

# ОСНОВЫ современного естествознания - 4

10. Основные принципы  
современного естествознания

11. Происхождение и структура  
Вселенной

12. Уровень элементарных частиц

Основные принципы современного естествознания

- Принцип соответствия: новая теория включает в себя предшествующую как частный (предельный) случай. Примеры: специальная теория относительности в пределе малых скоростей переходит в ньютоновскую физику, а общая теория относительности в случае малых значений гравитационного потенциала сводится к специальной

- Принцип наблюдателя: наблюдатель (в т.ч. автоматизированная измерительная система) всегда оказывает влияние на наблюдаемое, а потому образ исследуемого объекта включает характеристики проведенного наблюдения. Теория описывает не сам объект, а способ его данности наблюдателю с учетом уровня развития его познания

- Антропный принцип: необходимая связь между наблюдаемыми фундаментальными свойствами мира в целом и существованием в нем наблюдателя (человека). Слабый АП: наблюдатель, поскольку он существует, обладает привилегированным положением в мире. Сильный АП: Вселенная такова, что в ней должен был возникнуть наблюдатель.

- Принцип глобального эволюционизма: развитие всего в природе – процесс эволюционный (в т.ч. Развитие неживой материи). Единая эволюция, которая, правда, имеет особую специфику на разных своих этапах. Механическое перенесение концептов наиболее разработанной картины биологической эволюции на другие этапы неправомерно

# Основные черты картины мира

- Ограниченность познания: мир дан нам в границах нашего познания и существования, при этом он выходит за эти пределы (ненаблюдаемая Вселенная, предположительно – параллельные Вселенные).
- Движение в микро-, макро- и мегамире описывается разными законами

- Пространство и время - единый четырехмерный континуум, определяемый состоянием системы
- Пространство и время – свойства Вселенной, вместе с ней они возникают и развиваются
- Вероятностный характер закономерностей и процессов требует использования статистических, а не динамических законов

- Развитие – необратимый,  
нелинейный и неравновесный  
процесс самоорганизации  
незамкнутых систем
- Развитие Вселенной – сложный  
эволюционный процесс от  
первоначальной сингулярности до  
развитых форм человеческого  
общества
- К исследованию мира неприложимы  
классические принципы  
редукционизма и строгого  
детерминизма



- Мир состоит из микрообъектов,  
противоречиво постигаемых  
наблюдателем как волны и частицы.  
Несмотря на то, что изучение  
волновых свойств микрообъектов  
мешает регистрации корпускулярных  
значений и наоборот, они должны  
дополнять друг друга в описании  
(принцип дополнительности) и  
учетом воздействия наблюдателя.

- Полное описание  
микрообъектов невозможно,  
но даже если бы оно было  
осуществимо, то оно не  
давало универсальной основы  
для описания мира, поскольку  
более сложные системы  
невозможно свести к ним.

- Фундаментальные взаимодействия:  
гравитационное,  
электромагнитное, сильное и слабое. Вселенная – всеобъемлющая материальная система всего сущего (но дана нам как Метагалактика).

- Материя – объективно существующая реальность, предстающая в формах вещества и поля, а также в пока не идентифицированном образе темной материи и темной энергии.

# 11. Происхождение и структура Вселенной

- Вещество (форма материи, обладающая массой покоя) структурировано на микро-, макро- и мегамир.

# Основные подструктуры микромира («малый»):

- субатомный (элементарных частиц),
- атомный
- молекулярный (иногда также макромолекулярный) уровни.

- Макромир («большой») – в широком смысле (в физике) весь мир, по размерам превышающий микромир; в узком (в философии естествознания) – сфера бытия, соразмерная человеку (прежде всего – биологические уровни).

Важнейшие биологические  
подструктуры макромира:  
• (субклеточный – переходный)  
• клеточный,  
• (тканевый)  
• организменный,  
• популяционный,  
• биогеоценотический  
• биосферный уровни.



Для человека биологические  
уровни специфичны как:  
• индивидуальный,  
• групповой,  
• социально-экологический  
• ноосферный.

Сферы небесных тел (в т.ч. планетарные сферы) – переход от макромира к мегамиру: биосфера, ноосфера, а также:

- атмосфера,
- гидросфера
- литосфера.

# Мегамир:

уровень небесных тел  
(важнейшие – планеты,  
звезды, черные дыры),  
планетарные и звездные  
системы,  
галактики,  
галактические системы.

- Предел познания  
вещественной организации  
мира – Метагалактика  
(наблюдаемая часть  
Вселенной). Часть Вселенной  
– за пределами горизонта  
событий (и «сваливается»  
туда, поскольку Вселенная  
расширяется)

# Происхождение Вселенной

- Мифология – органицизм, представление об органическом происхождении (рождение) мира как живого существа;
- Религия – креационизмом, представлением, что мир сотворен божественными силами

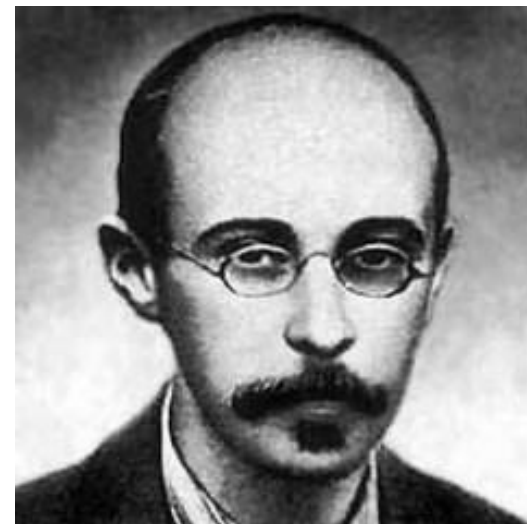
- Концепция абсолютности (стационарности) мира: Вселенная существовала всегда, оставаясь в целом неизменной или периодически меняя определенные свои характеристики (звезды, планетарные системы исчезают)

# Теория Большого взрыва

- (современная наука): Вселенная начала быстро развиваться («взорвалась») из конечного (точечного) объема («сингулярности»)



- На основе теории относительности советский математик Александр Фридман в 1922 г. предположил, что Вселенная расширяется (т.е. кривизна пространства меняется со временем), соответственно, далекие объекты динамически удаляются, что выражается в понижении частот их излучения (космологическое красное смещение).





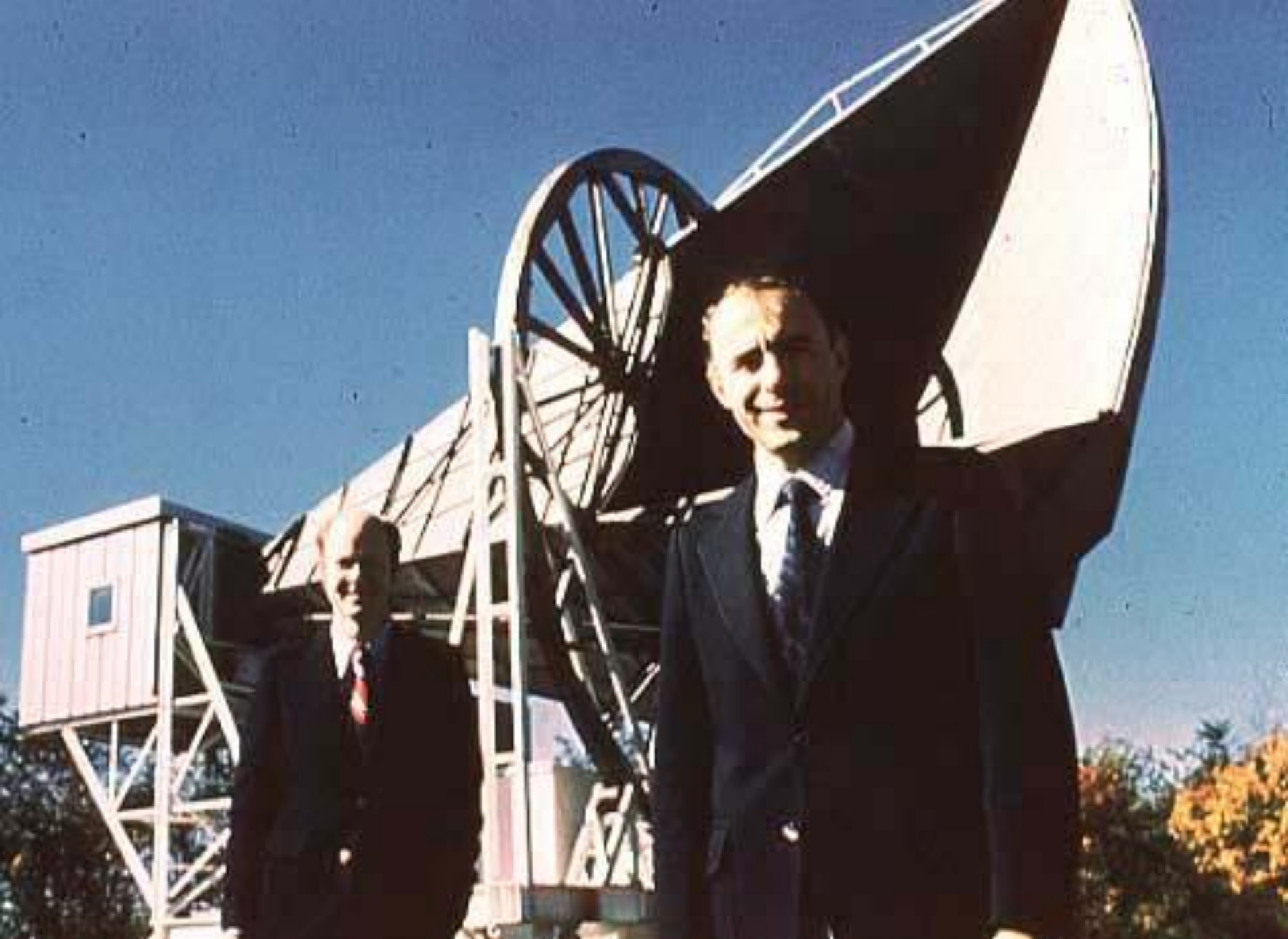
- Экстраполируя расширение в прошлое, Фридман предполагал, что либо Вселенная развивается из некоего конечного или точечного объема (сингулярности), либо пульсирует, постоянно то сжимаясь, то расширяясь (концепция пульсирующей Вселенной).

- Теория была развита бельгийским священником и ученым Жоржем Леметром в 1927 г.: вся Вселенная в начале была «первобытным атомом» или «космическим яйцом», затем она начала быстро расширяться («взорвалась»), причем от этого первоначального «взрыва» должен сохраниться температурный след. Георгий (Джорж) Гамов: реликтовое излучение должно быть около 3 К.

- Эдвин Хаббл: открытие «красного смещения» (смещение возрастает больше для далеких галактик, чем для близких – пропорционально расстоянию).



- Реликтовое излучение открыто в 1965 г. американскими учеными Арно Пензиасом и Робертом Вильсоном, а впоследствии более детальное изучение его космическими спутниками выявило его неоднородность, свидетельствующую о неравномерности распределения вещества во Вселенной уже в начальный период ее истории.



- Алан Гут: предположение о периоде крайне быстрого начального расширения Вселенной (инфляционная модель), разрешавшее ряд трудностей стандартной модели.

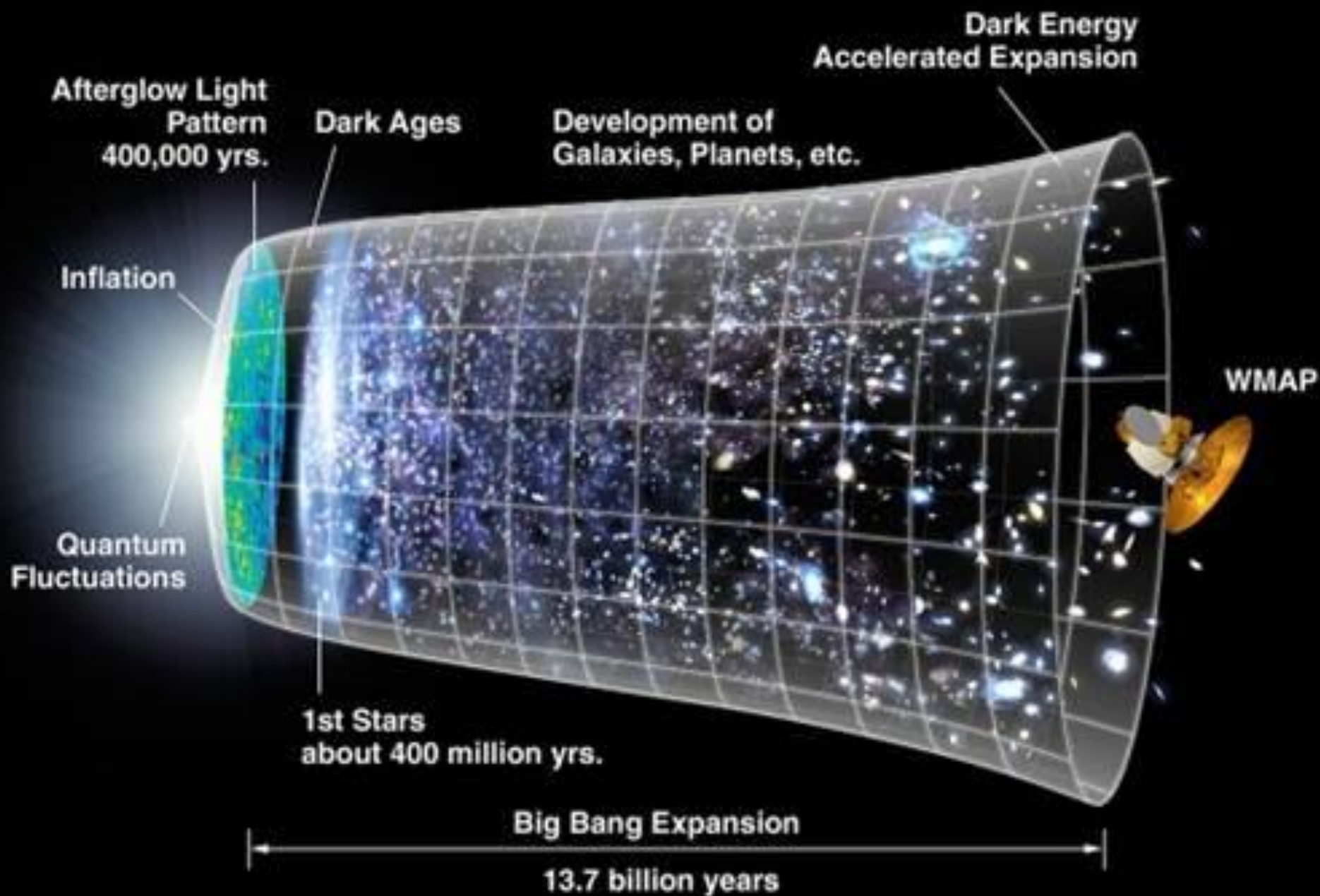
- Название английское Теории Большого взрыва (название «Big Bang theory» было предложено ее противником Фредом Хойлом в 1949 г.) также разрабатывается в теории струн, предполагающей также наличие параллельных Вселенных.

- Сегодня предполагается, что Вселенная стала расширяться из первоначального точечного состояния (сингулярности) около 13,7 миллиардов лет назад (измерения условны, т.к. пространство и время меняют свои значения в зависимости от эпохи развития Вселенной, с учетом, что Вселенная не может расширяться в какое-то внешнее пространство).



- Первоначальная  
сингулярность  
характеризовалась крайне  
высокой плотностью,  
энергией и температурой,  
понижавшимися  
(расширение и остывание) в  
ходе развития Вселенной.

- В теории Большого взрыва предполагается, что есть граница возможного физического описания истории Вселенной, так называемый планковский предел (иными словами, теория не отвечает на вопрос о собственно начале Вселенной, но только об ее последующем развитии).



# Этапы развития Вселенной

1. Планковская эпоха:  
нарушение симметрии,  
понижение температуры и  
плотности высокооднородной  
среды

2. Эпоха (разрушения) Великого объединения: отделение гравитации от объединения других взаимодействий,  
вследствие чего для описания Вселенной оказывается применимой Общая теория относительности.

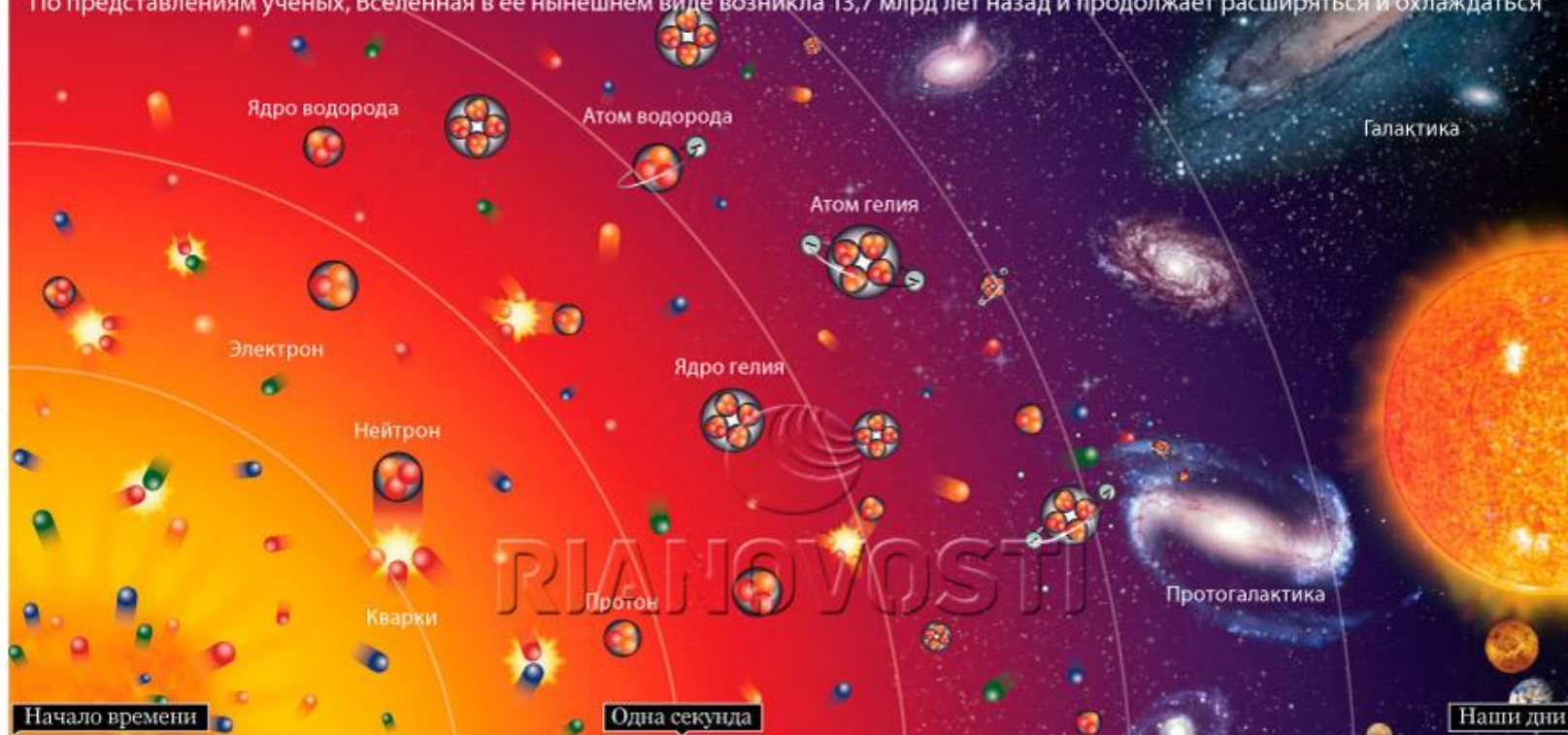
3. Эпоха Космической инфляции: экспоненциальное расширение, образуется неоднородная кварк-глюонная плазма, прото-вещество.

- 4. Формирование из плазмы барионов (в т.ч. нейтронов и протонов) при нарушении симметрии, причем количество образующейся материи превалировало над антиматерией, что не дало всему веществу аннигилировать.



# Теория Большого взрыва: загадки и подробности

Большой взрыв – гипотетическое начало расширения Вселенной, перед которым Вселенная находилась в сингулярном состоянии.\* По представлениям ученых, Вселенная в ее нынешнем виде возникла 13,7 млрд лет назад и продолжает расширяться и охлаждаться



Начало времени		Одна секунда				Наши дни
$10^{-43}$ сек.	$10^{-32}$ сек.	$10^{-6}$ сек.	3 мин.	300000 лет	1 миллиард лет	15 миллиардов лет
Температура	$10^{27}$ °C	$10^{13}$ °C	$10^8$ °C	$10000$ °C	-200 °C	-270 °C

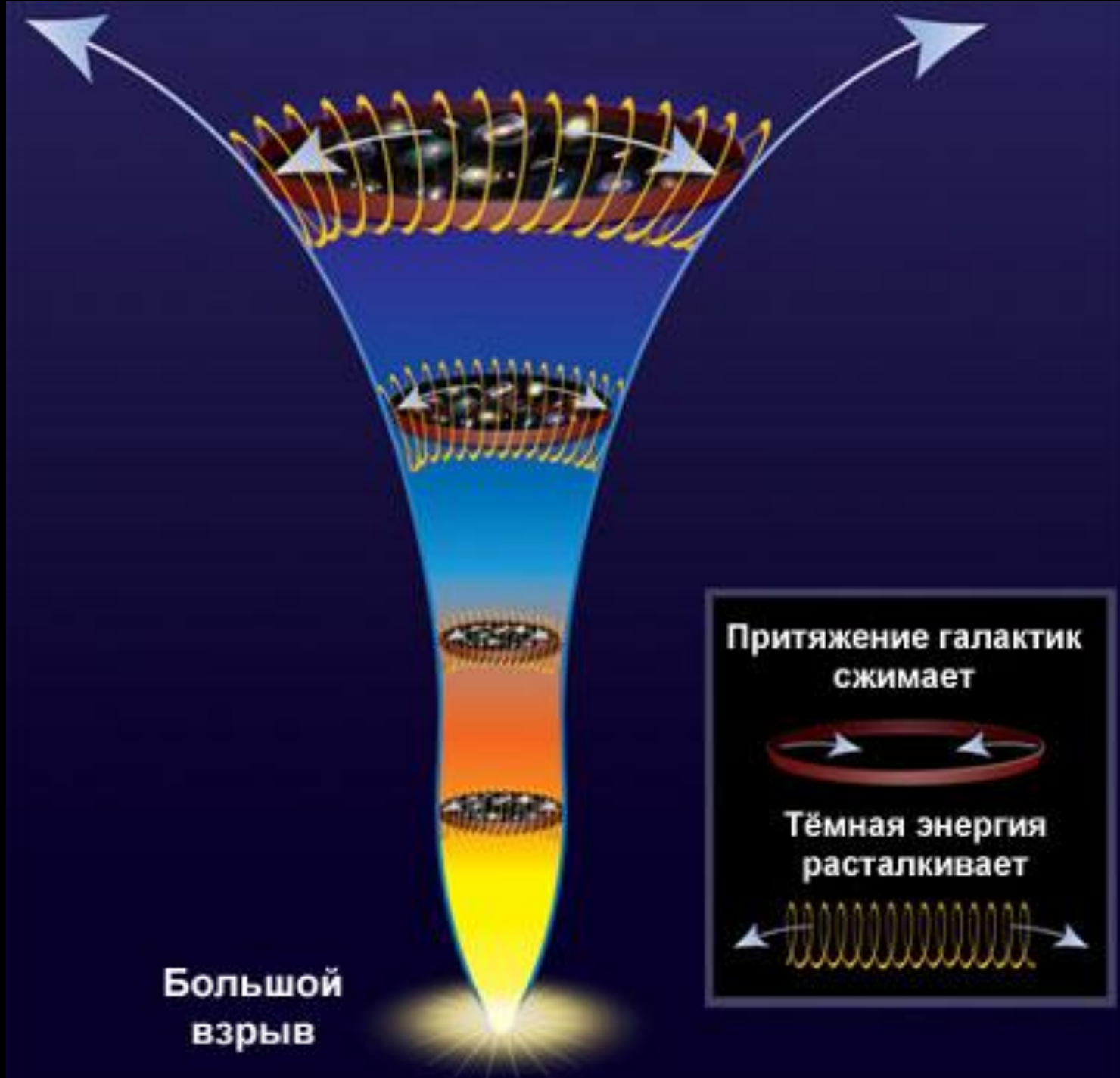
- 1** Космос переживает сверхбыстрое инфляционное (от лат. *inflatio* – *вздутие*) расширение, расширившись в 1050 раз за долю секунды
- 2** Расширение замедляется. Вселенная представляет собой кипящий «суп» из электронов, кварков и других элементарных частиц
- 3** Быстро остывающий космос позволяет кваркам объединяться в протоны и нейтроны
- 4** Горячие для объединения в атомы, заряженные электроны и протоны препятствуют испусканию света. Вселенная – сверхгорячий туман
- 5** Электроны с протонами и нейтронами образуют атомы, чаще всего водорода и гелия
- 6** Водород и гелий образуют гигантские «облака», которые впоследствии станут галактиками. Разрушенные мелкие скопления газа приводят к появлению первых звезд
- 7** Галактики объединяются в скопления. Первые звезды умирают и извергают в космос тяжелые элементы, которые в итоге образуют новые звезды и планеты



- В кварковую эпоху окончательно разделяются все взаимодействия, а затем наступает фаза нуклоносинтеза (протонный период), в которую формируются ядра изотопов водорода и гелия.

- Эра рекомбинации и реионизации:  
Эпоха Темных веков: гравитация становится доминирующим взаимодействием и образуются первые атомы водорода в ходе захвата ионами электронов, что сделало материю прозрачной для собственного излучения (именно к этой эре рекомбинации относится дошедшее до нас реликтовое излучение).

- Эпоха вещества: Первые звезды, квазары и галактики. На звездах или в результате их гибели из водорода и гелия возникают другие химические элементы



Большой  
взрыв

Притяжение галактик  
сжимает



Тёмная энергия  
расталкивает



# Сценарии будущего Вселенной

- Если Вселенная пульсирует, то она начнет сжиматься.
- Более вероятным (соответствующим наблюдаемой сегодня инфляции) считается сценарий, по которому расширение Вселенной приведет к вырождению и испарению звезд, черных дыр и диссоциации вещества в целом (холодная смерть Вселенной).

# Микромир

- Элементарные частицы квалифицируются как целостные мельчайшие (субатомные) части вещества.

- Некоторые элементарные частицы (как электрон или фотон) считаются бесструктурными, неразложимыми на более мелкие частицы, другие обладают внутренней структурой (например, протон и нейтрон состоят из кварков).

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

		000 <sup>0</sup> Фазон Razon					
		-3	-2	-1	+1	+2	+3
1 ЛЕГКИЙ ЗАРЯД LEIGHTY CHARGE	0 ВЯКА WEAKNESS	$-100^{-9}$ $\phi^-$ Антигравитон Antigraviton	$0 \cdot 10^{-3}$ $\gamma^-$ Антифотон Antiphoton	$00 \cdot 1^{-1}$ $\eta^-$ Заряд "минус" Minus	$001^{+1}$ $\eta^+$ Заряд "плюс" Plus	$010^{+3}$ $\gamma^+$ Фотон Photon	$100^{+9}$ $\phi^+$ Гравитон Graviton
		И Е Л П Н Т К +3 -3	$1 \cdot 10^{+6}$ $\nu^-$ Антинейтрино Antineutrino	$10 \cdot 1^{+8}$ $\chi^-$ Антиконденсон Anticondenson	$101^{+10}$ $\chi^+$ Конденсон Condenson	$110^{+12}$ $\nu^+$ Нейтрино Neutrino	Поля
+2 фаза	$01 \cdot 1^{-12}$ $\delta^-$ U-магнитон U-magniton		$011^{+4}$ $\delta^+$ S-магнитон S-magniton	$\delta^-$ & $\delta^+$ – магнитное $\nu^-$ & $\nu^+$ – гравитационное $\chi^-$ & $\chi^+$ – электростатическое $(\nu^-$ & $\nu^+)$ – электромагнитное			
	-2		$0 \cdot 1 \cdot 1^{-4}$ $b\delta^-$ Чёрный U-магнитон Black U-magniton	$0 \cdot 11^{-2}$ $b\delta^+$ Чёрный S-магнитон Black S-magniton			
К В Л +3 -3	-3	$-1 \cdot 10^{-12}$ $b\nu^-$ Чёрное антинейтрино Black antineutrino	$-10 \cdot 1^{-10}$ $b\chi^-$ Чёрный антиконденсон Black anticondenson	$-101^{-8}$ $b\chi^+$ Чёрный конденсон Black condenson	$-110^{-6}$ $b\nu^+$ Чёрное нейтрино Black neutrino		
		Ключ	в о к о т у ы т н л в к	$11 \cdot 1^{+11}$ $e^-$ Электрон Electron	$111^{+13}$ $e^+$ Позитрон Positron	К периодической системе химических элементов ДИ Менделеева $+24 e^-$ & $e^+$ – электрический ток	
Элементарный номер, тротонный десятичный Степень реальности Обозначение Квантовый заряд	Фаза	+3, -2	$1 \cdot 1 \cdot 1^{-5}$ $b_e^-$ Чёрный электрон Black electron	$1 \cdot 11^{+7}$ $b_e^+$ Чёрный позитрон Black positron			
			-3, +2	$-11 \cdot 1^{-7}$ $\nu_e^-$ Виртуальный электрон Virtual electron	$-111^{-5}$ $\nu_e^+$ Виртуальный позитрон Virtual positron		
Название / Name	-3, -2	-3, -2	$-1 \cdot 1 \cdot 1^{-13}$ $w_e^-$ Призрак электрона Prisrack electron	$-1 \cdot 11^{+11}$ $w_e^+$ Призрак позитрона Prisrack positron	Общий закон взаимодействий		
			$F = [G, b, l] \frac{K^{(1)} K[m, l, c] K^{(2)} K[m, l, c]}{r^2}$				



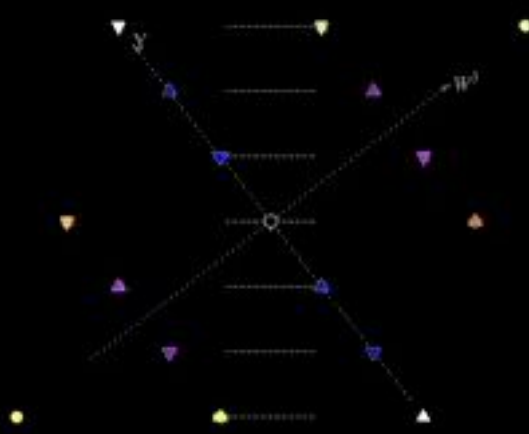
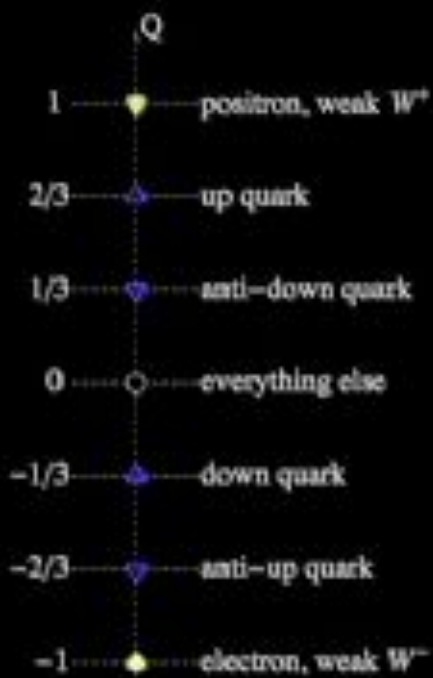
# Свойства элементарных частиц

- В определенных условиях элементарные частицы могут превращаться друг в друга или излучать друг друга, почти все элементарные частицы (помимо нейтральных) имеют античастицы, при встрече с которыми они аннигилируют (исчезают).

- **Ва́куум** (от лат. *vacuum* — пустота) — пространство, свободное от вещества.
- **Физический вакуум** - низшее (основное) энергетическое состояние квантованного поля, обладающее нулевыми импульсом, моментом импульса и другими квантовыми числами.

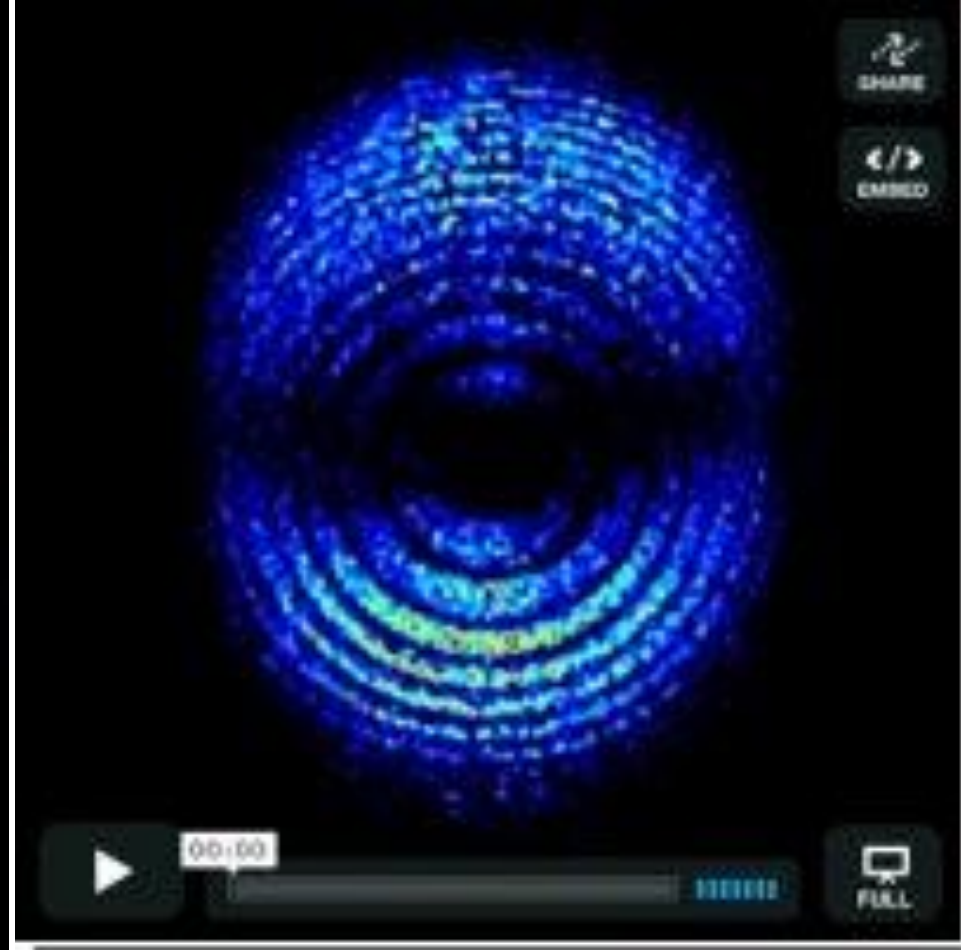
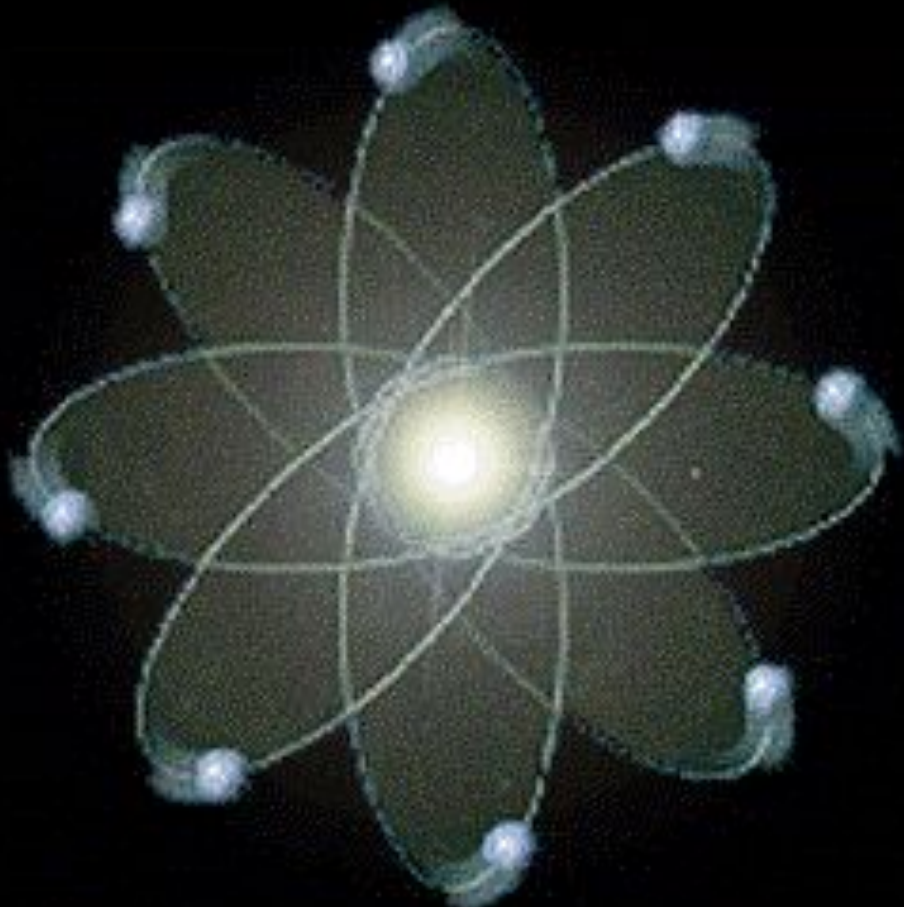
- Это – не всегда пустота:  
поле в низшем состоянии  
может быть, например,  
полем квазичастиц в  
твердом теле или даже в  
ядре атома, где плотность  
чрезвычайно высока.

- В вакууме постоянно рождаются и исчезают виртуальные частицы (кванты релятивистских волновых полей, участвующих в вакуумных флуктуациях, частицы, возникающие в промежуточных состояниях процессов перехода и взаимодействия частиц): происходят так называемые нулевые колебания полей. Следует отличать физический вакуум от технического (сильно разреженного газа)



- Важнейшими свойствами частиц предстают время жизни, масса, спин, возможность взаимодействия, электрический заряд, существуют также дополнительные особые для частиц характеристики.

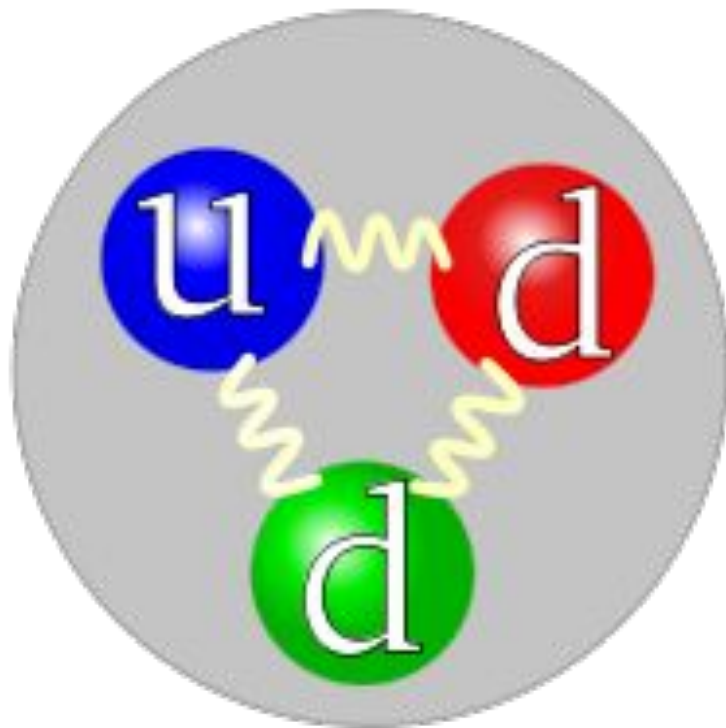
- По времени жизни частицы делятся на стабильные и нестабильные. Стабильные частицы (электрон, протон, фотон и нейтрино) характеризуются длительным временем существования, нестабильные (большинство элементарных частиц) характеризуются малым временем жизни.



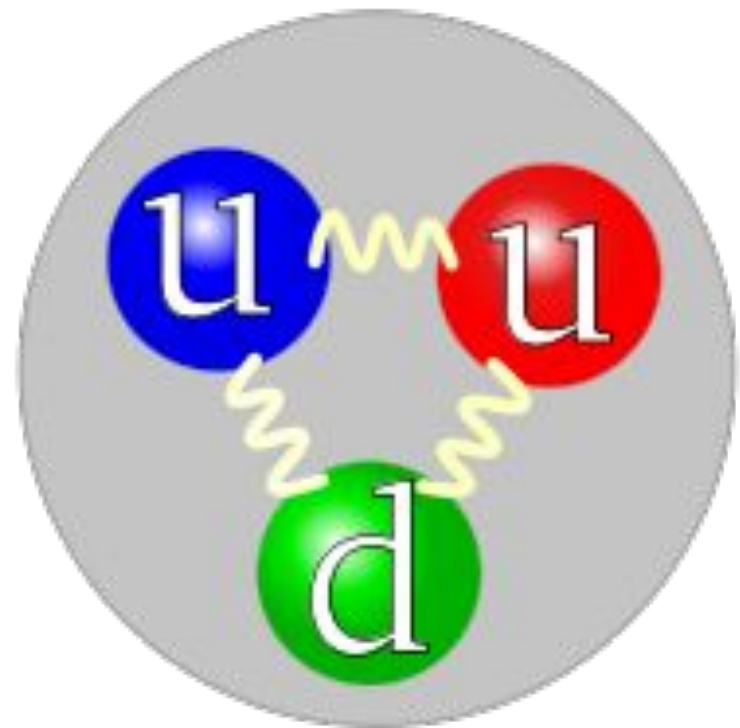


- Нейтрон имеет промежуточный статус, поскольку в ядре атома он характеризуется стабильностью, а в свободном состоянии — быстро распадается.

Кварковая  
структура  
нейтрона



- Кварковая  
структура  
протона



- Спин – имеющий квантовую природу собственный момент импульса элементарных частиц, не связанный с перемещением частицы как целого.

- При нулевом спине частица при любом повороте выглядит одинаково (бозон Хиггса), частицы со спином 1 (например, фотон) принимают тот же вид после полного оборота.



**Поль Дирак**



**Вольфганг Паули**

- Частица со спином 2 (предположительно гравитон) – через пол-оборота, а частица со спином  $\frac{1}{2}$  (протон, нейтрон и электрон) – после двух оборотов.

- Имеющие целый спин (0, 1, 2) элементарные частицы называются бозонами (калибровочные бозоны и составные мезоны), имеющие полу-целый ( $1/2, 3/2$ ) – фермионы.

- Фермионы – основные строительные блоки материи, делятся также на элементарные (кварки и лептоны) и составные (протоны, нейтроны и пр.). По отношению к ним справедливо, что в одном квантовом состоянии может находиться не более одной частицы (принцип Паули)



- **Элементарные бозоны – чаще всего незаряженные (помимо  $W^\pm$ ) кванты калибровочных полей, могут в неограниченном количестве находиться в одном квантовом состоянии.**

- При их помощи осуществляется взаимодействие элементарных фермионов (фотон переносит электромагнитное взаимодействие, глюоны – сильное,  $W^{\pm}$  - и  $Z$ -бозоны – слабое; гипотетически предполагается гравитон, передающий гравитационное взаимодействие) и составные (мезоны – двухкварковые связанные состояния).



LARGE HADRON COLLIDER

- Элементарные частицы характеризуются разной массой покоя – от нулевой (фотон) и сверхлегкой (электрон) до сверхтяжелых  $W$ - и  $Z$ -бозонов.

Шрёдингер, Эрвин



**Кот Шрёдингера** (кошка Шрёдингера) — объект мысленного эксперимента (кошка Шрёдингера) — объект мысленного эксперимента, предложенного Эрвином Шрёдингером (кошка Шрёдингера) — объект мысленного эксперимента,

- «Текущая ситуация в квантовой механике»: «Можно построить и случаи, в которых довольно бурлеска. Некий кот заперт в стальной камере вместе со следующей адской машиной (которая должна быть защищена от прямого вмешательства кота):

- внутри счётчика Гейгера находится крохотное количество радиоактивного вещества, столь небольшое, что в течение часа может распасться только один атом, но с такой же вероятностью может и не распасться;

- если же это случится, считывающая трубка разряжается и срабатывает реле, спускающее молот, который разбивает колбочку с синильной кислотой. Если на час предоставить всю эту систему самой себе, то можно сказать, что кот будет жив по истечении этого времени, коль скоро распада атома не произойдёт.



- Первый же распад атома отравил бы кота. Пси-функция (волновая функция) системы в целом будет выражать это, смешивая в себе или размазывая живого и мёртвого кота (простите за выражение) в равных долях.

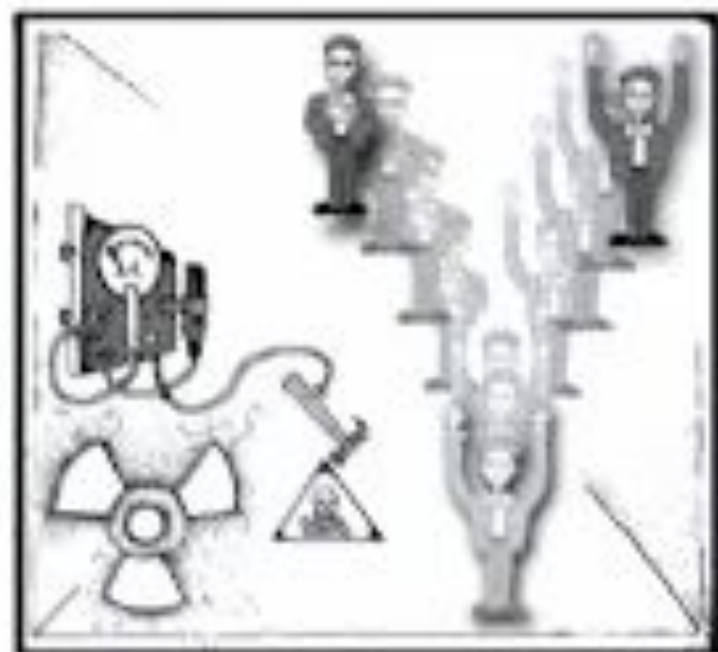
- Типичным в подобных случаях является то, что неопределённость, первоначально ограниченная атомным миром, преобразуется в макроскопическую неопределённость, которая может быть устранена путём прямого наблюдения.

- Это мешает нам наивно принять «модель размытия» как отражающую действительность. Само по себе это не означает ничего неясного или противоречивого. Есть разница между нечётким или расфокусированным фото и снимком облаков или тумана». [\[2\]](#).

- Согласно квантовой механике, если над ядром не производится наблюдение, то его состояние описывается суперпозицией (смешением) двух состояний — распавшегося ядра и нераспавшегося ядра, следовательно, кот, сидящий в ящике, и жив, и мёртв одновременно.

- Если же ящик открыть, то экспериментатор может увидеть только какое-нибудь одно конкретное состояние — «ядро распалось, кот мёртв» или «ядро не распалось, кот жив».





- **Поскольку** в микромире известны четыре вида взаимодействий (сильное (ядерное), электромагнитное, слабое и гравитационное), то по способности к ним элементарные частицы делятся на классы адронов (и составляющих их кварков), вступающих во все взаимодействия, и лептонов, не вступающих в сильное взаимодействие.



- Лептоны несоставные, имеющие полу-целый спин ( $1/2$ ) и не вступающие в сильное взаимодействие (электрон, мюон и нейтрино, а также их античастицы).

- Число адронов, составных частиц, вступающих во все взаимодействия, исчисляется сотнями. Помимо нейтрона и протона адроны являются нестабильными, причем большинство из них – резонансы, которые распадаются столь быстро, что их практически невозможно зафиксировать.

- По своей составу адроны делятся на барионы (состоят из трех кварков) и мезоны (включают в себя пару (или пары) кварк-антикварк). Наиболее важными барионами являются протоны и нейтроны, формирующие ядра атомов и составляющие большую часть видимой материи во Вселенной