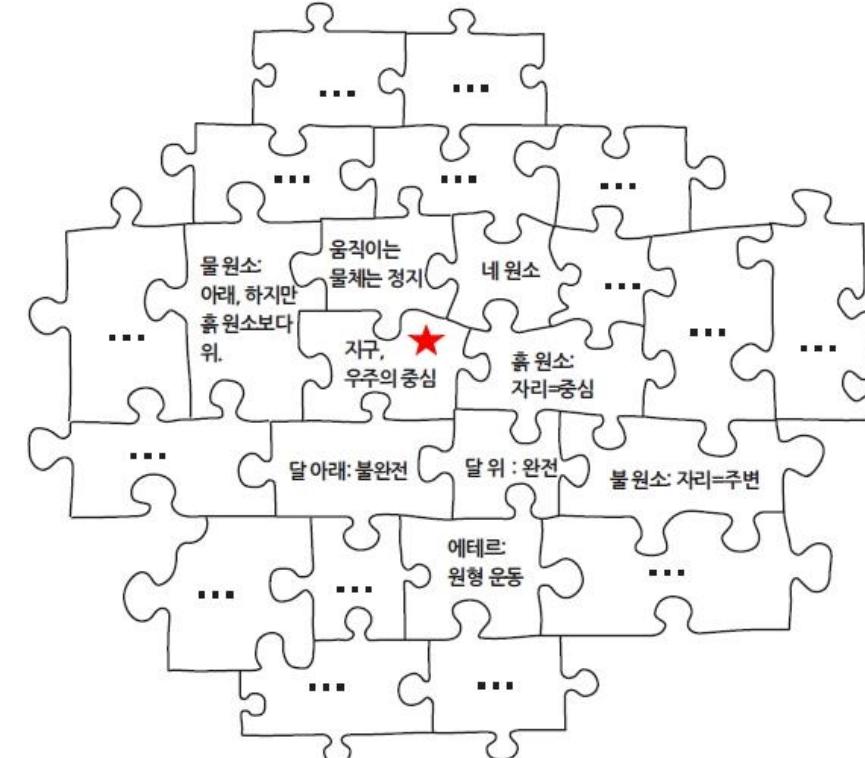
별의 연주시차 논증

- 지구가 축을 중심으로 회전하거나 태양 주위를 돈다면 별의 각거리의 변화나 연주시차가 관찰되어야 한다.
- 각거리의 변화나 연주시차가 관찰되지 않았다.
- 그러므로 지구는 움직이지 않는다.



우주의 중심인 지구

- 지구는 우주의 중심이며 달과 태양, 별, 행성은 모두 지구 주위를 돈다.
- 지구는 주로 흙 원소로 구성되고, 흙 원소의 자연적인 위치는 우주의 중심이므로, 지구는 자연적으로 우주의 중심에 위치한다.
- 지구를 무엇인가가 움직이게 하지 않는 한 지구는 움직이지 않을 것이고, 지구를 움직이게 할 만한 것이 없으므로, 지구는 자연적으로 우주의 중심에 위치하고 그 자리에서 벗어나지 않는다.
- 지구는 둥글며, 지구의 중심은 우주의 중심이다.



[도표 1-2] 아리스토텔레스 믿음의 '그림 퍼즐'