

III. 천체와 우주

$E = \sigma T^4$ ϵ : 단위 시간 당 단위 면적 당 방출하는 복사 ㉔

$\lambda_{max} = \frac{\alpha}{T}$ α : 빈의 변위 상수

㉔ 자외선 \leftarrow 가시광선 \rightarrow 적외선 \rightarrow 파장 길어짐
 $0.4 \mu m \sim 0.7 \mu m$

㉔ 색지수 = 사진등급 (B) - 안시등급 (V) * 둘다 겉보기 등급 *

㉔ 표면온도 \uparrow ... 색지수 \downarrow

㉔ 별의 [기]를 구성하는 원자 별들마다 비슷하지만, 별의 표면온도에 따라 원소가 이온화된 정도가 다르므로 특정 흡수선이 나타남

	(A0) [*]						
	O	B	A	F	G	K	M
색	푸		백		노		붉
색지수	\leftarrow	\ominus	0	\oplus			\rightarrow
흡수선	He II	He I	H I		금속 선 (Ca II)		불자선

\rightarrow 흡수선이 복잡하게 나타남

고온 $\xrightarrow{\hspace{10em}}$ 저온

㉔ 슈테판 - 볼츠만 법칙 : $E = \sigma T^4$

㉔ $L = R^2 T^4$

㉔ 광도: 별(표면 전체)에서 단위시간당 방출하는 !!

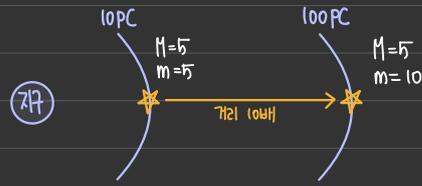
㉔ 등급이 작을수록 밝은거임 !!

㉔ 별의 밝기와 등급 차

- 1등급차이 = 2.5배
- 2등급차이 = (2.5)²배
- 2.5등급차이 = 10배
- 5등급차이 = 100배
- 10등급차이 = 10000배

㉔ 겉보기 밝기 $\propto \frac{\text{광도}}{(\text{거리})^2}$ *

* M = 절대등급, m = 겉보기등급

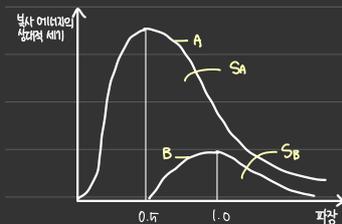


\downarrow 겉보기 밝기 $\propto \frac{\text{광도}}{(\text{거리})^2}$ 이므로 거리 10배 \Rightarrow 겉보기 밝기 $\frac{1}{100}$ 배 !! \Rightarrow 겉보기 등급이 +5

㉔ $m > M$ 인데, 5등급차이 \Rightarrow 100pc 거리

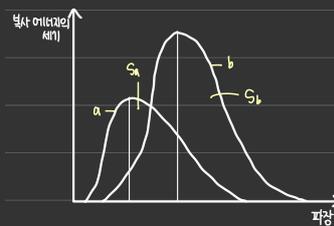
10등급차이 \Rightarrow 10000pc 거리

㉔ 별에서 단위 시간 동안 "단위 면적 당" 방출하는 복사 에너지의 상대적 세기 그래프 = 플랑크 곡선 (두 곡선이 서로 만나지 않는다.)



- $\lambda_{max} = A:B = 1:2$
- 표면온도 = $A:B = 2:1$
- 그래프 밑 면적의 비 = $A:B = 16:1$

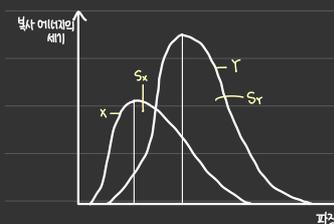
㉔ 별에서 단위 시간 동안 방출하는 복사 에너지의 세기 그래프 \Rightarrow 광도 곡선



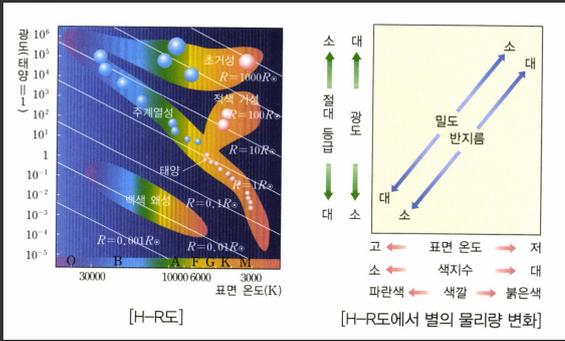
- $\lambda_{max} : a < b$
- 표면온도 : $a > b$
- 광도 : $a < b$
- 크기 : $a < b$

\rightarrow 표면온도 $a > b$ 인데 광도 $a < b$ 인 것은 별의 크기의 차이가 표면온도의 차이보다 극명하게 드러나기 때문이다.

㉔ 지구에서 관측한 별의 복사에너지의 세기 그래프 \Rightarrow 겉보기 밝기



- $\lambda_{max} : x < y$
- 표면온도 : $x > y$
- 겉보기 밝기 : $x < y$



㉔ 광주계급

· 초거성 (I) 거성 (III) 주계열성 (V) 백색왜성 (VII)

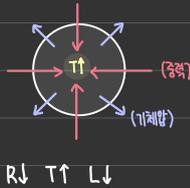
㉕ 분광형 (표면온도) 이 같더라도 $R \uparrow \dots d \downarrow \rightarrow$ 흡수선의 선폭 \downarrow

\Rightarrow 동일 표면온도일때 반지름이 큰 거성이 주계열성보다 선폭이 좁다.

㉖ 태양 광도의 10^4 배 이상 \Rightarrow 대부분 초거성

[원시별 \rightarrow 주계열성]

- (1). 저온·고밀도 상태
- (2). 중력 > 기체압
- (3). 주에너지원 : 중력축색에너지

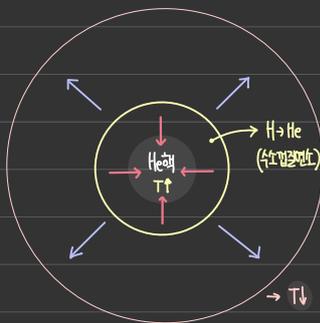


[주계열성]

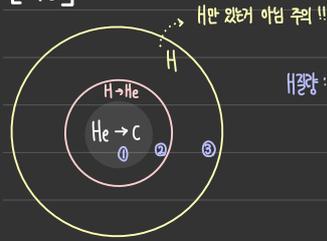
- (1). 중력 = 기체압 (정역학 평형)
- (2). 주에너지원 = H 핵융합반응 (중심핵)
- (3). H-R도의 왼쪽 상단으로 갈수록 : 질량 \uparrow $L \uparrow$ $R \uparrow$ $T \uparrow$ 수명 \downarrow

[주계열성 \rightarrow 거성]

- (1). 중심핵 : 중력 > 기체압 (수축)
- (2). 표면 : 중력 < 기체압 (팽창)
- (3). He 핵융합 X



[거성]



H경량 : ① < ② < ③

㉗ 백색왜성 : 주로 C·O 구성, 핵융합반응 X

㉘ 태양장도의 질량을 갖는 별

원시별 \rightarrow 주계열성 ($4H \rightarrow He$) \rightarrow 적색거성 ($3He \rightarrow C+O$)
 \rightarrow 맥동변광성 \rightarrow 행성상 성운 \rightarrow 백색왜성 (C+O)

㉙ 질량이 매우 큰 별 (8M_☉ 이상)

주계열성 \rightarrow 초거성 (중심핵 Fe) \rightarrow 중성핵 중력 붕괴 \rightarrow 초신성 폭발
 \rightarrow 중성자별 · 블랙홀

㉚ 별 내부에서 만들 수 있는 원소는 Fe 까지.

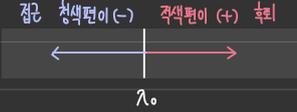
더 무거운 원소는 초신성 폭발을 통해 생성

㉛ 밀도 : 백색왜성 < 중성자별 < 블랙홀

㉜ 크기 : 백색왜성 > 중성자별 > 블랙홀

⑥ $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$

$V_r = C \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$



⑦ 공전주기 · 공전방향 \Rightarrow 별 \ominus 행성

⑧ 공전속도 \Rightarrow 별 < 행성

⑨ 질량비 = 100 : 1 일때

공통질량중심까지의 거리 비 = 1 : 100 (공전속도)

⑩ 중심별의 최대 편이량에 영향을 주는 요인

(1). 행성의 질량이 클수록 (공통질량중심이 행성 쪽으로 이동) 별의 공전 속도가 커짐 \Rightarrow 최대 편이량 증가

(2). 별과 행성의 거리가 가까울수록 만유인력이 커짐 만유인력이 클 경우 (구심력 증가) 별의 공전 속도 커짐 \Rightarrow 최대 편이량 증가

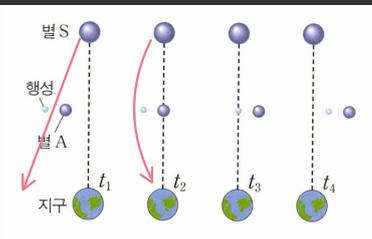
⑪ 별이 후퇴할때 행성 접근

별이 접근할때 행성 후퇴

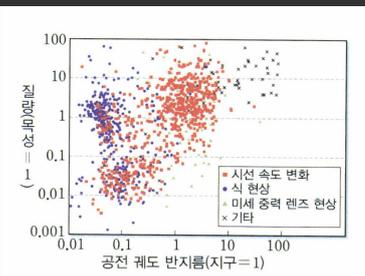


* 식현상을 통해 행성의 대기 성분을 알 수 있음

미세 중력 렌즈 현상



⑬ 뒤쪽별 - 앞쪽별 - 지구'가 일직선 상에 있을 때 뒤쪽별의 밝기가 최대로 나타남.



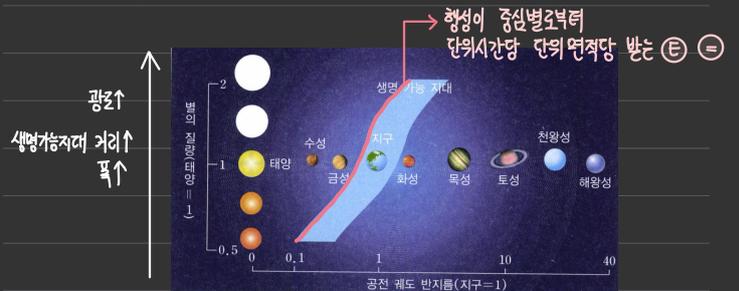
정리 외계 행성 탐사 방법의 특징

탐사방법	특징	별과 행성 사이의 거리	행성의 질량, 반지름	주기적인 반복
중심별의 시선 속도 변화	θ 가 작을수록(나란할수록) 유리하다.	작을수록 유리하다.	행성의 질량이 클수록 유리하다.	○
원리	θ 가 작을수록 중심별의 시선 속도가 증가한다. $\rightarrow \theta$ 가 90°일 경우 시선 속도가 나타나지 않는다.	질량이 일정할 때 별과 행성 사이의 거리가 작을수록 공전 주기가 짧고, 공전 속도가 빠르다.	행성의 질량이 클수록 공통 질량 중심이 행성쪽으로 이동하여 별의 공전 속도가 빨라진다.	별과 행성이 공통 질량 중심을 공전하므로 주기적으로 반복된다.
식 현상	θ 가 작을수록(나란할수록) 유리하다.	작을수록 유리하다.	행성의 반지름이 클수록 유리하다.	○
원리	θ 가 작을수록 행성이 별을 가리는 식이 나타날 가능성이 높다.	공전 주기가 짧아서 식 현상이 자주 나타나므로 관측에 용이하다.	식 현상에 의해 어두워지는 비율은 별의 면적에 대한 행성의 면적에 의해 결정된다. 따라서 행성의 반지름이 클수록 별을 가리는 면적이 더 뚜렷하게 나타난다.	행성이 공전하므로 주기적으로 별을 가리게 된다.
미세 중력 렌즈 현상	θ 가 수직이라도 가능하다.	다른 탐사 방법에 비해 멀수록 유리하다.	다른 조건이 일정할 때, 행성의 질량이 클수록 유리하다.	×
원리	앞쪽 별과 별을 공전하는 행성의 중력에 의해 뒤쪽 별빛이 굴절되어 들어오므로 θ 가 수직이라도 상관 없다.	다른 탐사 방법에 비해 상대적으로 멀수록 유리하다.	다른 조건이 일정할 때, 행성의 질량이 클수록 행성의 중력이 커서 행성에 의한 밝기 변화가 뚜렷하게 나타난다.	별이 렌즈 효과를 일으키고 지나가면 이 별은 다시 돌아오기 어려우므로 주기적인 밝기 변화가 나타나지 않는다.

⑭ 케플러 제3법칙 : $P^2 \propto a^3$

P : 공전주기 a : 별과 행성 사이의 거리

⑮ 생명가능지대



⑯ 생명체 조건

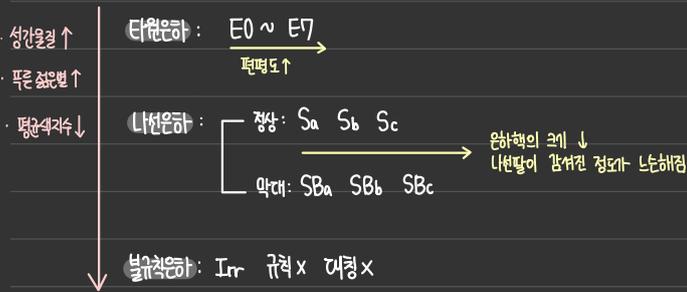
1. 생명가능지대 ○ (H2O가 액체 상태로 존재)

2. 별질량 ↑ ... 수명 ↓ ... ×

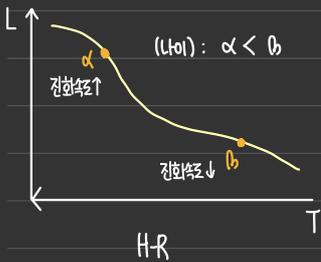
★ 3. 별질량 ↓ ... 수명 ↑ (= 행성이 생명가능지대에 있는 기간 ↑)

별 (주계행성) → 별과 행성 사이의 거리 매우 가까워짐 \Rightarrow 만유인력에 의해 돌궂기처럼 발생!! \Rightarrow 생명체 die

↓
밑도 적당하게 좋다 !!



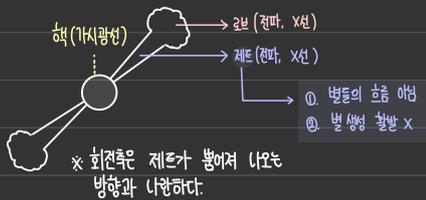
④ 허블의 은하 분류: 1차원적으로 관측되는 형태에 따라 구분한 것



⑤ 나선은하: 나선팔: 푸른색 젊은별, 성간물질 (성운)
 중앙팽대부: 붉은색 늙은별

⑥ 전파은하

형태: 타원은하 (붉은색 늙은별)



⑦ 세이퍼트 은하

형태: 나선은하

특징: 일반은하에 비해 중심부의 광도 ↑ ... 선풍(붉은 방출선)이 넓게 나타남



⑧ 퀘이사

형태: 점 (별처럼 보임)

- 특징: ① 크기가 매우 작다
- ② 매우 멀리 있다 (우주 초기 모습 관찰)
- ③ 에너지 방출량 큼
- ④ 적색편이 매우 크게 나타남

(4) 특이 은하의 특징 비교

형태(모양)	스펙트럼	중심핵의 밝기	블랙홀 존재	방출 에너지
세이퍼트 은하	나선 은하	넓은 방출선	일반 은하에 비해 밝다.	있다.
퀘이사	점상	넓은 방출선	중심부의 밝기 전체의 밝기 가 세이퍼트 은하보다 밝다.	있다.
전파 은하	타원 은하	-	-	있다.

→ 다른 일반 은하는 스펙트럼에서 흡수선이 많이 나타나는데 비해 특이 은하는 방출선이 잘 나타나는 특징이 있다.

⑨ 충돌은하

- 은하가 충돌하더라도 내부에 있는 별들이 서로 충돌하는 일은 거의 없음
- 은하들이 충돌할 때 많은 별 탄생 · 은하 형태 변화

⑩ 허블법칙 → 우주팽창



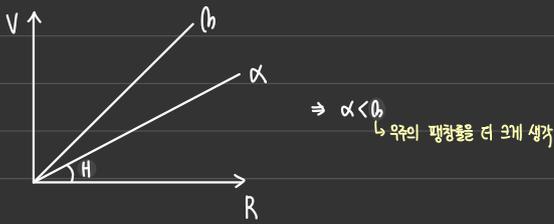
$$V = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

$$V = H \cdot R$$



- 은하와 은하 사이의 거리 멀어짐 (별 아니고 은하 !!)
- 우주의 중심은 없다. (V = 상거속도)
- $V \propto R$

④ 허블상수 $H = \frac{v}{R} = \frac{\text{km/s}}{\text{Mpc}} = \text{km/s / Mpc}$
 우주의 팽창률



⑤ 우주의 나이 (t) : $H = \frac{v}{R}$, $\frac{1}{H} = t$

⑥ 우주의 크기 (R) : $R = \text{우주의 나이} \times \text{빛의 속도 (c)}$
 $\Rightarrow R = \frac{c}{H} = \frac{1}{H} \times c$

구분	빅뱅 우주론	정상 우주론	
주창자	가모 등	호일 등	
특징	질량	빅뱅 이후 우주가 팽창하는 과정에서 우주의 총 질량에는 변화가 없다.	우주가 팽창하면서 새로 생긴 공간에 물질이 계속 생성되어 우주의 총 질량이 증가한다.
	밀도	팽창을 통해 부피는 커지지만 질량은 변화가 없으므로 우주의 밀도는 감소한다.	팽창을 통해 부피가 증가한 만큼 질량이 증가하므로 우주의 밀도는 일정하다.
	온도	시간이 지날수록 낮아진다.	시간이 지나도 일정하다.
	우주 팽창	두 이론 모두 우주가 팽창한다는 것은 인정하였다.	

⑤ 대폭발의 시점별 사건 요약 (빅뱅 후)

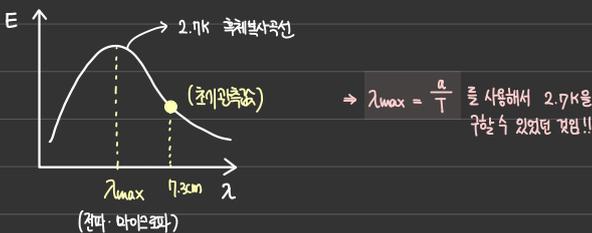
- 3분 후 : He 원자핵 형성
- ~ 약 38만년 : 불투명한 우주
- 약 38만년 후 :
 - ①. 우주 온도 약 3000K
 - ②. 투명 우주
 - ③. 우주 배경 복사 빠져나옴
- 시간이 지남에 따라 우주의 온도가 낮아져 우주 배경 복사는 현재 약 2.7K의 온도를 나타내는 파장으로 관측 됨

⑥ 우주 배경복사의 역사

펜지어스와 윌슨의 이상 관측 → 고비 망원경 → 다분류 망원경 → 플랑크 망원경

⑥ 대폭발 우주론 (= 빅뱅 우주론) 의 증거

1. 우주 배경 복사

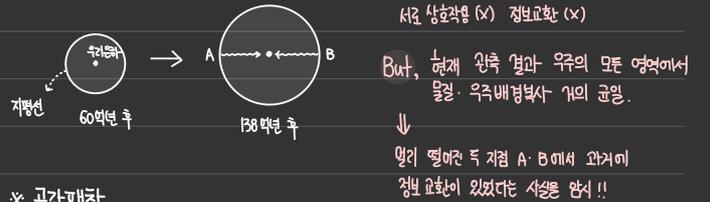


⑥ 우주 배경복사의 특징

- 모든 방향에서 비슷하다. 미세한 차이를 보인다.
 - 초기 우주의 미세한 밀도 차이가 있었다는 것을 의미하며, 이 밀도 차로 물결이 모여 별과 은하를 생성해낼 수 있었다.
- $H : He = 3 : 1$ (질량비)
 $H : He = 12 : 1$ (개수비)

⑥ 빅뱅 우주론의 한계

(1). 우주의 지평선 문제



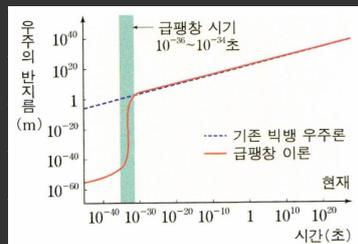
* 공간팽창



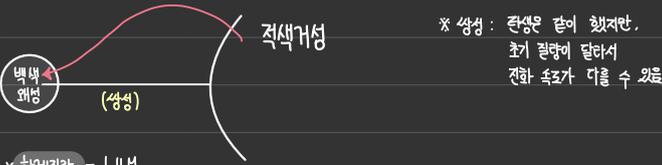
- 우주의 평탄성 문제 : 현재 관측 결과 우주는 완벽할 정도로 평탄하지만 빅뱅 우주론에서는 그 이유를 설명 x
- 자기 홀극 (자기 단극자) 문제 : 빅뱅 우주론에 따르면 빅뱅 초기에 거대한 자기 홀극이 생성되었다고 하는데 아직까지 발견되지 않음.

⑥ 급팽창 이론 (빅뱅 이론 보완)

- 평탄성 문제 : 빅뱅 후 단기간에 매우 크게 팽창 → 평탄할 수 있음
- 지평선 문제 : 빅뱅 후 10^{-36} 초까지 우주의 크기 < 우주의 지평선 → 우주 내부의 빛이 충분히 섞여 에너지 밀도 균일
- 자기 홀극 문제 : 우주가 급팽창 → 우주 > 우주 지평선 → 대폭발의 자기홀극은 우주의 지평선 너머로 흩어짐 → 우주 관의 자기밀도 ↓ ... 홀극 발견 x



㉔ 가속 팽창 우주

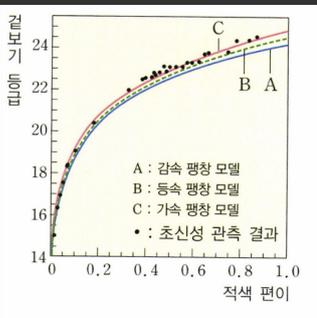
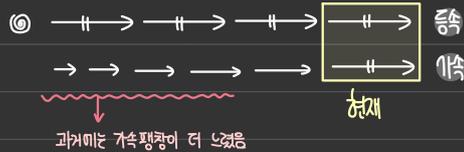


→ 넘어서면 폭발 ⇒ Ia형 초신성

→ 폭발 시 최대 광도가 모두 동일 (허블 상수가 1.4 Mpc/s 일어서)

$m - M = 5 \log r - 19$

↑ 일점 ↑



㉕ 우주의 역사 : 백색 이취 급팽창과 가속팽창 적용



- (1) 3분 : He 원자핵 생성
- (2) 38만년 후 : 원자핵 + 전자 = 중성원자 형성
투명우주 → 우주 배경 복사 방출
- (3) 현재 : 가속팽창 ing

㉖ 암흑 에너지 : 0. 척력의 작용 → 우주를 가속팽창시키는 구성 성분

	작용하는 힘	총량	밀도	차지하는 비율
보통물질	인력	양성	감소	감소
암흑물질	인력	양성	감소	감소
암흑에너지	척력	음수	일정	증가

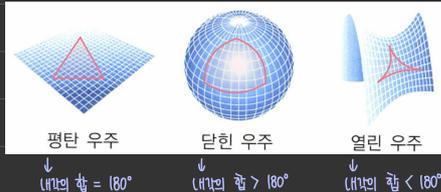
㉖ 보통물질 : 약 5% / 암흑물질 : 약 25% / 암흑에너지 : 약 70%

㉗ 우주의 미래

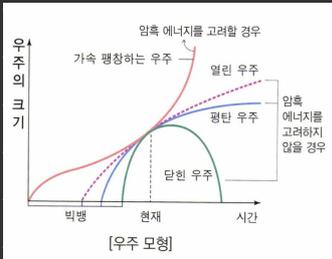
* 암흑밀도 : 평탄 우주의 밀도 즉, 우주의 속출이 0 이 되기 위한 밀도

[프린드만의 우주 모형] ~~~~~ 암흑 에너지 X ⇒ 인력만 작용한다고 생각 ⇒ 감속 팽창

- 열린우주 (우주밀도 < 암흑밀도) : 곡률 (-) 팽창속도 감소, But 인력 약해서 영원히 팽창
- 평탄우주 (우주밀도 = 암흑밀도) : 곡률 (0) 팽창속도 감소, But 팽창 멈추지 않음
- 닫힌우주 (우주밀도 > 암흑밀도) : 곡률 (+) 팽창속도 감소, 어느 시점에 수축
→ 재빅어거 (young)



* 우주가 어쨌든 힘도 작용하지 않는다면 우주는 영원히 가속 팽창 By 관성 ⇒ 평탄우주

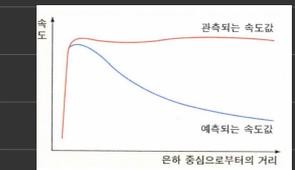


㉘ 보통물질 : 사람, 지구, 별, 은하, 양성자 등

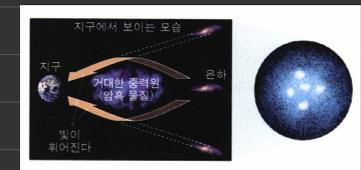
㉘ 암흑물질 : 빛 방출 X → 보이지 않음, But 질량 있어서 중력적 방법으로 존재 측정 가능 물질
전자기파로 관측되지 않음

[의 존재를 추정할 수 있는 현상]

0. 나선은하 회전 속도 곡선



0. 중력 렌즈 현상



암흑 에너지 = 물질 (보통 + 암흑) : 감속

암흑 에너지 < 물질 (보통 + 암흑) : 감속

암흑 에너지 > 물질 (보통 + 암흑) : 가속

