

〈오늘의 과학〉

1. 우주의 모습
2. 천체의 거리 측정
3. 스펙트럼과 도플러 효과
4. 허블 법칙과 우주의 팽창
5. 빅뱅 우주론

1. 우주의 모습

정적인 우주

아인슈타인, 뉴턴

- 우주는 전체적으로 균질하고 정지, 팽창도 수축도 하지 않는 정적인 상태

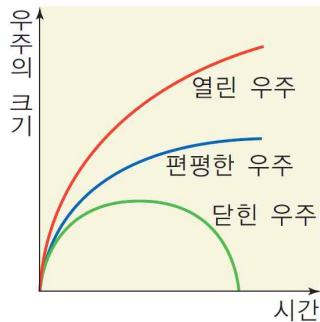
vs

동적인 우주

프리드만, 르메트르

- 우주는 팽창하고 있고, 밀도에 따라 3가지 모형이 있음
- 허블의 외부 은하 관측으로 증명됨

* 동적인 우주



[임계 밀도 : 우주의 팽창 속도가 0에 가까워질 때의 우주 밀도]

우주 밀도 < 임계 밀도 : 열린 우주, 영원히 팽창

우주 밀도 > 임계 밀도 : 편평한 우주, 팽창 속도가 0에 가까워짐

우주 밀도 = 임계 밀도 : 닫힌 우주, 어느 순간 팽창이 멈추고 수축

2. 천체의 거리 측정

1) 천문 거리 단위

1 AU (천문 단위)

지구~태양 평균 거리
(약 1억 4960만 km)

<

1 LY (광년)

빛이 1년간 간 거리
(약 9조 5천 억 km)

<

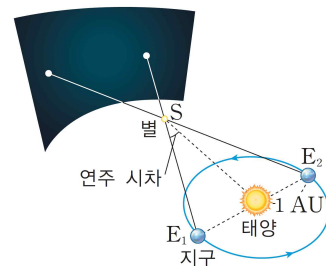
1 pc (파섹) = 3.26 LY

연주시차가 1"인 별까지의 거리

2) 천체의 거리 측정 방법

① ~300년 광년 : 연주 시차

$$r(pc) = \frac{1}{p''}$$



② ~5천만 광년 : 별의 등급(밝기) (*밝을수록 등급이 낮다!)

겉보기 등급

-

절대 등급

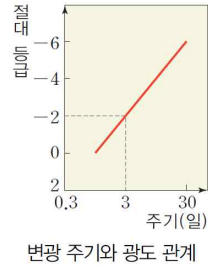
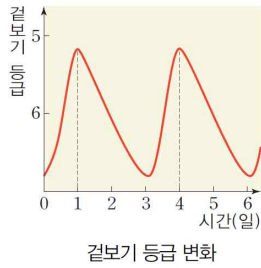
= $-5 + 5 \log r$

지구에서 관측한
별의 밝기

10pc의 거리에 있다고 가정한 별의 밝기
별의 실제 밝기

- 겉-절 = 0 : 10pc
- 겉-절 > 0 : 10pc 보다 먼 별
- 겉-절 < 0 : 10pc 보다 가까운 별

* 세페이드 변광성 : 절대 등급에 따라 밝기 변화의 주기가 달라지는 별!



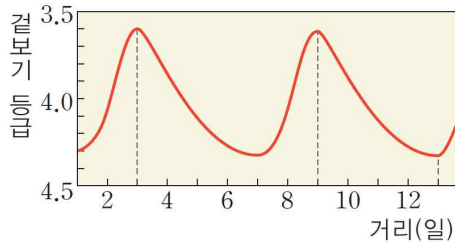
- ① 겉보기 등급 변화 관찰
: 평균 겉보기 등급과 변광 주기를 구한다.
- ② 절대 등급 찾기
: 변광 주기-광도 관계 그래프로 절대 등급을 찾는다.
- ③ 평균 겉보기 등급과 절대 등급을 이용한 거리 찾기
: [겉-절=-5+5 log r] 식 이용!

③ 5천만 광년 이상 : 허블 법칙

$$v = H \cdot r$$

문제 1

그림은 절대 등급이 -1등급인 어느 세페이드 변광성의 겉보기 등급을 측정하여 나타낸 것이다. 이 변광성에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- <보기>-----
- ㄱ. 변광 주기는 약 4일이다.
 - ㄴ. 팽창과 수축을 반복하면서 밝기가 변한다.
 - ㄷ. 지구로부터의 거리는 32.6광년보다 멀다.

3. 스펙트럼과 도플러 효과

1) 스펙트럼: 빛을 파장에 따라 나눈 것

① 연속 스펙트럼 - 연속적인 빛의 띠



② 선 스펙트럼



: 흡수 스펙트럼 (저온의 기체를 지나며 특정 파장의 빛이 흡수되고, 흡수된 파장은 검은 선으로 나타나 보이지 않음)



: 방출 스펙트럼 (고온의 기체에서 방출된 특정 파장의 빛이 선으로 나타남, ex) 불꽃 반응)

2) 도플러 효과

	소리	진동수	파장	빛
가까워질 때	높은 음	↑	↓	청색 편이
멀어질 때	낮은 음	↓	↑	적색 편이

* 이동 속도가 빠를수록 편이가 크게 나타난다!!

4. 허블 법칙과 우주의 팽창

1) 허블의 관측

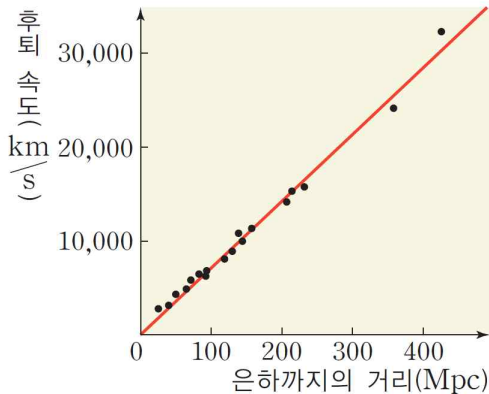
① 변광성 주기-광도 관계를 이용하여 은하까지의 거리를 측정

② 은하 스펙트럼의 적색 편이를 이용하여 후퇴 속도를 구함

→ 결과) 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 크다 !!!

→ 이 관계를 그래프로 나타내고 식으로 정리해 보면... ↓

2) 허블 법칙



$$v = H \cdot r$$

↳ 허블 상수 (71 ± 4 km/s/Mpc)

: 왼쪽 그래프에서 기울기,

1Mpc 멀어질 때마다 증가하는 후퇴 속도

* 후퇴 속도를 알면 은하까지의 거리를 알 수 있다~!

3) 허블 법칙의 의미

① 우주는 팽창한다! (멀리 있는 은하일수록 더 빠르게 멀어지고 있으므로)

② 우주에는 특별한 중심이 없다! (어느 은하에서 관측하더라도 은하들은 서로 멀어지므로)

문제 2

그림은 외부 은하의 거리에 따른 후퇴 속도를 나타낸 것이다.

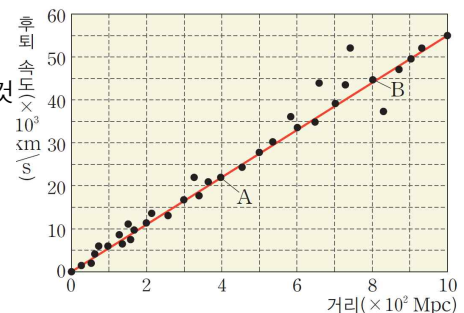
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>-----

ㄱ. 허블 상수는 그래프의 기울기와 같다.

ㄴ. 은하 A에서 은하 B를 관측하면 청색 편이가 나타난다.

ㄷ. 우리 은하에서 은하 A를 관측하면 적색 편이가 나타난다.



문제 3

지구로부터의 거리가 10 Mpc인 어느 외부 은하의 후퇴 속도가 700 km/s로 관측되었다. 후퇴 속도가 5,600 km/s인 외부 은하의 거리는 몇 Mpc인가?

5. 빅뱅 우주론

1) 우주는 한 점에서 일어난 대폭발(빅뱅)으로부터 시작되었다.

2) 우주의 나이: 빅뱅 후 지금까지 걸린 시간

$$\boxed{\text{속} = \frac{\text{거}}{\text{시}}} \quad t = \frac{r}{v} = \frac{r}{H \cdot r} = \frac{1}{H} ; \text{약 } 137 \text{ 억 년}$$

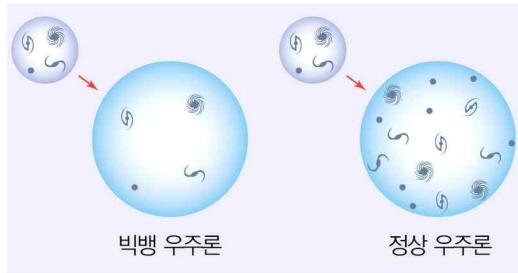
3) 우주의 크기: 관측 가능한 가장 먼 은하까지의 거리 = 광속으로 멀어지는 은하까지의 거리

$$c = H \cdot r$$

$$r = \frac{c}{H}$$

: 137 억 년 동안 빛의 속도로 간 거리 → 137 억 광년

4) 정상 우주론과 빅뱅 우주론



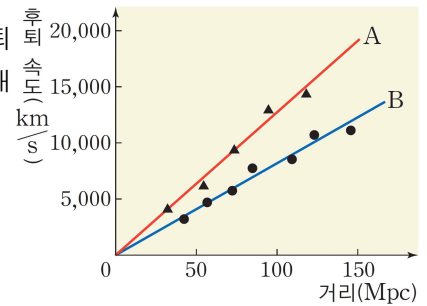
질량		
밀도		
온도		

문제 4

그림은 두 천문대에서 측정한 외부 은하까지의 거리에 따른 후퇴 속도를 나타낸 것이다. 측정값으로부터 추정할 수 있는 결과에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>-----

- ㄱ. 허블 상수는 A의 경우가 B의 경우보다 크다.
- ㄴ. 우주의 나이는 A의 경우가 B의 경우보다 적다.
- ㄷ. 관측 가능한 우주의 크기는 A의 경우가 B의 경우보다 크다.



<오늘의 과학 다시보기>

- 우주의 모습 (정적인 우주 vs 동적인 우주)
- 천체의 거리 측정
 - 1. 연주시차
 - 2. 겉보기 등급-절대 등급 *세페이드 변광성
 - 3. 허블 법칙
- 스펙트럼과 도플러 효과: 적색 편이 ↑ → 후퇴 속도 ↑
- 허블 법칙과 우주의 팽창: $v=Hr$
 - 1. 허블 법칙의 의미:
 - 2. 우주의 나이:
- 빅뱅 우주론

<오늘의 퀴즈>

1. 아인슈타인은 우주가 팽창한다고 생각하였다 (O, X)
2. 세페이드 변광성을 이용하여 거리를 측정하기 위해 필요한 값은?
3. 멀어지는 은하의 스펙트럼에서는 _____ 가 나타난다.
4. 허블 상수가 지금보다 커진다면 우주의 나이와 크기는 어떻게 될까?
5. 빅뱅 우주론에 의하면 우주는 팽창할수록 우주의 밀도는 _____, 온도는 _____, 질량은 _____.