

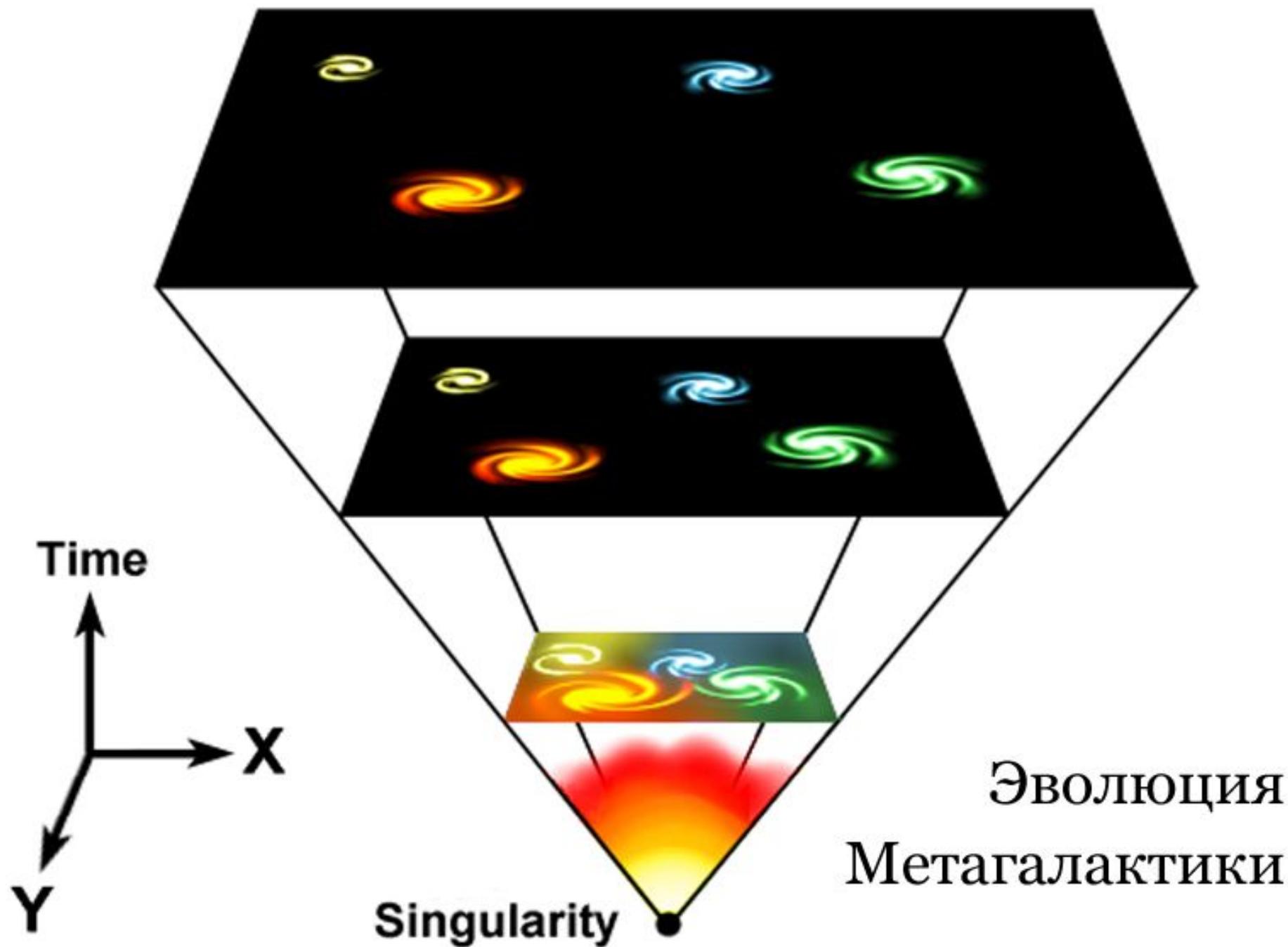
**Астрономия**  
**Сурдин В.Г.**

Лекция 4

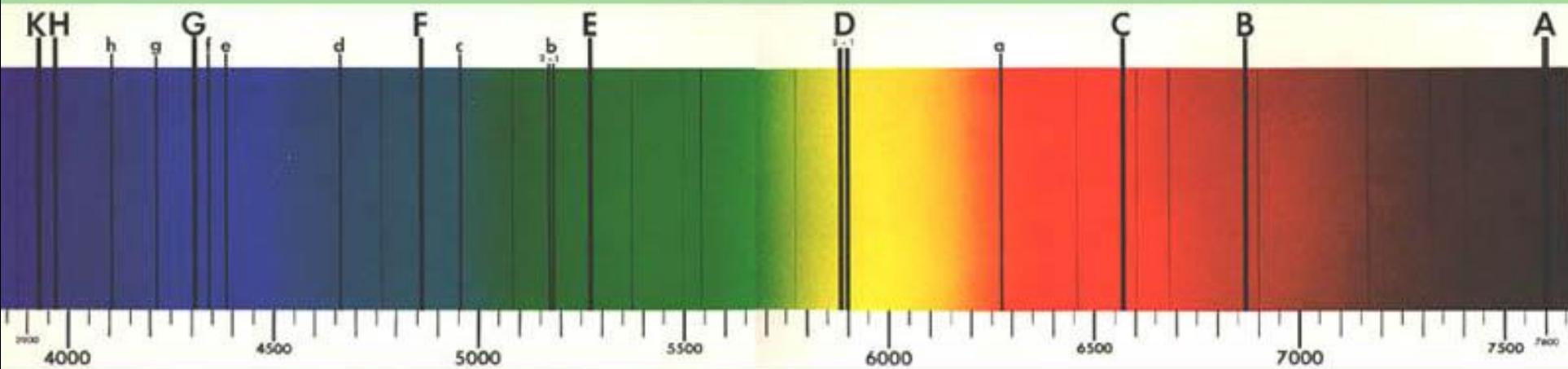
Общее представление об эволюции Вселенной



# Эволюция Вселенной

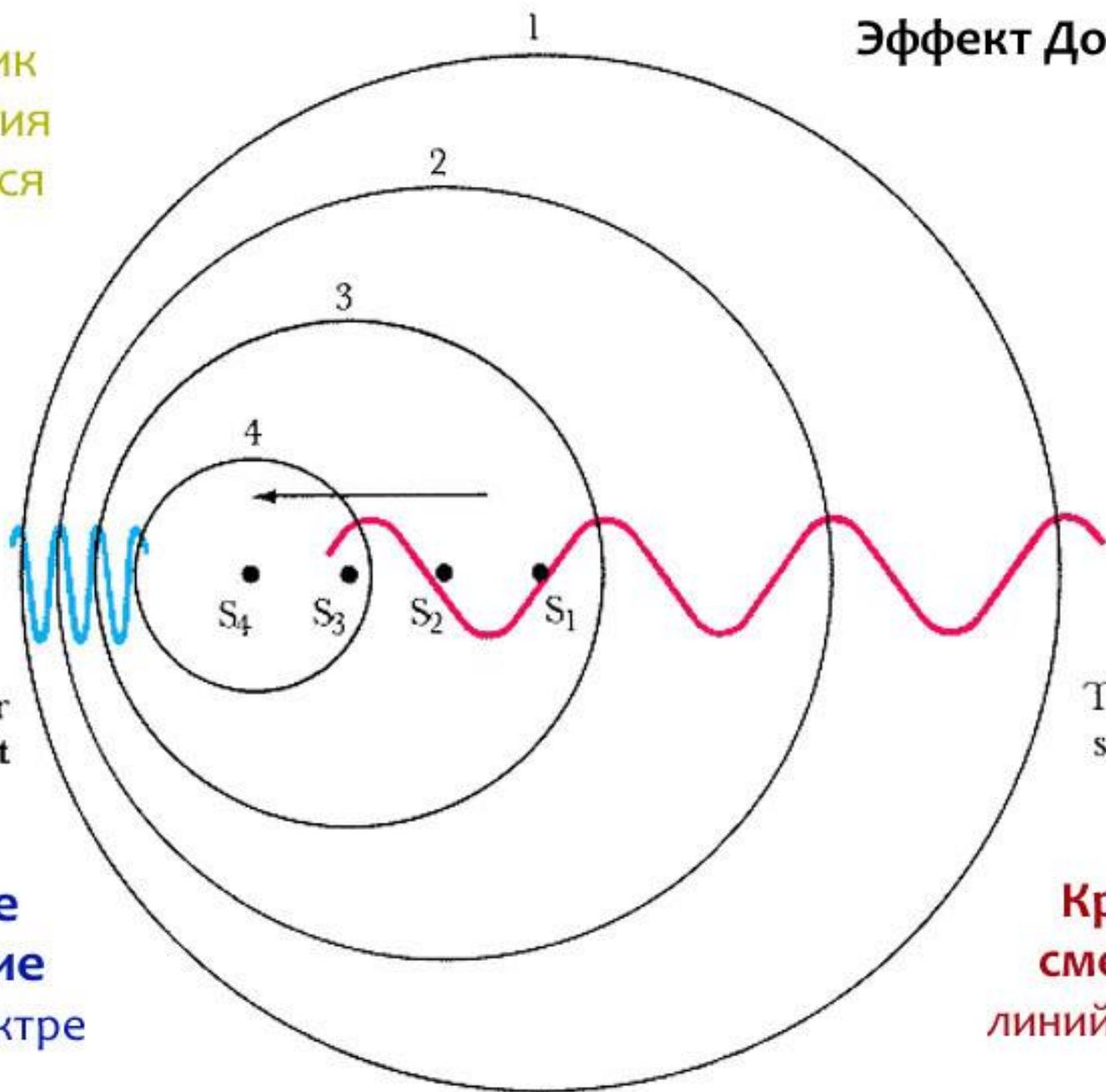


# Оптический спектр типичной звезды



# Эффект Доплера

Источник излучения движется



This observer sees **blueshift**



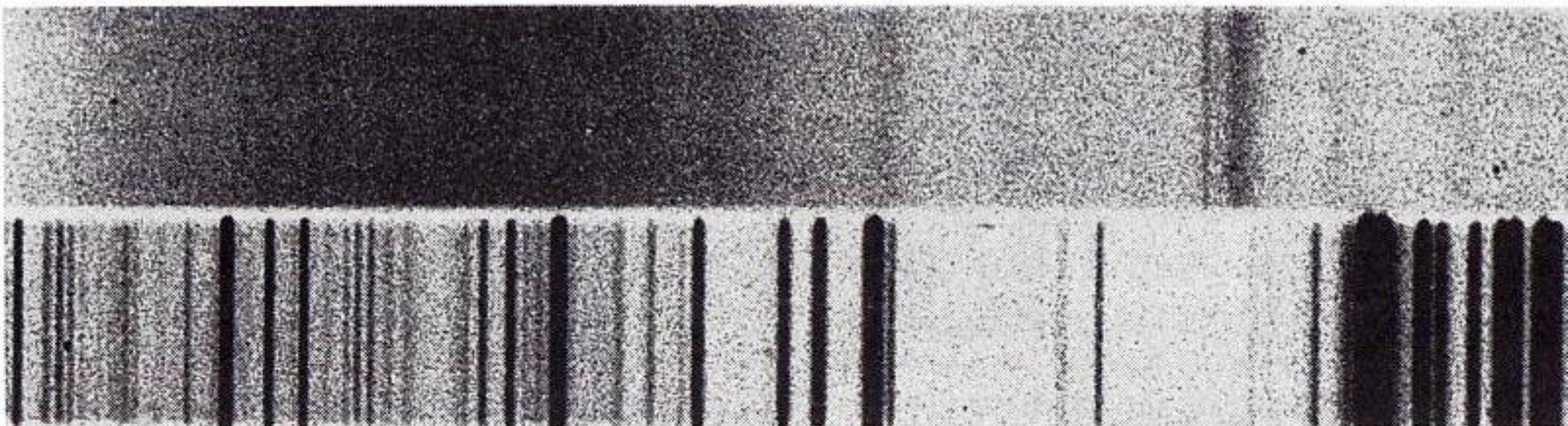
This observer sees **redshift**

**Голубое смещение**  
линий в спектре

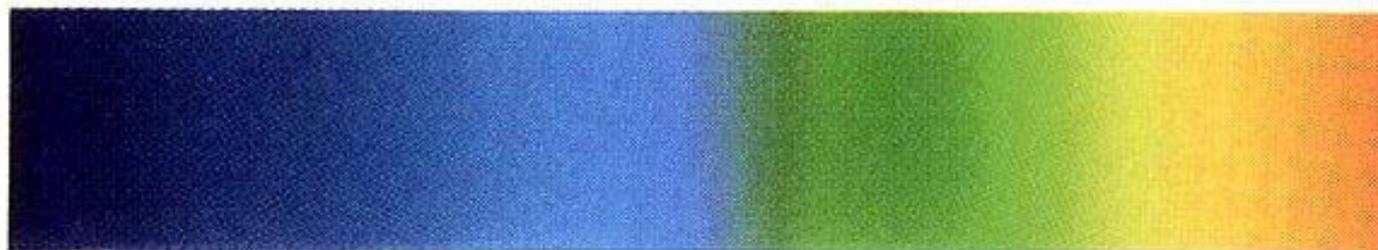
**Красное смещение**  
линий в спектре

3C 273

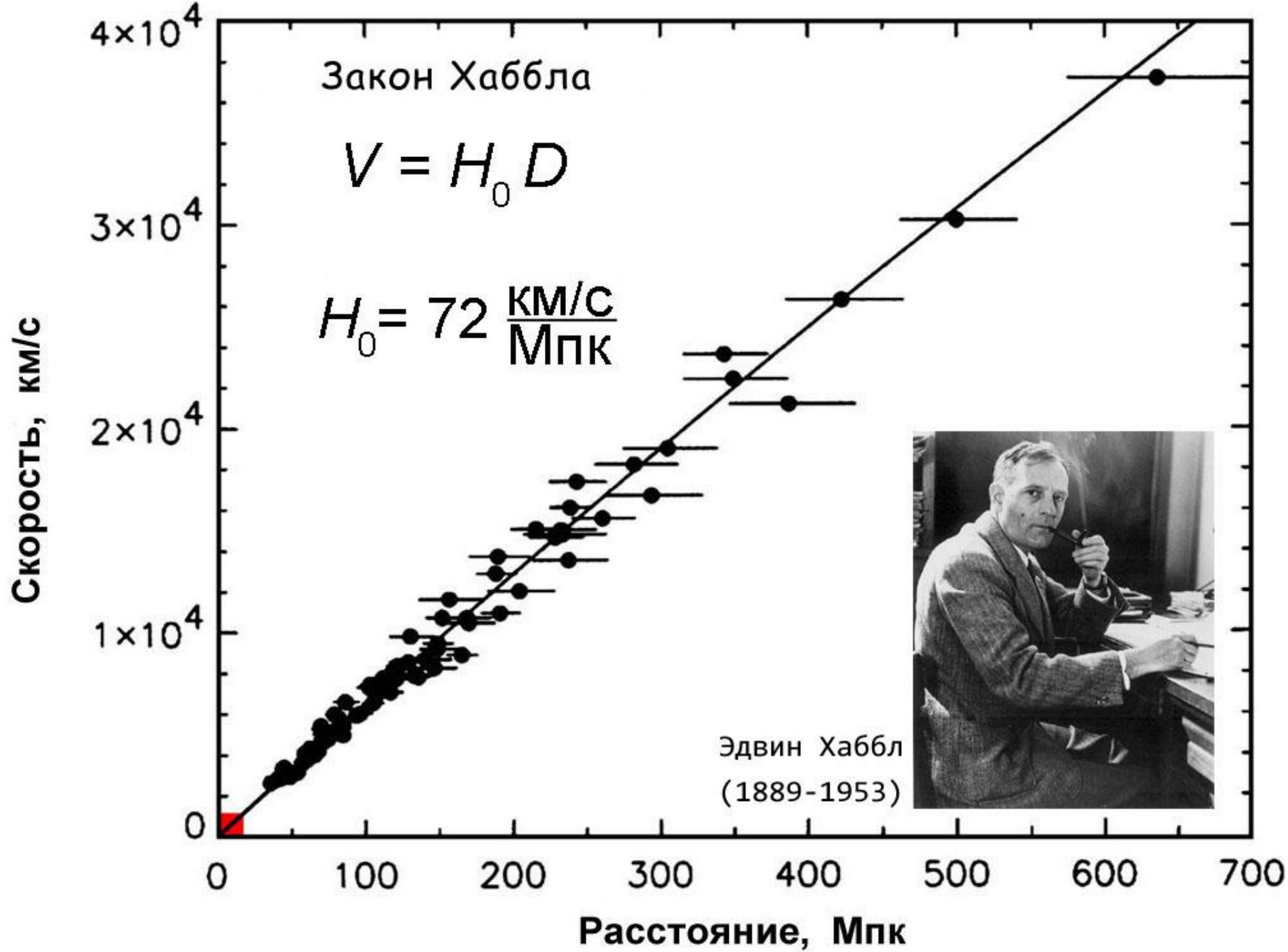
H $\delta$  H $\gamma$  H $\beta$  [O III]

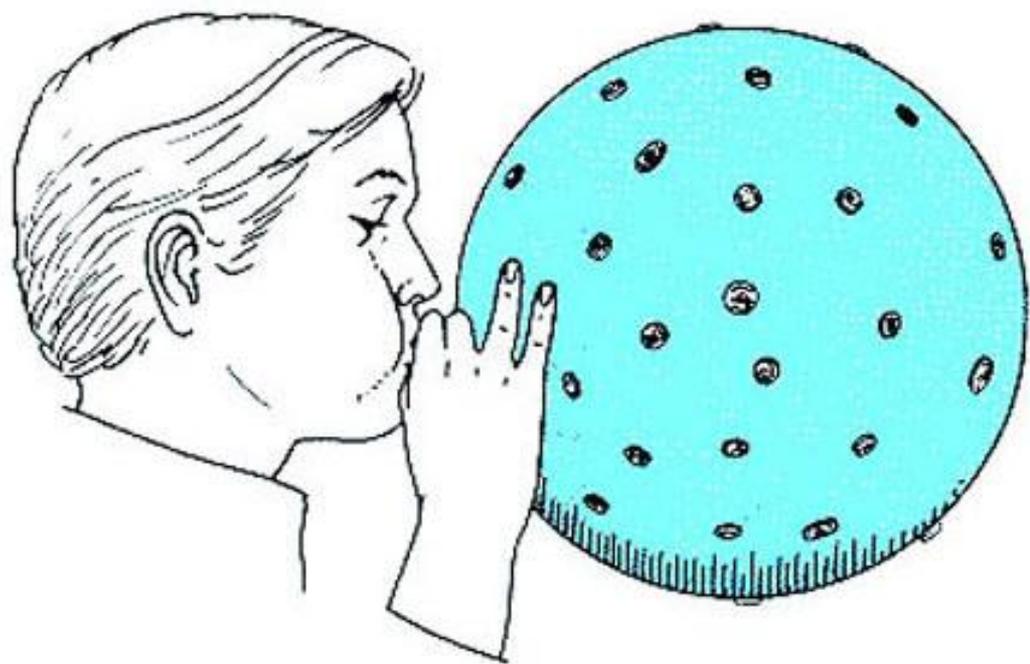
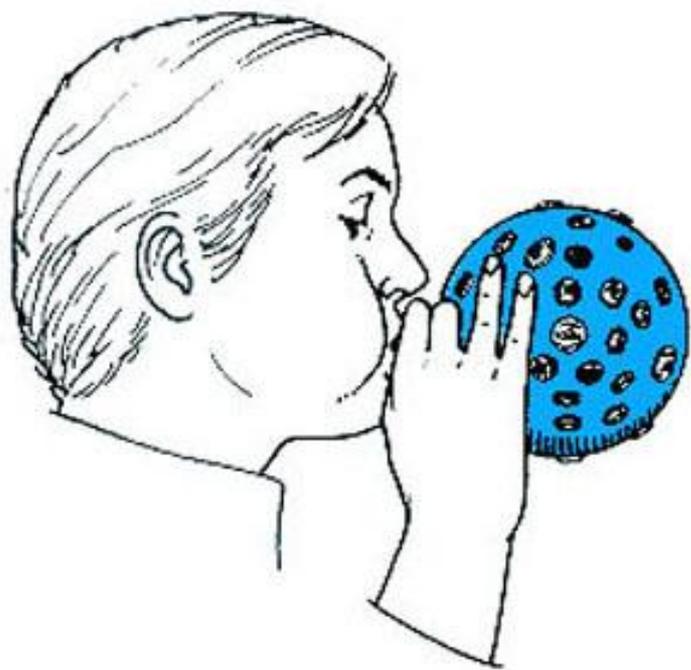


Comparison



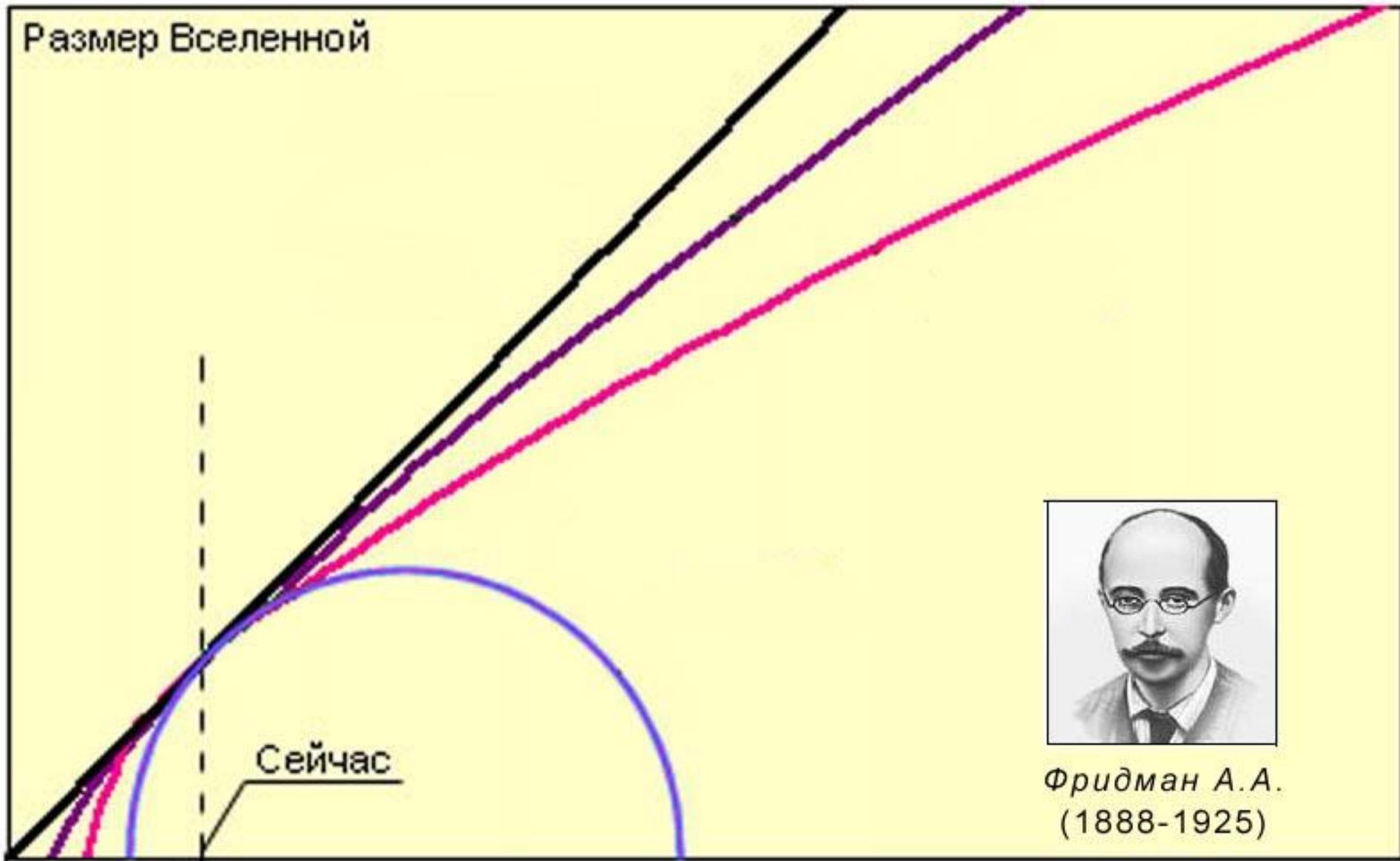
Спектр ярчайшего из квазаров 3C 273 ( $m_v = 12,8$  ;  $z = 0,158$ )



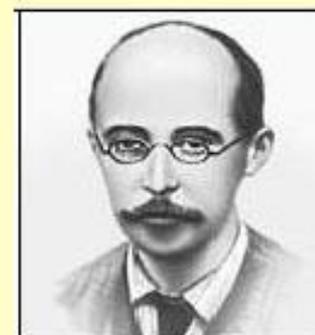


**Модель расширения Вселенной**

Размер Вселенной



Сейчас



Фридман А.А.  
(1888-1925)

$1/H$

Время

*Изменение масштабного фактора со временем*

## Нобелевская премия по физике 2011 г.

«За открытие ускоренного расширения Вселенной посредством наблюдения далёких сверхновых»



© picture alliance/dpa/DFW-Montage

Сол Пёрлмуттер  
Saul Perlmutter  
50%



Адам Рисс  
Adam G. Riess  
25%



Брайан Шмидт  
Brian P. Schmidt  
25%

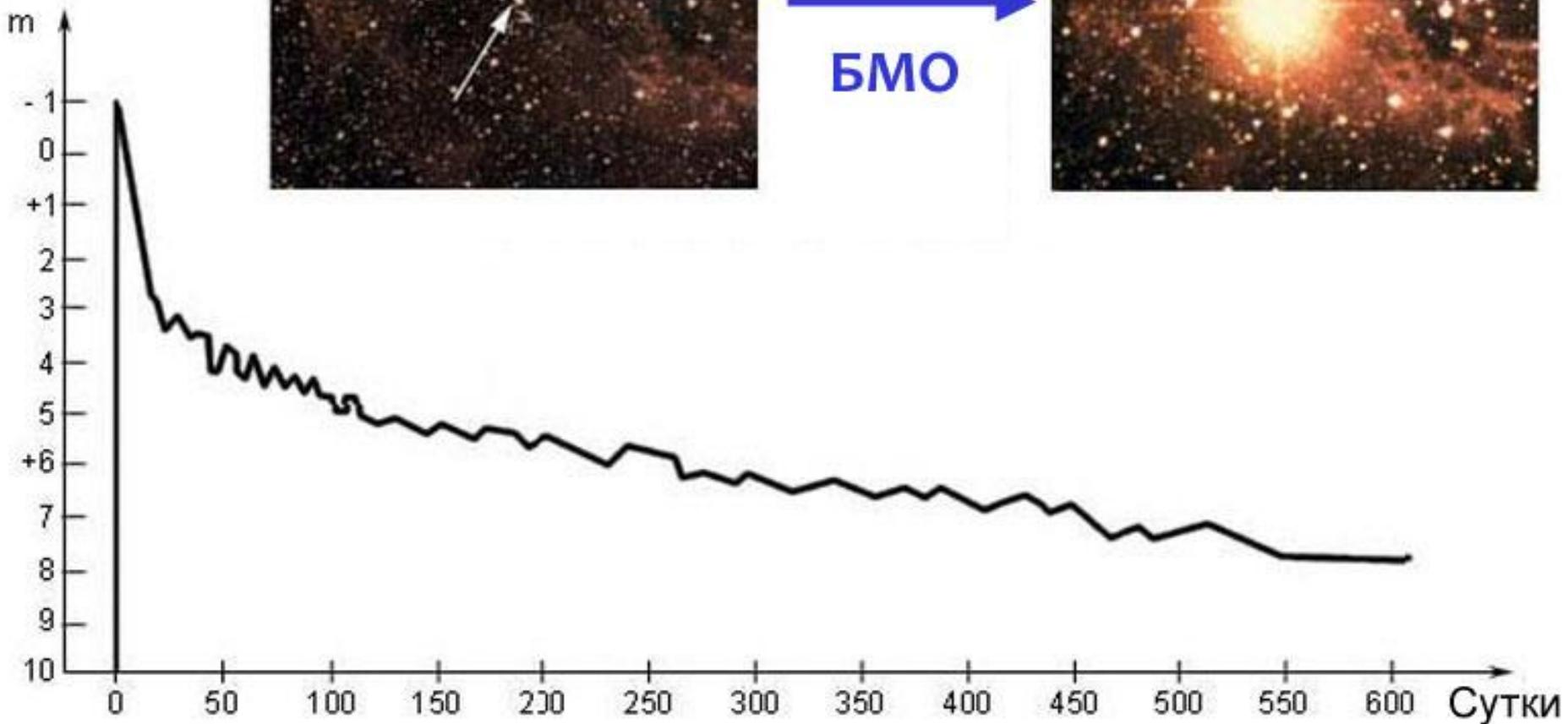
# Взрыв звезды - “вспышка сверхновой”



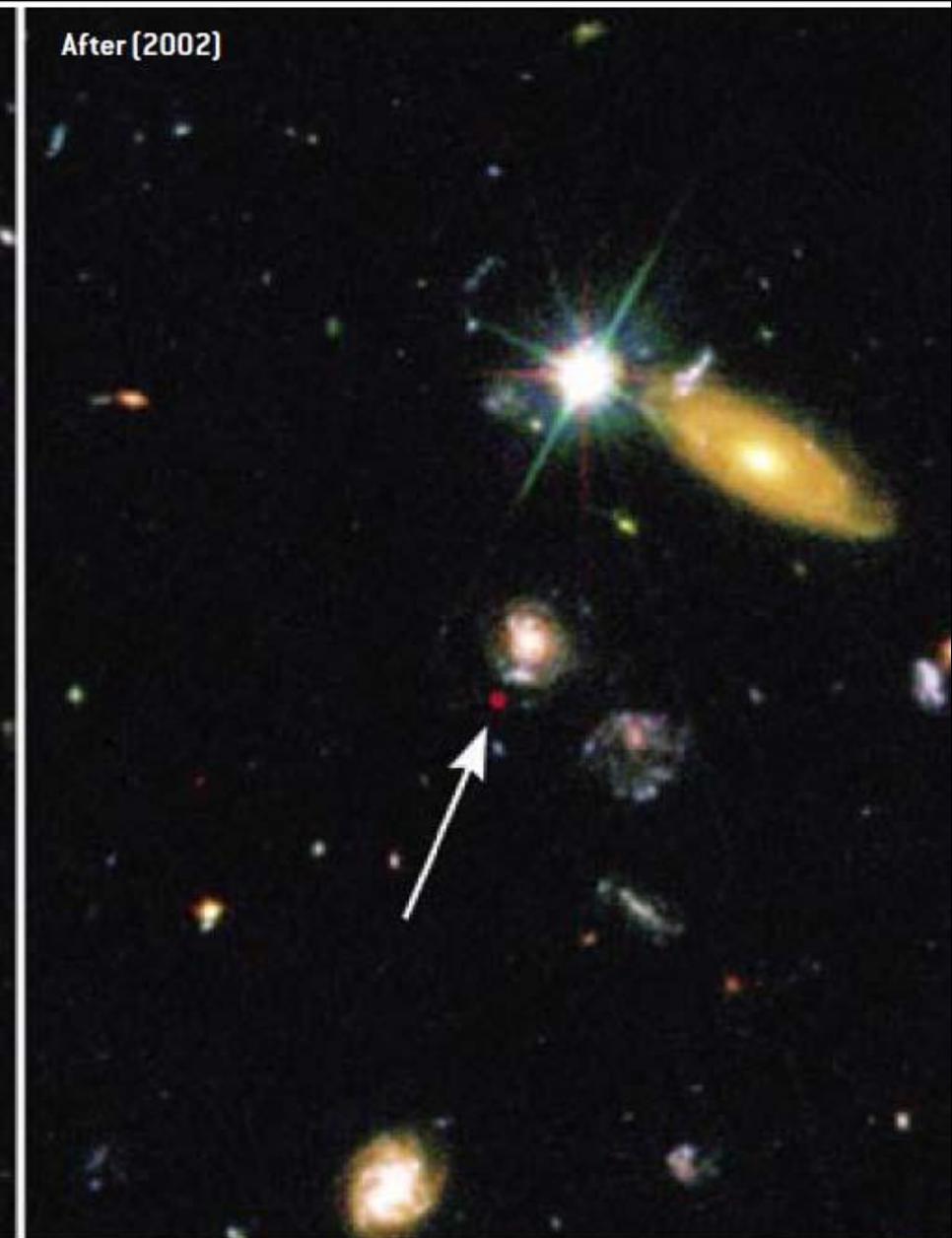
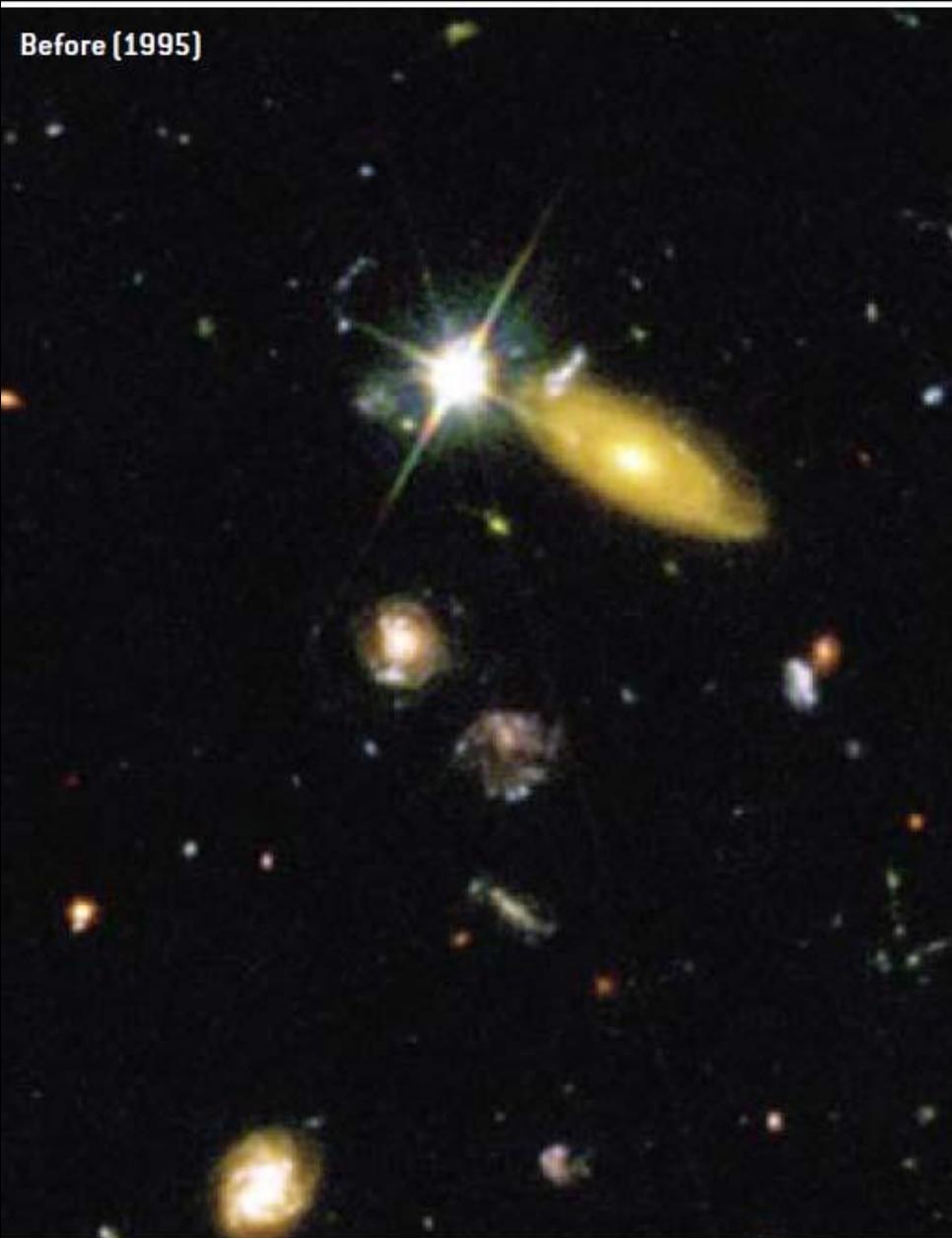
1987 г.



БМО

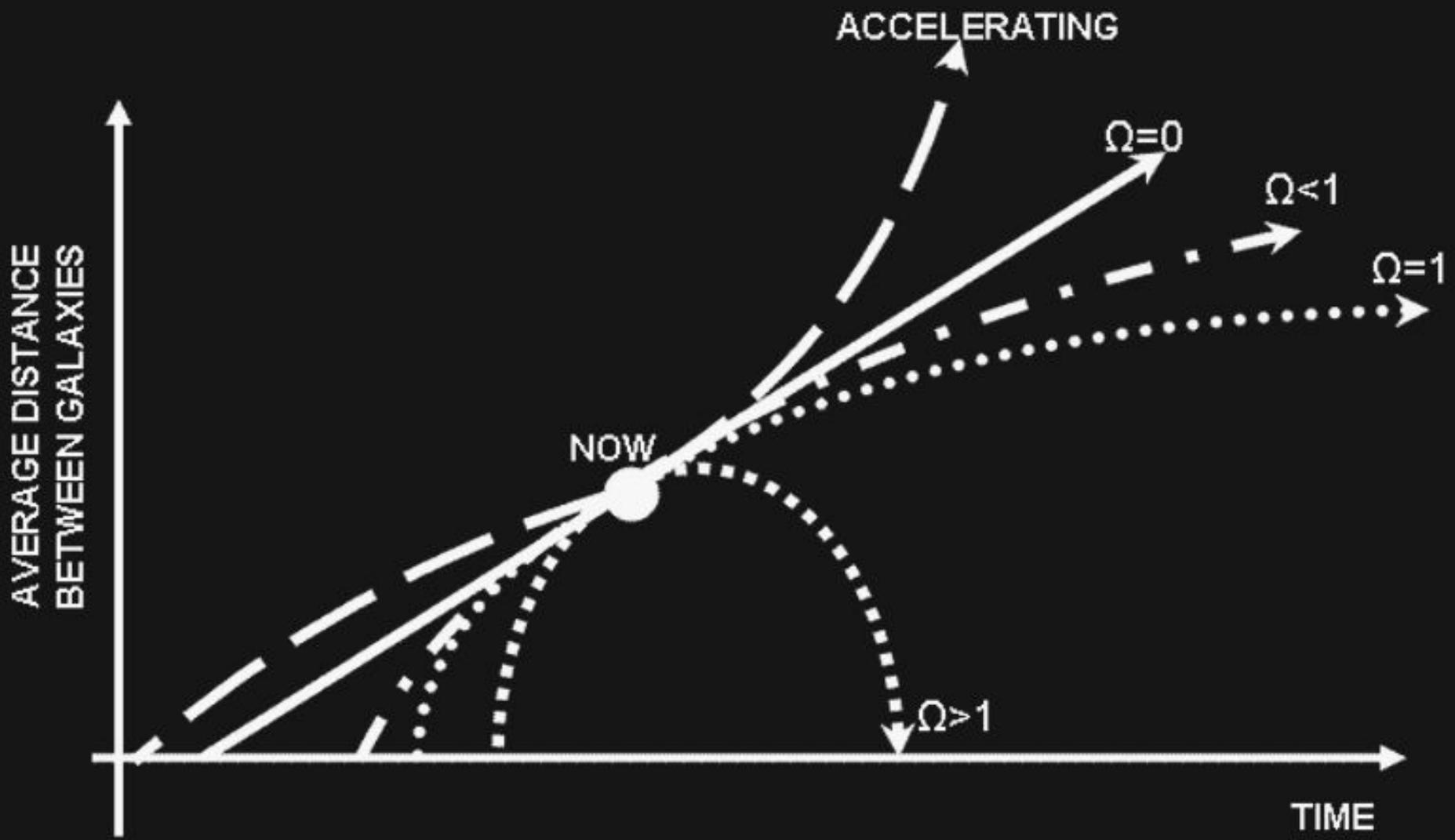


Кривая блеска сверхновой

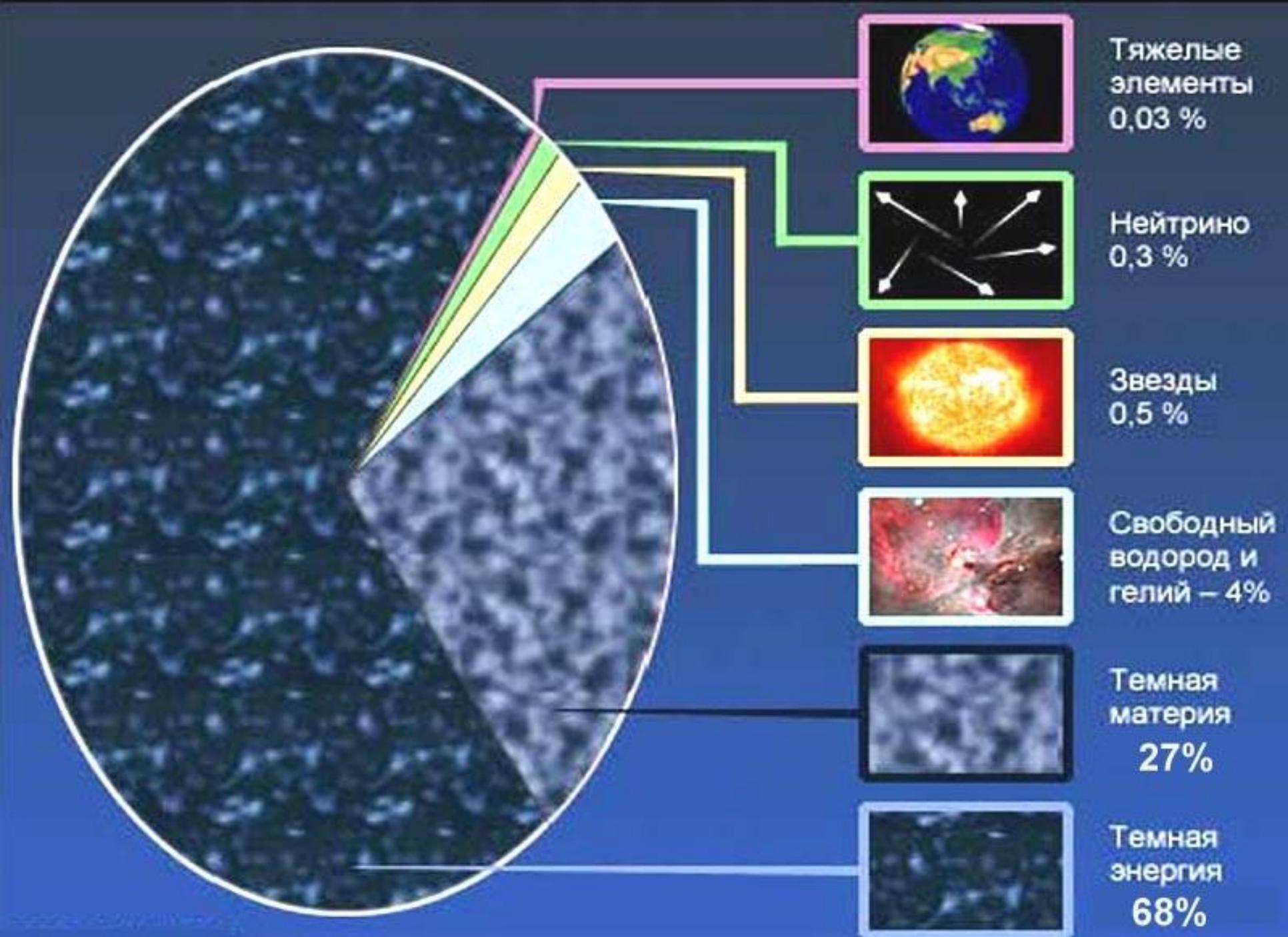


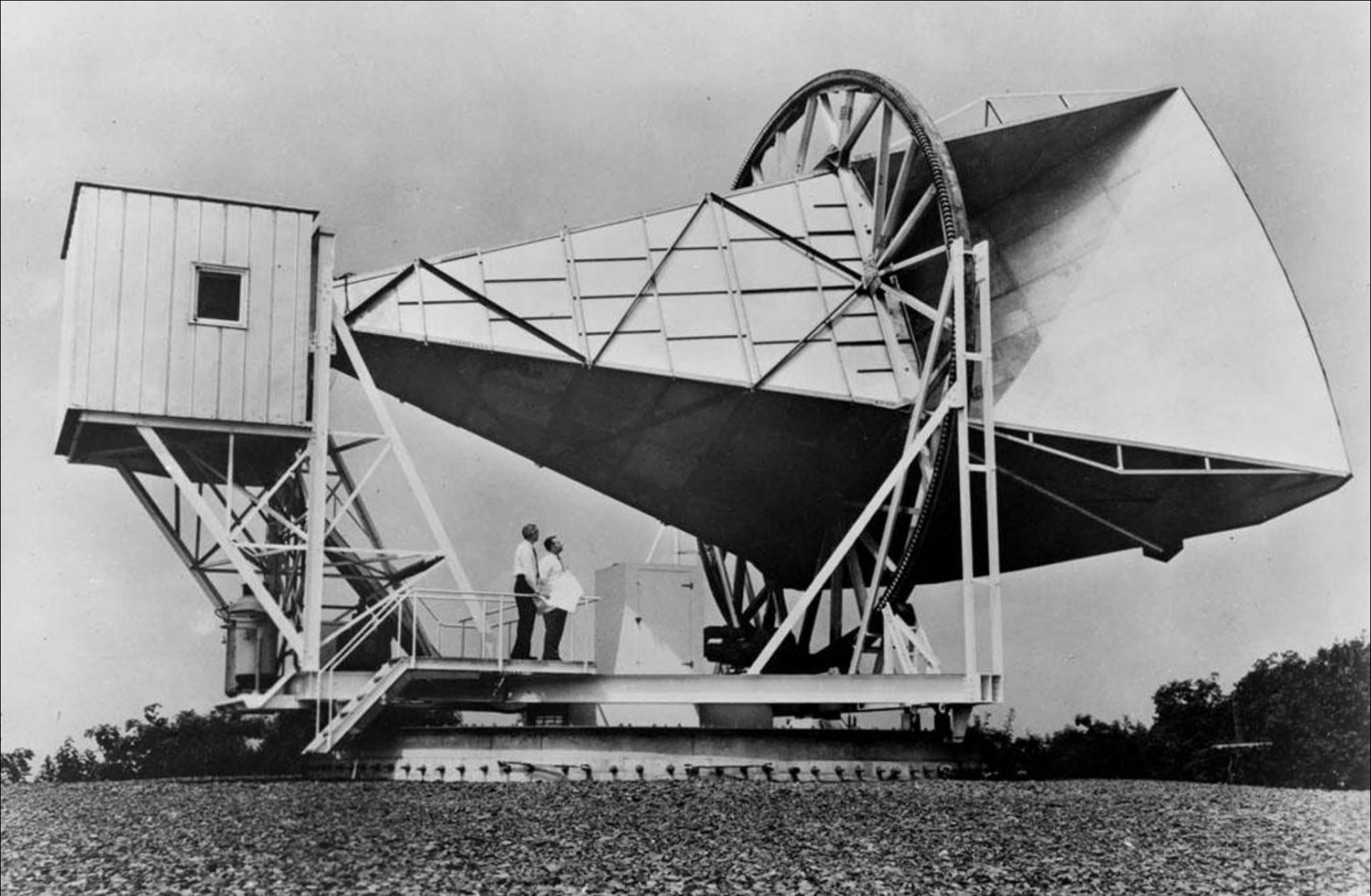
Далекая сверхновая, снятая "Хабблом"

(из статьи Mario Livio, SciAm, July 2006)

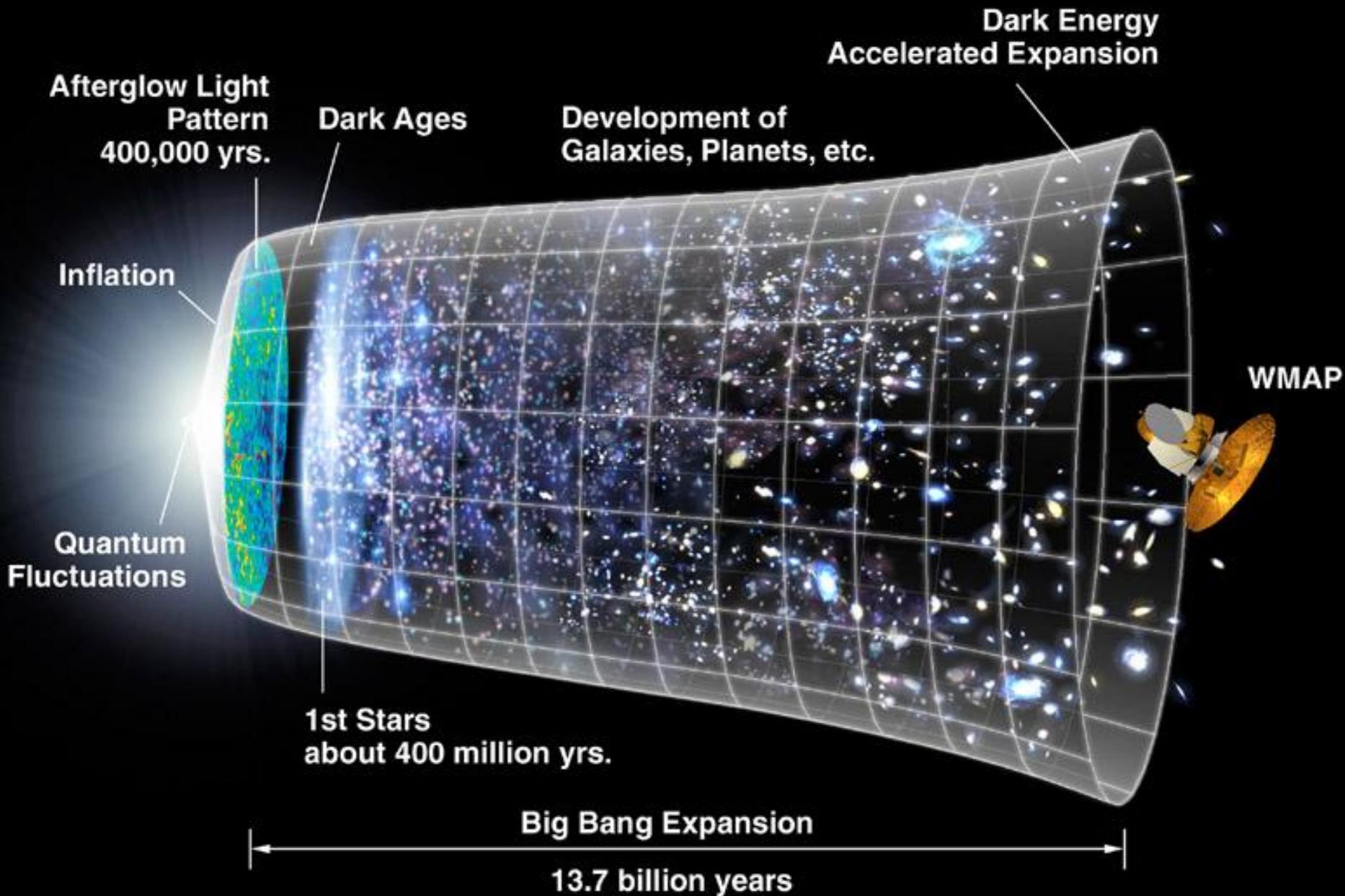


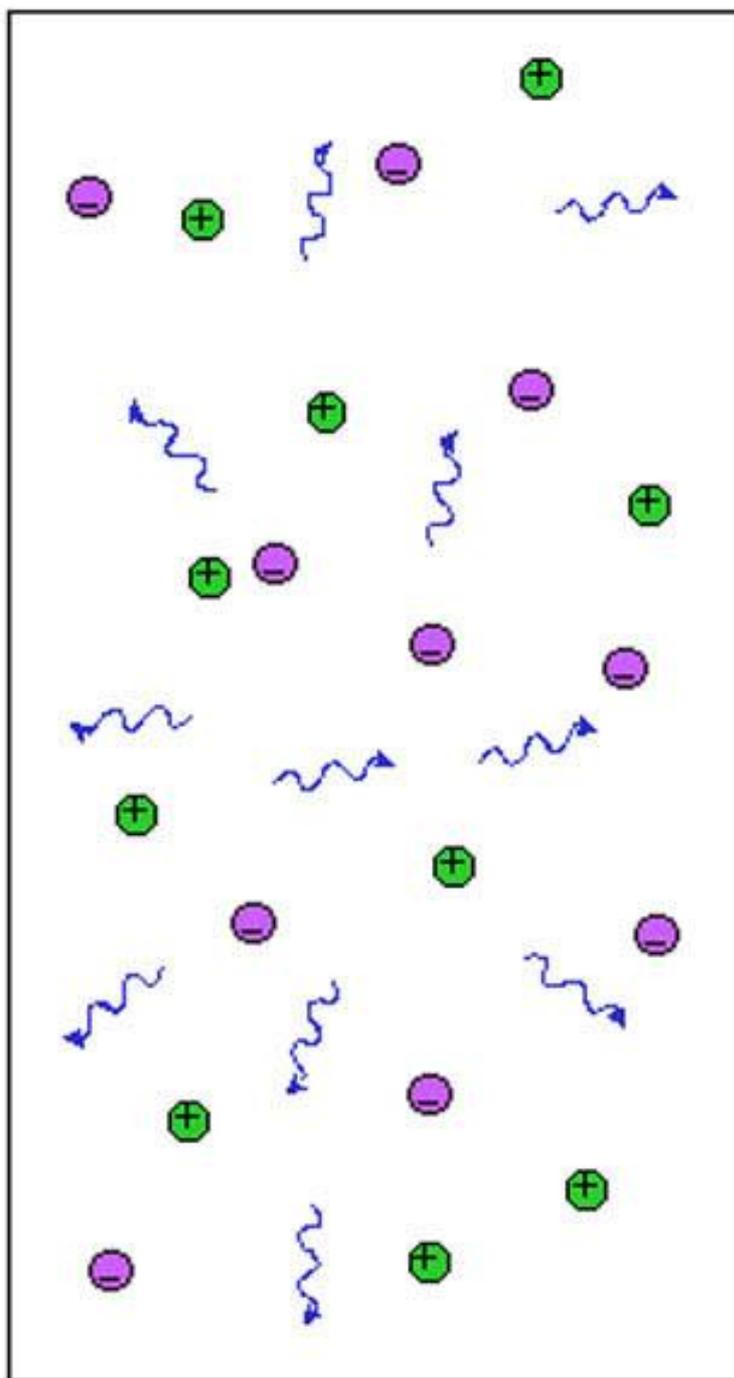
Различные сценарии эволюции Вселенной  
 $\Omega$  – средняя плотность (в единицах критической)





Рупорная антенна, с которой в 1965 г. было открыто реликтовое излучение Bell Labs, Holmdel, New Jersey. Арно Пензиас и Роберт Вилсон (Ноб.премия 1978)





Эпоха  
рекомбинации

Отрыв  
реликтового  
излучения  
от вещества

$T = 3000 \text{ K}$

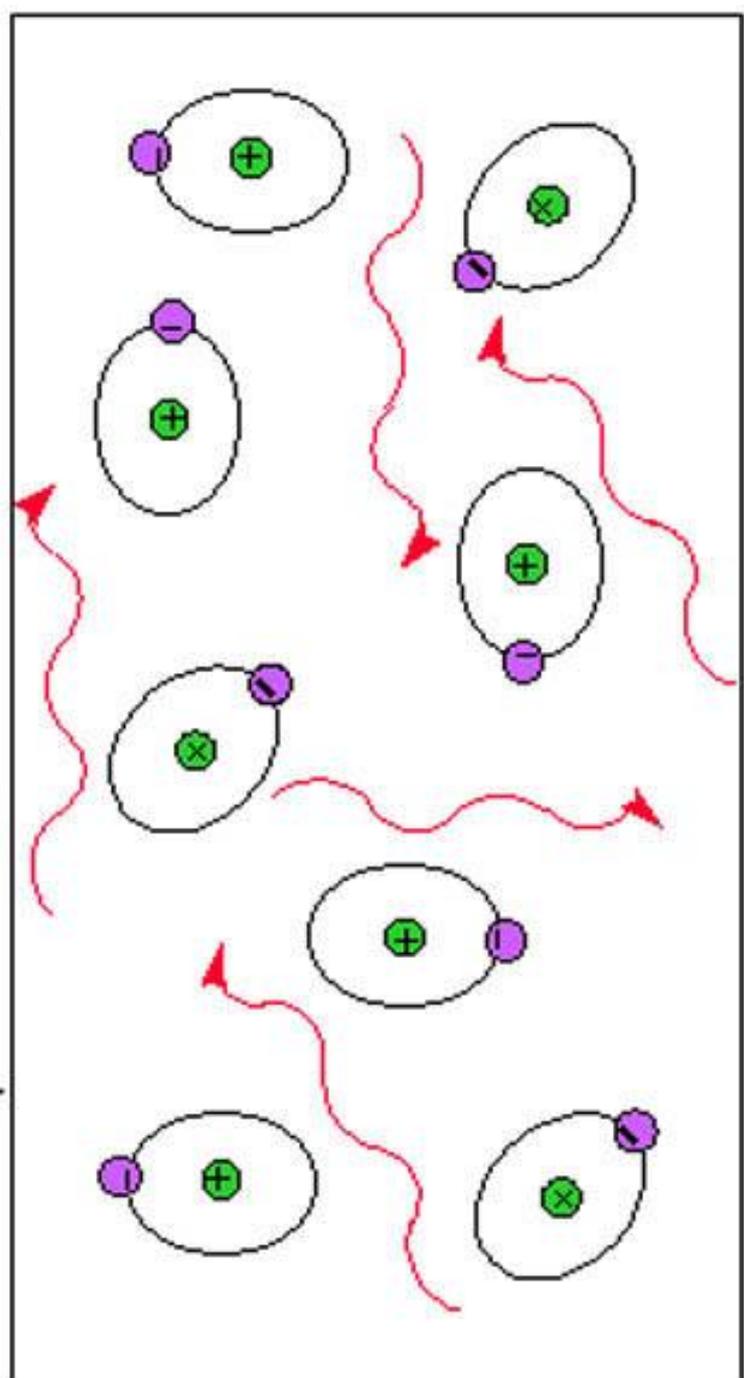
$n = 10^4 \text{ см}^{-3}$

$\rho = 10^{-20} \text{ г/см}^3$

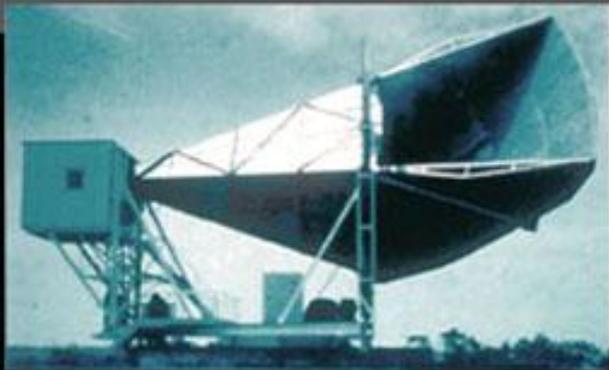
$z = 1100$

$t = 400 \text{ тыс. лет}$

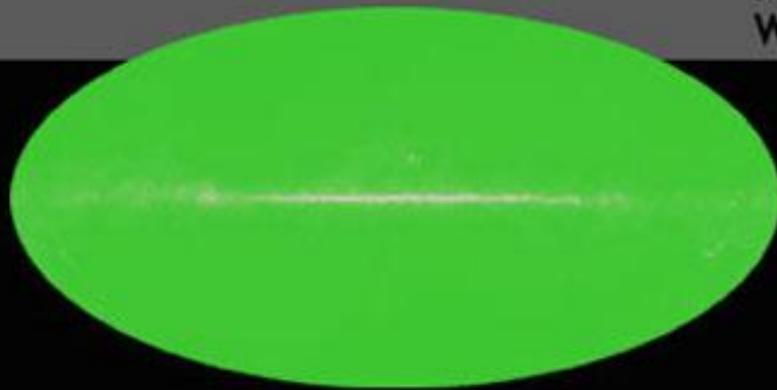
= Time  $\Rightarrow$



1965

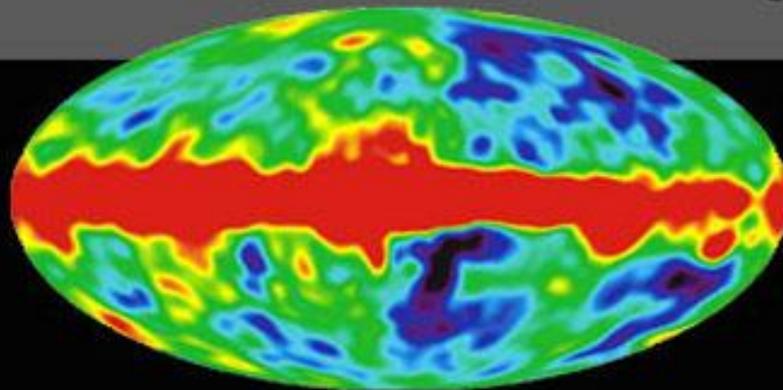


Penzias and  
Wilson



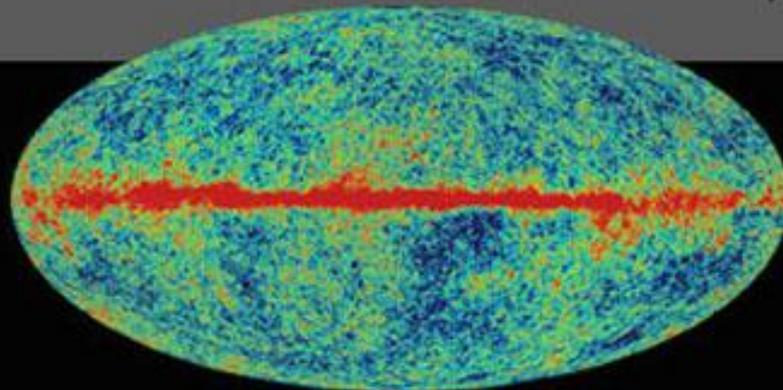
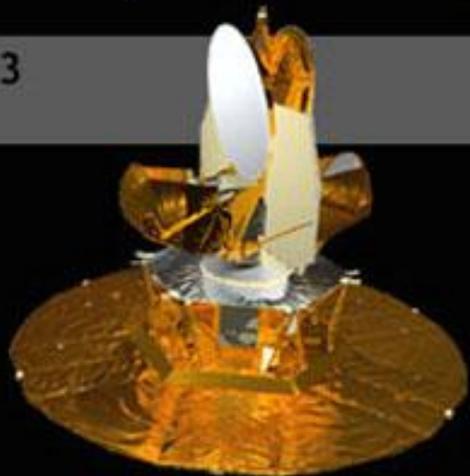
1992

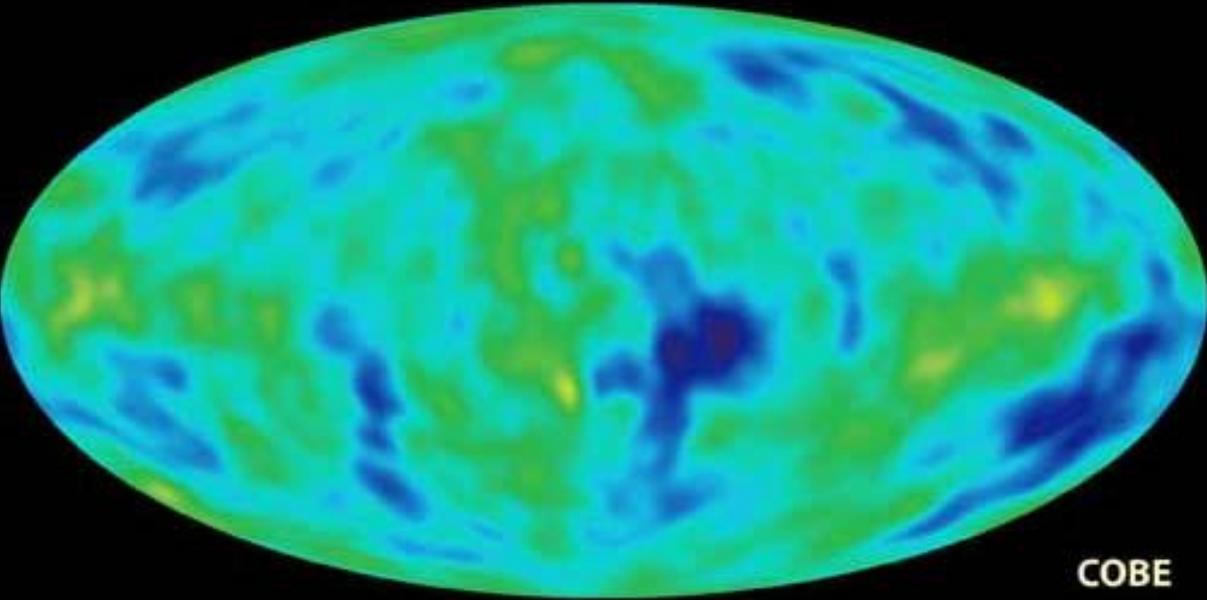
COBE



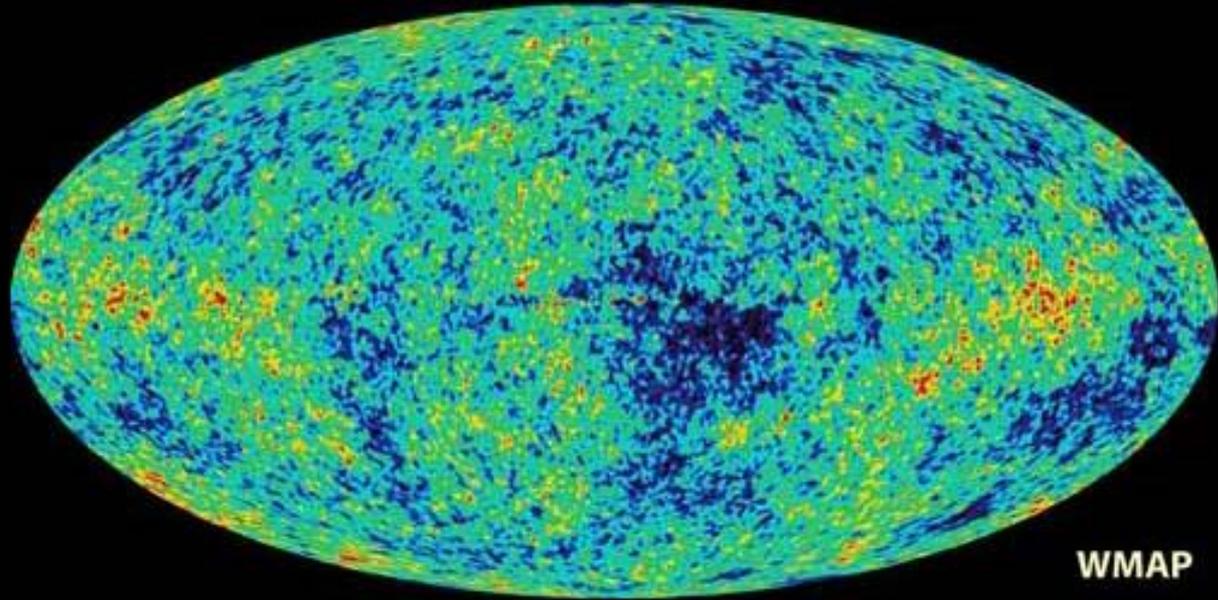
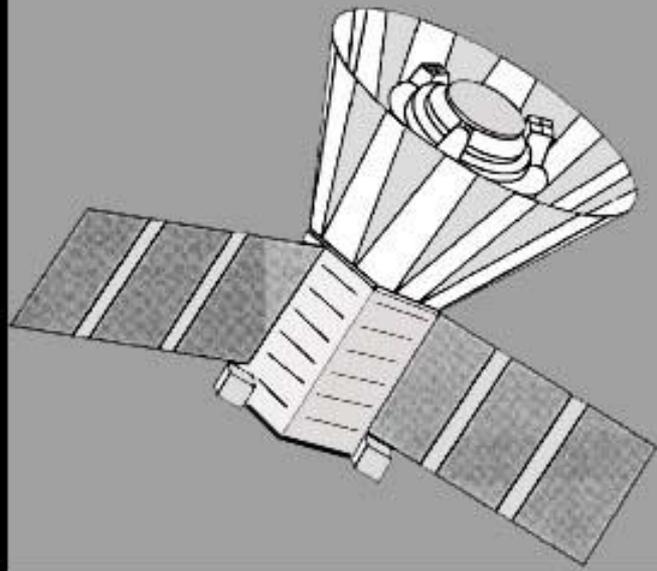
2003

WMAP

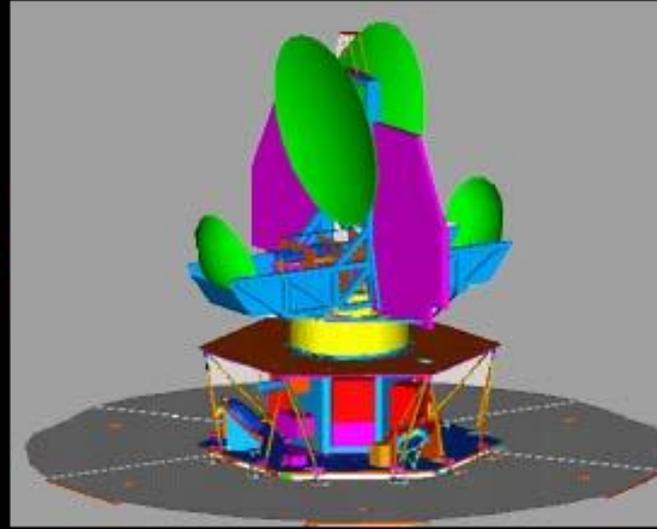


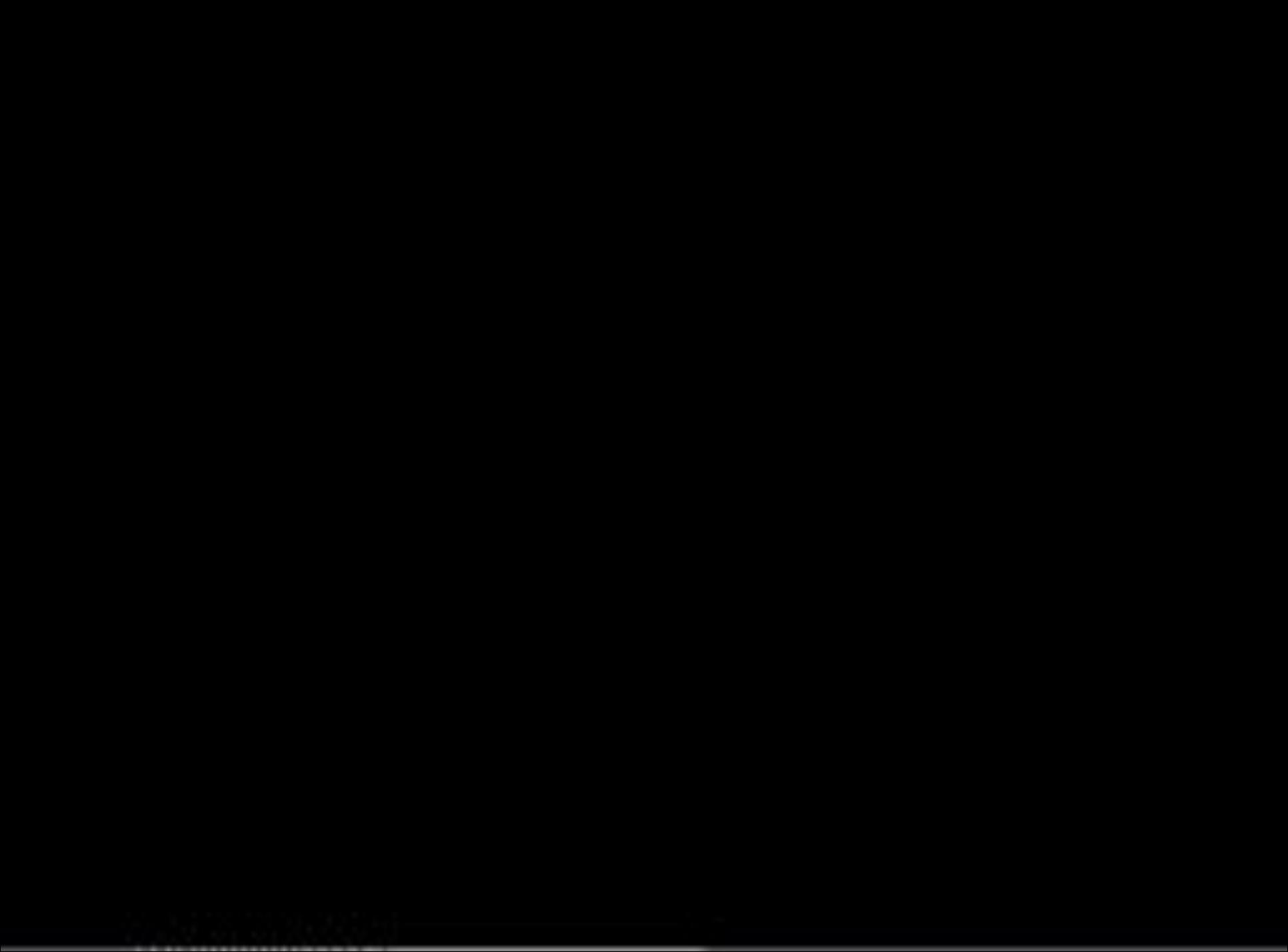


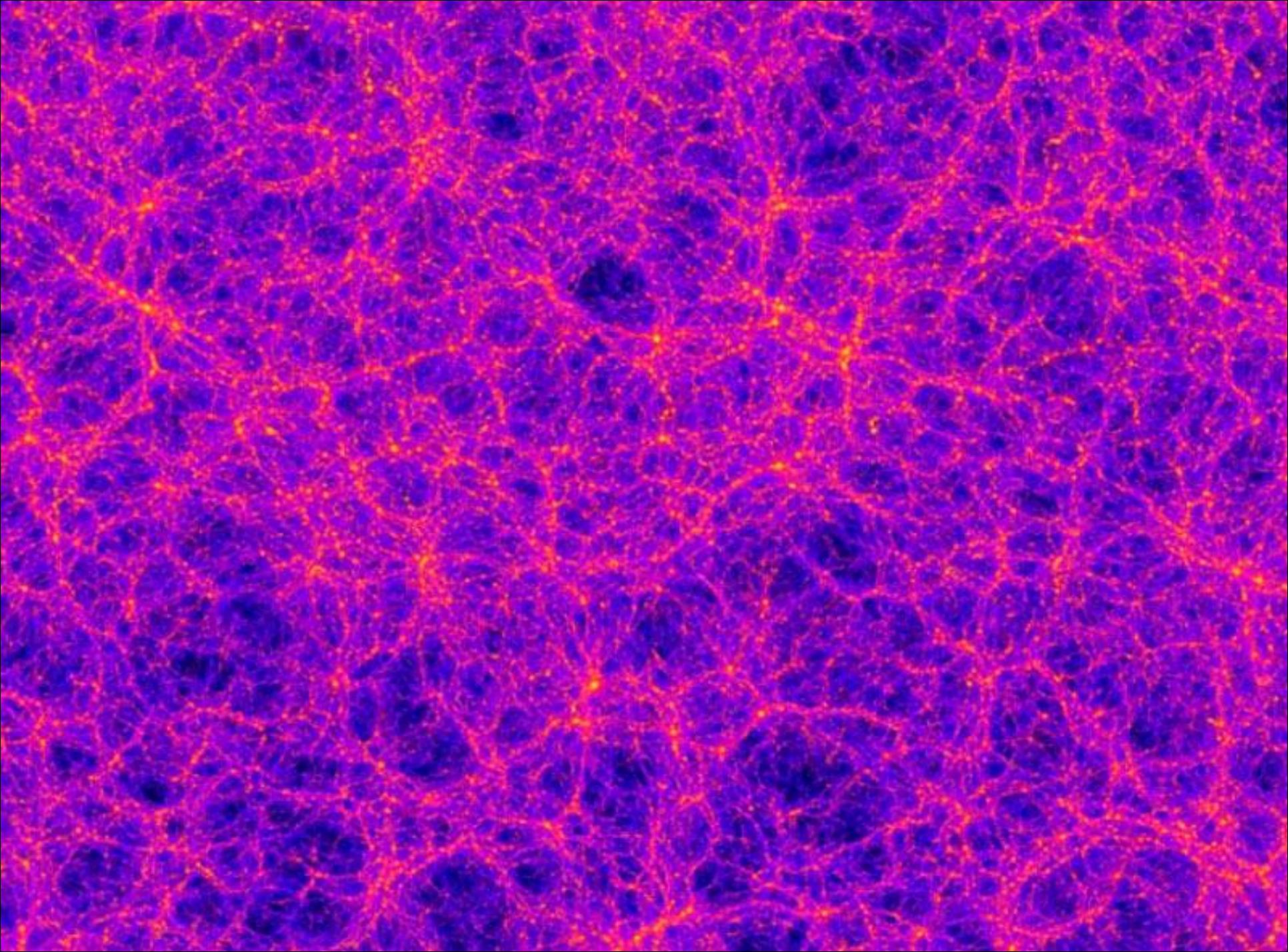
COBE

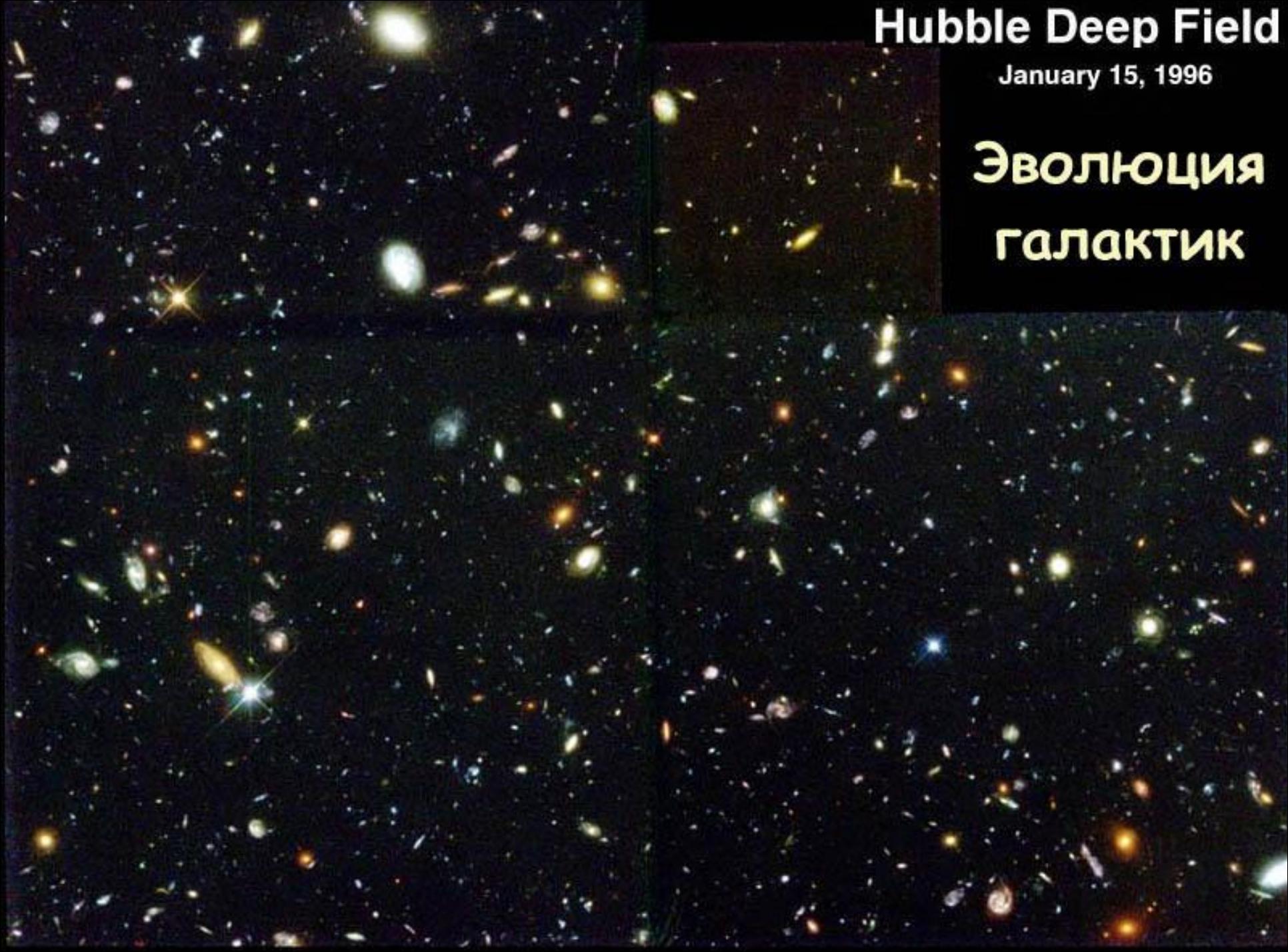


WMAP





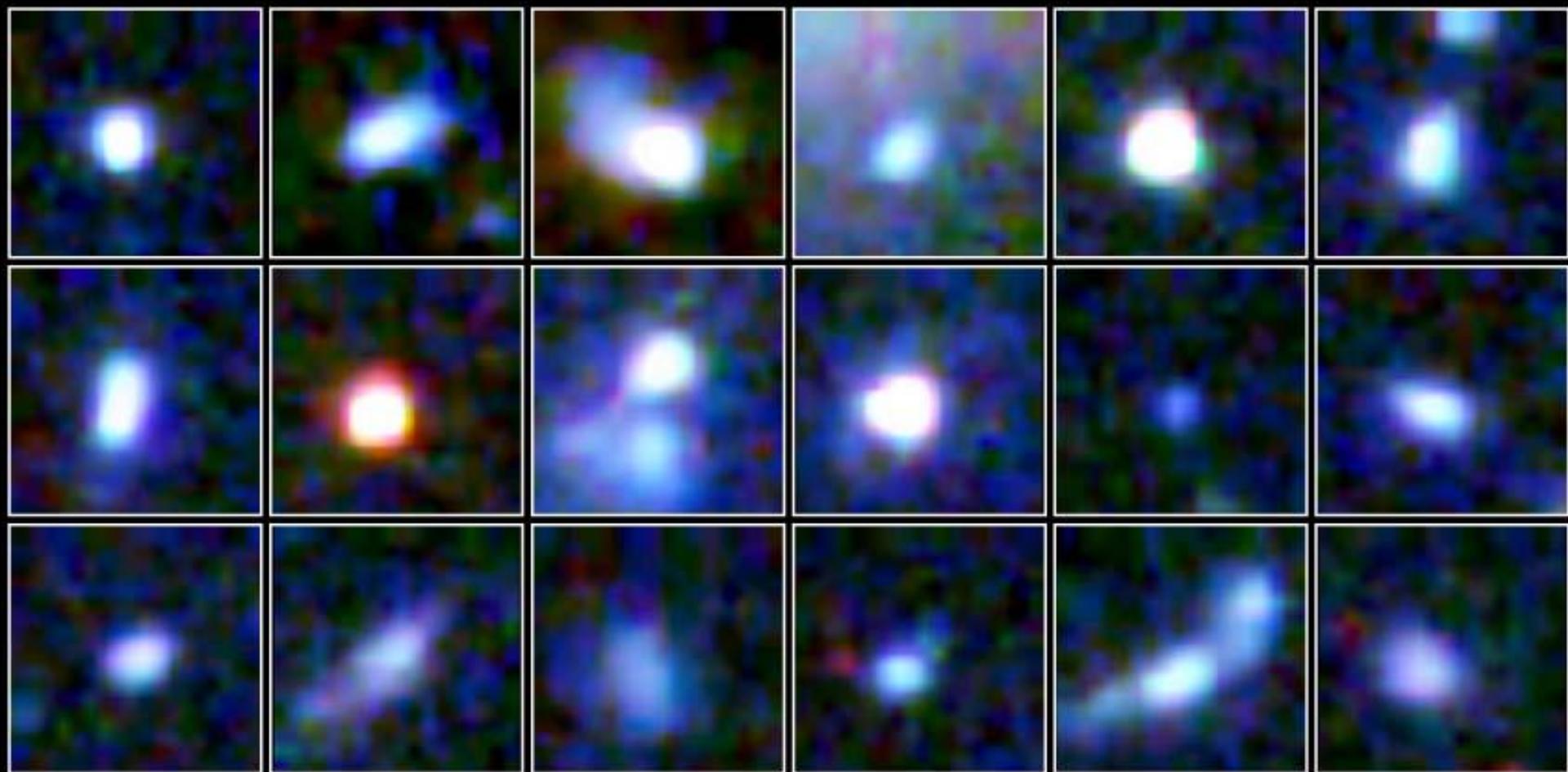


A vast field of galaxies, including many spiral and elliptical galaxies, some appearing as bright, distinct objects and others as faint, distant points of light. The galaxies are scattered across a dark, star-filled background.

**Hubble Deep Field**

January 15, 1996

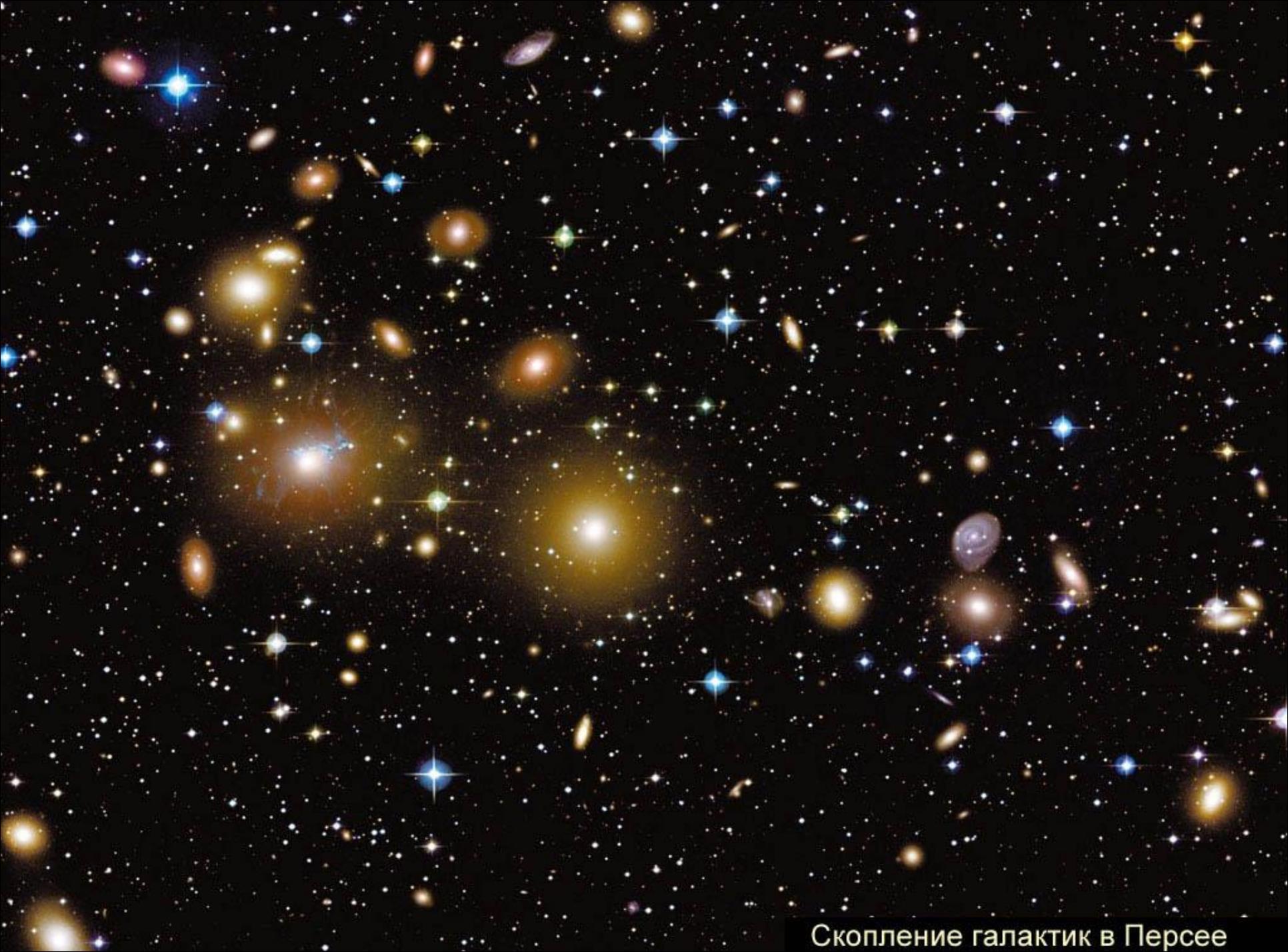
**ЭВОЛЮЦИЯ  
ГАЛАКТИК**



## Galaxy Building Blocks

HST · WFPC2

PRC96-29b · ST ScI OPO · September 4, 1996 · R. Windhorst (Arizona State University), NASA



Скопление галактик в Персее

# ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЁЗД



E  
S  
O

V  
L  
T

A  
n  
t  
u

1  
9  
9  
9



B  
a  
r  
n  
a  
r  
d  
  
6  
8

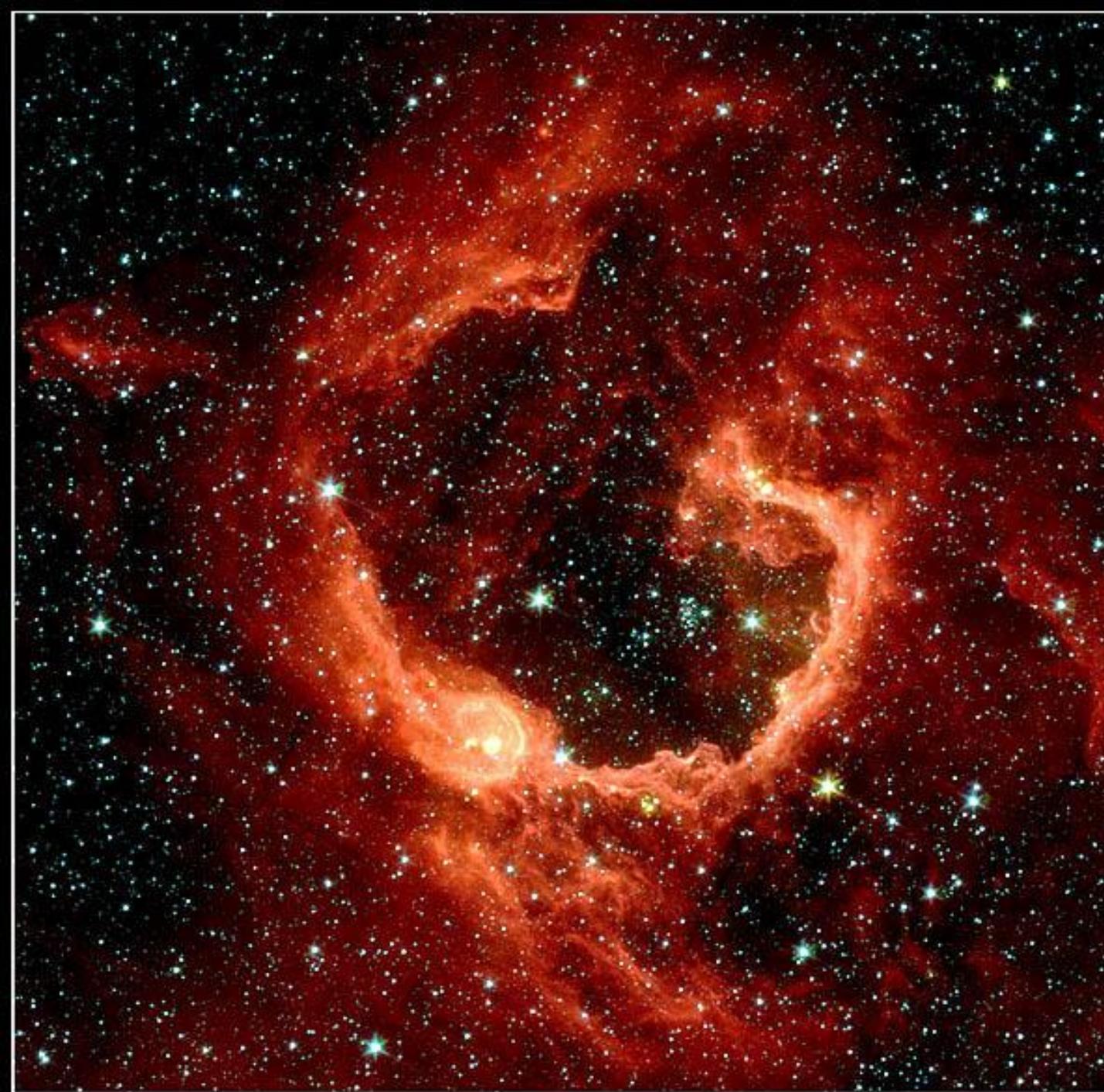






NGC 2237-9  
(Monoceros)

Rosette  
nebula



*Взаимодействие  
массивных звёзд  
с межзвёздной  
средой приводит  
к формированию  
гигантских пузырей,  
заполненных  
ионизованным  
газом (зона HII),  
с оболочкой из  
более плотного  
нейтрального  
газа (HI)*

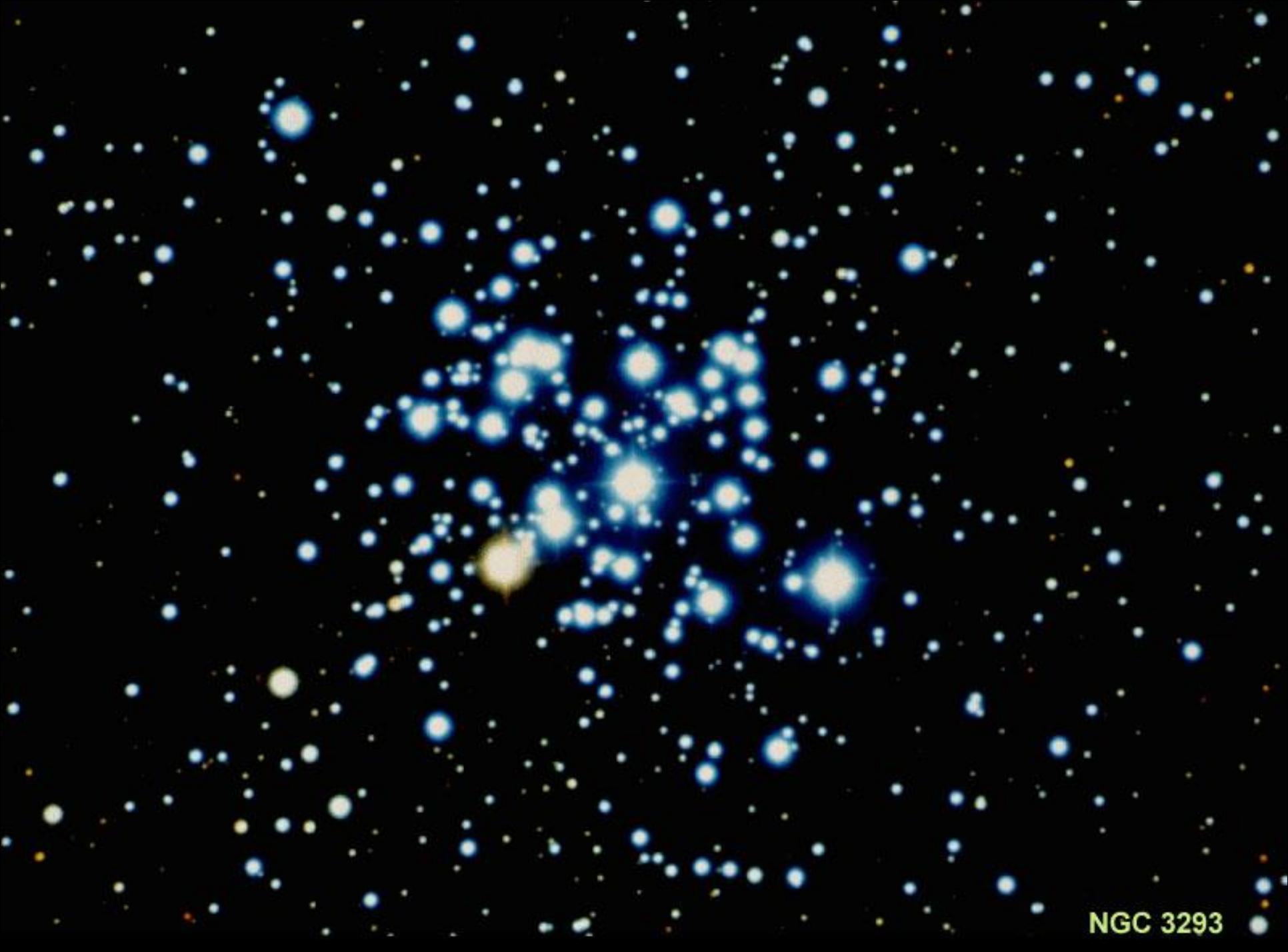
*В этих оболочках  
может  
формироваться  
следующее  
поколение звёзд*

**Star-Forming "Bubble" RCW 79**

**Spitzer Space Telescope • IRAC**

NASA / JPL-Caltech /

E. Churchwell (University of Wisconsin-Madison)



NGC 3293

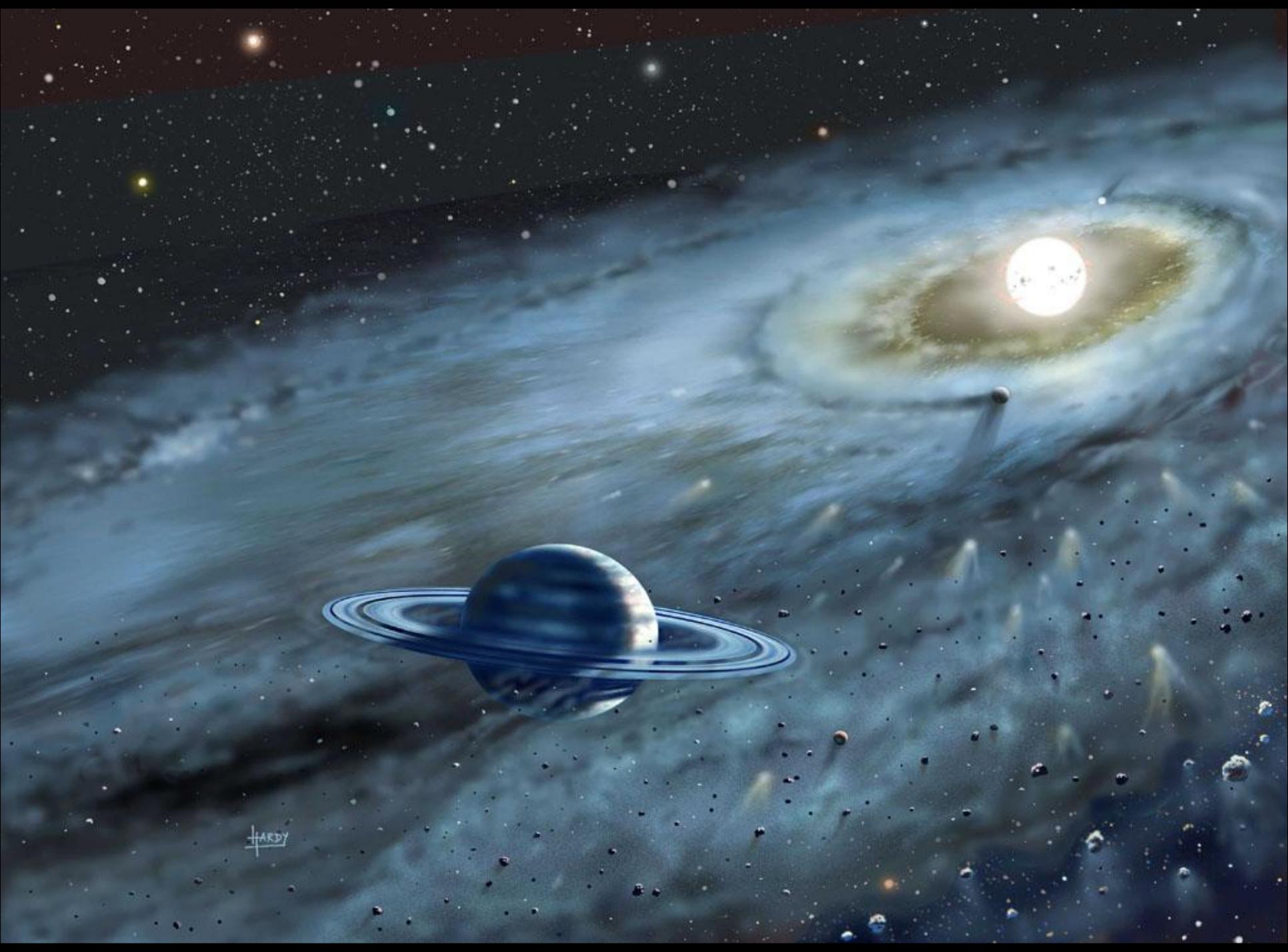
# Эволюция Солнца





# Эволюция Солнечной системы





HARDY

# Земля

в прошлом  
3 млрд назад

сегодня

в будущем  
через 3 млрд лет

