

"137억년 우주 진화" 9강

2013. 06. 02

뉴턴 법칙에서 케플러에 대한 이야기를

먼저 이야기 하고자 한다.

행성 지구를 이해하기 위한 케플러 법칙을 알아야 한다. 알아야 할 것은

단 두 가지이다.

첫번째는 원 운동이다. 케플러가 발견한 것은 타원 운동이다. 그러나

뉴턴의 원운동으로 접근하였다.

원운동

$$F = m \frac{v^2}{r}, F = \frac{GmM}{r}$$

정형법칙으로 $P^2 = Ka^3$

→ 케플러는 이 공식이 나온 이유를 몰랐다.

첫번째 공식이 key word를 잡고 있다.

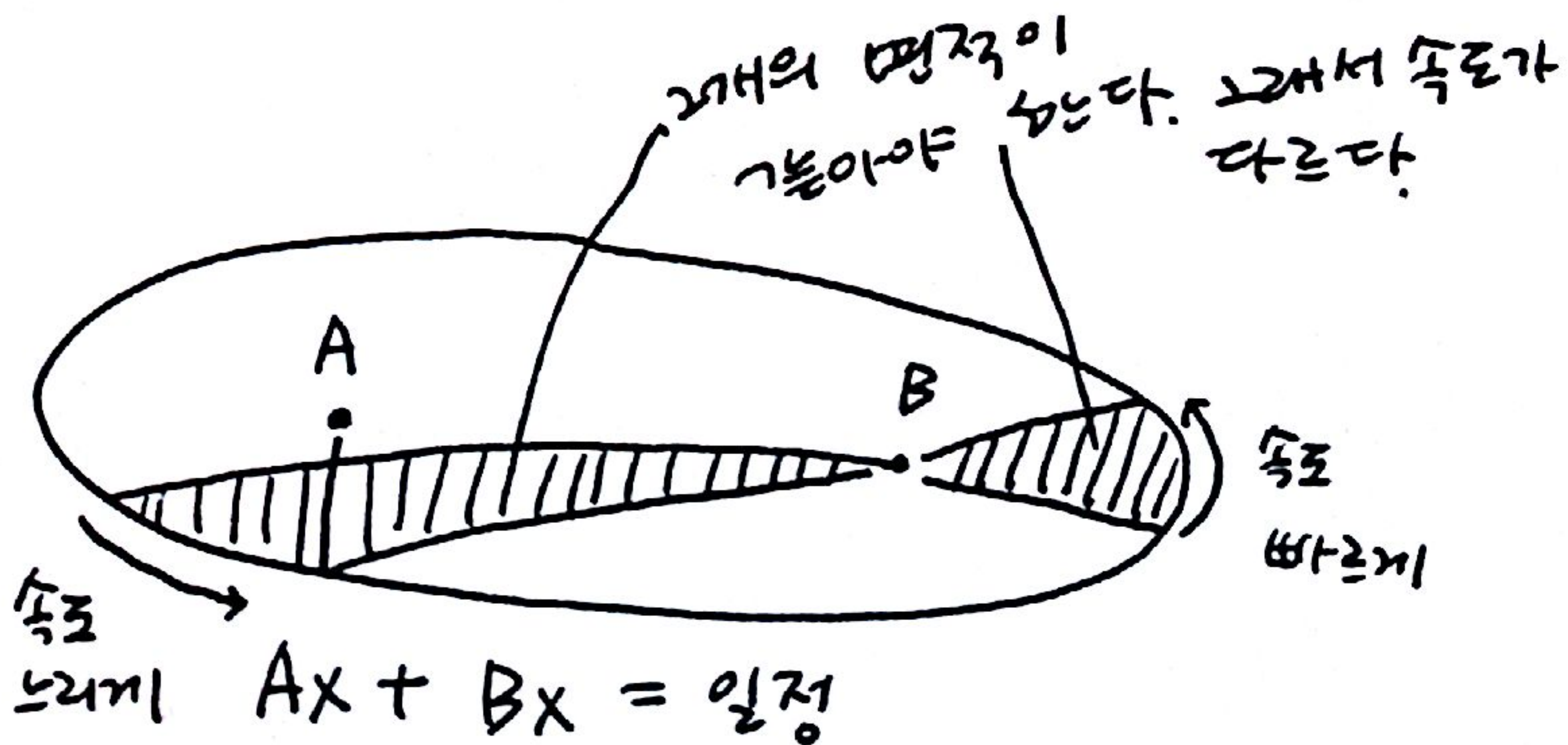
뉴턴이 알고 싶은 것은 땅의 체중이다. 뉴턴은 타원상 두각자였다. 그래서

원 운동을 관찰 하였다. 원 운동은 무한력의 대한 이야기이다. 나가는

힘과 당기는 힘이 공존할 때 유지된다.

케플러의 3 법칙

- 케플러 ⇒
1. 타원 체중
 2. 면적 속도 일정
 3. 행성의 법칙
- $$P^2 = Ka^3$$

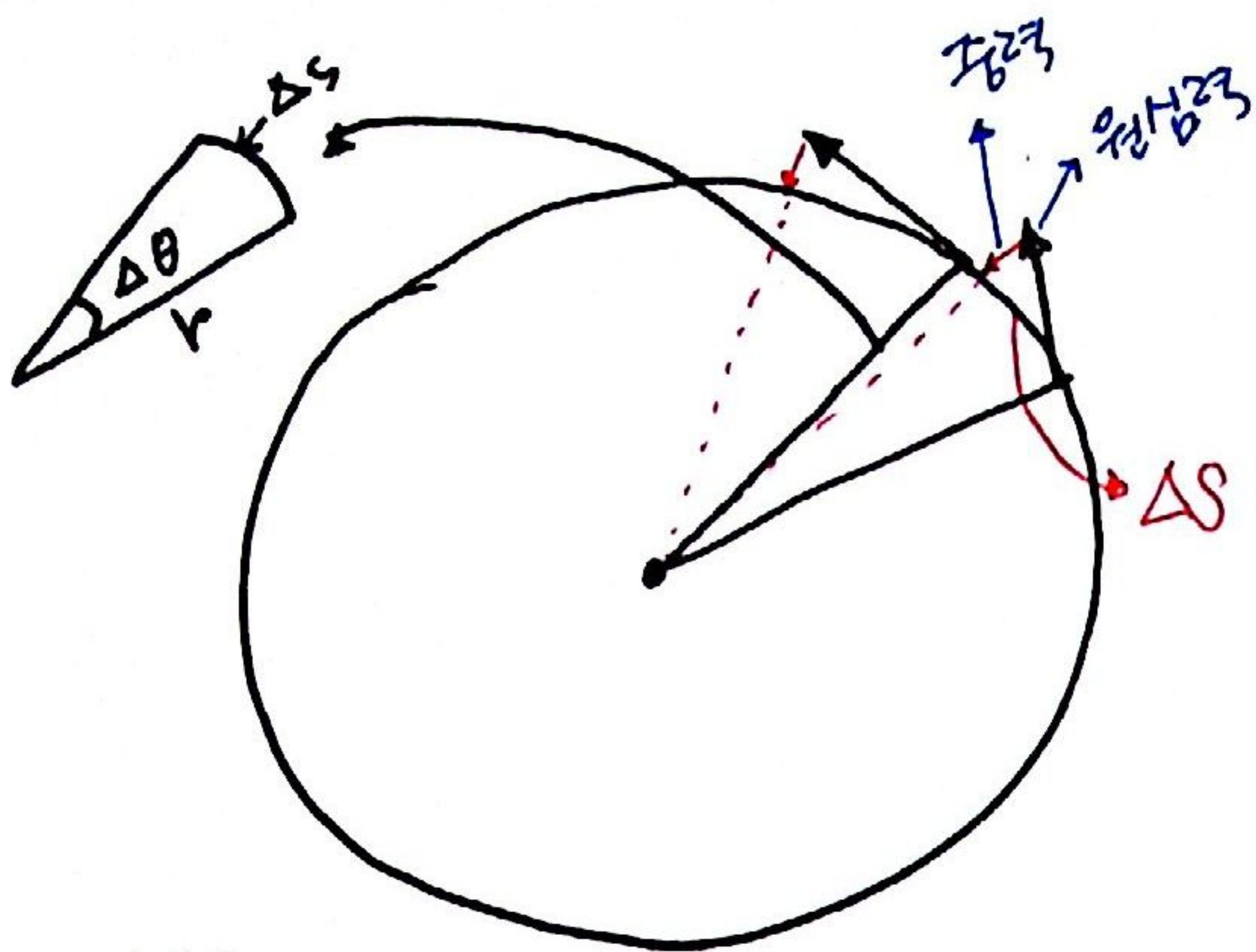


"원운동은 타원 운동의 특별한 case이다."

뉴턴의 땅의 체중을 알고 싶었다. 땅의 체중은 지의 원운동이었기에

원운동에 관심을 갖았다. 지구의 행성 가속도와 땅의 행성의 차이를

관찰이 있었다.

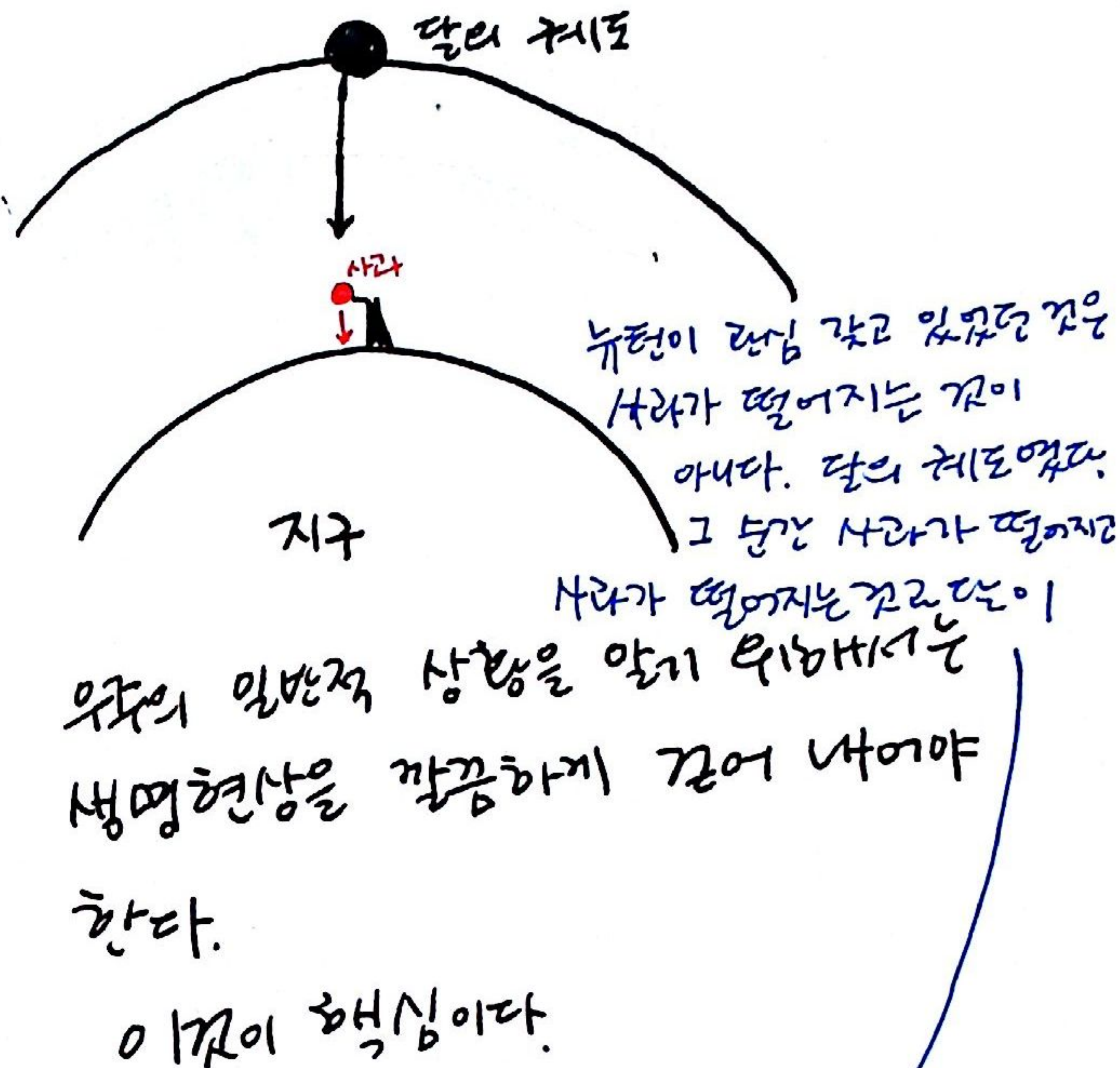


- 뉴턴 법칙
- 뉴턴 \Rightarrow
1. 관성의 법칙
 2. 가속도 법칙 $F=ma$
 3. 작용-반작용 법칙

※※※

우주에서 한 번 움직인 물체는 영원히 등속운동을 한다.
영원히 우주 공간을 가르며 날아간다.

행성 지구에 생명이 출현했다는 자체가 당혹스러운 사건이다.
테코벨리르를 5시간을 탐지해서 산에 나무가 있다는 것이 전혀 당연하지 않다는 것을 발견했다.
5천의 녹음이 우거진 산야의 모습은 충격적으로 다가왔다.
천문학을 공부하기 위해 보는 천문학 교과서에 생명에 대한 이야기가 없다. 우주에서 생명은 당연한 이야기가 아니다. 우주의 법칙을 알면 생명의 법칙은 계속장르를 사건이다.
생명이 있다는 것이 아직 확실한 사실에 대해 묻는다.



우주의 일반적인 상황을 알기 위해서는 생명현상을 작금까지 끌어 내어야 한다.
이것이 핵심이다.

떨어지는 것

같은 생각의 전환이 일어났다.

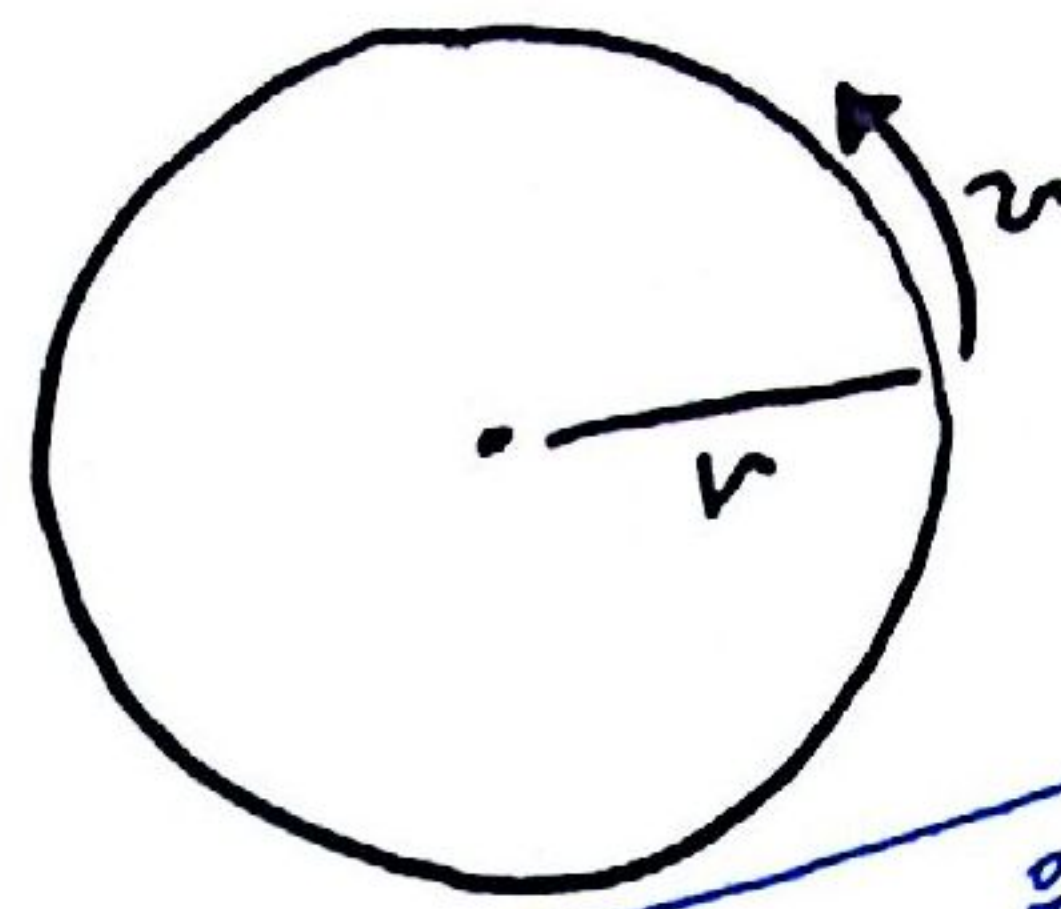
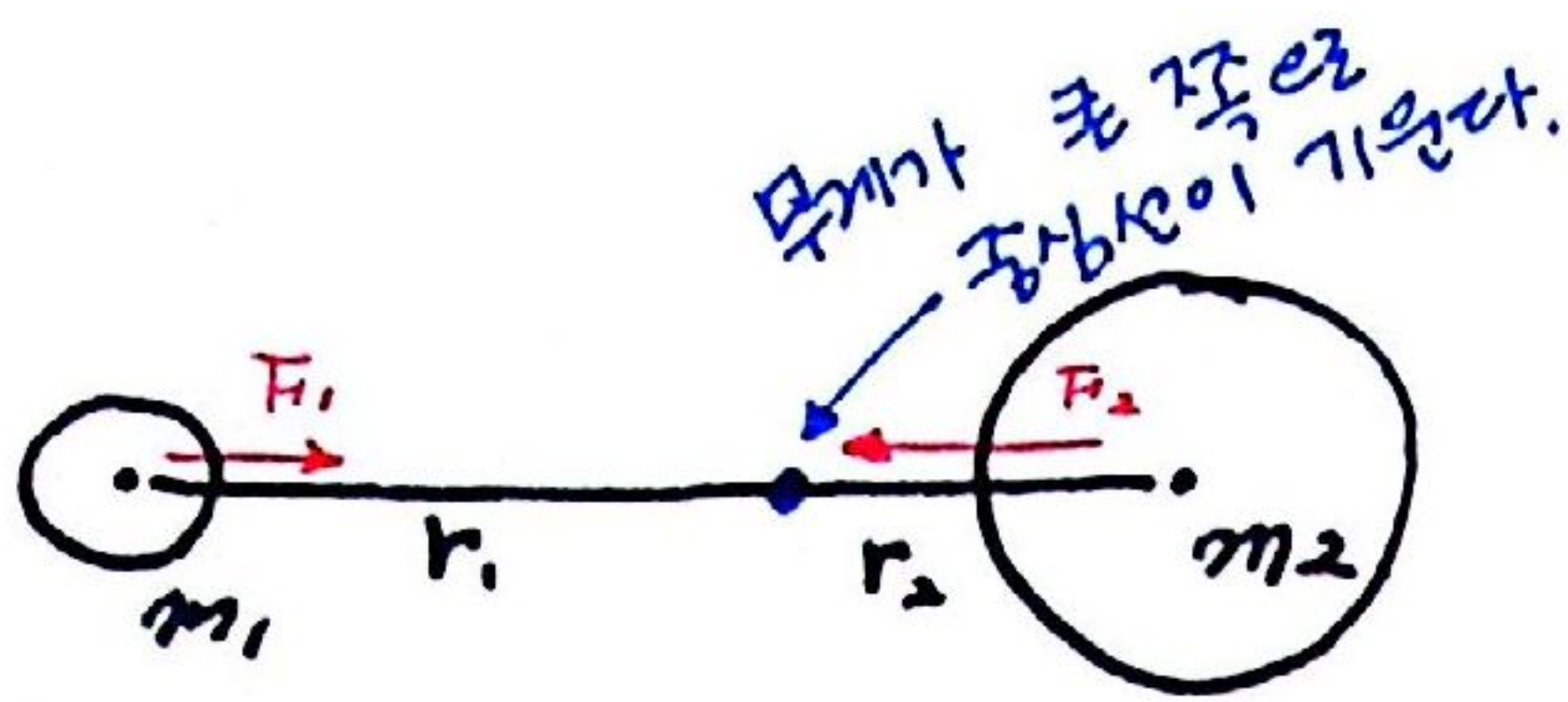
그리고 원운동의 공식을 생각해 낸다.

가속도

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v \Delta \theta}{\frac{\Delta s}{v}} = \frac{v \Delta \theta}{\frac{v \Delta \theta}{v}} = \frac{v^2}{r}$$

$$\sin \Delta \theta = \frac{\Delta v}{v}$$

$$\sin \Delta \theta \approx \Delta \theta \quad \Delta \theta = \frac{\Delta v}{v} \quad \Delta v = v \Delta \theta$$



$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

원을 한 바퀴 돌는데 걸리는 시간으로 나누어 주면 속도가 나온다.

$$F_1 = m_1 \frac{v_1^2}{r_1} = \frac{m_1}{r_1} \left(\frac{2\pi r_1}{T} \right)^2 = \frac{4\pi^2 m_1 r_1}{T^2}$$

$$F_2 = m_2 \frac{v_2^2}{r_2} = \frac{m_2}{r_2} \left(\frac{2\pi r_2}{T} \right)^2 = \frac{4\pi^2 m_2 r_2}{T^2}$$

같은 반작용 대입

$$F_1 = F_2$$

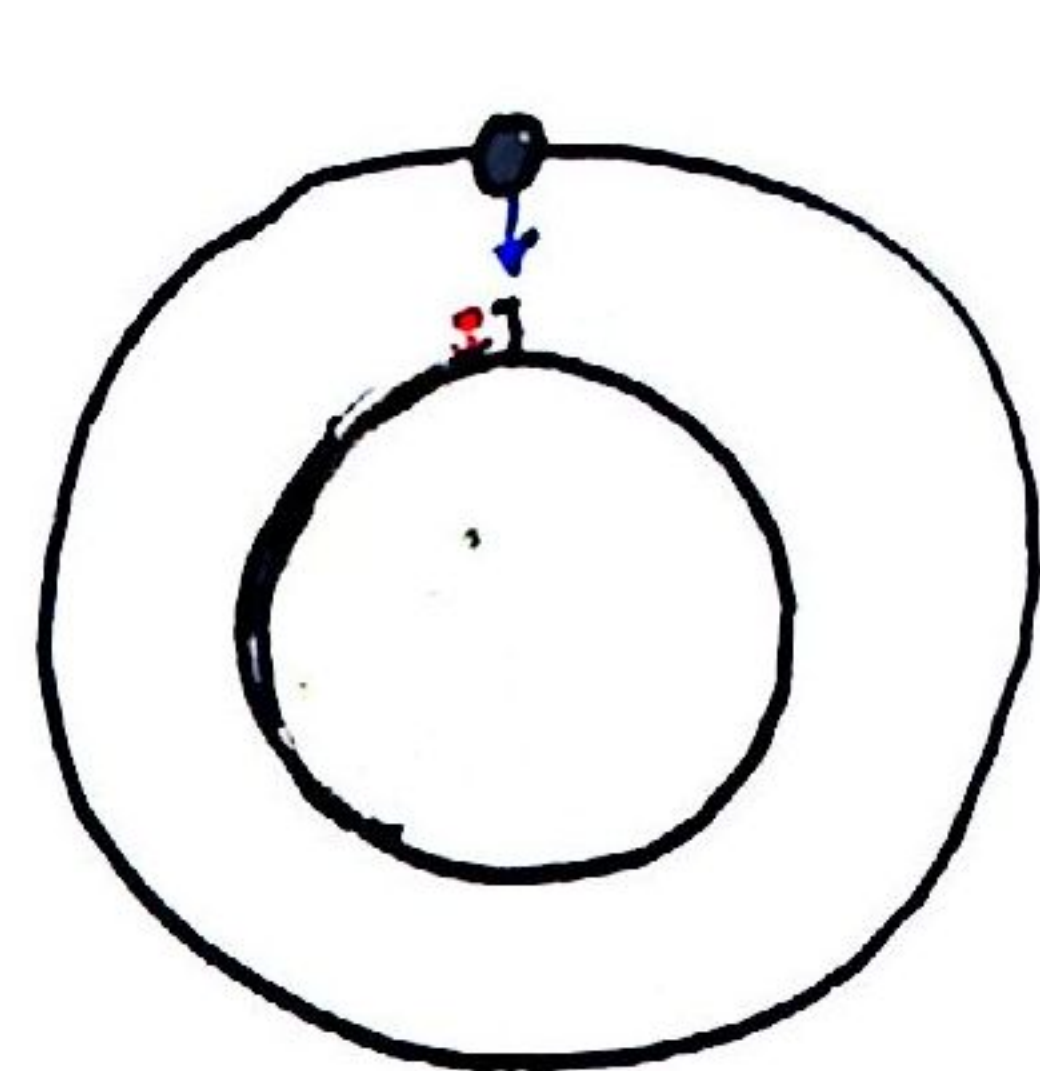
$$m_1 r_1 = m_2 r_2$$

$$r_1 + r_2 = a \quad r_2 = a - r_1$$

$$m_1 r_1 = m_2 (a - r_1) \quad (m_1 + m_2) r_1 = m_2 a$$

$$r_1 = \frac{m_2 a}{m_1 + m_2}$$

$$F_1 = \frac{4\pi^2 m_1 r_1}{T^2} = \frac{4\pi^2 m_1}{T^2} \left(\frac{m_2 a}{m_1 + m_2} \right) = \frac{4\pi^2 m_1 m_2 a}{T^2 (m_1 + m_2)} = \frac{2\pi^2 m a}{T^2 M}$$



$$\frac{1}{60} \quad \frac{1}{3600}$$

$$2.1 \times 10^3 \text{ m/sec}$$

$$F_1 = \frac{4\pi^2 m_1 m_2 a}{T^2 (m_1 + m_2)} \equiv \frac{4\pi^2 m a}{T^2 M} \quad \text{지중대}$$

만유인력의 공식은 달의 중력 가속도를 구하자 하는데서 나왔다.

$$F_1 = \frac{4\pi^2 m_1 r_1}{T^2} = \frac{4\pi^2 m r^2}{T^2 a^2} = 4\pi^2 k \frac{m}{a^2}$$

케플러 법칙을 이용해서 a^2 은 바뀐다.

$$F_{sun} = 4\pi^2 k_s \frac{m}{a^2}$$

$$F_{earth} = 4\pi^2 k_e \frac{m}{a^2}$$

$$4\pi^2 k_s = G M_s$$

6쪽에 태양의 질량이 관련되어 있다.

$$4\pi^2 k_e = G M_e$$

지구의 질량이 포함되어 있다

$\Rightarrow G$ 의 값이 같다.

중력의 P.E를 벗어 나는데 Energy가 필요. K.E가 P.E를 벗어 나면 벗어날 수 있다.

$$F = \frac{G M m}{r^2}$$

오른쪽 질량 M
왼쪽 질량 m
Force

$$U = \int \frac{G M m}{r^2} dr = -\frac{G M m}{r}$$

각속도

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 = U = \frac{G M m}{R}$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{2 G M}{R}}$$

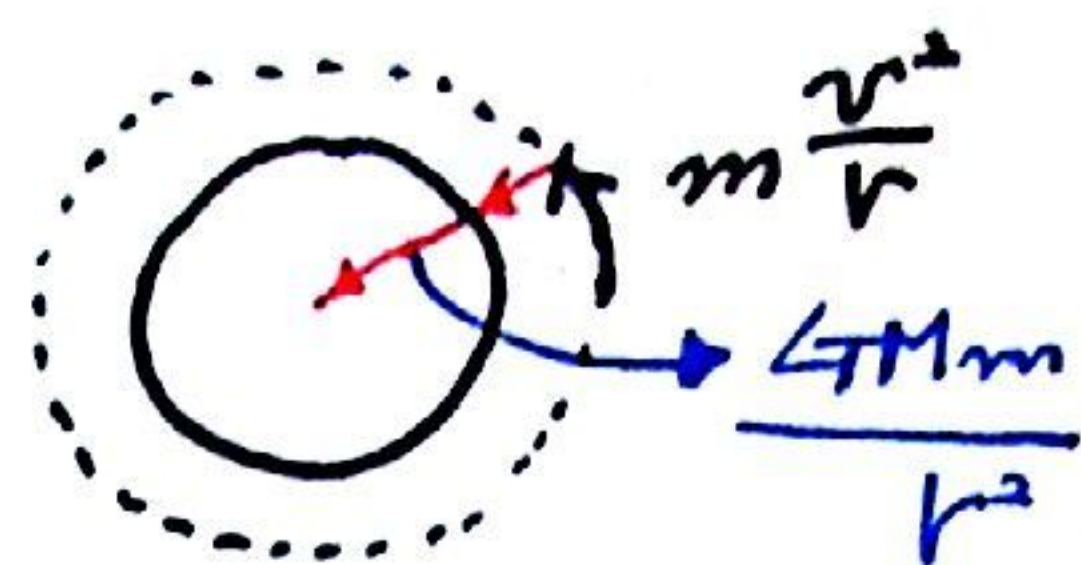
$$11.2 \text{ km/sec}$$

$$= \left(\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24} \text{ kg}}{6390 \times 10^3 \text{ m}} \right)^{1/2}$$

$$= 11.2 \text{ km/sec}$$

궤도 속도 $\Rightarrow m \frac{v^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

\nearrow 만유인력 상수
 \nearrow 지구 질량 상수
 \nearrow R의 값에 따라 값이 달라진다.



달 1km/sec
 (자연상태)
 저궤 위성 3km/sec ($R=3000$ km)
 고궤 위성 8km/sec

고궤 위성, 백색 왜성은 반지름이 작을수록

고궤가 더 크다.

항속 속도 $V \rightarrow C$

속도를 광속으로 바꾸면

$C^2 = \frac{2GM}{R} \rightarrow R = \frac{2GM}{C^2}$

$= \frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \times 2 \times 10^{30} \text{ kg}}{(3 \times 10^8 \text{ m/sec})^2}$
 \nearrow 만유인력 상수
 \nearrow 태양 질량
 지름

$= 3 \text{ km}$
 태양이 3km가 되면 블랙홀이 된다.

$10^{19} \text{ kg/m}^3 = 10^{13} \text{ kg/cm}^3$

$= 10^{10} \text{ ton/cm}^3$

"소용위에서 100억 톤"

100억 ton의 무게가 실린다.

◎ 별의 등급

별의 등급은 1등급, 2등급 을 나뉜다

기원은 무엇으로 나뉘었을까?

절대 등급
 \Rightarrow 36.6 광년에서 두었을 때의 밝기

눈으로 등급을 나뉘지 않았다. photon detector를 이용하였다. 전자 장비에

들어온 광자 양이 강도로 측정된 결과이다. 그 단위를 플럭스라 한다.

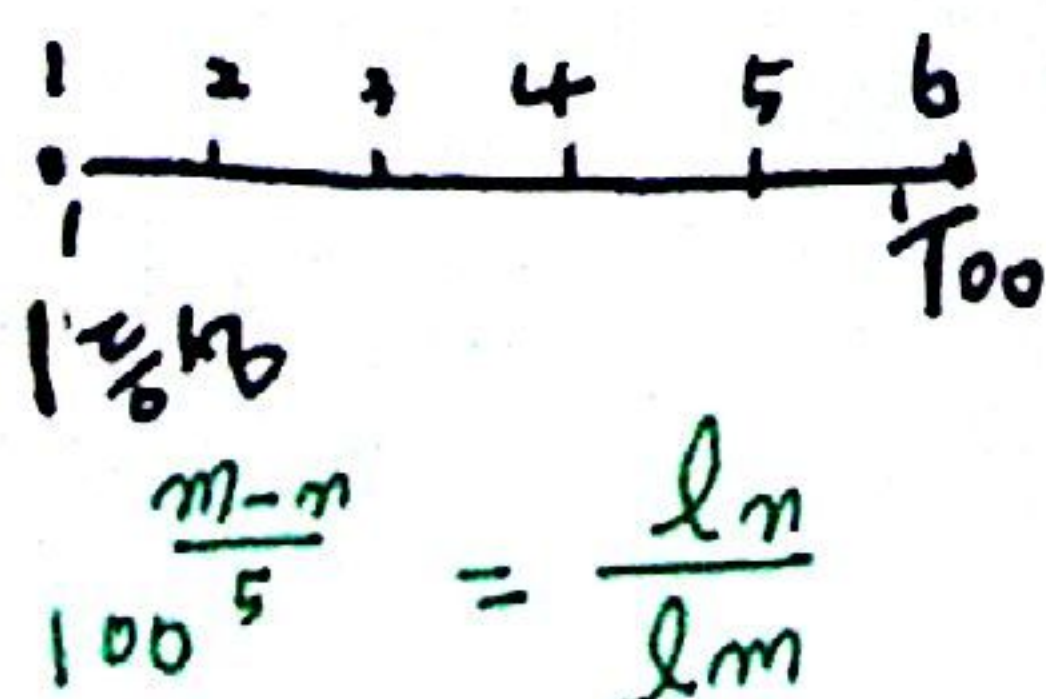
1등급 \rightarrow 6등급

밝기 차이가 100배

$\log \frac{I_m}{I_n} = \log_{100} 5 = \frac{m-n}{5} \log 10^2 = \frac{2(m-n)}{5}$

$m-n = 2.5 \log \frac{I_n}{I_m} = 2.5 \log \left(\frac{d}{d_n} \right)$
 \nearrow 거리 바꾸면

$m-M = 5 \log \left(\frac{d}{10 \text{ pc}} \right)$
 \nearrow 절대 등급
 \nearrow 거리



겉보기 등급
 $m = 2$

절대등급

$M = -8$

겉보기 등급이 '2'면 절대등급은 -8이 된다.

겉보기와 절대등급을 알면 지구에서 거리를 알 수 있다.

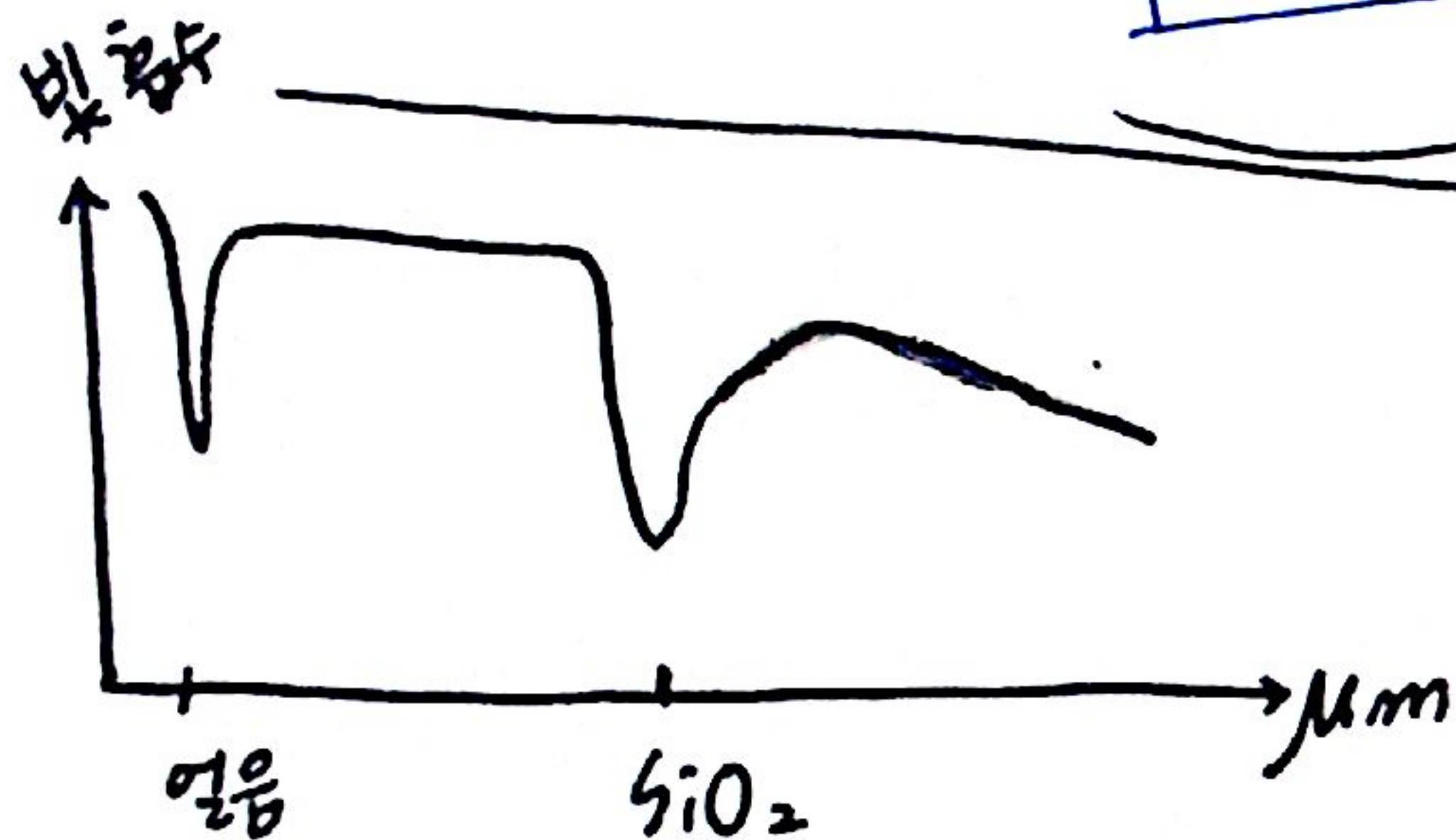
$$m - M = 5 \log \frac{d}{10 \text{ pc}}$$

$$2 - (-8) = 5 \log \frac{d}{10 \text{ pc}}$$

$$2 = \log \frac{d}{10} \rightarrow \frac{d}{10} = 10^2$$

$$d = 10 \times 10^2$$

$$\boxed{\text{pc} = 10^3 \text{ pc}}$$



100 AU 정도 크기의 성간 물질이 종종 두꺼워지면서 자리가 채웠다. 약 2,000 만년 동안
보인 결과이다.

빛이 흡수되는 물질이 있다는 것은 그 물질이
공간에 있다는 것이고, 그 공간이 종종 두꺼워져
행성이 된다.

$$\boxed{2 \text{ kpc}}$$

당 1 등급

1 등급

$$10 = 5 \log \frac{r}{10} + 0.002 r$$

$$2 = \log \frac{r}{10} + 0.0004 r$$

$$\log \frac{r}{10} = 2 - 0.0004 r$$

$$r = 10 \times 10^{2 - 0.0004 r}$$

$$r = 580 \text{ pc}$$

성간 물질이
들어간
빛은 흡수된
특징값이다.

과거에는
10 등급을
모르셨다.

그러나 실제 측정한 성간 물질이 많은
상태이다. 특징값이 580 pc로 되어
있고 크기가 작았다. 그러나 우리의
크기는 10^3 pc 이다.

1 AU를 구하는 방법은

중성이 태양을 지나는 궤도를
찾는 것이다.

꼭 신장도 이 행성을 찾기
위해 시계일대를 하는 것이다.

태양이 우리 은하계에서

8.5 kpc 떨어져 있다.

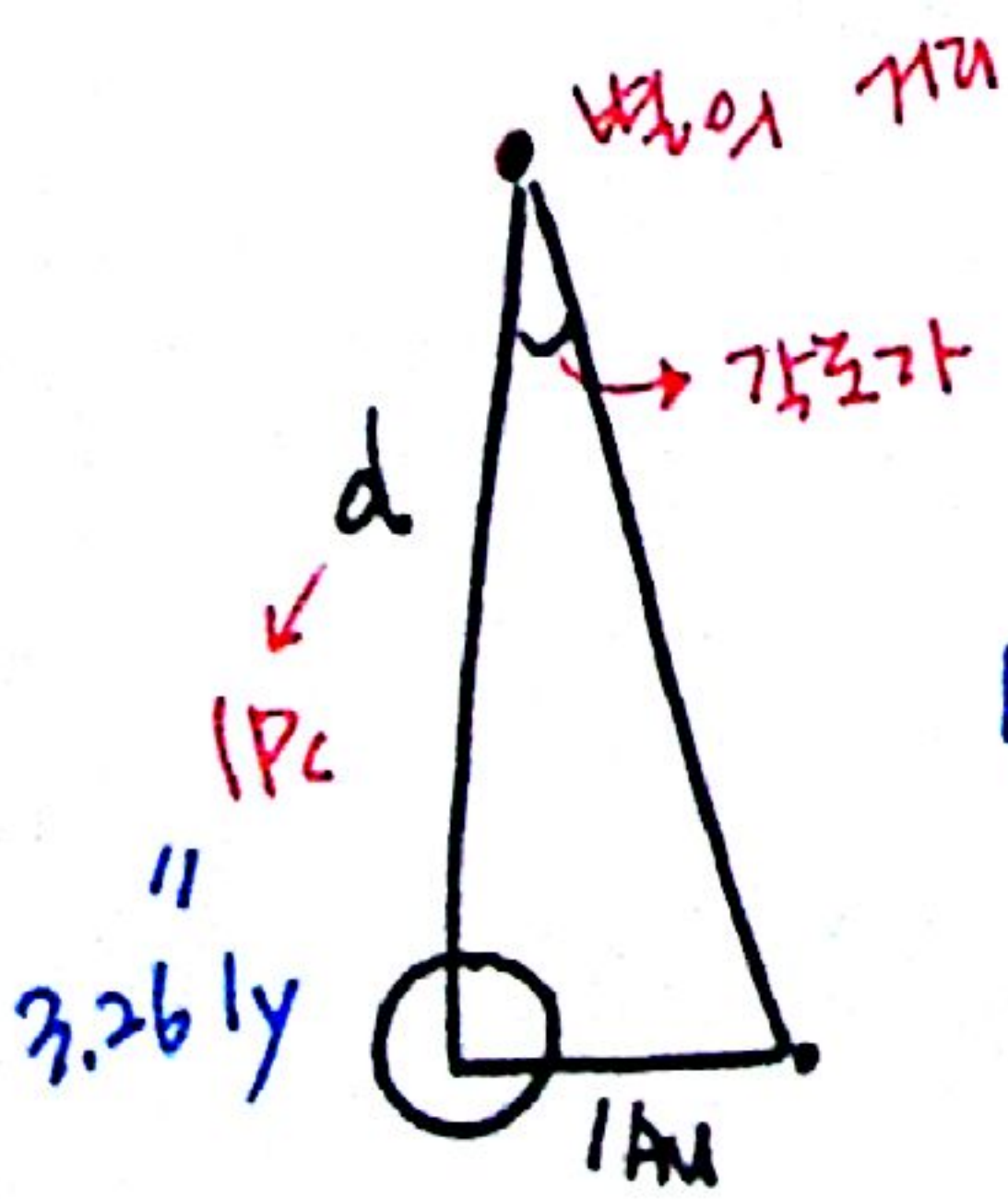
행성을 이야기 하는 것은 바로 앞의

사람들의 거리를 말하는 것이고,

별의 거리를 말하는 것은 마치 은하에서

마치의 거리를 이야기 하는 것과 같다.

행성과 태양의 거리를 논해야 한다.



1" 일때 거리가 1 pc 이다.

$$1 \text{ pc} = 2.1 \times 10^5 \text{ AU}$$

$$= 206265 \text{ AU}$$

은하계에서 태양의 거리 \rightarrow 은하계를 중심으로 부터
 8.5 kpc , 220 km/sec 회전 속도

$$F = m \frac{v^2}{r} = \frac{G m M}{r^2}$$

$$M = \frac{r^2}{G m} \cdot m \frac{v^2}{r} = \frac{r v^2}{G}$$

$$= \frac{(8.5 \times 10^3 \times 2 \times 10^5 \times 1.5 \times 10^{11} \text{ m})(220 \times 10^3 \text{ m/s})^2}{6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}}$$

$$= 1.9 \times 10^{41} \text{ kg} \rightarrow \frac{1.9 \times 10^{41}}{2 \times 10^{30}} \approx 10^{11} M_{\odot}$$

\rightarrow 그래서 1000억개의 태양 질량이 있다.

1000억개의 별이 있다.

은하계에 1000억개 있다.

은하계 중심에

10^{16} m , 200 km/sec
거리 속도

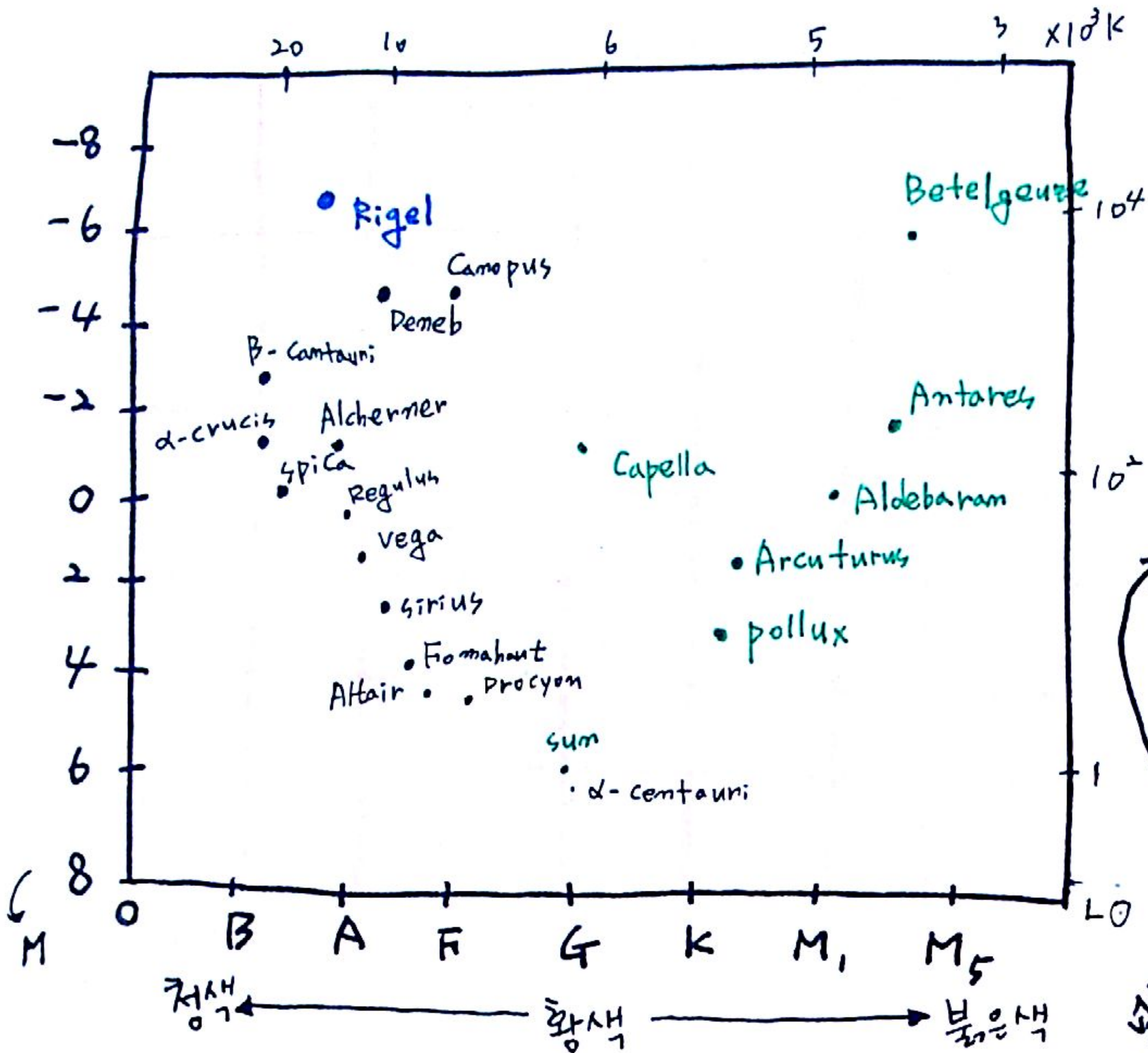
$$F = \frac{r v^2}{G}$$

$$= \frac{(10^{16} \text{ m})(200 \times 10^3 \text{ m/s})^2}{6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}}$$

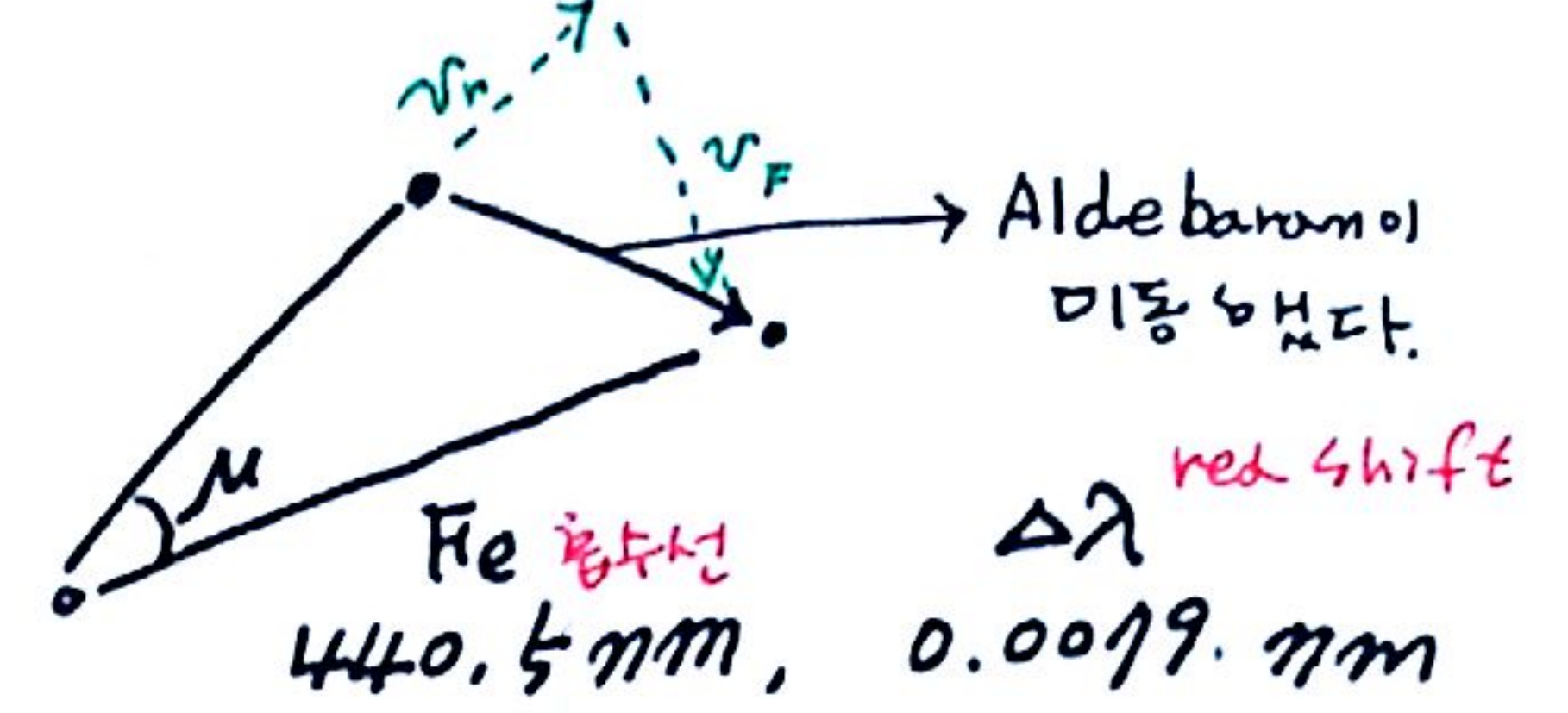
$$= 6 \times 10^{36} \text{ kg} \Rightarrow \frac{6 \times 10^{36}}{2 \times 10^{30}} = 3 \times 10^6 M_{\odot}$$

\rightarrow 은하계 중심에 별이 300만개가 있다.
 약 1Au 거리에 300만개의 별이 있다는 의미는
 블랙홀이 중심에 있다는 말과 같다.

H-R 도표.

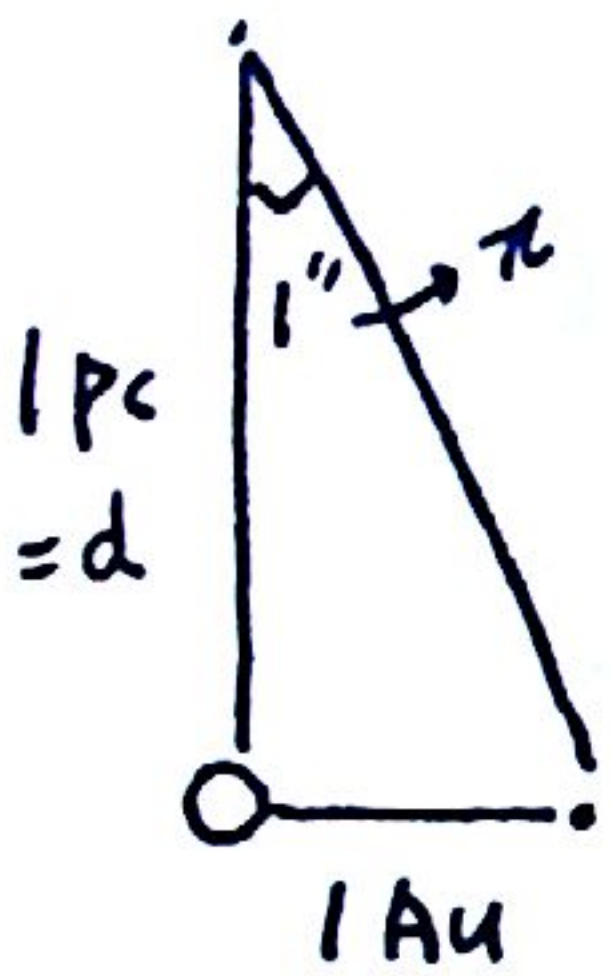


Aldebaran



$\pi = 0.048''$ $\mu = 0.20''/\text{year}$

$\sin \mu = \frac{v_x}{d} \rightarrow v_x = \mu d$
 $v_x = \frac{\mu''}{\pi''} = \frac{4.74 \times 0.2}{0.048} \text{ km/s} = 20 \text{ km/sec}$



태양에서 지구를 1 AU 라고 했을 때
 1'' 에 놓여 있는 거리를 1 pc 라 한다.

베네트 별 고유운동

$\Rightarrow 10.3''/\text{year}$

\Rightarrow 보름달 반 가다. (가깝다는 의미이다.)
 (90년 정도면)

항이 천문학을 정해 놓은 이유는 항성이 별처럼 움직이지 않기를 바라는 것이다.
 고대 천문학에서 정해진 별자리가 지금과 다른 이유가 별이 이동했기 때문이다.

별이 지구와 같은 선상에
 있으면 도플러 법칙을 집어 넣는다.

$\lambda = (c+v)\tau = (c+v) \frac{1}{\nu_0}$
 $= c(1+\frac{v}{c}) \frac{1}{\nu_0} = \frac{c}{\nu_0} (1+\frac{v}{c})$
 $= \lambda_0 (1+\frac{v}{c})$

$\frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$ $v = \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} c$

$= \frac{0.0019 \text{ nm}}{440.5 \text{ nm}} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
 $= 54 \text{ km/sec}$

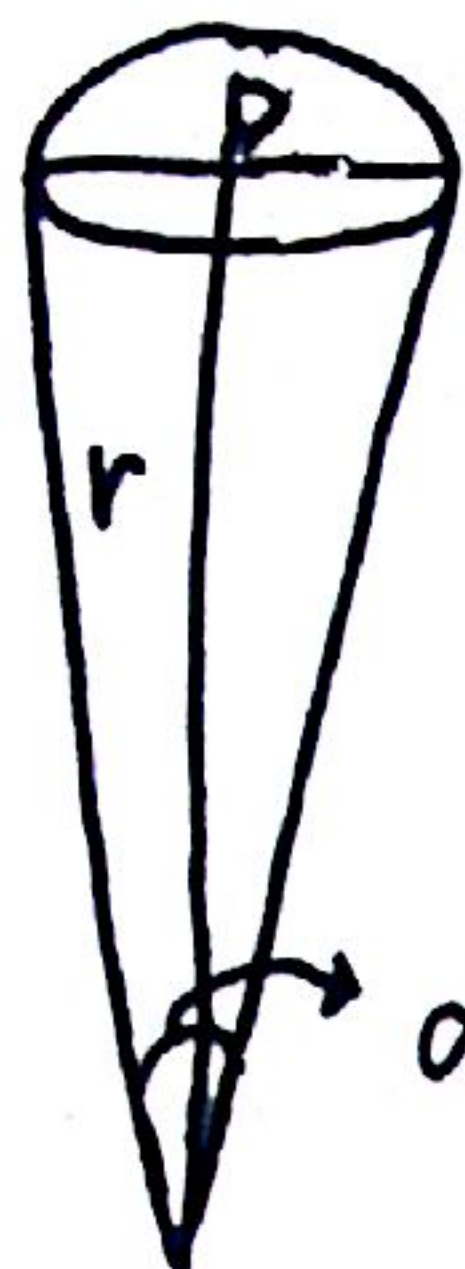
$V = \sqrt{V_x^2 + V_r^2} = \sqrt{20^2 + 54^2} = 58 \text{ km/sec}$

Arcturus

천문학에서 천변저해 별망은 아무리 봐도
점으로 보인다느 사설이다.

$$F = 4.5 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$$

플라즈마



$$\sin \alpha \approx \alpha = \frac{D}{r} = \frac{2R}{r} = 0.02^\circ$$

Arcturus의
전체 크기 R
→ 드레퍼만 별망만 광학
망은 플랑크 광학을 적용한 광학이다.

$$F = \frac{L}{4\pi r^2} = \frac{4\pi R^2 \sigma T_e^4}{4\pi r^2}$$

플라즈마
단위 면적당
빛의 세기

$$= \left(\frac{R}{r}\right)^2 \sigma T_e^4$$

망원경 하는 것은

Arcturus까지의 거리라 지름이다.

$$1'' = 4.85 \times 10^{-6} \text{ rad}$$

$$T_e^4 = \frac{F}{\left(\frac{R}{r}\right)^2 \sigma} = \frac{4.5 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}}{(0.01'')^2 \times 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}}$$

$$(4.85 \times 10^{-6})^2$$

와트 미터 온도

σ 값

플라즈마 값과 "의 값과 σ 값을

이용해 Arcturus의 온도를

계산할 수 있다.

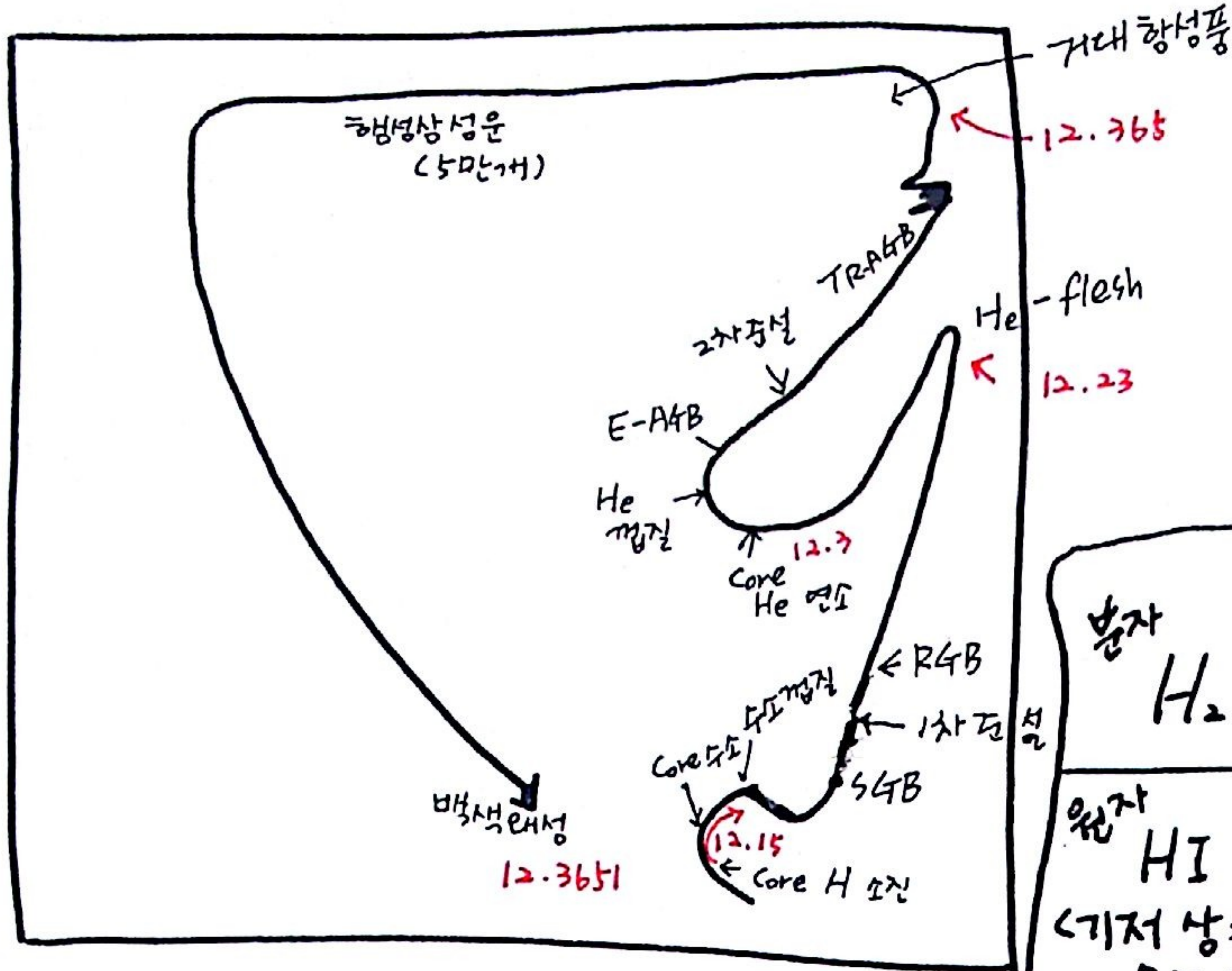
$$T_e = 4,300 \text{ K}$$

"천문학은 보원적 틀을 제공해 준다.


거시적 관점을 준다."

인간의 구조물이 사라지고, 구름도 강도 산마저 사라진 공간에 자신을
보면의 모습 속에 노출시킬 때 나는 보원적 상태에 놓이게 된다.
지구상에 그런 장소가 매우 드물다. 서호주 마블바가 그런 장소이다.
인간의 빛빛도 사랑의 흔적도 없는 공간, 거기서 보원의 나를 만난다.

- 박문호 박사 -



$\log T_e$

종자	온도	개수	부피	질량
H_2	10k	$10^3/cm^3$.	45%
원자 HI (기저 상태 상태)	100k	$20/cm^3$.	25%
	6,000k	.	20%	20%
HII	8,000k	.	10%	.
고온에 의한 이온화	10^6k	.	70%	.

「성간기체 성분 비율」

