

# The structure and evolution of the Universe.

Illusion or understanding?

Планеты и миры!

Взаправду ли, во всей Вселенной

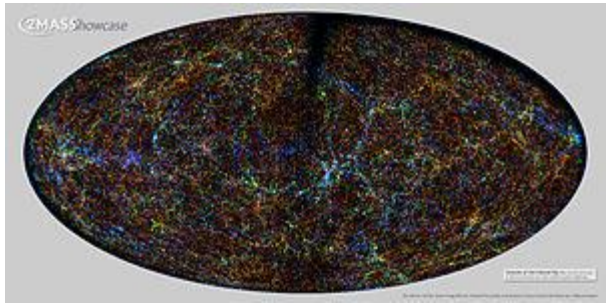
Все те же самые законы бытия?

А. де Мюссе





$10^{28}$  см →

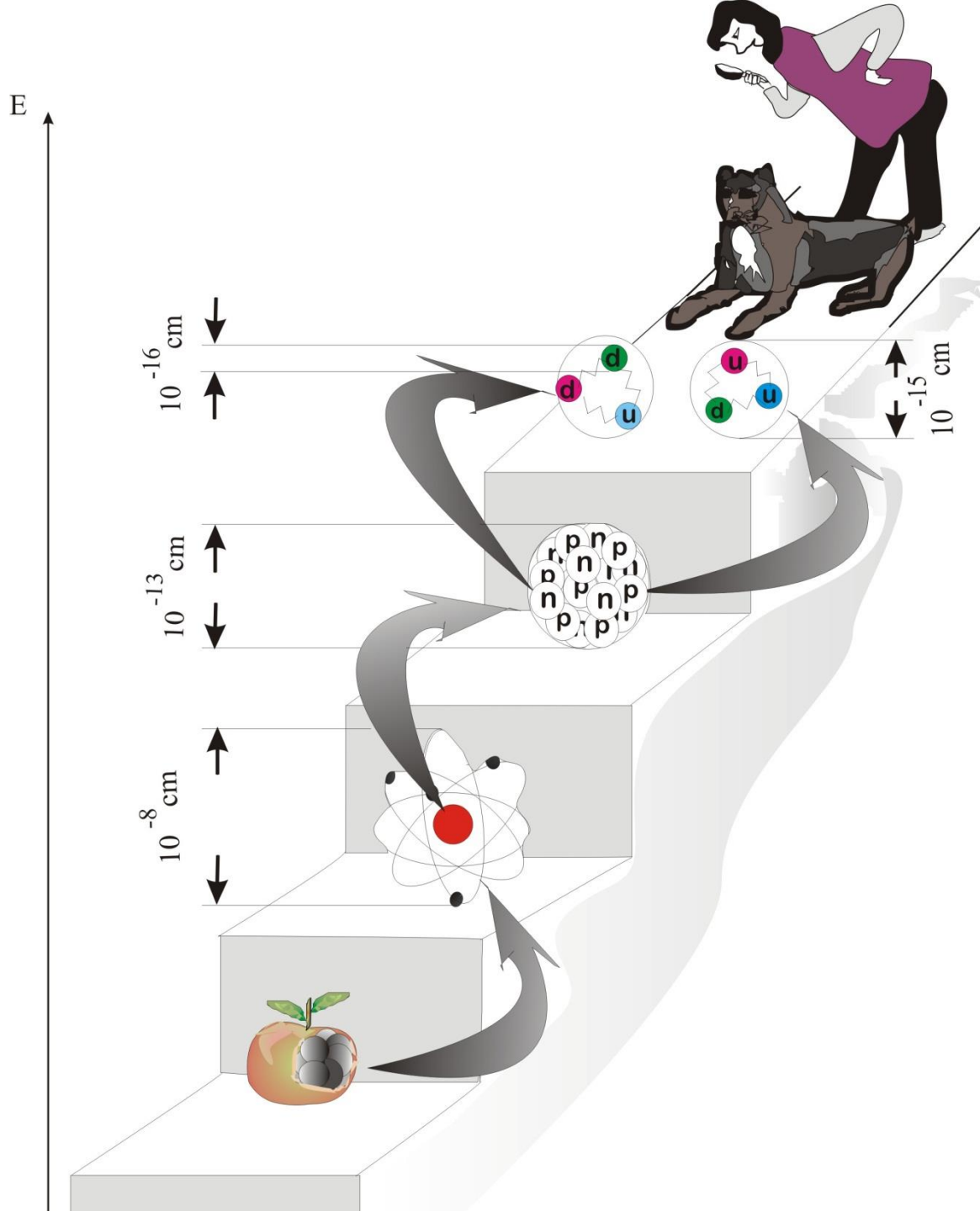


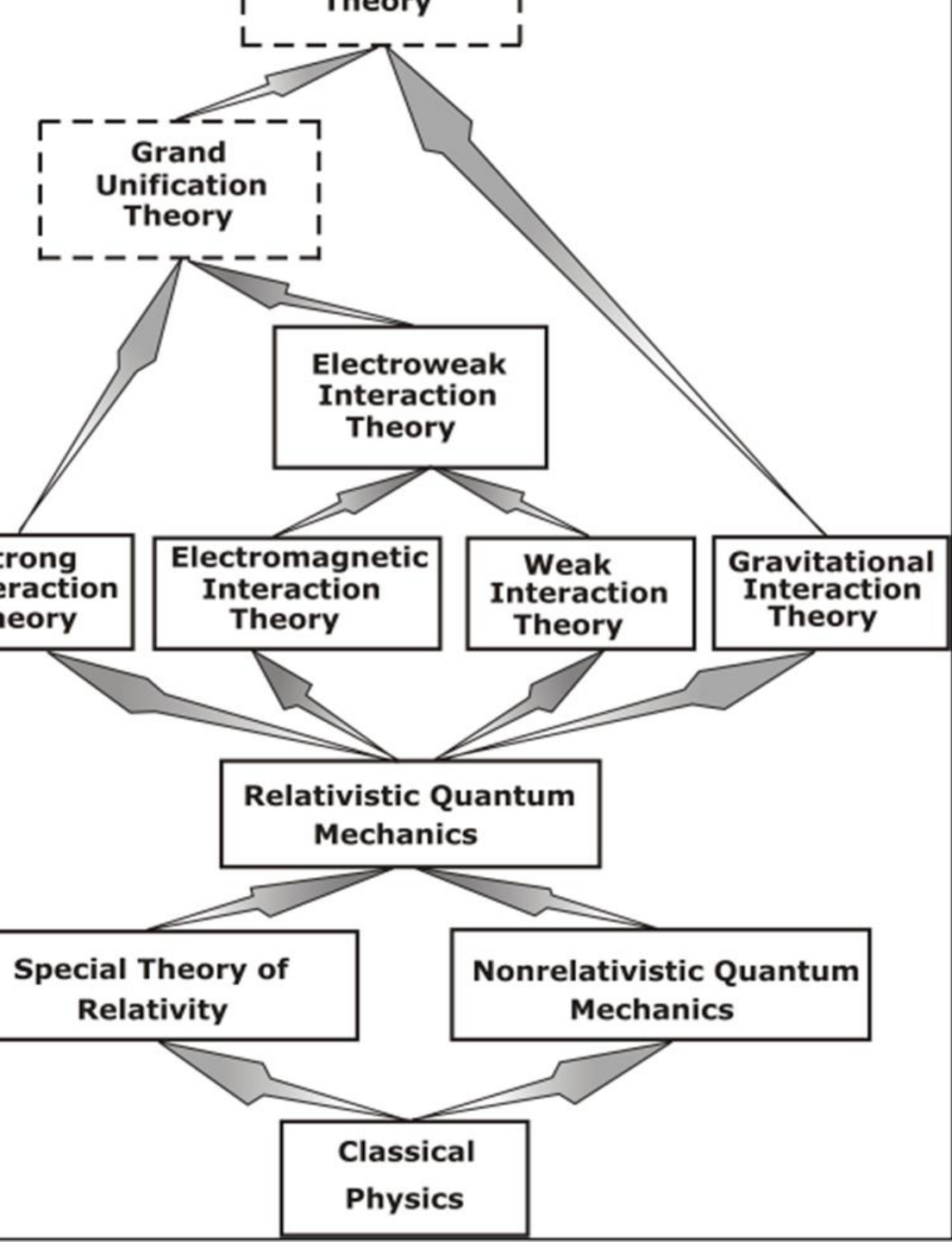
Характерные  
размеры  
элементарных  
частиц  $10^{-16}$  см

**Крупномасштабная структура Вселенной  
в инфракрасных лучах с длиной волны**

**2,2 мкм**

# Квантовая Лестница





**Прогресс это неразрывная цепочка**

**фундаментальная наука → прикладная наука → производство**

Классическая физика как источник создания новых технологий практически исчерпала свои возможности. Новые направления основываются на открытиях в уже построенной нами СМ:

управляемый термоядерный синтез, нейтринная астрономия и геотомография, нанотехнологии, перспектива уничтожения ядерных боезапасов с помощью коллайдерных нейтрино, квантовые компьютеры, двигатели на антиводороде, антинейтринные детекторы для контроля за работой АЭС и т.д.

- 1. Сильное взаимодействие – структура материи на уровне атомного ядра  
Переносчики – 8 глюонов ( $g_i, i = 1, 2, \dots, 8$ ).
- 2. Электромагнитное взаимодействие – структура материи на уровне атома и молекулы.  
Переносчик – фотон ( $\gamma$ ).
- 3. Слабое взаимодействие ответственно за нестабильность материи. Переносчики – калибровочные бозоны ( $W^+, W^-, Z$ ).
- 4. Гравитационное взаимодействие обладает кумулятивным эффектом и на макроскопическом уровне является доминирующим. Переносчик – гравитон ( $G$ ).

$$\alpha_s : \alpha_{em} : \alpha_W : \alpha_G = 1 : 10^{-2} : 10^{-6} : 10^{-45}$$

## Фундаментальные частицы

1) частицы материи – кварки и лептоны

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e^- \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} u \\ d' \end{pmatrix}^\alpha$$

$$\begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu^- \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} c \\ s' \end{pmatrix}^\alpha,$$

$$\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} t \\ b' \end{pmatrix}^\alpha.$$

$\alpha = \text{red, green, blue}$

2) переносчики взаимодействий -  $g_i, W^+, W^-, Z, \gamma, C$

3) бозон Хиггса.

ИТОГО 37 частиц

# Фундаментальные частицы

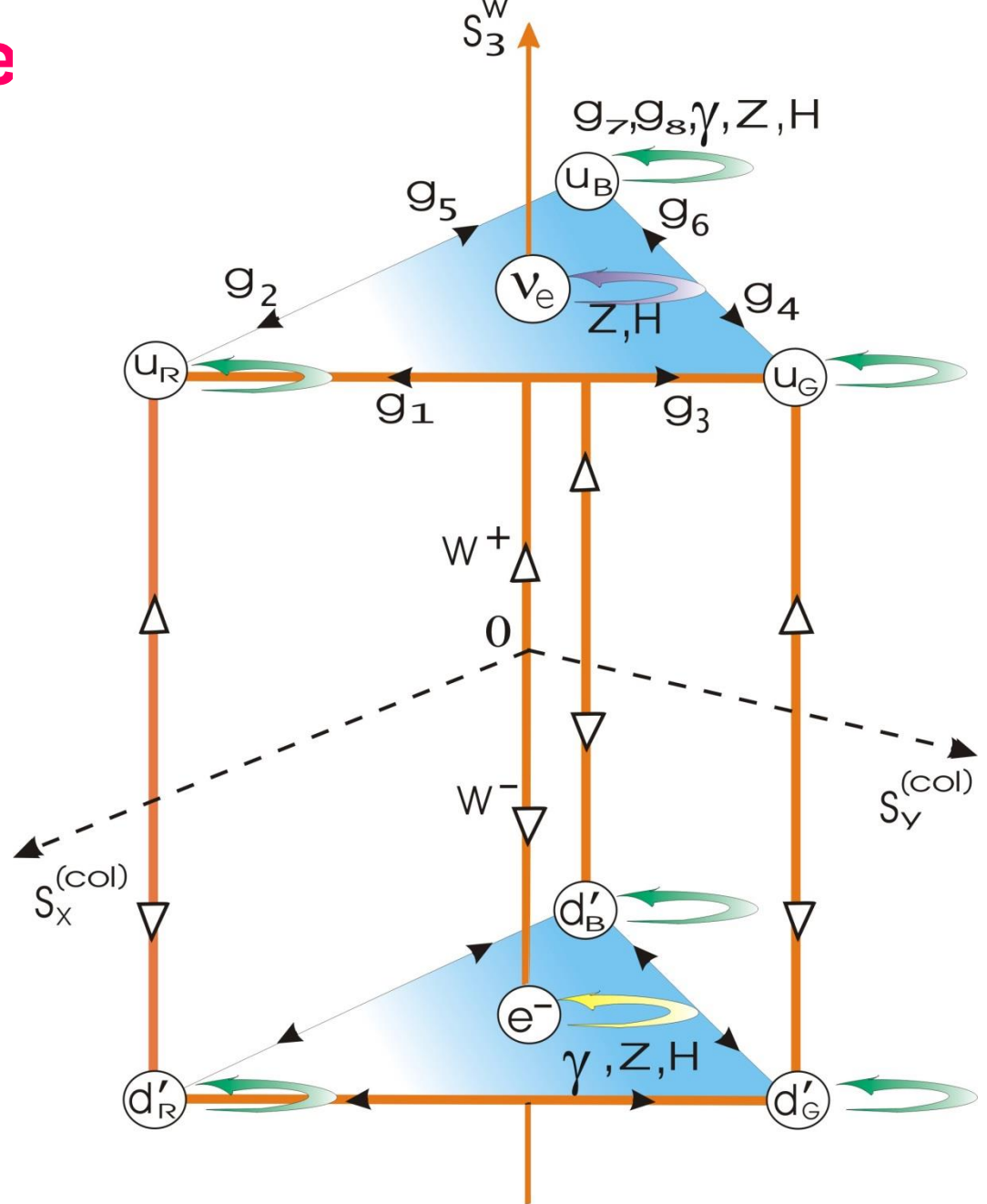


Fig. 44

# The Standard Model of particle physics

Years from concept to discovery

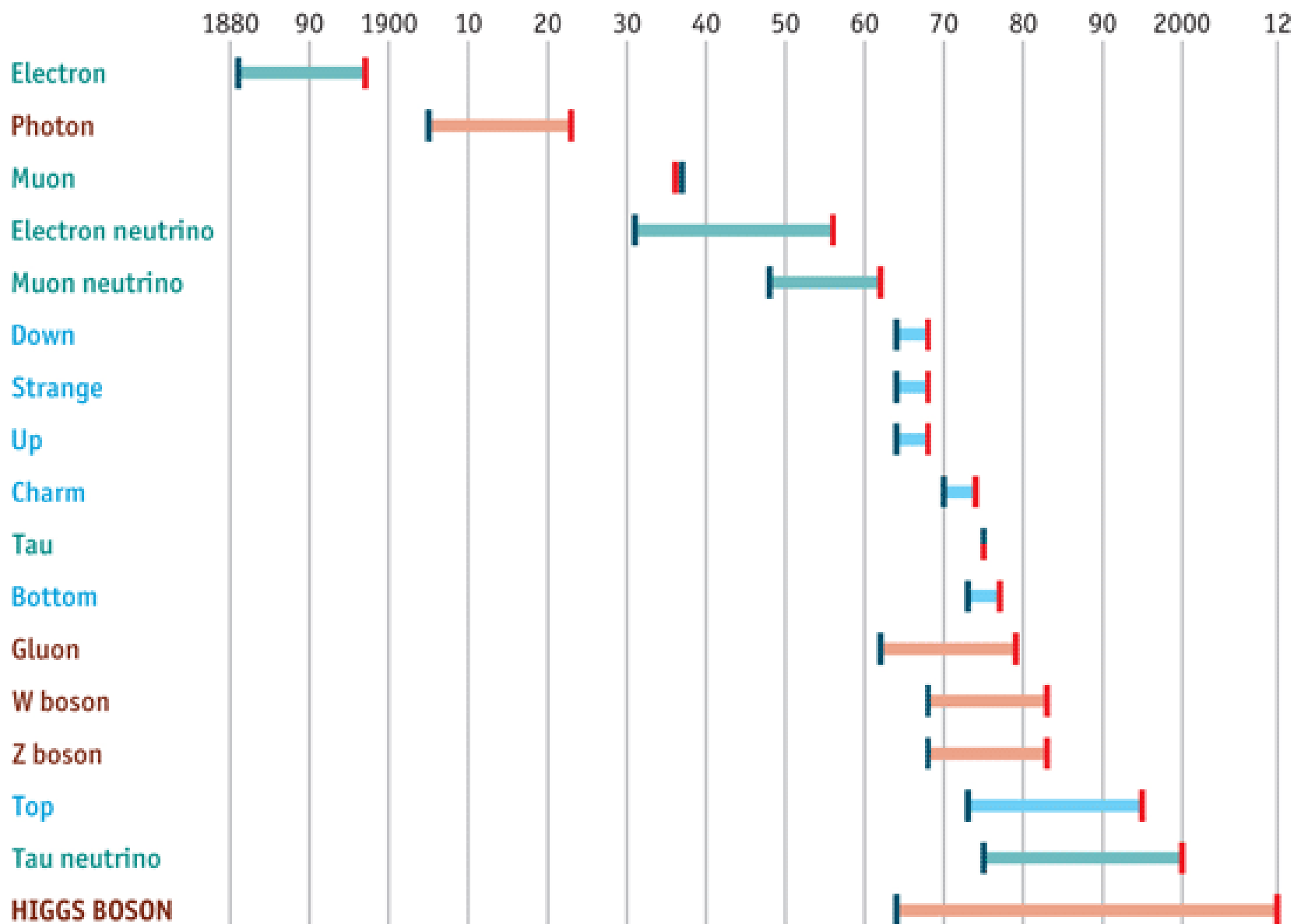
Leptons

Bosons

Quarks

Theorised/explained

Discovered

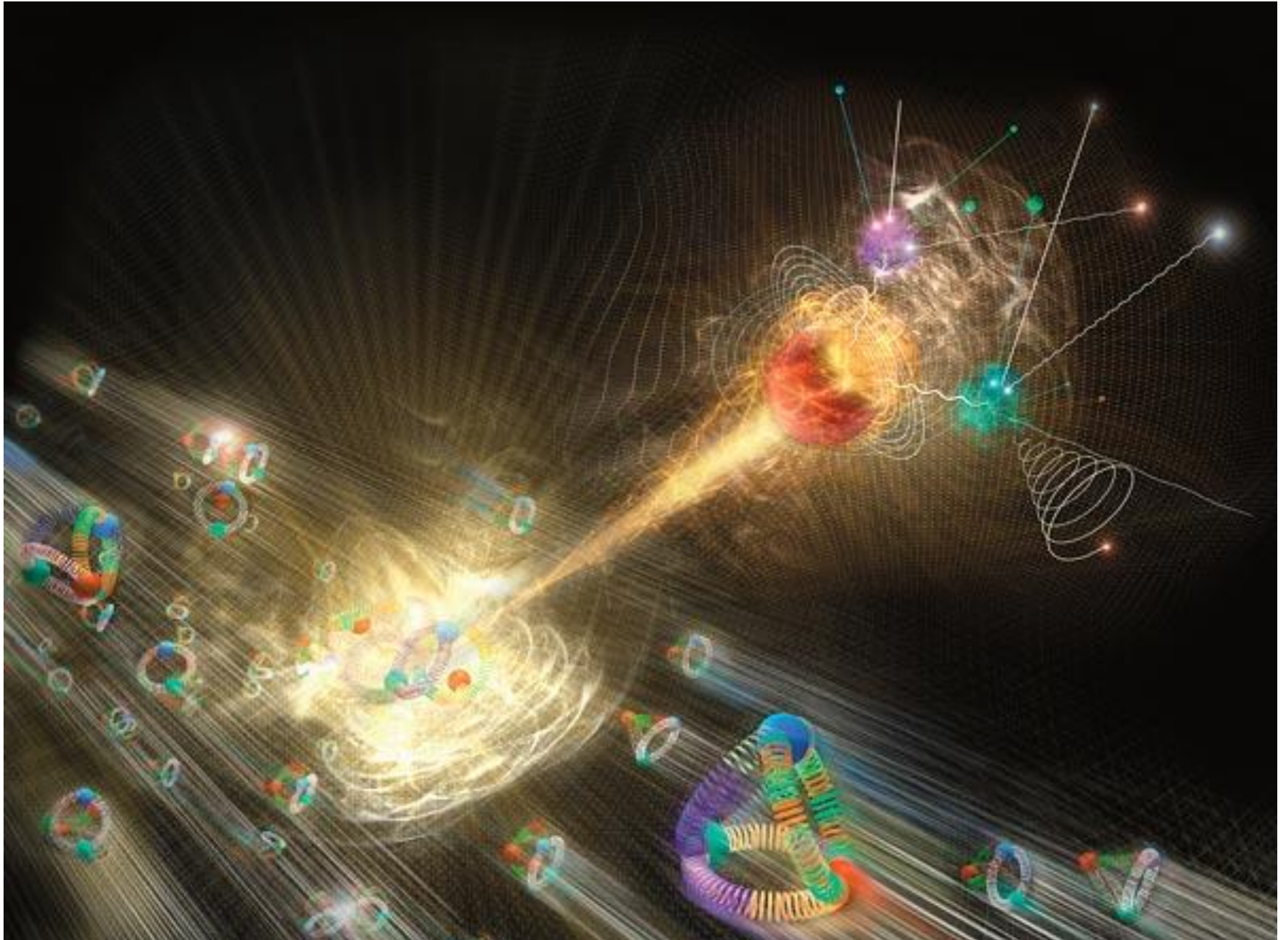


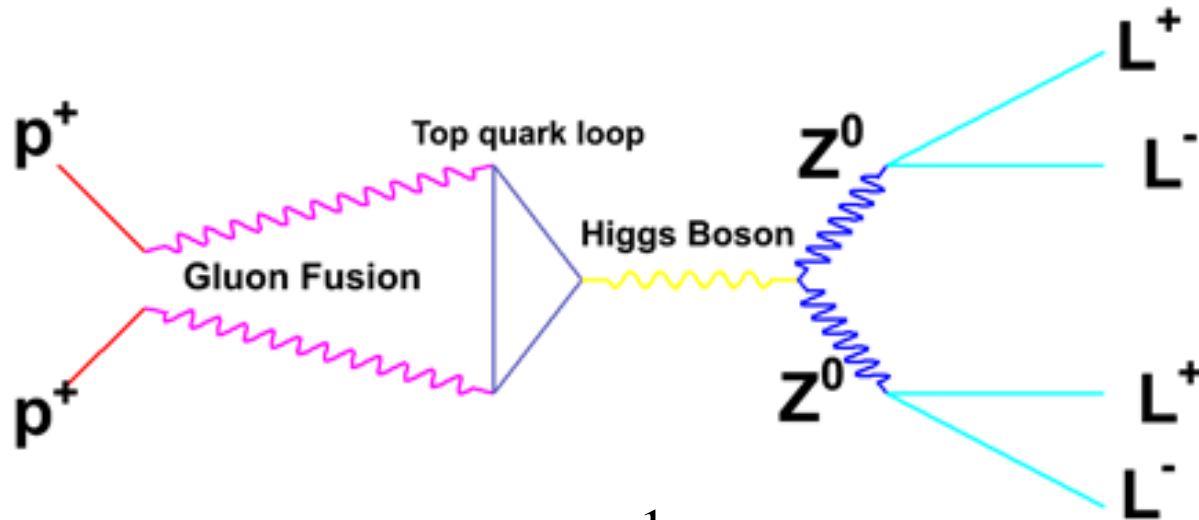
Source: The Economist



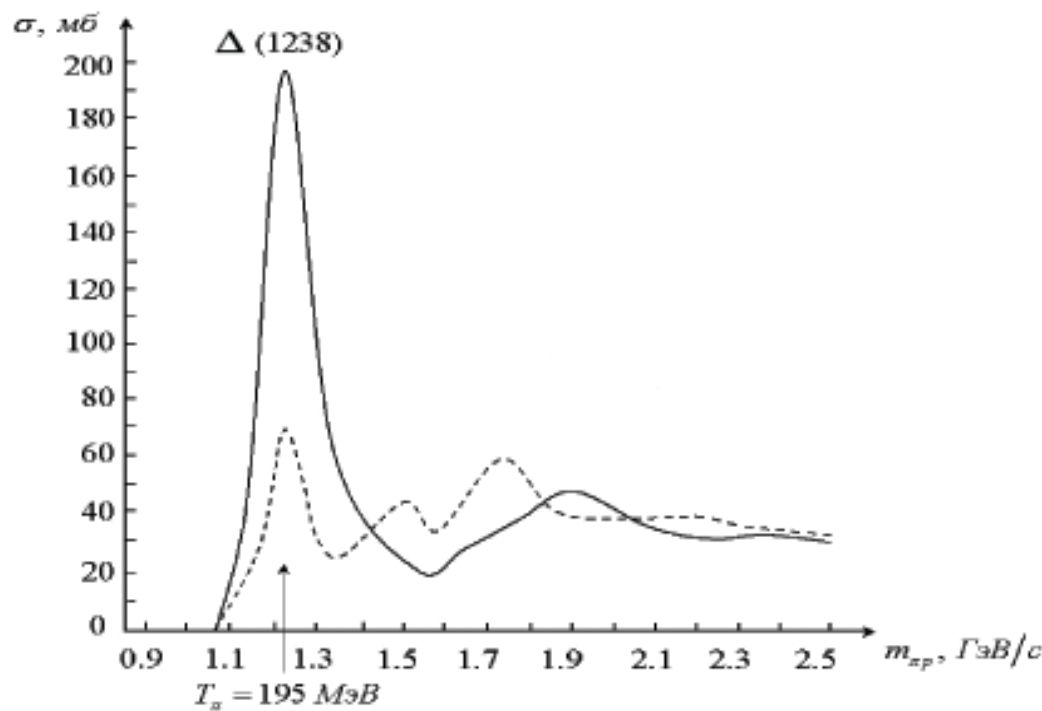


# Higgs boson





$$\sigma(pp \rightarrow H^* \rightarrow L^+L^-L^+L^-) \propto \frac{1}{(s - m_H^2)^2 + \Gamma_H^2 m_H^2}$$



# Вселенная

- Космологические модели, имеющие математическое обоснование:
- 1. К. Птоломей – геоцентрическая система (II в.н.э.);
- 2. Н. Коперник - гелиоцентрическая система (XVI в.н.э.);
- 3. Вселенная как мир галактик (Метагалактика) (начало XX в.).
- (Э. Хаббл, 1923 г., расстояние до M31)

Современная космология возникла после создания ОТО.

Релятивистская космологическая модель (А. Эйнштейн 1917 г.)

$$R_{\mu\nu}(\eta) - \frac{1}{2}R(\eta)\eta_{\mu\nu}(x) = \frac{8\pi G_N}{c^4}T_{\mu\nu}(\eta)$$

$$R_{\mu\nu}(\eta) = \partial_\alpha \Gamma_{\mu\nu}^\alpha - \partial_\nu \Gamma_{\mu\alpha}^\alpha + \Gamma_{\alpha\beta}^\beta \Gamma_{\mu\nu}^\alpha - \Gamma_{\nu\alpha}^\beta \Gamma_{\mu\beta}^\alpha,$$

$$\Gamma_{\mu\nu}^\lambda = \frac{1}{2}\eta^{\lambda\sigma}(\partial_\mu \eta_{\nu\sigma} + \partial_\nu \eta_{\mu\sigma} - \partial_\sigma \eta_{\mu\nu})$$

$$R(\eta) = R_{\mu\nu}(\eta)\eta^{\mu\nu}$$

$T_{\mu\nu}(\eta)$ - тензор энергии-импульса материи,  $\eta_{\mu\nu}$ - метрический тензор, определяющий геометрию пространства-времени

В СТО пространство плоское (евклидово) и метрика такова

$$ds^2 = g_{\mu\nu}dx^\mu dx^\nu = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

$$R_{\mu\nu}(\eta) - \frac{1}{2}R(\eta)\eta_{\mu\nu}(x) = \frac{8\pi G_N}{c^4}T_{\mu\nu}(\eta)$$

В левой части уравнений Эйнштейна стоят величины, характеризующие пространственно-временную геометрию, а в правой — тензор энергии-импульса, в котором сосредоточены сведения о плотности энергии вещества и различных полей, об их давлении в разных направлениях, об их распределении в пространстве и о состоянии движения. Можно «читать» уравнения Эйнштейна справа налево, заявляя, что с их помощью материя «говорит» пространству, как ему искривляться. Но можно и — слева направо, тогда интерпретация будет иной: геометрия диктует свойства материи, которая могла бы обеспечить ее, геометрии, существование.

**Под действием гравитации Вселенная должна схлопываться, что противоречило теории стационарной Вселенной.**

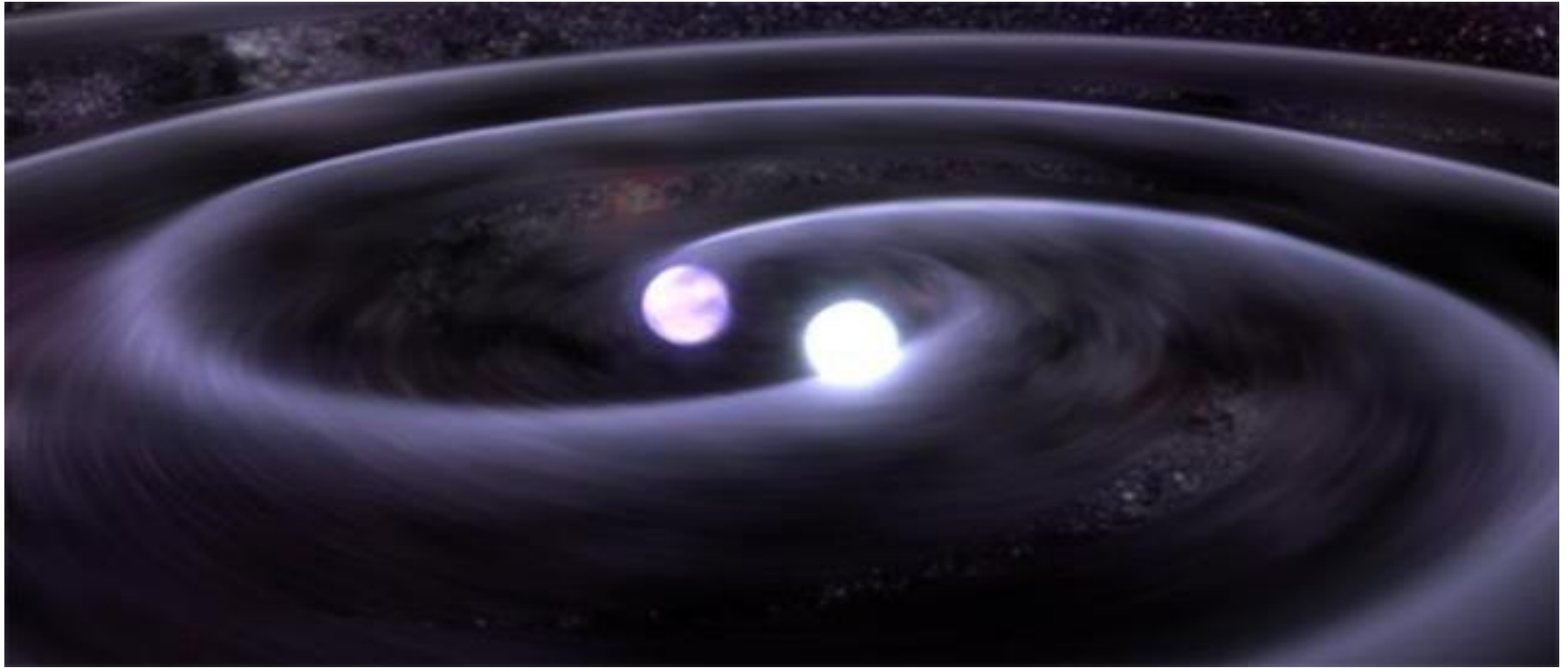
- Идея – ввести в уравнение Эйнштейна силу, препятствующую гравитации, т. е. антигравитацию (космологический член)

$$\Lambda \leq 10^{-29} \text{ г/см}^3$$

Для обычного вещества эта плотность соответствует 10 атомам водорода на 1 м<sup>3</sup> (даже межзвездный газ в несколько раз плотнее)

$$R_{\mu\nu}(\eta) - \frac{1}{2}R(\eta)\eta_{\mu\nu}(x) = \frac{8\pi G_N}{c^4}T_{\mu\nu}(\eta) - \Lambda\eta_{\mu\nu}(x), \quad (1)$$

● Согласно ОТО, четырехмерное пространство-время, в котором мы живем, искривлено, а знакомая всем гравитация и есть проявление такого искривления. Материя «прогибает», искривляет пространство вокруг себя, и — чем она плотнее, тем сильнее искривление.



Две звезды, вращающиеся вокруг друг друга на очень высокой скорости иллюстрируют искривление пространства-времени. Конечно, само это искривление увидеть невозможно, но можно наблюдать ту самую гравитационную воронку, которая это искривление сопровождает.

## А.Фридман (1921 г.) Теория нестационарной Вселенной

$$ds^2 = \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = c^2 dt^2 - R^2(t) \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{1 + k(x^2 + y^2 + z^2) / 4}$$

1929 г. Закон Хаббла

$$V = HR$$

$$H = (74 \pm 4) \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}}$$

$$1 \text{ парсек} = 3,0867 \times 10^{18} \text{ см}$$

Туманность Андромеды движется к Земле со скоростью около 100 км/с, а скопление галактик в созвездии Девы летит от Земли со скоростью порядка 1000 км/с.

$$\longrightarrow t_{Univ} \approx 13.7 \text{ миллиардов лет}$$

Для однородной и изотропной Вселенной динамику ее развития можно описать по аналогии с моделью идеальной жидкости с плотностью  $\rho(t)$  и давлением  $P(t)$ , усредненным по всем галактикам, их скоплениям и сверхскоплениям.

Временные компоненты уравнения Эйнштейна ( $\mu = \nu = 0$ ) дают

$$\frac{1}{R(t)} \frac{d^2 R(t)}{dt^2} = -\frac{4\pi G_N}{3} \left( \rho(t) + \frac{3P(t)}{c^2} \right) + \frac{\Lambda c^2}{3} \quad (3)$$

**Уравнение (3) описывает изменение скорости расширения Вселенной под действием тяготения.**

**Тяготение создается не только плотностью среды, но и ее давлением  $\rho c^2 + 3P$ . - эффективная гравитирующая энергия вещества.**

$$\rho_V^G = -\frac{\Lambda c^2}{4\pi G_N} \quad (4)$$

**Космологическое слагаемое вызывает антигравитацию!!**

Чтобы найти функцию  $R_{Univ}(t)$  и определить таким образом космологическую модель, необходимо при некотором  $t$  знать значение как плотности  $\rho(t_0) = \rho_0$ , так и космологической постоянной  $\Lambda(t_0) = \Lambda_0$

$$\Omega = \rho_0 / \rho_c, \text{ где } \rho_c = 3H_0^2 / (8\pi G_N) \quad H_0 \text{ - постоянная Хаббла}$$

### Барионная материя

$$\Omega_B = 4,6\% \quad (\text{WMAP - Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, 2011})$$

$$\Omega_B = 4,9\% \text{ (0.5\% звезды)} \quad (\text{ESA Planck, 2014})$$

**Холодная темная материя (барионная и небарионная) (1930 г. Ф. Цвикки)**

**Она не излучает и не поглощает электромагнитных волн и её влияние проявляется только по создаваемому ей тяготению.**

$$\Omega_{DM} = 22,4\% \quad (\text{WMAP})$$

$$\Omega_{DM} = 26,8\% \quad (\text{Planck})$$

**В состав барионной ХТМ входят уже обнаруженные космические объекты: коричневые и белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры. Кроме того, такие гипотетические объекты, как кварковые и преонные звёзды также могут являться частью барионной ХТМ.**



**Предполагается, что небарионная ХТМ состоит из малоподвижных слабо взаимодействующих массивных частиц (weakly interacting massive particles - WIMPs - вимпы), которые образуют невидимую корону, или гало, вокруг каждой Галактики, удерживая её своим гравитационным полем. Подобные темные гало имеются также в скоплениях и сверхскоплениях галактик.**

**Первые сведения о распределении ХТМ во Вселенной были получены при наблюдении спектра света удаленных галактик на CFHC Telescope (Canada-France-Hawaii Telescope) в обсерватории Мауна-Кеа (Гавайи). Поскольку испускаемые галактиками фотоны меняют свою частоту при прохождении скоплений ХТМ за счет гравитационного взаимодействия, то регистрация фотонов прошедших сквозь эти скопления и миновавших их, позволила определить области локализации ХТМ.**

**С помощью радиотелескопа Грин-Бэнк были обнаружены в межгалактическом пространстве огромные нитевидные облака газа из ионизированного водорода.**



Эти облака расположены вдоль линии, соединяющей Андромеду и Треугольник. Возможно, что эти скопления материи "прилипли" к невидимой "пуповине" из DM, соединяющей эти галактики. Используемая методика позволяет изучить и другие нити гигантской трехмерной "космической паутины" из DM, оплетающей всю Вселенную.

Весь объем современной Вселенной почти идеально равномерно заполняет излучение, которое представляет собой остаток некогда плотного и очень горячего вещества на ранних этапах эволюции Вселенной. В ходе космологического расширения излучение остыло до наблюдаемой сейчас очень низкой температуры - около 3К. В состав реликтового излучения входят фотоны (а возможно и гравитоны) и их полное число приблизительно 500 фотонов на 1 кубический см.

$$\Omega_R = \frac{\rho_R}{\rho_c} = 1.4 \times 10^{-4}$$

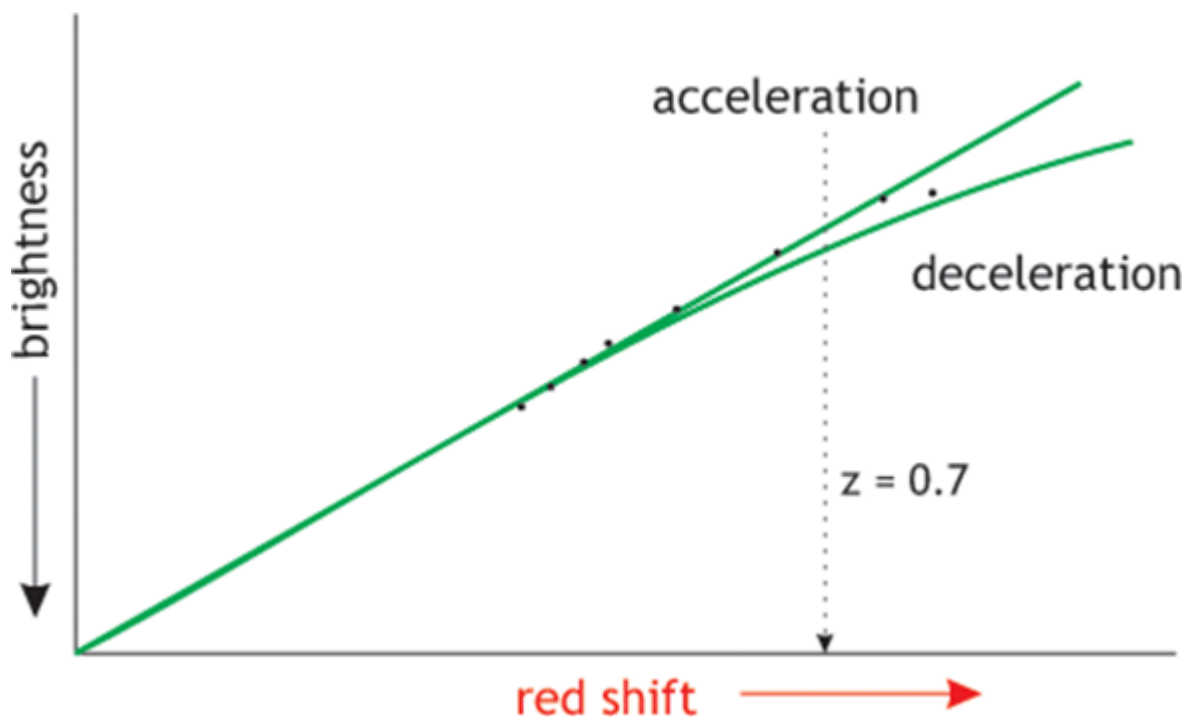
**В 1998-1999 гг. открыта еще одна космологическая субстанция, космический вакуум или темная энергия (нобелевская премия 2011 г.)**

$$\Omega_V = 73\% \quad (\text{WMAP})$$

$$\Omega_V = 68,3\% \quad (\text{Planck})$$

**Вспышки сверхновых звёзд типа Ia (SNe-Ia). Её прародитель - тесная двойная система из белого карлика (вырожденный газ) и красного гиганта. Вещество перетекает с красного гиганта на поверхность белого карлика и когда его давление не способно выдержать вес скопившегося вещества, происходит взрыв.**

**одна вспышка на 100 лет и длится всего несколько месяцев**



**Зависимость видимой светимости сверхновых от красного смещения**

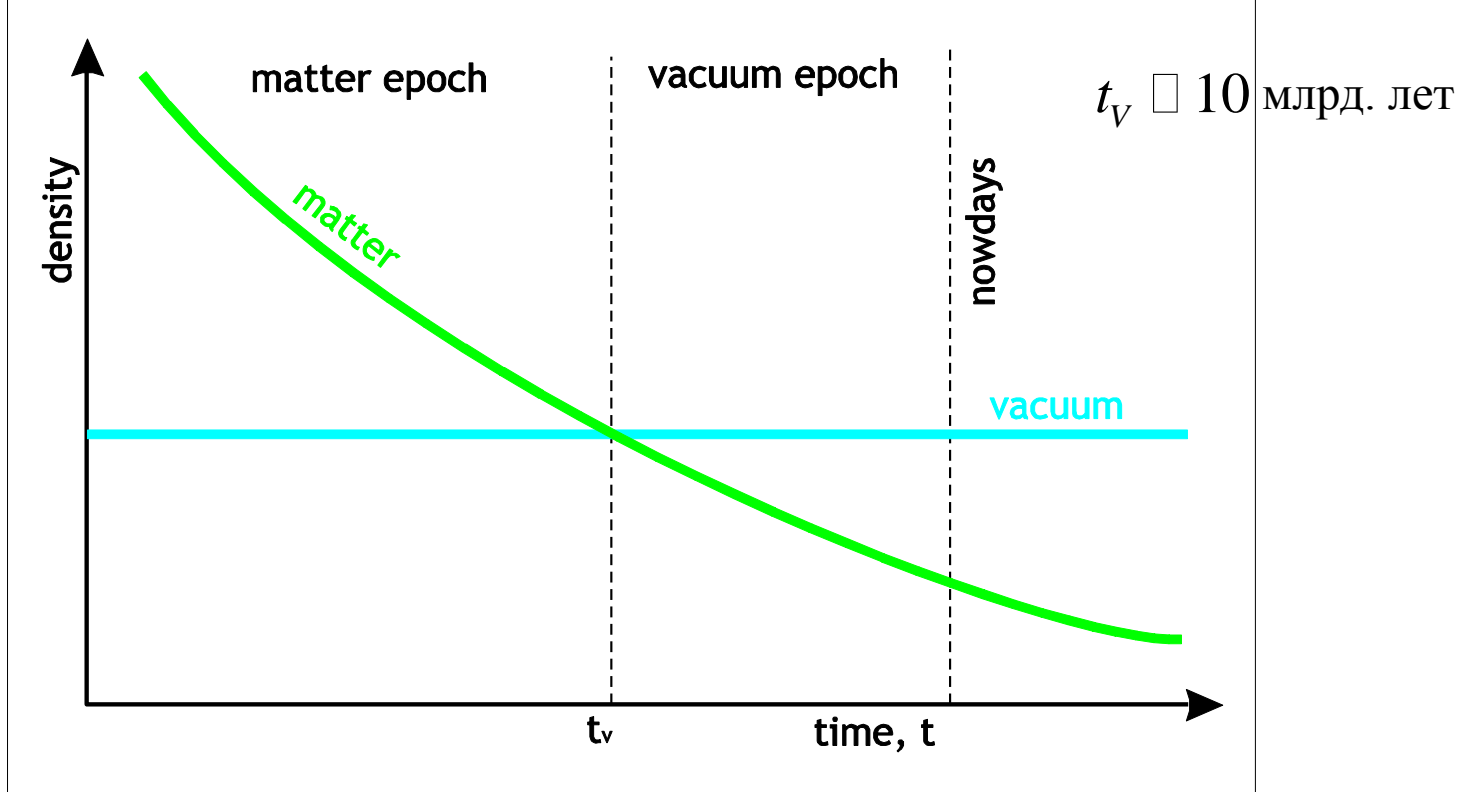
При  $\rho_V = \rho_M$  ускорение Вселенной сменило знак. Расчеты показывают, что это произошло приблизительно в эпоху  **$t=(6-8)$  млрд. лет.**

**В отличие от различных видов вещества и излучения, космический вакуум присутствует повсюду и от него никак нельзя заэкранироваться. Он не испускает и не поглощает никакого электромагнитного излучения.**

**С обычным веществом вакуум взаимодействует только через гравитацию.**

$$P = -\rho c^2$$

**По своим свойствам вакуум принципиально отличается от всех других форм космологических субстанций, плотность которых неоднородна в пространстве, падает со временем в ходе космологического расширения и может меняться в различных системах отсчета. В любой произвольной системе отсчета космический вакуум выглядит абсолютно одинаково.**



Вакуум, воздействуя на все тела природы своей антигравитацией, сам никакому обратному гравитационному воздействию этих тел не поддается. Следовательно, третий закон Ньютона для вакуума не работает. Если перевести это на язык динамических наблюдаемых, то вакуум имеет отрицательную активную гравитационную массу, а его пассивная гравитационная масса и инерциальная масса равны нулю.

Итак, в современной космологии как и во времена Аристотеля тоже имеется ровно четыре стихии, или космической энергии, из которых состоит Вселенная

# Теория Большого Взрыва

$$R_{Univ} \times T \approx const$$

При  $t_0$  состояние с  $\rho \rightarrow \infty$  и  $R_U \rightarrow 0$  (начальная или космологическая сингулярность)

**Что могло послужить причиной первотолчка, после которого это состояние превратилось в разлетающуюся во все стороны материю при чудовищной температуре?**

**Начальная сингулярность представляла собой некое неустойчивое вакуумоподобное состояние (инфлатонное поле), которое заполняло собой все пространство.**

**Вакуумоподобное означает, что мы имеем состояние с  $P = -\rho c^2$  как у вакуума, а термин неустойчивое говорит о том, что данная субстанция находится в ложном минимуме (ложный вакуум).**

**Все симметрии и все законы, определяющие дальнейшую динамику Вселенной были запрограммированы в этой начальной сингулярности, подобно тому как молекулы ДНК определяют будущее человека.**



Случайно образовывается однородная конфигурация инфлатонного поля размером более  $10^{-33}$  см. При этом данное поле стремится занять положение истинного минимума.

**Колоссальная разность энергий между ложным и истинным минимумами приводит к огромной плотности инфлатонного поля**

$$\rho = 10^{93} \text{ г/см}^3$$

**При вакуумоподобном состоянии с большой плотностью все время имеется сильное гравитационное отталкивание, которое и послужило причиной первотолчка, приведшему к экспоненциальному расширению Вселенной (стадия инфляции).**



**Объём Вселенной становился всё больше, а плотность фактически не менялась, она падала чрезвычайно медленно. Из-за этого масса материи во Вселенной постоянно возрастала.**

**С новой массой рождалось и новое тяготение этой массы. Положительная энергия материи компенсировалась рождающейся отрицательной энергией гравитации, и в сумме закон сохранения энергии соблюдался.**

Стадия инфляции продолжается недолго  $10^{-35}$  с, но этого времени оказывается достаточно для того, чтобы Вселенная успела увеличить свой размер примерно в  $e^{10^8}$  раз.

**Инфлатонное поле начинает быстро колебаться вблизи минимума своей потенциальной энергии .**

**Во время инфляции температура Вселенной меняется в очень большом диапазоне, в какой-то момент, падая почти до абсолютного нуля.**

**В конце стадии инфляции, запасённая в инфлатонном поле энергия порождает всю известную нам материю - разогретую до огромной температуры смесь излучения и массивных частиц, а также едва заметную на их фоне тёмную энергию.**

**Это и есть Большой взрыв**

$$R_{Univ} \times T \approx const$$

$$t = 10^{-43} \text{ с} \quad T \sim 10^{32} \text{ К} \quad G_{UFT} \rightarrow G_{GUT}$$

$$T \sim 10^{28} \text{ К} \quad G_{GUT} \rightarrow SU(3)_c \times SU(2)_{EW} \times U(1)_{EW}$$

$$t \sim 10^{-13} \text{ с} \quad E \sim 300 \text{ ГэВ} \quad SU(3)_c \times SU(2)_{EW} \times U(1)_{EW} \rightarrow SU(3)_c \times U(1)_{EW}$$

(фундаментальные частицы обретают массы за счет механизма Хиггса)

$$t \sim 10^{-5} \text{ с} \quad T \sim 10^{13} \text{ К} \quad \text{кварки, антикварки, глюоны} \rightarrow \text{адроны}$$

$$t \sim 2 - 5 \text{ мин} \quad \text{ядра } {}^4\text{He} \sim 25\% \text{ и } \text{H} \sim 75\%$$

$$t \sim 1 \text{ млн. лет} \quad T \sim 3000 \text{ К} \quad \text{плазма превращается в атомы водорода}$$

**Вселенная переходит из фазы доминирования излучения в фазу доминирования вещества, большую часть которого составляет ХТМ (её небарионная компонента - ВИМПы). Начинается процесс образования крупномасштабных структур (галактик и их скоплений).**

**Движущей силой этого процесса является гравитационная неустойчивость, приводящая к сгущиванию вещества. Теперь основную роль начинает играть ХТМ. Под действием собственной гравитации области повышенной плотности останавливаются в своём расширении и начинают сжиматься, в результате чего из темной материи образуются гравитационно-связанные системы - гало.**

**В гравитационном поле Вселенной возникают ``ямы'', в которые устремляется обычное вещество. Накапливаясь внутри гало, оно формирует галактики и их скопления. Из образовавшегося водорода и гелия под действием гравитационного сжатия возникают звезды первого поколения (в них также присутствует ничтожная примесь дейтерия и лития).**

По мере конденсации звезды высвобождается гравитационная потенциальная энергия и температура в центре звезды растет до тех пор, пока там не начнется термоядерная реакция - сжигание водорода в гелий

Когда водород в центре звезды исчерпан, она сжимается, что приводит к увеличению температуры, и начинает выгорать гелий. Так как при превращении гелия в углерод выделяется большое количество энергии, светимость звезды возрастает. Выделение энергии приводит к увеличению радиационного давления на внешние слои звезды и они расширяются. В результате расширения газ охлаждается и излучаемый звездой свет становится более красным. Это расширение и покраснение продолжаются до тех пор, пока диаметр звезды не возрастет в 200 -- 300 раз.

## • Судьба сверхновых

$0.8M_{\odot} < M < 8M_{\odot} \rightarrow$  белый карлик;  $M > 10M_{\odot} \rightarrow$  нейтронная звезда;

$M \approx 8M_{\odot} \rightarrow$  ничего;

$M > (40 - 50)M_{\odot} \rightarrow$  черная дыра



8 Apr 2008  
06:23:08 GMT+2  
Rate: 1x

<> << < > >>  
Set Time

Ambient Light Lev

Magnitude limit: 9  
A

Galaxy Light Gain

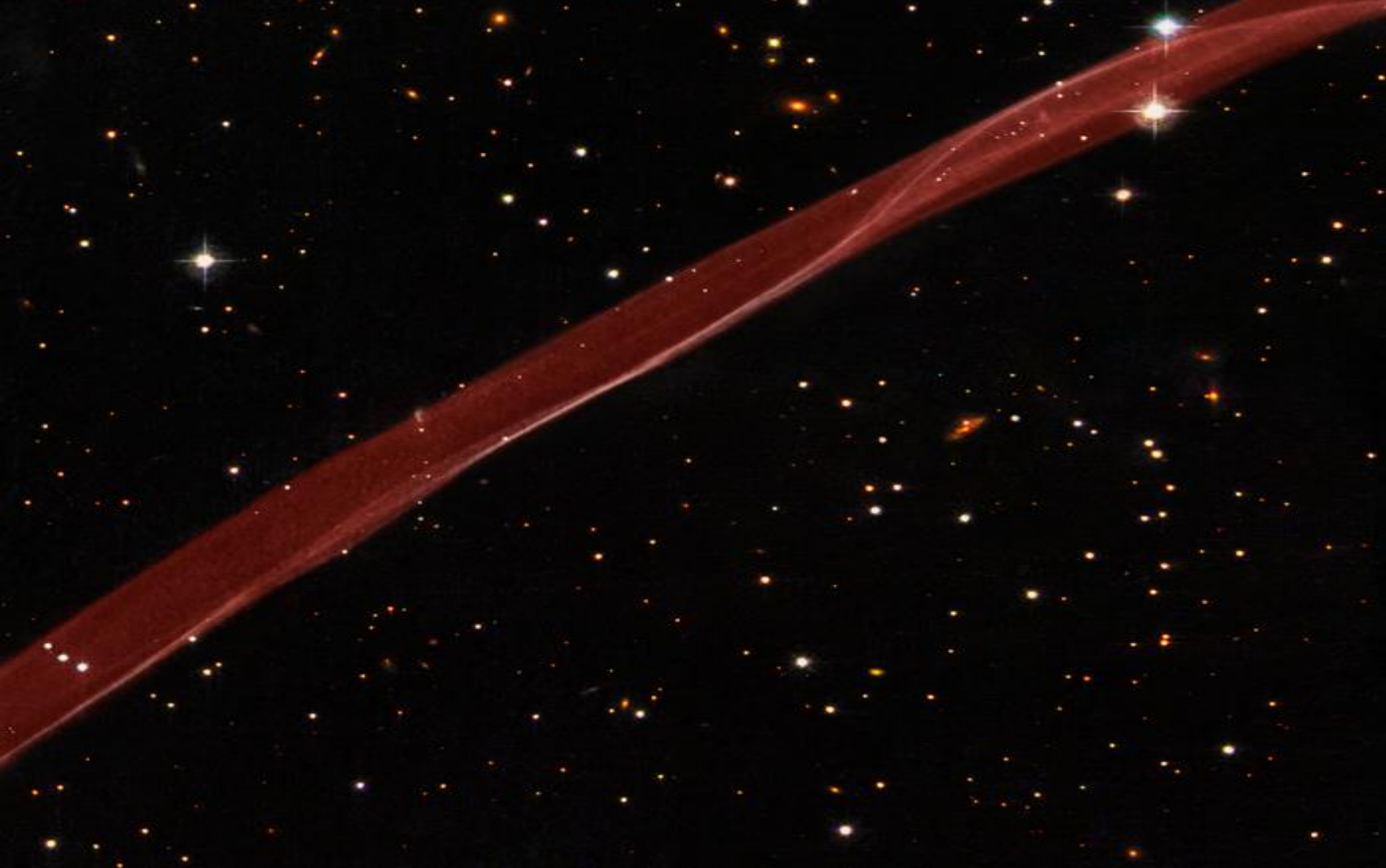
Set Render Op  
Solar System Br

FOV: 34° 30' 31"

- Measure
- Distances
- Cockpit
- Compass



**Proto-star**



**Тонкие остатки газа это все, что осталось от взрыва сверхновой SN 1006, которая стала самым ярким объектом на небе в 1006 году. Взрыв SN 1006 был зафиксирован наблюдателями в Китае, Египте, Ираке, Японии, Швейцарии, и Северной Америке**



**Осцилляции остатков сверхновой звезды SNR 0509-67.5**







**Сверхмассивная черная дыра в галактике NGC1365 ( $M \approx 10^6 M_{\odot}$ ). ЧД изучаются по искривлению пространства, которое возникает из-за огромной массы ЧД. Эти искривления отражаются в спектре рентгеновского излучения, вырабатываемого в диске аккреции и в джете черной дыры, что позволяет вычислить ее массу, скорость вращения и другие параметры.**

Из уравнений Эйнштейна можно получить

$$\frac{1}{2}\dot{a}^2 = C_V^{-2}a^2 + C_D a^{-1} + C_B a^{-1} + \frac{1}{2}C_R^2 a^{-2} - \frac{1}{2}k, \quad (8)$$

где

$$C = \left[ \left( \frac{1+3w}{2} \right)^2 \frac{8\pi G_N \rho a^{3(1+w)}}{3} \right]^{1/(1+3w)}, \quad (9)$$

$w = P/(\rho c^2)$  для каждой компоненты космической среды.

Для вакуума  $w = -1$ , для ХТМ и барионов  $w = 0$ ,

для излучения  $w = 1/3$ .

Если для какого-то значения  $a$  известны соответствующие значения плотностей, константы  $C$  могут быть найдены.

## Роль вакуума

момент взрыва – доминирующая,  
на раннем этапе расширения Вселенной – незначительная  $a(t)$  ( $a \rightarrow 0$ )  
( $\rho_V a^2 \rightarrow 0$ )

и космологическое расширение происходит с замедлением

# Роль вакуума

При больших временах наступает этап динамического доминирования вакуума. Тяготением невакуумных компонент можно пренебречь и ускорение, с которым расширяется Вселенная, становится положительным.

Из уравнения (8) для радиуса Вселенной получаем

$$R(t) = sh\left(\frac{t}{C_V}\right), \quad R(t) = C_V \exp\left(\frac{ct}{C_V}\right), \quad R(t) = ch\left(\frac{t}{C_V}\right),$$

для  $k=-1, 0, 1$

где  $C_V = \left[ \frac{8\pi G_N \rho_V}{12} \right]^{-1/2}$  - фридмановский интеграл

**Фридмановский интеграл** играет в космологии ту же самую роль, как и **постоянная Планка** в микромире

Наблюдаемые размеры Вселенной  $C_V \approx 10^{28}$  см

Возраст Вселенной  $t_U = C_V / c \approx 13,7$  млрд. лет

Масса Вселенной  $m_U = \rho_V C_V^3 \approx 10^{55}$  г

# Эксперименты, подтверждающие СКМ

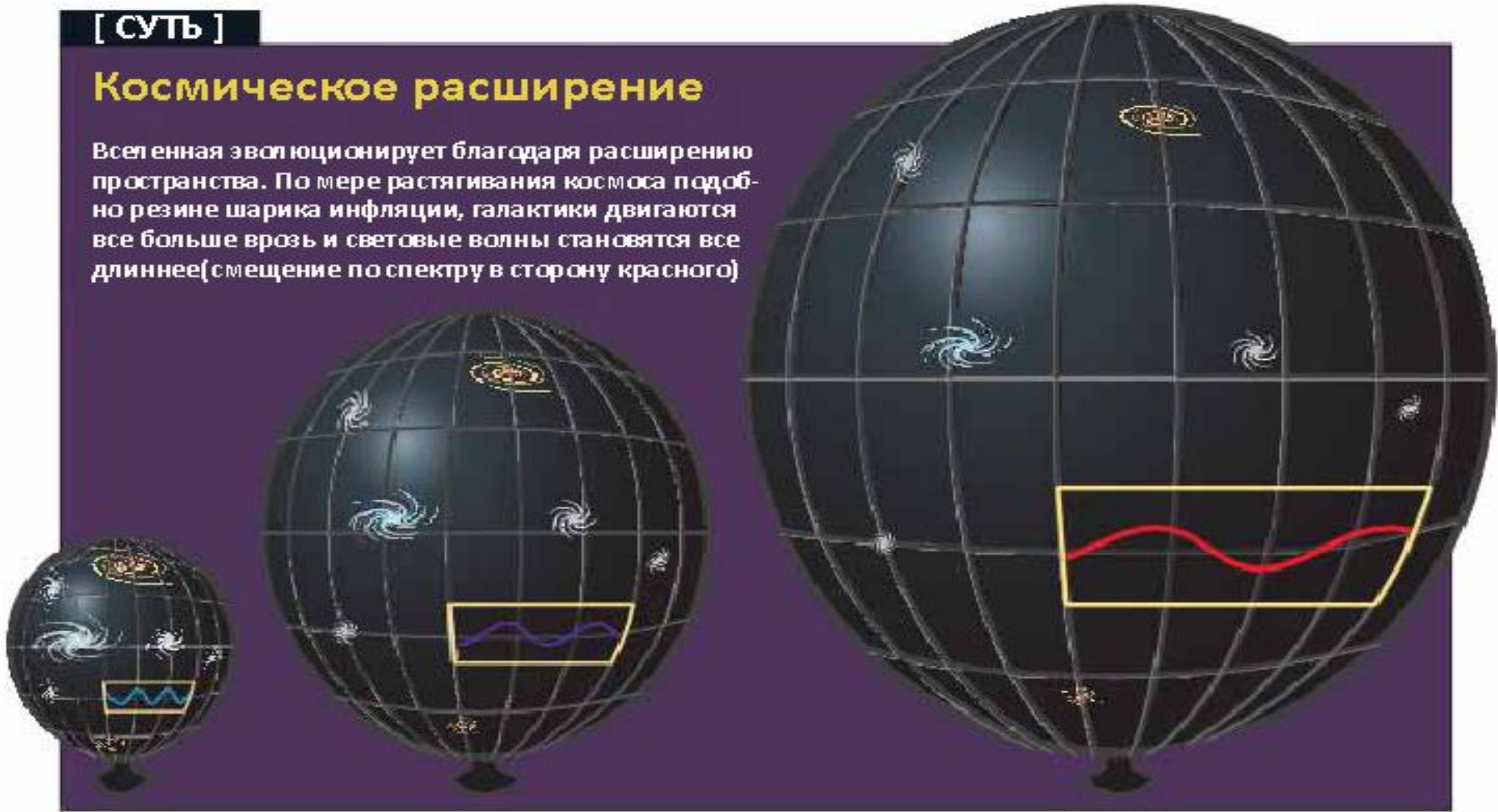
Открытие разбегания галактик (закон Хаббла, 1931 г)

Регистрация реликтового фотонного излучения (А.Пензиас и В.Вилсон, 1964 г)

[ СУТЬ ]

## Космическое расширение

Вселенная эволюционирует благодаря расширению пространства. По мере растягивания космоса подобно резине шарика инфляции, галактики движутся все больше врозь и световые волны становятся все длиннее (смещение по спектру в сторону красного)



рутинный производственный эксперимент → длинная цепочка сомнений в трактовке полученных (случайно?) результатов → неожиданно счастливый конец (Нобелевская премия, 1978 г.)

Открытие космического вакуума (Б.Смидт, А.Райес, С.Перлмуттер, 1998 г)

Регистрация реликтовых гравитационных волн ? (Collaboration Planck, 2014 г)





**Гравитационные волны были зафиксированы 14 сентября 2015 года детекторами гравитационной обсерватории LIGO в американских штатах Луизиана и Вашингтон. Ученым удалось зафиксировать "рябь" пространства-времени от катастрофического столкновения двух черных дыр в дальнем космосе. Масса этих черных дыр в 29 и 36 раз превышала массы Солнца, а само слияние произошло 1,3 миллиарда лет назад, но двигающаяся со скоростью света гравитационная волна дошла до Земли лишь сейчас.**

# Темнота во тьму

...ной преобладает загадочная темная энергия, сохраняющая постоянную плотность и действуя как антигравитация — сила взаимного отталкивания материи. Пространство расширяется все быстрее. Материя разрежается и продолжает существовать целую вечность. Но в конечном счете все материальные структуры...

## Через 10<sup>100</sup> лет

В мировом пространстве сохраняются только сверхдлинноволновое электромагнитное излучение и элементарные частицы типа электронов и нейтрино. Температура в абсолютно темной и невероятно раздувшейся Вселенной приближается к абсолютному нулю

## Через 10<sup>40</sup> лет

Происходит распад протонов — «строительных кирпичиков» ядер атомов. В космосе остаются лишь черные дыры. За счет квантовых эффектов они тоже испускают энергию в процессе вращения и медленно «испаряются»

## Через 10<sup>14</sup> лет

Вселенная наполнена только черными дырами и «останками» звезд: нейтронными звездами, коричневыми и белыми карликами. Время от времени при столкновении двух коричневых карликов темное пространство озаряет вспышка нового светила

## Через 10<sup>11</sup> (сто миллиардов) лет

Разгоняемые темной энергией скопления галактик разлетаются за пределы видимости

## Наше время

Пик Звездной эры

## 13,2 миллиарда лет назад

Формируются первые галактики

## 13,6 миллиарда лет назад

Зажигаются первые звезды

## 13,7 миллиарда лет назад

Большой взрыв



## 13,7 миллиарда лет назад

Большой взрыв

## 13,6 миллиарда лет назад

Первые звезды

## 13,2 миллиарда лет назад

Первые галактики

## Пять миллиардов лет назад

$$\rho_v > \rho_{matter}$$

## Наше время

Пик Звездной эры

## Через сто миллиардов лет

Скопления Галактик разлетаются

за пределы видимости

## Через 10<sup>14</sup> лет

Вселенная наполнена только черными

дырами и «останками» звезд

## Через 10<sup>40</sup> лет

Распад протонов. Испарение черных дыр

## Через 10<sup>100</sup> лет

Остаются только стабильные

фундаментальные частицы — электроны и

нейтрино . Температура в абсолютно

темной и невероятно раздувшейся

Вселенной приближается к абсолютному

нулю.



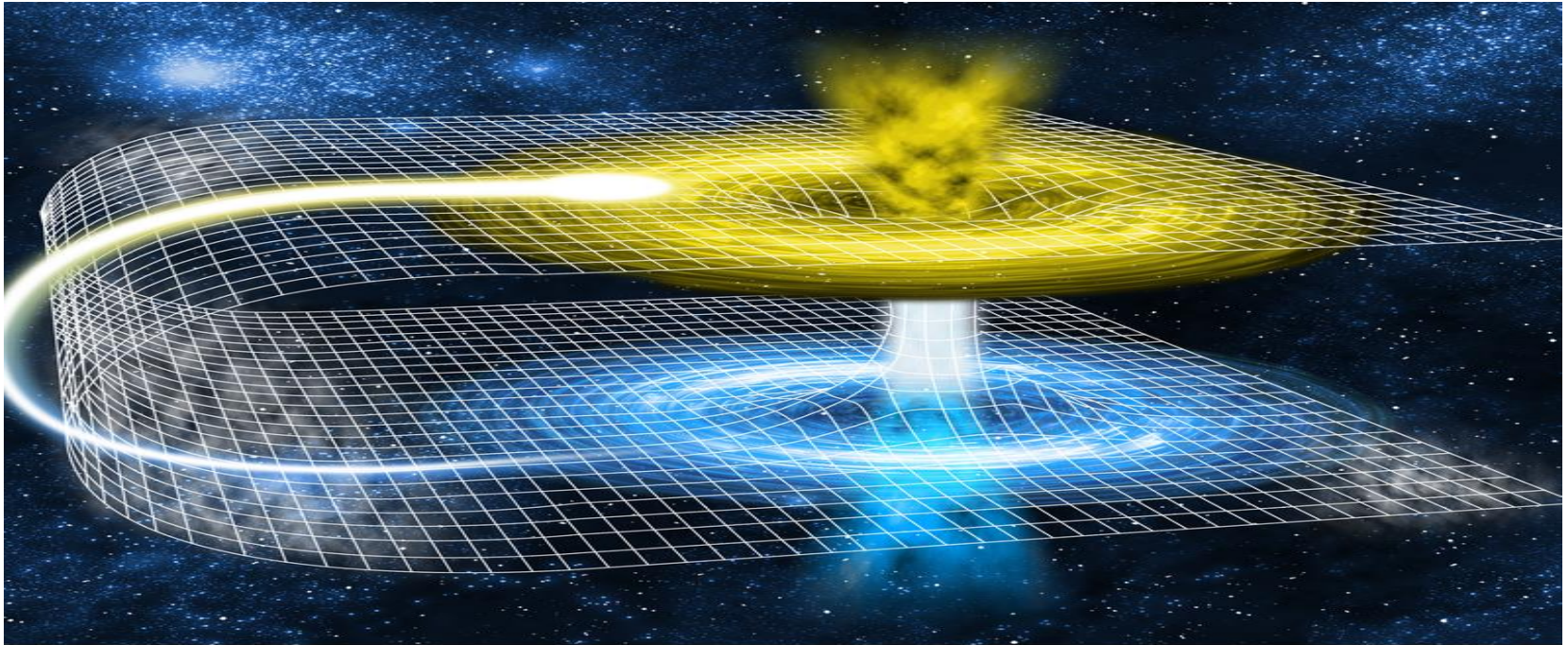
# Мультиверс

- **1. Теория Эверетта** - Вселенная Коперника — только одна из вселенных, а основа мироздания — физическое многомирие. Ни один из возможных исходов квантового взаимодействия Наблюдателя и Объекта не остаётся нереализованным, однако каждый из них осуществляется в параллельной вселенной. Сознание наблюдателя получает статус «физического параметра».
- В многомировой интерпретации каждая из вселенных разветвляется на множество ( $10^{10^{150}}$ ) новых вселенных каждый раз, когда происходит квантовое измерение. А значит, возможно всё: в некоторых вселенных погубивший динозавров метеорит пролетел мимо Земли, в других Австралию колонизировали китайцы.



## Кротовые норы (А. Эйнштейн, Н. Розен)

Если пространство-время кривое, то почему бы ему не принять, к примеру, форму трубы, накоротко соединяющей области, разделенные сотнями тысяч световых лет, или, допустим, далекие друг от друга эпохи? Кротовые норы (wormhole – червоточина) могут соединять две разные вселенные



или оба ее «устья» норы могут выходить в одну и ту же вселенную, но в разных ее точках и в разные времена.





**Так мы не поняли,  
что было, когда еще ничего не  
было?**



Олег Михайлович БОЯРКИН

Доктор физико-математических наук, профессор Белорусского государственного педагогического университета. Область научных интересов — физика элементарных частиц и астрофизика. Автор книг: «Базисные и фермионные элементарных частиц» (M.: URSS), «Introduction to Physics of Elementary Particles», «Advanced Particle Physics, Volume I: Particles, Fields, and Quantum Electrodynamics», «Advanced Particle Physics, Volume II: Standard Model and Beyond». Предложил модель, объясняющую элементарные варианты теории электрогравитации взаимодействия с левосторонней симметрией (Phys. Rev. D 50 (1994) 2247), и в рамках этой модели дал объяснение величине наблюдаемого на опыте аномального магнитного момента мезона (Phys. Rev. D 67 (2003) 073023). Игнорирование солнечной активности, предсказав корреляцию нейтринности потока с солнечными вспышками (Phys. Rev. D 63 (1996) 5298). Установил пределы на массы гравитонов нейтрино, которые являются кандидатами на частицы холодной темной материи (Phys. Rev. D 70 (2004) 113010). В 1996 г. фондом International Science Council Education Program ему было присвоено звание Senior Associate Professor. В 2009 г. это научное звание Бояркин был включен в издание «Who's Who in Science and Engineering». В 2007 г. в Международном биографическом центре Кембриджа (International Biographical Centre of Cambridge) ему была присуждена номинация «International Scientist of the Year». В 2008 г. это имя внесено в «25th Silver Anniversary Edition of Who's Who in the World (March 1994-2008)». В 2008 г. Международный биографический центр Кембриджа внес его в список 2000 выдающихся интеллектуалов XX века. В 2012 г. Бояркин О. М. Бояркин включен в «37th Pearl Anniversary Edition of Who's Who in the World».



Галина Григорьевна БОЯРКИНА

Кандидат физико-математических наук, доцент Белорусского государственного педагогического университета. Область научных интересов — физика элементарных частиц. Предсказала резонансный пик, связанный с виртуальным бозоном Хиггса в процессе рассеяния высокоэнергетических нейтрино на электроне (Eur. Phys. J. C 13 (2000) 96). В рамках левосторонней симметричной модели дала объяснение величине наблюдаемого на опыте аномального магнитного момента мезона (Phys. Rev. D 67 (2003) 073023).

О. М. Бояркин, Г. Г. Бояркина

# ФИЗИКА ЧАСТИЦ • 2013

О. М. Бояркин  
Г. Г. Бояркина  
ФИЗИКА ЧАСТИЦ • 2013

## ОТ ЭЛЕКТРОНА ДО БОЗОНА ХИГГСА

## КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ СВОБОДНЫХ ПОЛЕЙ

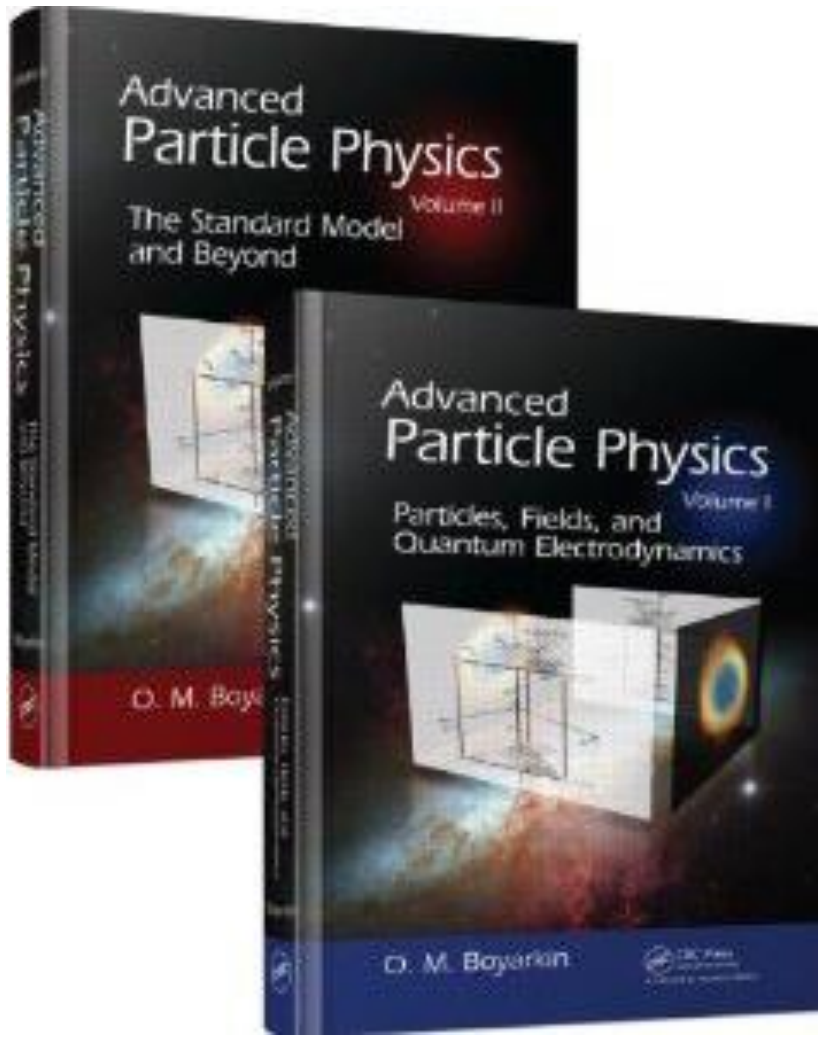
От электрона до бозона Хиггса  
Квантовая теория свободных полей



Наше издательство предлагает следующие книги:



117335, Москва, Телефон (факс):  
Михайловский (место издания)  
проспект, 96 +7 (499) 724 25 45  
Опять-таки, если вы хотите заказать книгу, пожалуйста, пишите нам на [info@urss.ru](mailto:info@urss.ru).  
Вы также можете заказать книгу у нас в магазине на [urss.ru](http://urss.ru).



**Я спросил у мудрейшего:**

**“Что ты извлек из своих манускриптов?”**

**И мудрейший изрек:**

**“Счастлив тот, кто в объятиях красавицы нежной  
по ночам от премудростей книжных далёк!”**

**Омар Хайям, Рубаи**