

어느 천문학자의 신앙과 신학적 사유

최 승 언

낮은교회(예장통합, 관악노회) 목사. 서울대학교 명예교수

2026년 3월 10일 장로회신학대학교 신학대학원

"우주를 읽으면 하나님이 보인다"

천문학과 신학을 함께 붙들고 걸어온 한 과학자의 신학적 사유

"필자는 자연과학의 한 분야인 천문학을 공부한 사람이자, 삼위일체 하나님을 구주로 믿는 신앙인이다. 나의 이성과 감성, 그리고 영성을 바탕으로 성서 해석과 하나님께서 창조하신 자연 세계를 통해 경험하고 기도하며 체득한 신앙을 이 글에서 고백하고자 한다. 이를 통해 자연과학이 성서를 이해하고 하나님을 아는 데 얼마나 깊은 통찰을 제공하는지 함께 나누고자 한다."

"표준 빅뱅 우주론을 통해 우주의 진화 과정을 추적하다 보면, 인류 원리 대신 생명 모두와 인류를 위해 정교하게 조정된 질서가 형성되어 왔음을 깨닫게 된다. 나는 이를 만물 원리라 표현한다. 기독교인이자 천문학자인 필자는 이를 통해 하나님의 창조 섭리를 깊이 이해할 뿐만 아니라, 그 경이로운 질서 속에서 창조주를 향한 예배에 참여하며 천문학이라는 학문의 발전에 기여하고자 한다."

- 본문 중에서

값: 15,000원



ISBN 979-11-91619-33-1

03230

어느 천문학자의 신앙과 신학적 사유

최승언 지음

민국성서연구소

The Faith and Theological Thoughts of an Astronomer

어느 천문학자의 신앙과 신학적 사유

최승언 지음

지은이
최승언

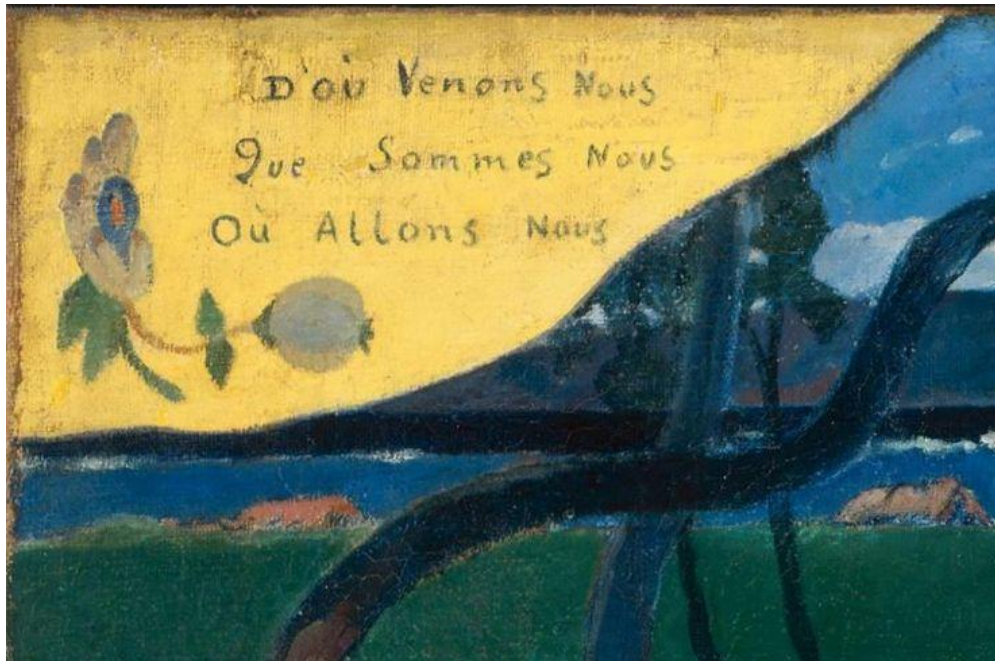


서울대학교 천문학과(B.S., M.S.)를 나와 미국 University of Minnesota(Ph.D.)에서 천체물리학을 공부했으며, 서울대학교 지구과학교육과 교수로 35년간 재직했다. 또한 장로회신학대학교 신학대학원(M.Div.)을 나와 정년퇴임 후 KAICAM에서 목사 안수를 받았다. 이 글을 쓸 때 '낮은교회' 담임목사이었으며, 현재는 서울대학교 지구과학교육과 명예교수, '과학과 신학 연구회' 회장으로 있다.

Cover Illustration:

"Observations anciennes à l'Observatoire d'Alexandrie (알렉산드리아 천문대에서의 고대 관측)", 판화, Les Étoiles et les Curiosités du Ciel: Description Complète du Ciel Visible à L'oeil Nu et de Tous les Objets Célestes Faciles à Observer(Camille Flammarion, 1882, C. Marpon et E. Flammarion)에 포함된 삽화.

고갱의 그림



*D'où Venons Nous
Que Sommes Nous
Où Allons Nous*

*Where Do We Come From?
What Are We?
Where Are We Going?*

천문학적인 대답
신학적인 대답



천체물리학자가 어떻게 하나님을 믿게 되었나?

- 1979년 12월 31일

- 1979년 9월 미국 미네소타대학교 천문학과에 박사과정 입학
- 한국과 같이 semester제도가 아니라 quarter제이기에 10주가 한 학기임.
- Preliminary written exam을 한 학기가 지난, 1980년 1월 2일과 3일에 시행함.
- 학기종료후 시험 전 15일간을 오전 8시부터 자기 전까지 정말 열심히 공부
- 12월 30일에는 너무 지쳐서 공부를 거의 할 수가 없고 쉬어야겠다는 생각이 강했음.
우연하게 홍백기 집사님 댁에서 송년회가 있음을 알게 됨.
- 12월 31일 오후에 송년회 참석-즐거운 시간을 갖고 있었지만 시험에 대한 부담감은 많았음.
- 컬리플라워에 입을 찍는 순간 내게 들려오는 소리는 '하나님께 무엇이든지 기도하면 모든 것을 들어 주신다' 였다.
- 그리하여 그 소리 방향을 얼굴을 돌리며 '정말입니까?'하고 물었지요.
- 들려오는 대답은 '기도해 보세요.'

- 1980년 1월 1일

- 새해 예배에 참석하여 기도만 열심히 함. 기도의 내용은 아주 단순함.
- '시험에 붙게 해 주시면 교회에 열심히 다니겠습니다.'
- 창세기 28:20~22 야곱의 서원기도

- 1980년 1월 2일

- 첫째 날 시험: 쉬운 문제들로 구성-모든 문제를 나름 잘 풀었음
 - 귀가 후에 아내에게 '주일에 교회 가야 할 것 같애...'
- 둘째 날 시험: 어려운 문제들로 구성-큰 문제 4문제, 1번 (1), (2) 중 하나만 풀면 1번 문제에 대해서는 만점을 받음.-나는 1, 2, 3, 4번 문제 중에 (1)만 알고, (2)는 전혀 몰랐음. 나는 1(1), 2(1), 3(1), 4(1)을 풀었기에 둘째 날 시험도 잘 보았음.
- 이제 결과를 보지 않아도 합격할 수 있다는 자신감에 결과를 보지 않고도
- 그 주부터 교회 예배 참석

- 1980년 부활절; 아내와 함께 세례를 받음.

- 한국에서 학부와 대학원 석사과정에서 공부했던 천문학은 주로 구면천문학, 천체 역학. 4학년, 대학원에서 배운 천체물리학 내용은 이해하기가 쉽지 않았음- 천체 물리학 용어에 덜 익숙했고, 우주에서 일어나는 천체 현상에 대해 전체적으로 이해하지 못하였음.
 - 이해하기 어려웠기 때문에 우주에 대한 아름다움을 느끼지 못했음.
 - 그러나 은퇴 후에 역사천문역법을 연구하는데 아조 필수적인 천문학지식이다.
- 시험에 합격하였기에 안정되고, 편안한 마음으로 course work을 할 수 있었다. 한국에서 배운 내용들이 반복되기에 그 내용들이 기초가 되어 잘못 이해했던 것들은 바로 이해가 되고, 새로운 내용들을 알게 되면서 우주와 천체에 대한 전체적인 모습들이 들어 오게 됨.
 - 어떤 때는 이해의 정도를 넘어 감탄하게 되고, 우주에서 일어나는 현상들을 관측과 이론을 통해 알려진 것들을 접하면서 천문학, 천체물리학을 공부하면서 느끼는 감탄과 우주와 천체 현상의 아름다움, 경외스러움을 느끼게 됨.
 - 더불어 기독교인이 되었기에
 - 하나님께서 우주를 창조하시고, 더불어 나를 만드셔서, 천문학 공부를 하게 하셔서 창조하신 우주와 그 안에서 일어나는 천체 현상을 이해하게 하시고, 그 심미함과 경외함을 느끼게 하셨다고 생각하게 되었다.

창세기 1:1

- 태초에 하나님이 천지를 창조하셨다.

- 특수상대성이론에서

Formula: $E = mc^2$

Name: mass-energy equivalence

Description: physical law relating mass to energy

- 일반상대성 이론에서
 - 아인슈타인의 장방정식

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$$

- 장방정식의 왼쪽은 시공간
- 장방정식의 오른쪽은 질량-에너지

로마서 1:20a

- 이 세상 창조 때로부터, 하나님의 보이지 않는 속성, 곧 그분의 영원하신 능력과 신성은, 사람이 그 지으신 만물을 보고서 깨닫게 되어 있습니다.

Divine Action=Nature

- 자연과학인 천문학을 공부하는 나는 우주와 그 안의 천체 현상을 공부하면 하나님의 영원하신 능력과 신성을 깨닫게 되었고, (理性, 感性, 靈性)창세기 1:1의 태초에 하나님이 천지를 창조하셨다는 말씀도 믿음으로 깨닫게 되었다.

장(field)

- 중력장: 질량을 가진 물체의 주변에 생기는 장(field)
 - 물체가 흔들리면 중력파 형성 → 주변의 질량을 가진 물체에 영향을 줌



- 중력파 망원경

- 전자장: 전기를 띤 입자의 주변에 생기는 장
 - 전기를 띤 입자가 가속하며 흔들리면 전자기파 형성 → 주변의 전기를 띤 입자에 영향을 줌.
 - 가시광선 망원경, 적외선 망원경 등

장 이론의 적용

- 우주 내의 모든 입자는 질량을 가지고 있음. 따라서 중력장에 모든 물체는 영향을 받음
- 모든 물체는 전기적으로 중성임. 따라서 전기장에 영향을 받지 않음. 그러나 물체가 전기를 띠어야 전자기파에 영향을 받음.
- 하나님의 일반 은총은 마치 중력파와 유사함
- 그러나 특별 은총은 전기장과 유사함
 - 전기를 띠어야 전자기파에 영향을 받듯이 카오스(죄 가운데 있는) 상태의 사람은 하나님을 영접하겠다는 마음을 가져야 그 때부터 성령에 흔들리고 삼위일체 하나님을 영접하게 됨
- 성령 충만해야 하나님의 말씀에 크게 흔들리고 믿음의 행위가 나오게 됨.

창세기 1:2

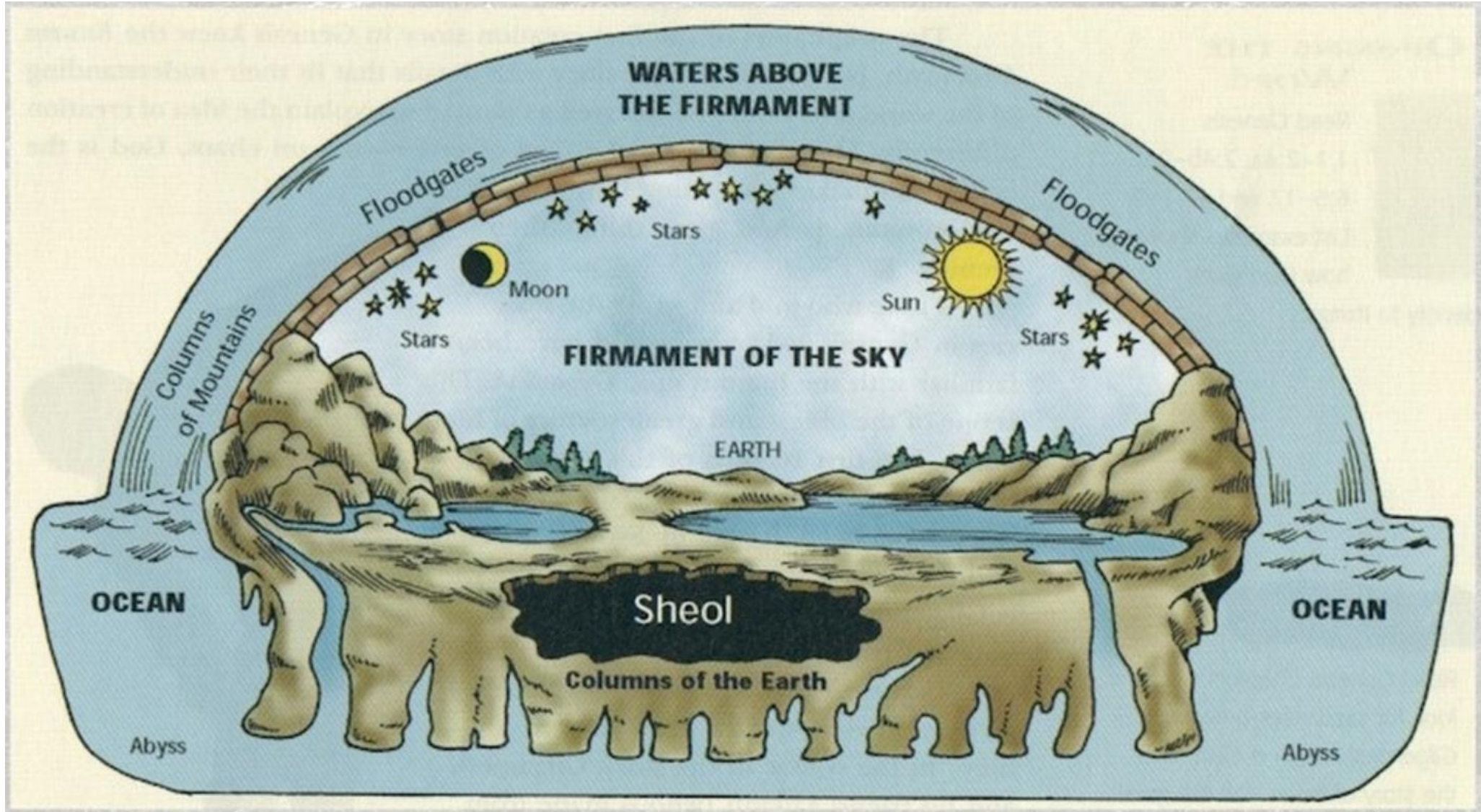
- 무(Nothing)로부터의 창조

無에서 有로

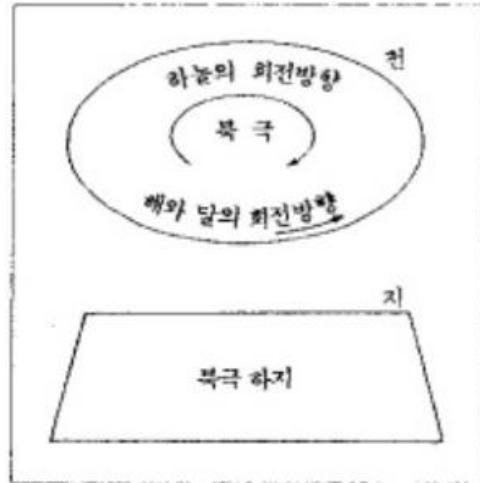
Only 하나님 → 하나님+피조물

- 땅이 혼돈하고 공허하며, 어둠이 깊음 위에 있고, 하나님의 영은 물 위에 움직이고 계셨다.
- 과학에서는 카오스상태, 양자 요동상태,

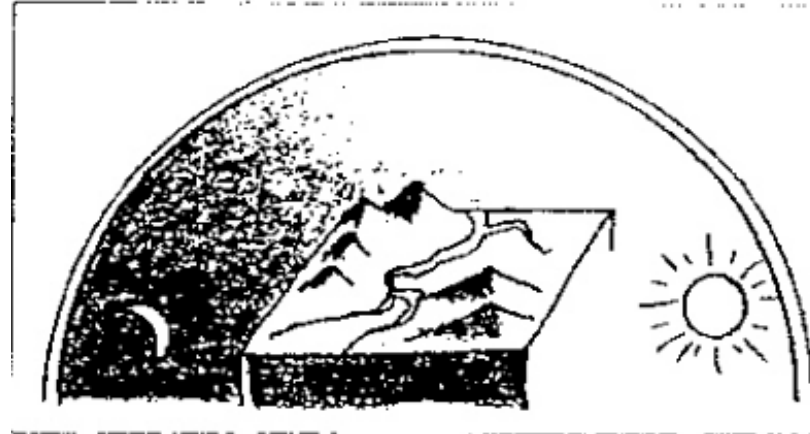
고대 히브리인의 우주



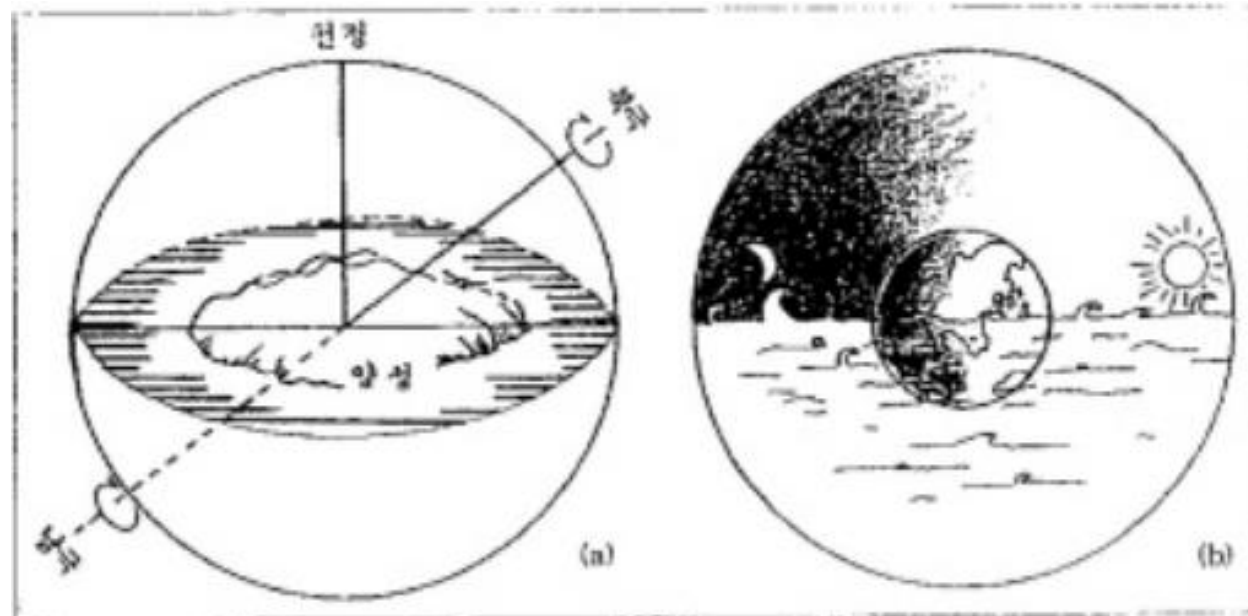
동양의 우주관



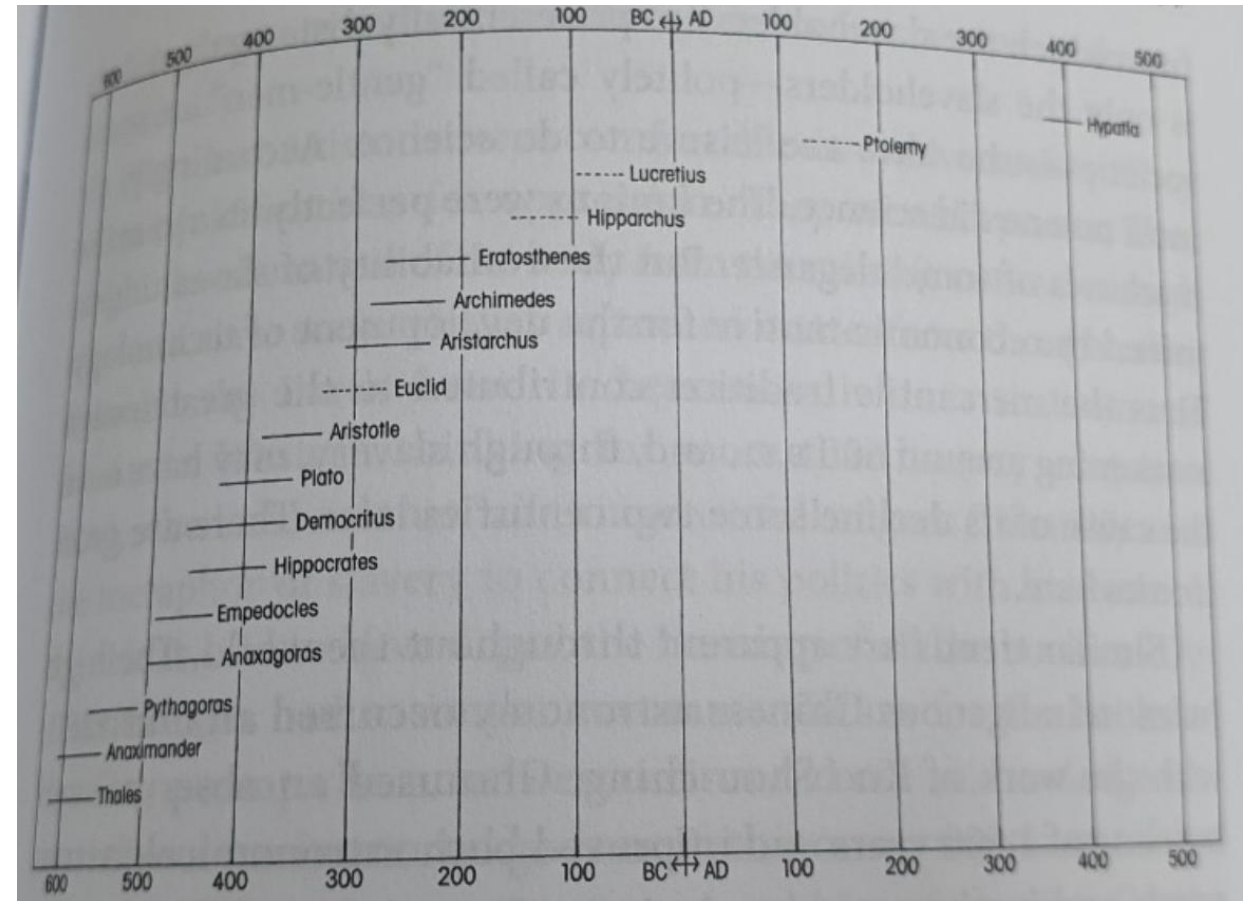
개천설(蓋天說)



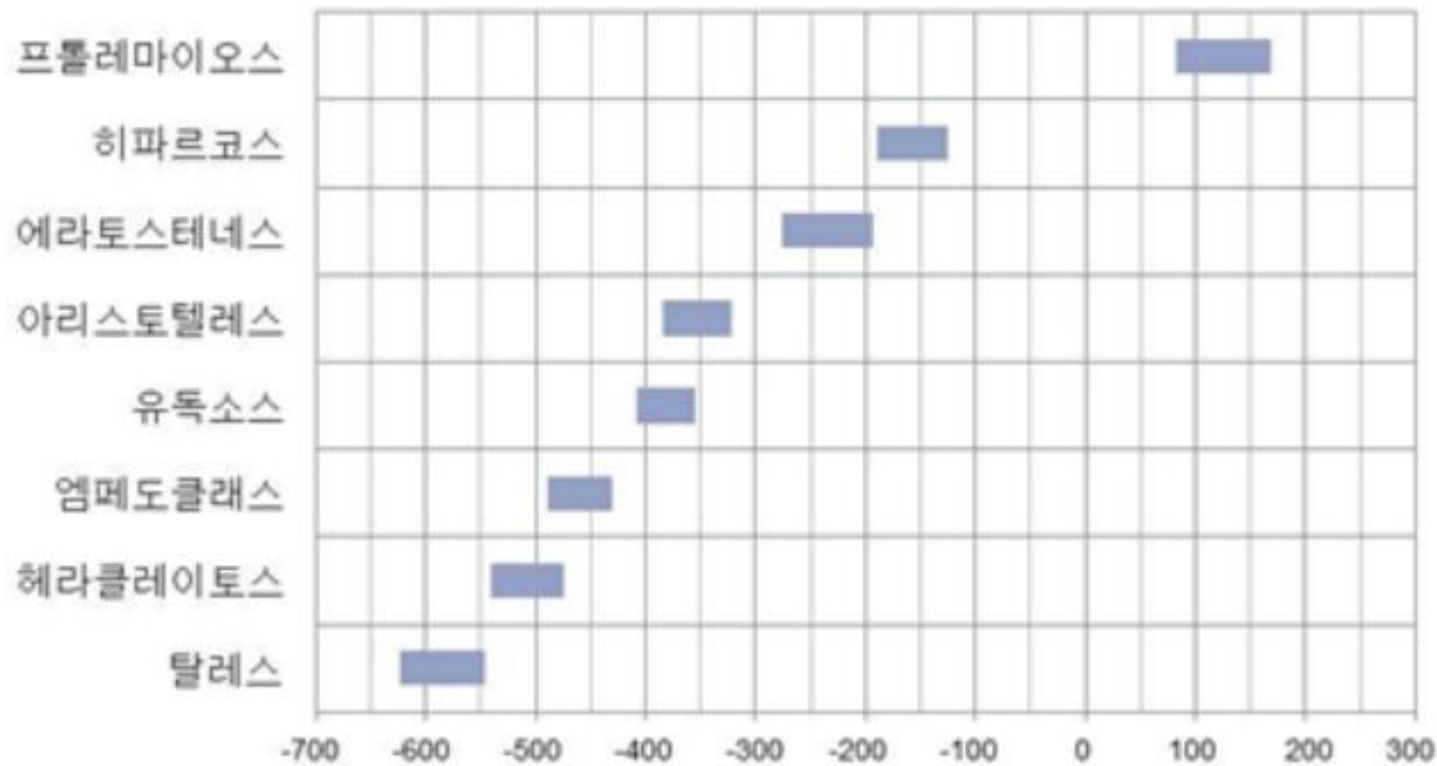
혼천설(渾天說)



지중해 연안



고대의 우주관의 변천



- 별이 위치한 천구에 대해서 일월오행성(태양, 달, 수성, 금성, 화성, 목성, 토성)의 운동을 알아내는데 집중
- 현재 우주와 같은 생각보다는 별이 있는 천구 밖에는 천상의 세계

- 탈레스(BC640-BC546): 물
- 헤라클레이토스 (BC540-BC475): 불
- 엠페도클레스(BC490-BC430)
 - 흙, 물, 공기, 불
 - 4원소를 결합시키고 분리시키는 힘: 사랑, 미움
 - 사랑하는 원소끼리는 결합
 - 미워하는 원소끼리는 분리
 - 우주는 4원소의 결합과 분리가 영원히 계속된다.

유독소스의 우주관

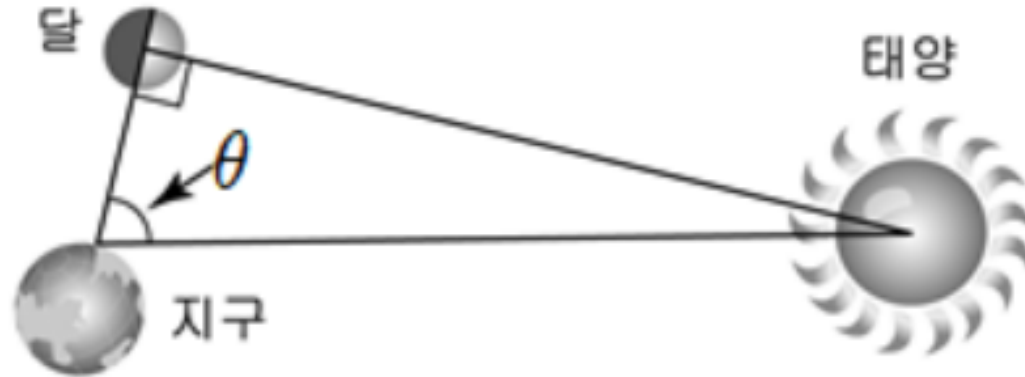
- 유독소스(BC408-BC355)
 - 행성에 관한 연구를 통해 모든 천체의 운동 궤도는 **지구**를 **중심으로** 하는 동심원이며, 바깥쪽 구의 회전축을 안쪽 구의 표면에 끼게 함.
 - 각 천구는 일정한 속도로 지구를 중심으로 회전한다.(동심천구설)

아리스토텔레스의 우주론

- 아리스토텔레스(BC384-BC322)
- 우주의 구조
 - 59개의 동심구
 - 중심:지구(4개의 층, 흙, 물, 공기, 불)
 - 가장 아래층으로부터 달, 수성, 금성, 태양, 화성, 목성. 토성 순
 - 가장 위층이 항성이 있는 하늘
- 천구 운동의 근본적인 원인
 - 원동력(prime mover)
 - 우주가 만들어지는 순간 천구에 완벽하고 영원한 운동을 부여

지동설

- 아리스타코스(BC310-BC230)



- $\Theta=87^\circ$
- 지구-태양 거
- 달의 각지름 $\approx$ 태양의 각지름 $=0.5^\circ$
- 월식 때 달이 지구의 그림자 안에서의 움직임을 이용하여 달은 지구의 $\frac{1}{4}$
- 태양은 지구보다 크다.
- 큰 것이 작은 것을 돌 수 있는가?

에라토스테네스 지구 크기 측정

- 에라토스테네스(BC276-BC194)
- 가정
 - 지구는 완전한 구형이다.
 - 태양에서 오는 빛은 평행광선이다.
- 측정결과
 - $\alpha = 7.2^\circ$
 - $l = 5,000$ 스타디움
 - 지구 둘레 길이 = 250,000 스타디움 = 44,500km
 - 실제 지구 둘레: 40,000km



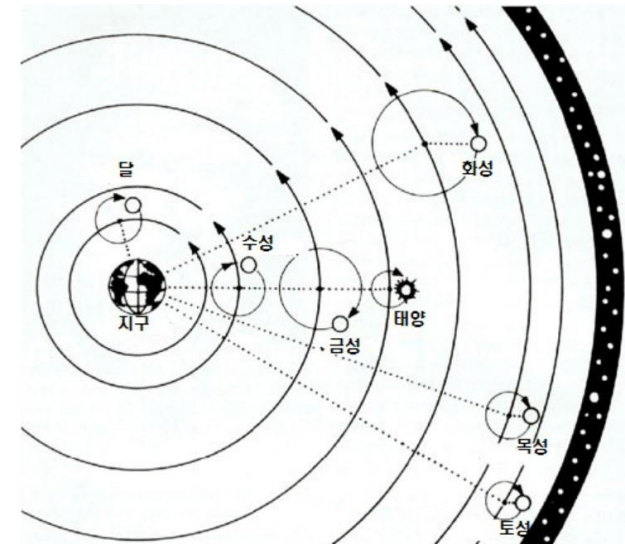
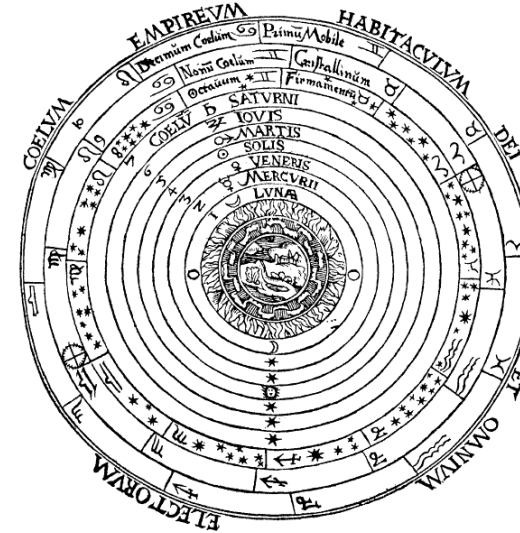
히파르코스의 관측

- 히파르코스(BC190-BC125)
- 태양과 달의 천구 상의 위치 추보
- 지구와 달 사이의 거리 측정
 - 행성에 대한 달의 위치를 측정하여 시차를 구하고 달까지의 거리 측정
 - 측정 결과:지구 직경의 30배
 - 에라토스테네스의 지구 반경 측정 결과를 대입하면 380,000km
- 항성표 완성
 - 1,000여개의 별에 대한 위치와 밝기 표시
 - 가장 밝은 별 20개:1등성
 - 육안으로 겨우 보이는 별: 6등성

프톨레마이오스의 우주

- 프톨레마이오스(AD83-168)
 - 과거의 연구 성과와 히파르코스의 연구성과를 모으고 자신의 견해를 추가: **천문학집성**(알마게스트) 13권 집필
 - 아리스토텔레스의 우주관에 행성의 역행과 밝기 변화를 피타고라스의 등속원운동과 아폴로니우스의 주전원 개념을 도입하여 설명

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .



서양, 중국, 우리나라의 천문학

• 서양

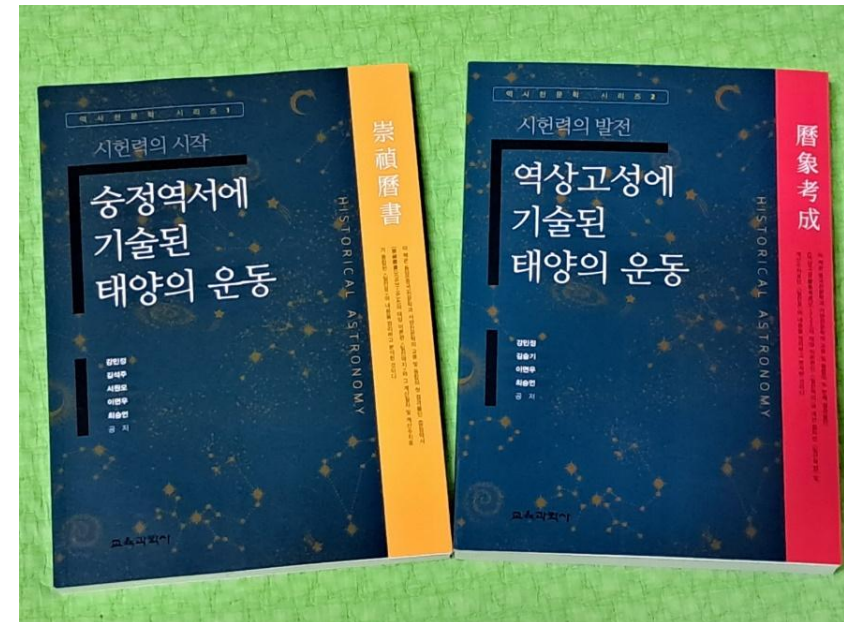
- 알마게스트
- 이슬람 천문학
- 라틴 천문학의 부활
- 코페르니쿠스
- 튀코브라헤
- 케플러
- 뉴턴

• 중국

- 중국 고유 역법
- 수시력, 대통력
- 천주교 선교사들의 서양 천문학 전래
- 승정역서
- 역상고성
- 역상고성 후편

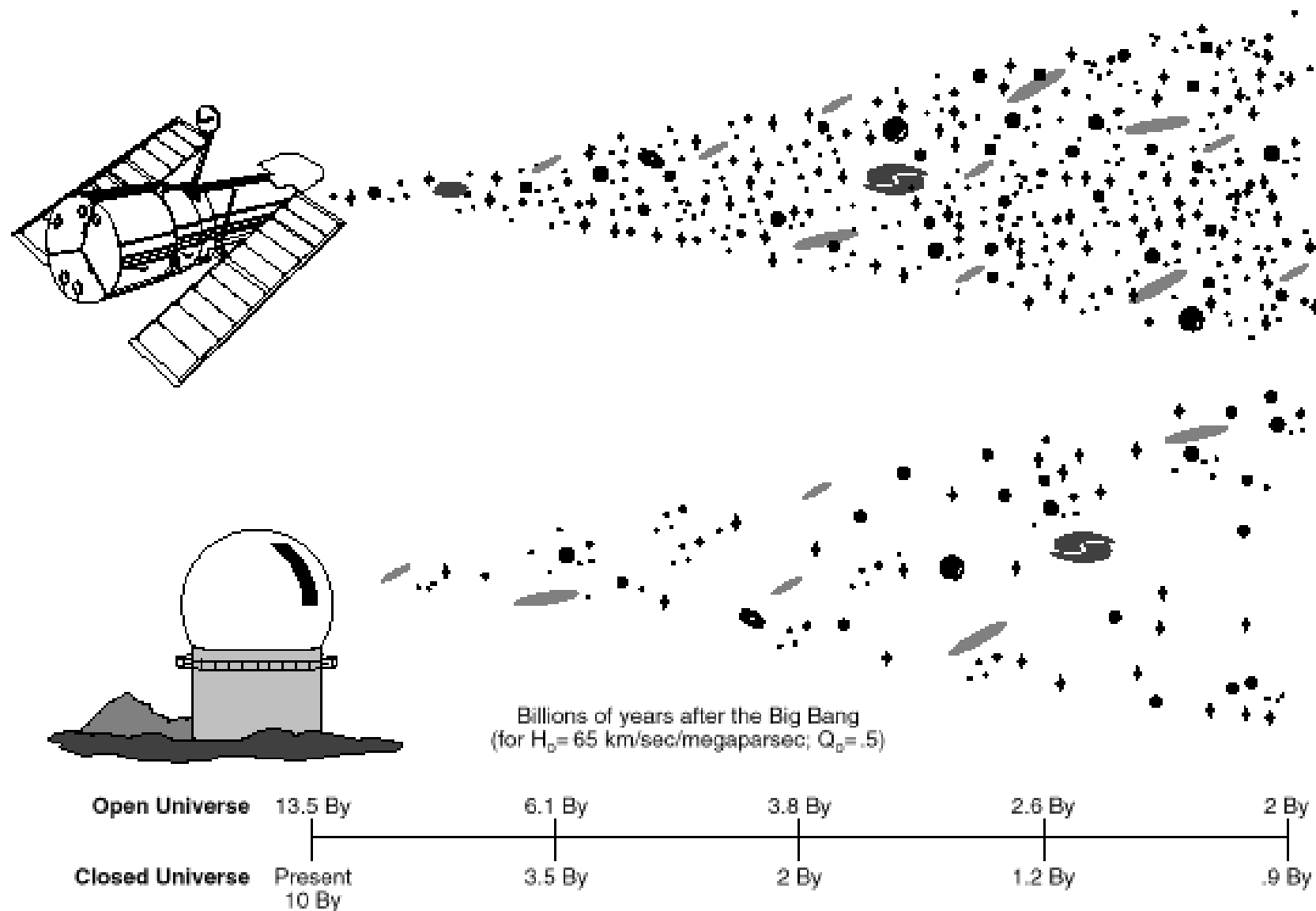
• 우리나라

- 칠정산내편
- 칠정산외편
- 세초유휘(허원)
- 시헌기요(남병길)
- 추보속해(남병철)



표준빅뱅이론이 나오기 까지

- 20세기 초까지 우주는 **무한**하고, **정적**이라고 생각
- 1917년 아인슈타인은 자신의 장방정식($G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$)을 이용해 우주는 **정적**이지만 **유한**하다고 주장
- 1922년 **프리드만**은 장방정식을 다시 풀어 우주는 **동적**이며 **유한**하다.
- 1927년 **르메트르**는 프리드만과 같은 결과를 얻었으며 **V=HR**이라는 식을 이론적으로 유도해 냄.
- 1929년 **허블**은 관측으로 V=HR식(허블-르메트르 법칙)을 알아냄. 즉 우주가 팽창한다는 사실이 명확해짐.
- 1948년 **가모브**는 우주 초기(3분 이내)에 수소와 헬륨이 핵융합에 의하여 만들어짐. 1953년에는 **우주배경복사**를 이론적으로 예측해 냄.
- 1965년 **펜지아스**와 **윌슨**이 우주배경복사를 처음으로 관측
- **빅뱅이론이 지지를 받음**
- 이후에 빅뱅이론의 여러 문제점들을 보완하는 우주 초기의 **초팽창이론**, **가속팽창이론**이 보충되면서 이 이론들을 모두 아울러 **표준빅뱅이론**이라 부른다.



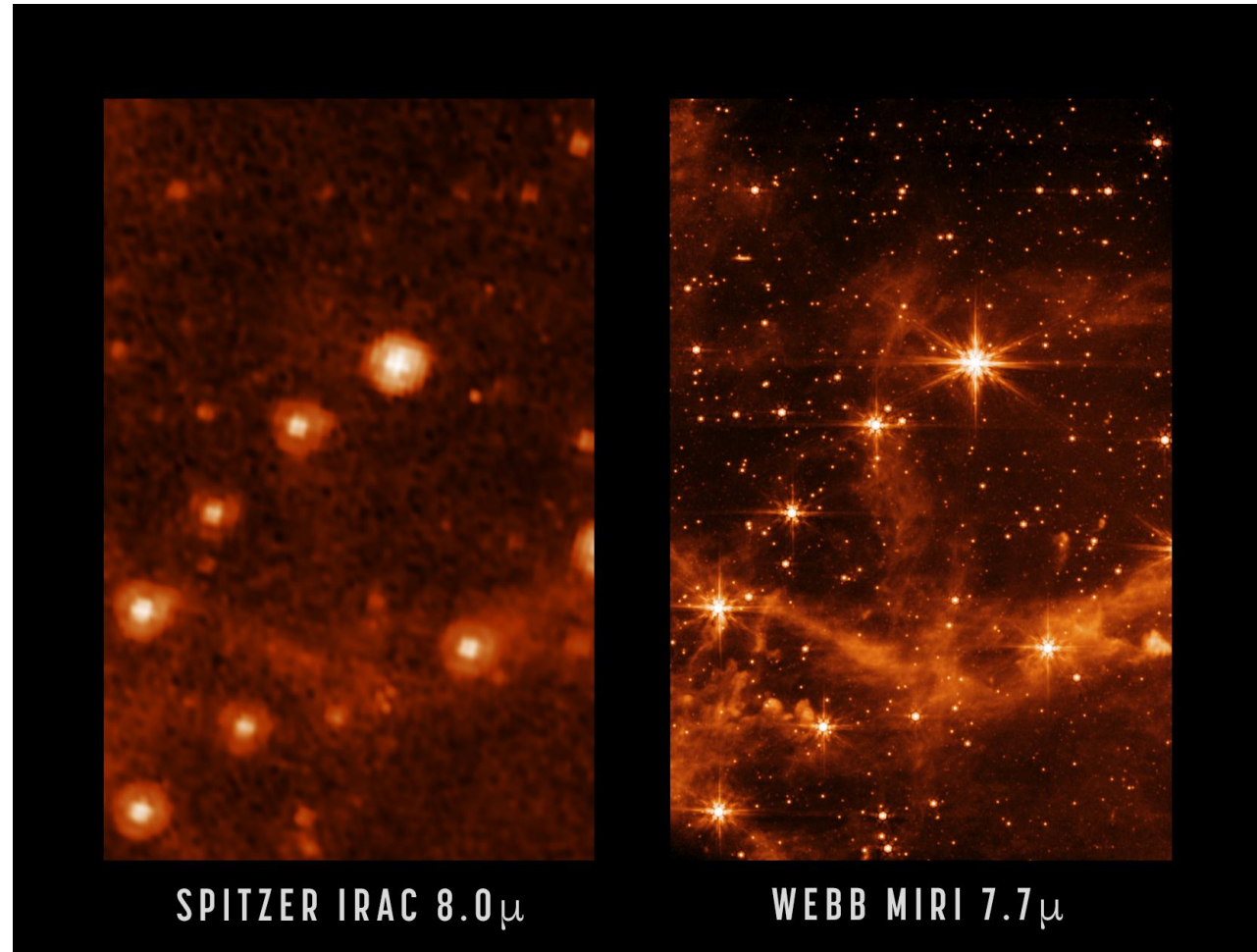
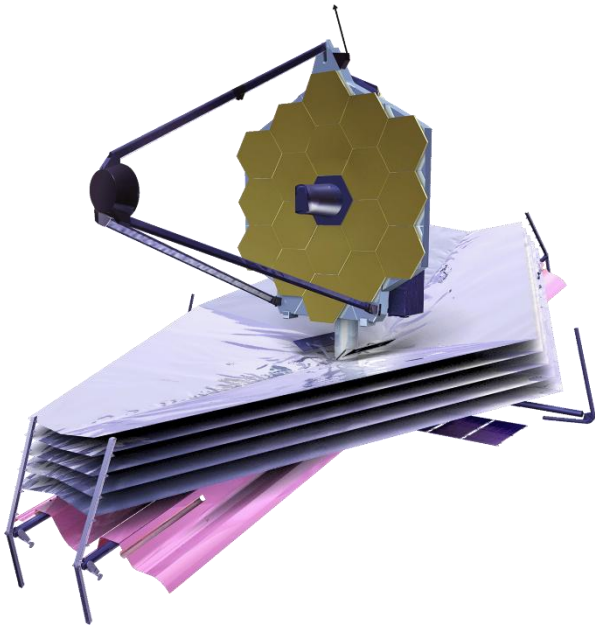
The Hubble Deep Field uncovered much fainter objects in the universe (down to nearly 30th magnitude) than seen previously from ground-based telescopes. Some of the dim objects along Hubble's line-of sight may be intrinsically faint, foreground galaxies. Others, however, are dim because they are extremely distant. Some of the faintest galaxies in the survey existed when the universe was a fraction of it's present age.

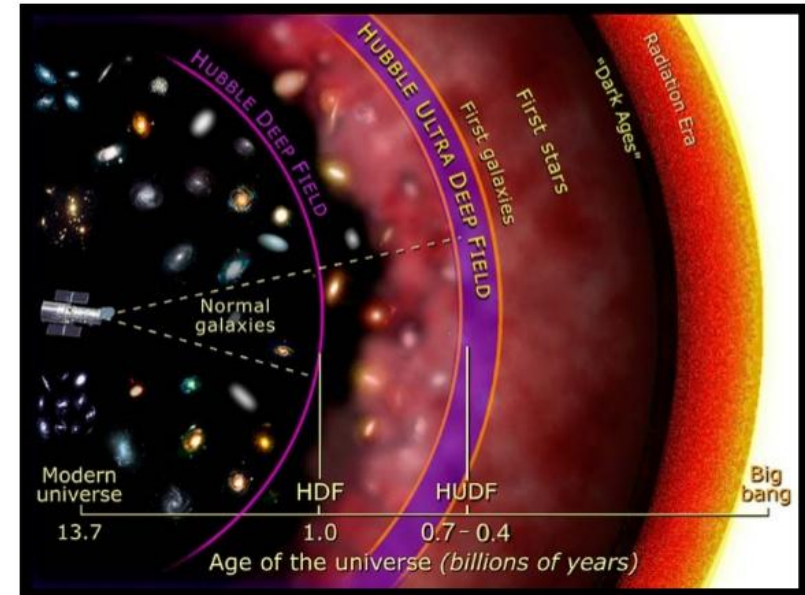
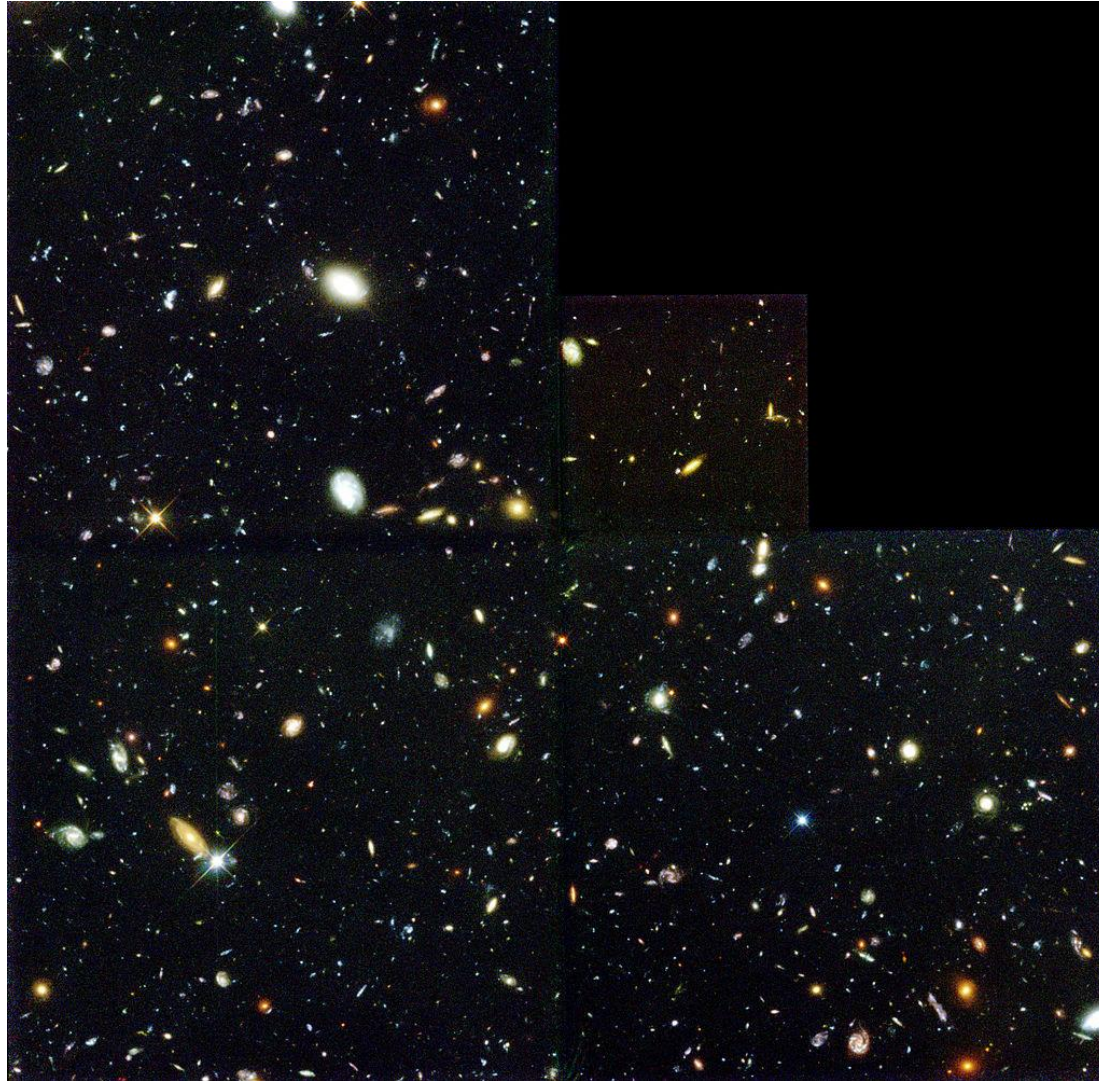


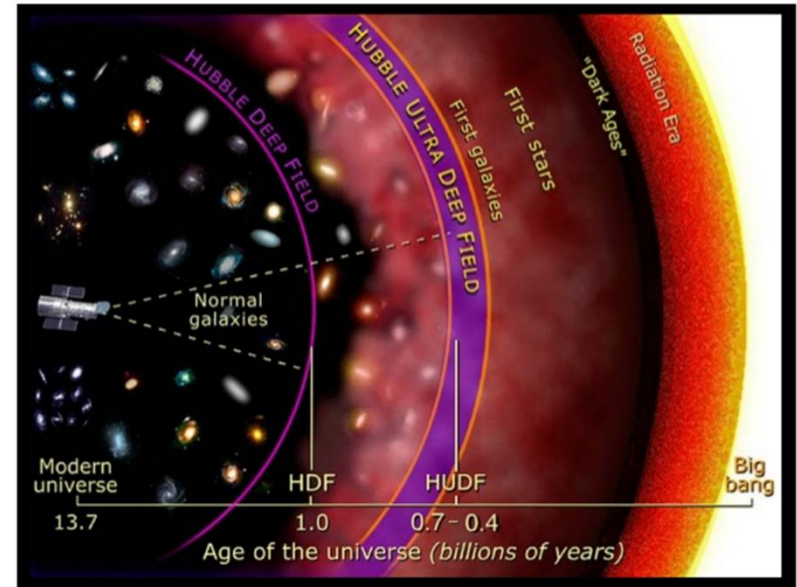
허블 망원경의
모습

James Webb 우주 망원경

- 2021년 12월에 발사



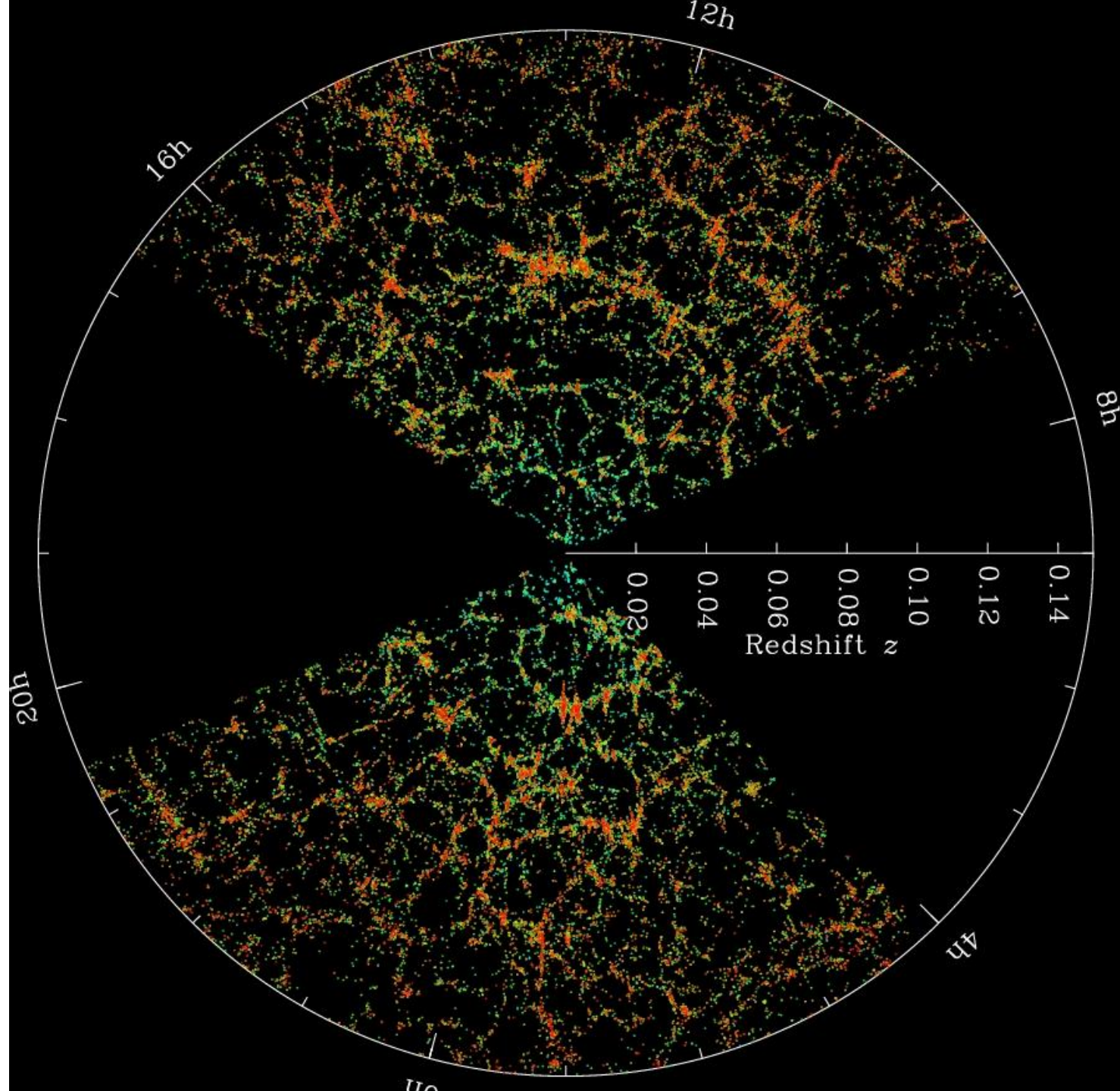






우주를 관측하면 과거를 알 수 있다





20억 광년

우주 원리(Cosmological Constant)

- 등방적(Isotropic): 모든 방향으로 같게 나타난다.
- 균일성(Homogeneous): 우주의 모든 위치가 같게 나타난다.
 - 우주의 모든 위치에 위치한 모든 관측자들에게 같게 나타난다.
- 동행좌표(comoving coordinate)를 사용할 수 있다.
- 척도인자(Scale factor) :

$$R(t) = \frac{1}{1+z} \qquad R(t_o) = 1$$

우주 이해의 역사

- 태양, 달, 행성의 운동
 - 천동설, 지동설
- 우주는 **정적**이고, **무한**하다.
 - 은하수, 외부은하의 관측
- 아인슈타인
 - 일반상대론(1915년), 장방정식

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

- 우주상수를 도입해 **정적**(static) **유한**한 우주(1917년)

$$\Lambda_E = 4\pi G\rho/c^2, \quad R_E = \Lambda_E^{-1/2} = \frac{c}{\sqrt{4\pi G\rho}}$$

1915년, 1922년, 1927년, 1929년

- 1915년 아인슈타인(Albert Einstein)
 - 일반상대론, 장방정식

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

- 1922년, 프리드만(Alexander Friedmann)
 - 아인슈타인의 장방정식으로 부터 프리드만 방장식을 유도
 - **유한**하고 **동적**인 우주가 **팽창**하고 있음을 유도
- 1927년, 르메트르(Georges Lemaitre)
 - 독립적으로 프리드만과 같은 결과를 얻음.
 - 이론적으로 $v=Hr$ 의 관계를 얻음
- 1929년, 허블(Edwin Hubble)
 - 휴메이슨(Milton L. Humason)의 정교한 관측에 힘입어
 - 은하의 후퇴속도(v)와 거리(r)와의 관계

프리드만 방정식 1922, 1924

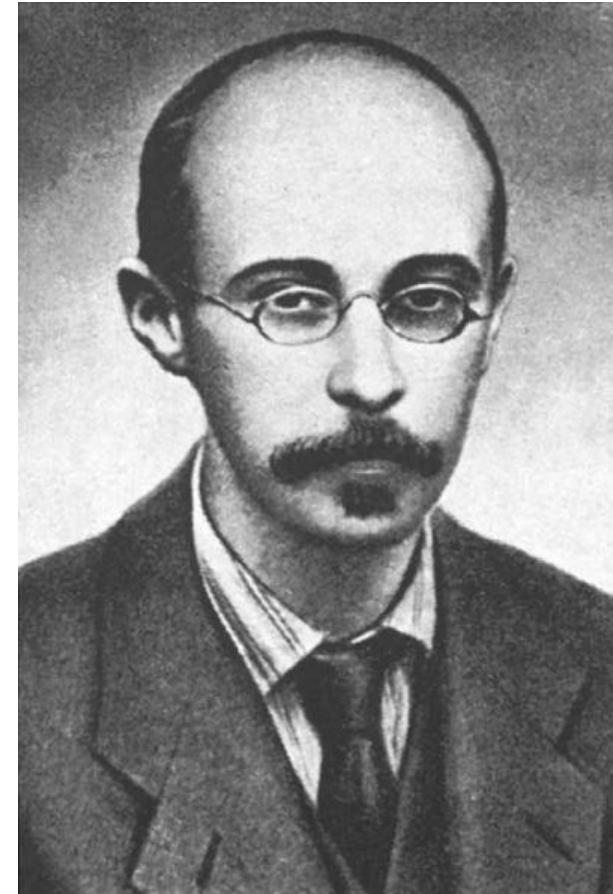
- https://en.wikipedia.org/wiki/Friedmann_equations

$$ds^2 = a(t)^2 ds_3^2 - c^2 dt^2$$

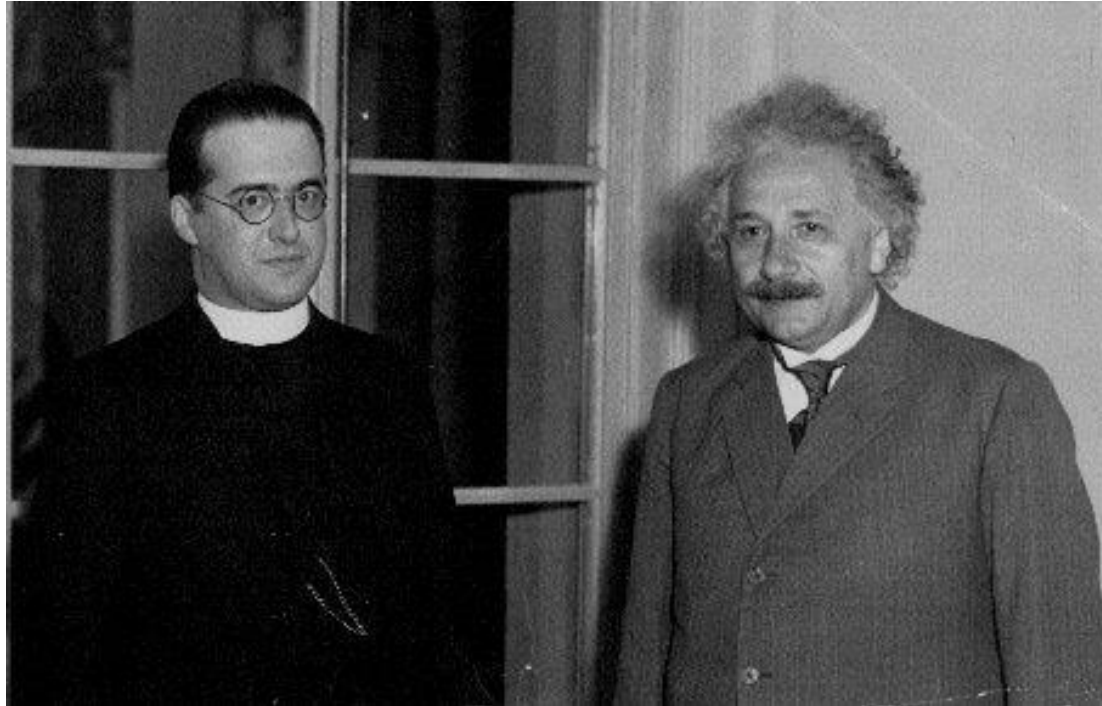
$$\frac{\dot{a}^2 + kc^2}{a^2} = \frac{8\pi G\rho + \Lambda c^2}{3}$$

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3} \left(\rho + \frac{3p}{c^2} \right) + \frac{\Lambda c^2}{3}$$

→ 유한하지만 동적인 우주



르메트르 1927년



1932? <http://inters.org/einstein-lemaître>

Lemaître (1927 vs.1931)

Therefore

$$\frac{v}{c} = \frac{\delta t_2}{\delta t_1} - 1 = \frac{R_2}{R_1} - 1 \quad (22)$$

is the apparent Doppler effect due to the variation of the radius of the universe. *It equals the ratio of the radii of the universe at the instants of observation and emission, diminished by unity.*

v is that velocity of the observer which would produce the same effect. When the light source is near enough, we have the approximate formulæ

$$\frac{v}{c} = \frac{R_2 - R_1}{R_1} = \frac{dR}{R} = \frac{R'}{R} dt = \frac{R'}{R} r$$

where r is the distance of the source. We have therefore

$$\frac{R'}{R} = \frac{v}{cr} \quad (23)$$

From a discussion of available data, we adopt

$$\frac{R'}{R} = 0.68 \times 10^{-27} \text{ cm.}^{-1} \quad (24)$$

Utilisant les 42 nébuleuses figurant dans les listes de Hubble et de Strömberg ⁽¹⁾, et tenant compte de la vitesse propre du soleil (300 Km. dans la direction $\alpha = 315^\circ$, $\delta = 62^\circ$), on trouve une distance moyenne de 0,95 millions de parsecs et une vitesse radiale de 600 Km./sec, soit 625 Km./sec à 10^6 parsecs ⁽²⁾.

Nous adopterons donc

$$\frac{R'}{R} = \frac{v}{rc} = \frac{625 \times 10^5}{10^6 \times 3,08 \times 10^{18} \times 3 \times 10^{10}} = 0,68 \times 10^{-27} \text{ cm.}^{-1} \quad (24)$$

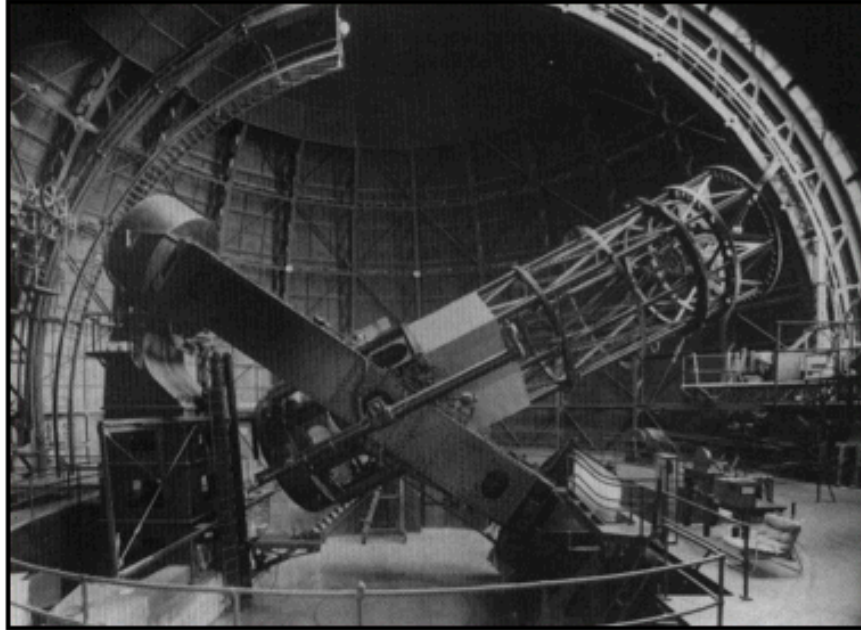
Text tra
by Eddin

original

에드윈 허블 1929년



Edwin Hubble
1889 – 1953



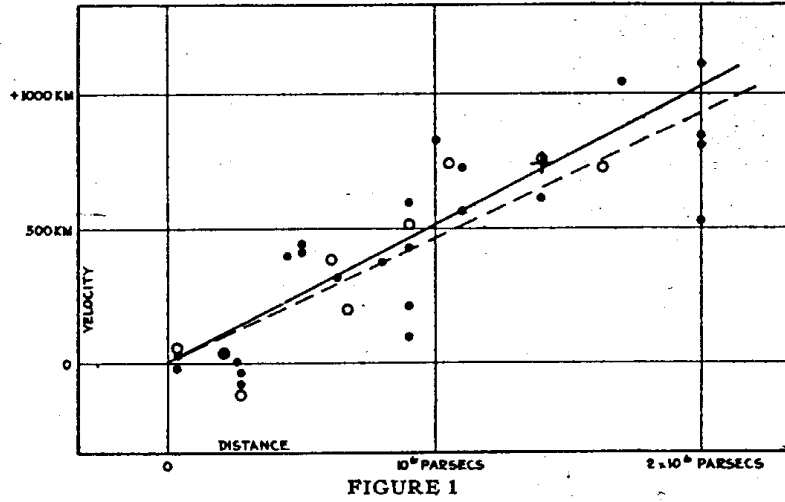
100 inch Mt Wilson Telescope



Milton Humason
1891 – 1972

- 외부은하의 후퇴속도와 거리 사이의 관계식

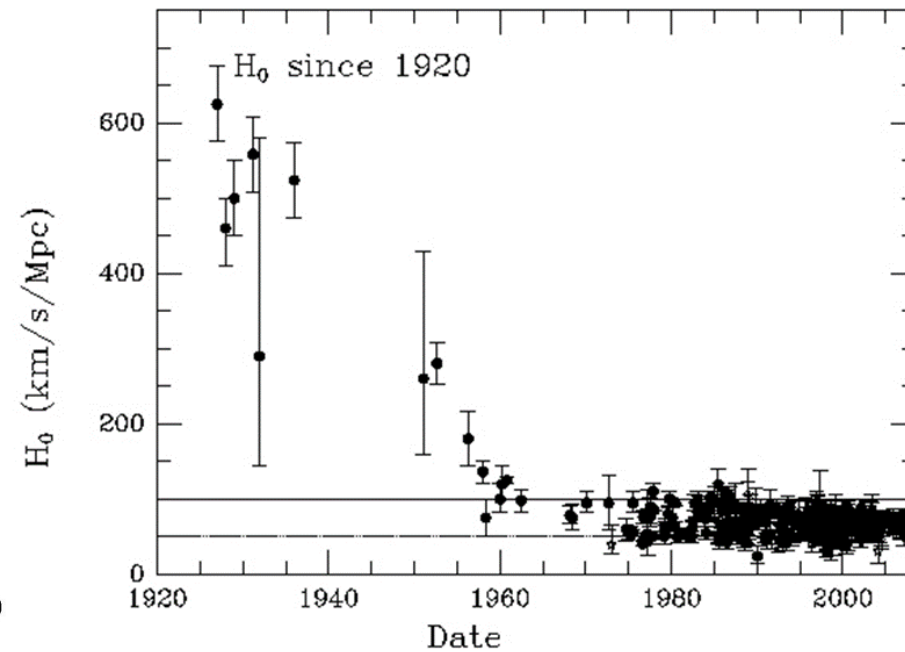
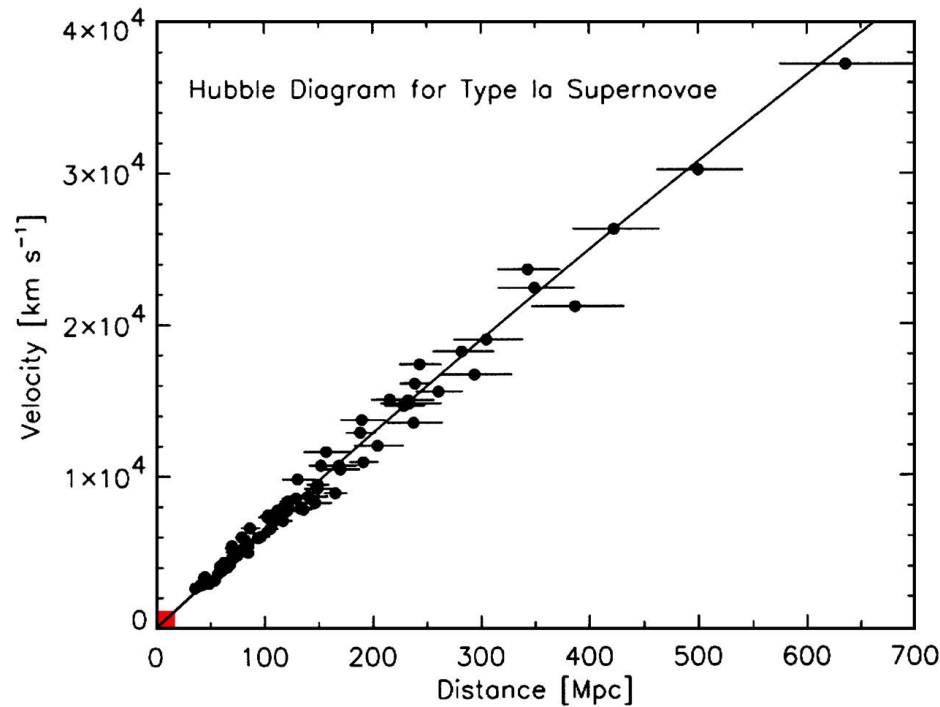
- https://en.wikipedia.org/wiki/Hubble%27s_law



우주 팽창의 증거

• 허블의 관측

세페이드 변광성의 맥동주기 : 거리
 흡수선의 도플러 효과 : 시선속도
 → 우주는 팽창



2018년 10월 4일 30차 IAU총회

- 허블-르메트르 방정식



Georgy Gamov (1904-1968)

- 우주가 팽창한다면, 과거에 **대폭발**(big bang)이 있었을 것이다.
- 그렇다면, 초기 우주의 상태는 **밀도가 높고, 매우 뜨거웠을 것이다.**
- 핵융합에 의한 **원소가 만들어 질 수 있는 좋은 환경**이 있었을 것이다.(Alpher, Bethe & Gamow, 1948)
 - 헬륨이 25% 정도가 된다. 리튬이나 베릴륨보다 무거운 원소의 생성에는 실패($\Rightarrow$ 나중에 이러한 원소들은 별에서 생성된다는 것을 알게 되었다.)
- **1953년** 배경복사의 온도가 7K 정도로 예상



Letters to the Editor

PUBLICATION of brief reports of important discoveries in physics may be secured by addressing them to this department. The closing date for this department is five weeks prior to the date of issue. No proof will be sent to the authors. The Board of Editors does not hold itself responsible for the opinions expressed by the correspondents. Communications should not exceed 600 words in length.

The Origin of Chemical Elements

R. A. ALPHER*

Applied Physics Laboratory, The Johns Hopkins University,
Silver Spring, Maryland

AND

H. BETHE

Cornell University, Ithaca, New York

AND

G. GAMOW

The George Washington University, Washington, D. C.

February 18, 1948

AS pointed out by one of us,¹ various nuclear species must have originated not as the result of an equilibrium corresponding to a certain temperature and density, but rather as a consequence of a continuous building-up process arrested by a rapid expansion and cooling of the primordial matter. According to this picture, we must imagine the early stage of matter as a highly compressed neutron gas (overheated neutral nuclear fluid) which started decaying into protons and electrons when the gas pressure fell down as the result of universal expansion. The radiative capture of the still remaining neutrons by the newly formed protons must have led first to the formation of deuterium nuclei, and the subsequent neutron captures resulted in the building up of heavier and heavier nuclei. It must be remembered that, due to the comparatively short time allowed for this process,¹ the building up of heavier nuclei must have proceeded just above the upper fringe of the stable elements (short-lived Fermi elements), and the present frequency distribution of various atomic species was attained only somewhat later as the result of adjustment of their electric charges by β -decay.

Thus the observed slope of the abundance curve must not be related to the temperature of the original neutron gas, but rather to the time period permitted by the expansion process. Also, the individual abundances of various nuclear species must depend not so much on their intrinsic stabilities (mass defects) as on the values of their neutron capture cross sections. The equations governing such a building-up process apparently can be written in the form:

$$\frac{dn_i}{dt} = f(t)(\sigma_{i-1}n_{i-1} - \sigma_i n_i) \quad i = 1, 2, \dots, 238, \quad (1)$$

where n_i and σ_i are the relative numbers and capture cross sections for the nuclei of atomic weight i , and where $f(t)$ is a factor characterizing the decrease of the density with time.

We may remark at first that the building-up process was apparently completed when the temperature of the neutron gas was still rather high, since otherwise the observed abundances would have been strongly affected by the resonances in the region of the slow neutrons. According to Hughes,² the neutron capture cross sections of various elements (for neutron energies of about 1 Mev) increase exponentially with atomic number halfway up the periodic system, remaining approximately constant for heavier elements.

Using these cross sections, one finds by integrating Eqs. (1) as shown in Fig. 1 that the relative abundances of various nuclear species decrease rapidly for the lighter elements and remain approximately constant for the elements heavier than silver. In order to fit the calculated curve with the observed abundances³ it is necessary to assume the integral of $\rho_e dt$ during the building-up period is equal to 5×10^4 g sec./cm³.

On the other hand, according to the relativistic theory of the expanding universe⁴ the density dependence on time is given by $\rho \propto 10^4/\beta$. Since the integral of this expression diverges at $t=0$, it is necessary to assume that the building-up process began at a certain time t_0 , satisfying the relation:

$$\int_{t_0}^{\infty} (10^4/\beta) dt \leq 5 \times 10^4, \quad (2)$$

which gives us $t_0 \leq 20$ sec. and $\rho_0 \leq 2.5 \times 10^4$ g sec./cm³. This result may have two meanings: (a) for the higher densities existing prior to that time the temperature of the neutron gas was so high that no aggregation was taking place, (b) the density of the universe never exceeded the value 2.5×10^4 g sec./cm³ which can possibly be understood if we

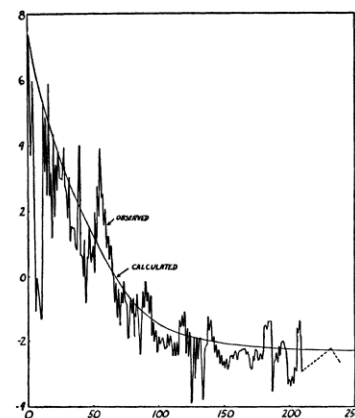
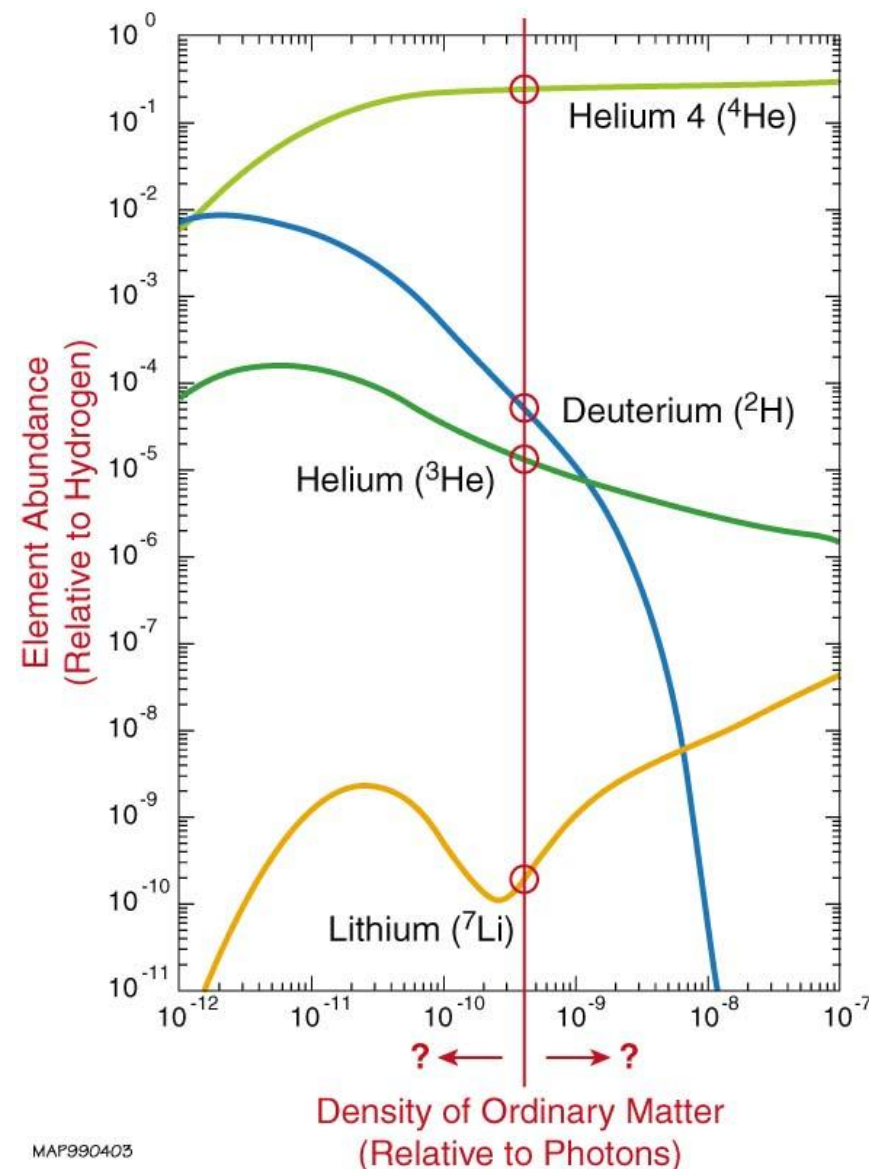
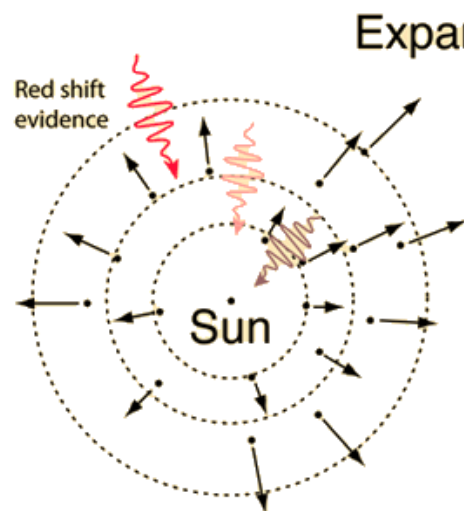


FIG. 1.
Log of relative abundance
Atomic weight

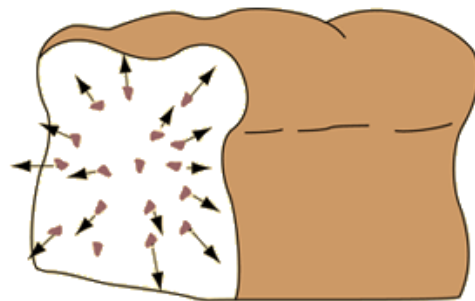


MAP990403

우주의 팽창



$$H = 71 \text{ km/s/Mpc}$$

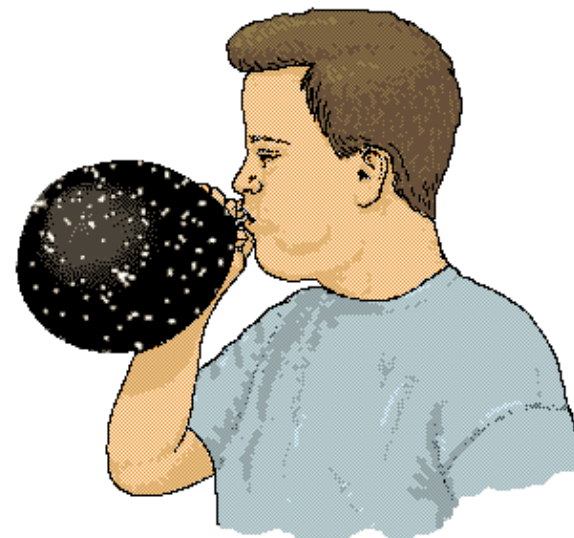


Every raisin in a rising loaf of raisin bread will see every other raisin expanding away from it.

- 우주의 중심이 없다
- 공간의 팽창
- 허블의 법칙이 성립한다.



Draw spots on a balloon to represent galaxies in the universe.



As you blow up the balloon, the "galaxies" move further apart.

정상 우주론

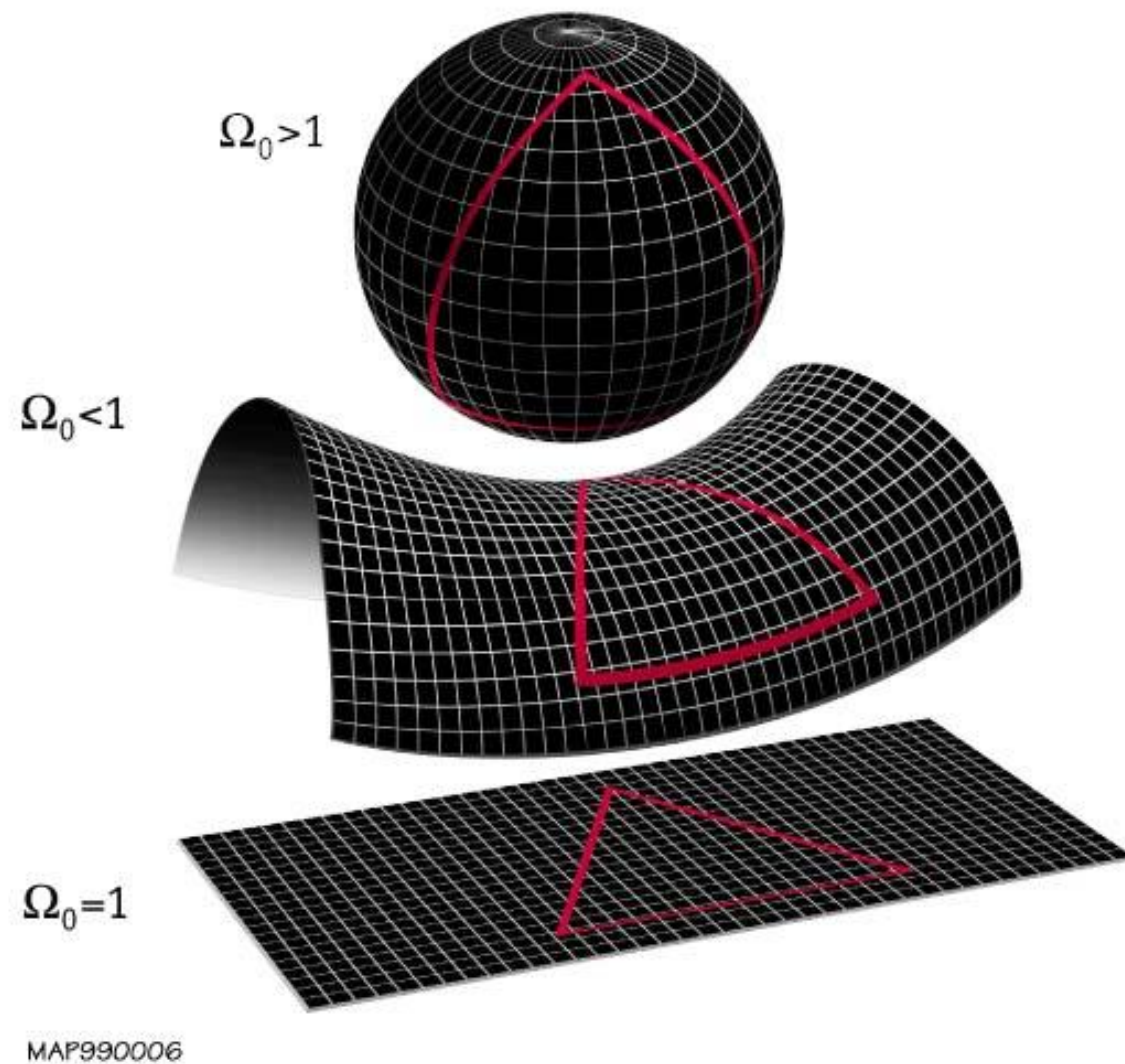
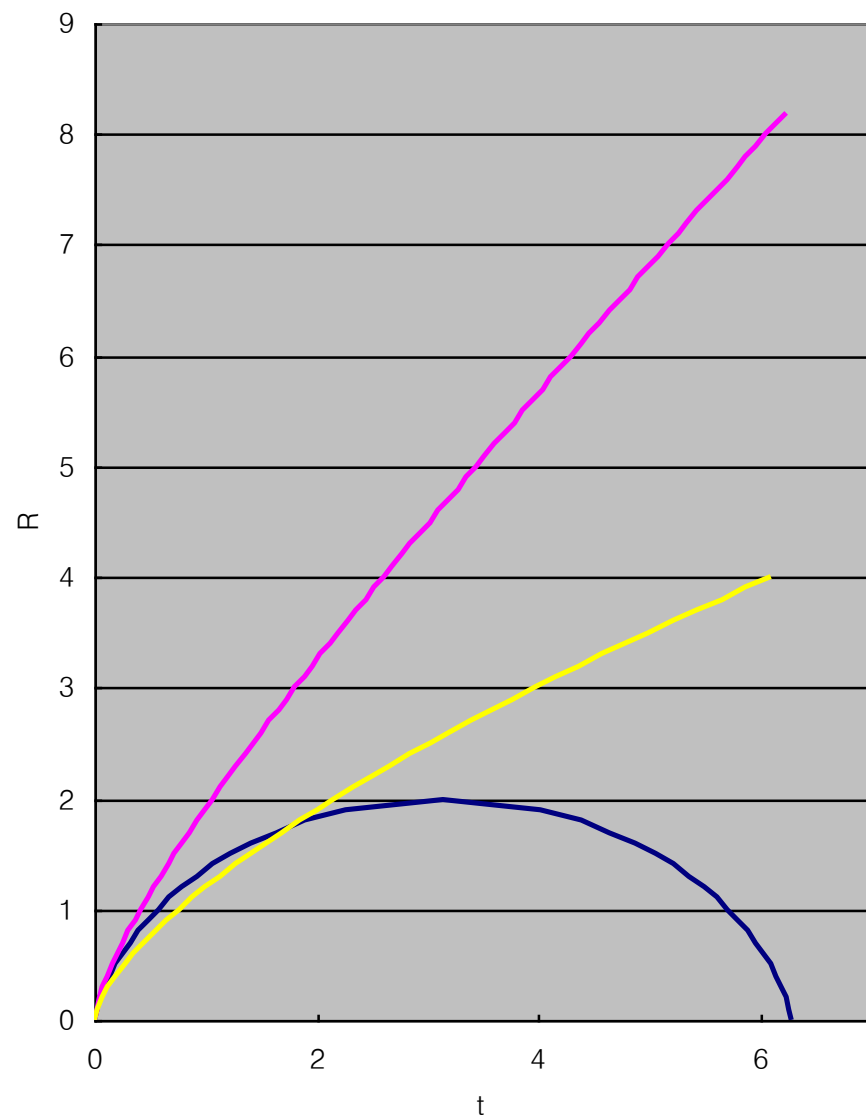
- 1917년 아인슈타인 정적(static) 우주
- 프리드만(1922, 1924), 르메트르(1927)
 - 동적인 팽창우주(이론)
- 1929년 허블: 우주 팽창(관측)
- 1948년 본디, 골드, 호일
 - 정상상태(steady state) 우주
 - 절대 우주 원리: 시간적으로 공간적으로 같다
 - 우주가 팽창하면 밀도가 감소하는데 물질이 계속 창조되어 밀도를 일정하게 유지 – continuous creation
 - 우주배경복사를 설명하기 어려움.
- 1949년 호일은 BBC방송에서 Big Bang이라는 말을 처음 사용함.

우주가 팽창하는데

- 우주에 포함된 물질(에너지)의 양에 따라서
 - 물질의 양이 어떤 기준이 되는 물질의 양보다 많으면 팽창했다가 수축
 - 물질의 양이 어떤 기준이 되는 물질의 양보다 같거나 적으면 영원히 팽창
- 우주 내의 물질에 의한 중력이 운동에 영향을 준다.
 - $K < 0, \Omega_0 < 1$ 열린 우주
 - $K = 0, \Omega_0 = 1$ 편평 우주
 - $K > 0, \Omega_0 > 1$ 닫힌 우주

우주 모형

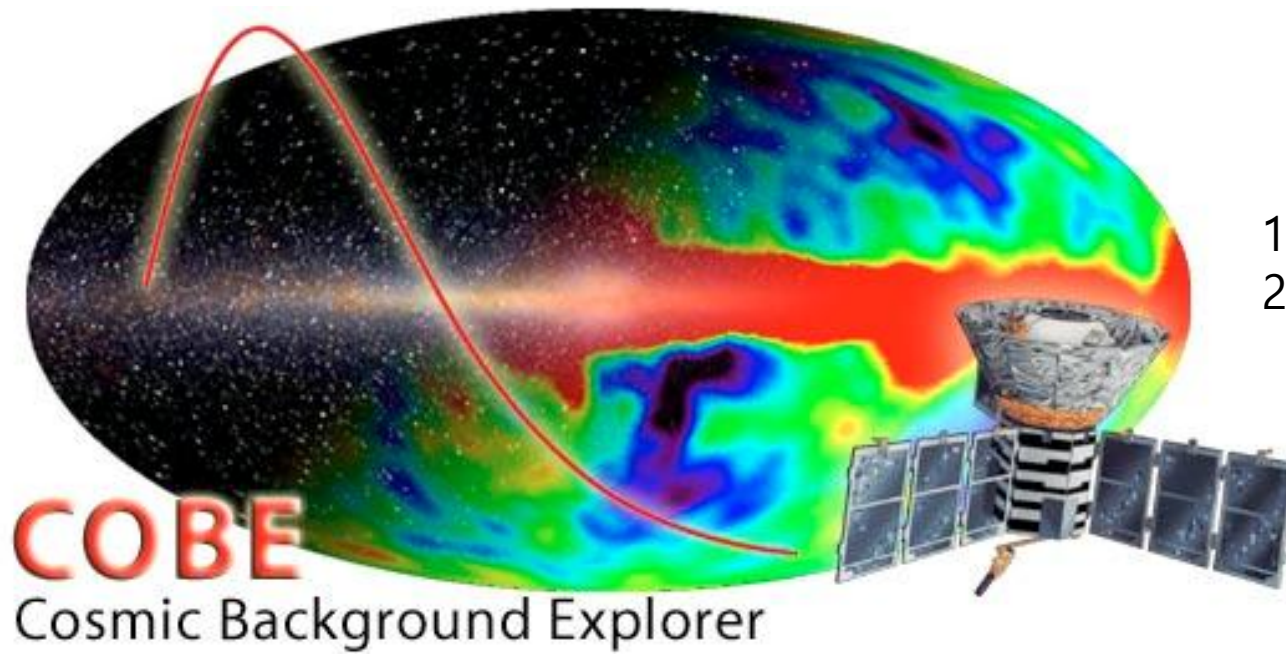
- 닫힌 우주
- 열린 우주
- 편평한 우주



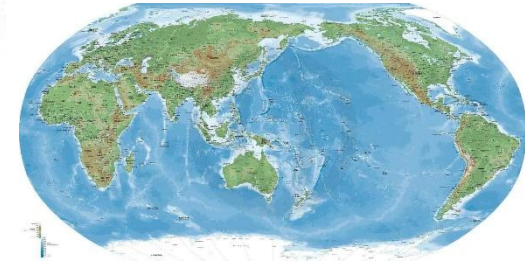
Penzias 와 Wilson 1965년



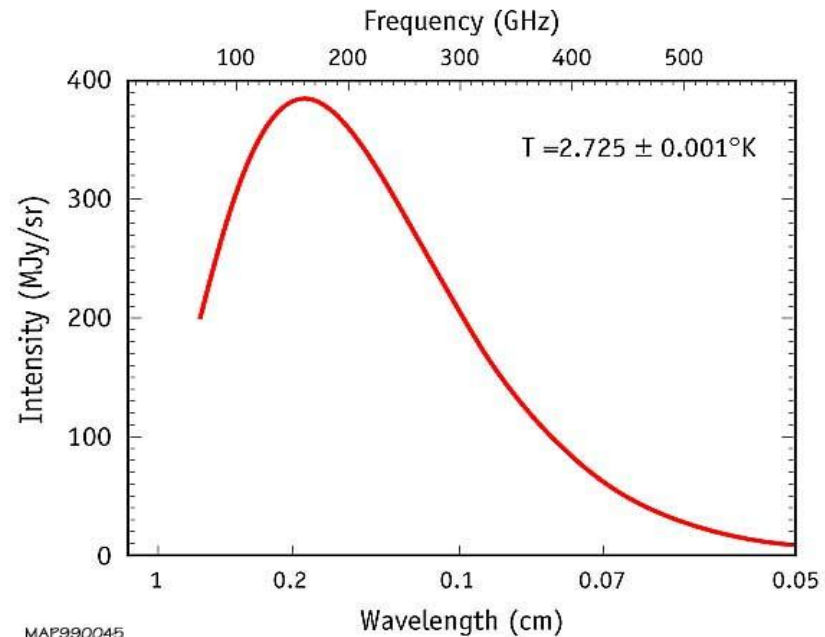
- 벨랩(Bell labs) 연구소
- 은하수에서 오는 전파를 측정하기 위해서 나팔 모양으로 생긴 전파망원경을 사용
- 수신기로 여분의 잡음이 들어 왔는데, 설명할 수 없었다. ⇒ 우주배경복사를 발견한 것이다.
- 허블 이후에 가장 중요한 우주에 관한 관측이었다
- 1978년에 노벨 물리학상 수상



1992년
2006년 노벨상 수상



SPECTRUM OF THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND

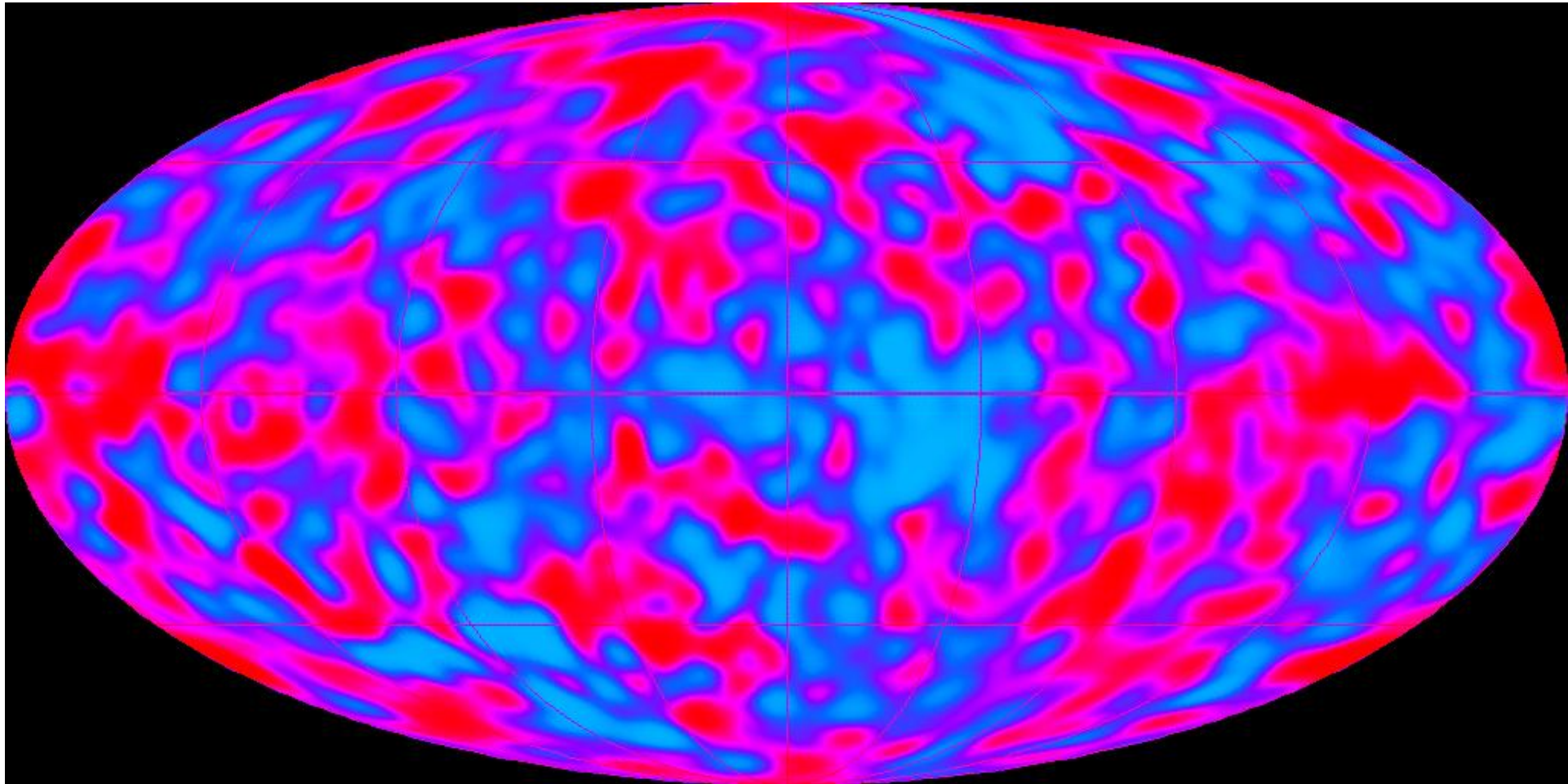


ISOTROPY OF THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND



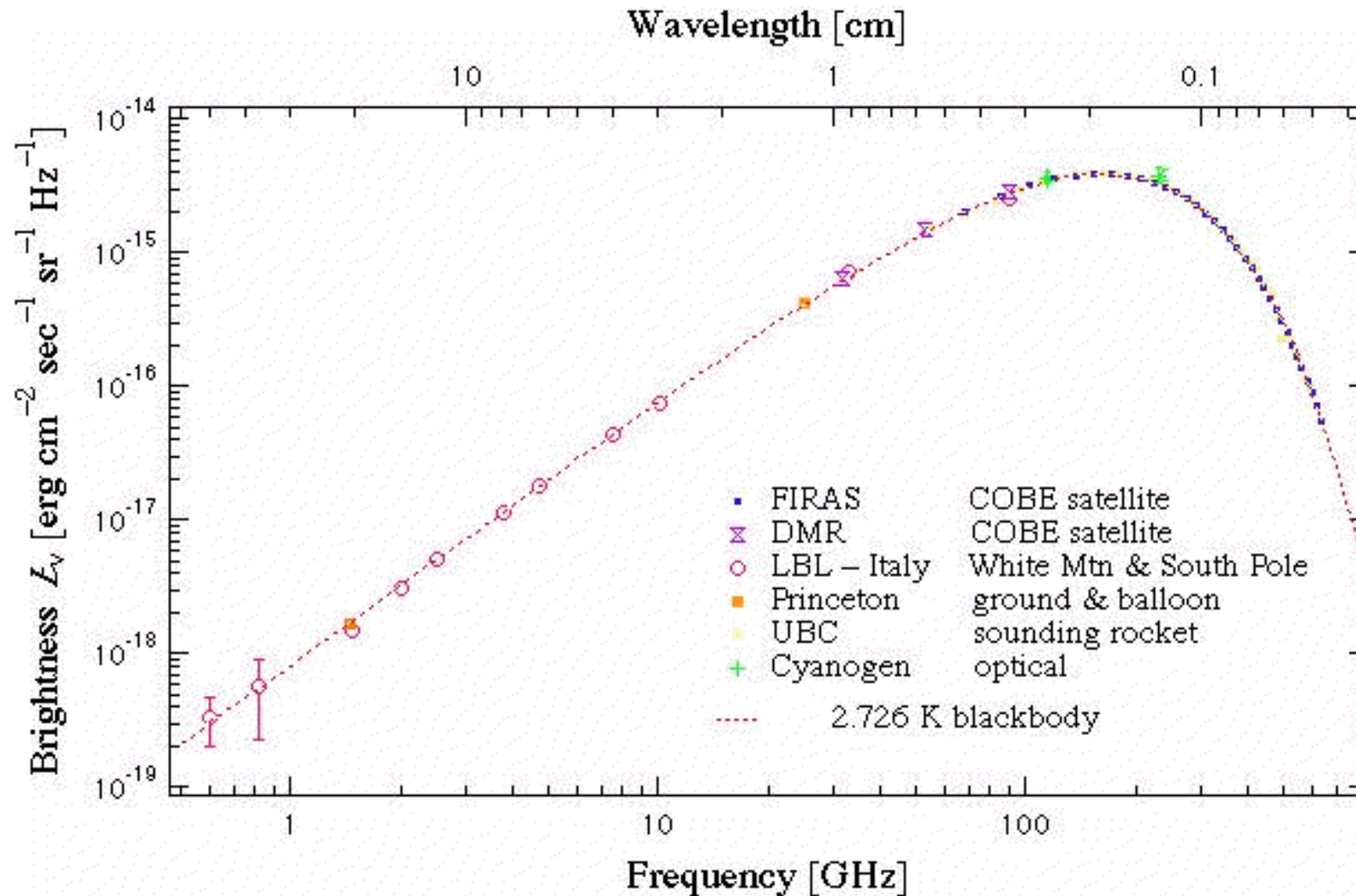
우주배경복사의 비등방성

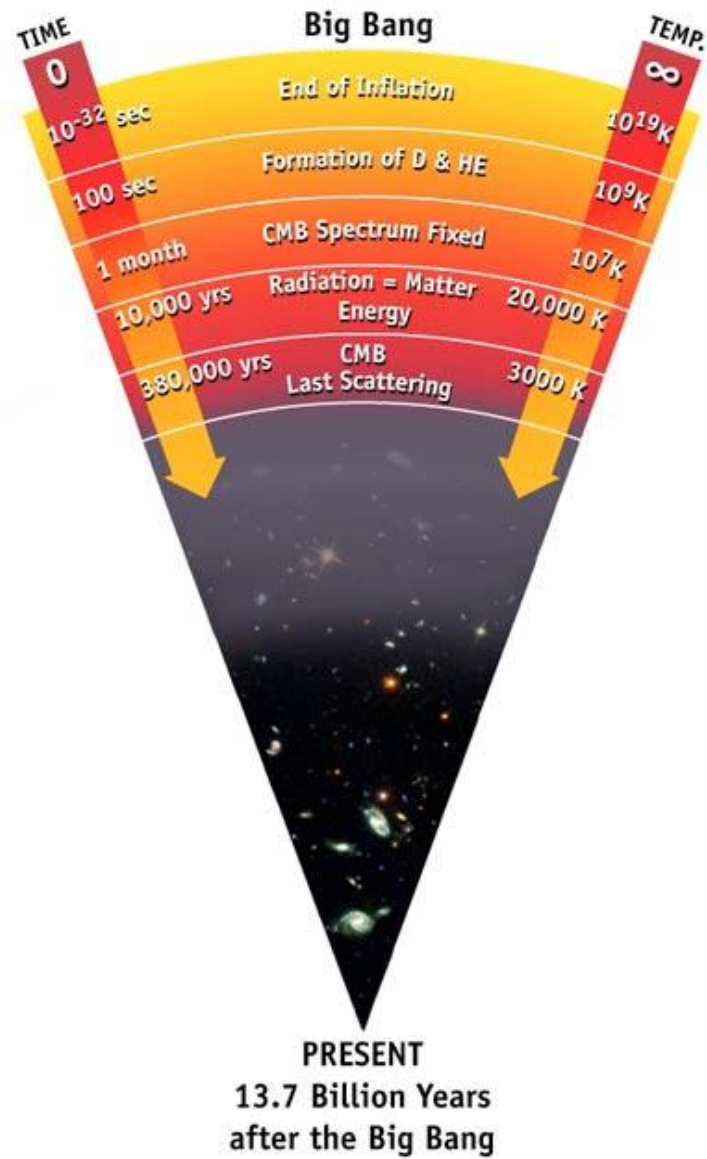
10^{-5} K 정도



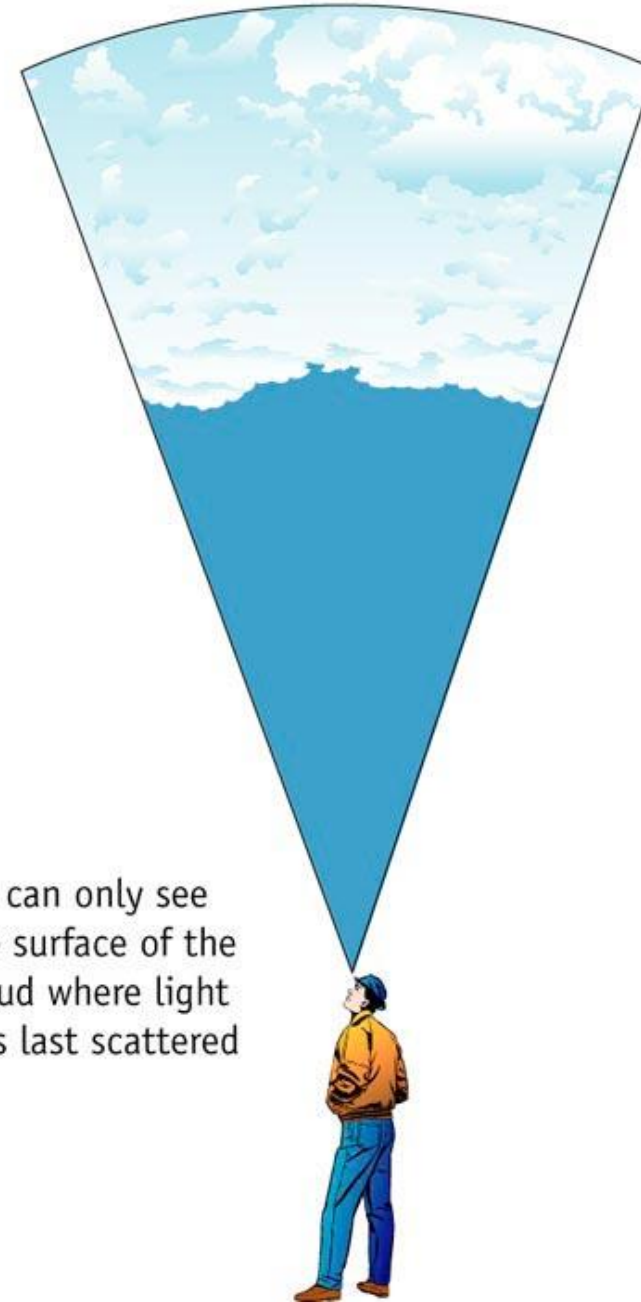
Cosmic Micro Background Radiation

COBE 관측 $\sim 2.725 \pm 0.002$ K

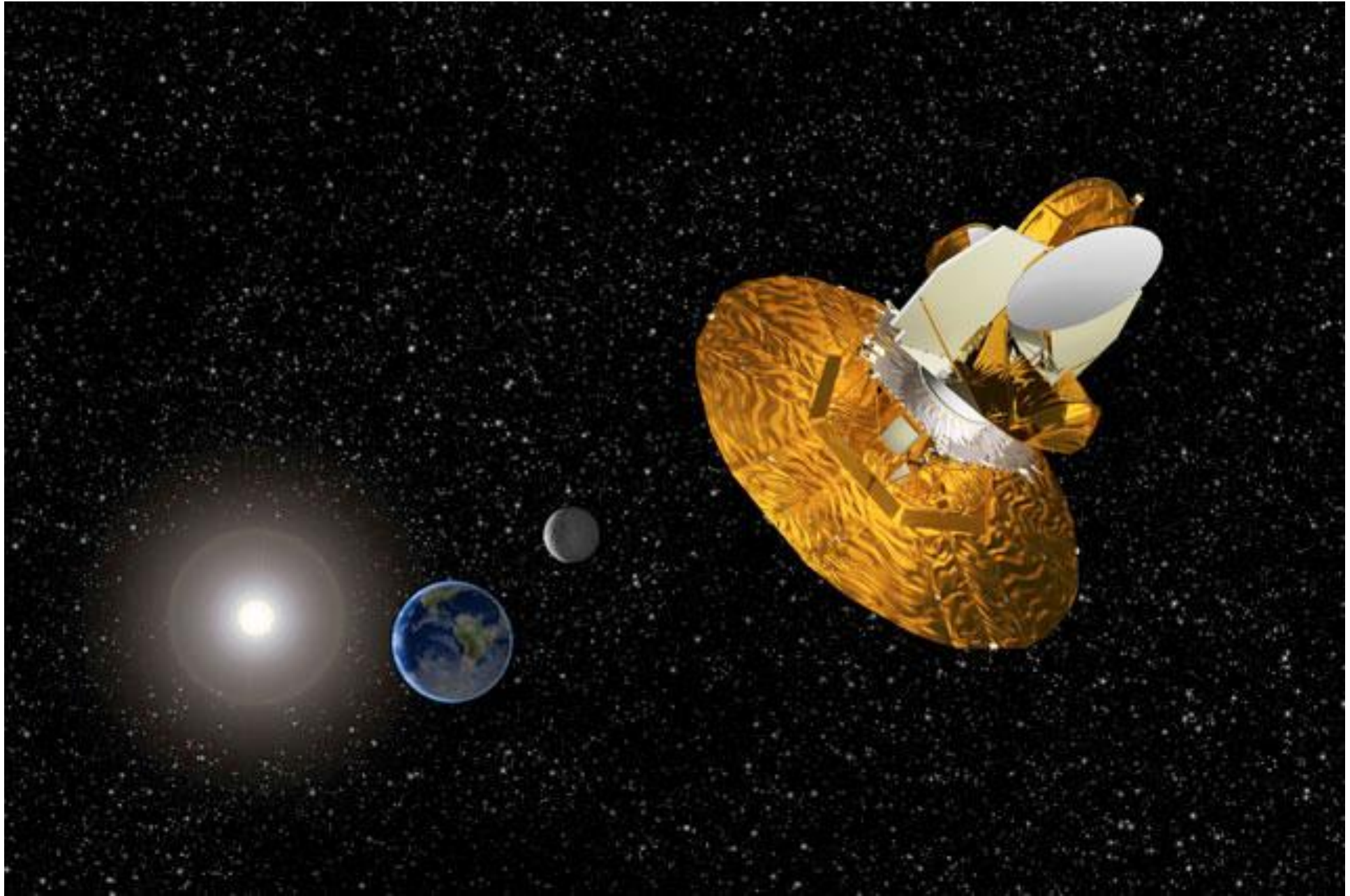


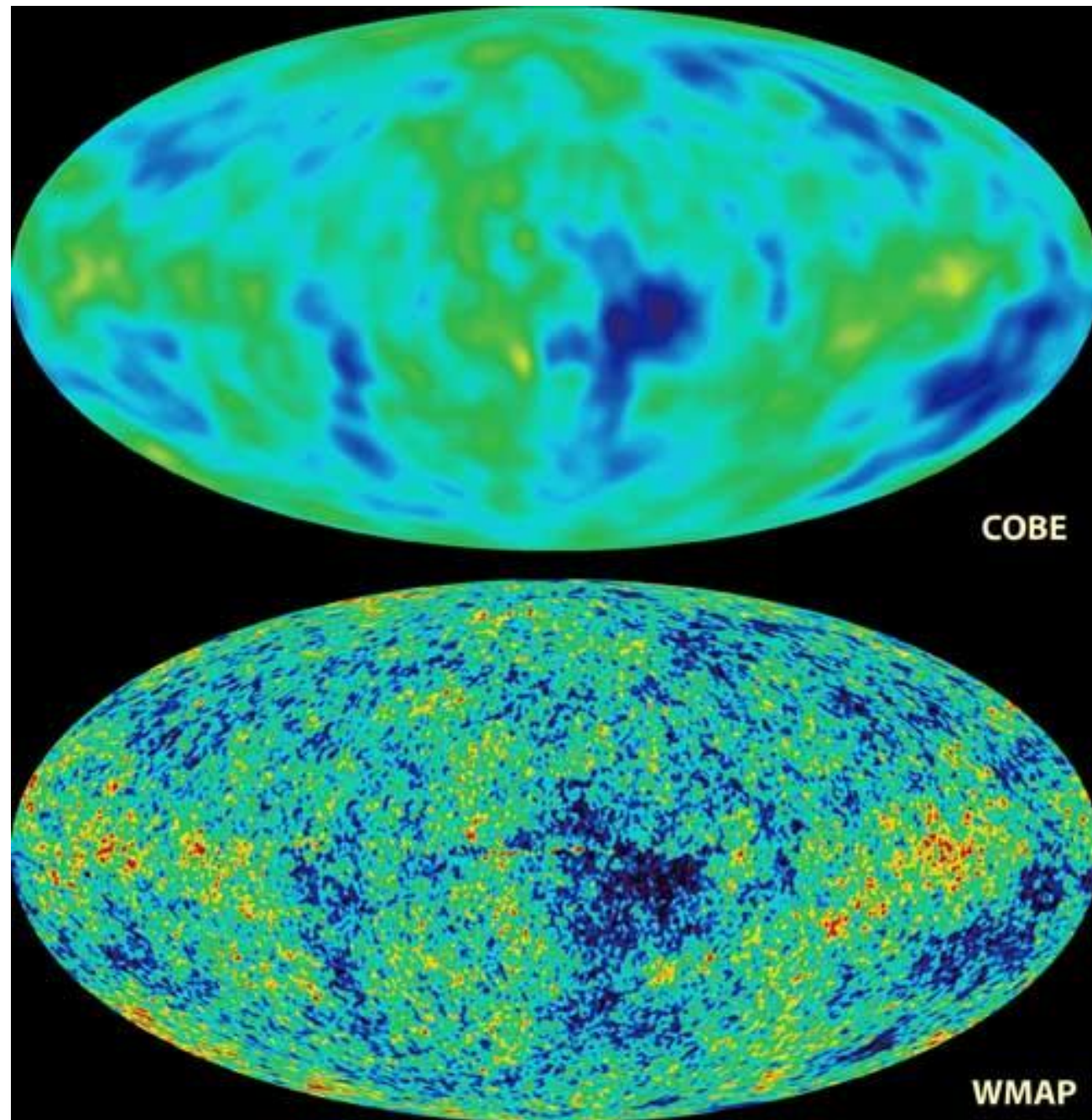


The cosmic microwave background Radiation's "surface of last scatter" is analogous to the light coming through the clouds to our eye on a cloudy day.



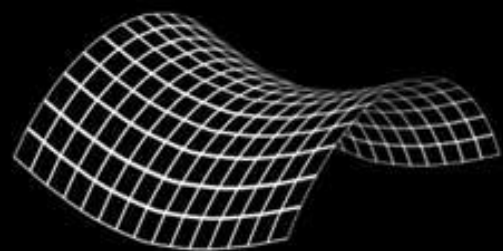
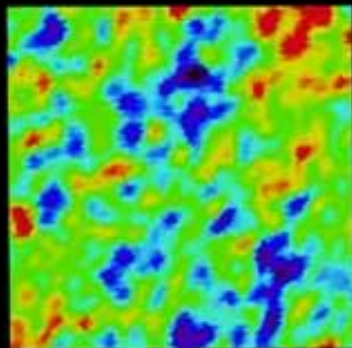
WMAP 관측





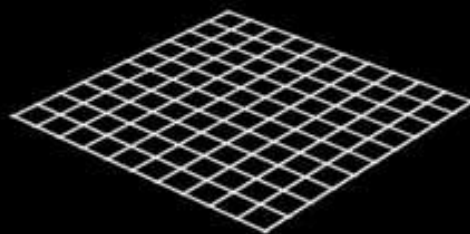
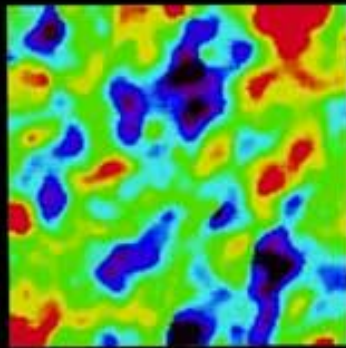
우리 우주는 편평우주

GEOMETRY OF THE UNIVERSE



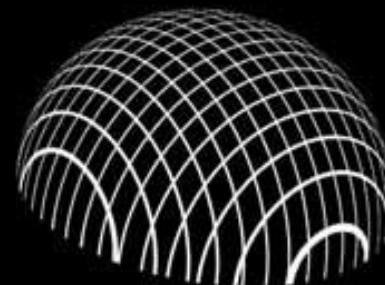
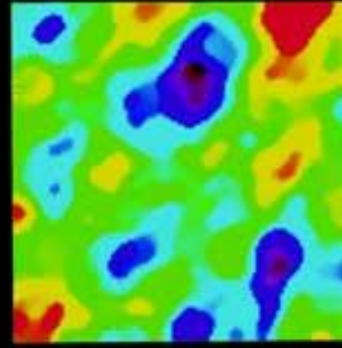
OPEN

Fluctuations largest on half-degree scale



FLAT

Fluctuations largest on
1-degree scale

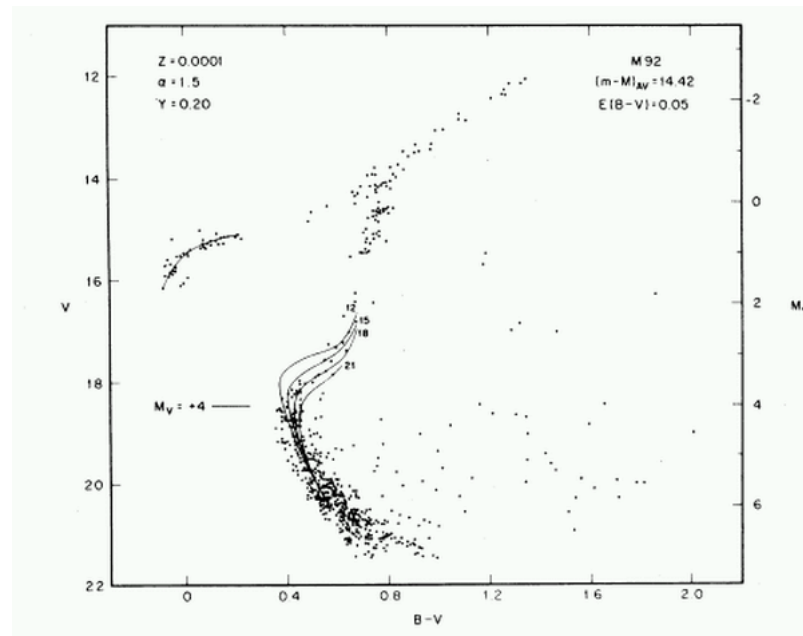
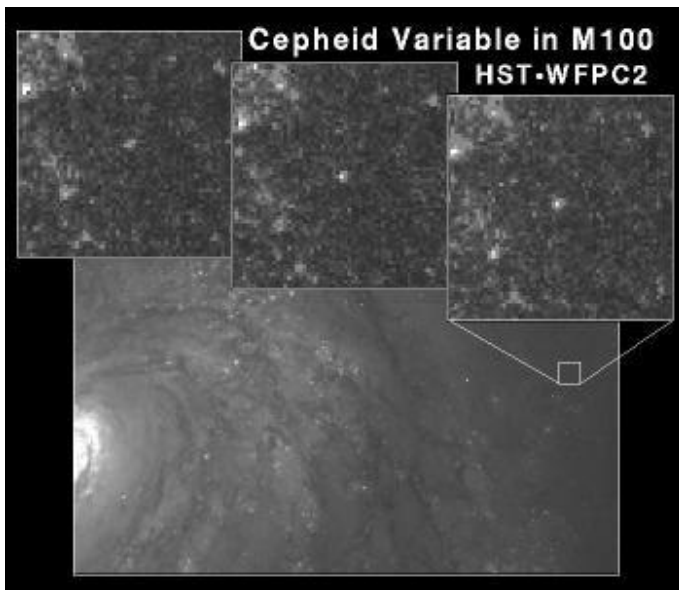


CLOSED

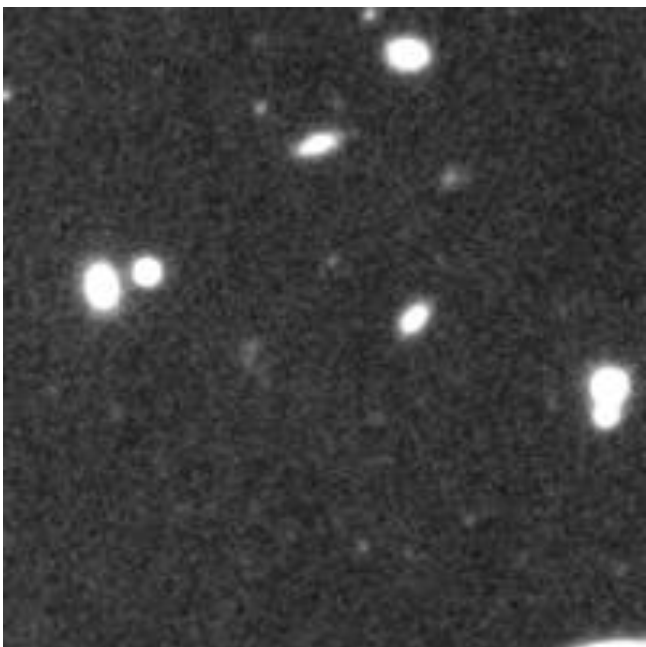
Fluctuations largest on
greater than 1-degree scale

그런데 문제가 발생

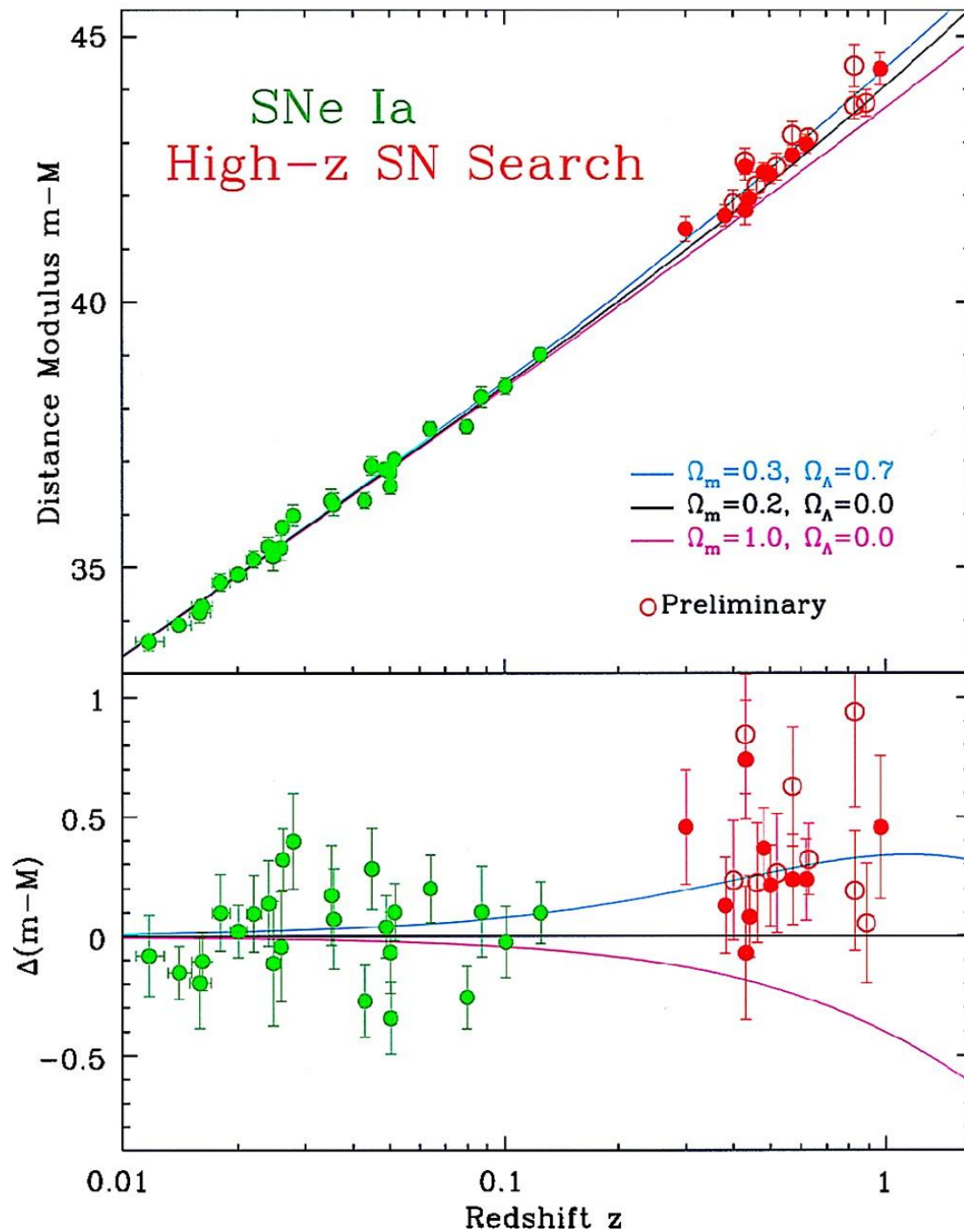
- 우주 내에서 발견되는 물질의 양은 적은데
- 우주는 **편평한 우주**같이 관측
- 관측되는 허블 상수에 의한 우주 나이
 - $\frac{2}{3H_0} \approx 100$ 억년
- 구상성단의 나이는 100억년 이상



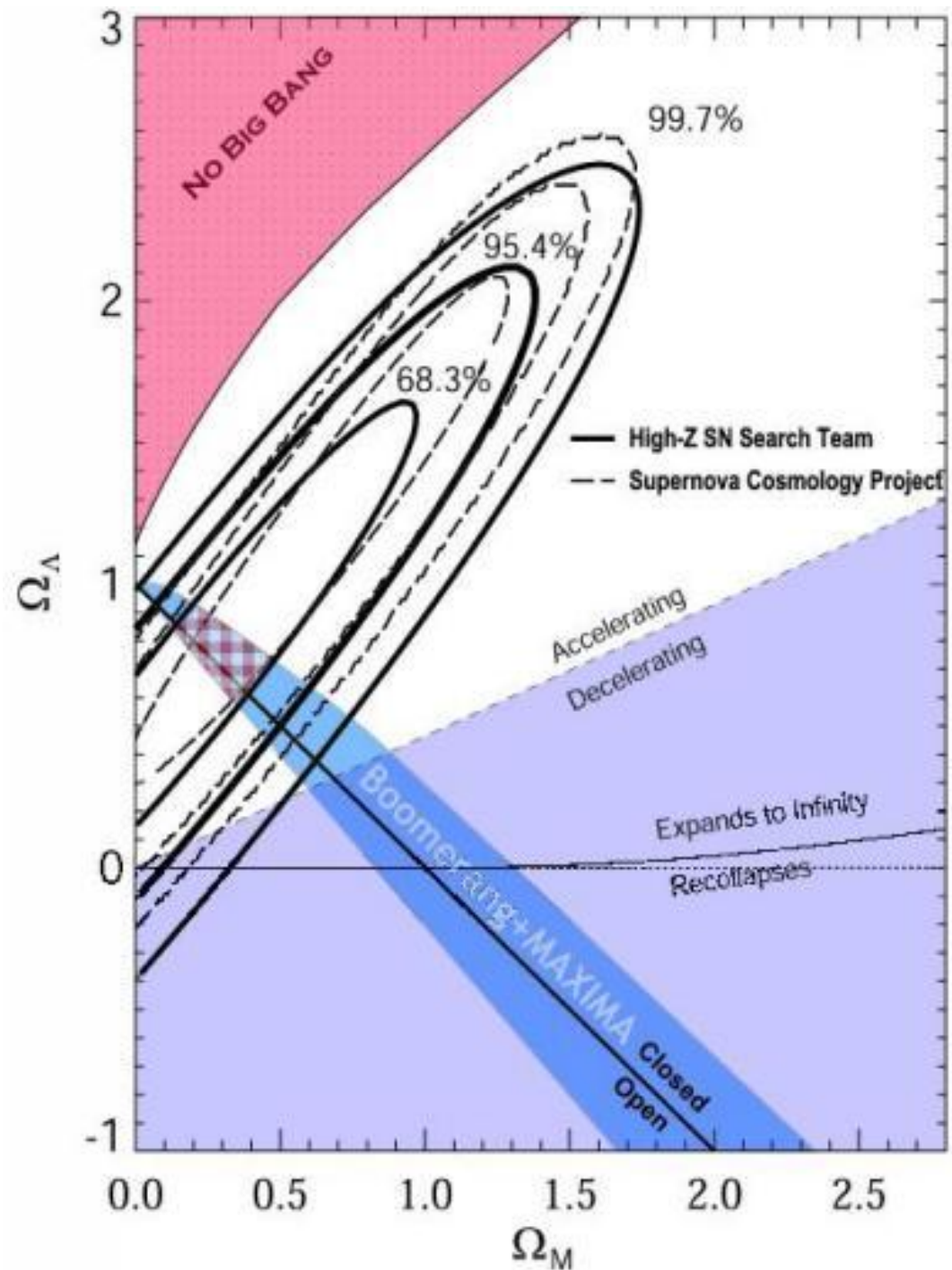
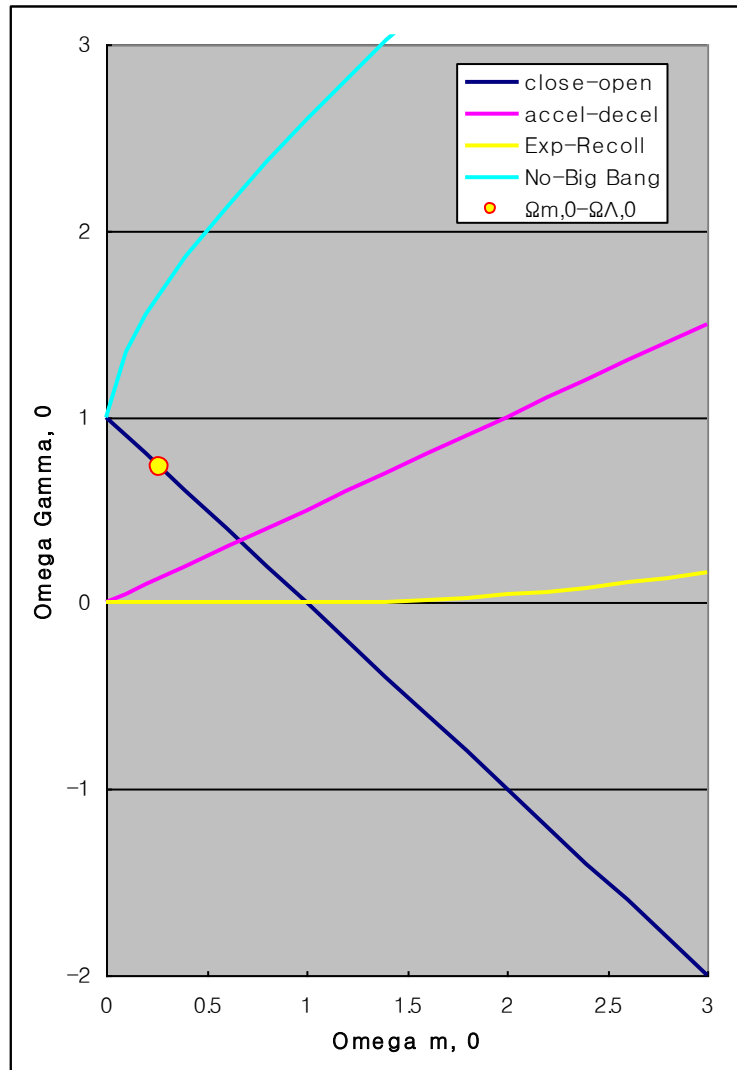
우주가 가속 팽창하고 있는 증거 관측



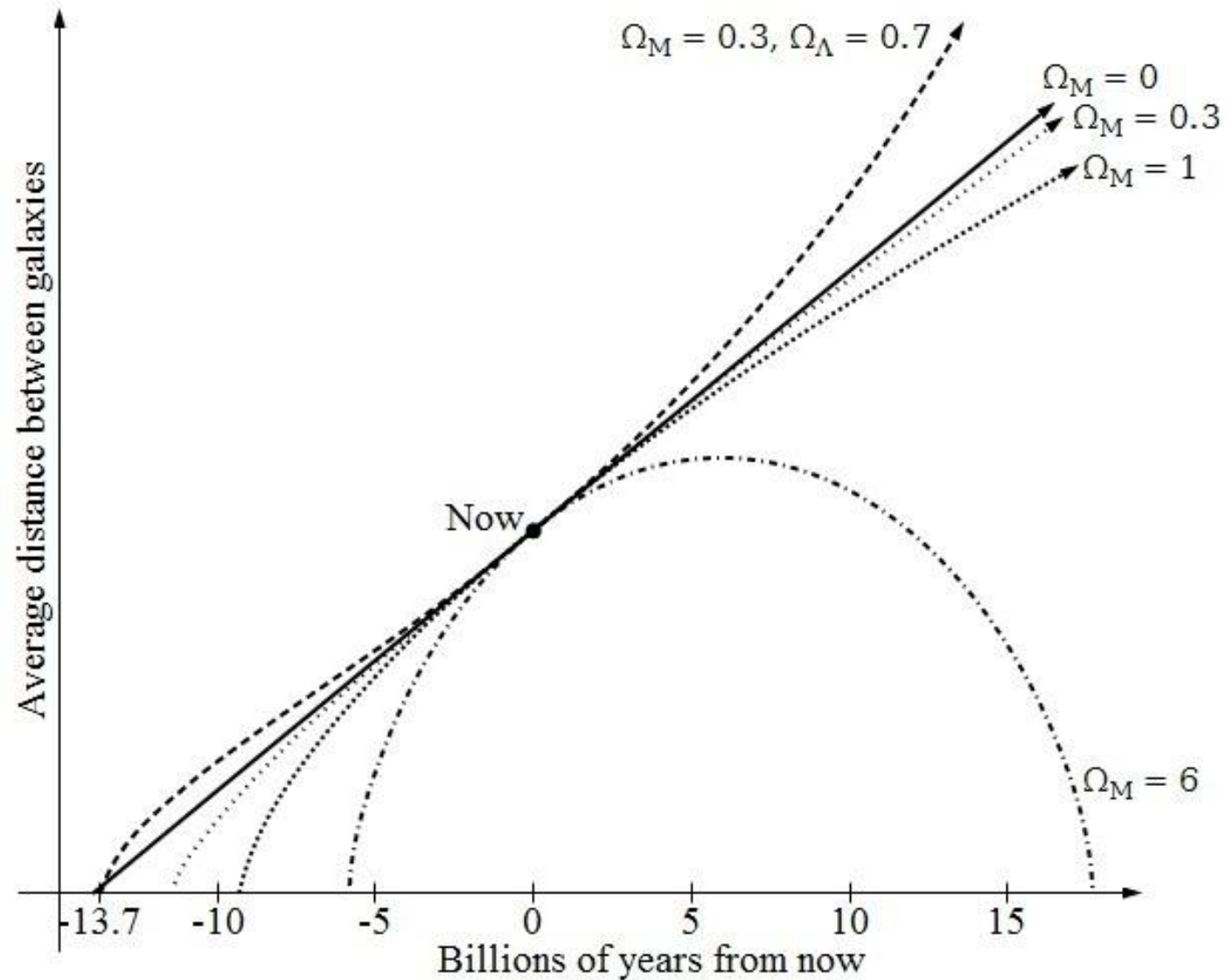
- 매우 멀리 있는 초신성을 관측
- 과거에는 편평한 우주에서 예상하는 팽창보다 더 천천히 팽창

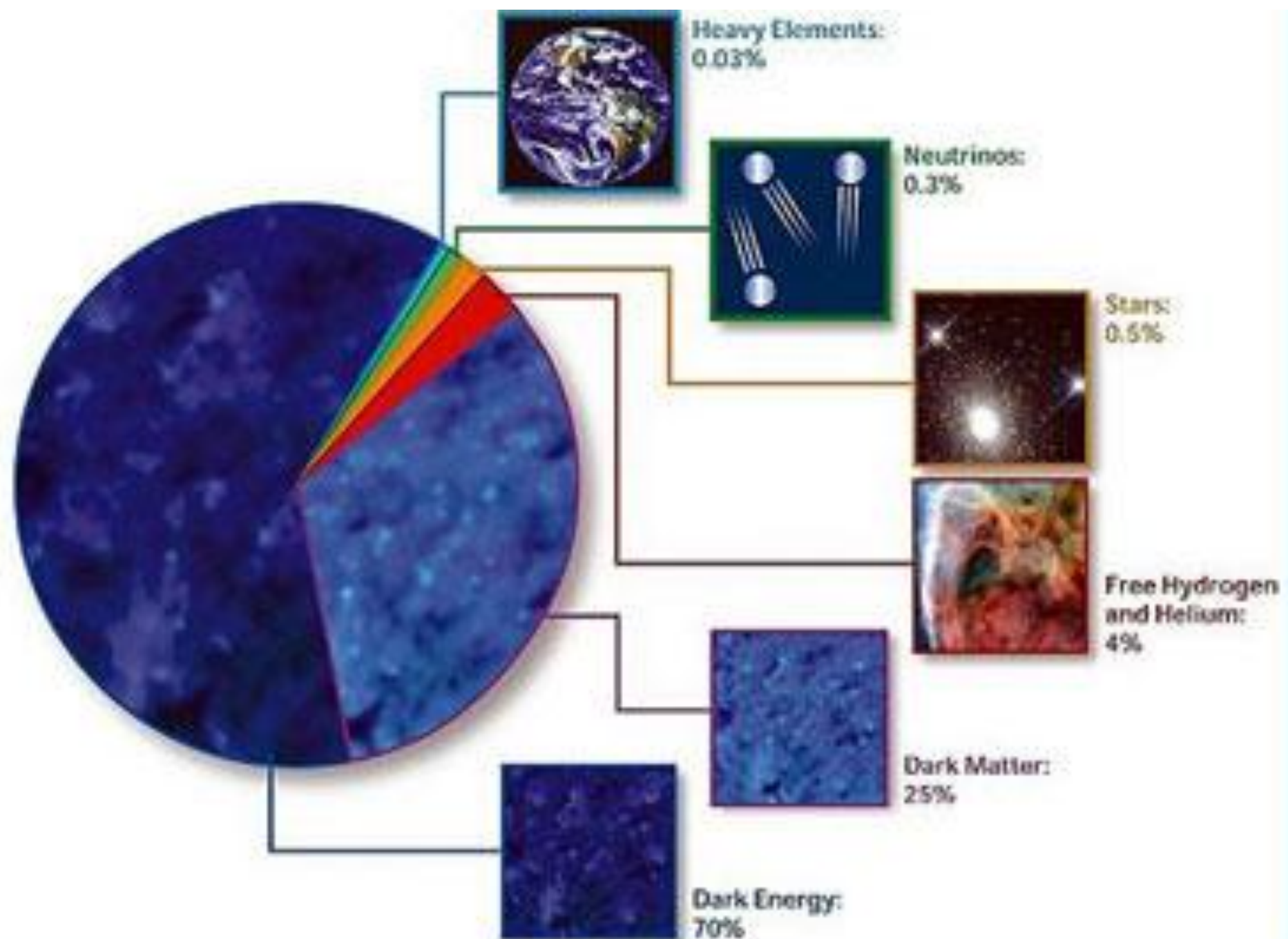


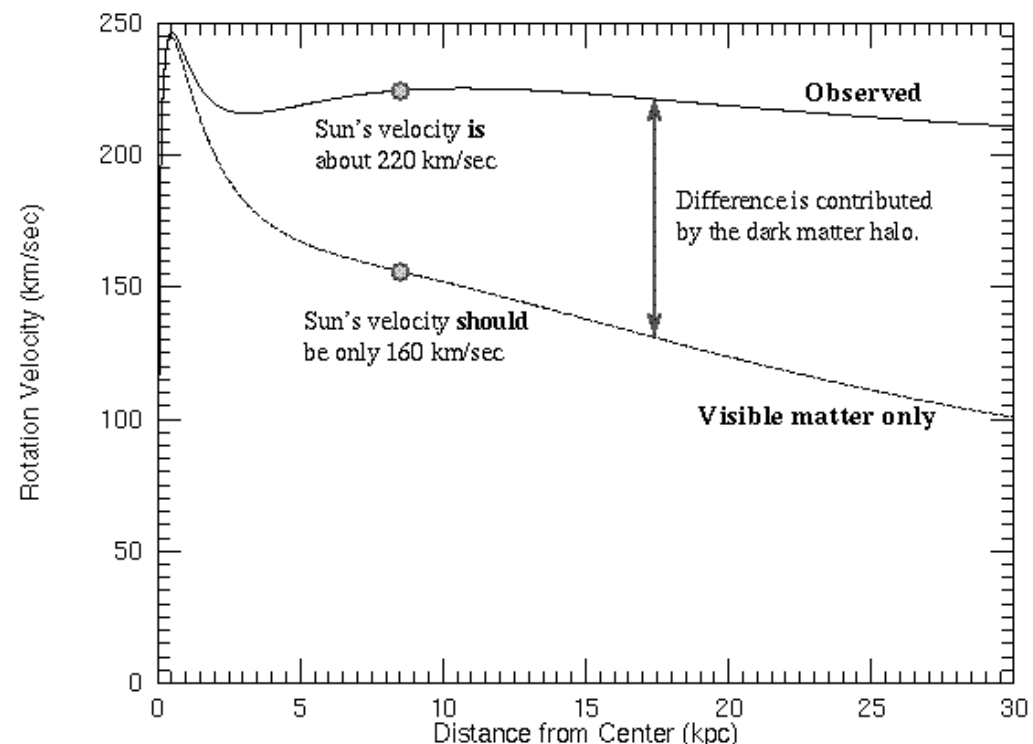
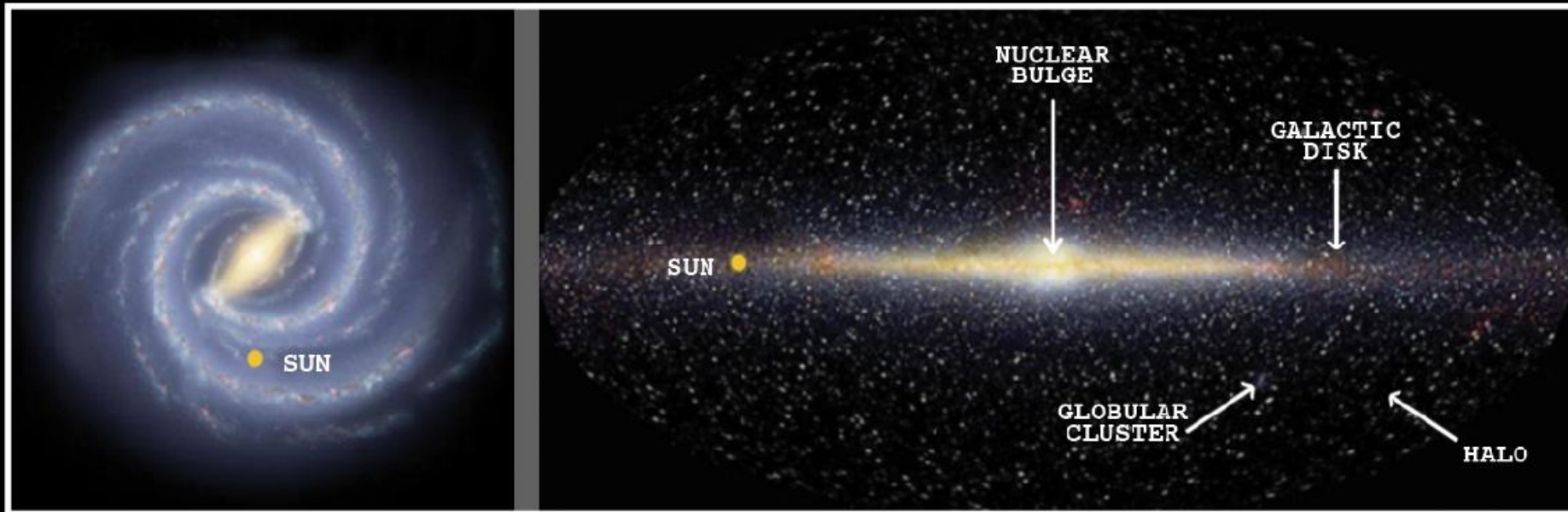
암흑에너지



팽창 우주의 이론적 모형

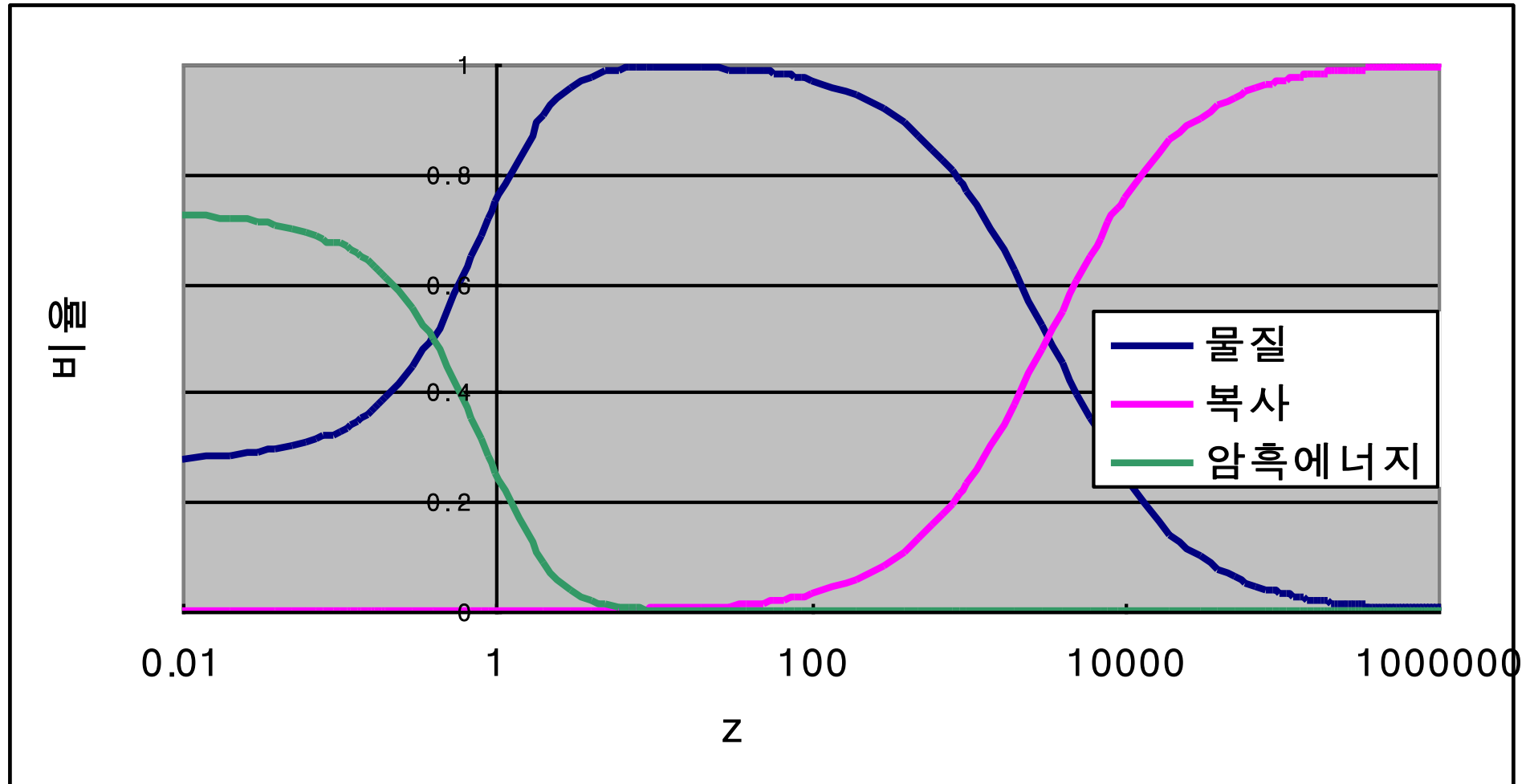




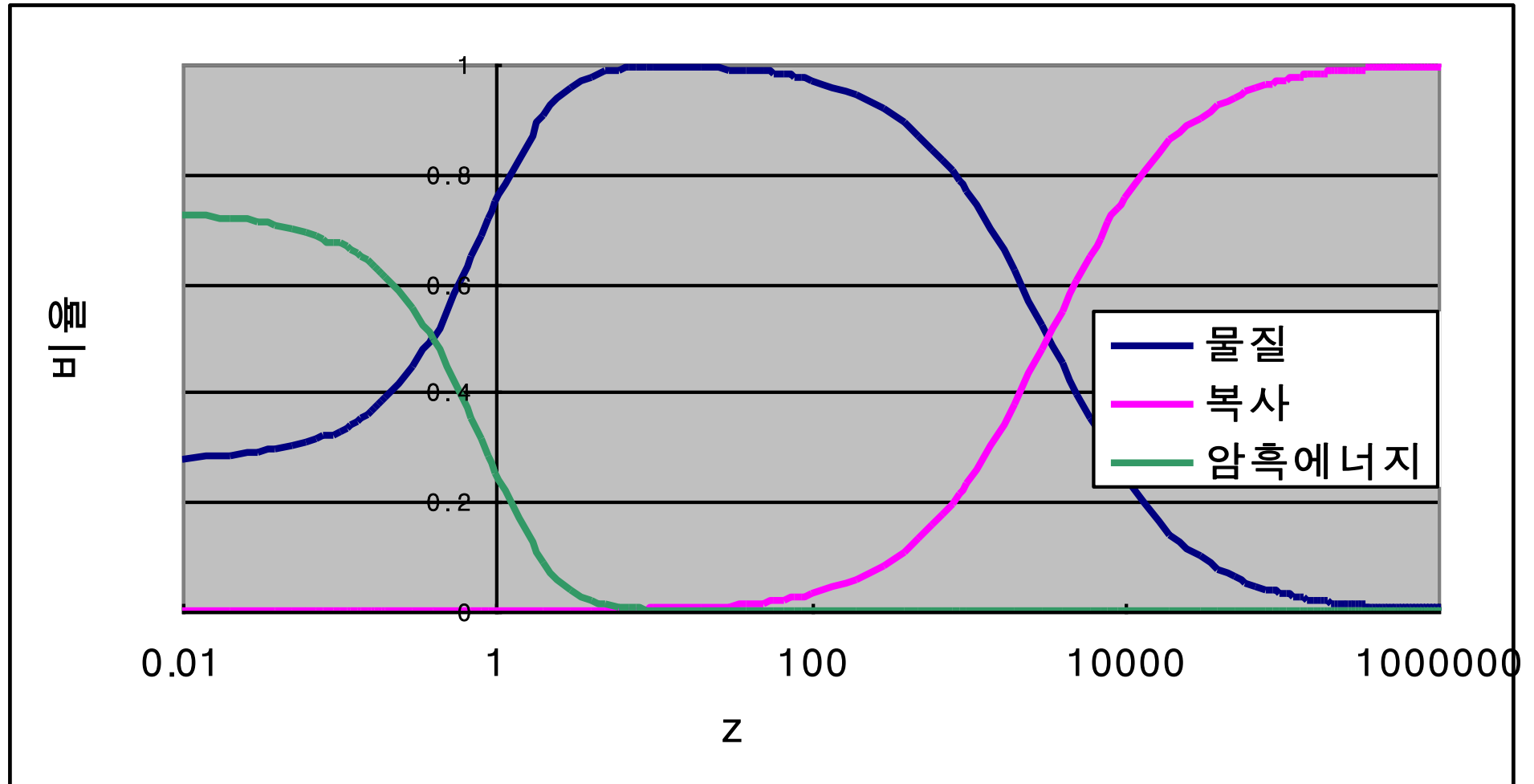


암흑물질의 존재

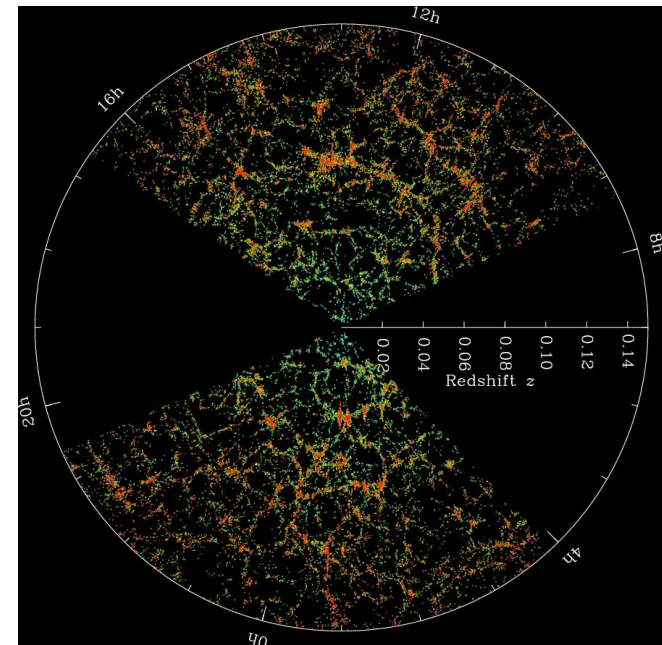
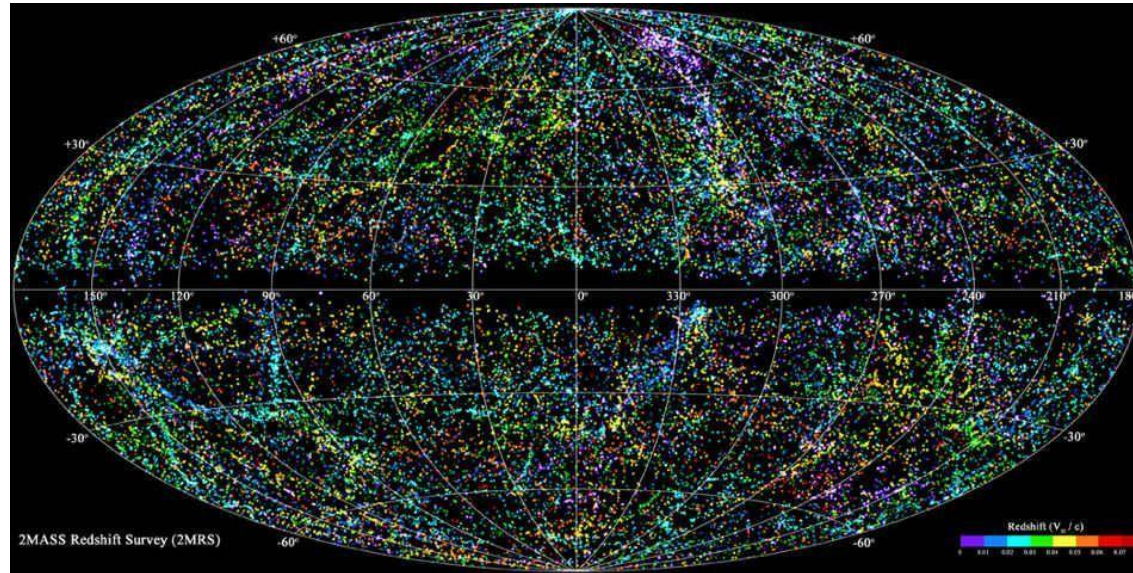
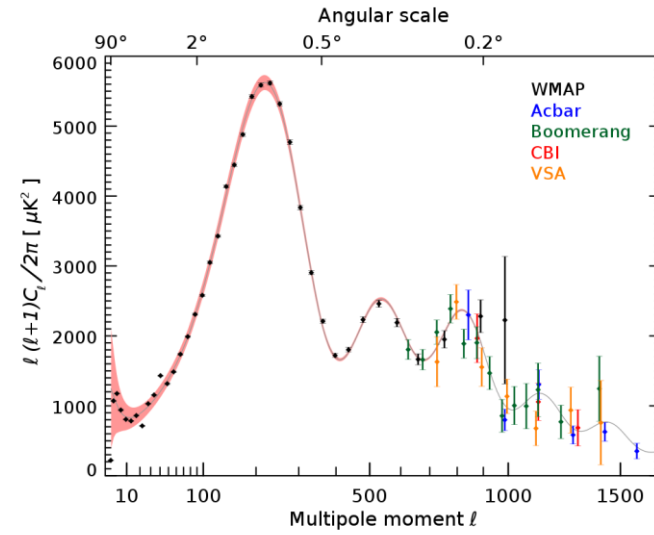
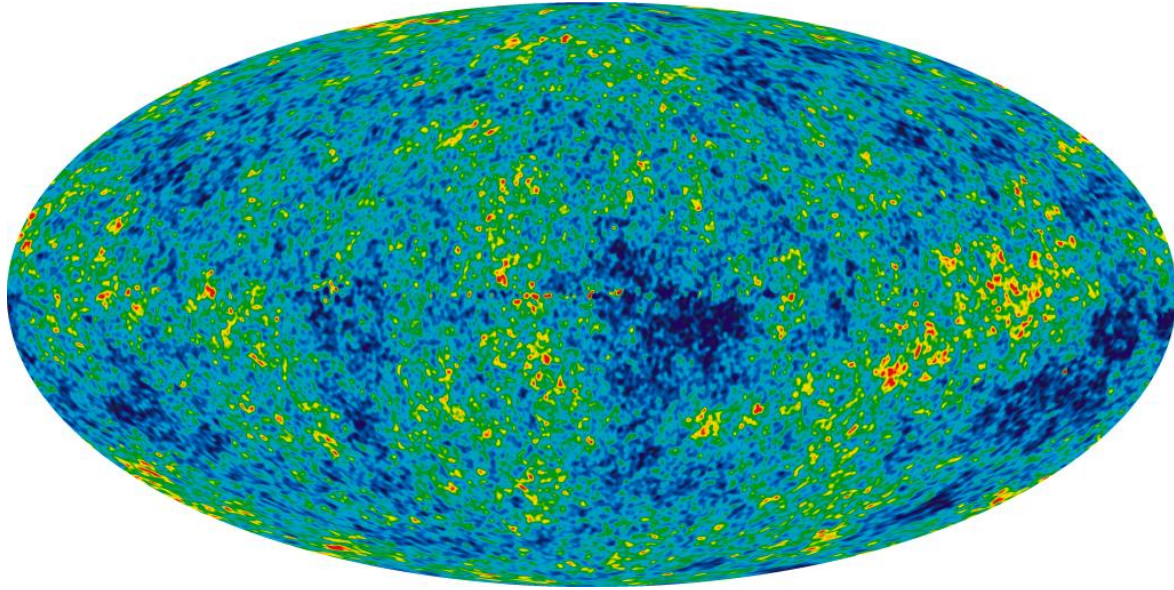
복사, 물질, 암흑에너지 시대

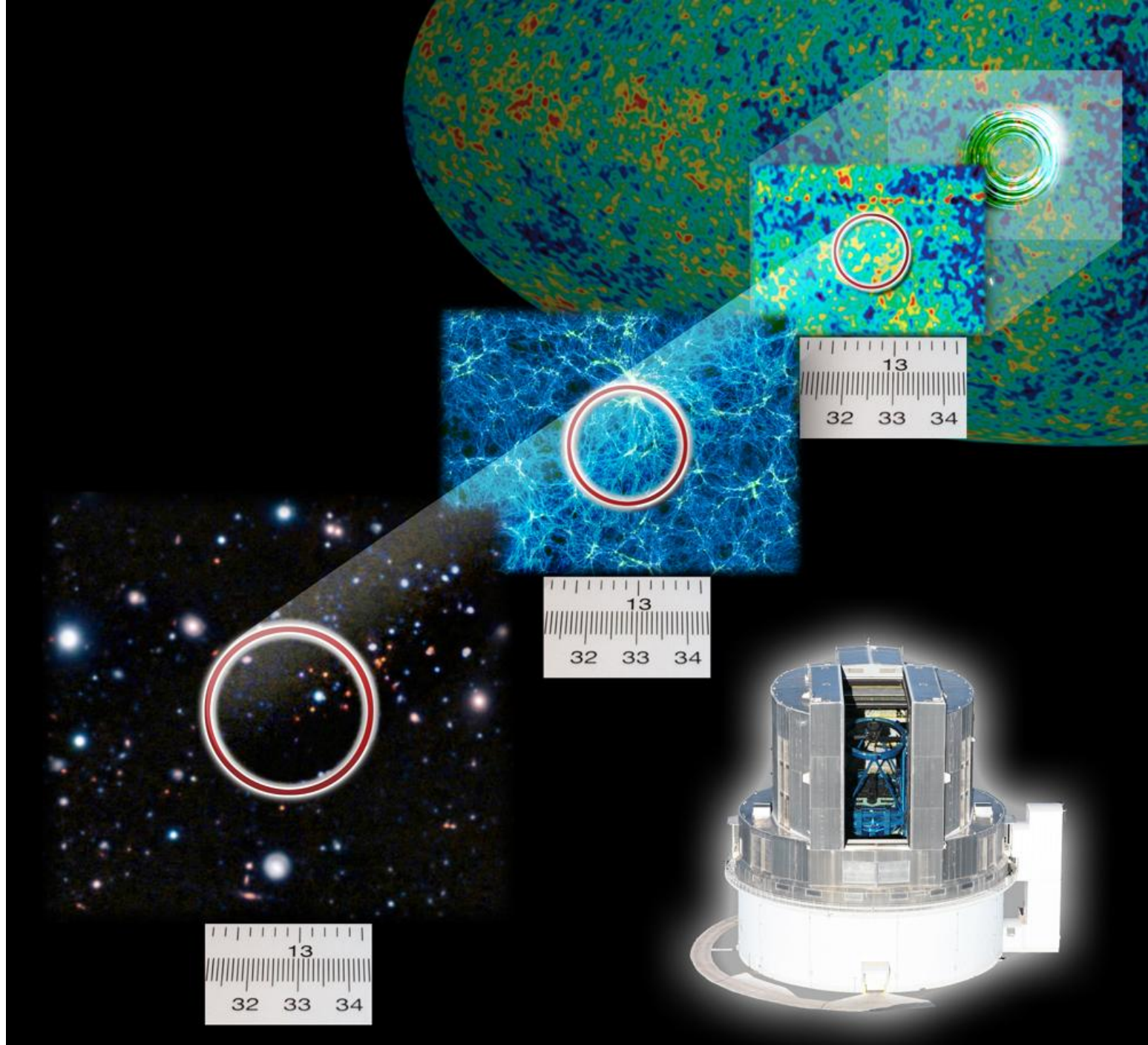
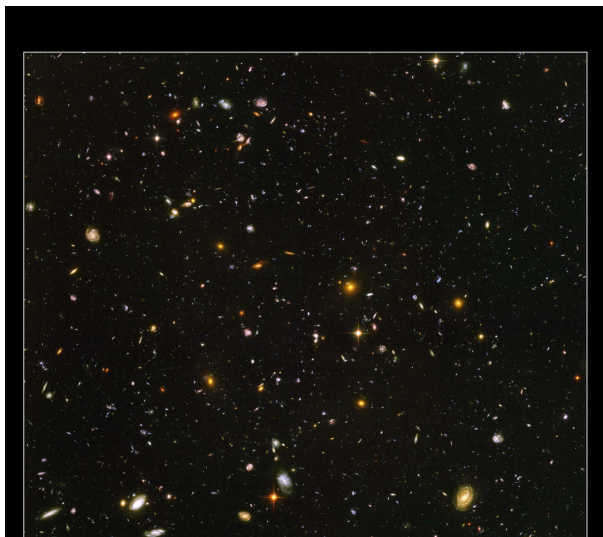
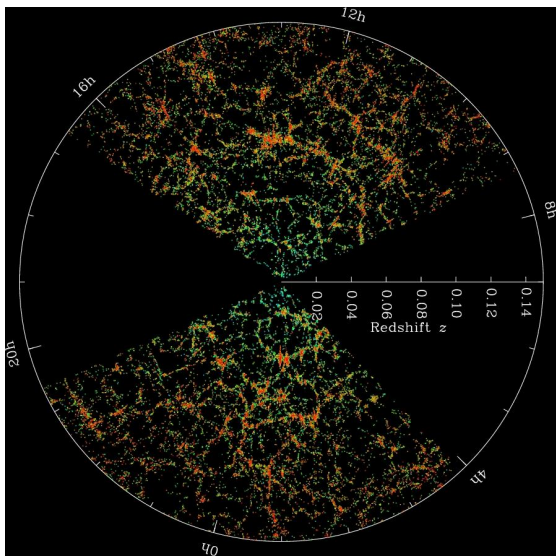
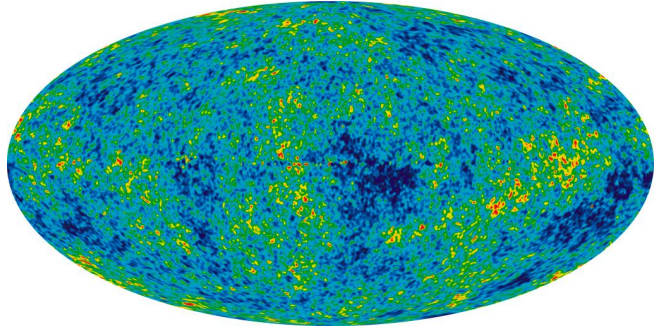


복사, 물질, 암흑에너지 시대



우주배경복사의 비등방성



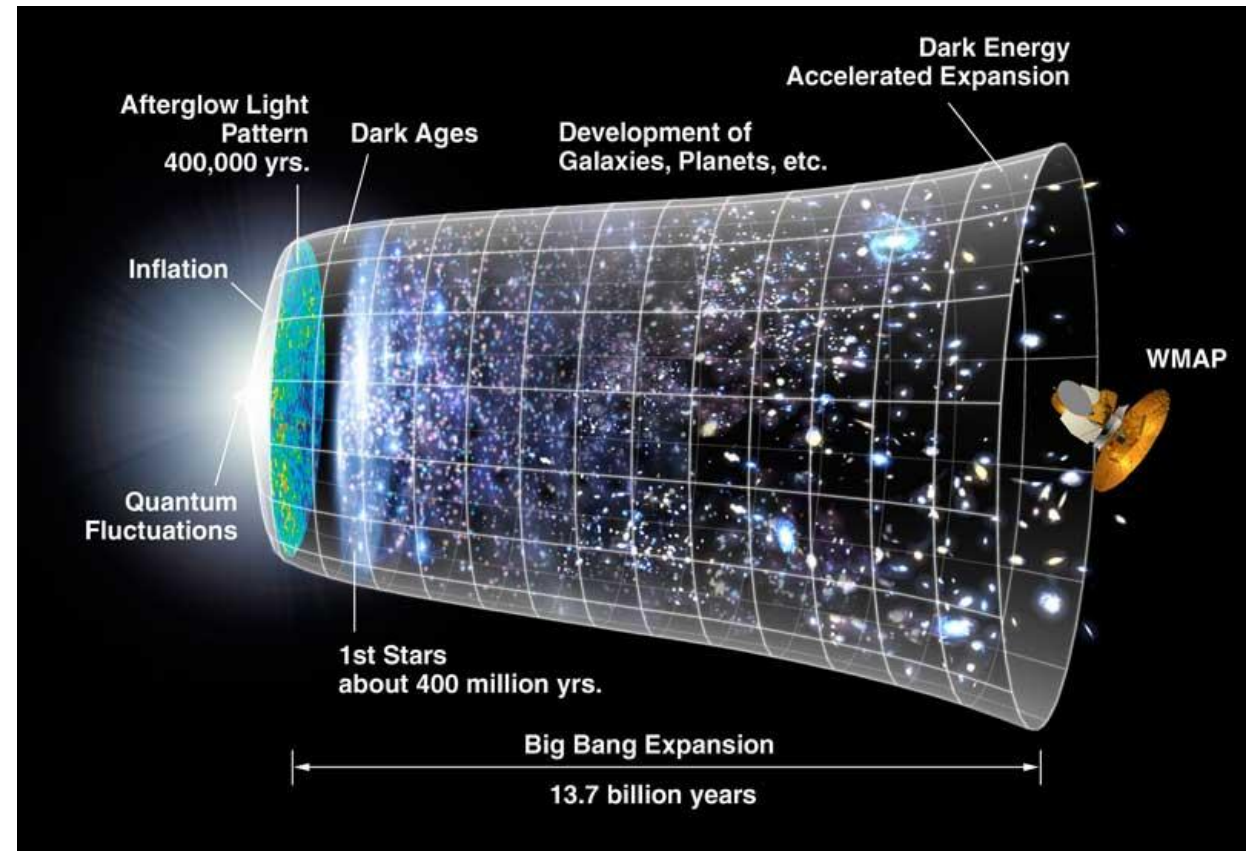


빅뱅우주이론에 문제가 있었는데...

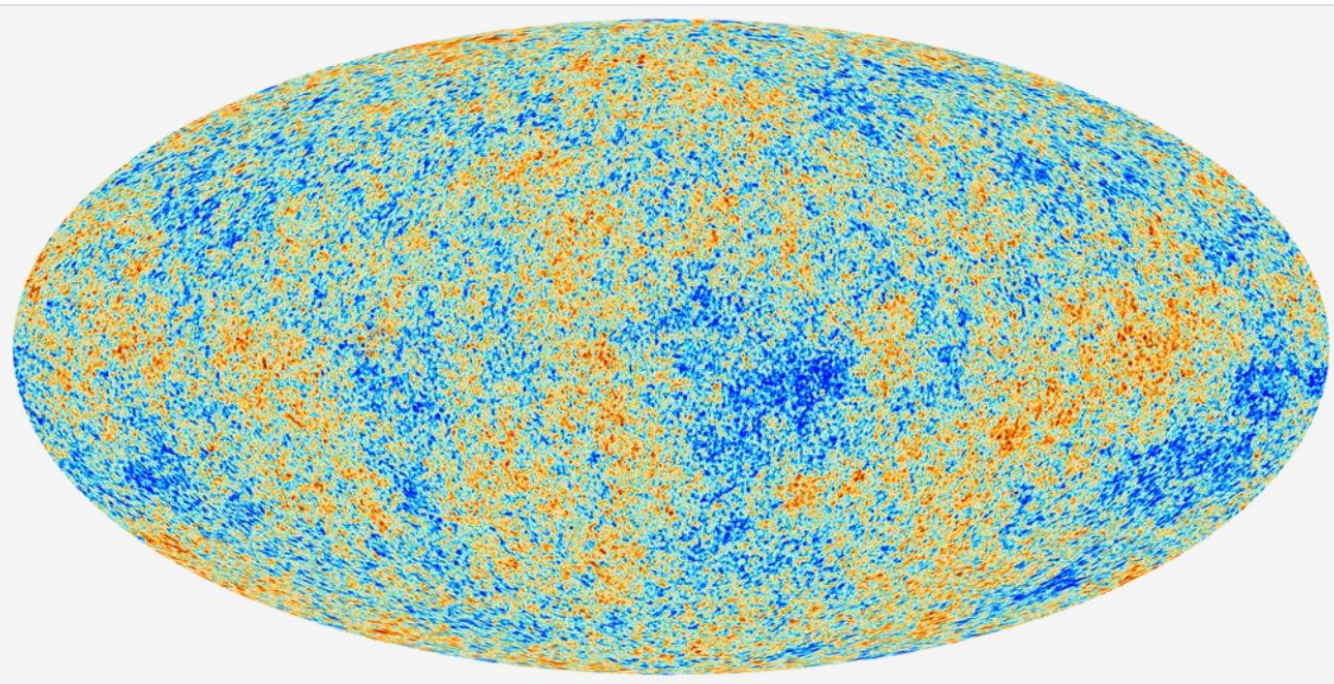
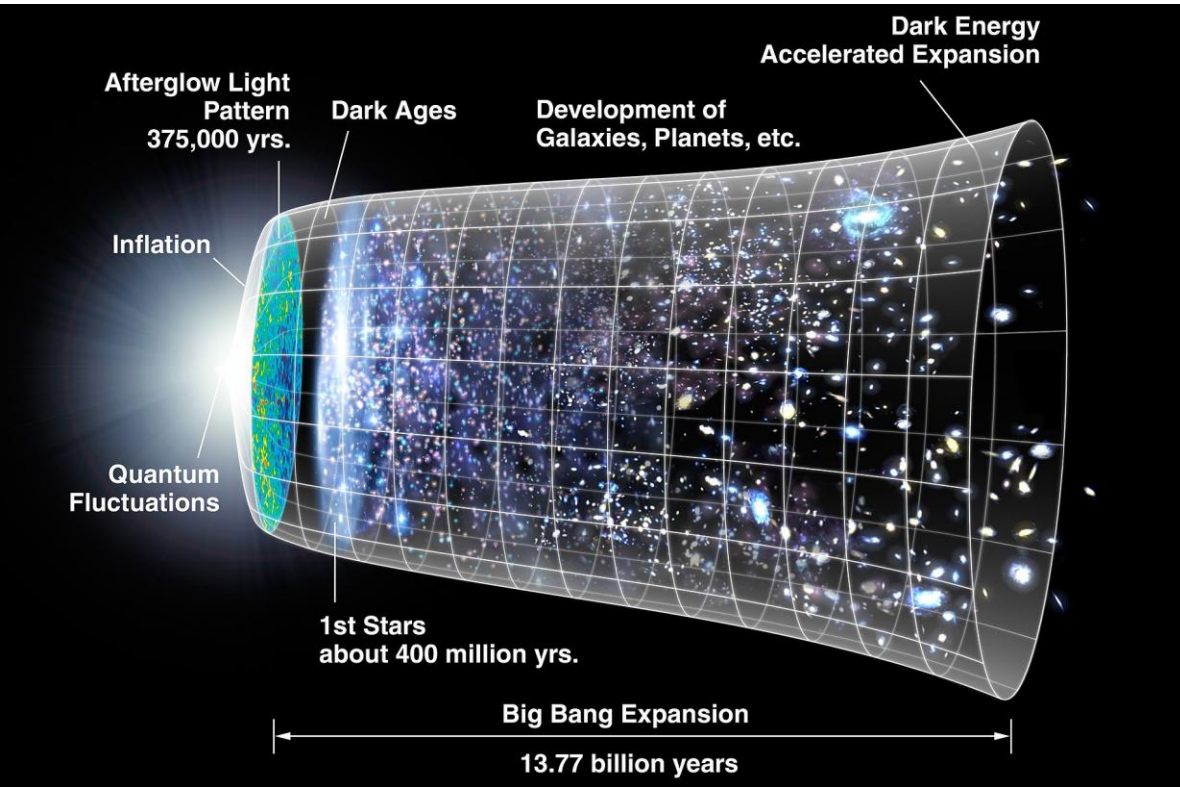
- **편평성**: 우주가 편평하게 관측된다.
- **균일성, 등방성**: 우주가 균일하고, 등방적으로 관측된다.
- **바리온 수**: 우주에는 물질과 빛이 대부분이다.

- **초팽창 우주론의 등장**

- 초팽창하면서 급격하게 온도 하강
- 상(Phase)의 변화
- 대칭성 파괴(Symmetry Breaking)
- 공간의 급격한 확장
- Big bang 우주론의 모순 해결



표준빅뱅이론



2013년 플랑크(Planck) 위성이 관측한 우주 배경 복사이다.

- 빅뱅이론의 편평도, 균질, 물질생성 등의 문제는 이론적으로는 **초팽창우주론**으로 해결
- 우주배경복사 이미지는 편평 우주를 의미하며 관측치 섭동은 $t=0$ 일 때의 양자섭동상태를 반영
- 구상성단의 나이가 편평 우주의 나이보다 많기에 이 모순을 해결하고자 Ia형 초신성을 관측하여 우리 우주가 암흑에너지에 의하여 **가속팽창**하고 있다고 설명
- 표준빅뱅이론은 빛의시대, 물질의 시대, 암흑에너지 시대로 구분됨

우주는 38만 년 전 알에서 깨어났다

빅뱅(대폭발) 뒤 지금까지 138억 년의 우주 역사를 간추렸다. 특히 기사의 주제와 연관이 많은 초기 38만 년까지를 상세히 다뤘다. 우주 역사의 거의 대부분은 이 때 결정됐다. 시간은 빅뱅 이후 기준이다.

3분~20분 뒤
빅뱅핵합성
우주에 풍부해진 양성자는 우주 대부분을 차지하는 가장 많은 원소, 수소를 만들었다. 이후 이들이 서로 합쳐지거나(핵융합) 중성자 등을 추가로 얻어 헬륨과 중수소, 삼중수소 등이 됐다. 리튬과 베릴륨도 나타났지만 이들은 매우 적은 양이었다. 우주를 구성하는 물질의 99% 이상은 이 과정에서 생겨났다.

1초 뒤까지
강입자 시대
생성된 뒤에 남은 기본 입자들이 서로 모여서 양성자와 중성자 등이 만들어졌다. 여기에 에너지가 높은 광자까지 뒤죽박죽 섞여 있었는데, 우연히 양성자나 중성자가 만들어졌다가 다시 해체되거나 하나가 다른 입자로 바뀌는 과정이 반복됐다. 그러다 온도가 낮아지면서 불 중 더 안정한 양성자의 비율이 높아졌다.

10⁻¹²~10⁻⁶초 뒤사이
쌍생성
물리학의 네 가지 기본적인 힘이 모두 분리된 시기. 각각의 힘을 전달하는 입자가 탄생했다는 뜻이다. 빛을 이루는 광자도 이 때 나타났다. 우주는 아직 뜨거웠고, 광자는 에너지를 전복 머금은 채로 우주 속을 헤집고 다녔다. 광자 스스로 사라지면서 전자와 양전자를 만드는 '쌍생성'을 일으켰다. 이 때 쿼크, 전자 등 물질의 시초가 될 입자가 만들어졌다. 이 시기 어딘가에서 암흑물질도 생겼다.

38만 년 뒤

재결합 시대

빛이 물질에 갇혀 있던 시대에서 처음으로 빛이 우주로 나왔다. 이 빛이 오늘날 우주마이크로파 배경복사로 관측된다.

약 2억 년 뒤까지

암흑 시대

물질이 암흑물질 사이로 들어가 빛이 탄생하지 못한 시대.

4억 년 뒤

별의 시대

최초의 은하와 별 탄생.

현재까지

우주 거대 구조 시대
은하 진화로 우주 거대구조 형성.

10⁻³²초 뒤까지

급팽창(인플레이션) 시기

1980년 앨런 구스 MIT 교수(당시 실험가속기 연구센터 연구원)가 처음 발표한 이론. 이후 러시아의 안드레이 린데가 수정해 발표하는 등 여러 가지 이론이 존재한다. 우주가 급격하게 커졌다.

10⁻³⁶초 뒤까지

대통일이론 시대

네 가지 기본 힘(중력, 전자기력, 강한상호작용, 약한상호작용) 가운데 중력을 제외한 세 가지 힘이 통합된 시기. 이후 세 힘 가운데에서는 강한상호작용이 가장 먼저 분리됐다.

5.39x10⁻⁴⁴초 뒤까지

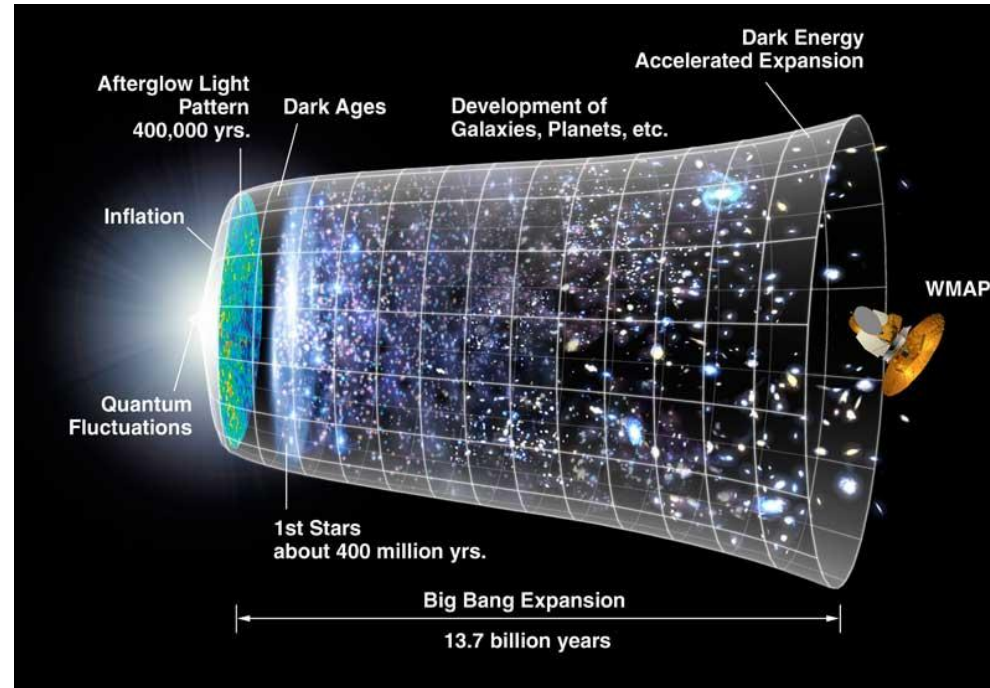
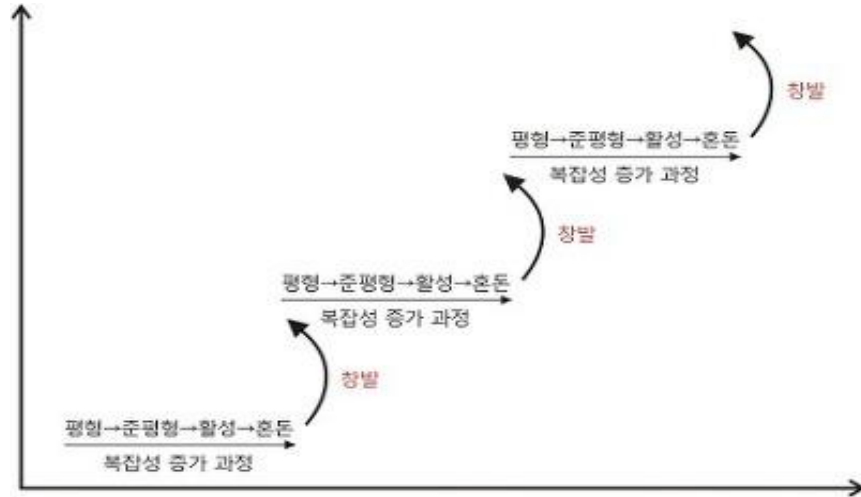
플랑크시간
양자역학적인 불확정성의 지배를 받아 도무지 뭔지 알 수 없는 시기.

- 창세기 1:3~4a
 - 3. 하나님이 말씀하시기를 "빛이 생겨라" 하시니, 빛이 생겼다.
 - 4a.그 빛이 하나님 보시기에 좋았다.
- 로마서 1:1~4
 - 1. 태초에 '말씀'이 계셨다. 그 '말씀'은 하나님과 함께 계셨다. 그 '말씀'은 하나님이 셧다.
 - 2. 그는 태초에 하나님과 함께 계셨다.
 - 3. 모든 것이 그로 말미암아 창조되었으니, 그가 없이 창조된 것은 하나도 없다. 창조된 것은
 - 4. 그에게서 생명을 얻었으니, 그 생명은 사람의 빛이었다.
- 신학적으로는 예수님(요12:46a 나는 빛으로서 세상에 왔다.)
- 과학적으로는 '빛', '에너지', '자연법칙' 등등
- 그 후의 창조 이야기는 **혼동에서 질서로**, 공간을 **채움으로**, 각 피조물의 **function을 강조하는데** 초점
- 안식, 하나님과 함께 하심, 예배, 온 우주 만물의 조화 등

만물 원리

- 1973년 호주의 물리학자 브랜든 카터(Brandon Carter)
 - **인류 원리**(Anthropic Principle)는 우주가 지적 생명체(인간)의 존재에 매우 적합하게 설계되었다는 물리학적·철학적 가설
- **약한 인류 원리 (WAP)**: 우주의 물리적 상수와 구조가 인간 같은 지적 생명체가 존재할 수 있도록 **미세조정**되어 보이는 것은, 우리가 그런 조건에서만 존재하고 관측할 수 있기 때문이라는 원리이다..
- **강한 인류 원리 (SAP)**: 우주의 물리적 상수와 법칙이 지적 생명체의 존재를 강제하도록 **설계**되어 있다는 주장.
- **다중 우주론과의 연관**: 수많은 우주 중 인간이 탄생할 수 있는 조건을 갖춘 우주에 우리가 우연히 존재한다는 논리적 근거로 활용된다.
 - **선택**
- **만물 원리**(Everything Principle)

복잡계 창발



- 카오스 상태의 닫힌 계 (closed system)
- 닫힌 계이기에 시간이 지나면서 에너지를 사용하기에 엔트로피의 증가
- 카오스 계 내의 에너지가 사용되고 정보가 교환되면서 어떤 임계점에 도달하면 창발해 새로운 계를 창조한다.

엔트로피

- 피조세계는 무질서도가 증가하고, 비가역적으로 일어난다.
- 엔트로피
 - 0법칙: 평형 상태
 - 1법칙: 에너지 보존
 - 2법칙: 무질서도가 증가하며 한 방향으로만(비가역적)
 - 그래서 시간도 한 방향으로
 - 쓸모없는 에너지 증가
- 하나님께서 처음 창조때에 시공간(피조세계)을 창조하신 후에는
 - 엔트로피 증가 → 타락, 죄, 혼돈(카오스)
 - 자연세계는 에너지, 죄의 문제는 하나님의 영으로 새로운 피조물 창조
 - 카오스 상태는 창조의 전초
 - 지구 상에는 5번 정도의 대멸종 사건 → 새로운 생명체의 탄생

- 처음 창조

- Only 하나님 → 하나님의 영 그리고 빛 → 하나님은 편재하시고, 하나님께서 천지(피조세계)를 창조

- 계속 창조

- 피조 세계 카오스 상태 → 에너지 → 피조 세계에서의 창조
 - 과학에서는 진화라는 용어를 사용한다.
 - 신학적으로는 **하나님은 진화라는 메카니즘을 이용하여 창조하신다.**
- 죄, 타락이라는 **혼돈** → 성령의 에너지, 예수님에 대한 믿음 → 구원(새 사람)

- 종말론적 창조

- 결국 새하늘과 새 땅

어떻게 유신론자가 되었나?

- 기독교인이기에 우주를 연구하더라도, 아니 자연 세계의 어떤 대상을 연구하더라도 성령 충만하면 하나님의 영에 흔들리기에 하나님의 영원하신 능력과 신성을 깨닫게 됨.
- 유신론자가 될 수 밖에 없음.
- 같은 표준빅뱅이론(fact)을 공부하더라도 실재(reality)는 즉 진리(truth)는 하나님의 action을 배제하기 어렵다.
- 같은 진화론(fact)을 공부하더라도 실재(reality)는 즉 진리(truth)는 하나님의 action을 배제하기 어렵다. → **유신론적 진화론자**
- 같은 진화론(fact)를 공부하더라도 실재(reality)는, 진리(truth)는 하나님의 action과 관계 없다. → **무신론적 진화론자**
- 같은 진화론(fact)를 공부하더라도 이 진화론은 아직도 가설이기에 실재(reality)도 아니고 진리(truth)도 아니다. → ?

모든 학문에는 핏진성(verisimilitude)이 있다.

- 핏진성(逼真性)이란 어떤 명제가 다른 명제들보다 진리에 더 가깝다는 개념이다.
- 천문학에서는 표준빅뱅이론이 다른 어떤 우주이론보다 진리에 가깝다.
- 생물학에서 현대의 진화론이 생물의 다양성과, 인간의 탄생을 설명하는 어떤 이론보다도 진리에 가깝다.
- 신학에서도 핏집성이 있다.
- 그렇다면 진리라고 단정하는 어떤 이론도 아직 진리는 아니다.
- 그럼에도 불구하고, 천문학과 생물학계에서 인정되지 않는 것을 진리라고 주장하는 것은 용납이 불가능 하다.
- 따라서 신학에서도 천문학과 생물학계가 주장하는 이론을 현재에는 받아 들여 성경의 의미를 현재에 적용되도록 재해석하여야 할 것이다.

창조론의 관점에서 성경을 해석

- 이제 성경 해석의 방법을 **창조론적 관점**을 적용해 보자.
 - 성경을 처음 창조, 계속 창조, 종말론적 창조의 관점에서 해석해 보면 기존의 **구원론적** 해석 방법인 처음창조, 에덴, 죄, 타락, 용서, 율법, 예수님, 십자가, 부활, 구원, 새하늘과 새 땅 등의 성경 해석과 함께 할 수 있다.
 - 성경의 현대과학 이전의 과학 내용(현재는 과학계에서 인정하지 않는 내용)에 현대 과학의 내용을 사용하더라도 성경의 의미를 전혀 손상하지 않는다.
 - **계속 창조**에는 **진화와 복잡계의 개념**이 들어가고
 - 창조를 강조하기 위해 '**유물론적 진화**' 보다는 우리나라에서는 '**진화적 창조**'라는 용어로 선호한다.
 - 유물론적 진화를 무신론적 진화와 구별하지 않고 모두 진화론자이기에 하나님의 창조를 받아들이지 않는다고 비판한다. 그러나 **진화는 하나님 창조의 한 방법**이기에 이러한 용어를 **구미에서 주로 사용한다.**

결론을 대신하여

- 기독교인에게는 **자연과학을 공부**하는 것이 하나님을 알아가는 방법 중에 하나이다.
- 자연과학의 내용이 주는 의미가 신앙생활에 도움을 준다.
 - 양자물리에 아주 작은 입자는 파동함수(확률밀도함수)로 계산되어지고, 실험에서도 파동의 성격을 띤다. 그러나 검출기에 의해서 검출되는 순간 어떤 위치에 입자로 검출된다. 그러나 입자의 분포 패턴은 파동이 주는 패턴을 보인다.
 - 하나님을 믿는 믿음은 파동과 같아 보인다. 이 믿음에 의하여 행위로는 어떤 형태로 나타나는데 그 믿음의 행위가 어느 시간대와 위치에 나타나는지는 불확실하다. 또한 그 믿음의 행위가 같지도 않다.
 - 따라서 우리는 믿음의 행위가 **다르게 나타남**을 이해할 수 있다. 피조세계에서는 그렇게 나타난다. 그러나 모든 믿음의 행위를 하나님께서는 하나님께로 부터 나온 것으로 보실 것이다.

- 질문하는 시간입니다.