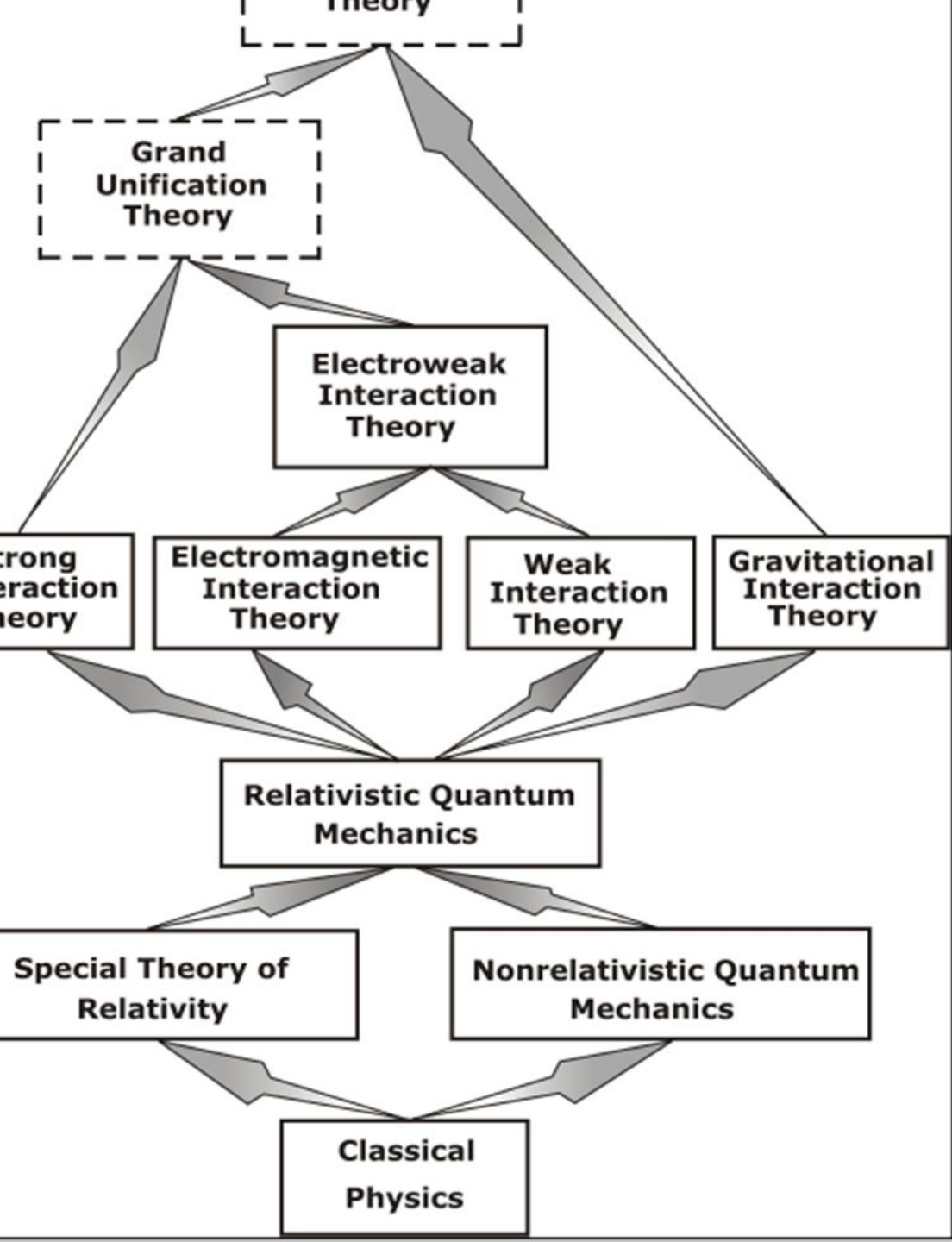


Строение и эволюция Вселенной

Планеты и миры!
Взаправду ли, во всей Вселенной
Все те же самые законы бытия?

А. де Мюссе





Прогресс это неразрывная цепочка

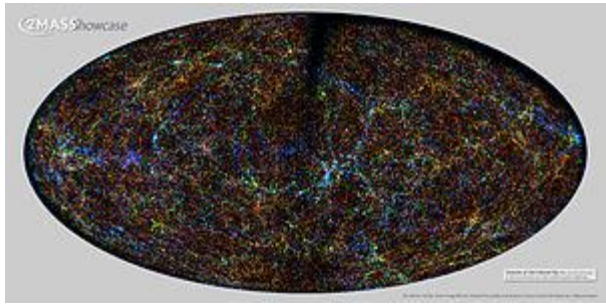
фундаментальная наука → прикладная наука → производство

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.



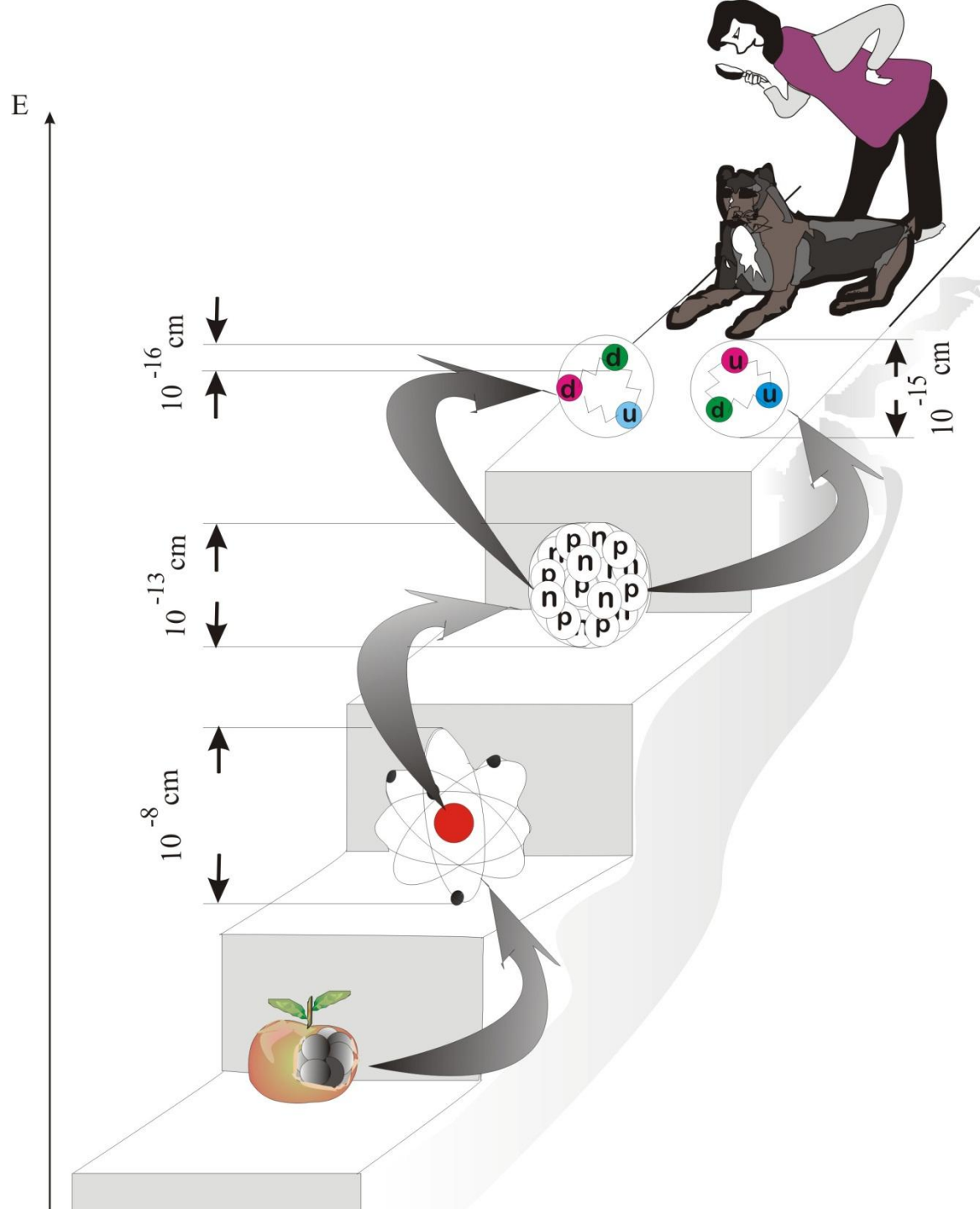
10^{28} см →



Характерные
размеры
элементарных
частиц 10^{-16} см

**Крупномасштабная структура Вселенной
в инфракрасных лучах с длиной волны
2,2 мкм**

Квантовая Лестница



- 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 (γ).
- 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

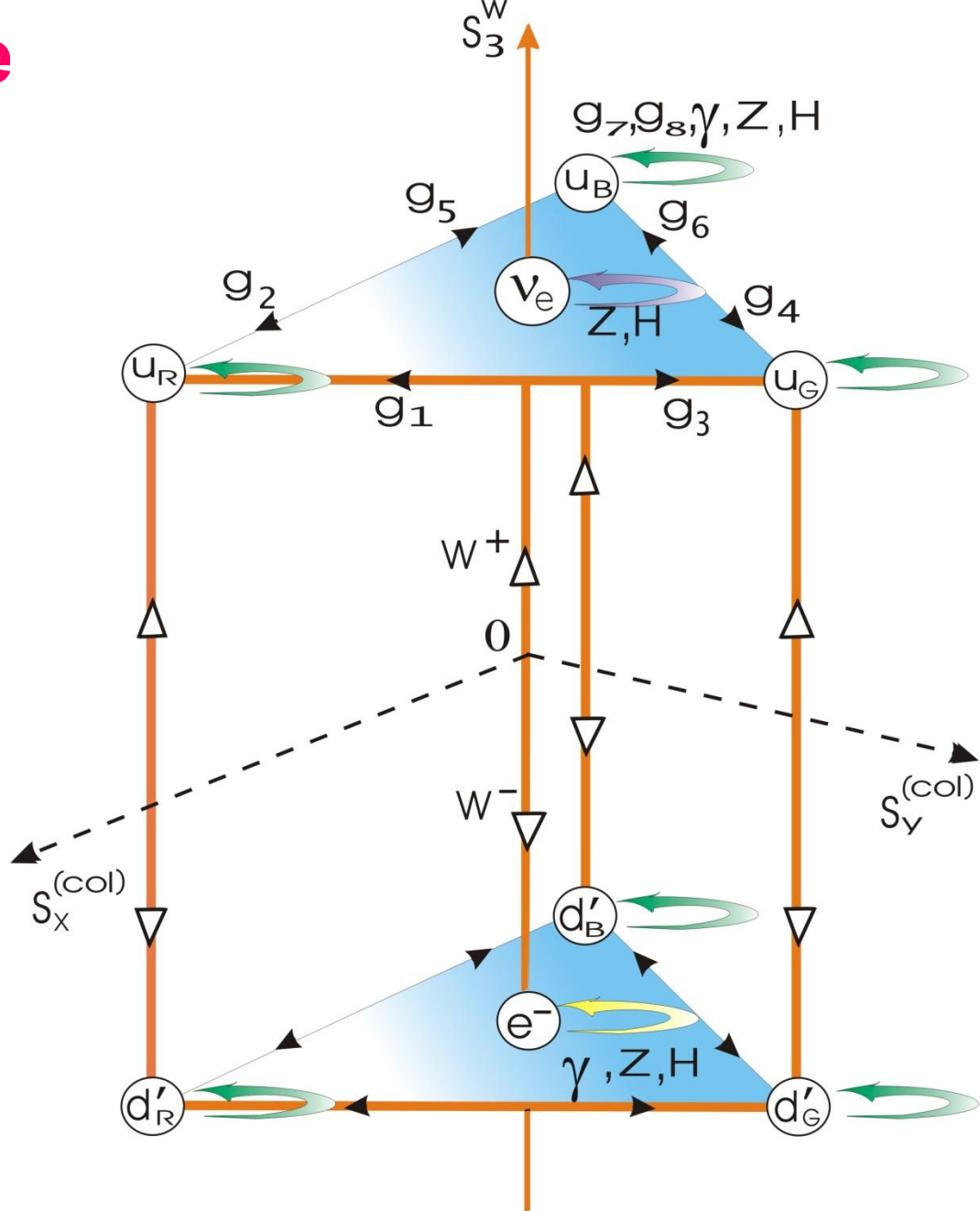


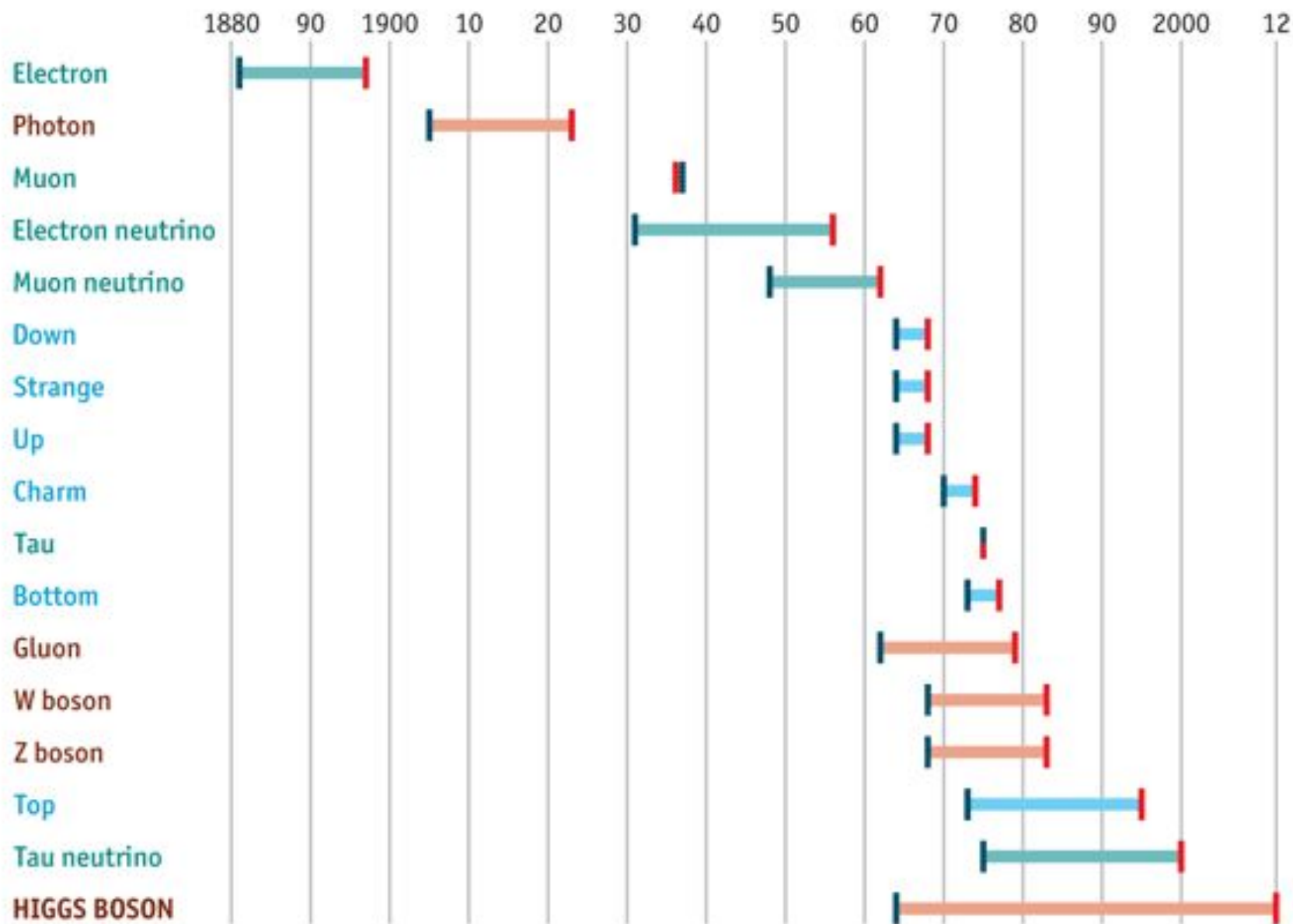
Fig. 44

The Standard Model of particle physics

Years from concept to discovery

Leptons
Bosons
Quarks

Theorised/explained
Discovered



Source: The Economist



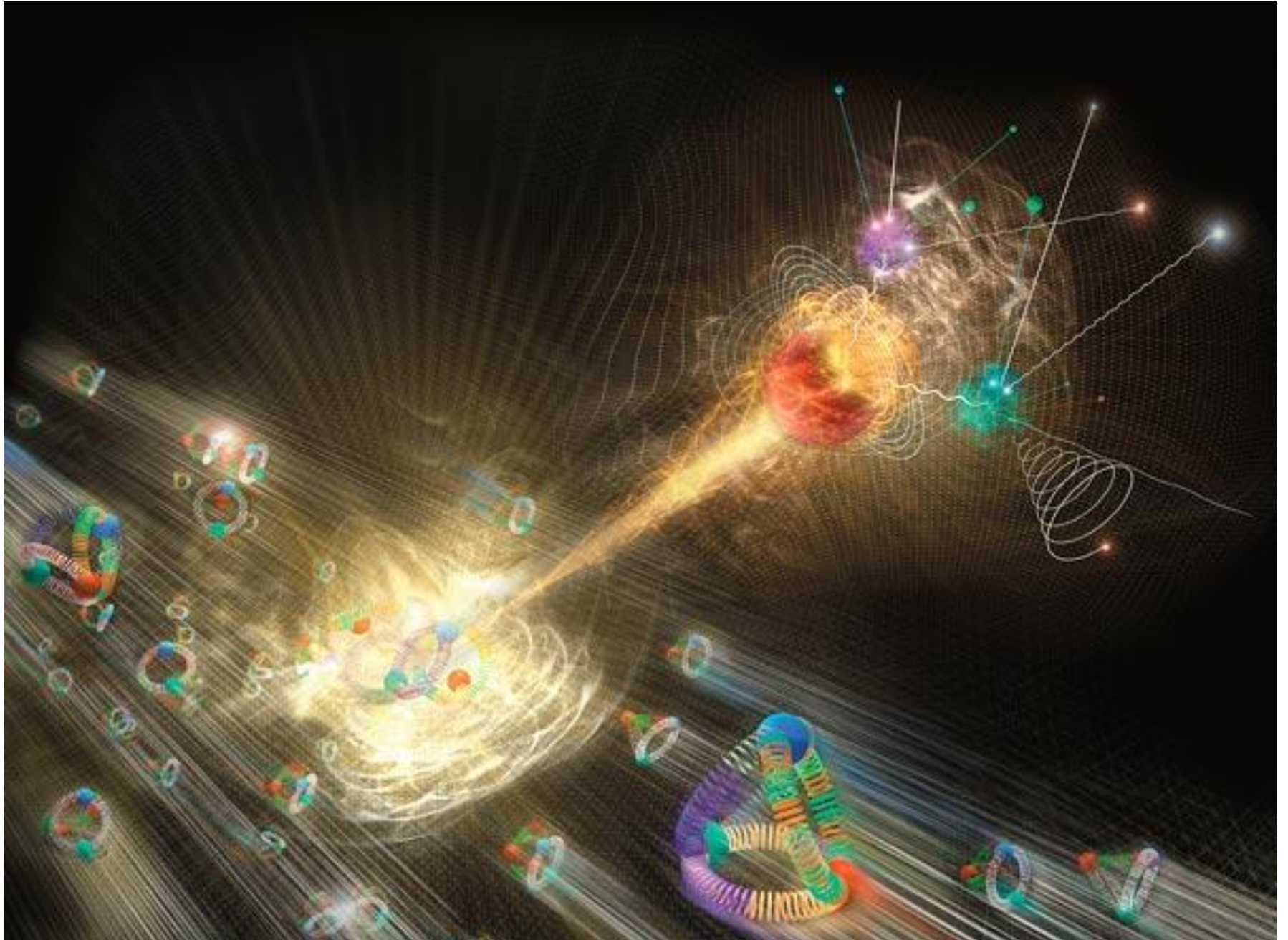


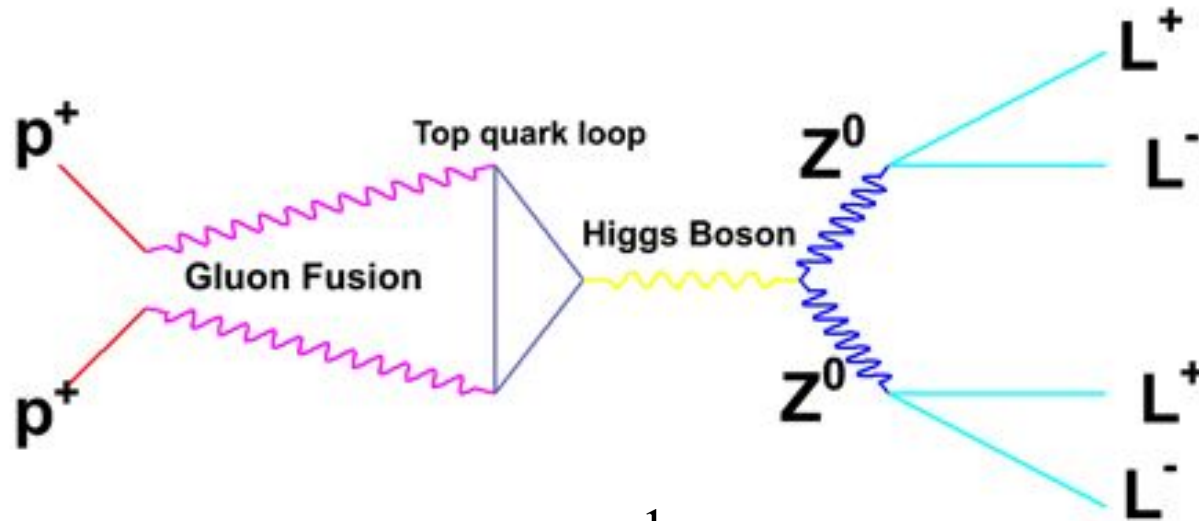
Ускоритель расположен в том же туннеле, который прежде занимал LEP. Туннель с длиной окружности 26,7 км проложен под землёй на территории [Франции](#) и [Швейцарии](#).

Глубина туннеля — от 50 до 175 метров. Для удержания, коррекции и фокусировки протонных пучков используются 1624 сверхпроводящих [магнита](#). Глубина туннеля — от 50 до 175 метров. Для удержания, коррекции и фокусировки протонных пучков используются 1624 сверхпроводящих магнита, общая длина которых превышает 22 км. Магниты работают

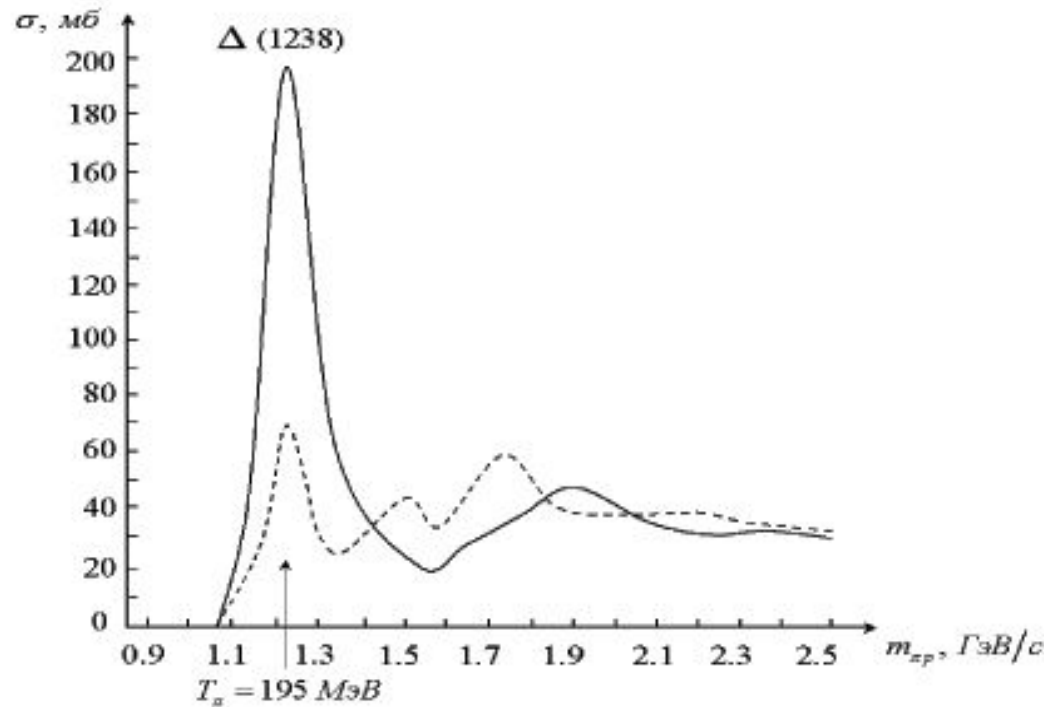


Higgs boson





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



A large, circular particle detector, likely a calorimeter or tracking detector, is shown from a top-down perspective. The detector consists of multiple concentric rings of detector elements, with a central dark region. The inner rings are illuminated with a warm orange glow, while the outer rings are dimmer. The detector is housed in a dark, metallic structure with various components, including cables and connectors, visible around the perimeter. The overall appearance is that of a complex, multi-layered scientific instrument.

In the nearest future increasing the energy of accelerators and improving the accuracy of observations in gamma-

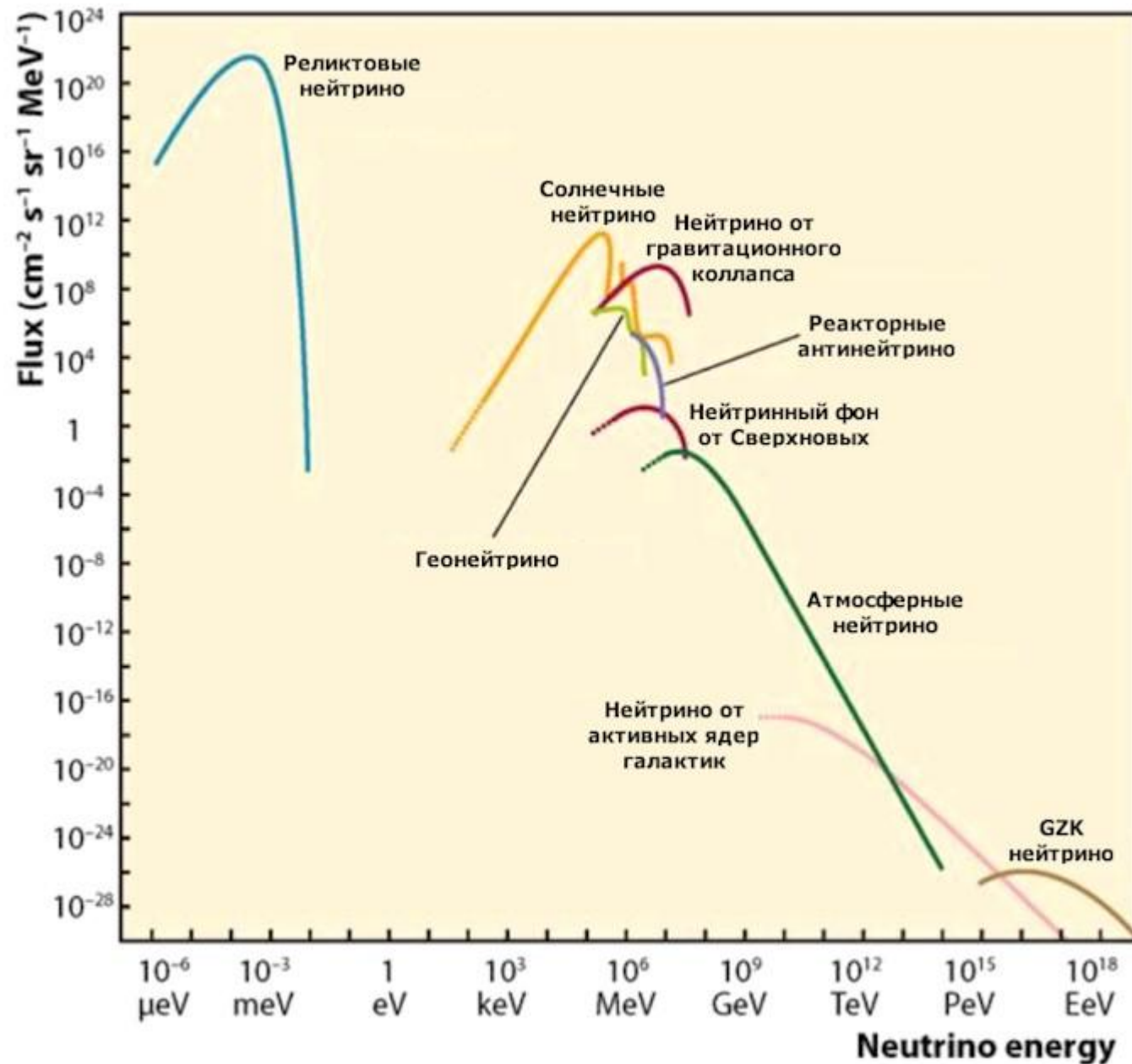
and in neutrino-astronomy will lead to the enhancement of the number of reliable experiments both in elementary particle physics and in physics of macrocosmos

• **Neutrino astronomy**

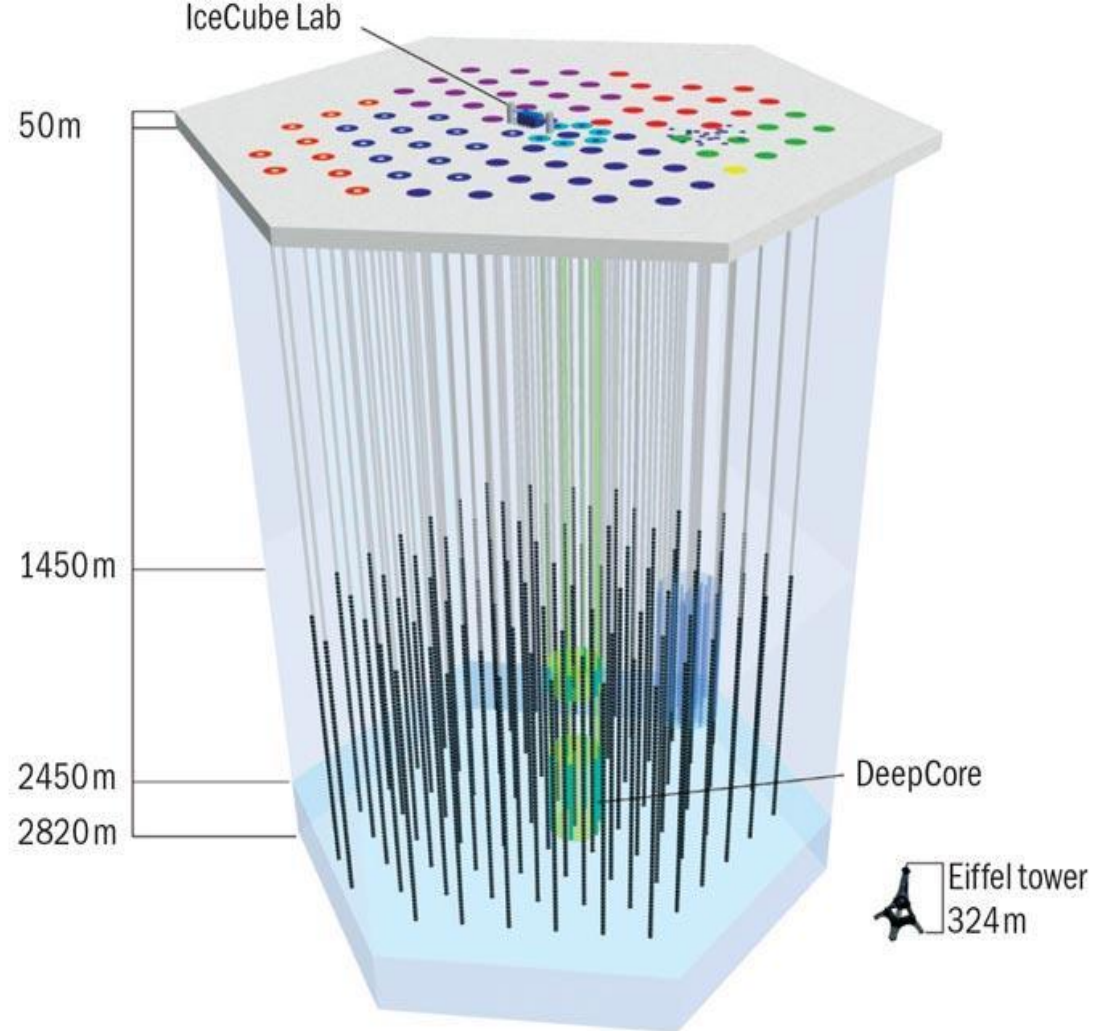
- **Neutrinos, due to their stability and neutrality, arrive at a detector on a direct line from their sources, undeflected by intervening magnetic fields, with expected energy up to**

- 10^{20} eV

- **As a result, we could define the source of these ultra high energy (UHE) cosmic neutrinos.**
- **Another important and promising aspect of UHE neutrino physics is the possibility to study the production of exotic objects, such as additional (compared to the SM) particles, microscopic black holes, monopoles and so on.**



IceCube располагается в Антарктиде, на станции Амундсен-Скотт (Южный полюс Земли). Детекторы телескопа в виде гирлянд располагаются на глубине от 1450 до 2450 метров, каждая такая гирлянда имеет 60 фотоумножителей. Общий объем, с которого производится регистрация черенковского излучения составляет 1 кубический километр. IceCube детектирует нейтрино, идущие со стороны Земли. Такая настройка позволяет отфильтровать поток нейтрино от общего потока частиц приходящих из атмосферы или космоса. Таким образом IceCube, находясь на Южном полюсе, улавливает частицы, приходящие с северной стороны планеты. Запуск данного современного детектора в 2011-м году ознаменовал начало эры нейтринной астрономии. К 2028-му году планируется расширить данный нейтринный телескоп до 10 кубических километров.



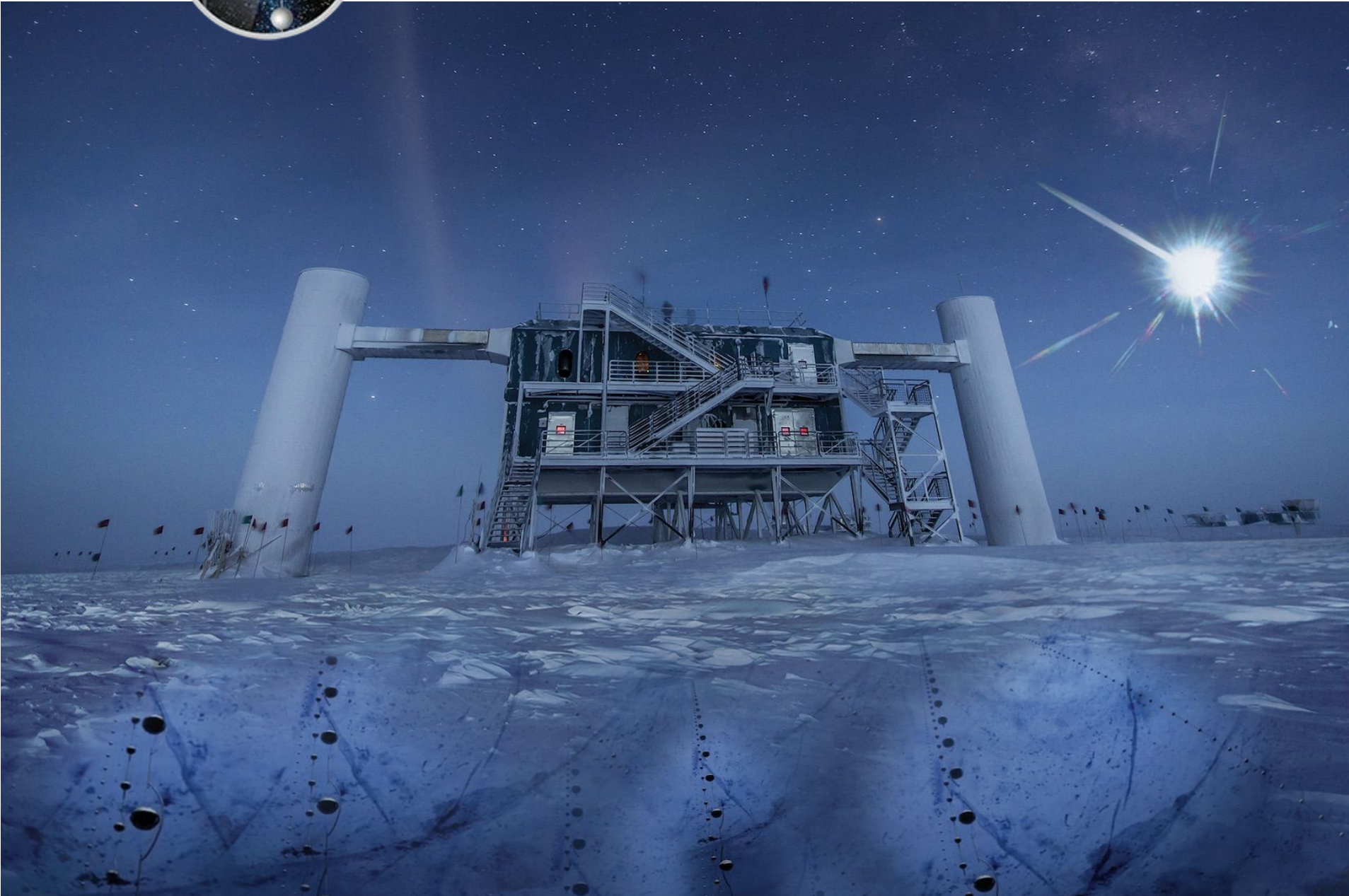


The general principle of operation of a deep-water neutrino telescope



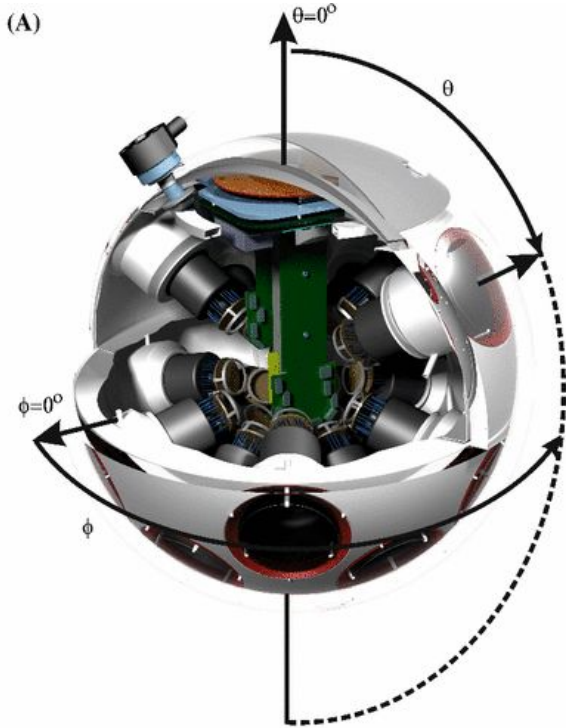
ICECUBE

SOUTH POLE NEUTRINO OBSERVATORY



ANITA - Antarctic Impulsive Transient Antenna experiment





KM3NeT (Cubic Kilometre Neutrino Telescope), is a working European [research](#), is a working European research infrastructure that is located at the bottom of the [Mediterranean Sea](#) (since spring 2019). First data results have been [reported](#) on the international conferences and workshops. It hosts the next-generation NT in the form of a water [Cherenkov detector](#) It hosts the next-generation NT in the form of a water Cherenkov detector with an instrumented volume of about five cubic km distributed over three locations in the Mediterranean: KM3NeT-Fr (off [Toulon](#) It hosts the next-generation NT in the form of a water Cherenkov detector with an instrumented volume of about five cubic km distributed over three locations in the Mediterranean: KM3NeT-Fr (off Toulon, France), KM3NeT-It (off [Portonalo di Capo Passero](#) It hosts the

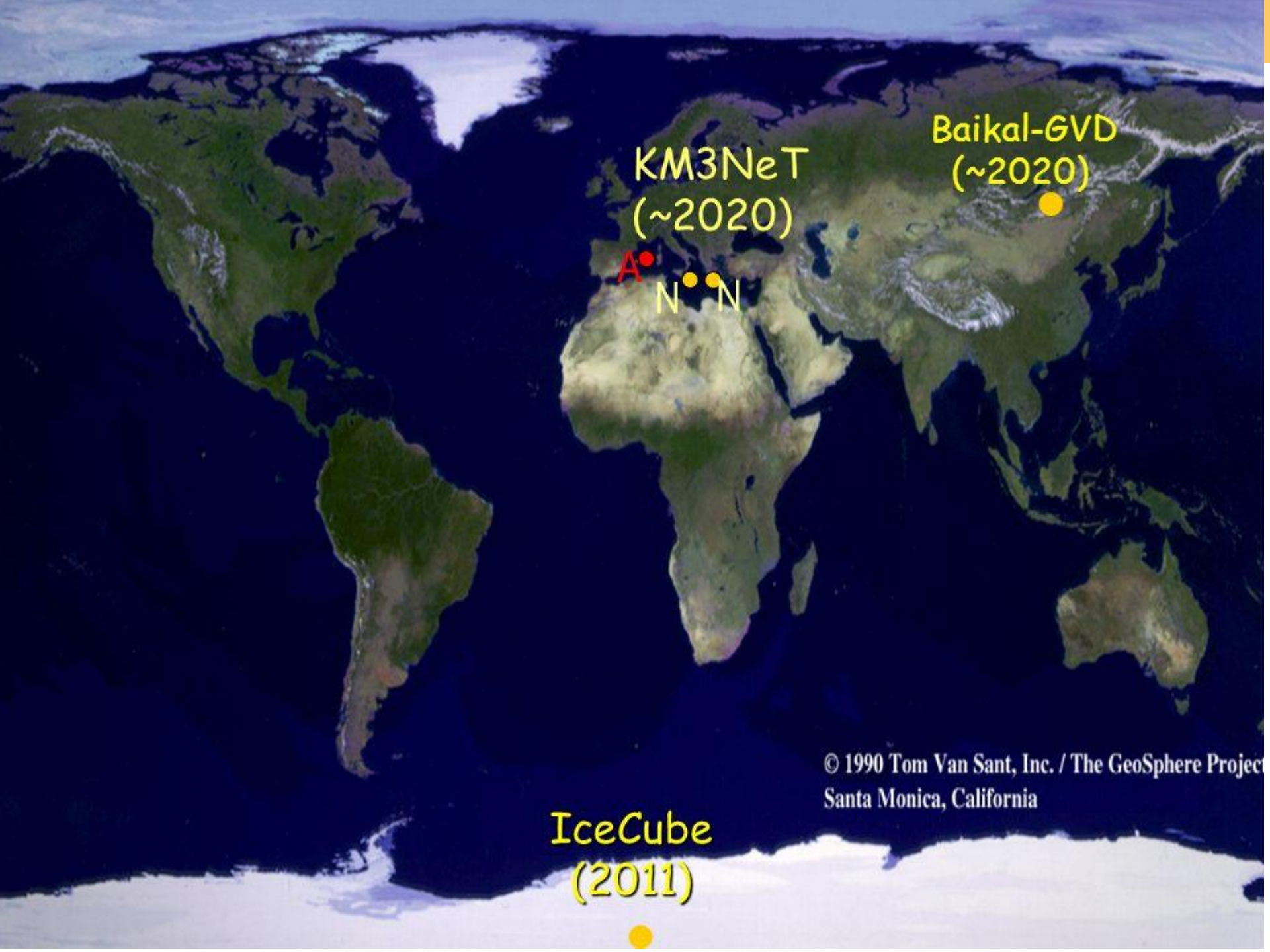


The Global Neutrino Network (GNN) aims for a closer collaboration and a coherent strategy among the neutrino telescope projects.

At present, it consists of four partners:

- The [ANTARES](#) Collaboration ([Mediterranean Sea off the coast of Toulon, France](#))
- The [Baikal](#) Collaboration ([Russia](#))
- The [IceCube](#) Collaboration ([Amundsen–Scott South Pole Station](#) Amundsen–Scott South Pole Station in [Antarctica](#))
- The [KM3NeT](#) Collaboration ([Mediterranean Sea, France, Italy and Greece](#))

-In the nearest future these experiments will be the fashion legislators in the neutrino astronomy. They taken together are capable to span all the sky and to detect the galactic neutrinos flying on all sides



KM3NeT
(~2020)

Baikal-GVD
(~2020)

A

N N

IceCube
(2011)

© 1990 Tom Van Sant, Inc. / The GeoSphere Project
Santa Monica, California

To detect neutrinos, very large experiments are needed – preferably having several tons of detector target material. Examples of such targets include: water-filled mines in mountains ([such as in Japan](#)) and vast volumes of ice ([such as IceCube at the South Pole](#)).

Neutrino detectors have been getting bigger and bigger over the years as scientists attempt to measure ever more rare neutrino signals.

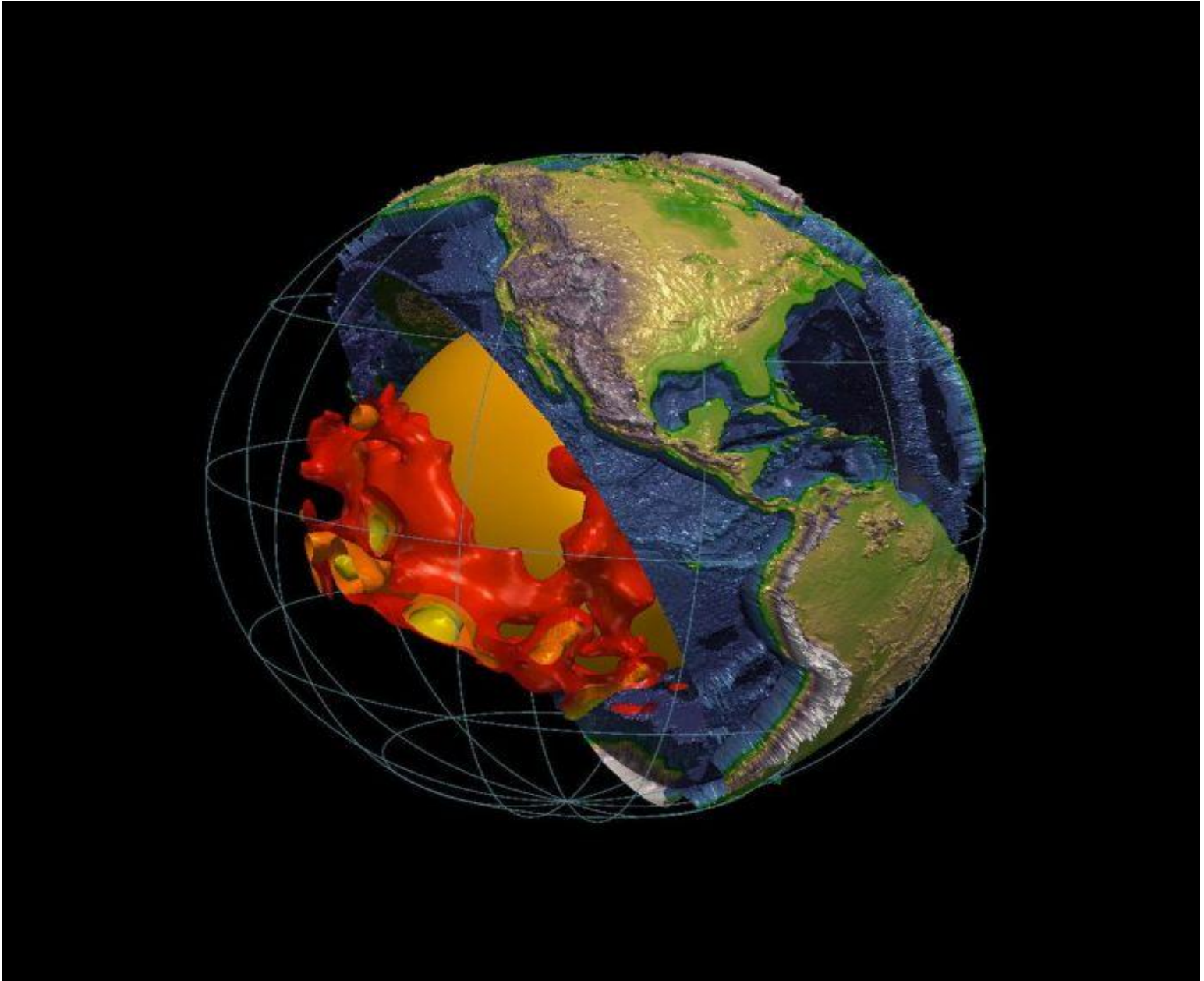
ARIANNA targets neutrinos of energies higher than ever detected before. The design utilizes the fact that a rare neutrino interaction in ice not only causes light emission in certain materials (the most common detection technique so far), but also generates a radio pulse. In clear ice, radio pulses are detectable over distances of several kilometers, which allows the instrumentation of large quantities of ice with relatively few radio detectors.

Detecting UHE neutrinos in ARIANNA will allow for studies of fundamental parameters such as cross-sections, multipole moments, masses and so on. Currently eight ARIANNA stations are taking data on the Ross Ice-shelf, in a prototype experiment called the Hexagonal Radio Array (HRA). Since the HRA is currently a small array, its sensitivity to neutrinos is also still low and no detection has so far been made.

ARIANNA - the Antarctic Ross Ice Shelf Antenna Neutrino Array



Нейтринная геофизика – область науки на стыке геологии, геофизики и физики частиц – изучает внутреннее строение Земли посредством измерения потока геонейтрино на ее поверхности.





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 М31)

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.

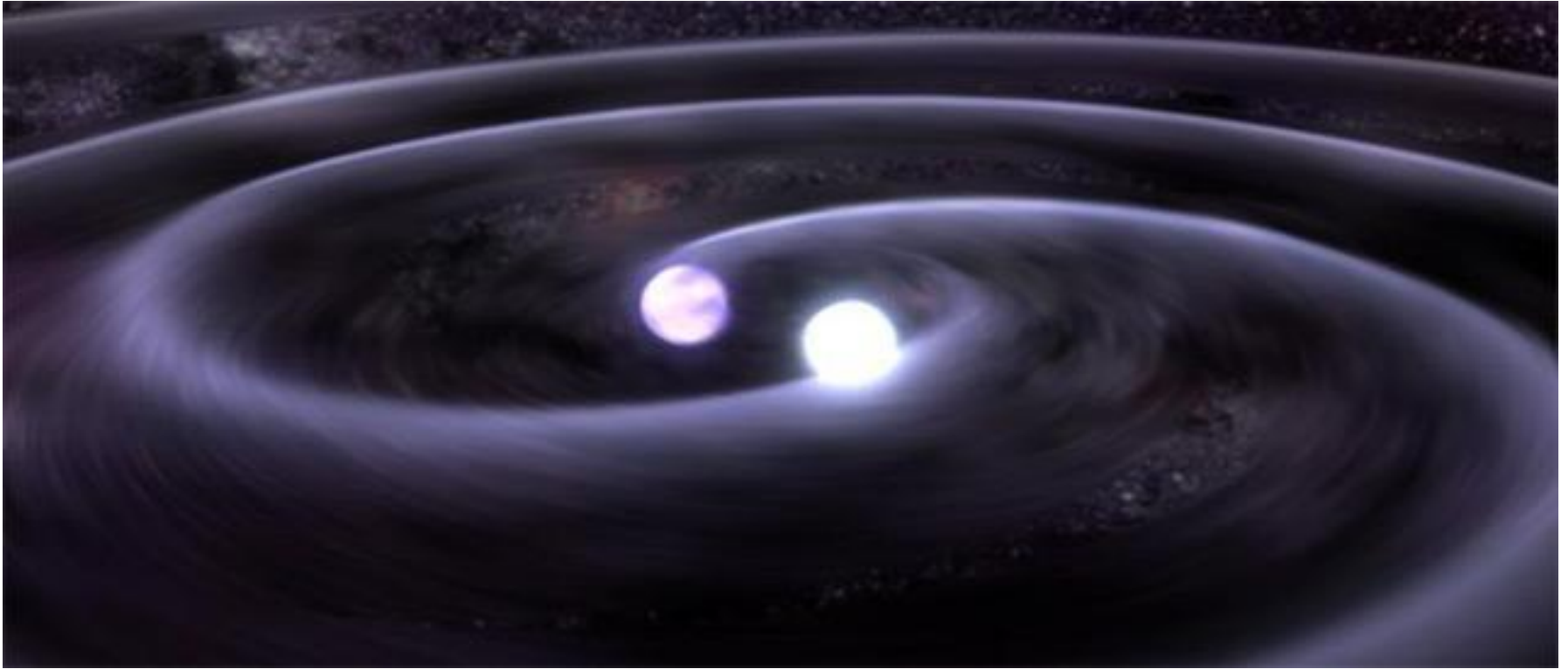
- Идея – ввести в уравнение Эйнштейна силу, препятствующую гравитации, т. е. антигравитацию (космологический член)

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

Для обычного вещества эта плотность соответствует 10 атомам водорода на 1 м³ (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.

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

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

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

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.

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

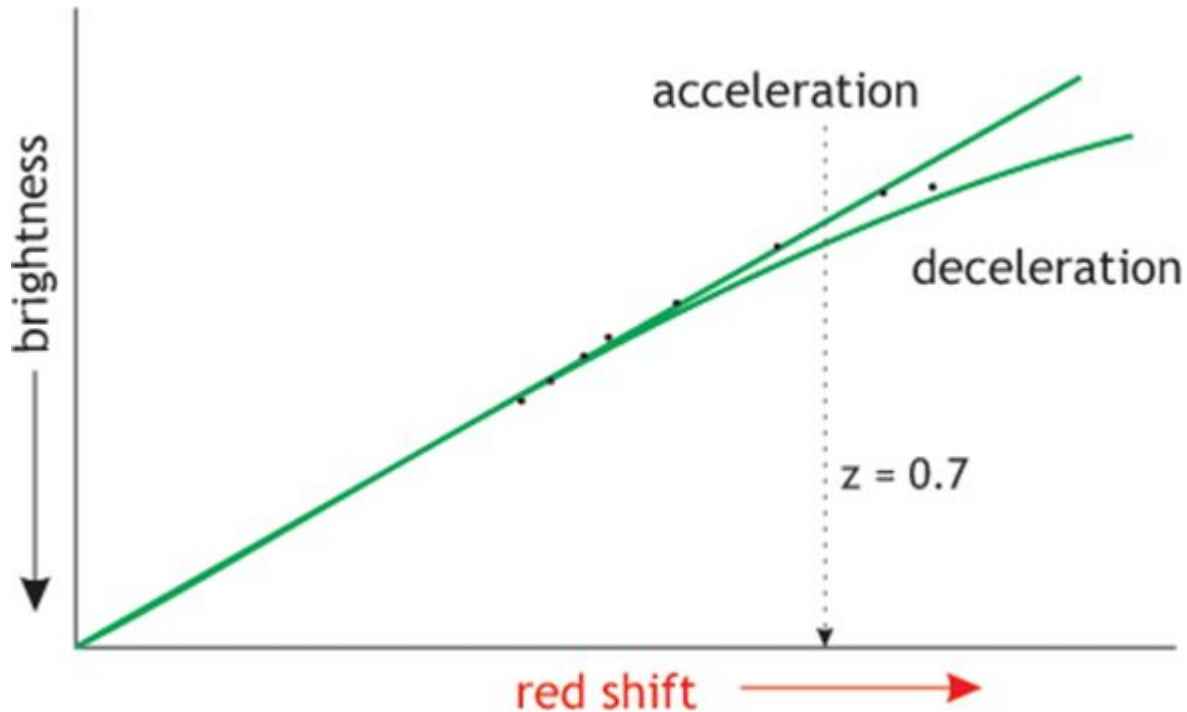
В 1998-1999 гг. открыта еще одна космологическая субстанция, космический вакуум или темная энергия (нобелевская премия 2011 г.)

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

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

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

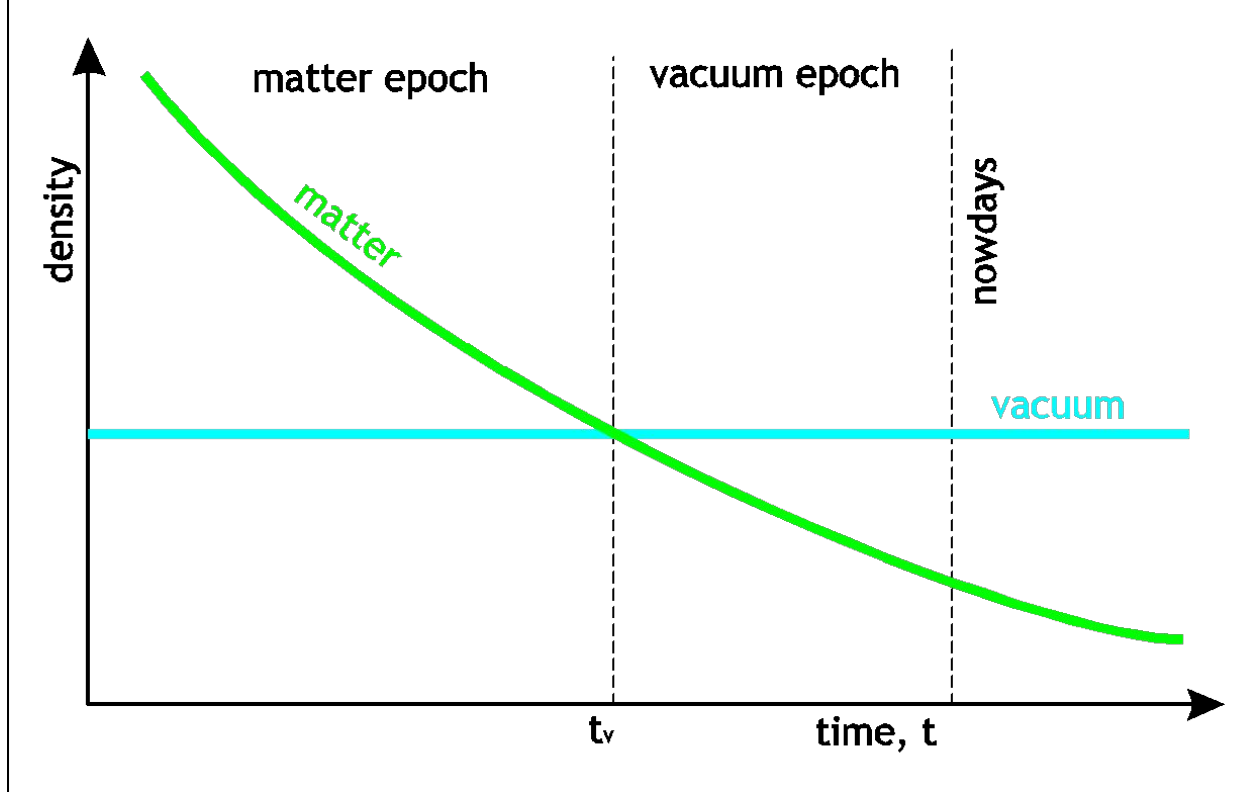
При $\rho_V = \rho_M$ ускорение Вселенной сменило знак. Расчеты показывают, что это произошло приблизительно в эпоху **$t=(6-8)$ млрд. лет.**

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

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

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

$$\rho = 10^{93} \text{ г} / \text{см}^3$$

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 частиц, а также едва заметную на их фоне тёмную энергию.

Это и есть Большой взрыв

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

$\sim 10^{-43}$ с	$T \sim 10^{32}$ К	$G_{UFT} \rightarrow G_{GUT}$
	$T \sim 10^{28}$ К	$G_{GUT} \rightarrow SU(3)_c \times SU(2)_{EW} \times U(1)_{EW}$
$\sim 10^{-13}$ с	$E \sim 300$ ГэВ	$SU(3)_c \times SU(2)_{EW} \times U(1)_{EW} \rightarrow SU(3)_c \times U(1)_Y$
	(фундаментальные частицы обретают массы за счет механизма Хиггса)	
$t \sim 10^{-5}$ с	$T \sim 10^{13}$ К	кварки, <u>антикварки</u> , <u>глюоны</u> \rightarrow адроны
$\sim 2-5$ мин	ядра ${}^4\text{He} \sim 25\%$ и $\text{H} \sim 75\%$	
~ 1 млн. лет	$T \sim 3000$ К	плазма превращается в атомы водорода и гелия

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 сгущению 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.

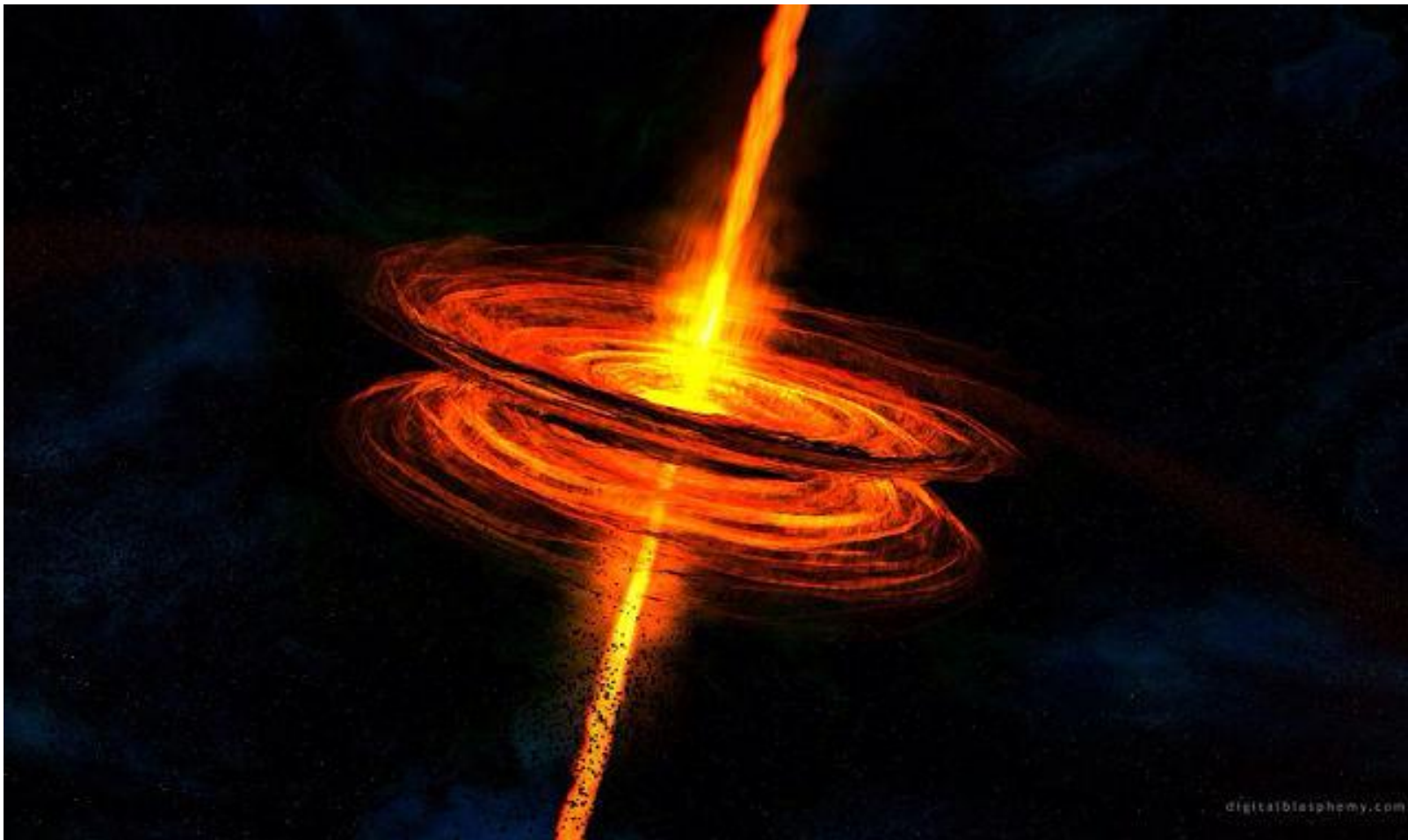
• Судьба сверхновых

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

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

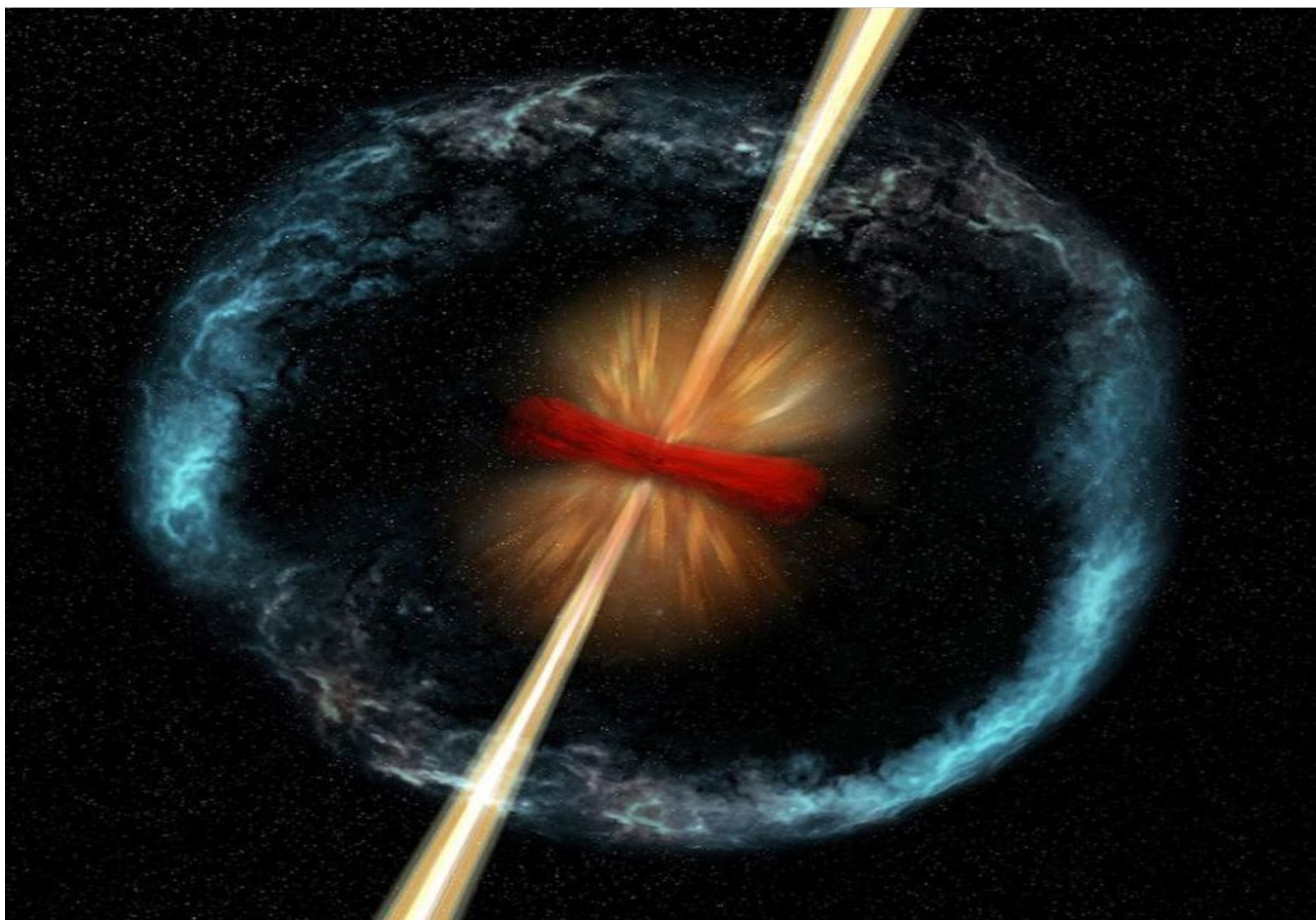
$M > (40 - 50)M_{\odot} \rightarrow$ черная дыра

Если масса звезды больше чем 20 масс Солнца, то взрыв этой сверхновой (гиперновая) имеет место после коллапса её ядра, когда в нем истощается топливо для поддержания термоядерных реакций. При этом энергия взрыва может превышать 10^{45} джоулей, то есть гиперновая это сверхмощная сверхновая. Эти взрывы сопровождаются гамма-всплесками (чрезвычайно яркая вспышка космического гамма –излучения). Ее продолжительность может составлять от нескольких десятков милли-секунд до нескольких тысяч секунд. При взрыве формируются два мощных релятивистских джета, выбрасываемые в направлении полюсов вращения умирающей звезды почти со скоростью света.



Звёзды, способные взорваться как гиперновая, встречаются очень редко, потому что для этого звезда должна быть очень массивной, быстро вращаться и иметь сильное магнитное поле. В нашей Галактике гиперновая взрывается в среднем один раз в 200 млн лет. Гиперновые могут создать серьёзную угрозу Земле вследствие гамма-лучевой вспышки, но в настоящее время вблизи Солнечной системы нет столь опасных звёзд. Однако, 440 миллионов лет назад имел место взрыв гиперновой звезды недалеко от Солнечной системы, и ее удар по Земле гамма потоком оказался столь мощным, что вызвал Ордовикско-силурийское вымирание (исчезли более 60% видов морских беспозвоночных).





Эта Киля в созвездии Киля



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

<> << < > >>
Set Time

Ambient Light Lev

Magnitude limit: 9

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



Спиральная галактика Сомбреро в созвездии Дева на расстоянии 28 млн световых лет от Земли. Этот объект является двумя галактиками: плоская спиральная находится внутри эллиптической





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 – несущественная $a(t)$ ($a \rightarrow 0$)
($\rho_V a^2 \rightarrow 0$)

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

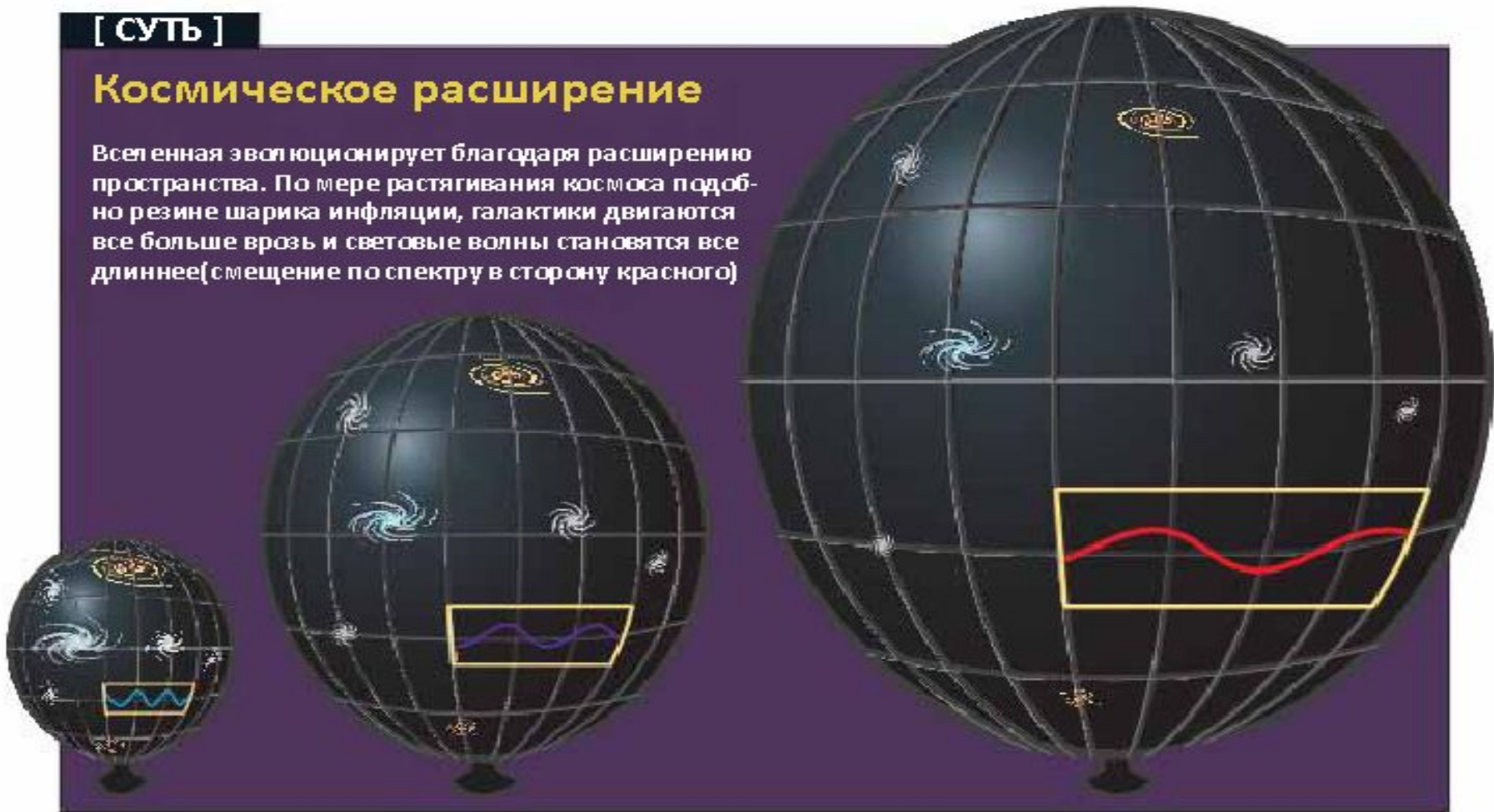
Открытие разбегания галактик (закон Хаббла, 1931 г)

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)



Открытие космического вакуума (Б.Смидт, А.Райес, С.Перлмуттер (1998 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 действующая как антигравитация — сила взаимного отталкивания материи. Пространство расширяется все быстрее. Материя разрежается и продолжает существовать целую вечность. Но в конечном итоге все материальные структуры...

Через 10¹⁰⁰ 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 10⁴⁰ 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 10¹⁴ 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 10¹¹ (сто миллиардов) лет

Разгоняемые темной энергией скопления галактик разлетаются за пределы видимости.

Наше время

Пик Звездной эры

13,2 миллиарда лет назад

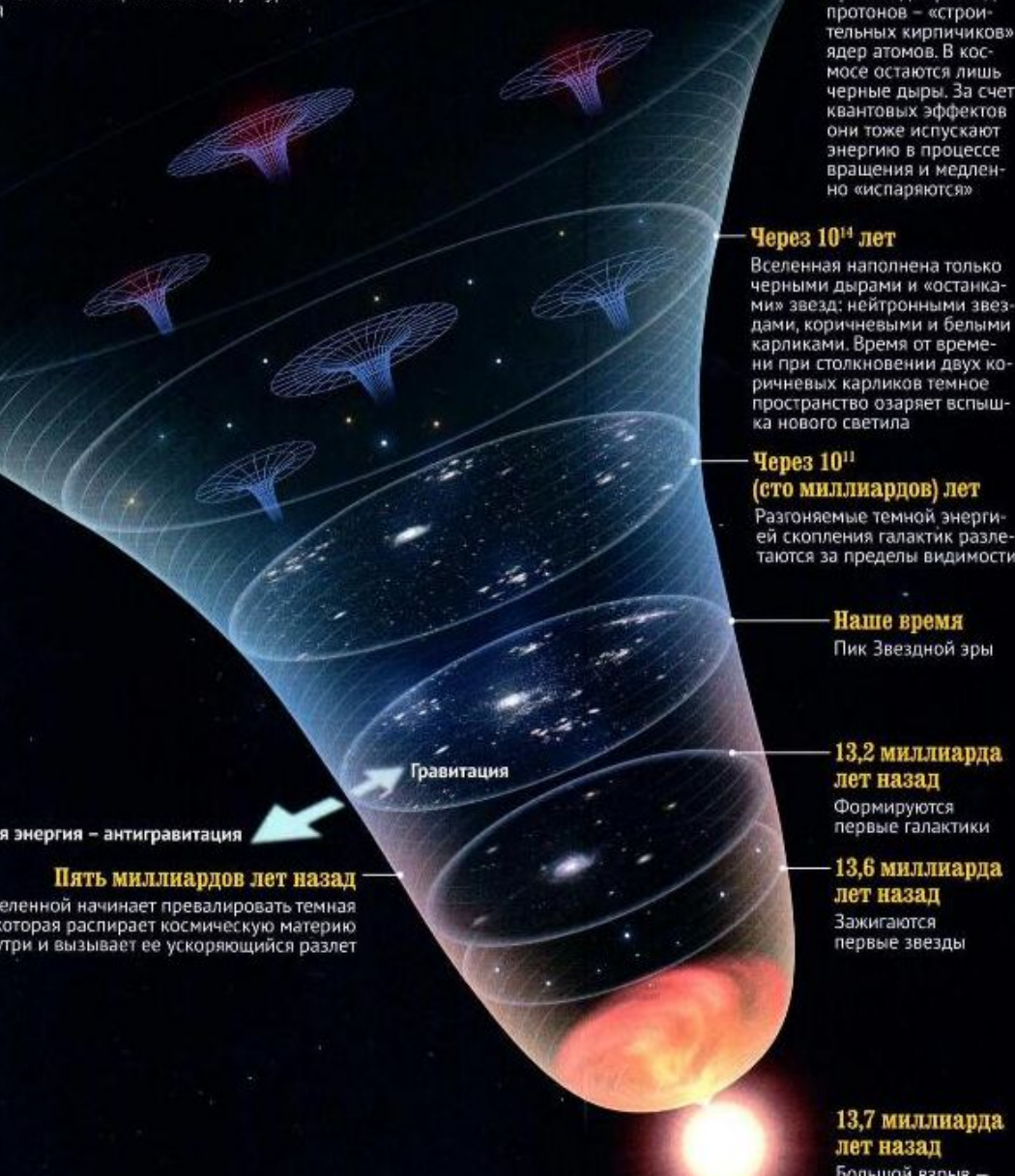
Формируются первые галактики

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 10¹⁴ лет

Вселенная наполнена только черными

дырами и «останками» звезд

Через 10⁴⁰ лет

Распад протонов. Испарение черных дыр

Через 10¹⁰⁰ лет

Остаются только стабильные

фундаментальные частицы — электроны и

нейтрино . Температура в абсолютно

темной и невероятно раздувшейся

Вселенной приближается к абсолютному

нулю.

В настоящее время СКМ (Lambda-CDM model) наиболее точно описывает эволюцию и строение Вселенной. Согласно этой модели, Вселенная имеет ненулевую положительную космологическую постоянную, вызывающую ускоренное расширение. Кроме того, Λ CDM объясняет наблюдаемую структуру реликтового излучения, распределение галактик во Вселенной, обилие водорода и других легких атомов, а также саму скорость расширения вакуума. Однако разные методы измерения скорости расширения дают несовпадающие результаты, что может свидетельствовать о необходимости радикального изменения модели.

Одним из способов определения скорости расширения Вселенной является изучение реликтового излучения. С помощью Λ CDM можно вывести постоянную Хаббла, измерив крупные флуктуации реликтового излучения. Она оказалась равна 67,4 километра в секунду на каждый мегапарсек, или примерно три миллиона световых лет (с такой скоростью расходятся друг от друга объекты, удаленные на соответствующее расстояние).

Другой способ связан с измерением видимой яркости СС — объектов, светимость которых всегда известна. Такими объектами являются, например, сверхновые типа Ia — белые карлики, которые больше не могут поглощать вещество от крупных звезд компаньонов и взрываются. По видимой яркости СС можно определить расстояние до них. Параллельно можно измерить красное смещение сверхновых, то есть сдвиг длин волн света в красную область спектра. Чем больше красное смещение, тем больше скорость удаления объекта от наблюдателя.

Таким образом становится возможно определить скорость расширения Вселенной, которая в данном случае оказывается равной 74 километра в секунду на каждый мегапарсек. Это не соответствует значениям, полученным из Λ CDM.

Ситуацию осложняет другой метод, который также основан на изучении ранней Вселенной, а именно барионных акустических осцилляций — колебаний в плотности видимого вещества, заполняющего раннюю Вселенную. Эти колебания вызваны акустическими волнами плазмы, и они всегда имеют известные размеры, что делает их похожими на СС. В сочетании с другими измерениями они дают постоянную Хаббла, согласующуюся с Λ CDM.

С другой стороны, коллаборации H0LiCOW измерили постоянную Хаббла, используя гравитационное линзирование — эффект, который возникает, когда массивное тело искривляет лучи, идущие от далекого объекта позади него. Последние могут быть квазарами — ядрами активных галактик, питаемых сверхмассивной черной дырой. Из-за гравитационных линз могут возникать сразу несколько изображений одного квазара. При измерении мерцания этих изображений получено уточненное значение постоянной Хаббла равное 73,3 километра в секунду на мегапарсек.

Результат измерения постоянной Хаббла по природным мазерам, образующимся при вращении газа вокруг черной дыры, оказался равен 74 километра в секунду на мегапарсек. Другие методы дали 76,5 и 73,6 километра в секунду на мегапарсек.

Проблемы возникают и в измерении распределения вещества во Вселенной, поскольку гравитационное линзирование дает другое значение по сравнению с измерениями микроволнового фона.

Если окажется, что несоответствие не вызвано ошибками в измерениях, то потребуются новая теория. Одно из возможных решений заключается в изменении количества темной энергии, вызывающей ускоренное расширение Вселенной.

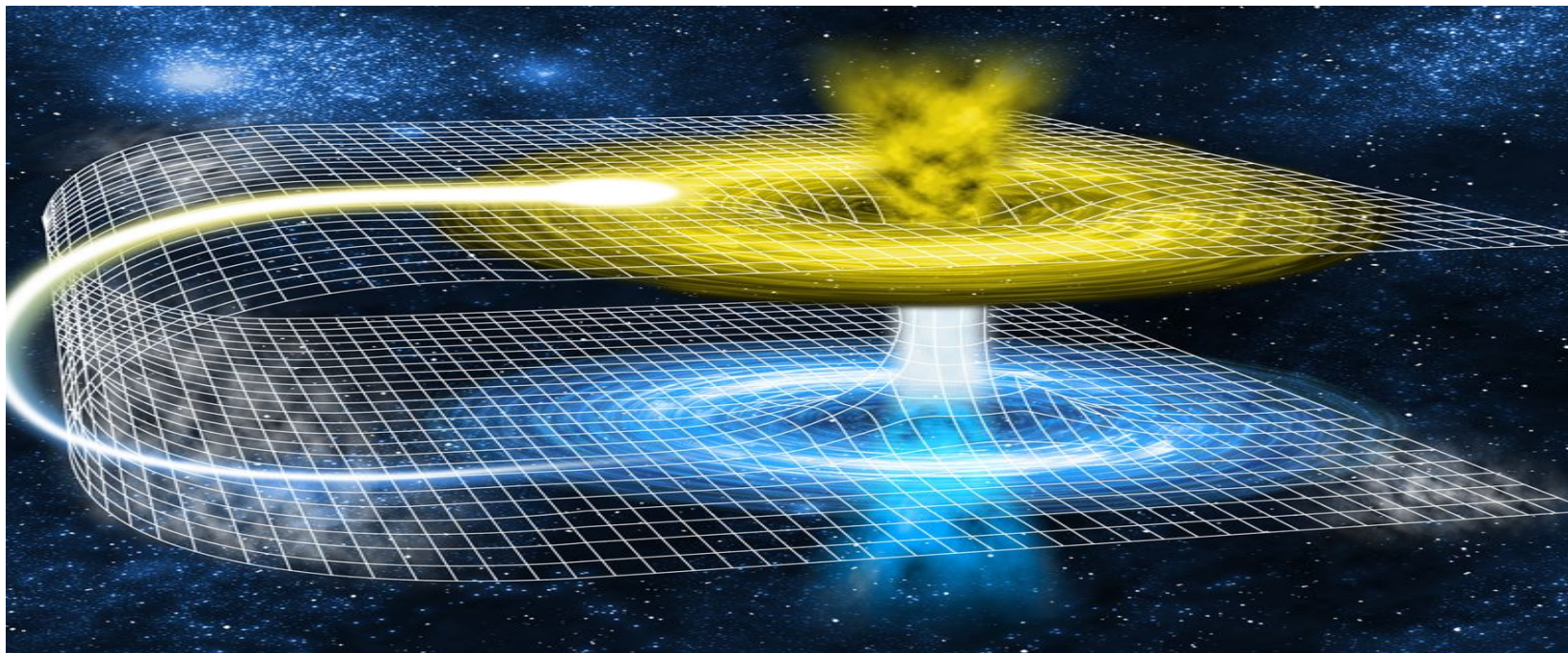
Мультиверс

- **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 – червоточи-на) 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.

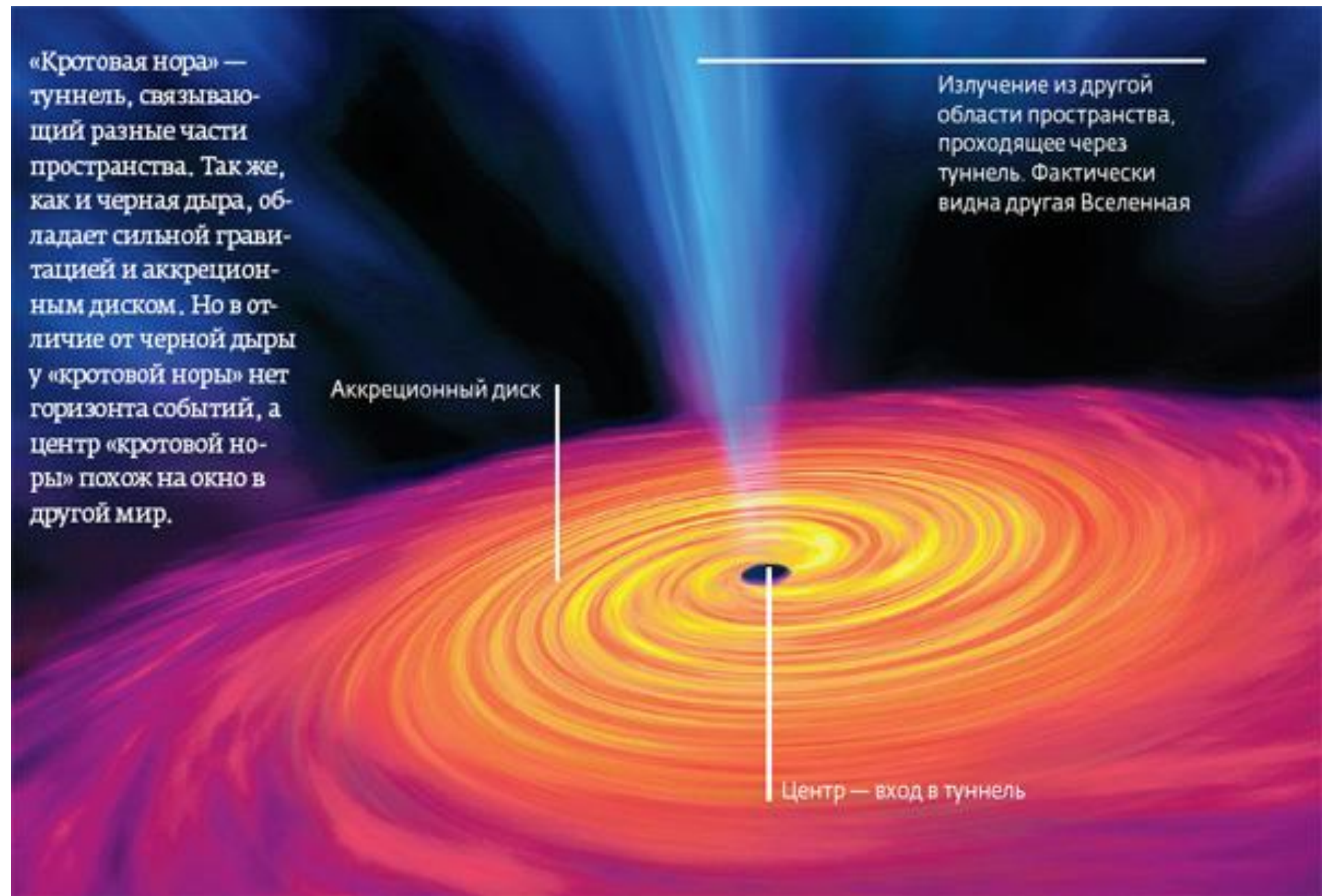


«Кротовая нора» — туннель, связывающий разные части пространства. Так же, как и черная дыра, обладает сильной гравитацией и аккреционным диском. Но в отличие от черной дыры у «кротовой норы» нет горизонта событий, а центр «кротовой норы» похож на окно в другой мир.

Аккреционный диск

Центр — вход в туннель

Излучение из другой области пространства, проходящее через туннель. Фактически видна другая Вселенная



Поиск кротовых нор:

Международный проект “РадиоАстрон”:

Запуск космического 10-метрового радиотелескопа на высоко апогейную орбиту (радиус апогея до 350 тыс. км).

Цель проекта: создание совместно с глобальной наземной сетью радиотелескопов **единой системы наземно-космического интерферометра.**

Разрешение телескопа: до 8 мкс дуги для самой короткой длины волны проекта 1,35 см.



Я спросил у мудрейшего:

“Что ты извлек из своих манускриптов?”

И мудрейший изрек:

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

Омар Хайям, Рубаи

So that is how the things are.



**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 физику 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 электрослабых взаимодействий 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). Научен физику солнечных процессов, предсказывает корреляцию нейтринного потока с солнечными вспышками (Phys. Rev. D 53 (1996) 5298). Установил пределы на массы темной материи, который являются кандидатами на частицы холодной темной материи (Phys. Rev. D 70 (2004) 113010). В 1996 г. фонда International Soros Science Education Program ему было присвоено звание Soros Associate Professor. В 2006 г. его научная биография была включена в справочник «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. его имя внесено в «25th Silver Anniversary Edition of Who's Who in the World (March 1904-Who's Who)». В 2008 г. Международный биографический центр Кембриджа внес его в список 2000 выдающихся интеллектуалов XX века. В 2012 г. биография О. М. Бояркина включена 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. Предложила резонансный пик, связанный с заронными бозонами Хиггса в сечении рассеяния высокоэнергетических нейтрино на электроны (Eur. Phys. J. C 13 (2000) 99). В рамках лево-право-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

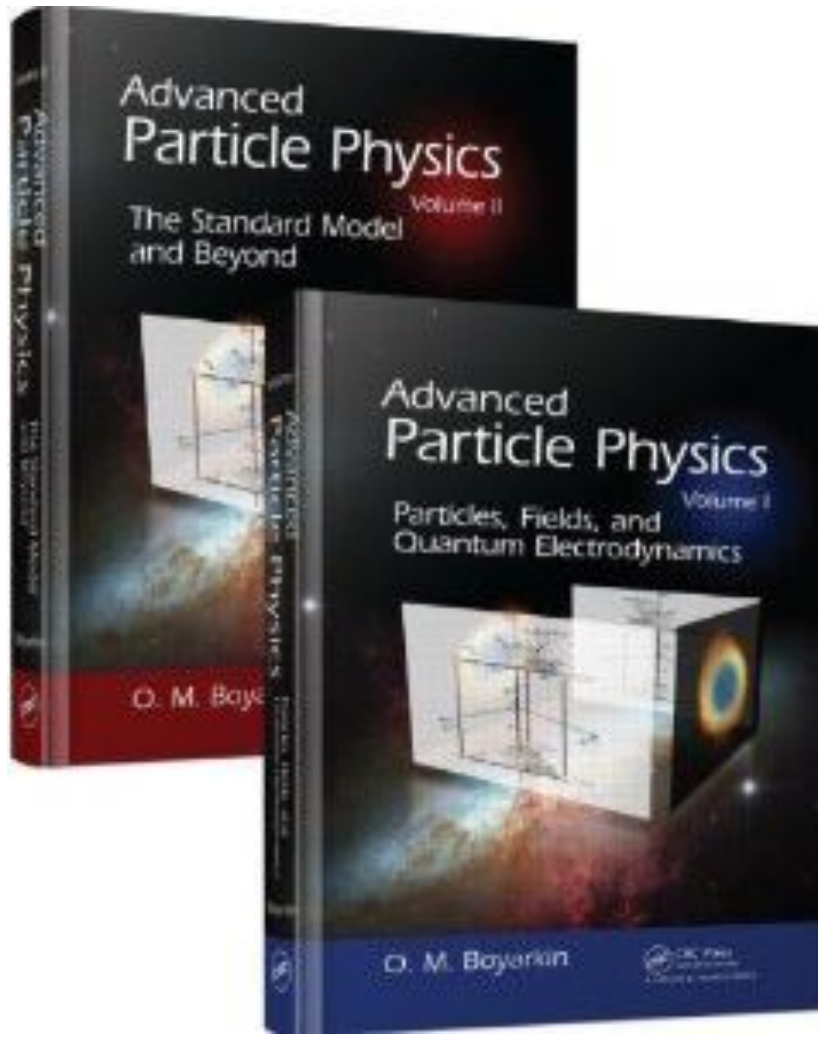


Наше издательство предлагает следующие книги:

URSS
Курское издательство
в Англии
http://URSS.ru
E-mail: URSS@URSS.ru

117335, Москва, Телефон (факс)
Михомиоский (интеркоммунальный)
проспект, 96 +7 (499) 724 25 45

Открыта сеть филиалов издательства в ряде европейских стран.
Специально подготовлены для продажи в России и странах СНГ.
Ваши заявки и предложения будут приняты и рассмотрены на территории нашей страны.
http://URSS.ru



СЦЕНАРИЙ СЛИЯНИЯ



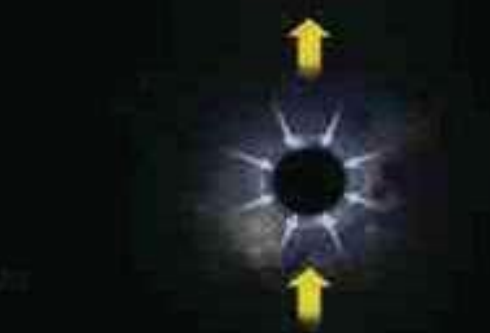
Нейтронные звезды



Черная дыра Диск



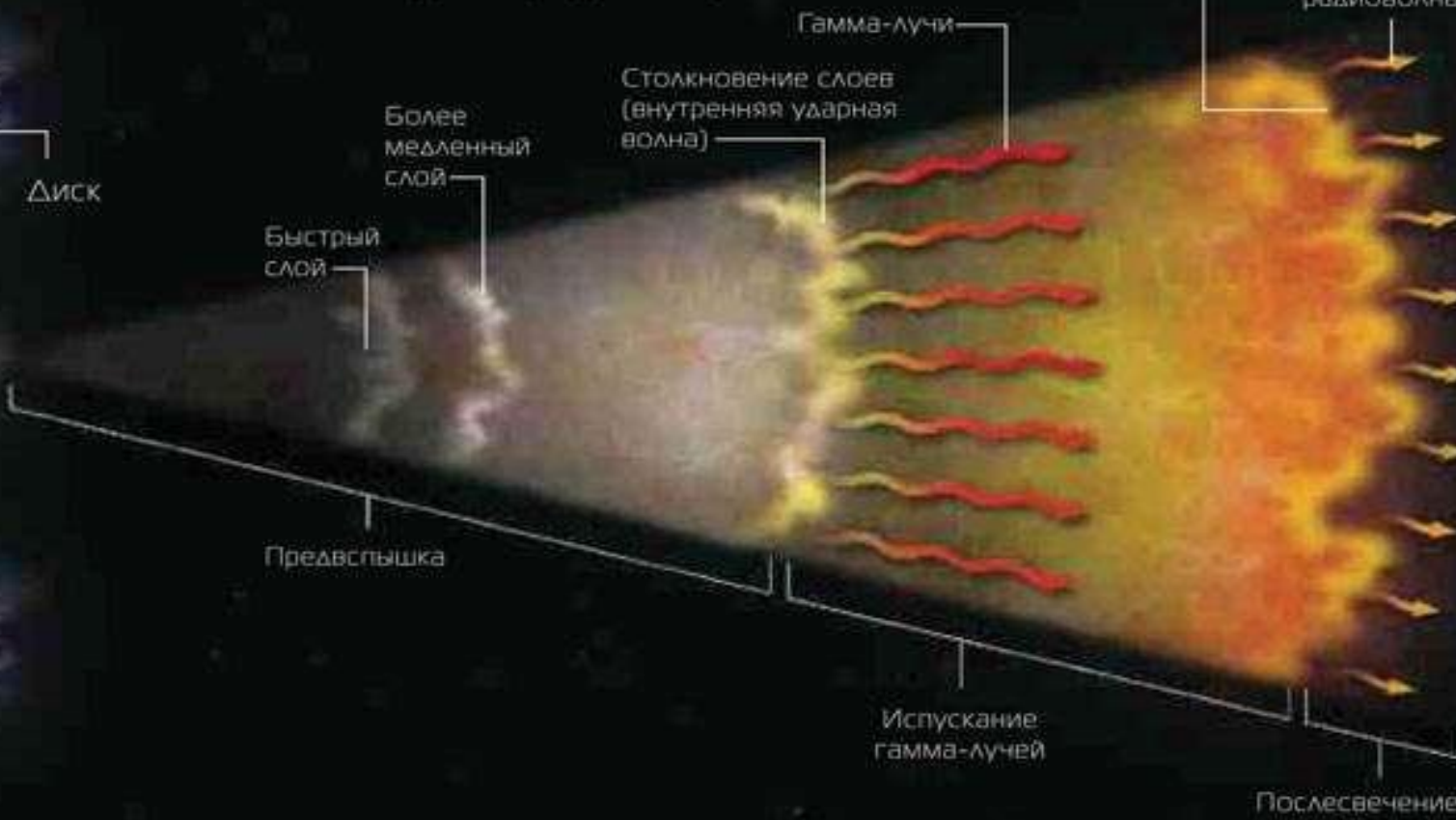
Центральный «генератор»



Массивная звезда

Рождение гамма-всплеска может начинаться либо со слияния двух нейтронных звезд, либо с коллапса массивной звезды. Оба явления порождают черную дыру и диск вещества вокруг нее. Затем система из дыры и диска выбрасывает струю вещества почти со скоростью света. Ударные волны в струе генерируют излучение.

Струя сталкивается с окружающим веществом (внешняя ударная волна)



Рентген, видимый свет, радиоволны

Гамма-лучи

Столкновение слоев (внутренняя ударная волна)

Более медленный слой

Быстрый слой

Предвспышка

Испускание гамма-лучей

Послесвечение

СЦЕНАРИЙ ГИПЕРНОВОЙ