



우주와 생명 제 7강
우주배경복사

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

노벨 물리학상 수상 강연 (1978)

우주 마이크로파 배경 복사

The Cosmic Microwave Background Radiation



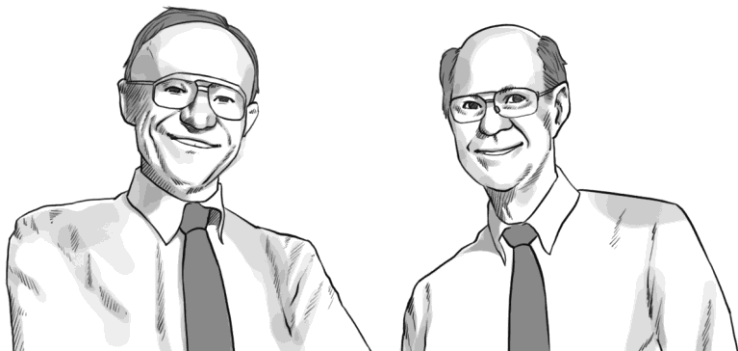
로버트 윌슨
Robert Wilson

<출처>
[http://farm9.staticflickr.com/8226/
8361683551_9e6f68a5ca_o.jpg](http://farm9.staticflickr.com/8226/8361683551_9e6f68a5ca_o.jpg)

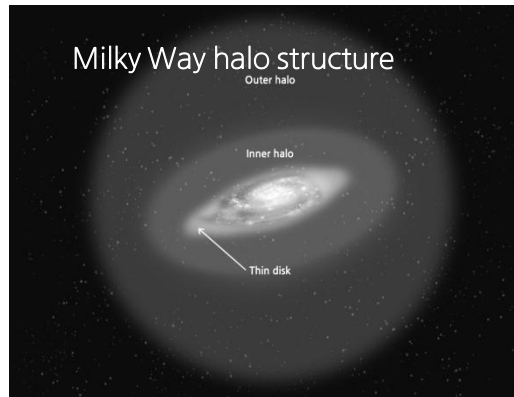
7-1 우주적 잡음(Comic Noise)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

1963년에 20 피트 혼 반사기가
인공위성 작업에 더 이상 필요 없게
되자 아노 펜지어스와 나는 그것을
전파 천문학에 사용하기 위해 준비에
들어갔다.



In 1963, when the 20-foot horn-reflector was no longer needed for satellite work, Arno Penzias and I started preparing it for use in radio astronomy.



7-1 우주적 잡음(Comic Noise)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

한 쌍의 비둘기가 혼 안쪽의 좁고 따뜻한 부위에 둥지를 틀고 있었다. 우리는 비둘기들을 쫓아내고 지저분한 것을 청소했지만 안테나 온도는 거의 떨어지지 않았다.



<출처>
http://farm1.staticflickr.com/96/268599468_87ae23803e_z.jpg

A pair of pigeons was roosting up in the small part of the horn where it enters the warm cab. We evicted the pigeons and cleaned up their mess, but obtained only a small reduction in antenna temperature.



<출처>
[http://www.safetypphoto.co.uk/photo1/housekeeping/Psittacosis/pigeon%20\(2\).jpg](http://www.safetypphoto.co.uk/photo1/housekeeping/Psittacosis/pigeon%20(2).jpg)

7-2 우주배경복사 - 예측(Cosmic Background Radiation - Prediction)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

어느 날 아노가 MIT의 버나드
버크와 다른 어떤 일에 대해
이야기하다가 이 정체 불명인 잡음을
언급하면서 우리의 수수께끼가
풀리기 시작했다.



<출처>
[http://upload.wiki
media.org/wikip
edia/commons/9/9
e/Great_Dome,_
MIT_-
_IMG_8390.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/Great_Dome,_MIT_-_IMG_8390.JPG)

MIT

The sequence of events which led to the unravelling of our mystery began one day when Arno was talking to Bernard Burke of MIT about other matters and mentioned our unexplained noise.



버크
Bernard Burke

7-2 우주배경복사 - 예측(Cosmic Background Radiation - Prediction)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

버니는 프린스턴 디키 그룹의 피블스가 우주의 복사에 대해 이론적 연구를 하고 있다는 이야기를 들은 것이 생각났다.

Bernie recalled hearing about theoretical work of P. J. E. Peebles in R. H. Dicke's group in Princeton on radiation in the universe.

7-2 우주배경복사 - 예측(Cosmic Background Radiation - Prediction)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

프린스턴 그룹은 진동하는 우주에서 매우 뜨겁고 밀도가 높은 상태의 의미에 대해 연구하고 있었다.

The Princeton group was investigating the implication of an oscillating universe with an extremely hot condensed phase.



<출처>
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/Stronghold_Princeton_University_New_Jersey,_USA.jpg

프린스턴 대학교



<출처>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/c/cf/Robert_Henry_Dicke.jpg/220px-Robert_Henry_Dicke.jpg

디키
Robert Dicke

7-2 우주배경복사 - 예측(Cosmic Background Radiation - Prediction)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

디키는 이 뜨거운 상태에서 나온
복사가 충분히 크다면 관측이 가능할
것이라는 중요한 생각을 했다.

Dicke had an important idea that if
the radiation from this hot phase
were large enough, it would be
observable.

7-2 우주배경복사 - 예측(Cosmic Background Radiation - Prediction)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

피블스는 디키의 제안에 따라 남아있는 흑체 복사의 온도를 계산했는데 최소한 10도라는 값을 얻었다. 디키, 롤, 그리고 윌킨슨은 그것을 측정하고자 하는 실험을 준비하고 있었다.



<출처>
<http://www.phys-astro.sonoma.edu/BruceMedalists/Peebles/peebles.jpg>

피블스
James Peebles

Peebles, following Dicke's suggestion calculated that the universe should be filled with a relic blackbody radiation at a minimum temperature of 10 K. Dicke, Roll, and Wilkinson were setting up an experiment to measure it.



<출처>
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/David_Todd_Wilkinson.jpg

윌킨슨
David Wilkinson

7-3 우주배경복사 - 확인 (Cosmic Background Radiation -Verification)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

디키와 그의 동료들은 우리의 측정에 대해 의논하고 우리 장비를 보기 위해 우리를 방문했다. 그들은 대번에 우리 측정의 정확성을 믿게 되었다.



<출처>

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Bell_Labs_Holmdel.jpg

**홀델(Holmdel)
의 벨 연구소**

Dicke and his coworkers visited us in order to discuss our measurements and see our equipment. They were quickly convinced of the accuracy of our measurements.



<출처>

<http://www.bloggang.com/data/u/upanigkit/picture/1271915370.jpg>

7-3 우주배경복사 - 확인 (Cosmic Background Radiation -Verification)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우리는 프린스턴의 이론과 벨 연구소의 추가적인 안테나 온도의 측정에 대해 천체물리학 저널에 두 개의 간략한 논문을 이어서 발표하기로 합의했다.

We agreed to a side-by-side publication of two letters in the *Astrophysical Journal* - a letter on the theory from Princeton and one on our measurements of excess antenna temperature from Bell Laboratories.

7-3 우주배경복사 - 확인 (Cosmic Background Radiation -Verification)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

아노와 나는 우리가 배경복사의
기원에 대한 우주론적 이론에
대해서는 관여한 바가 없기 때문에
그에 대해서는 일체의 논의를 하지
않도록 신경을 썼다.

Arno and I were careful to exclude
any discussion of the cosmological
theory of the origin of background
radiation from our letter because we
had not been involved in any of that
work.

7-3 우주배경복사 - 확인 (Cosmic Background Radiation -Verification)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우리의 논문을 준비하는 동안 우리가 균일한 3도를 지구에서 받아들이는 게 아니라는 것을 확인하기 위해 안테나 온도를 다시 한번 체크했다. 안테나 온도에서 알려진 원천에서 얻어진 값을 빼자 $3.4 + 1$ K가 얻어졌다.

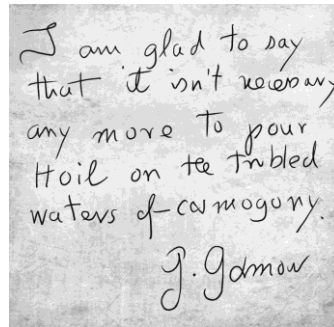
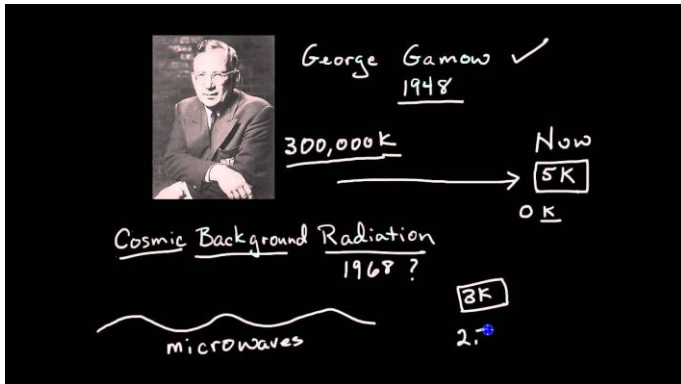
While preparing our letter for publication we made one final check on the antenna to make sure we were not picking up a uniform 3 K from earth. From the total antenna temperature we subtracted the known sources with a result of $3.4 + 1$ K.

7-4 빅뱅 우주론(Big Bang Cosmology)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우주론은 다룰 수 있는 관측 사실이 몇 가지 밖에 없는 과학이다.
우주배경복사의 발견은 현재 우주의 복사 온도라는 또 하나의 사실을 추가했다.

Cosmology is a science which has only a few observable facts to work with.
The discovery of the cosmic microwave background radiation added one -
the present radiation temperature of the universe.



<출처>
<https://www.youtube.com/watch?v=13u7eeJAvbg>



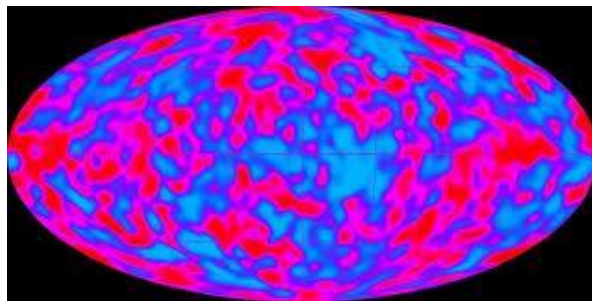
호일, Fred Hoyle
정상 우주론

7-4 빅뱅 우주론(Big Bang Cosmology)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

앞으로 배경복사를 보다 정밀하게 측정하면 우주에 관한 추가적인 발견이 이루어질 것이다.

More sensitive measurements of the background radiation in the future will allow us to discover additional facts about the universe.



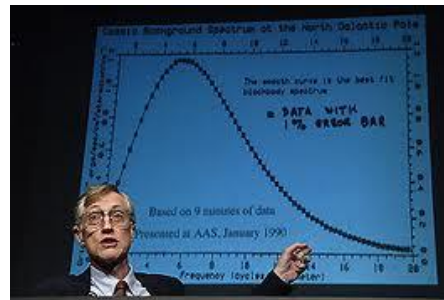
<출처>
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/COBE_cmb_fluctuations.png

코비(COBE, cosmic background explorer)
배경복사 탐사 위성



<출처>
http://origins.methylene.fr/wp-content/uploads/2014/03/George_smoot.jpg

스무트(Smoot)
2006년 노벨 물리학상

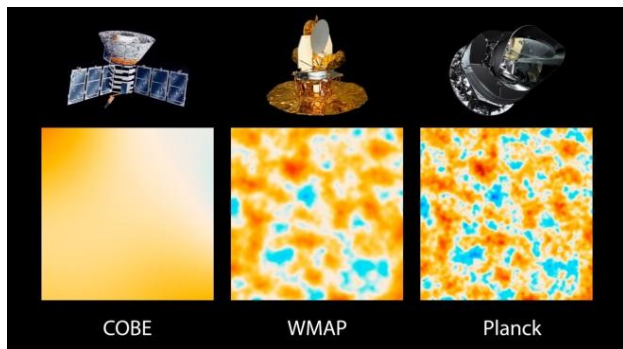


<출처>
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/John_C_Mather_showing_some_of_the_first_data_from_the_NASA_Cosmic_Background_Explorer.jpg

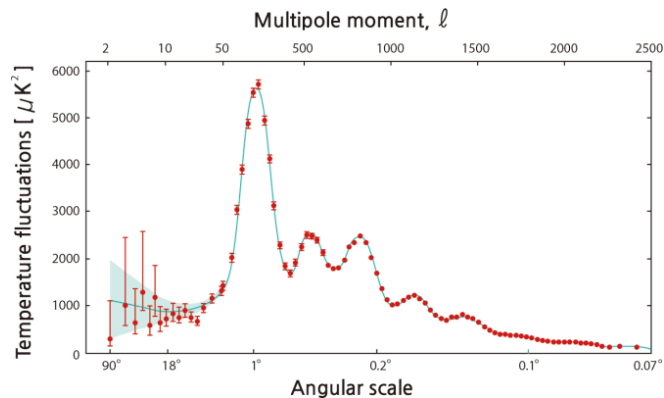
매더(Mather)
2006년 노벨 물리학상

7-4 빅뱅 우주론(Big Bang Cosmology)

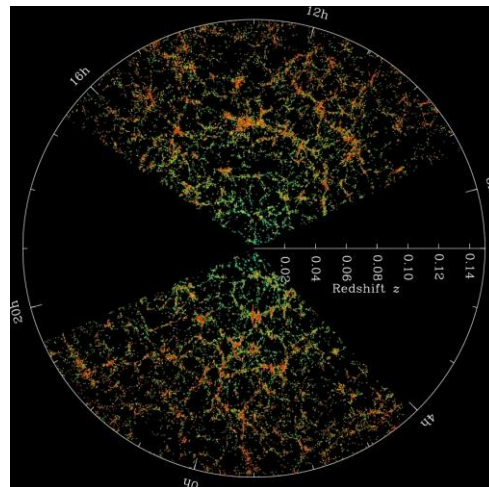
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY



<출처>
http://www.astroblogs.nl/wp-content/uploads/2013/03/COBE_WMAP_Planck.jpg



우주 나이
138억 년



<출처>
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6e/Sloan_Digit_Sky_Survey_1.25_Declination_Slice_2013_Data.jpg

Sloan digital map
현재 우주의 구조

Review

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

After three hundred eighty thousand
As the temperature dropped to three thousand
Electrons became part of an atom
Loosing their freedom.
The universe transparent turned
As photons were decoupled.

They were picked up in 1965 by Penzias and Wilson

At Bell Labs in New Jersey

While Dicke was looking for them at Princeton

About thirty miles away.

The discovery of the radiation at 3K

Nailed down the big bang theory.