

---

# Джеты в квазарах, начала КОСМОЛОГИИ

С.И.Блинников

`sergei.blinnikov@itep.ru, sblinnikov@gmail.com`

ИТЭФ, ГАИШ, НГУ

---

*S.I. Blinnikov*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ИТЭФ = ITEP = *Institute  
for Theoretical and Experimental  
Physics, Moscow*



<sup>2</sup> ГАИШ = SAI = *Sternberg  
Astronomical  
Institute, Moscow*



НГУ, 22 сентября 2012

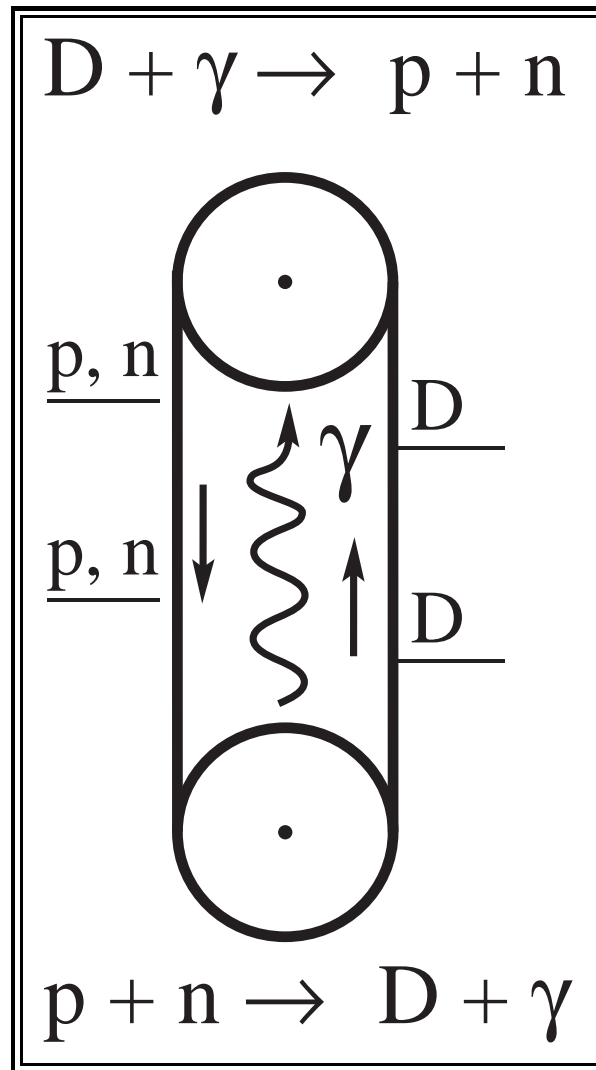
# Ещё один важнейший аргумент

---

в пользу наличия Тёмной Материи даёт  
КОСМОЛОГИЯ.

Перейдём к введению основных  
понятий космологии и релятивистской  
астрофизики.

# Вечный двигатель ЯБ Зельдовича



# Повтор: AGN and QSO

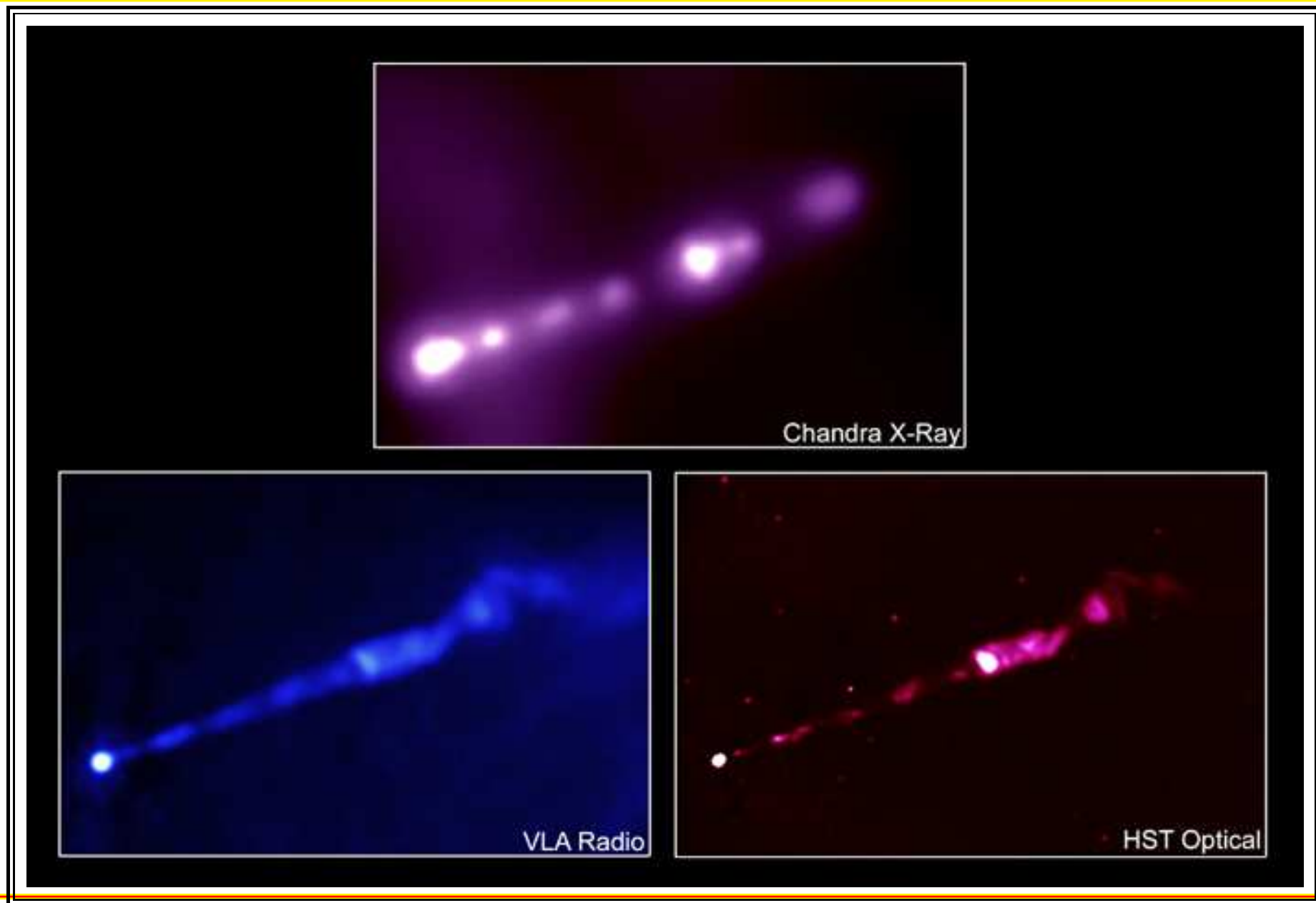
E.g. M87 =  
Virgo A = Дева A  
 $\sigma_v = 500$  km/s for  
 $r = 18$  pc, hence  
 $v^2 = 3\sigma_v^2$

$M = rv^2/G_N =$   
 $(3.2 \pm 0.9) \times 10^9 M_\odot$   
and

$\rho \sim 10^6 \div 10^7$   
 $M_\odot/\text{pc}^3 - 10 -$   
100 times higher  
than in globular  
clusters

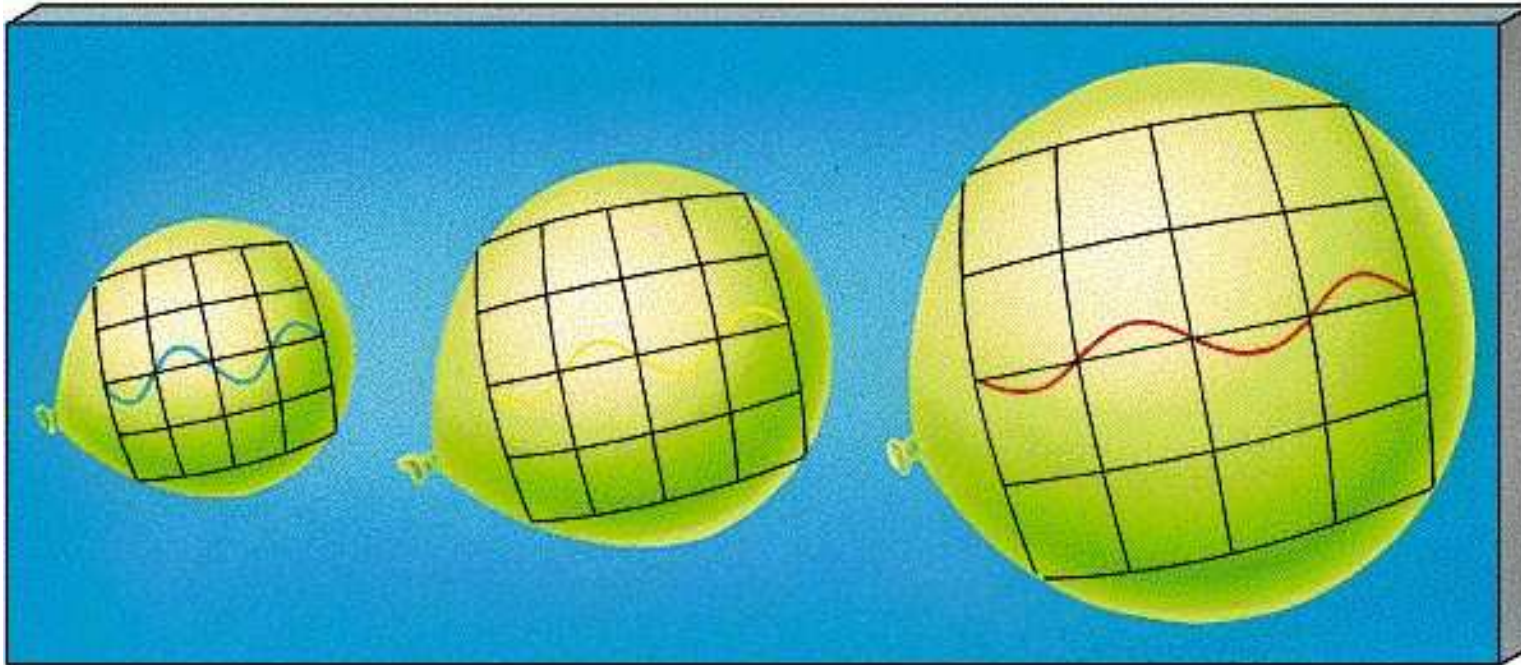


# Струя – джет в ядре M87



# Redshift 1

---



<http://www.pas.rochester.edu/%7Eafrank/A105/LectureXVI>,  
Adam Frank, Physics and Astronomy@U. of Rochester

---

# Redshift 2

---

$$z = \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{\lambda_1} = \frac{a_0}{a_1} - 1 .$$

Not always identical with the conventional Doppler effect.

The redshifts can be measured. So we know the ratio of the scale factors:

$$\frac{a(t_0)}{a(t_1)} = 1 + z,$$

where  $t_1$  and  $t_0$  are the moments of emission and observation.



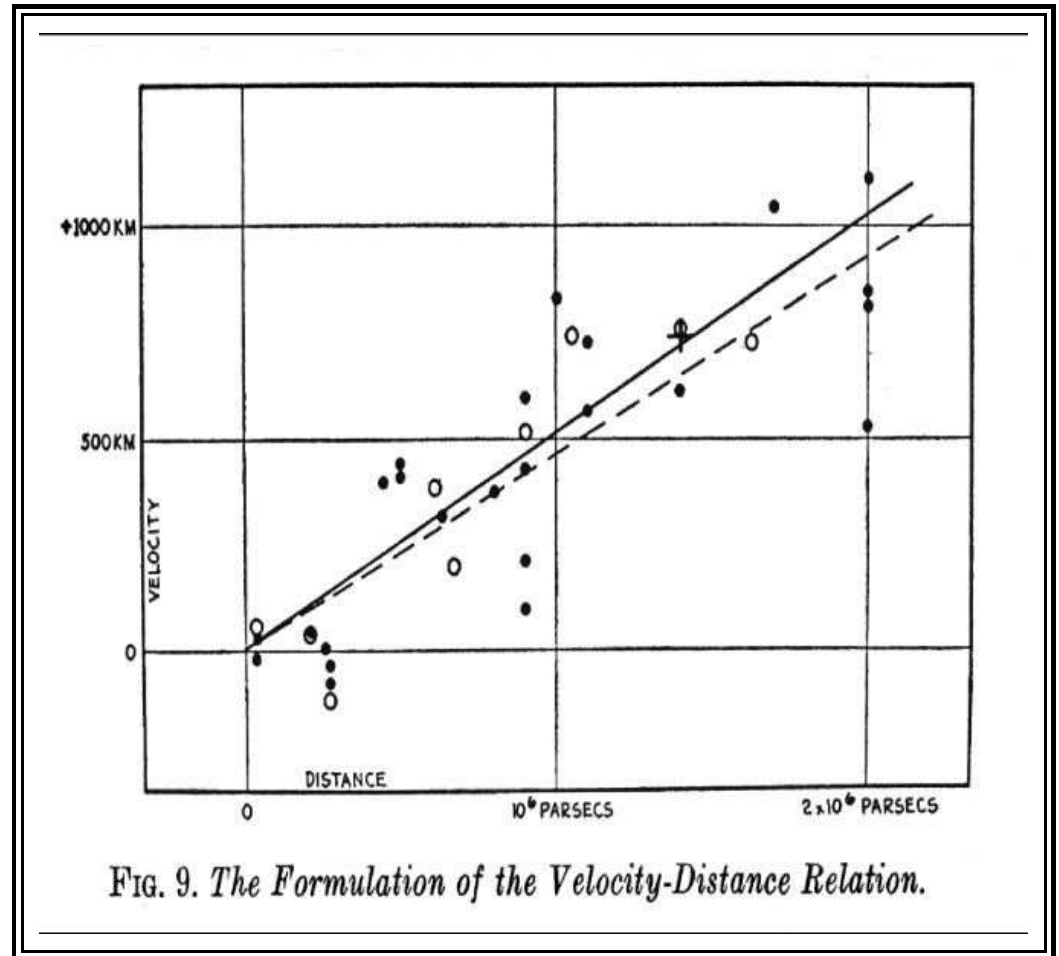
# Hubble's Law, 1929

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{H_0 d}{c}$$

— true only for nearby objects  $z \ll 1$ , but already in the “Hubble flow”.

Hubble parameter,

$$H = \dot{a}/a .$$



# Big Bang

---

The strongest explosion: Big Bang and expanding Universe (a Newtonian view).

Никакие приборы непосредственно разбегания не видят!

Hubble law of expansion:

$$v = H_0 d, \quad H_0 \approx 70 \text{ km/s/Mpc},$$

so  $t_H = 1/H_0 \approx 1.4 \times 10^{10}$  yrs gives the time-scale of the expansion of Universe.

Это число случайно довольно близко к возрасту нашей Вселенной, так как закон расширения сложный из-за DE.

# Ньютоновская космология

---

Приняв, что средняя плотность вещества  $\rho$  однородна на больших масштабах ( $R > 100$  Мпк в современной Вселенной), мы находим массу в пределах радиуса  $R$ ,  $M = 4\pi\rho R^3/3$ , и законы Ньютона дают нам сохранение энергии:

$$\frac{u^2}{2} - \frac{G_N M}{R} = -\text{const} ,$$

что выполняется, пока  $u \equiv \dot{R} \ll c$ , так что

$$\frac{(\dot{R})^2}{2} - \frac{4\pi G_N \rho R^2}{3} = -\text{const} .$$

# Уравнение Фридмана

---

Постоянная  $\text{const}$  в последних уравнениях есть попросту энергия единицы массы в момент  $t_0$ :

$$E_0 \equiv \frac{u_0^2}{2} - \frac{G_N M}{R_0},$$

так что можно написать

$$\frac{(\dot{R})^2}{2} - \frac{4\pi G_N \rho R^2}{3} = -k|E_0|,$$

Где  $k = -1, 0, +1$ , и тогда это выражение совпадает с уравнением Фридмана, если мы  $a$  обозначим как радиус  $R$ :

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G_N}{3c^2} \mathcal{E} - \frac{kc^2}{a^2}.$$

# Космологические параметры

---

Параметр Хаббла для произвольного момента времени  $t$

$$H = \frac{\dot{a}}{a}.$$

Обычно  $t_0$  обозначает в космологии время наблюдения – нашу эпоху:  $H_0 = (\dot{a}/a)_0$ .

Определим *параметр плотности*

$$\Omega \equiv \frac{\mathcal{E}}{\rho_c c^2}, \quad \text{где} \quad \rho_c \equiv \frac{3H^2}{8\pi G_N}.$$

Запишем ур. Фридмана как

$$H^2 = \Omega H^2 - \frac{kc^2}{a^2}, \quad \text{откуда} \quad H^2(\Omega - 1) = \frac{kc^2}{a^2}.$$

# Параметр Хаббла и $\Omega$

---

Поскольку  $H_0 = (\dot{a}/a)$  теперь, мы видим, что константа  $k$  в уравнении Фридмана положительна или отрицательна в зависимости от  $\Omega$ .

Если  $\Omega > 1$ , то  $k = 1$ .

При  $\Omega = 1$ ,  $3D$ -пространство плоское:  $k = 0$ , а при  $\Omega < 1$  имеем  $k = -1$ .

Когда  $\Omega \neq 1$  из последнего выражения можно найти масштабный фактор  $a$  по наблюдаемым  $H_0$ ,  $\Omega$ .

# Elementary Cosmology

---

[Click here for web](#)

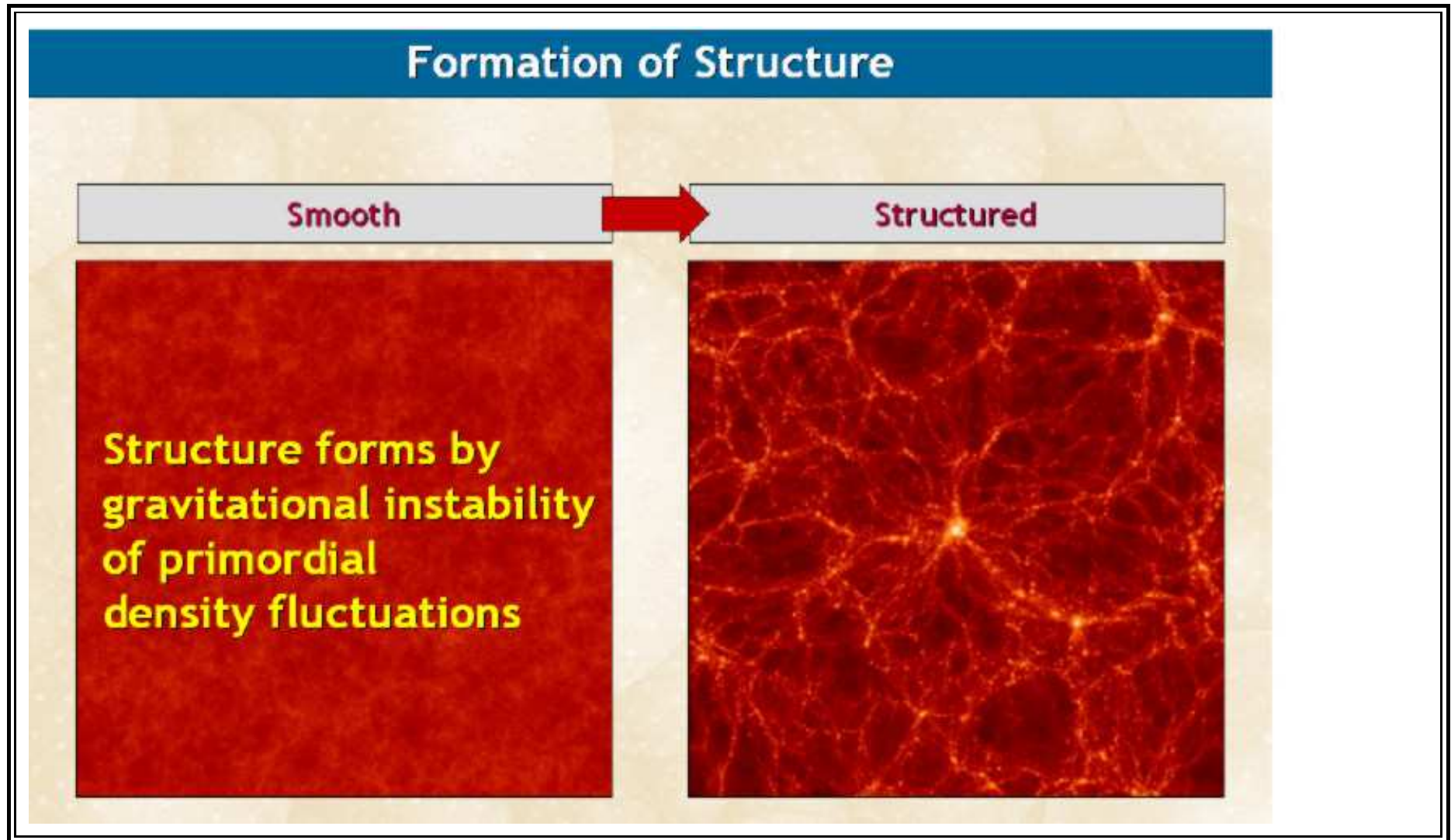
[Scale factor evolution for  \$\Omega = 2\$  – click here for files saved local](#)

# Scale factor $\Omega = 1, \Omega = 2$



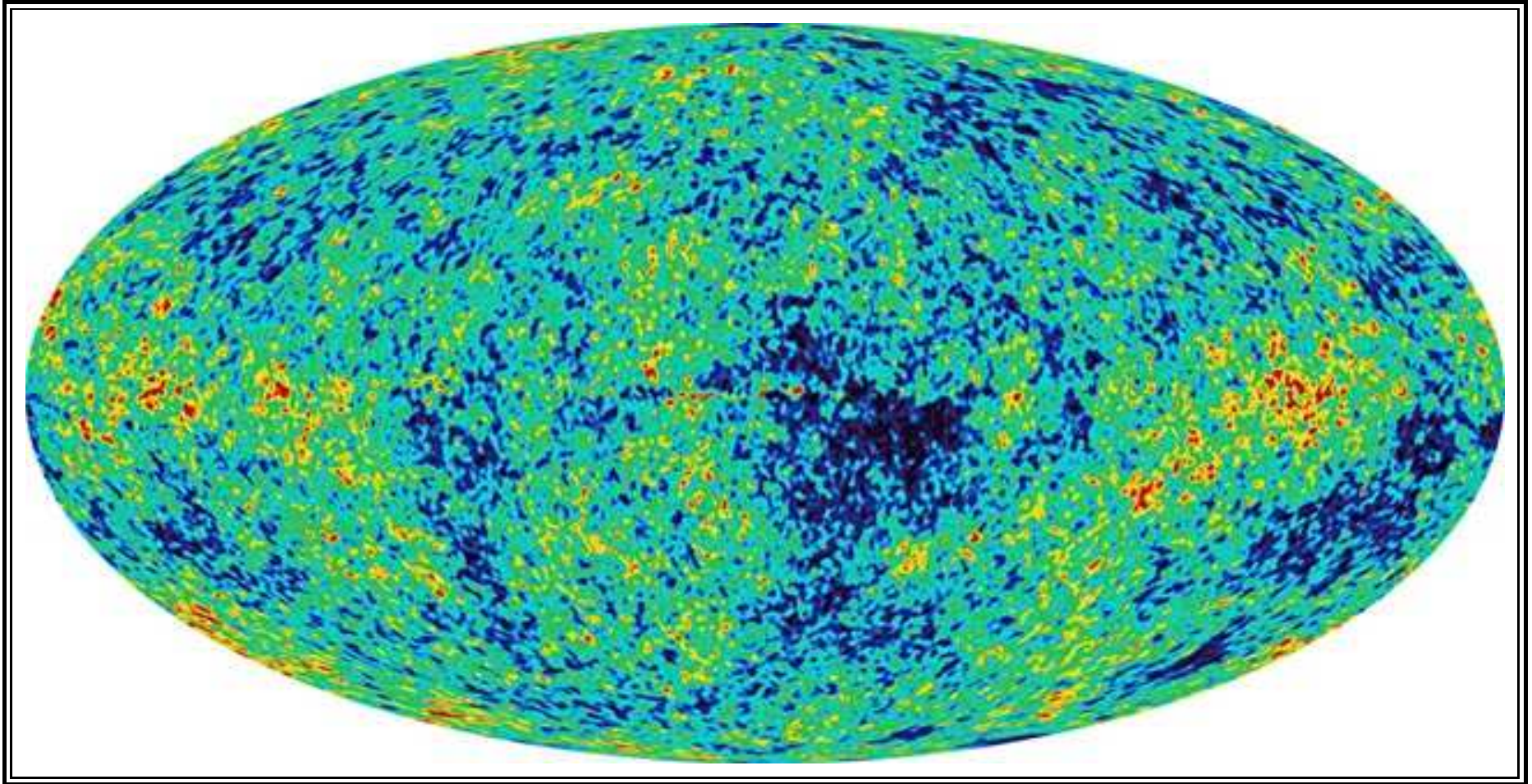


# Ещё один важнейший аргумент



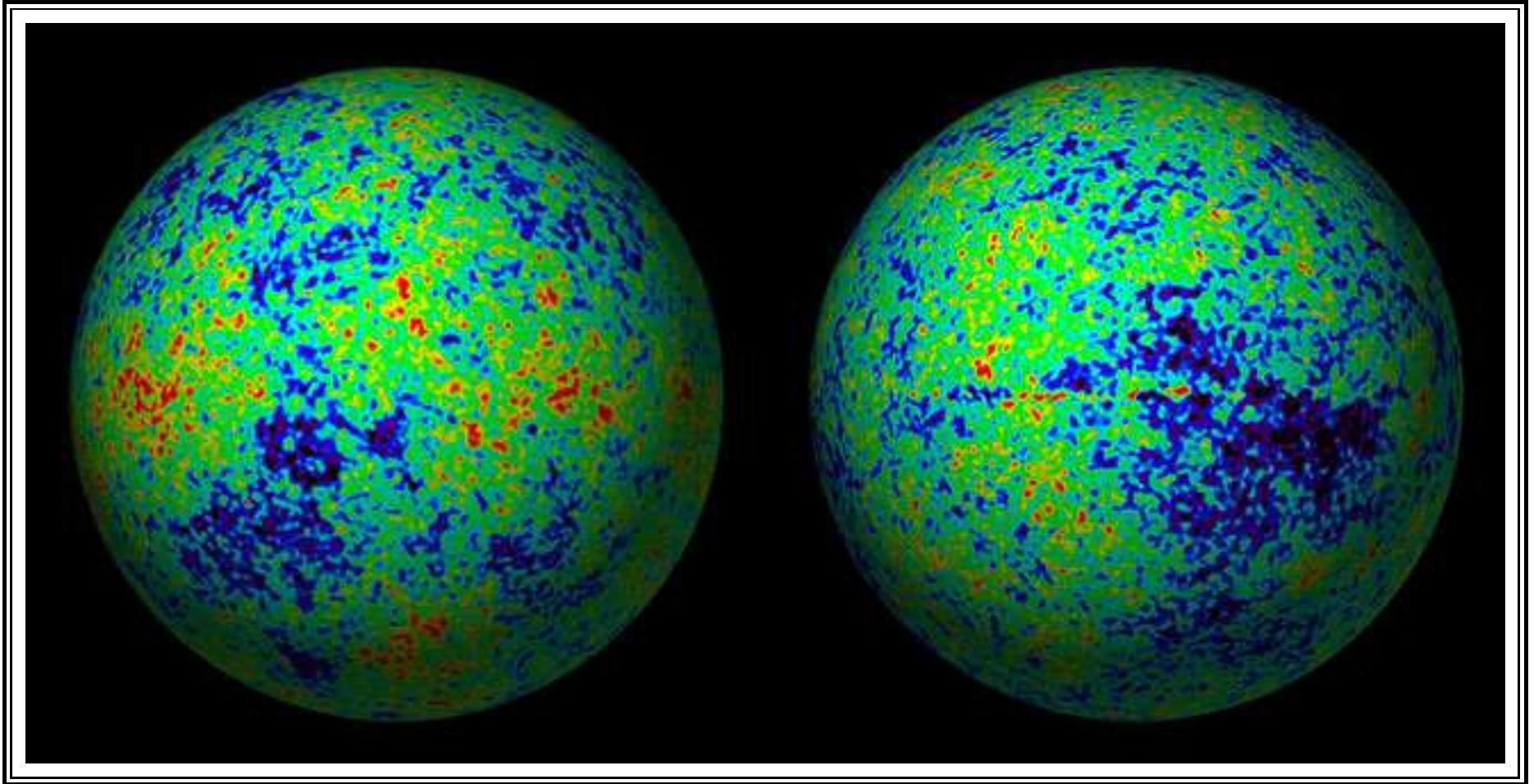
# CMB – WMAP sky

---



# WMAP globes

---



# Observed CMB

---

A primordial fluctuation spectrum in baryons consistent with the CMB fluctuations measurements does not allow the observed structure to form until today. Weakly interacting particles can begin to form structure earlier, while the baryonic matter is overwhelmed by photon pressure until the time of recombination (“dark matter boost”).

Реликтовое излучение настолько изотропно, что возмущения плотности в барионах не могли быть больше  $10^{-5}$ , а вырасти они могли только в  $(1 + z)$  раз, где красное смещение  $z = 3000\text{K}/3\text{K}$ .

Возмущения растут сначала в ТМ – поэтому она так нужна.

# Structure formation simulations

---

Movie1: flat slice, click here for web

Movie1: flat slice, for files saved locally

Movie1: 3D cube, click here for web

Movie2: 3D cube, for files saved locally

See movies of “Millennium simulation” here:

<http://www.mpa-garching.mpg.de/galform/virgo/millennium/>

# From us to Virgo cluster

---

Путешествие к скоплению галактик Дева = Virgo  
Cluster:

[http://www.ifa.hawaii.edu/~tully/outreach/vv1a\\_9-25.mpg](http://www.ifa.hawaii.edu/~tully/outreach/vv1a_9-25.mpg)

на сайте:

<http://www.ifa.hawaii.edu/~tully/outreach/movie.html>

# Конец 2-й лекции

---