

에피소드 과학철학  
2015년 3월 10일  
정동욱

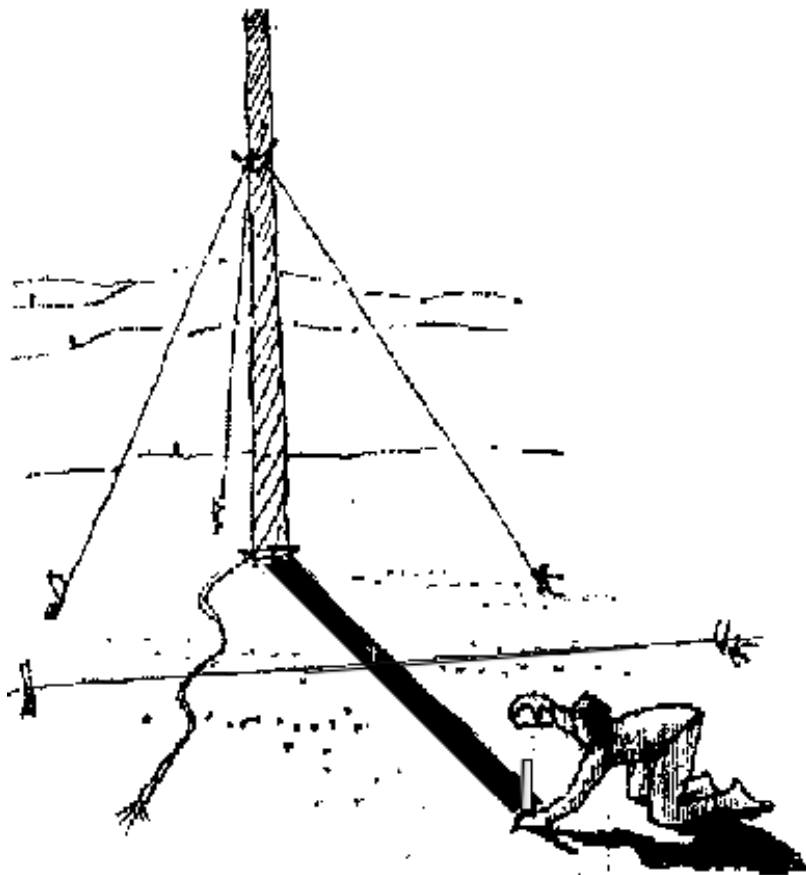
# 아리스토텔레스의 과학적 우주론

과학 이론의 기능들



고대 이집트의 우주론

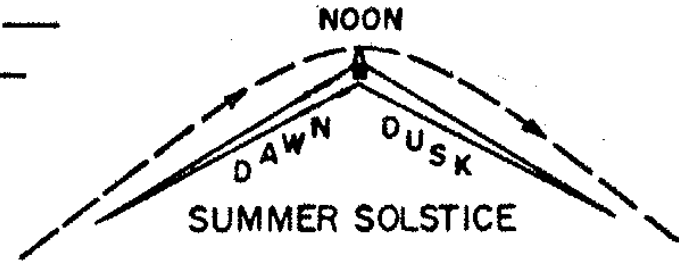
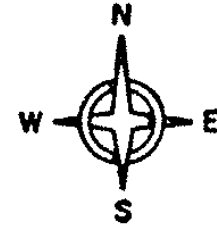
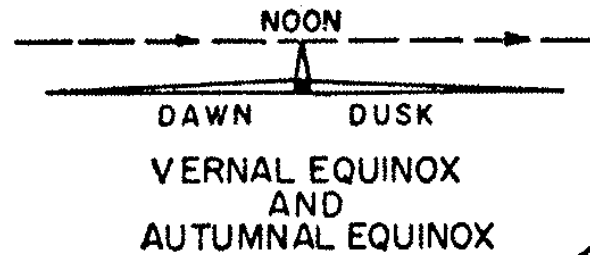
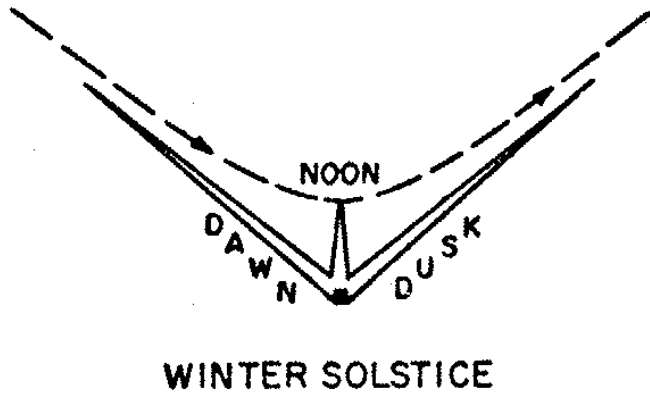
하늘



# 해시계 Gnomon

날마다 바늘의 그림자가  
가장 짧은 순간에  
그 그림자는 언제나  
같은 방향을 가리킨다.

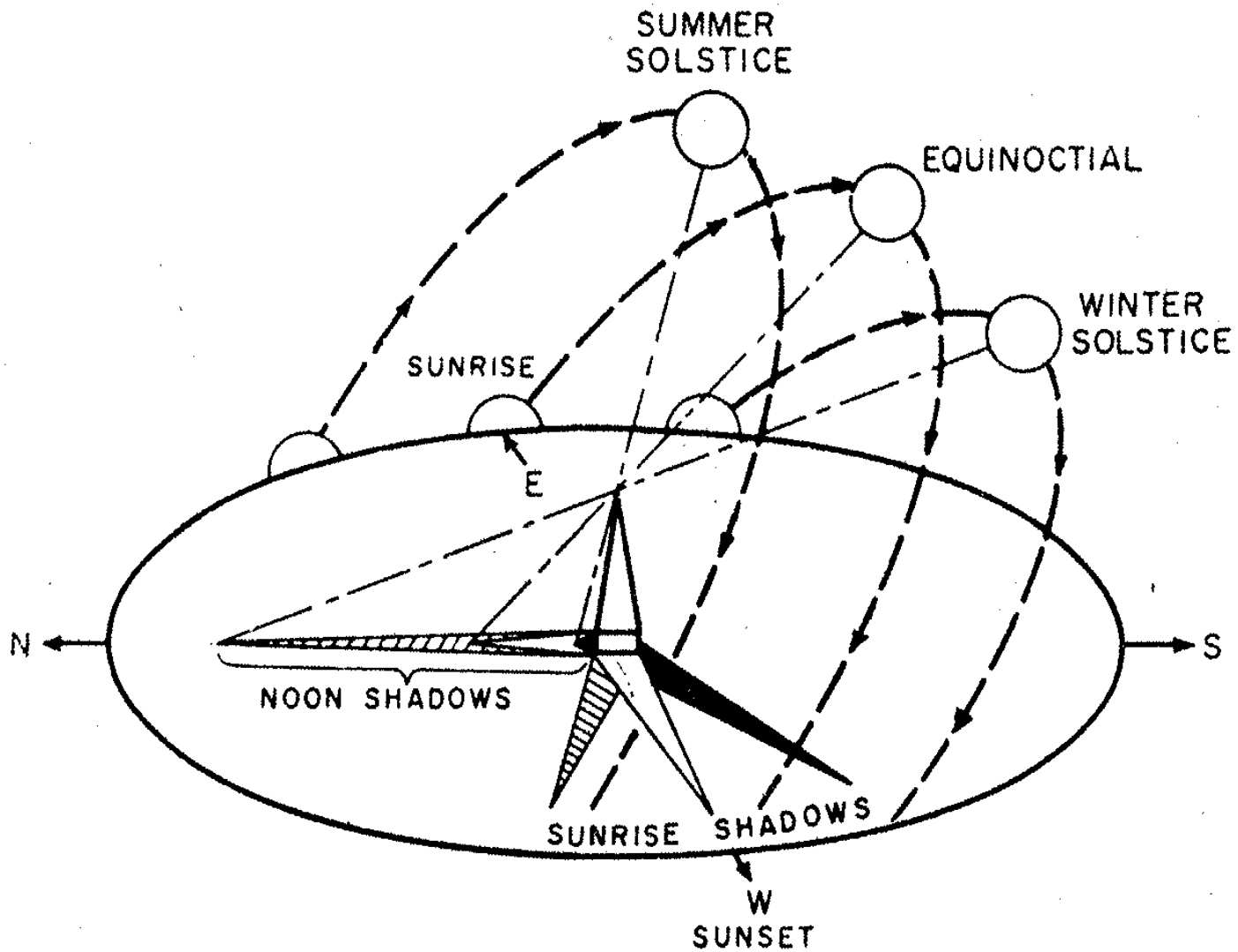
두 가지 기준틀의 정의  
: '북쪽'이란 방향  
: '정오'라는 시간



## 태양의 겉보기 운동

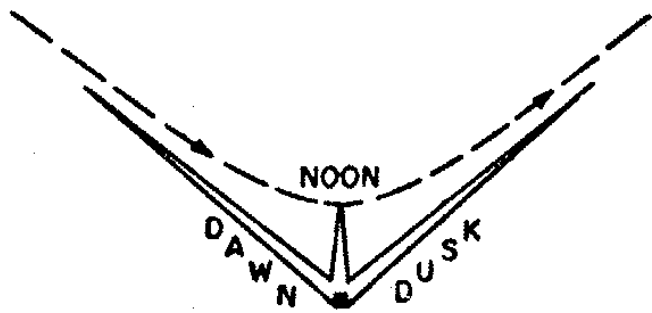
북반부 중위도 지역에서 여러 계절에 따른 해시계 바늘 그림자의 일간 운동. 일출과 일몰 때 그림자는 순간적으로 무한대의 길이로 늘어나 그 끝은 다이어그램의 점선과 "만난다". 일출과 일몰 사이에 그림자의 끝은 점선을 따라 천천히 이동하며, 정오에 그림자는 언제나 북쪽 방향을 가리킨다.



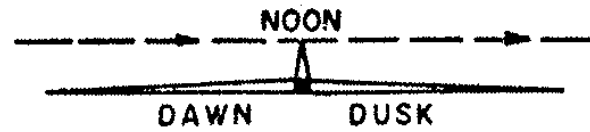


## 계절에 따른 일출과 일몰의 변화

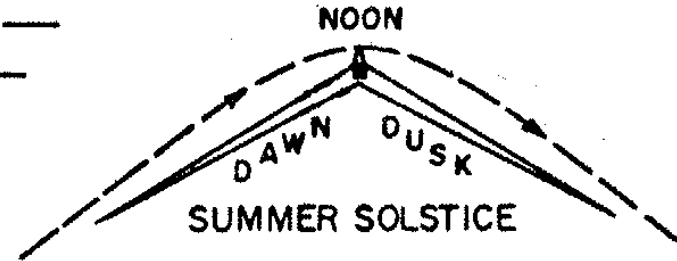
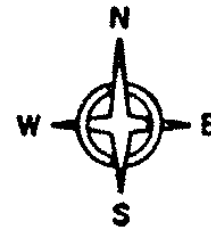
춘분과 다음 춘분 사이의 간격은 1년을 정의 : 대략 365 ¼일 (올리우스력)



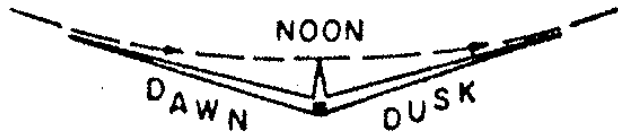
WINTER SOLSTICE



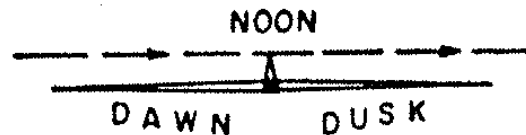
VERNAL EQUINOX  
AND  
AUTUMNAL EQUINOX



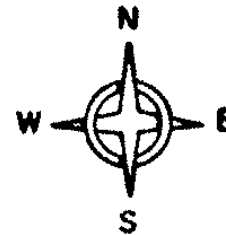
SUMMER SOLSTICE



WINTER SOLSTICE

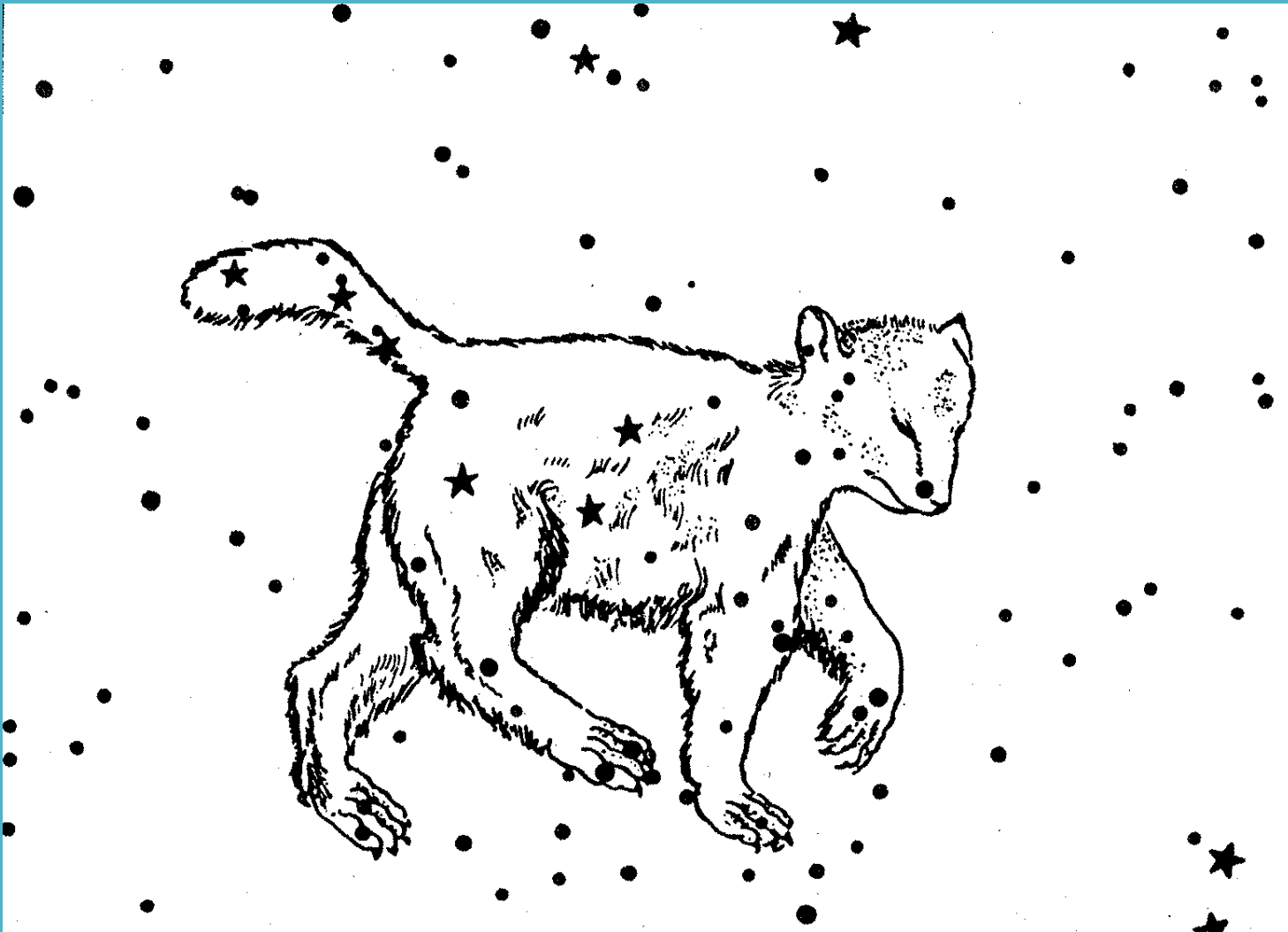


VERNAL EQUINOX  
AND  
AUTUMNAL EQUINOX



SUMMER SOLSTICE

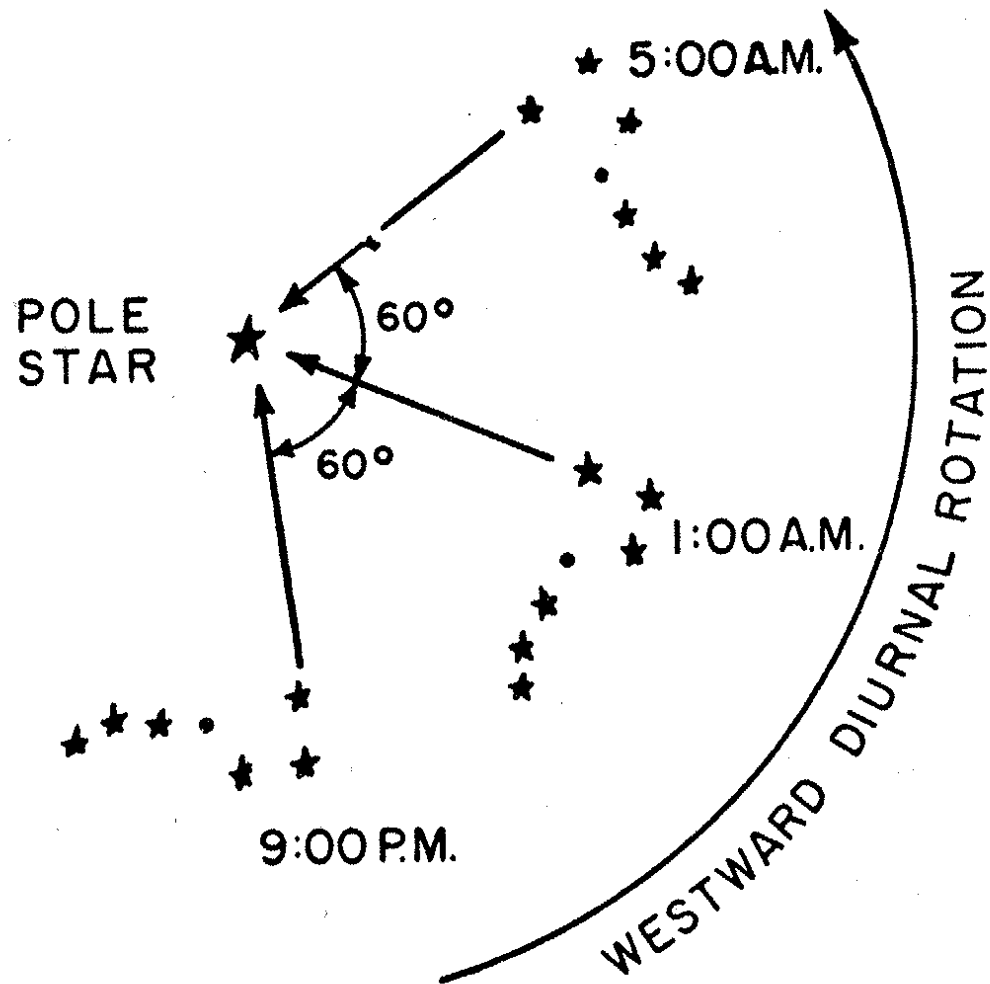
지역에 따른 태양의 겉보기 운동 변화



## 큰곰자리와 북두칠성

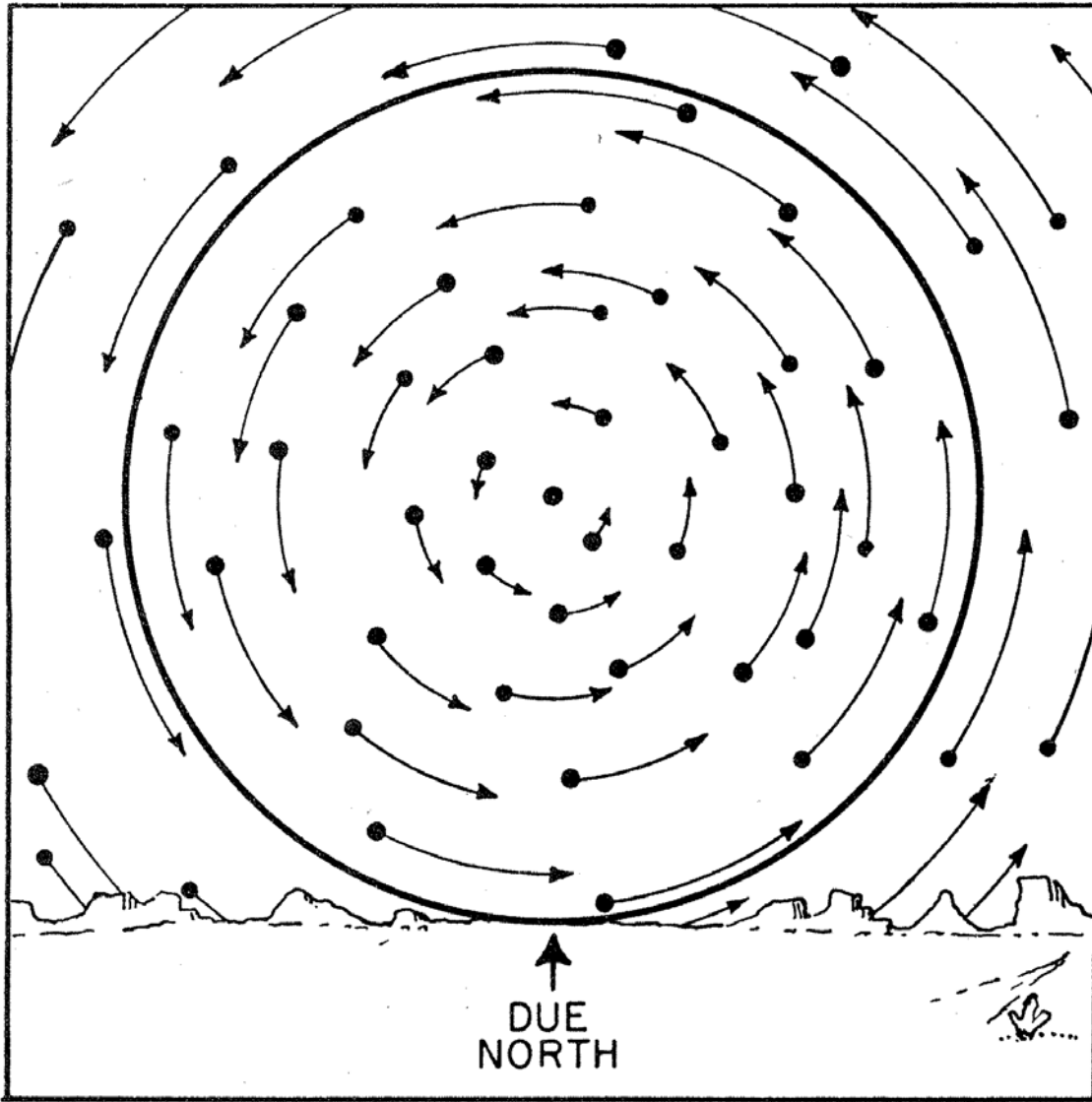
별들은 항상 움직이지만, 별자리 패턴과 별들 사이의 상대적인 위치는 보존된다.





## 시간에 따른 별자리의 변화

10월 말 밤에 4시간 간격으로 잇따라 관찰된 북두칠성의 위치

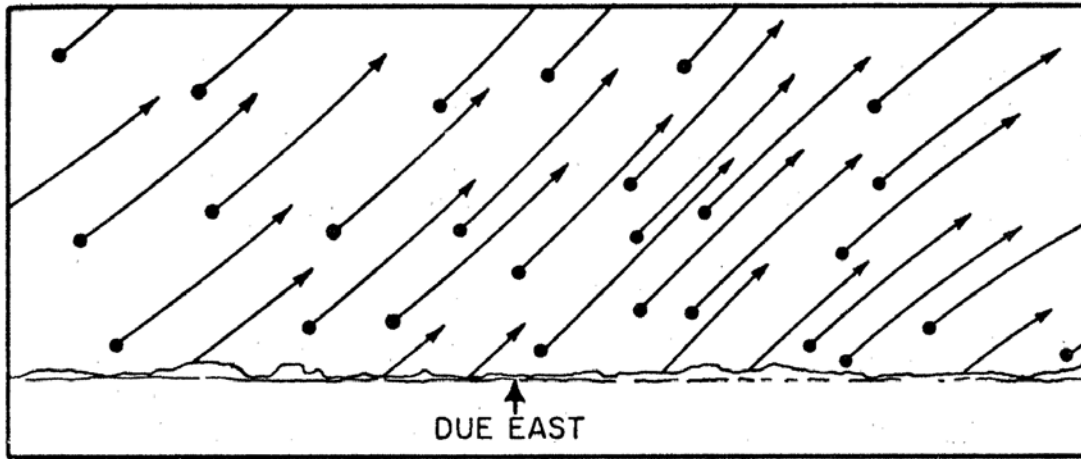


## 2시간 동안 바라본 북쪽의 밤하늘

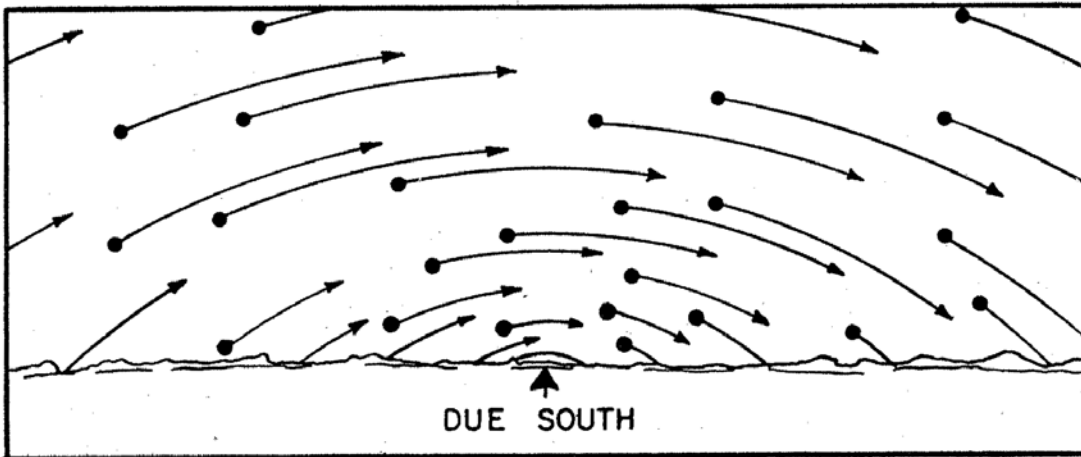
북극성 주변의 별들은  
동심원(일주권)을 그리며,  
1시간에 대략 15도씩,  
23시간 56분마다 한 바퀴를  
완주한다.

관찰자가 남쪽으로  
이동할수록, 북극성의  
고도는 남쪽으로 69마일씩  
이동할 때마다 대략 1도씩  
낮아진다. 주극성은 점점  
줄어들고 뜨고 지는 별들이  
많아진다.

# 동남쪽 별 자취와 평선 위의 지평선



(a)

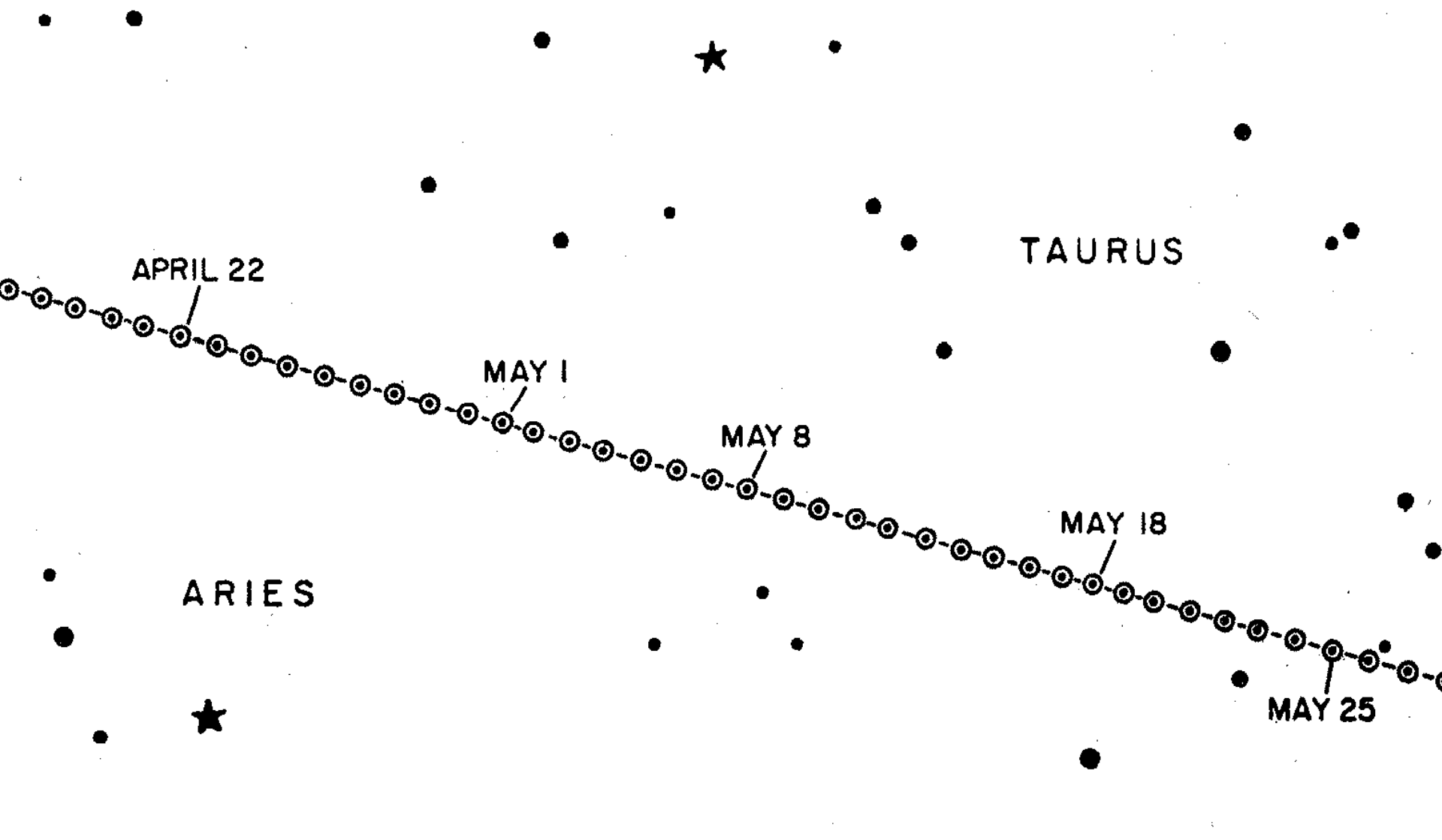


(b)

정동쪽에서 뜨는 별들은 사선을 따라 떠서 정서쪽으로 진다.

북극성에서 매우 멀리 떨어진 별들은 남쪽 지평선 위에서 잠깐 동안만 보이며, 아예 보이지 않는 밤이 많다.

관찰자가 남쪽으로 내려갈수록 동쪽의 별들은 더 수직으로 뜨고, 남쪽의 별들은 지평선 위로 더욱 높이 뜨게 되며, 전에는 보이지 않던 별들도 보게 된다.



## 움직이는 별, 태양

양자리와 황소자리를 관통하고 있는 태양의 운동.

매일 태양은 별들과 일주운동을 함께 하는 동시에, 별들 사이를 느리게 움직인다.



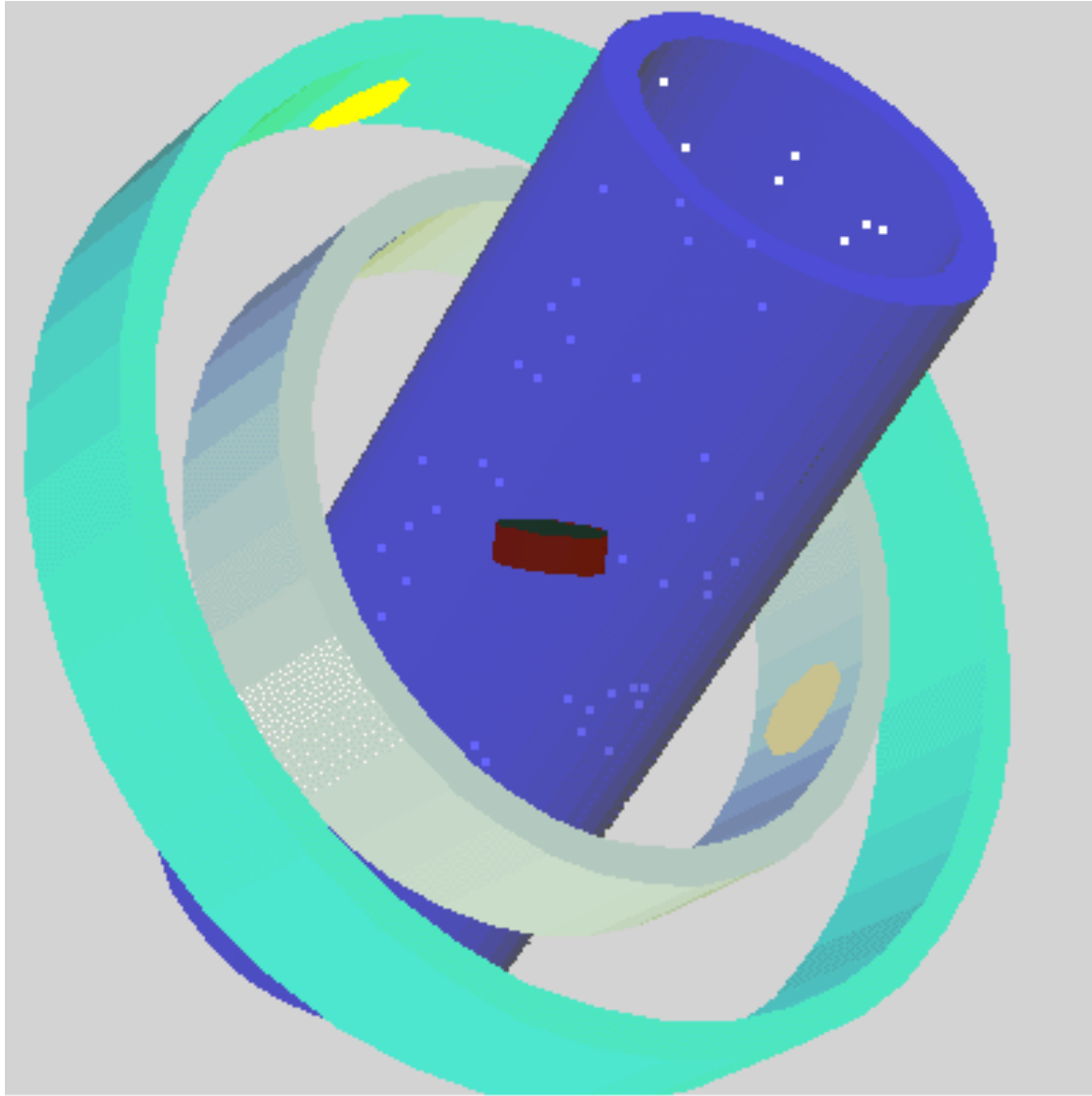
(황도 12궁)

별들 사이에서 태양이 움직이는 길, 황도



뭐가 이렇게 복잡해!!

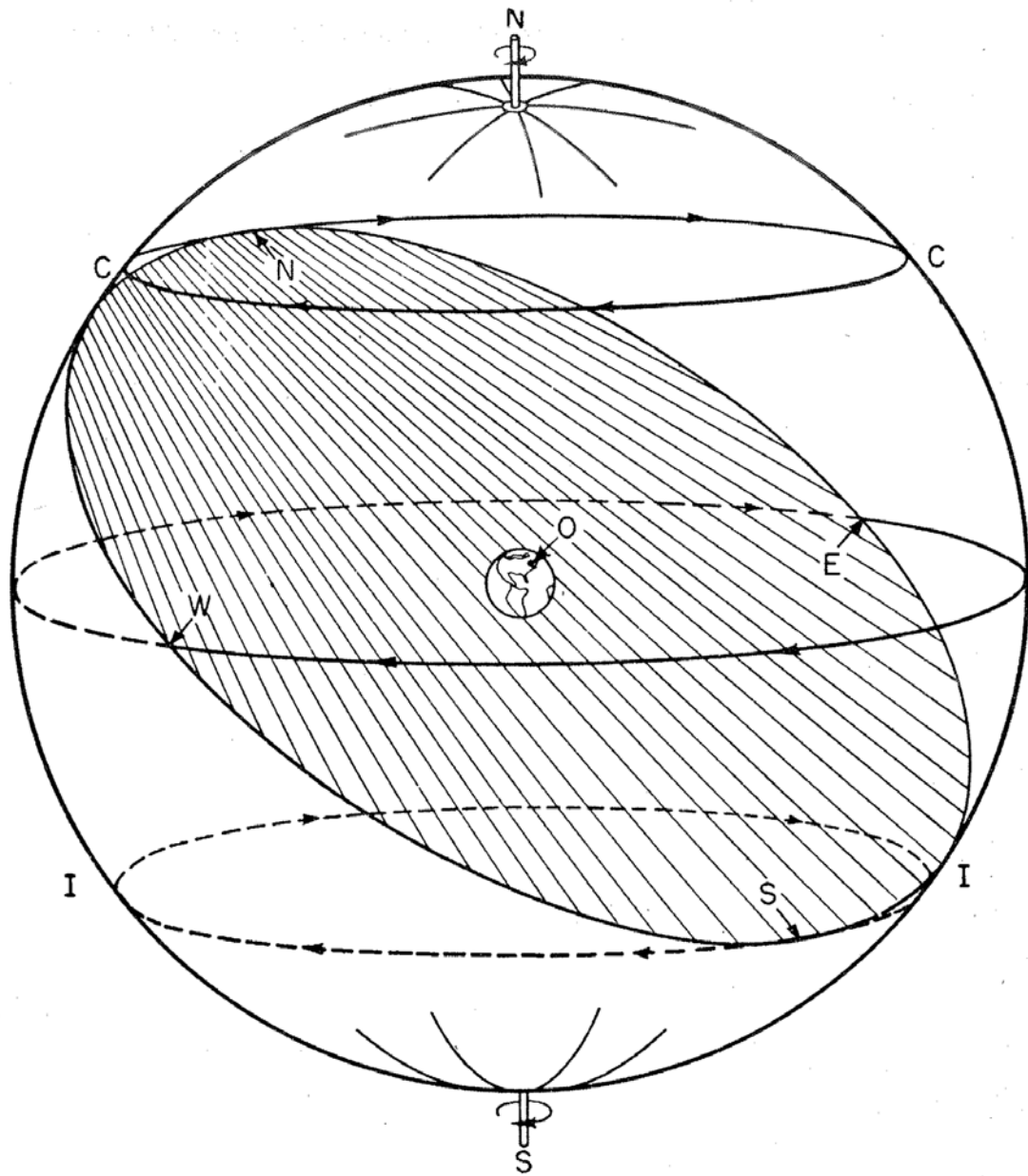
보다 간단하게 만들 수는 없어?



# 아낙시만드로스의 우주론

신이 사라진 대신 ...





## 2구체 우주

땅은 둥글고(지구),  
별들은 거대한 천구에 박혀  
하루에 한 바퀴씩 돈다.

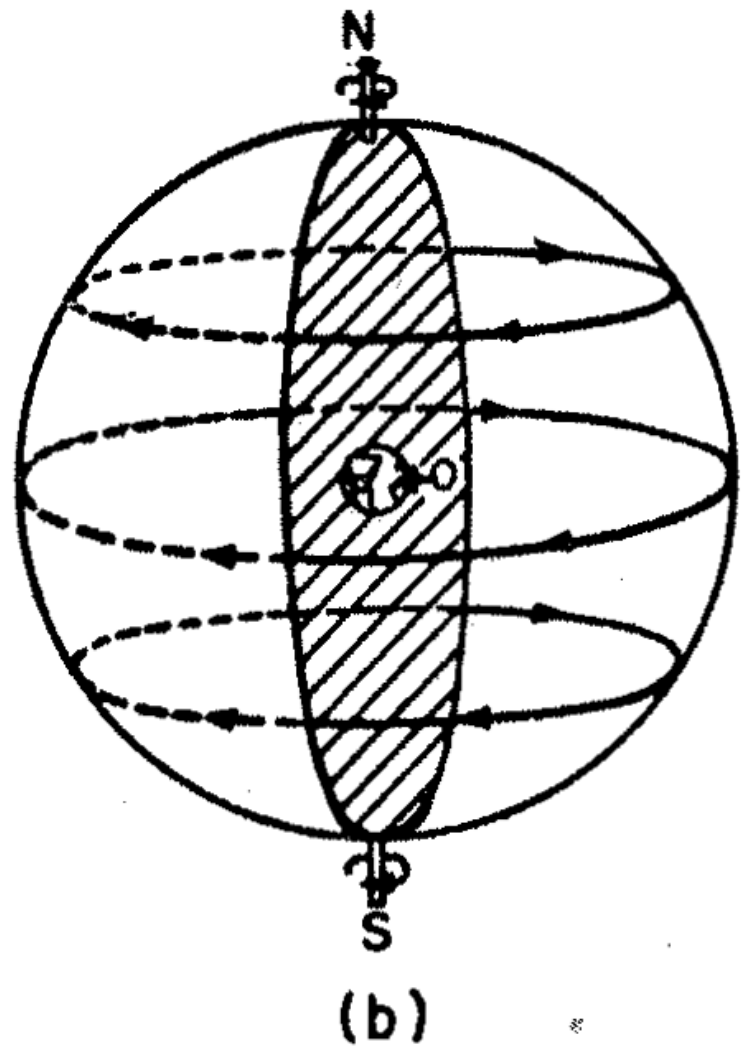
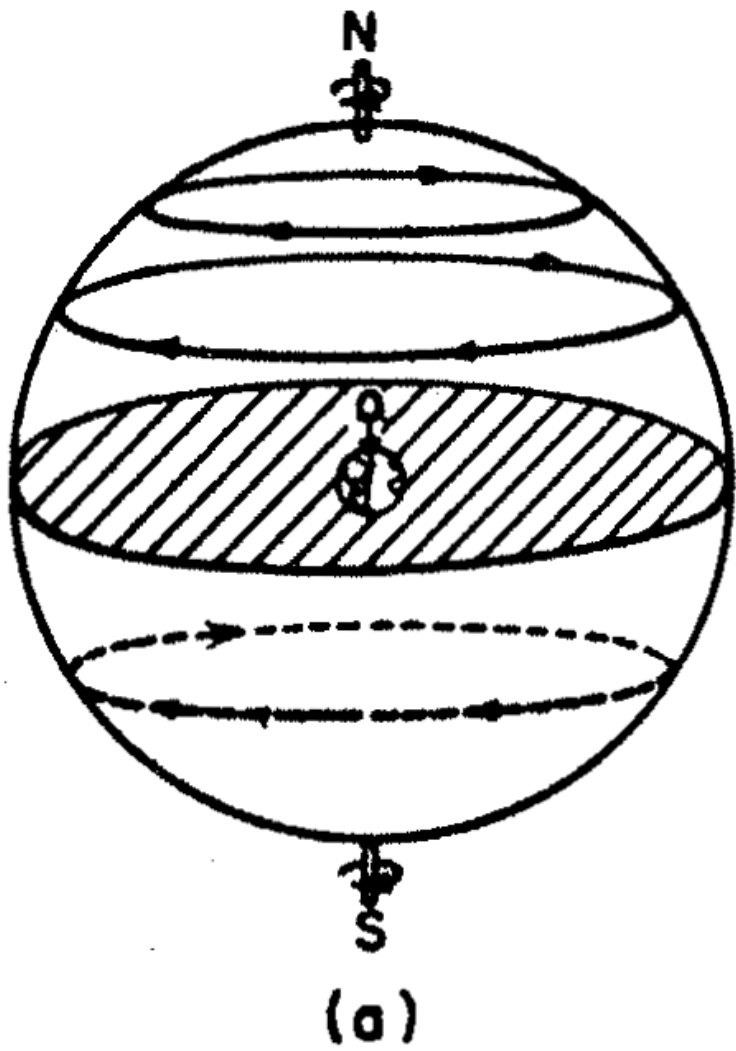
지상의 관측자는 지평선  
위의 별들만 별 수 있다.

[창조자의] 의도는, 첫째로, 그 동물이 가능한 완벽한 전체이자 완벽한 부분이어야 한다는 것이었다. 둘째로, 그것은 늪지 않아야 하고[영원함], 병에 걸리지 않아야 한다[타락하지 않음]. ... 그래서 그는 세계를 구의 형태로, 선반으로 둥글게, 그 극단이 중심으로부터 모든 방향에서 같은 거리에 있도록, 즉 모든 형태들 중에서 가장 완벽하고 가장 스스로와 비슷한 형태로 만들었다. ... 그의 구형에 알맞은 운동이 그에게 부여되었으며, ... 그래서 그는 같은 방식으로 같은 지점 위를 자신의 한도 내에서 원형으로 도는 운동을 갖게 되었다.

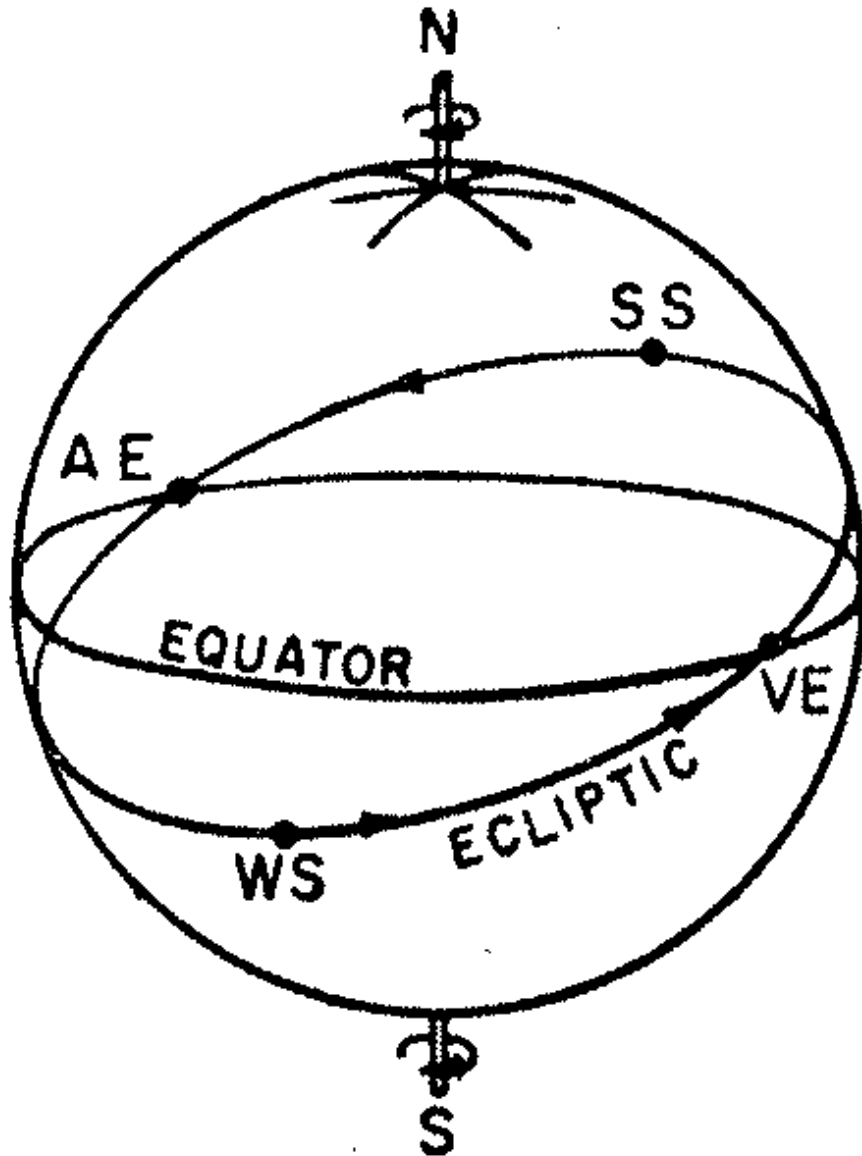
《티마이오스》 중에서

## 우주의 구형성 by 플라톤

완벽히 규칙성을 가진  
모양과 운동이란  
구와 원운동밖에 없다!

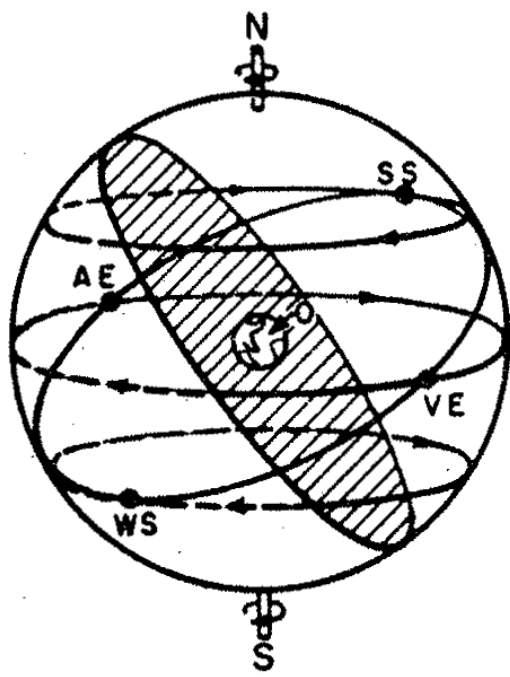


북극과 적도에서 바라본 하늘

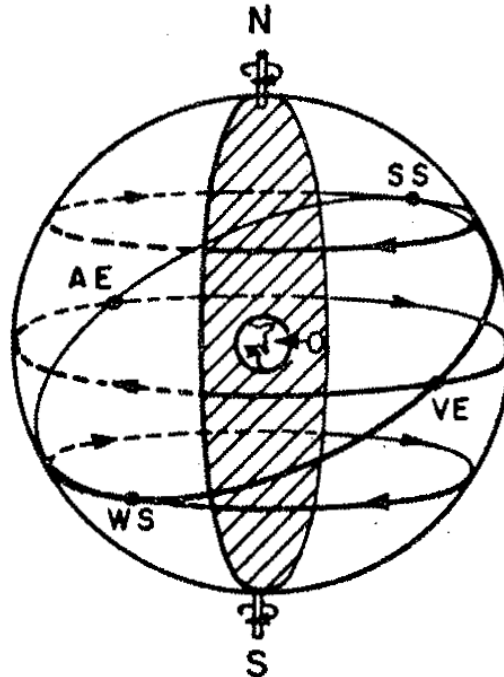


## 천구의 적도와 황도

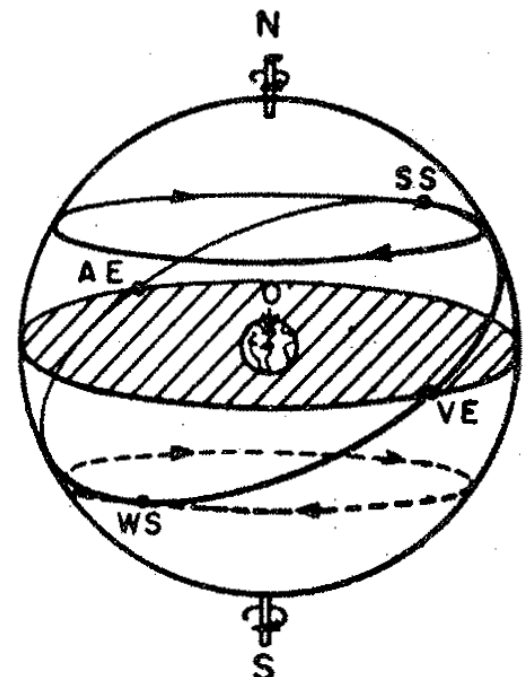
태양은 천구 위의 '황도'라는  
길을 따라 움직인다.



(a)



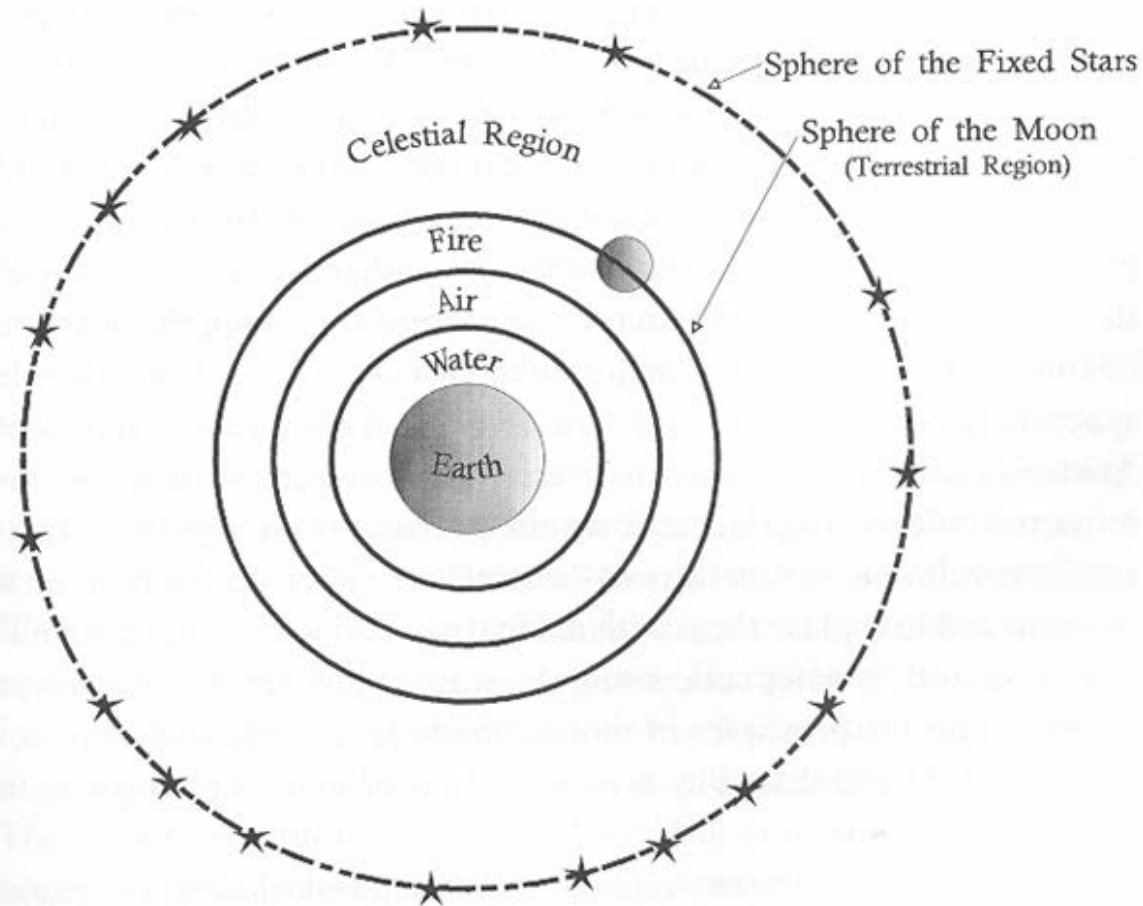
(b)



(c)

지구상의 다른 위치에서 관찰되는 태양의 운동

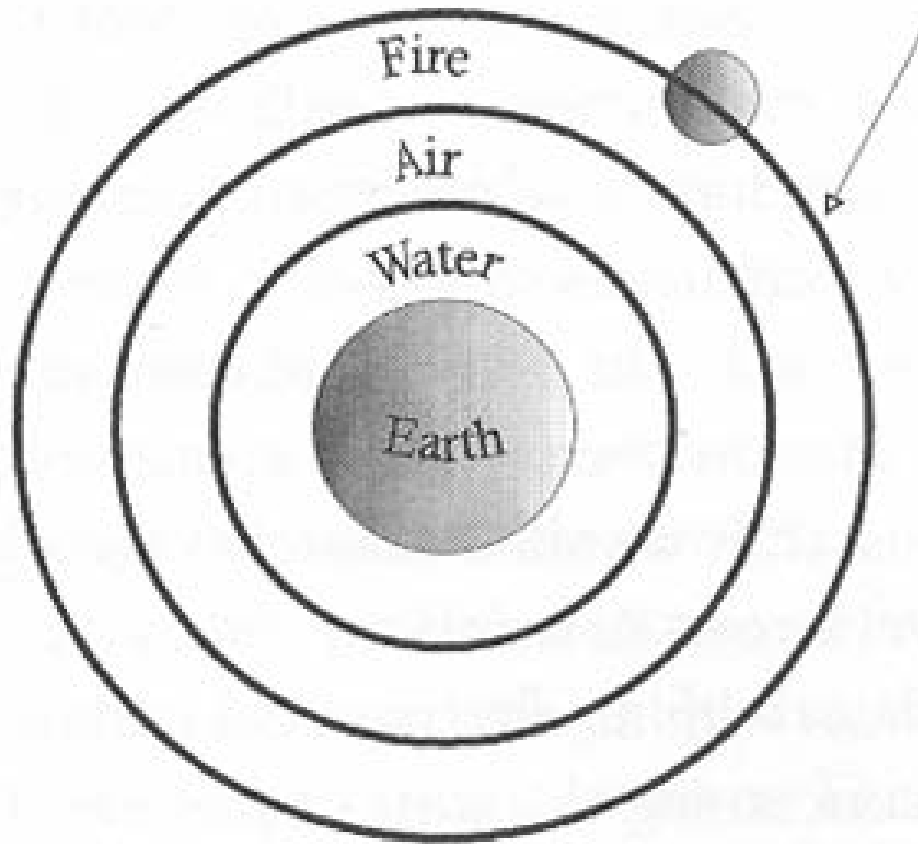
# 물질과 운동



## 천상계 vs. 지상계

	천상계	지상계
위치	달 위	달 아래
특징	변화 無 완전	생성/소멸 불완전
물질	제5원소 (에테르)	4원소 (물, 불, 흙, 공기)
운동	원운동	상하운동 +alpha





원소의 무게와  
원소의 제자리

이러한 고려로부터, 땅은 움직이지 않으며 중심을 빼고는 다른 어디에도 없다는 것이 명백해진다. 게다가 그 부동성의 이유는 우리의 논의로부터 명백해진다. 만약 (관찰이 보여주는 것처럼) 모든 사방에서 중심을 향해 움직이는 것이 흙의 본성에 내재한 것이고, 중심으로부터 사방으로 움직이는 것이 불의 본성에 내재한 것이라면, 강제로 이끌지 않는 한 흙의 어떤 부분도 중심에서 벗어나는 것은 불가능하다.

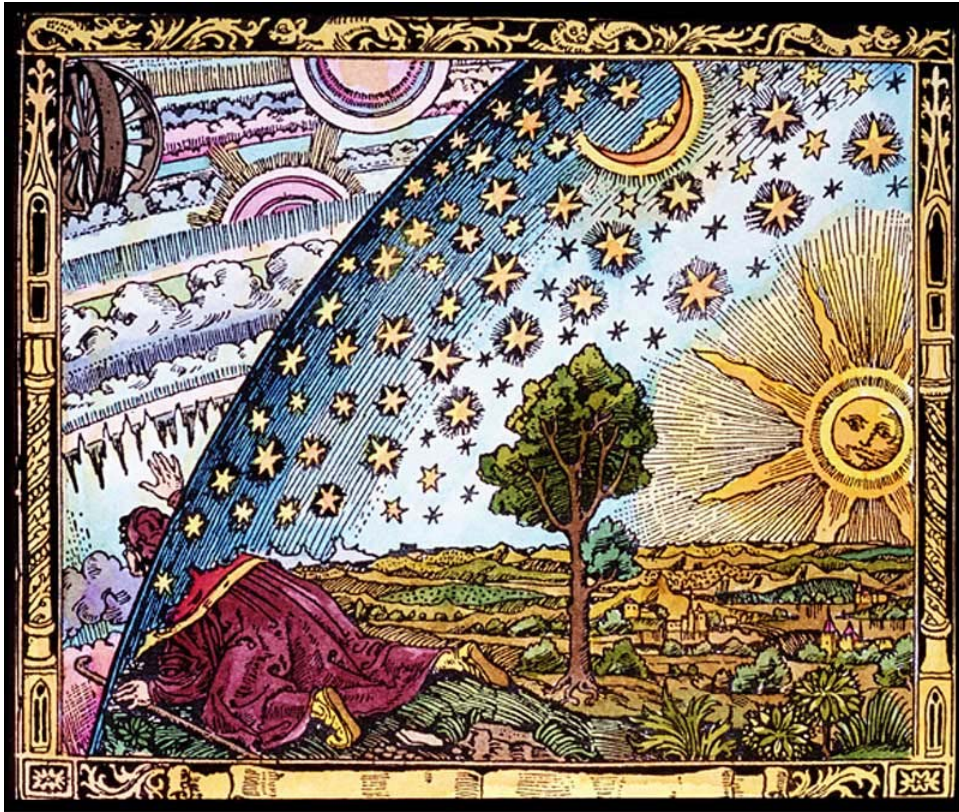
## 땅의 부동성

by 아리스토텔레스

땅의 모양은 반드시 구형일 수밖에 없다. ... 그것이 뜻하는 바를 깨닫기 위해서는 지구의 형성 과정을 상상해 보아야 한다. ... 일단, 입자들이 사방에서 똑같이 하나의 점, 중심을 향해 움직인다면, 그 결과로 만들어지는 덩어리는 모든 면에서 비슷해야 한다는 것이 분명하다. 왜냐하면 사방에서 골고루 똑같은 양이 쌓인다면, 그 덩어리의 표면은 중심에서 일정한 거리에 있어야 하기 때문이다. 그러한 모양은 구이다. 그러나 이 논증은 땅의 조각들이 사방에서 중심을 향해 균일하지 날아오지 않았더라도 차이가 없을 것이다. 두 물체가 중심에 최대한 가까이 가는 성향을 가졌을 경우, 더 큰 물체는 항상 그 앞에 있는 더 작은 물체를 죽 밀어줄 것이고, 이는 목표에 도달할 때까지 계속될 것이기 때문이다.

# 땅의 구형성

by 아리스토텔레스



# 진공의 불가능성과 우주의 유한성

경험적 근거 : 사이펀, 펌프

이론적 논증 : 진공이 있다면  
저항이 없어서 무한대의  
속도가 만들어져야 하는데  
( $v \propto F/R$ ), 이는 불가능하다.

우주론적 기능 : 우주의  
유한성을 보장함으로써  
우주의 중심 보호

지금까지 얘기된 것으로부터, ... 만물 중 가장 으뜸이 되는 물체[즉 천체]는 영원하며 성장도 축소도 하지 않지만, 나이도 먹지 않고, 변하지도 않고, 감정도 없는 이유가 분명해진다. 또한 내 생각에 이 논증은 경험을 뒷받침해주는 동시에, 경험에 의해 뒷받침되는 것 같다. 모든 사람은 신 관념을 가지고 있으며, 그 모두는 이방인이든 그리스인이든 신을 최고의 자리에 배정하는데, 이는 분명 신의 존재를 믿는 그 많은 사람들이 불멸의 존재는 불멸의 존재와 밀접하게 연결된다고 가정하기 때문이다. 그들 생각에, 다른 방식은 있을 수 없었다. 그리하여 만약 신성한 무언가가 존재한다면 — 이는 참이지만 —, 기본 물체에 대해 우리가 지금까지 얘기한 것은 옳은 것이 된다. ... 이 제1의 물체의 이름은 고대인들로부터 현재까지 전해져 온 것 같다. ... 즉 그 기본 물체가 흙, 불, 공기, 물과 무언가 다르다고 믿은 그들은 가장 높은 영역에 **에테르** (*aether*)라는 이름을 주었는데, 그 이름은 그것이 “영원히” 그리고 “항상 움직인다”는 사실로부터 선택된 것이다.

## 신의 자리

# 질문지

1. 글을 읽고 느낀 점을 간단히 적어보자.
2. 우주론, 혹은 과학 이론은 무슨 역할을 할 수 있을까?
3. 아리스토텔레스 체계의 위력은 어디에서 비롯된 것일까?
4. 강의 또는 글과 관련하여 자유롭게 질문해보자.