

The background of the slide is a deep space image featuring a dense field of stars and a prominent spiral galaxy with vibrant blue and pinkish-red nebulae. The text is overlaid on this cosmic scene.

РОЖДЕНИЕ, ЖИЗНЬ И СМЕРТЬ ВСЕЛЕННЫХ

(космология: классическая и квантовая)

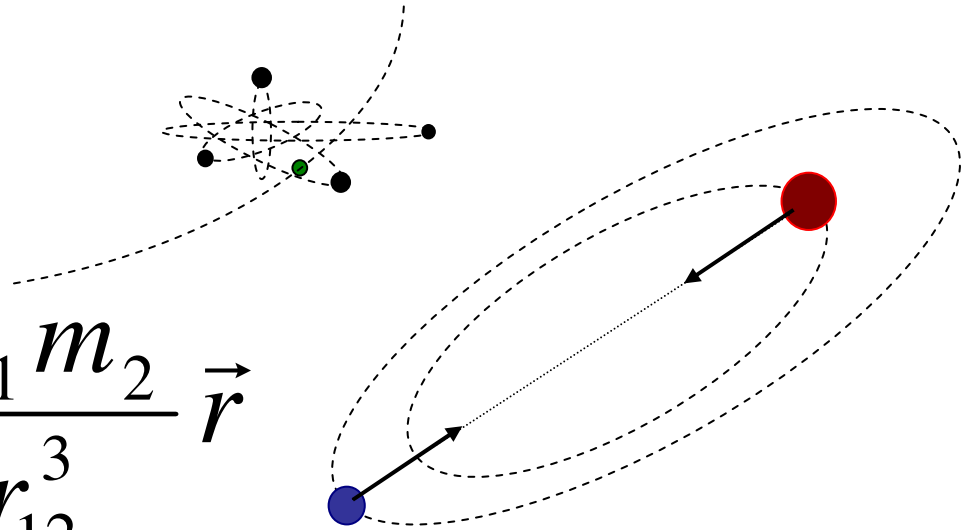
*Парфенов К.В., физический факультет
МГУ им.М.В.Ломоносова*

Космология Ньютона и Лапласа

На больших расстояниях движение тел в основном определяется

ЗАКОНОМ ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ:

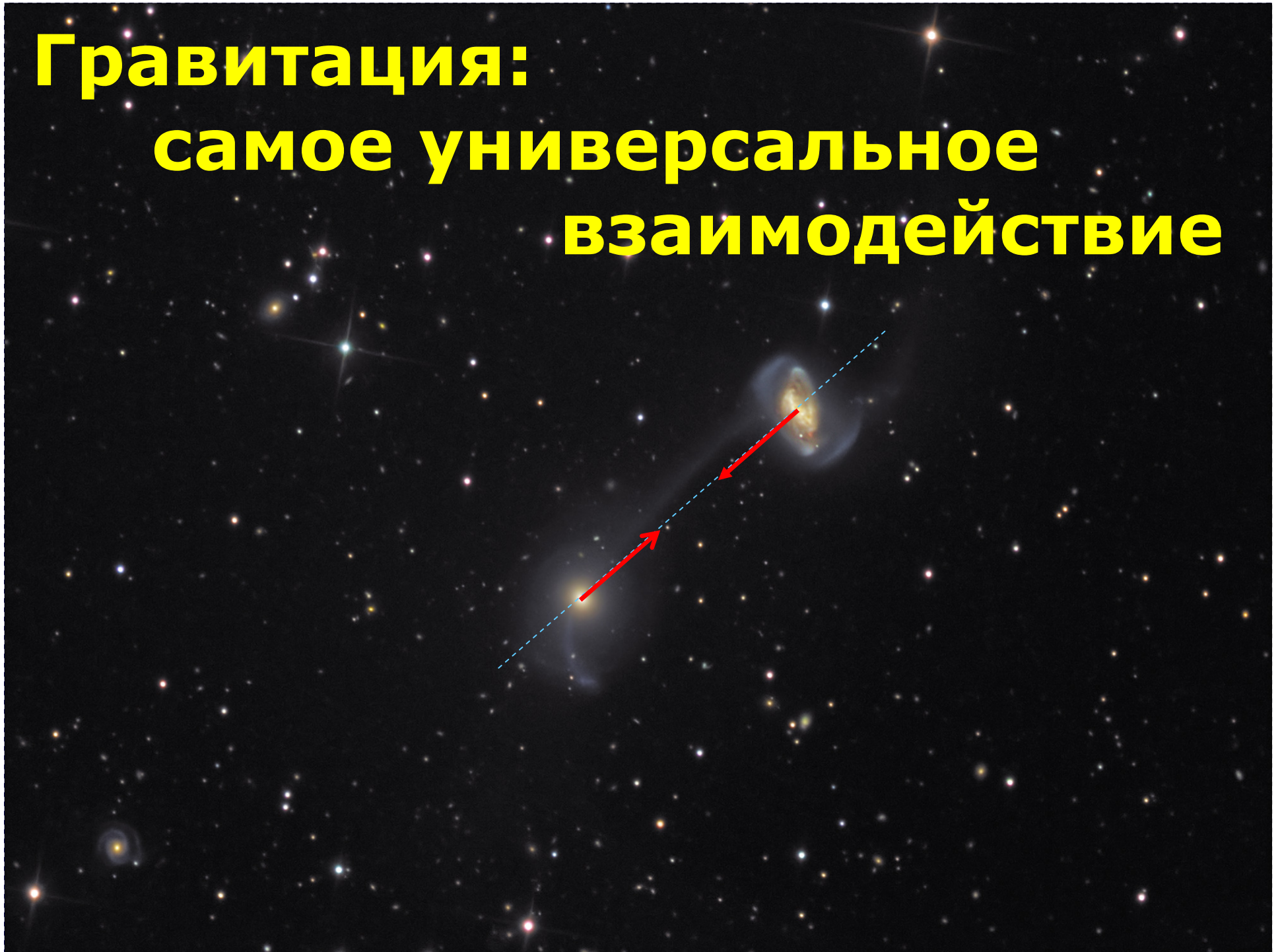
$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^3} \vec{r}$$



Вселенная – облако движущейся материи, удерживаемое силами тяготения.

Существует «центр мира», находящийся в состоянии абсолютного покоя, вокруг которого вращается вся материя Вселенной.

Гравитация: самое универсальное взаимодействие



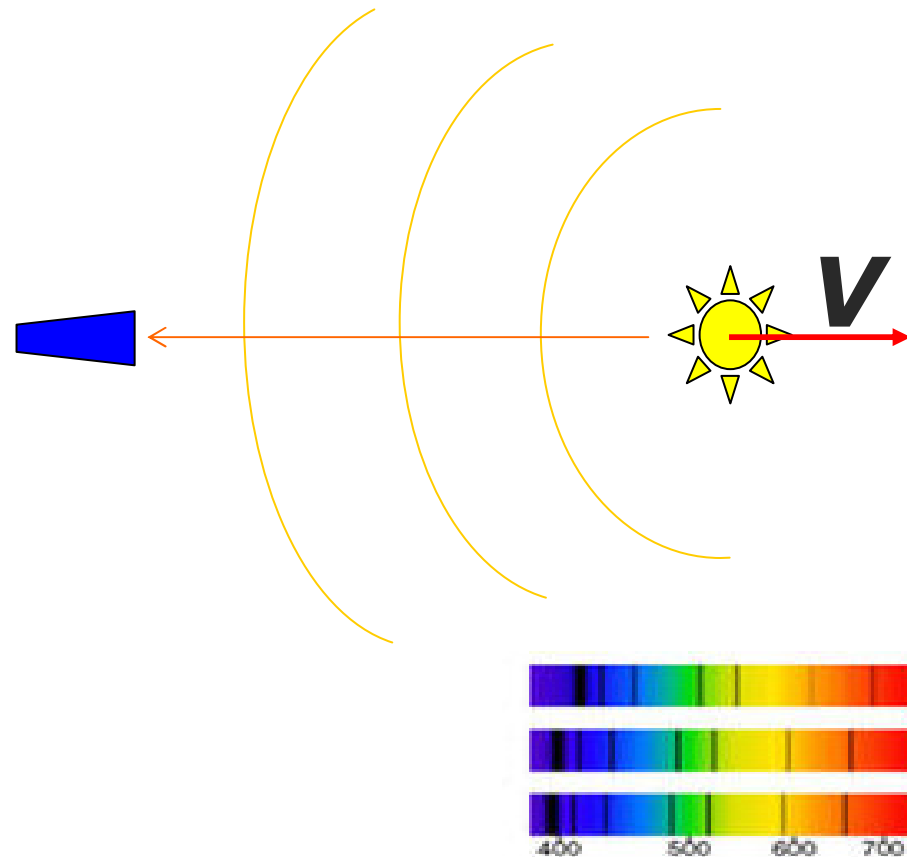
Первое открытие: закон Хаббла

Дальние галактики удаляются от нас примерно по лучу зрения:

$$T = T_0 + \frac{V T_0}{C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = T_0 \left(1 + \frac{V}{C} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu = \frac{\nu_0}{1 + V / C}$$

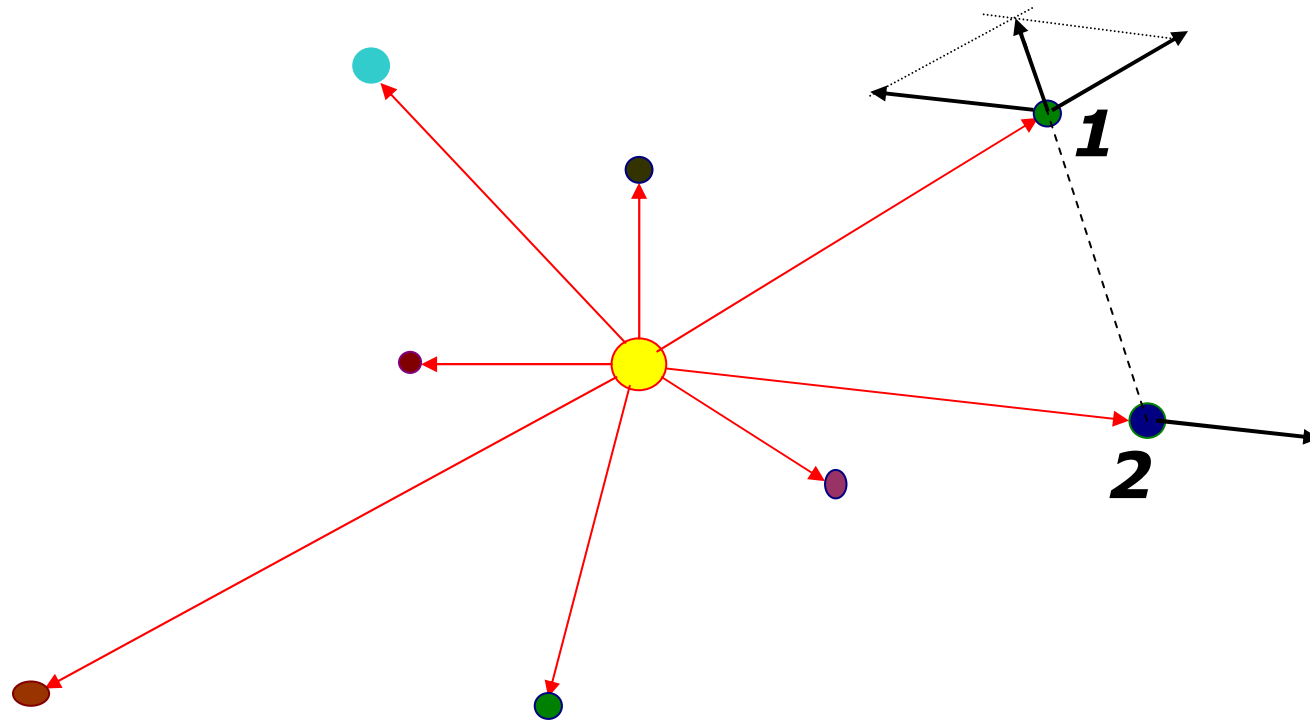



$$V = H \cdot r$$

$$H \approx (7 \pm 2) \cdot 10^{-11} \text{ лет}^{-1}$$

Кинематическая картина мира

$$\vec{V}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2 = H\vec{r}_1 - H\vec{r}_2 = H(\vec{r}_1 - \vec{r}_2) = H\vec{r}_{12}$$



Большой Взрыв

и горячая Вселенная

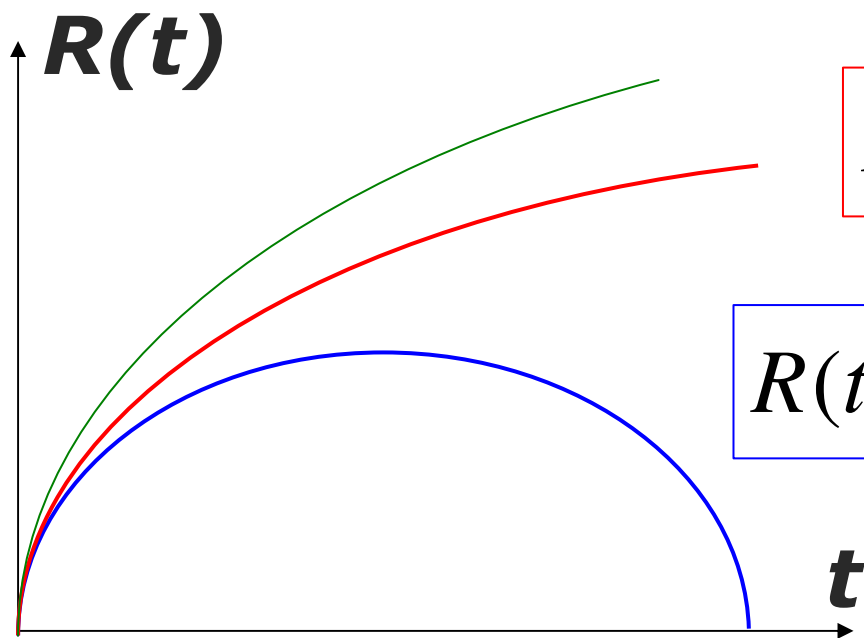
Александр Фридман и Георгий Гамов:

Построение «**релятивистской**» космологии
– теории, описывающей эволюцию
Вселенной на основе **теории**
относительности.

Основное предположение: Вселенная
является **однородной и изотропной**.

Расширение Вселенной в моделях Фридмана

$$R(t) = \sqrt{t(\tau + t)} \quad (\rho < \rho_{KP})$$



$$R(t) = \sqrt{\tau t} \quad (\rho = \rho_{KP})$$

$$R(t) = \sqrt{t(\tau - t)} \quad (\rho > \rho_{KP})$$

$$\tau \approx \frac{G M}{c^3}$$

[Определение сценария]

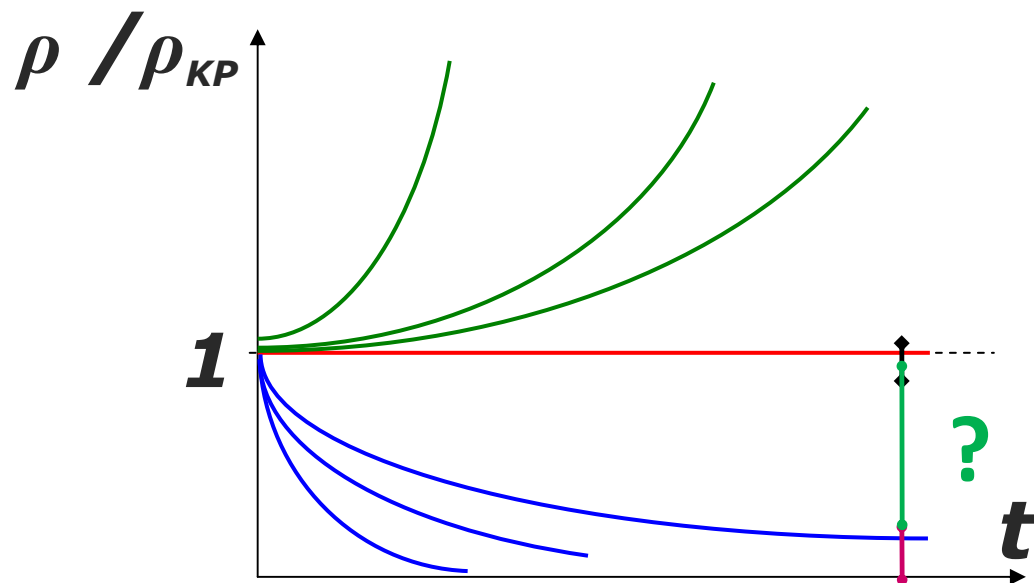
$$\rho = \frac{3 M}{4 \pi R^3} \Rightarrow R = \left(\frac{3 M}{4 \pi \rho} \right)^{1/3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{(3 M)^{5/3}}{10 (4 \pi \rho)^{2/3}} \left[H^2 - \frac{8 \pi G}{3} \rho \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} E_0 > 0, \quad \text{если} \quad \rho < \frac{3 H^2}{8 \pi G} \\ E_0 = 0, \quad \text{если} \quad \rho = \frac{3 H^2}{8 \pi G} \equiv \rho_{KP} \\ E_0 < 0, \quad \text{если} \quad \rho > \frac{3 H^2}{8 \pi G} \end{array} \right.$$

Изменение плотности

$$\left. \frac{\rho}{\rho_{KP}} \right|_{t \approx 0} = 1 \pm 10^{-55} !$$



$$\left. \frac{\rho_{BM}}{\rho_{KP}} \right|_{t_c} \approx 0,05$$

$$\left. \frac{\rho_{TM}}{\rho_{KP}} \right|_{t_c} \approx 0,22$$

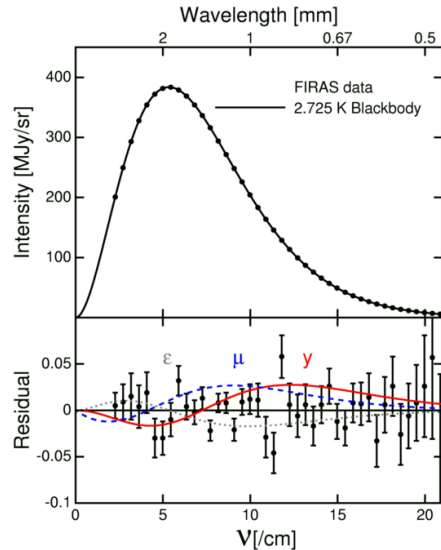
Температура и плотность

$$T \approx T_0 \cdot \frac{R_0}{R(t)}$$

$$\rho \approx \frac{3}{32\pi G} \cdot \frac{\tau^2}{R^4(t)}$$

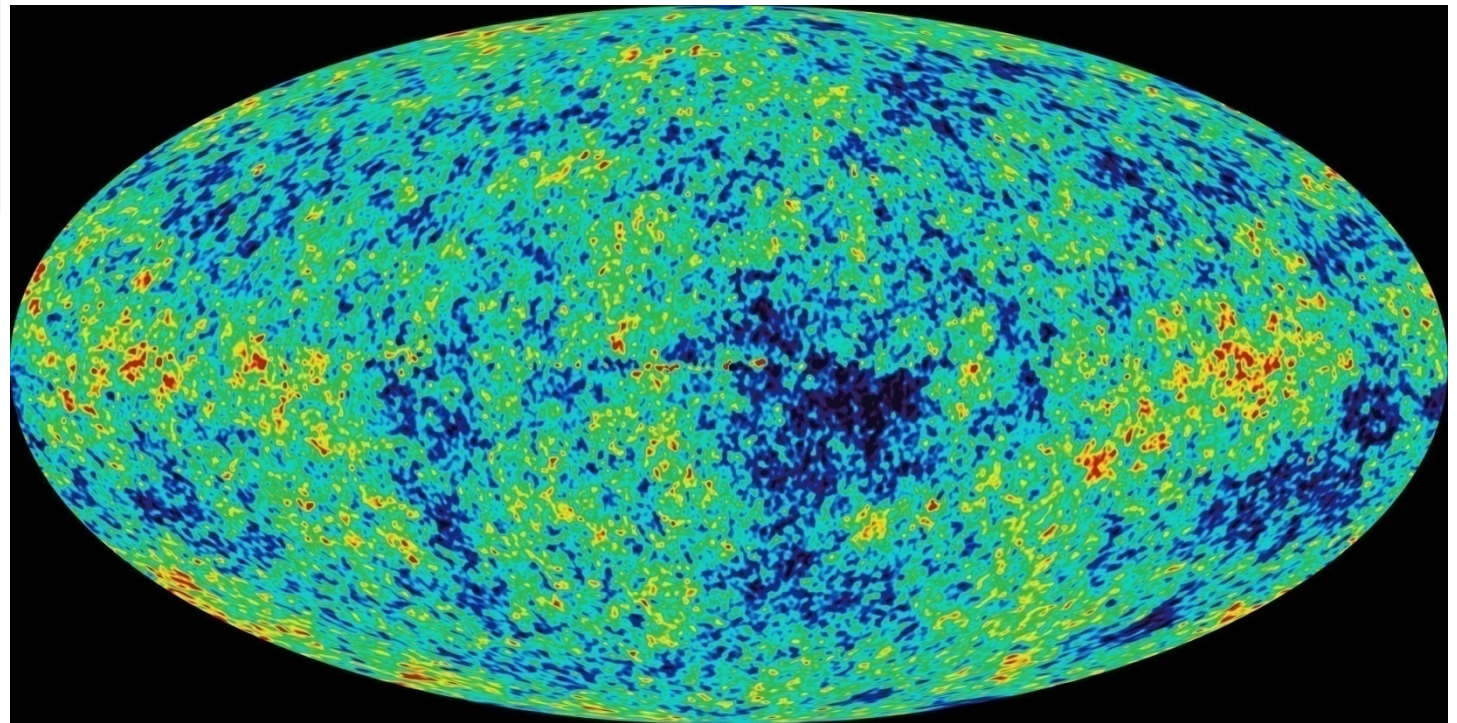


Реликтовое излучение – электромагнитное «эхо» Большого Взрыва



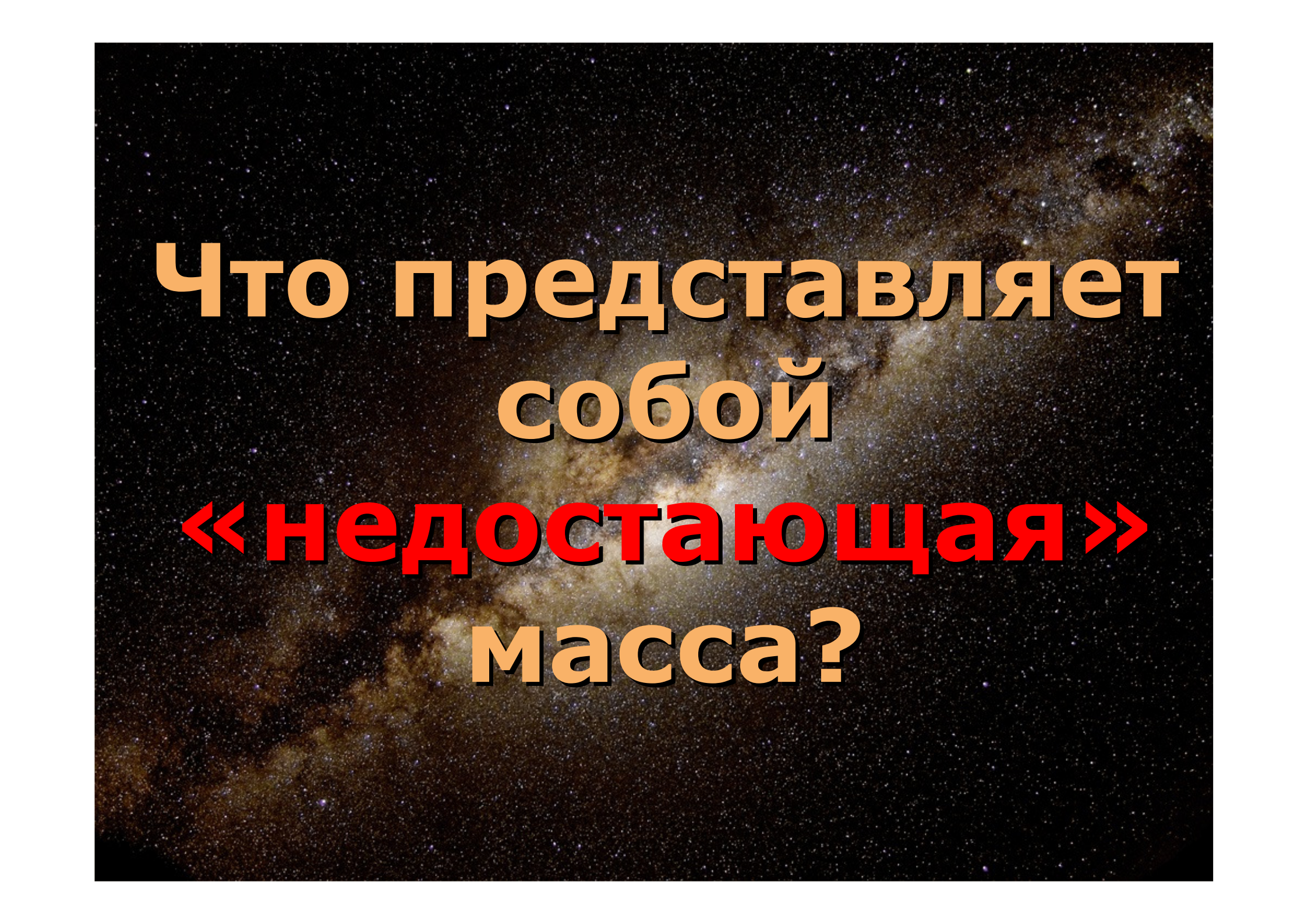
В горячей и плотной Вселенной излучение и вещество находились в равновесии. По мере остывания и расширения Вселенной равновесие нарушилось, и излучение, рожденное в ранней Вселенной, стало остывать самостоятельно.

Сейчас реликтовое излучение – почти изотропное, с температурой $T_{\text{эм}} \approx 2,725 \text{ К}$.



Основные «проблемы» классической космологии

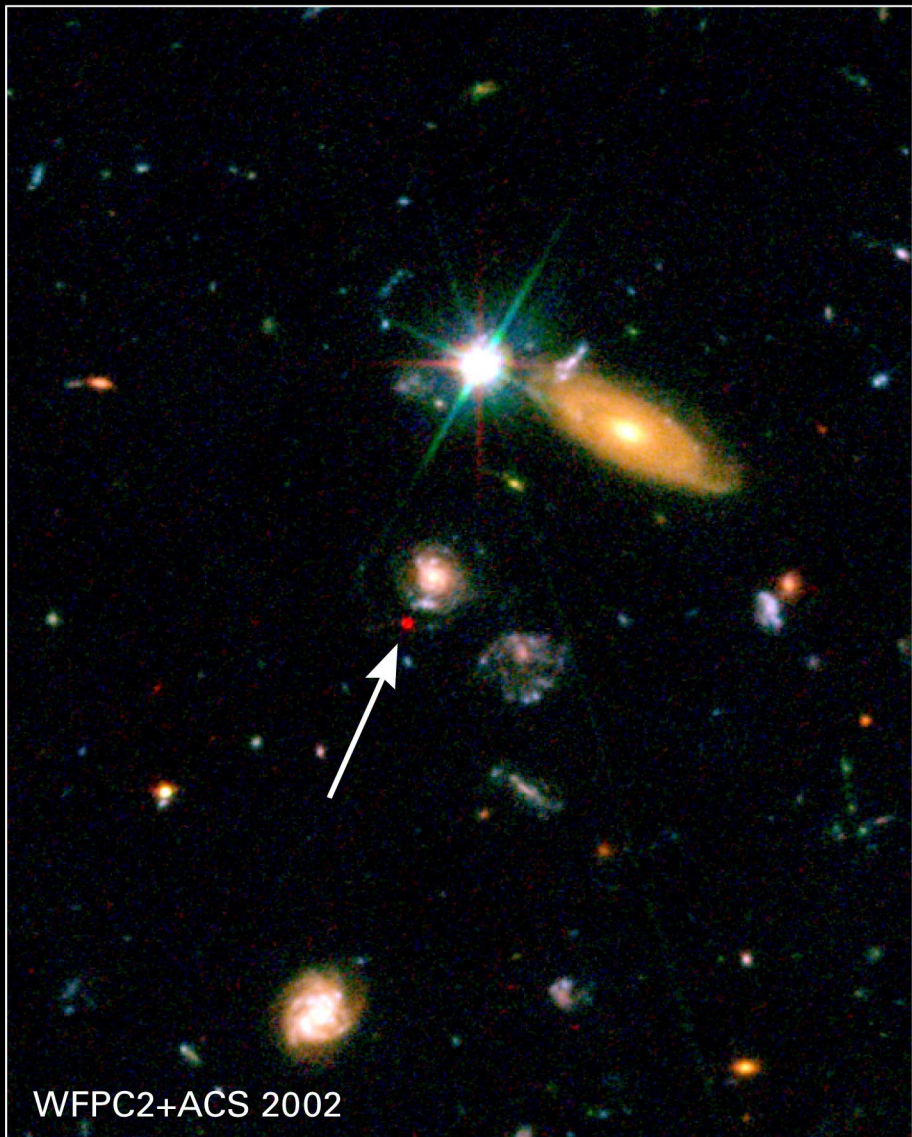
- Как Вселенная стала такой большой?
- Почему Вселенная такая «плоская»?
- Куда делись «экзотические» объекты, рожденные в ранней горячей Вселенной?
- Почему Вселенная такая однородная и изотропная?
- Почему вокруг нас так много вещества и так мало антивещества?



**Что представляет
собой
«недостающая»
масса?**



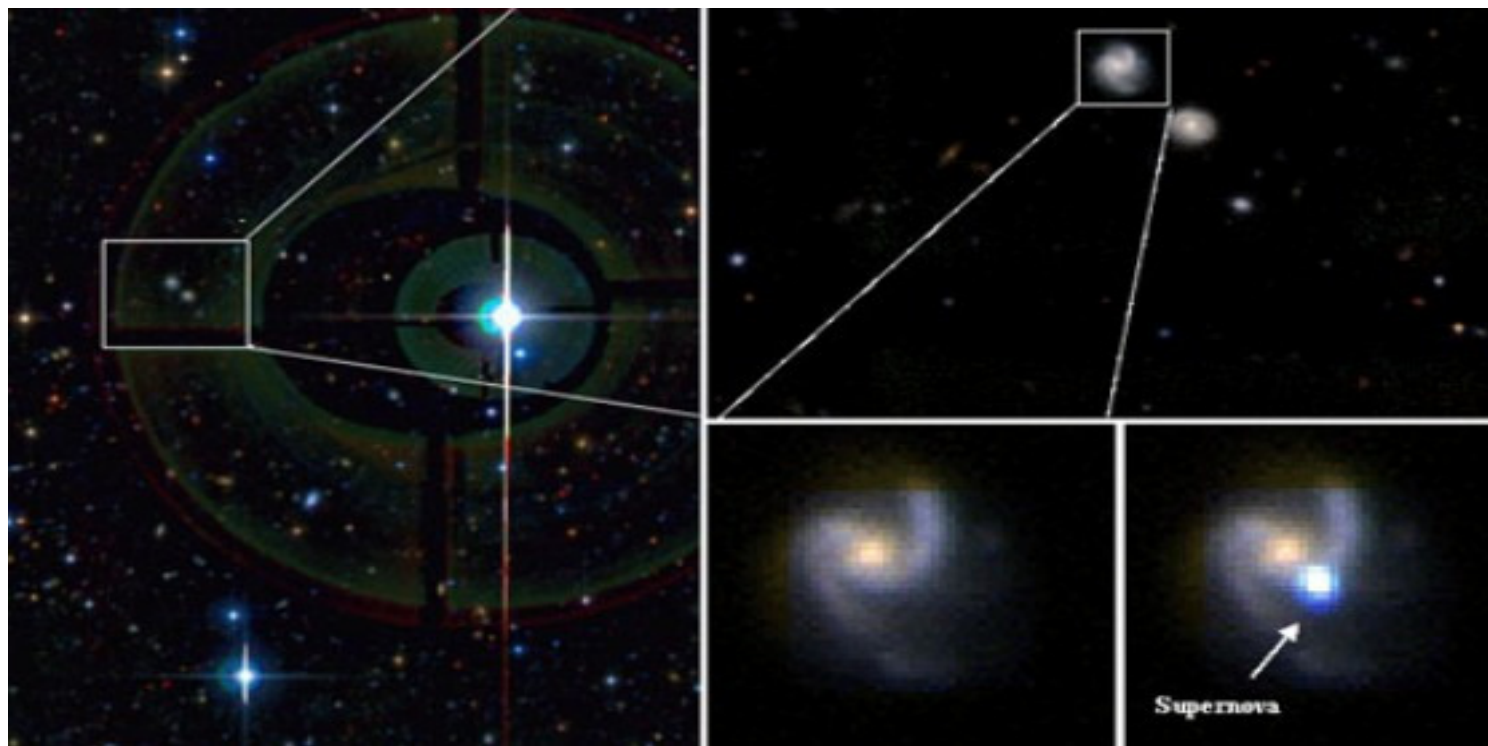
WFPC2 1995



WFPC2+ACS 2002

Supernova SN2002dd in the Hubble Deep Field
Hubble Space Telescope ▪ WFPC2 ▪ ACS

Новое открытие: Вселенная разгоняется!



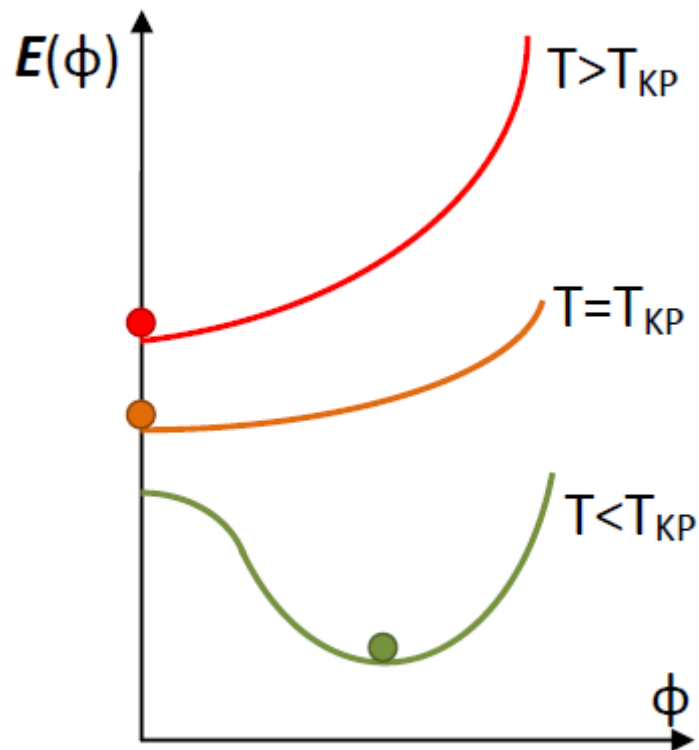
Сверхновая SNLS-03D4ag вспыхнула 3 миллиарда лет назад. Ее светимость в 100 миллиардов раз больше солнечной, однако ее видимый блеск (22m) в 25 тысяч раз меньше, чем у яркой голубой звезды (11m) в левой части снимка. В свою очередь, эта звезда в 100 раз слабее самых слабых звезд, различимых невооруженным глазом (6m). Иллюстрация с сайта www.cfht.hawaii.edu

Ускорение расширения Вселенной

Соотношение между красным смещением и светимостью дальних Сверхновых показывает, что последние 2-4 млрд. лет Вселенная расширяется ускоренно.

Косвенно об этом же свидетельствуют результаты работ по моделированию наблюдаемой анизотропии реликтового излучения и генерации неоднородностей распределения вещества во Вселенной.

Фазовые переходы, связанные с нарушением симметрии вакуума



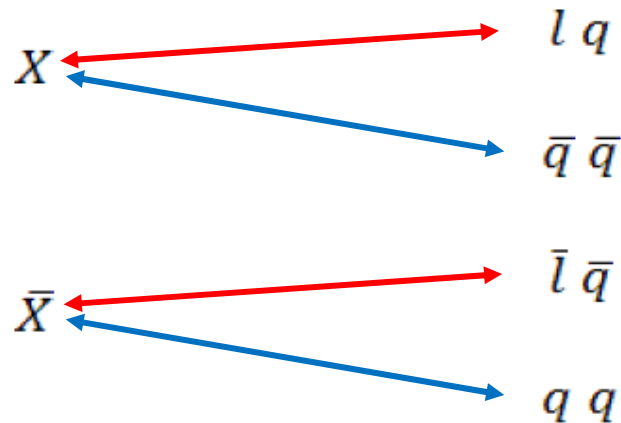
ВАКУУМ – состояние квантового поля, отвечающее минимуму энергии. При остывании в вакууме возможны фазовые переходы, сопровождающиеся «перестройкой» вакуума с выделением энергии. Образуется состояние мира, большая часть энергии которого существует в виде вакуумной формы материи. Затем происходит рождение **ЧАСТИЦ** – мир заполняется веществом.



Генерация асимметрии между веществом и антивеществом

$T > T_{\text{кр}} \approx 10^{28} \text{ K}:$

$$N_X = N_{\bar{X}} \equiv N$$



$$w_1 = \frac{a + \delta}{2}$$

$$w_2 = \frac{1 - a - \delta}{2}$$

$$\bar{w}_1 = \frac{a - \delta}{2}$$

$$\bar{w}_2 = \frac{1 - a + \delta}{2}$$

$$0 < a < 1, \delta \sim 10^{-9}$$

$T < T_{\text{кр}} \approx 10^{28} \text{ K}:$

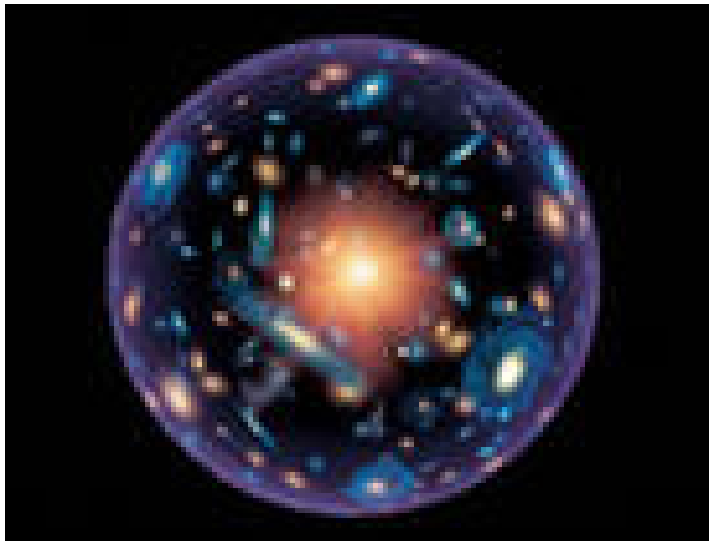
$$N_l = N(w_1 - \bar{w}_1) = \delta N$$

$$N_q = N(w_1 + 2\bar{w}_2 - \bar{w}_1 - 2w_2) = 3\delta N$$

$$\left. \begin{array}{l} N_l = \delta N \\ N_q = 3\delta N \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{N_B}{N_\gamma} \sim \delta$$



Квантовая космология: инфляция и мириады миров



В мире, в котором доминируют вакуумные формы материи, раздувание пространства-времени происходит ускоренно. При очень существенном доминировании вакуумной энергии это раздувание – **ИНФЛЯЦИЯ** - происходит по экспоненциальному закону

$$R(t) = R_0 \cdot e^{Ht}$$

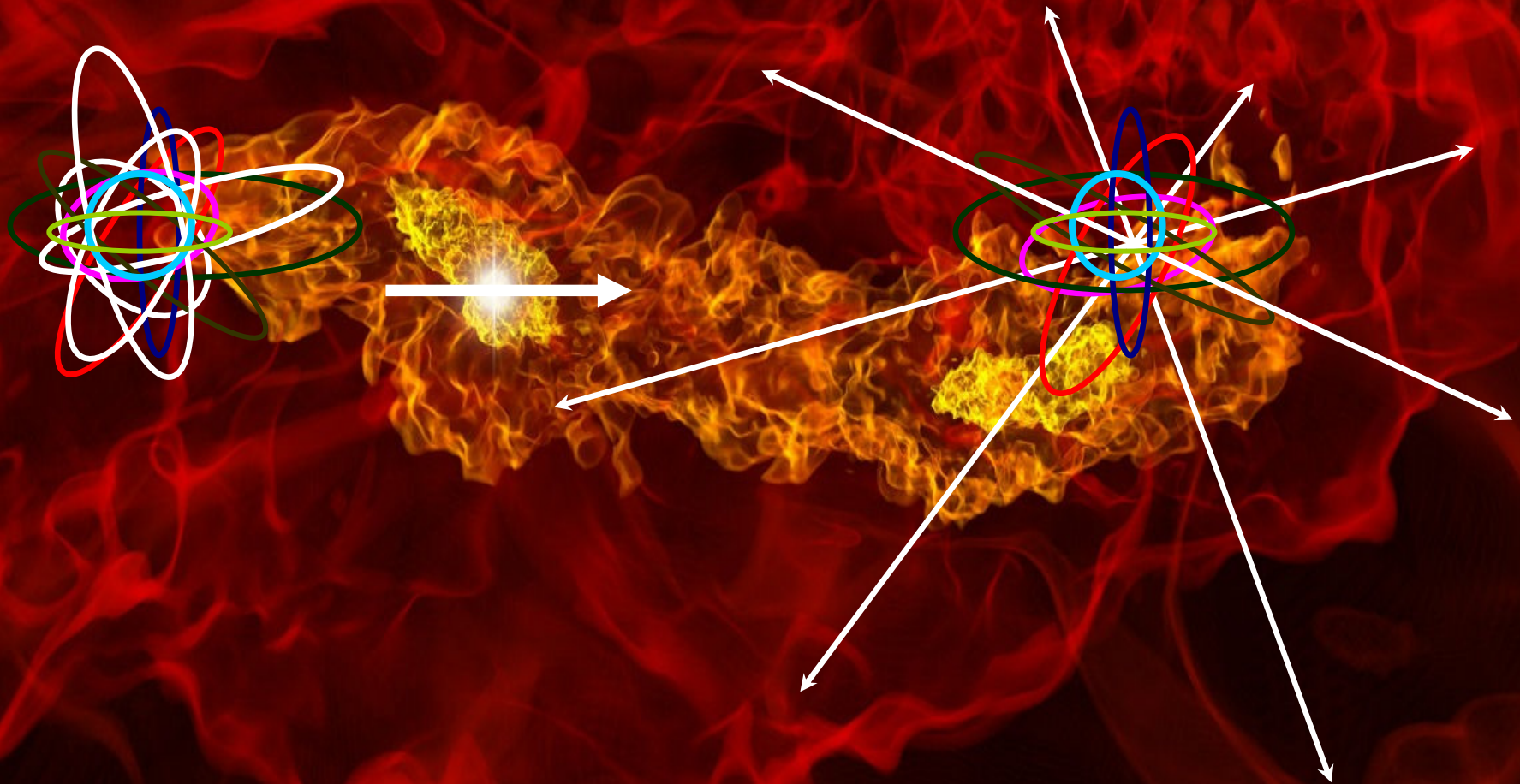
Главная загадка квантовой космологии:

Эра квантовой гравитации

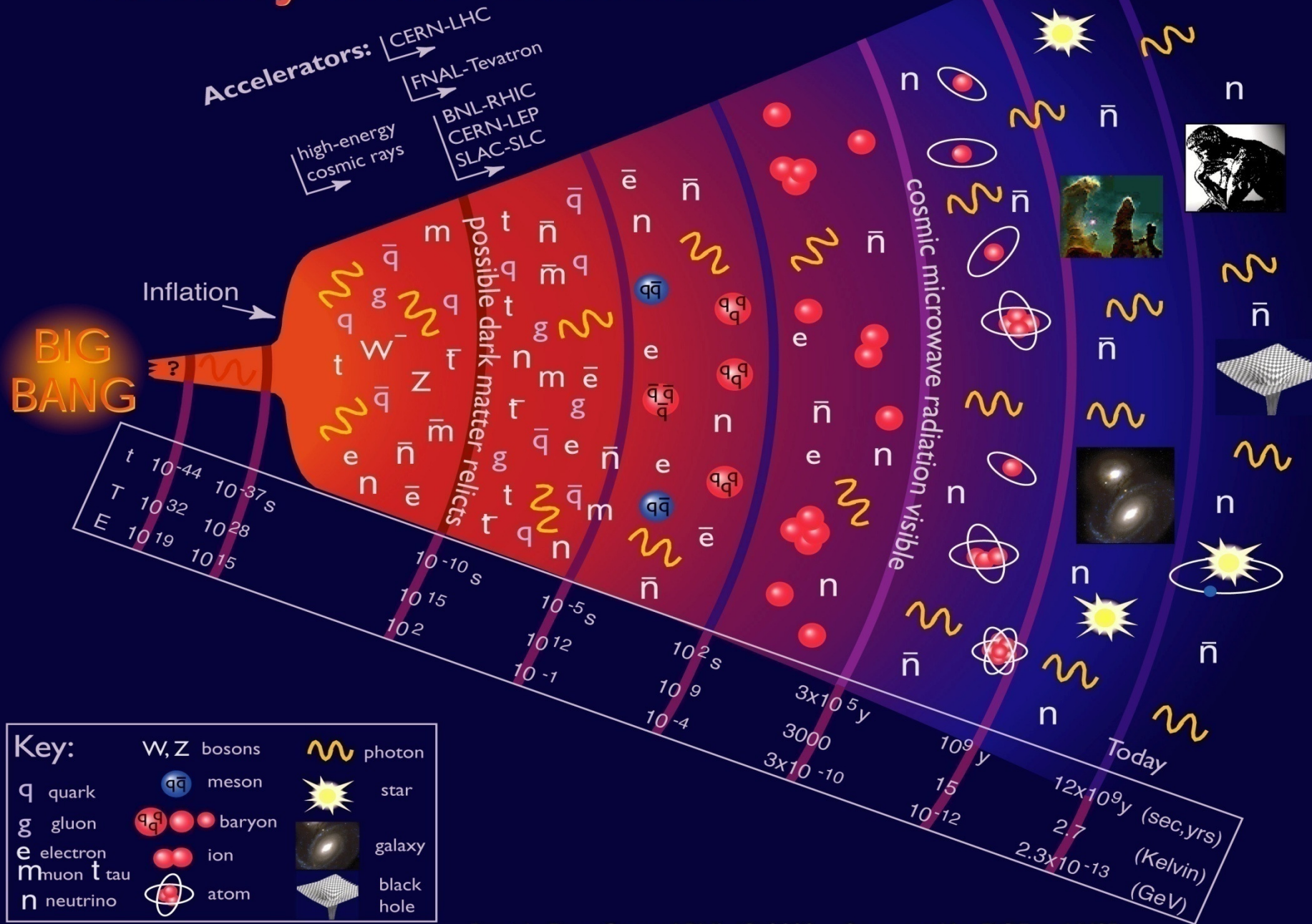
(«первые 10^{-43} с»):

по-видимому, существует «среда», в которой **квантовые флуктуации** способны рождать вселенные – миры с «оформленными» законами физики и геометрией. Знакомое нам «обычное» четырехмерное пространство-время есть часть нашей Вселенной, родившаяся вместе с ней.

Разворачивание свернутых
измерений: $d=11 \rightarrow 4+7$



History of the Universe





*СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!*

Thousands of galaxies in a deep space Hubble photo
Photograph courtesy NASA/ESA/S. Beckwith (STScI)/HUDF Team

 NATIONAL
GEOGRAPHIC

© 2007 National Geographic Society. All rights reserved.