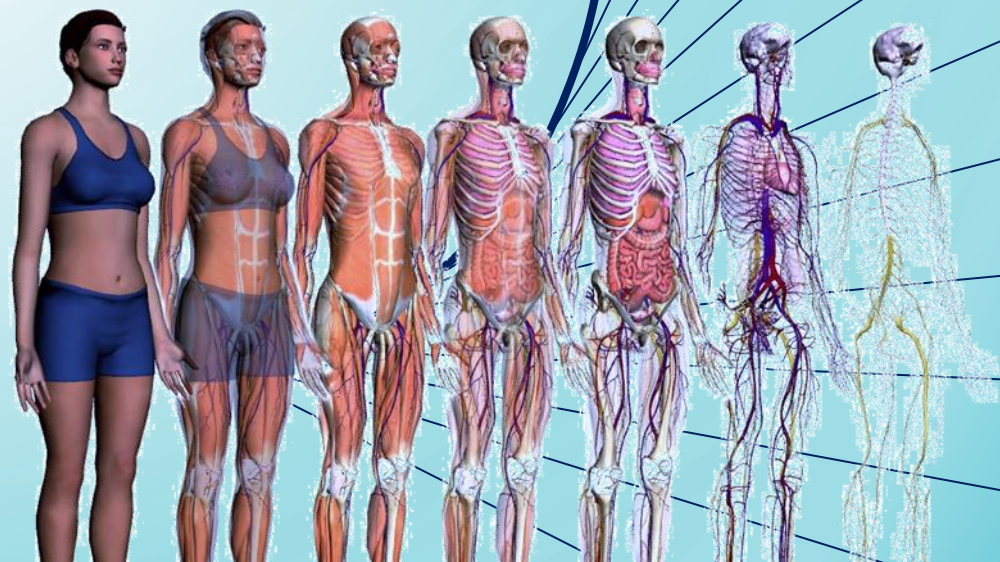


Единство человека

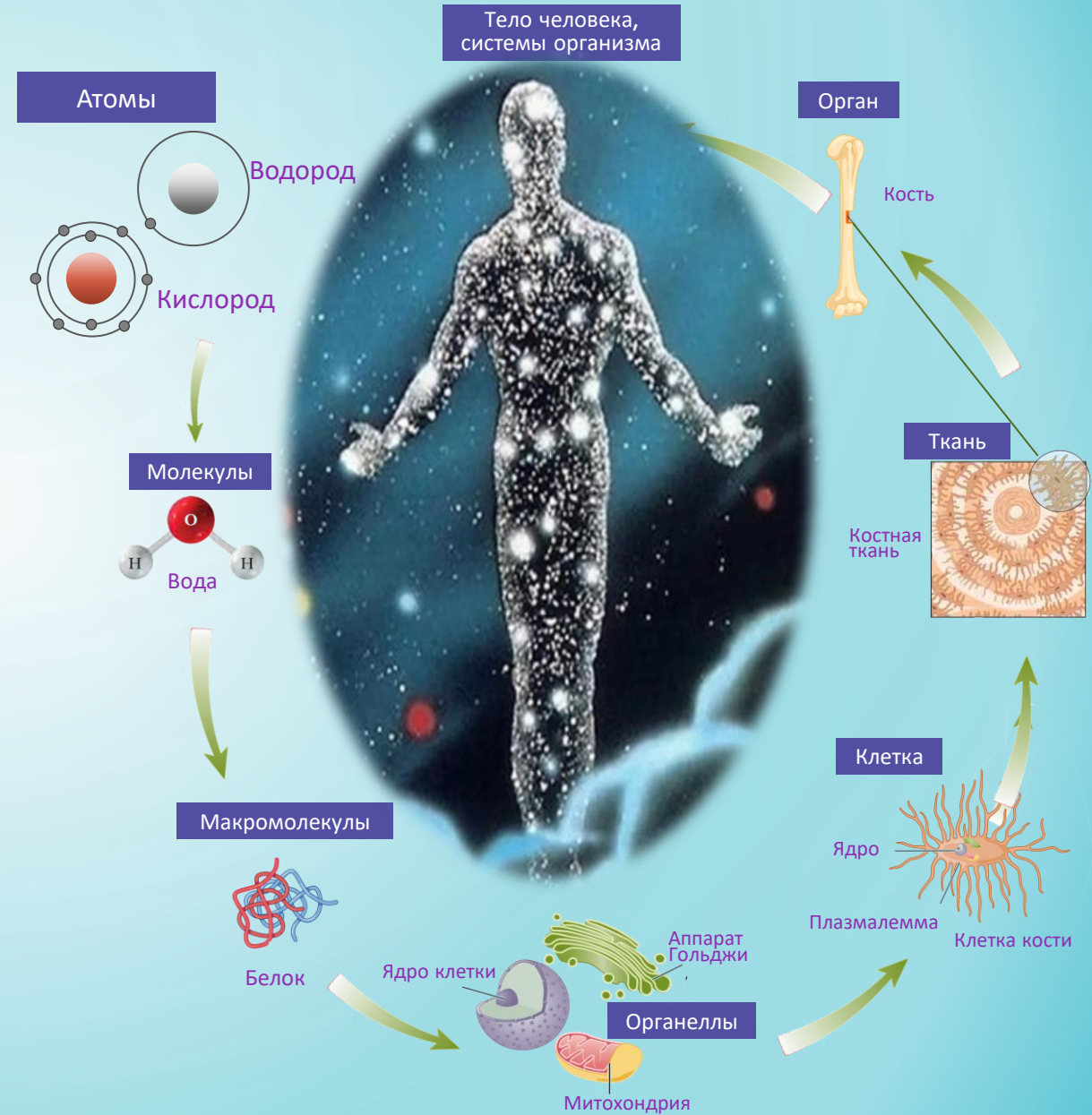
Часть 1.2.
Что есть человек с позиции Физика?





ЧТО ЕСТЬ ЧЕЛОВЕК С ПОЗИЦИИ ФИЗИКА?

На квантовом уровне вся материя представляет собой энергию, и человек – не исключение.



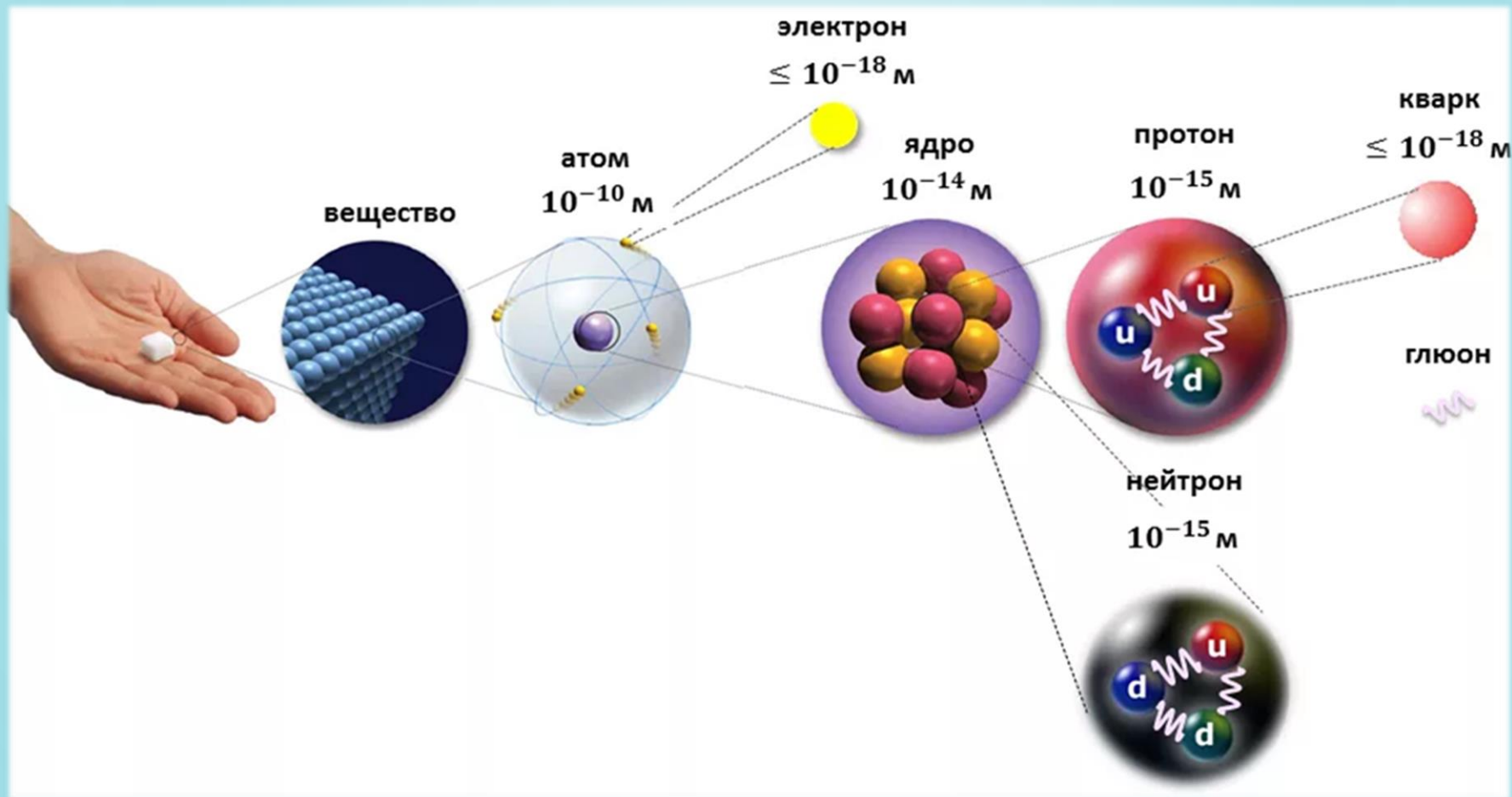
ЧТО ЕСТЬ ЧЕЛОВЕК С ПОЗИЦИИ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ?

Квантовая физика – наука о бесконечно малом, то есть об атомах и элементарных частицах, это наука об атомном и субатомном мире, который обладает свойствами не соответствующими традиционным представлениям, но именно она подводит нас к более глубокому пониманию человека, к энергетическим аспектам и безграничным возможностям для психической и физической терапии.



«Мы живем в мире, где все что видим, представляет собой верхушку айсберга. Необозримую верхушку айсберга квантовой механики». Д.Хэгелин

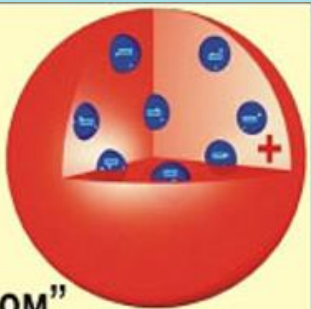
Все тела состоят из атомов – маленьких частиц, которые прибывают в бесконечном движении и взаимодействуют между собой. Рука человека, кусочек сахара и все, что мы видим, состоит из атомов



Еще древние греки предположили, что вещество Вселенной состоит из мельчайших неделимых частиц – атомов. Атом – от др.-греч. ἄτομος – неделимый, неразрезаемый. И обозначало частицу, которая не делится на меньшие части. Научное представление об атоме постоянно развивается...

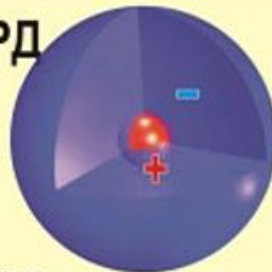
Эволюция представлений физики об атомах

Д. ТОМСОН
1895



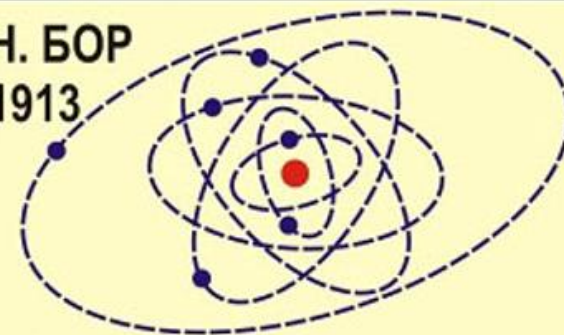
Модель
"Булка с изюмом"

Э. РЕЗЕРФОРД
1911



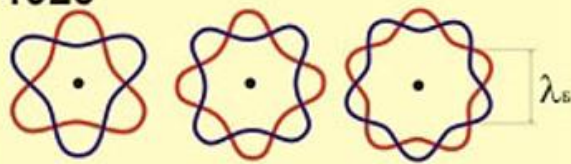
Ядерная модель

Н. БОР
1913



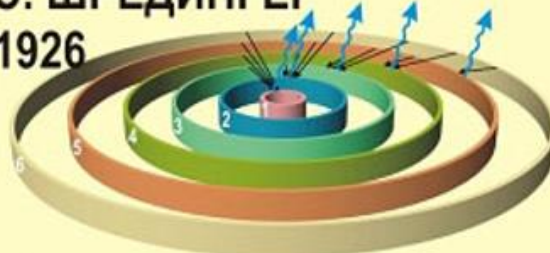
Планетарная модель

Л. ДЕ БРОЙЛЬ
1923



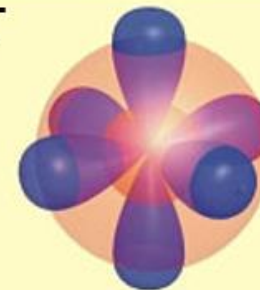
Волновая модель

Э. ШРЕДИНГЕР
1926



Квантово-механическая модель

Г. УАЙТ
1931



Орбитальная модель

Эволюция представлений физики об атомах

До конца XIX века атомы считались неделимыми «элементами». Открытие радиации позволило Резерфорду проникнуть под «оболочку» атома. Была сформулирована планетарная теория строения атома, согласно которой основная масса атома сосредоточена в ядре. Положительный заряд ядра компенсируется отрицательно заряженными электронами, размеры которых настолько малы, что их массой можно пренебречь. Электроны вращаются вокруг ядра по орбитам, подобно вращению планет вокруг Солнца.

Постепенно становилось все более ясно: вращение электронов по орбитам вокруг ядра атома совершенно не похоже на вращение планет вокруг звезды. Обладая волновой природой, электроны описываются в терминах вероятности. Мы не можем сказать об электроне, что он находится в такой-то точке пространства, мы можем только описать примерно, в каких областях он может находиться и с какой вероятностью. Вокруг ядра электроны формируют «облака» таких вероятностей от простейшей шарообразной до весьма причудливых форм.

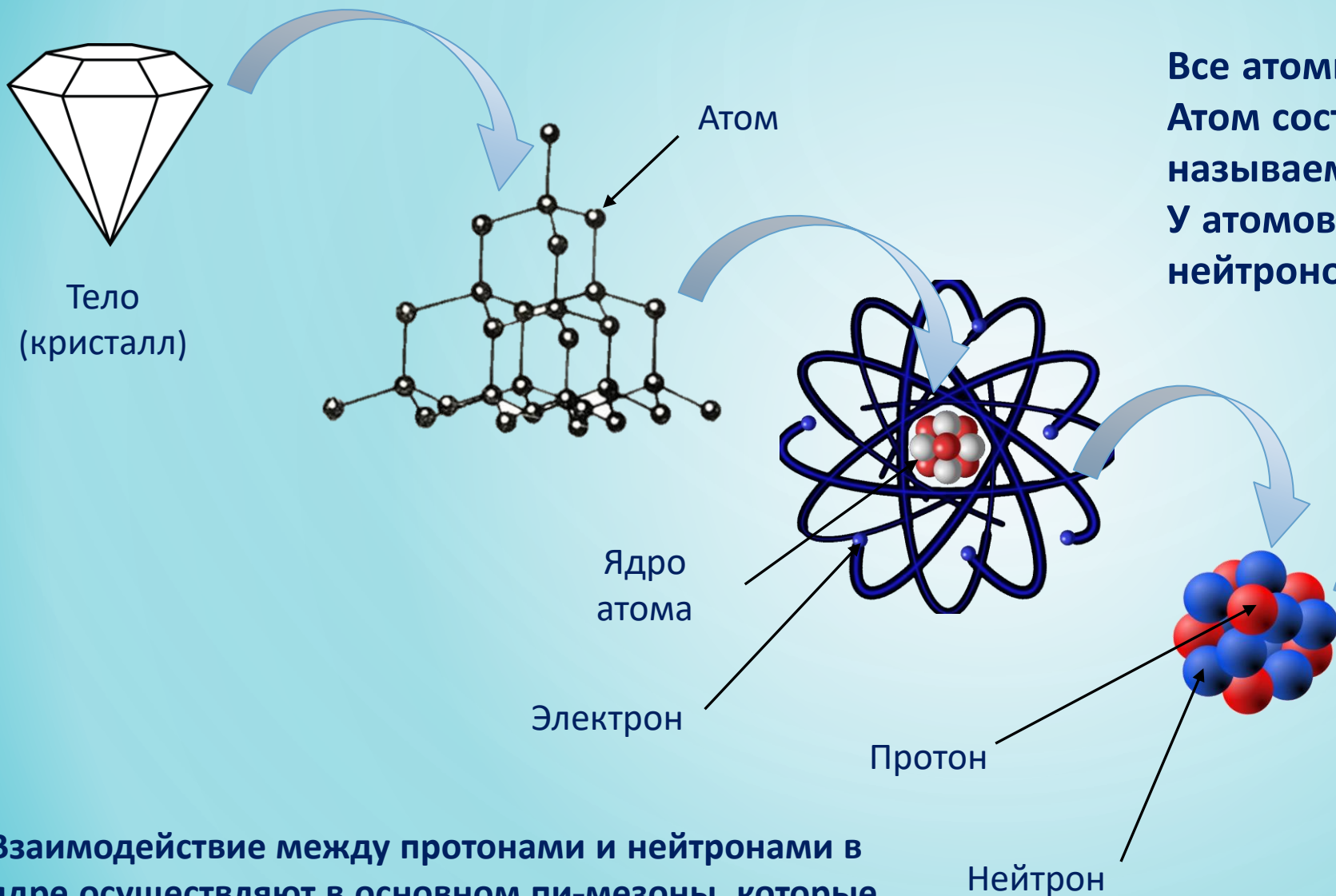
Как соотносятся размеры атомов и их составных частей?



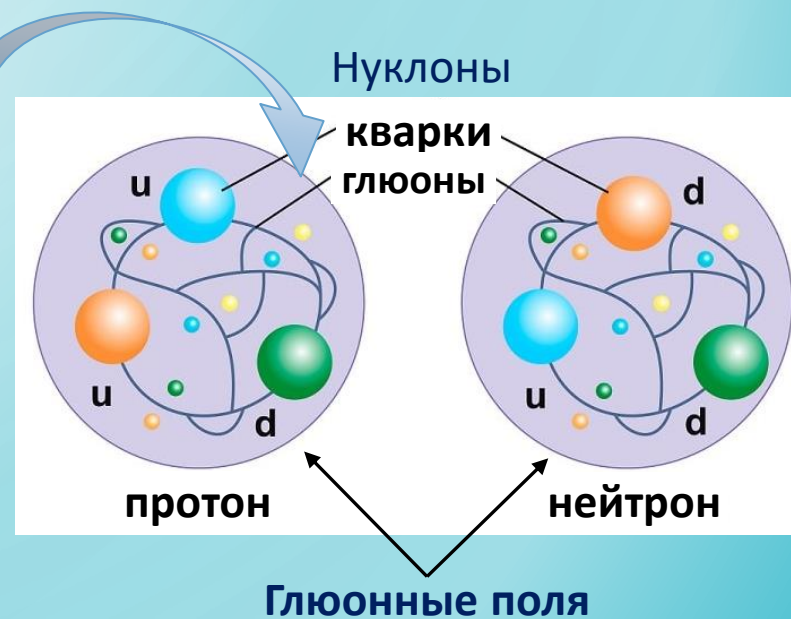
«Если представить, что атом – это футбольное поле, то мяч, помещенный в центр газона – это его ядро, на месте каждой трибуны – вероятно, будет находиться электрон, совершающий обороты вокруг мяча (ядра). Ближайший футбольный стадион – другой атом – будет находиться в соседнем городе, между ними – пустота, ее больше всего».

Р.Рассело

Современная модель строения атома

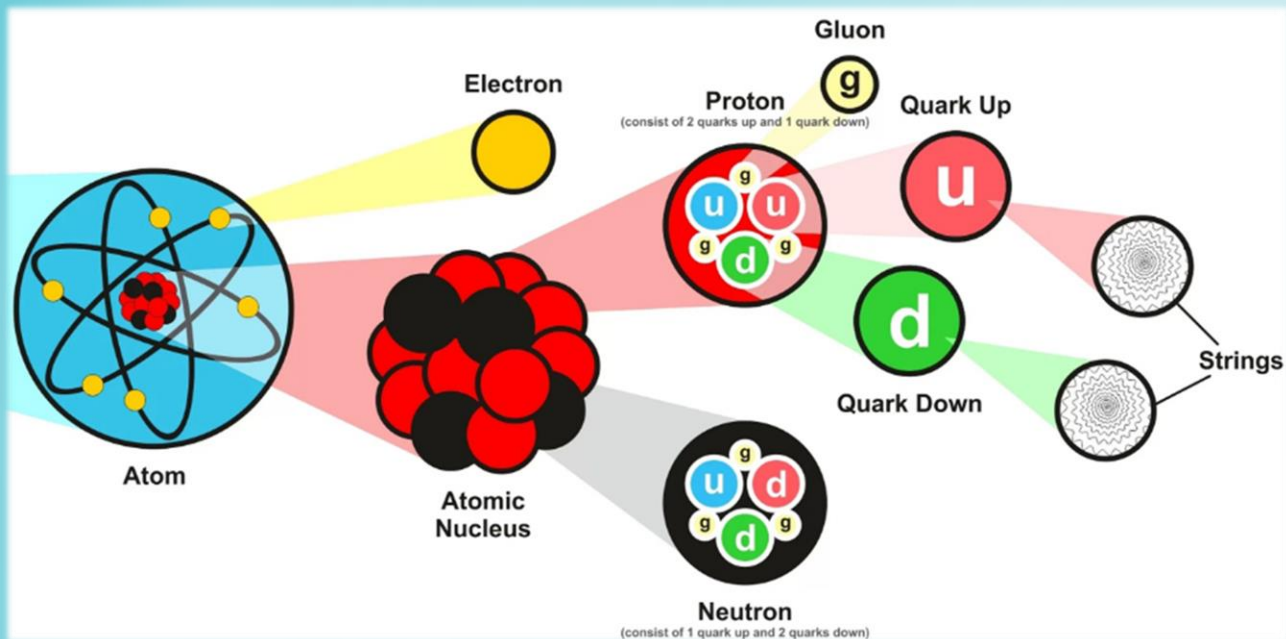


Все атомы имеют одинаковую структуру. Атом состоит из более мелких частиц, называемых субатомными частицами. У атомов есть ядра из протонов и нейтронов, окруженные электронами.



Взаимодействие между протонами и нейтронами в ядре осуществляют в основном пи-мезоны, которые представляют собой кванты ядерного поля. При распаде нейтронов появляются нейтрино.

Современная модель строения атома. Из чего состоят атомы?



Каждый протон и нейтрон внутри ядра атома состоит из трех кварков и глюонов. Глюон (от англ. gluon, от glue - клей) – элементарная безмассовая частица, переносчик сильного взаимодействия.

Кварки – «кирпичики мироздания»

В 70-е гг. было установлено, что все сильно взаимодействующие частицы состоят из субэлементарных частиц – кварков шести видов.



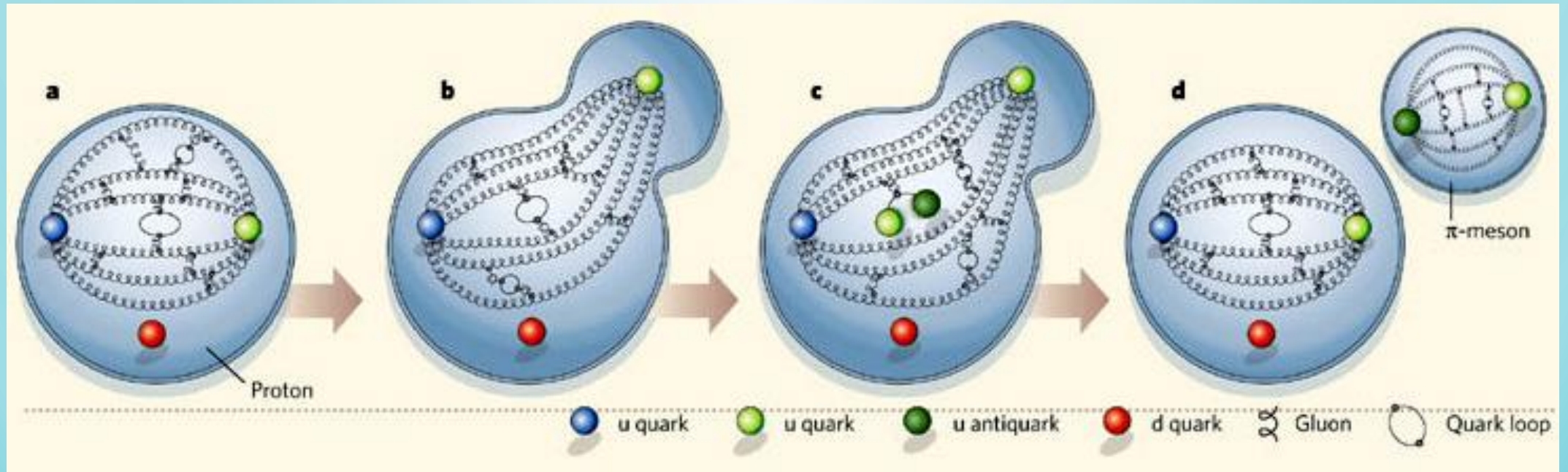
Кварки – «кирпичики мироздания»

ВЕРХНИЙ  u Электрический заряд: $+2/3$ Масса: 2 МэВ Входят в состав атомного ядра; два верхних кварка и один нижний образуют протон	ОЧАРОВАННЫЙ  c Электрический заряд: $+2/3$ Масса: 1,25 ГэВ Нестабильный более тяжелый родственник верхнего кварка; компонента J/Ψ частицы, которая помогла разработать Стандартную модель	ИСТИННЫЙ  t Электрический заряд: $+2/3$ Масса: 171 ГэВ Самая тяжелая из известных частиц, сравнима по массе с атомом осмия. Время жизни составляет примерно 10^{-25} с
НИЖНИЙ  d Электрический заряд: $-1/3$ Масса: 5 МэВ Входят в состав атомного ядра: два нижних кварка и один верхний образуют нейтрон	СТРАННЫЙ  s Электрический заряд: $-1/3$ Масса: 95 МэВ Нестабильный более тяжелый родственник нижнего кварка; входит в состав хорошо изученной частицы - каона	ПРЕЛЕСТНЫЙ  b Электрический заряд: $-1/3$ Масса: 4,2 ГэВ Нестабильная и еще более тяжелая копия нижнего кварка; входит в состав хорошо изученного В-мезона

Кварк – фундаментальная частица Стандартной модели, обладающая электрическим зарядом, кратным $e/3$. Кварки не наблюдаются в свободном состоянии, но входят в состав адронов (сильно взаимодействующих частиц, таких как протоны и нейтроны). Кварки являются бесструктурными, точечными частицами; это проверено вплоть до масштаба примерно 10^{-16} см, что примерно в 20 тысяч раз меньше размера протона.

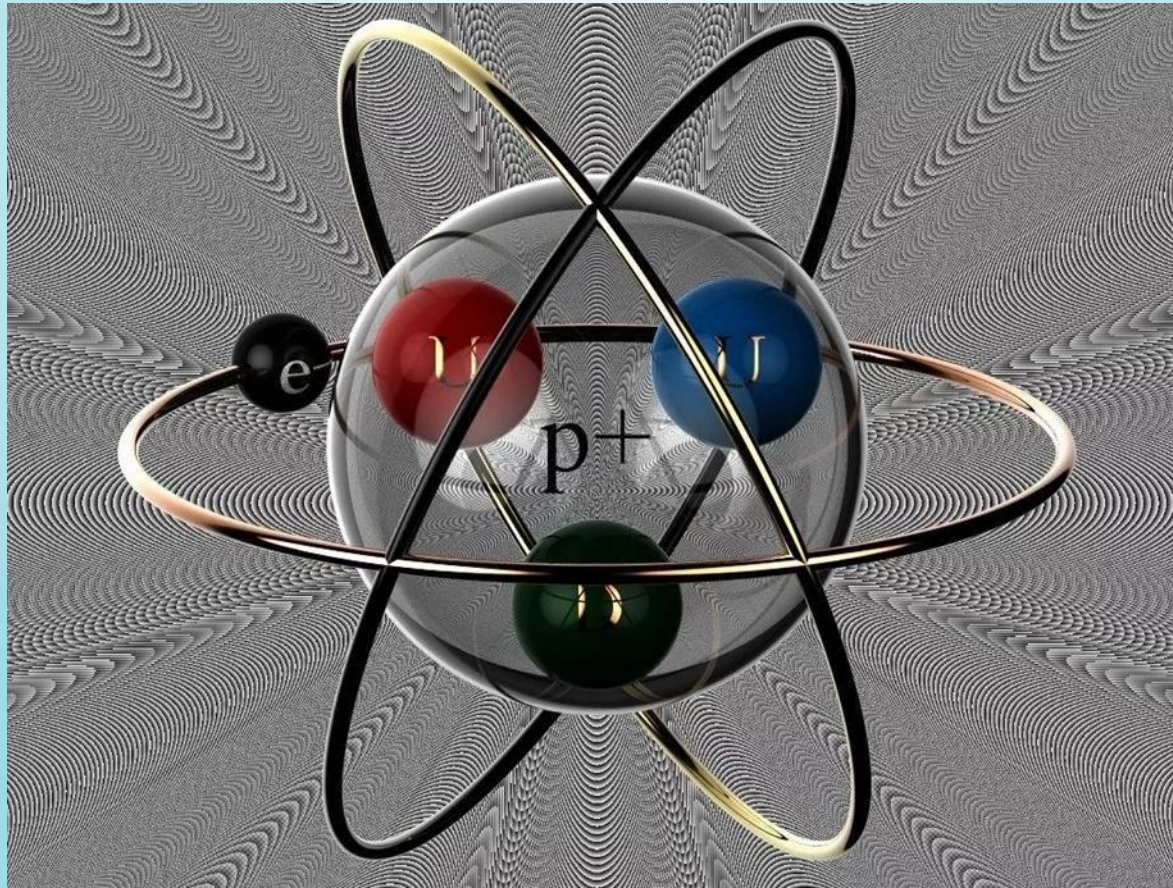
В настоящее время известно 6 разных «сортов» (чаще говорят – «ароматов») кварков с разными свойствами. Кроме того, для калибровочного описания сильного взаимодействия постулируется, что кварки обладают и дополнительной внутренней характеристикой, называемой «цвет». Каждому кварку соответствует антикварк – античастица с противоположными квантовыми числами.

Несмотря на то, что кварки очень, очень маленькие, между ними действует колоссальная сила в 150 000 Ньютонов. Это вес 15-тонного груза. Но самое необычное вот в чем. Если мы захотим разорвать протон, возьмемся за два кварка и начнем их растягивать, то сила притяжения между ними будет только увеличиваться. Между кварками существует некая струна, которая в какой-то момент разрывается, и из пространства образуются еще два кварка, которые притягиваются к тем, которые у нас в руках. В итоге в одной руке у нас останется протон, а в другой руке будет мезон. Но как бы мы ни старались, у нас не получится сделать так, чтобы в руке остался только один кварк. Это явление называется конфайнмент. Оно означает, что кварки заперты в своих частицах и их невозможно разделить.



Масса кварков, которая появляется из-за их взаимодействия с полем Хиггса, составляет лишь несколько процентов от массы протона или нейтрона. Переносчики сильного ядерного взаимодействия, удерживающего кварки вместе, глюоны и вовсе невесомы. Но если масса нашего тела – это не масса этих частиц, то откуда она берется?

Это энергия. **Почти вся масса человеческого тела состоит из кинетической энергии кварков и энергии связи глюонов.**

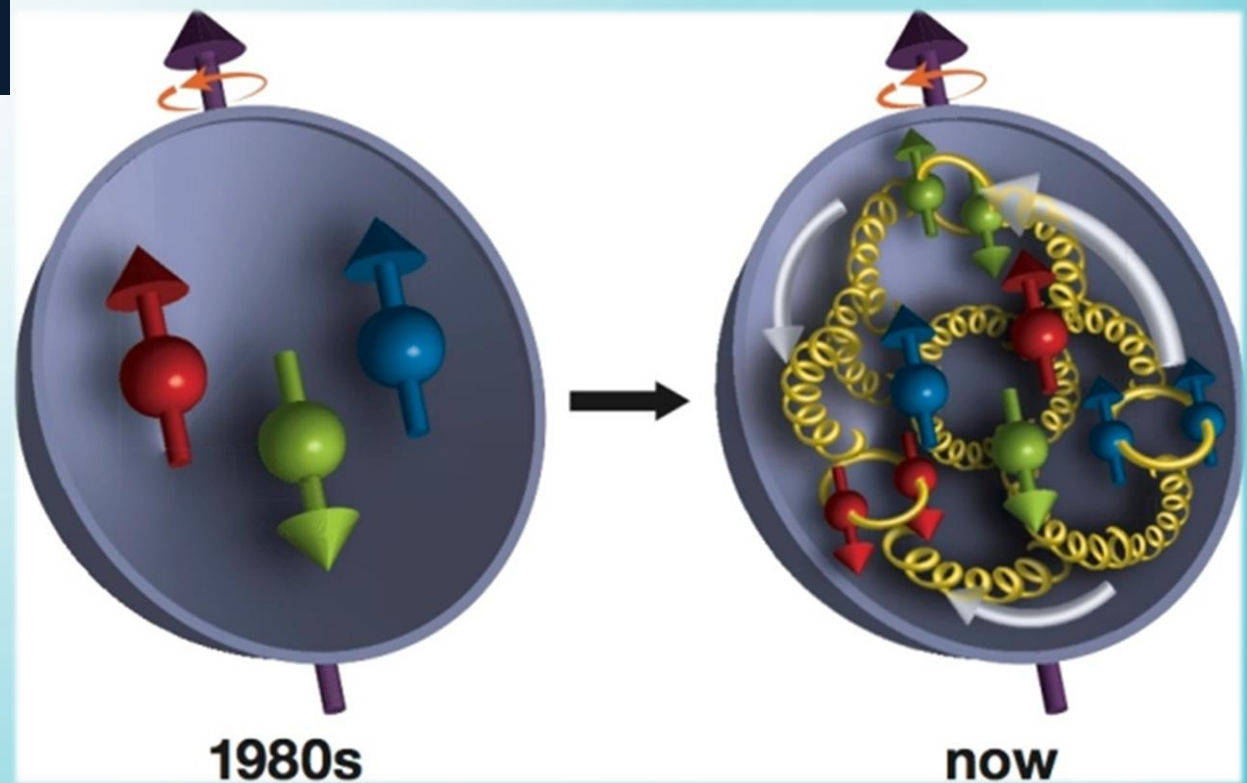




«В субатомном мире безраздельно властвуют ритм, движение и постоянное изменение. Все изменения не случайны и не хаотичны».

Ф.Капра

Все частицы находятся в беспрестанном движении. В экспериментах на ускорителях было обнаружено, что вклад кварков в спин протона составляет лишь 30%. В настоящее время ученые изучают, чем обусловлено вращательное движение протона.



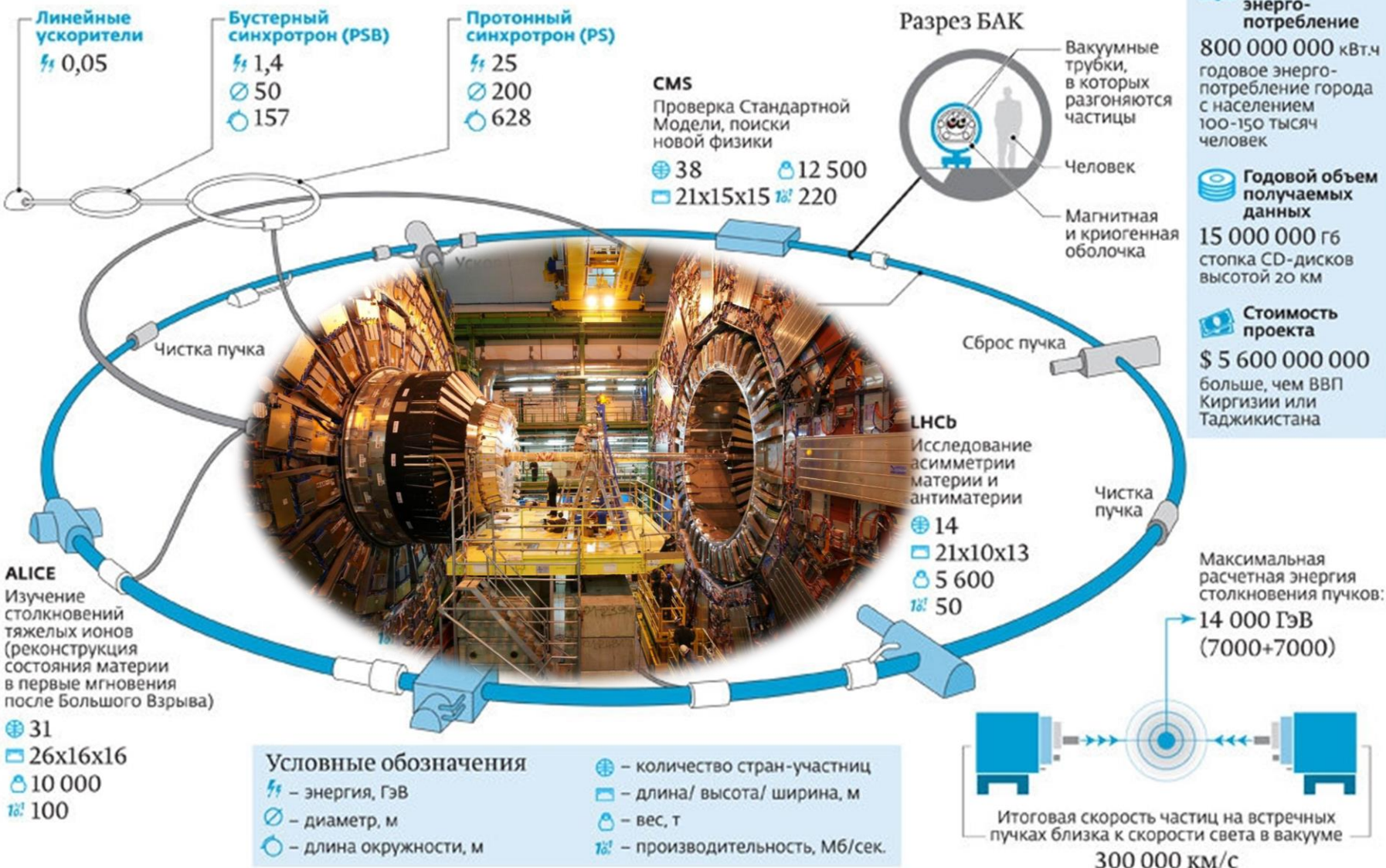
Создана огромная установка для изучения свойств бесконечно малых элементарных частиц – Большой адронный коллайдер

Система ускорителей. Циркулирующие в коллайдере пучки протонов способны совершать более 10 тысяч оборотов в секунду, сталкиваясь на каждом круге со встречными пучками

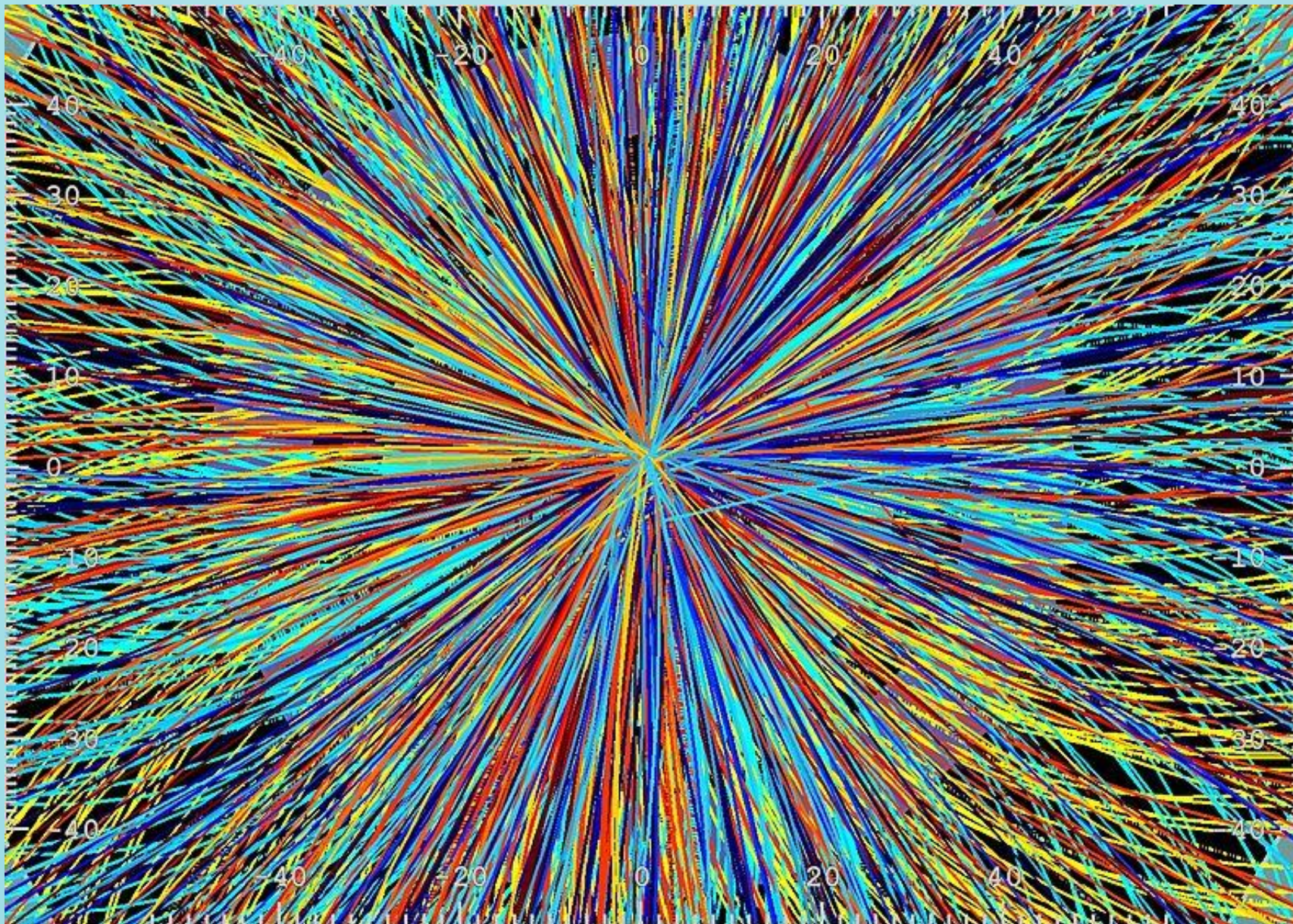
Основные экспериментальные зоны. Ожидается, что изучение продуктов соударения частиц в БАК даст ответы на важнейшие вопросы теоретической физики

Статистика

-  **Годовое энергопотребление**
800 000 000 кВт.ч
годовое энергопотребление города с населением 100-150 тысяч человек
-  **Годовой объем получаемых данных**
15 000 000 Гб
стопка CD-дисков высотой 20 км
-  **Стоимость проекта**
\$ 5 600 000 000
больше, чем ВВП Киргизии или Таджикистана



Европейский
Центр Ядерных
Исследований
(ЦЕРН), Женева



Одно из первых изображений столкновений ионов свинца на Большом адронном коллайдере (в ЦЕРН), зафиксированное детектором ALICE. Линии представляют собой траектории движения различных частиц после столкновения.

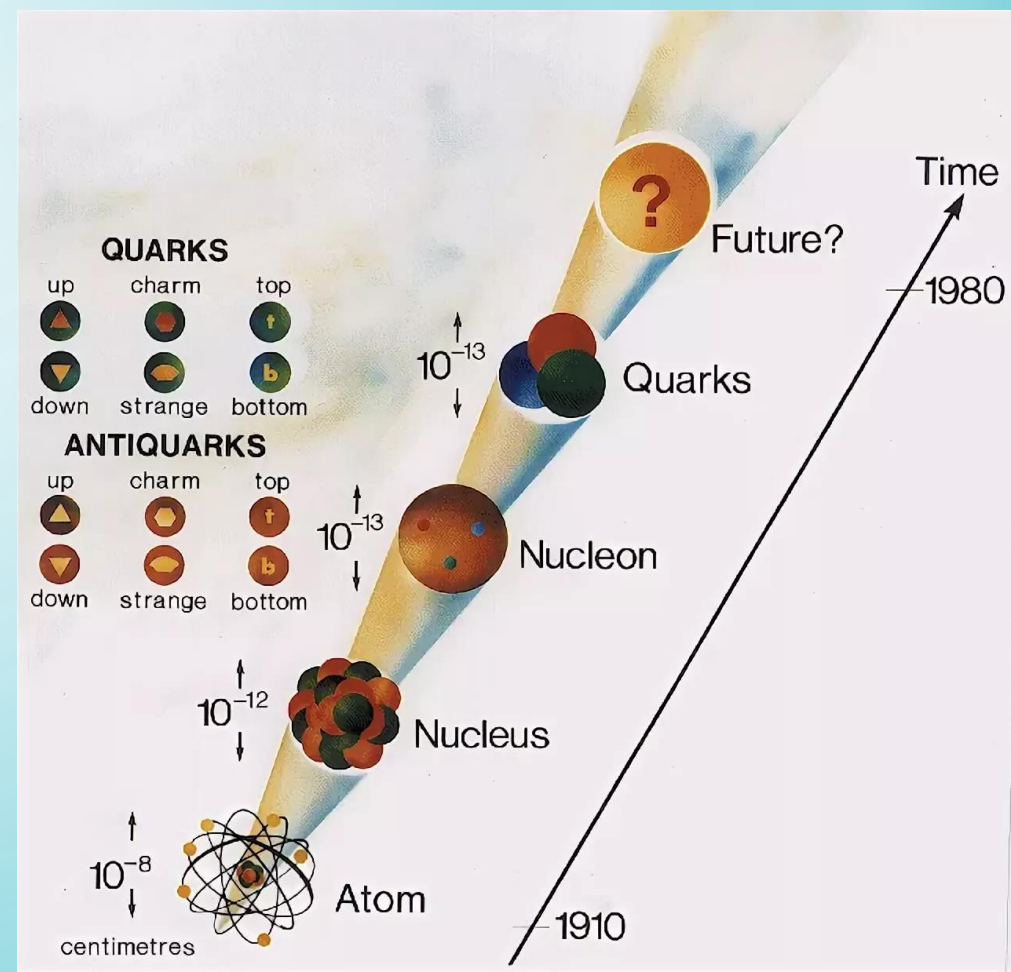
Кроме кварков открыто много других элементарных частиц. Но только при взаимодействии частиц очень больших энергий они начинают играть заметную роль

В 1936 году, во время исследования космических лучей Карлом Андерсоном были обнаружены мюоны. Он обнаружил частицы, которые при прохождении магнитного поля отклонялись в меньшей степени, чем электроны, но более резко, чем протоны. Мюон - тяжелый аналог электрона, масса которого в 200 раз больше массы электрона.

В 50-х годах 20 века в космическом излучении была открыта целая группа частиц, которые называли странными. Они рождались парами и имели большое время жизни $\sim 10^{-10}$ с. Масса странных частиц превышает массу нуклонов. К странным частицам относятся лямбда – гипероны, сигма – гипероны, омега – гипероны.

В 1975 году был открыт более тяжелый аналог электрона - тау-лептон, таон - нестабильная элементарная частица с отрицательным электрическим зарядом и массой в 3 500 раз превышающей массу электрона.

Всего вместе с античастицами открыто более 350 элементарных частиц.



Стандартная модель элементарных частиц на сегодняшний день

МАССА ЗАРЯД СПИН	КВАРКИ	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ u ВЕРХНИЙ	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ c ОЧАРОВАН- НЫЙ	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ t ИСТИННЫЙ	0 0 1 g ГЛЮОН	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 H БОЗОН ХИГГСА	
		$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d НИЖНИЙ	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s СТРАННЫЙ	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b ПРЕЛЕСТНЫЙ	0 0 1 γ ФОТОН	КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ (ВЕКТОРНЫЕ)	
		$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ e ЭЛЕКТРОН	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ μ МЮОН	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ τ ТАУ-ЛЕПТОН	0 1 Z Z БОЗОН		
		$<1.0 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_e ЭЛЕКТРОННОЕ НЕЙТРИНО	$<0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ МЮОННОЕ НЕЙТРИНО	$<18.2 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ ТАУ- НЕЙТРИНО	$\approx 80.433 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 1 W W БОЗОН		СКАЛЯРНЫЕ БОЗОНЫ

Наша вселенная состоит из 12 различных частиц материи и четырех сил. Среди этих 12 частиц есть шесть кварков и шесть лептонов.

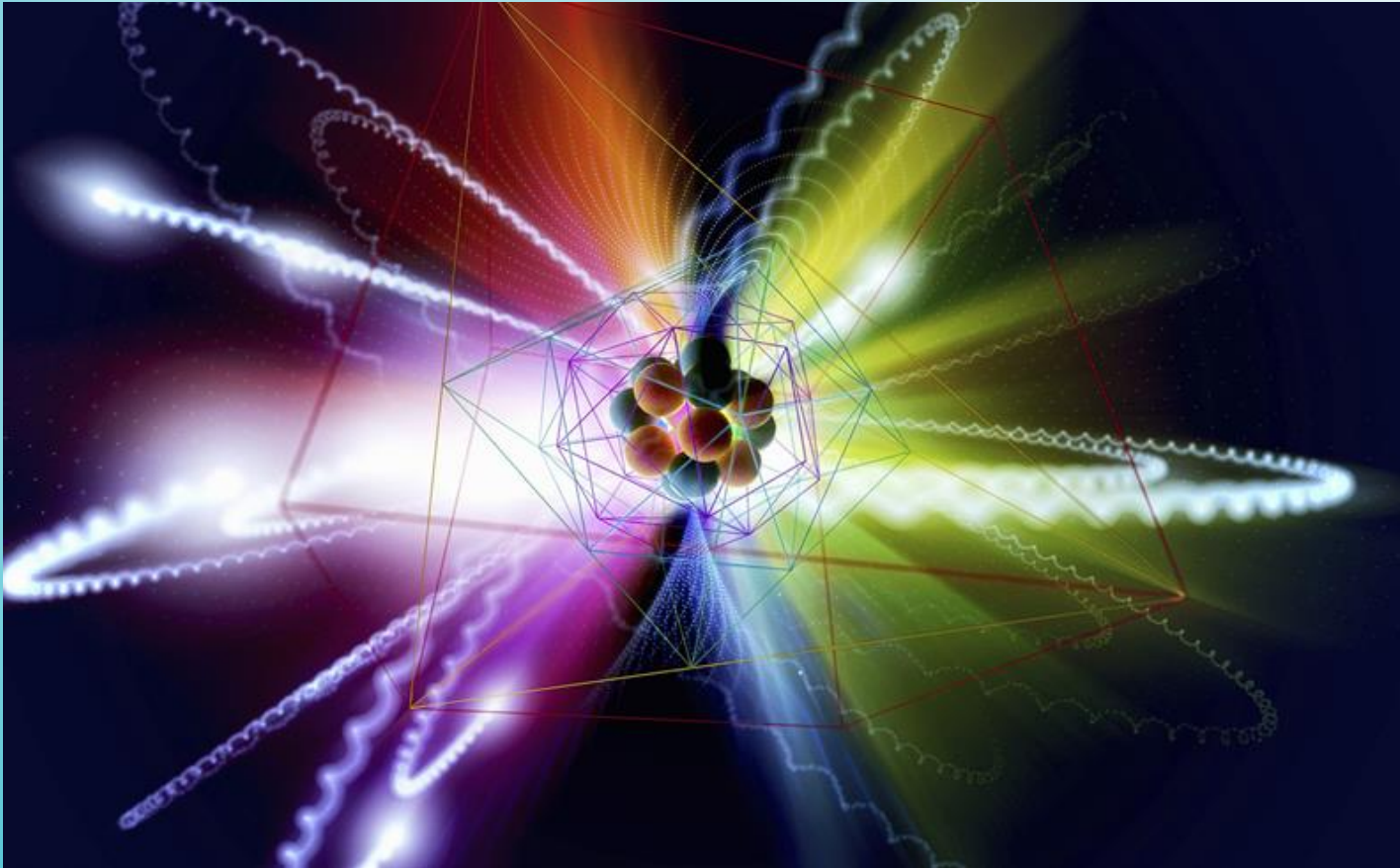
Кварки и лептоны – фундаментальные частицы, до настоящего момента времени их не удалось описать как составные.

Кварки образуют протоны и нейтроны, а члены семьи лептонов включают электрон и электронное нейтрино – его нейтрально заряженный антагонист.

Все вещество, найденное по сей день – естественное или полученное искусственно при помощи гигантских устройств для столкновения атомов – состоит из комбинаций частиц и соответствующих им античастиц.

Свойства элементарных частиц

Все элементарные частицы подчиняются принципу тождественности (все элементарные частицы одного вида во Вселенной полностью одинаковы по всем своим свойствам) и принципу корпускулярно-волнового дуализма (каждой элементарной частице соответствует волна де-Бройля).



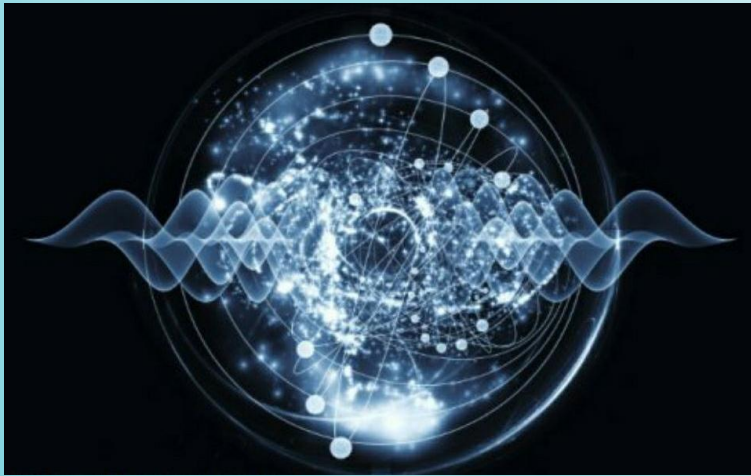
Основные свойства элементарных частиц:

- нестабильность (стабильны: электрон, протон, нейтрино, фотон)
- взаимодействие и взаимопревращаемость
- существование античастиц
- сложное строение большинства частиц

Квантовая запутанность – еще один шаг к Истине

Лауреатами Нобелевской премии по физике в 2022 году стали физики Ален Аспект, Джон Клаузер и Антон Цайлингер за «эксперименты с запутанными фотонами».

Ученые хотели понять природу странного поведения элементарных частиц, способных находиться далеко друг от друга сохраняя между собой связь.



Согласно квантовой теории, система из двух частиц в микромире существует в запутанном состоянии. То, что происходит с одной из частиц в паре, определяет то, что происходит с другой частицей. И эта закономерность – неклассическая корреляция, или запутанность, – сохраняется даже в тот момент, когда они находятся далеко друг от друга.

«Вселенная обладает фундаментальной взаимосвязанностью, взаимозависимостью и нераздельностью. Вещи черпают свое существование и природу во взаимозависимости и не являются ничем сами по себе».

Нагарджуна

Ален Аспект показал, что во Вселенной все взаимосвязано в ходе эксперимента, проведенного в Парижском университете в 1982 г. Наблюдая за парой фотонов, испущенных одним атомом кальция, Аспект продемонстрировал, что изменение «спина» одного из них (вращения, которое совершает частица вокруг своей оси) происходит также во втором независимо от расстояния между ними. Это принцип неразделимости, который можно применить ко всей Вселенной, поскольку с тех пор, как она образовалась все ее компоненты должны были сохранить единство и описываться одной и той же волновой формулой (как фотоны в эксперименте Аспекта). Возможно, Вселенная представляет собой колоссальную голограмму, каждый элемент которой содержит информацию о целом, а человек как микрокосм подвергается влиянию тех же сил, что и макрокосм.

Р.Рамон



Четыре типа фундаментальных взаимодействий

Огромное количество происходящих взаимодействий между телами и материалами, а также миллионы других происходящих ежедневно взаимодействий могут быть сведены к сочетанию четырех основных типов.

Гравитационное

(все частицы)

Электромагнитное

(все заряженные частицы)

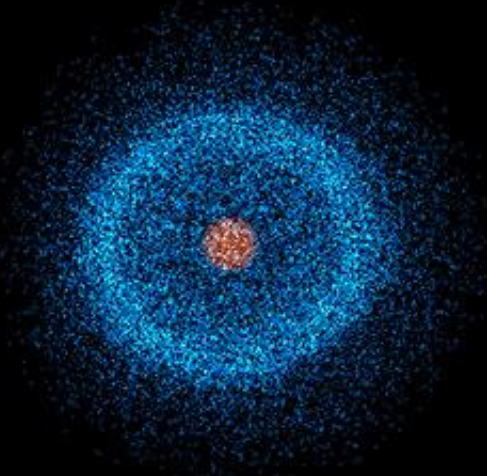
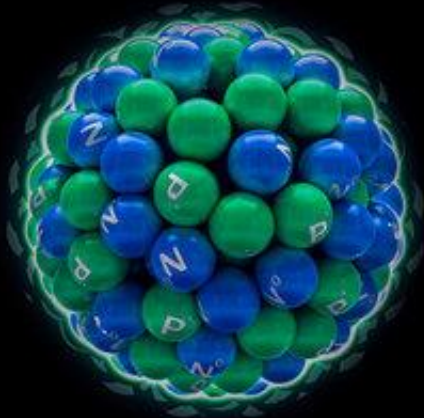
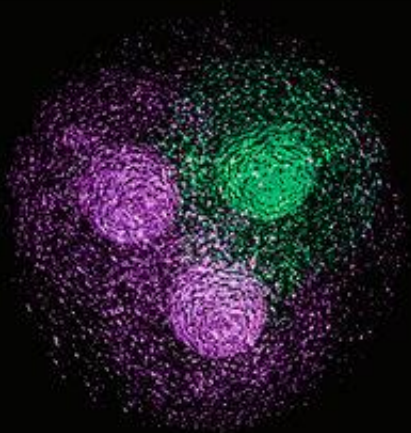
Слабое

(лептоны, мезоны, барионы)

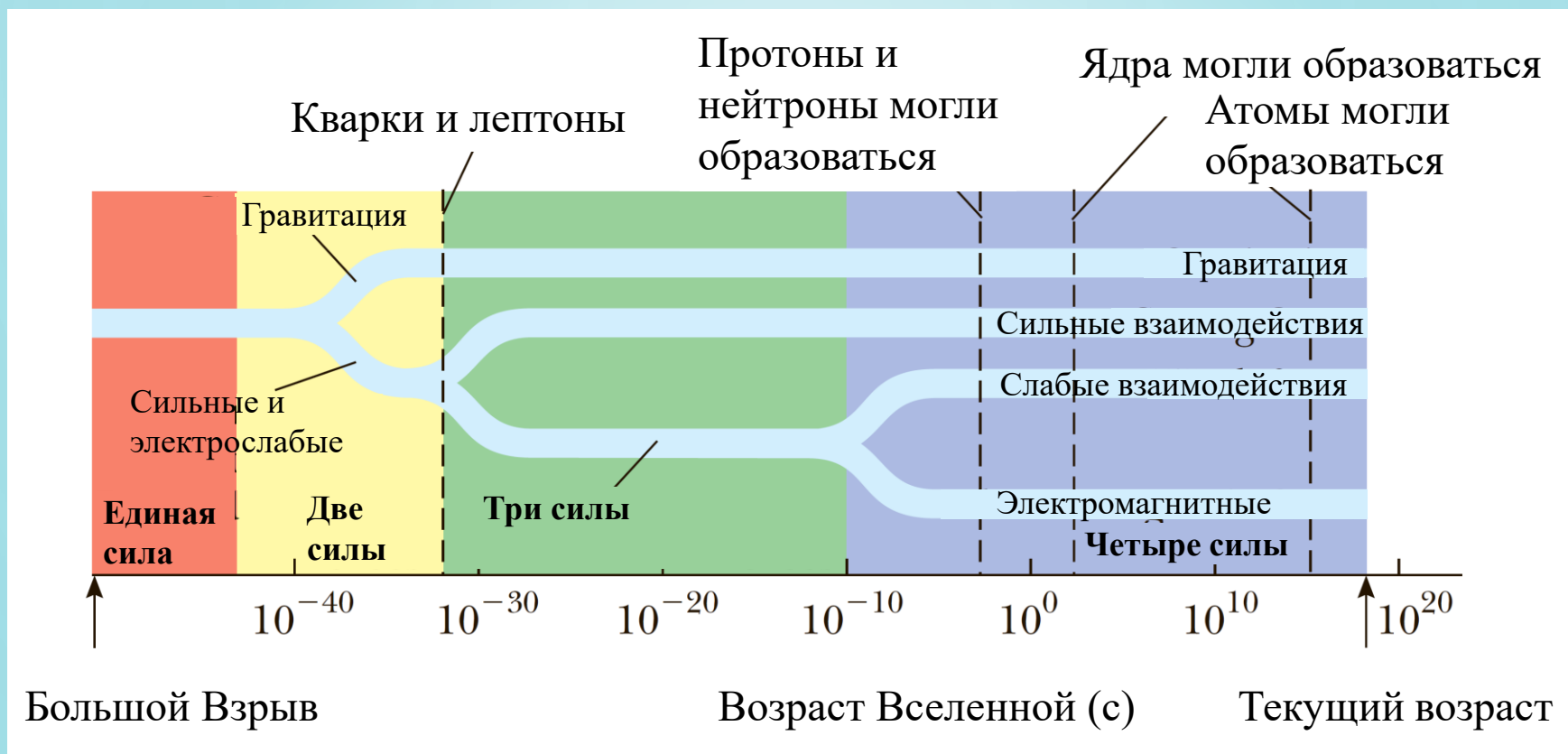
Сильное

(барионы, мезоны)

Фундаментальные типы взаимодействия

ГРАВИТАЦИОННОЕ	ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ	СИЛЬНОЕ	СЛАБОЕ
Гравитация — взаимодействие между всеми материальными телами, обладающими массой. Отвечает за формирование структуры галактик, планетарных систем, орбиты планет, за притяжение к поверхности Земли и падение тел.	Электромагнитное взаимодействие существует между частицами, обладающими электрическим зарядом. Отвечает за формирование структуры атома.	Сильное взаимодействие существует между кварками и глюонами и составленными из них частицами, например, протонами и нейтронами ядра. Отвечает за формирование структуры ядра атома.	Слабое взаимодействие — фундаментальное взаимодействие, ответственное в частности за процессы бета-распада атомных ядер и слабые распады элементарных частиц.
НА КАКОМ РАССТОЯНИИ ПРОЯВЛЯЕТСЯ			
на любом	на любом	около 10^{-15} м	около 10^{-18} м
ПРИМЕРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ			
			
Звезды и планеты в планетарных системах	Ядро и электроны в атоме	Протоны и нейтроны в атомном ядре	Кварки в адронах (протонах и др.)

Четыре фундаментальные силы образовались из Единой Силы в начале эволюции Вселенной

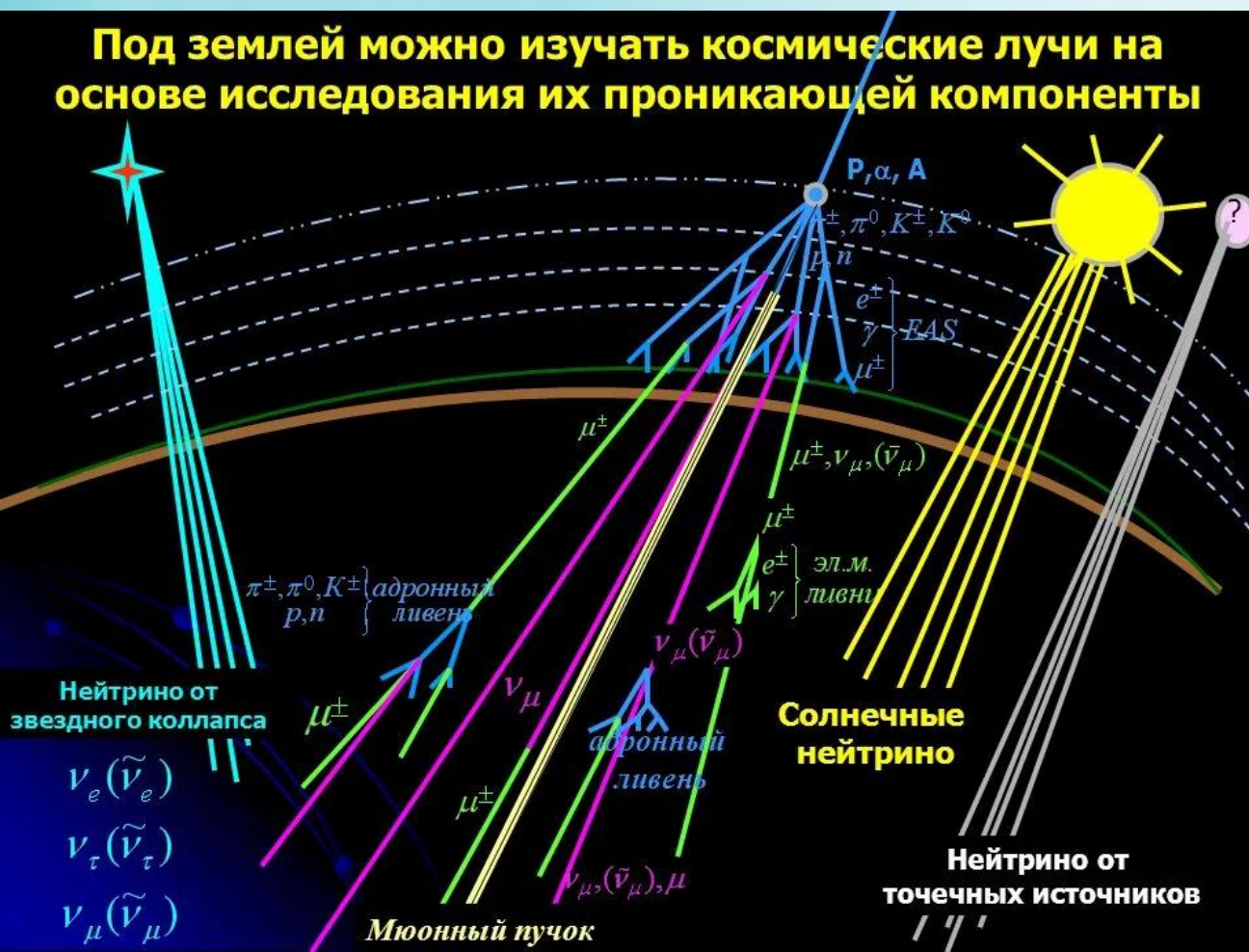


Рассмотрим краткую историю Вселенной от Большого взрыва до наших дней. Четыре фундаментальные силы образовались в течение первой наносекунды из Единой Силы. После этого все кварки объединились в частицы, посредством сильного взаимодействия. Лептоны, однако, остались отдельными и по сей день существуют как отдельные, наблюдаемые частицы. (R.A.Serway and J.W.Jewett, Jr.)

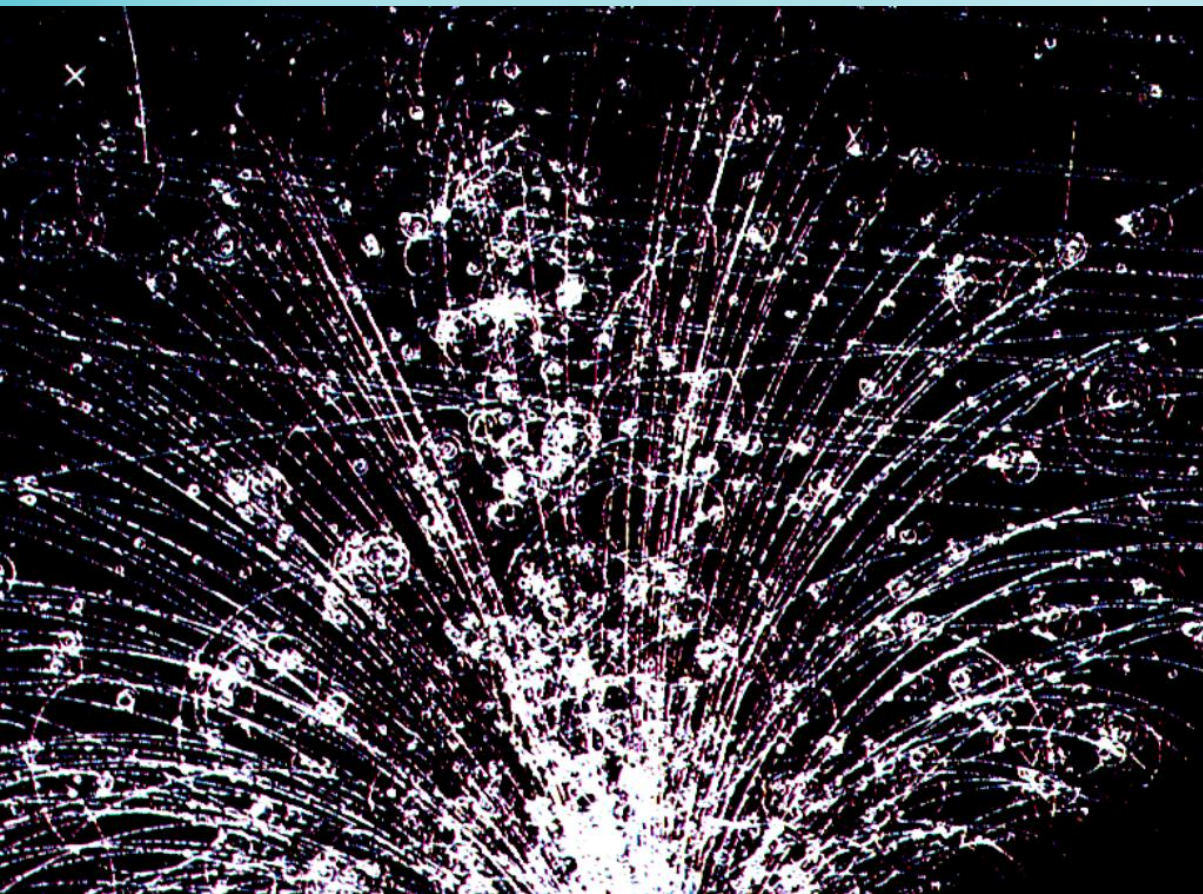
Сейчас мы живем в мире, полном частиц. Не любых частиц, а тех, чьи массы и заряды необходимы для существования жизни человека.

Космическое излучение – это излучение, имеющее внеземной источник, которое постоянно проникает в нашу атмосферу.

Под землей можно изучать космические лучи на основе исследования их проникающей компоненты



По данным NASA потоки космических заряженных частиц на 98% состоят из барионов (протонов и альфа частиц) – ядер гелия и только на 2% из стабильных лептонов (электронов и позитронов). При столкновении с ядрами атомов газов в атмосфере они порождают множество осколков и заряженных, и нейтральных частиц, которые в свою очередь сталкиваются с ядрами атомов, распадаются и порождают «космический ливень».

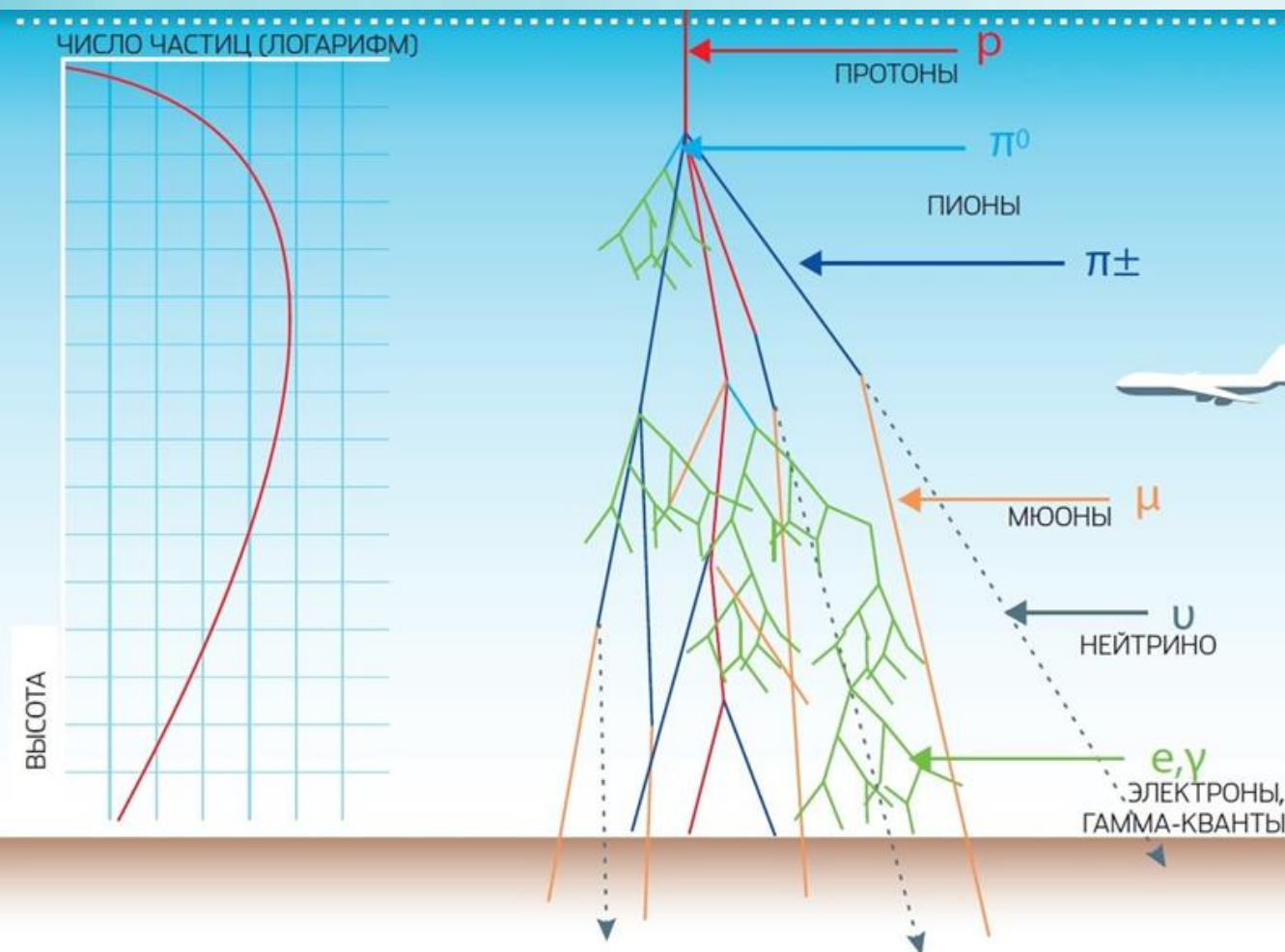


Дождь из примерно ста частиц, образовавшийся в космических лучах, случайно попадает в пузырьковую камеру. Прямые следы принадлежат частицам, которые попали в камеру из ускорителя

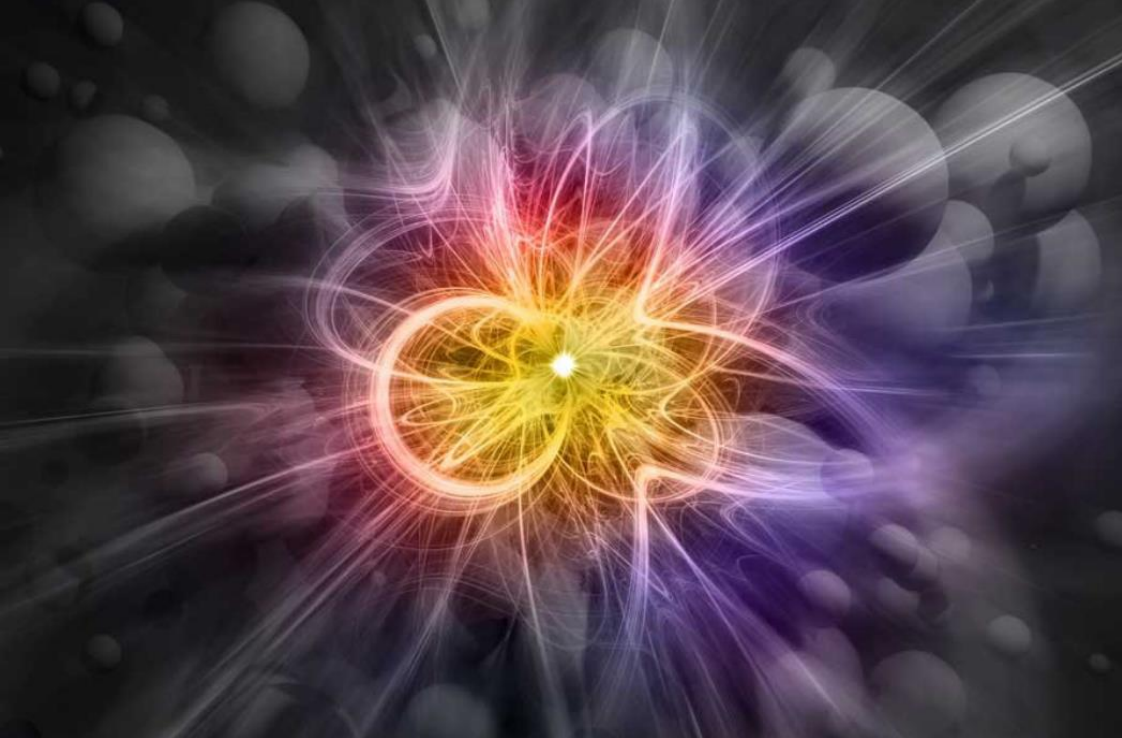
«Попадая в атмосферу Земли, эти обладающие большой энергией «космические лучи» сталкиваются с ядрами атомов, составляющих молекулы атмосферы, образуя множество вторичных частиц, которые либо распадаются, либо вступают в дальнейшие столкновения, рождая новые частицы, которые вновь сталкиваются и распадаются, пока последние из них не достигнут Земли... Непрерывный поток энергии претерпевает на своем пути к Земле много изменений, частицы непрерывно возникают и исчезают в ритмичном танце творения и разрушения. На рисунке представлено величественное изображение такого полного энергии танца, которое было зафиксировано случайно, когда дождь из космических лучей попал в пузырьковую камеру, которая участвовала в эксперименте, проводившемся в Европейском исследовательском центре ЦЕРН».

Ф.Капра

В нашей атмосфере космическое излучение сталкивается с другими ядрами и производит мезоны, многие из которых распадаются на частицы – такие как мюоны и нейтрино. Эти частицы, в свою очередь, падают на поверхность Земли и проникают в наши тела.



Нас постоянно бомбардируют фотонами, создавая внешний облик окружающего нас мира. Кроме того, Солнце атакует нас и частицами, называемыми нейтрино. Нейтрино – постоянные гости нашего тела, проникающие в нас в количестве 100 триллионов в секунду. Солнце – не единственный источник нейтрино; эти частицы приходят также и из других источников – например, из ядерных реакций на других звездах и даже из ядерных реакций на нашей собственной планете. Многие нейтрино образовались еще в первые несколько секунд после Большого Взрыва. И они старше даже наших собственных атомов. Нейтрино очень слабо взаимодействуют с другими частицами, и поэтому их визиты нашему телу не несут практически никаких последствий.



После открытия элементарных частиц и их превращений на первый план единой картины мира выступило единство в строении материи. В основе этого единства лежит материальность всех элементарных частиц. Различные элементарные частицы – это различные конкретные формы существования материи.

«Единый включает в себе все, и все заключено в едином. Единый – все, и все – Единый. Единый вездесущ, и все в Едином. Это относится ко всем предметам и ко всем существам».

Дайсэцу Тэйтаро Судзуки. Введение в Дзэн-Буддизм



«Квант» - фундаментальная (минимальная и неделимая) порция энергии, а также самая малая частица, составляющая энергию

Квант, который определяют как основную единицу материи или энергии, в 10 000 000 - 100 000 000 раз меньше, чем мельчайший атом.



На этом уровне материя и энергия становятся взаимозаменяемыми. Во всех квантах происходят невидимые вибрации, которые являются как бы легкими следами энергии, ожидающей рождения физической формы.

«Абсолютное единство вселенной... одно из главных откровений современной физики. Оно очевидно уже на уровне атома и проявляется все четче по мере проникновения в толщу вещества, в мир субатомных частиц. ...Все составляющие материи и основные явления, в которых они участвуют, взаимосвязаны и взаимозависимы, не могут восприниматься как отдельные сущности, а должны рассматриваться в качестве неотъемлемых частей единого целого».

Ф.Капра



«...Вселенная - единая неделимая, вовлеченная в бесконечное движение реальность, живая и естественная, одновременно и духовная и материальная».

Ф.Капра

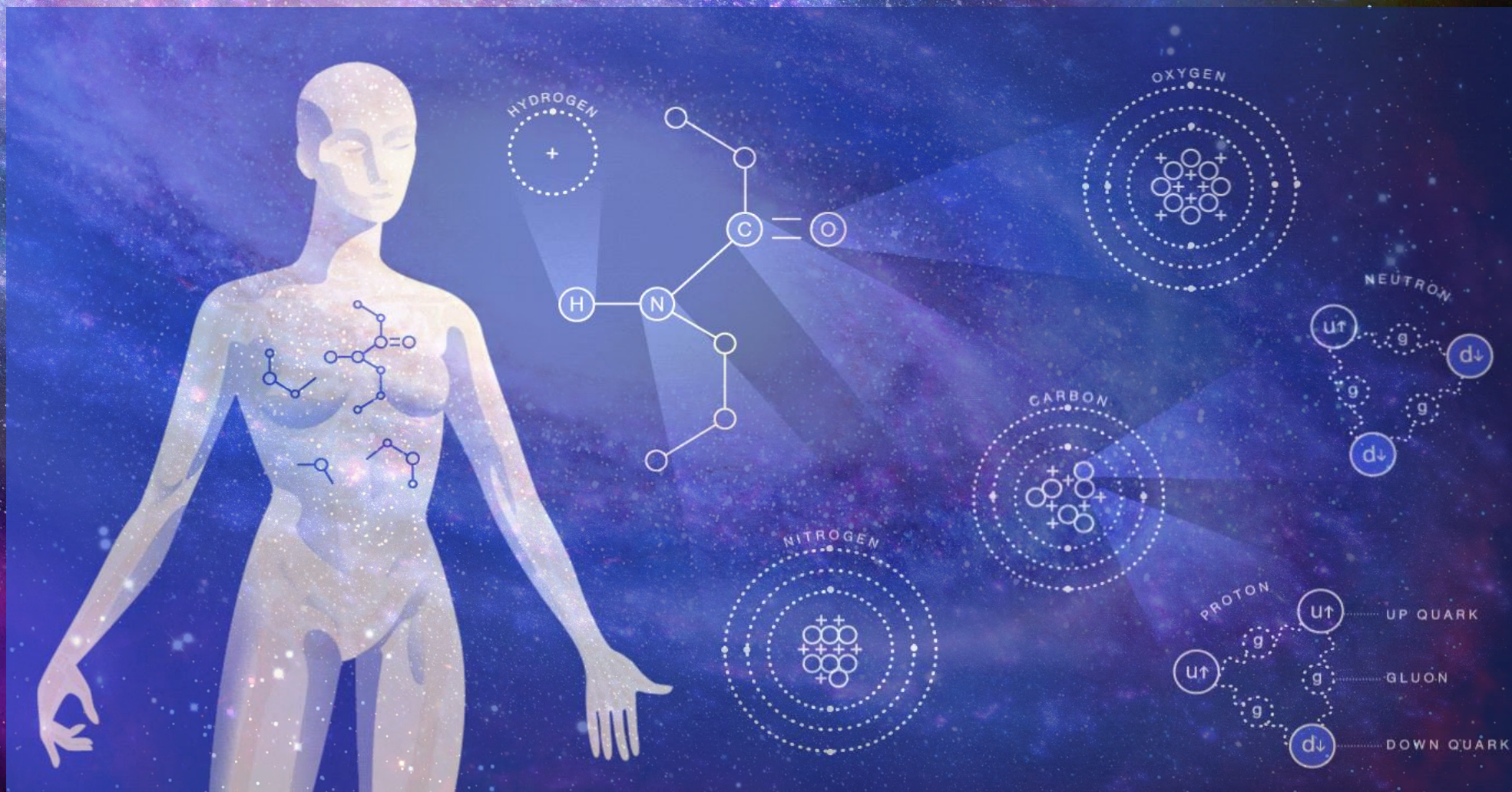
«...Квантовая теория доказывает ложность классических представлений о твердых телах и о строгом детерминизме природных законов. На субатомном уровне вместо твердых материальных объектов классической физики наличествуют волноподобные вероятностные модели, которые, к тому же отражают вероятность существования не вещей, а, скорее, взаимосвязей.

Тщательный анализ процесса наблюдения в атомной физике показал, что субатомные частицы существуют не в виде самостоятельных единиц, но в качестве промежуточного звена между подготовкой эксперимента и последующими измерениями.

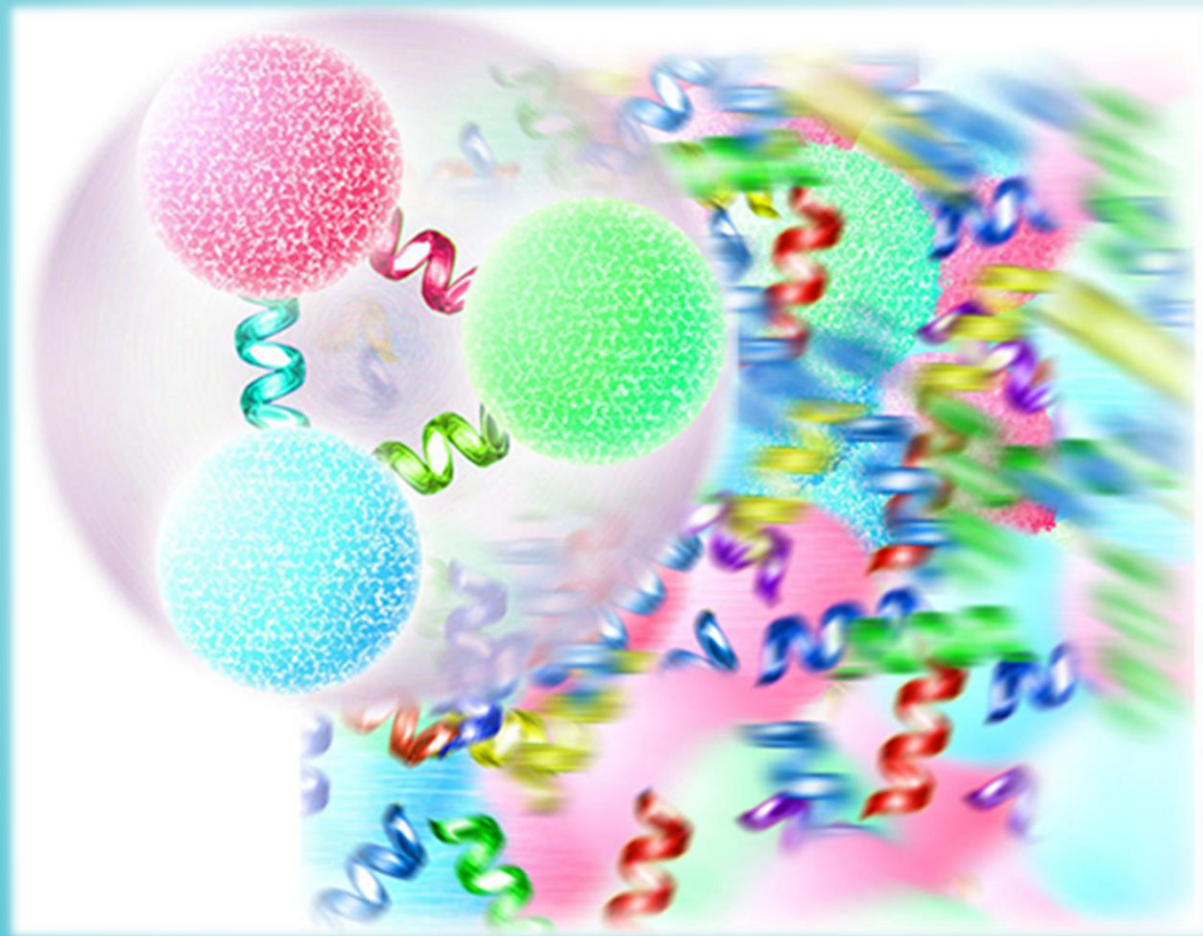
Так, квантовая теория свидетельствует о фундаментальной цельности мироздания, обнаруживая, что мы не можем разложить мир на отдельные "строительные кирпичики". Проникая в глубины вещества, мы видим не самостоятельные компоненты, а сложную систему взаимоотношений между различными частями единого целого».

Ф.Капра

«Человек есть часть целого, называемого нами "Вселенной", часть, ограниченная во времени и пространстве. Он ощущает себя, свои мысли и чувства как нечто отделенное от остального, своего рода оптический обман своего сознания. Это заблуждение является для нас своего рода тюрьмой, ограничивающей нас нашими личными желаниями и привязанностью...» Альберт Эйнштейн



Квантовая теория описывает сложную систему взаимоотношений между различными частями единого целого – «танец энергии»



«Современная физика показала, что движение и ритмичность принадлежат к числу основных свойств материи, и вся материя, независимо от того, где она находится – на Земле или в космосе, – всегда участвует в непрерывающемся космическом танце».

Ф.Капра

«Танец энергии» – «танец творения и разрушения» – «космический танец»



Статуя Индийского Бога Шивы, в его сильнейшей ипостаси Натараджи – **Космического Танца**. Европейский Центр Ядерных Исследований (ЦЕРН), Женева

«Согласно квантовой теории поля, все взаимодействия между составными частями материи осуществляются путем испускания и поглощения виртуальных частиц. Более того, танец творения и разрушения составляет основу существования вещества, поскольку все материальные частицы взаимодействуют между собой, испуская и поглощая виртуальные частицы. Таким образом, современная физика открыла, что каждая частица не только производит энергетический танец, но также является энергетическим танцем; пульсирующим процессом созидания и разрушения... без конца...

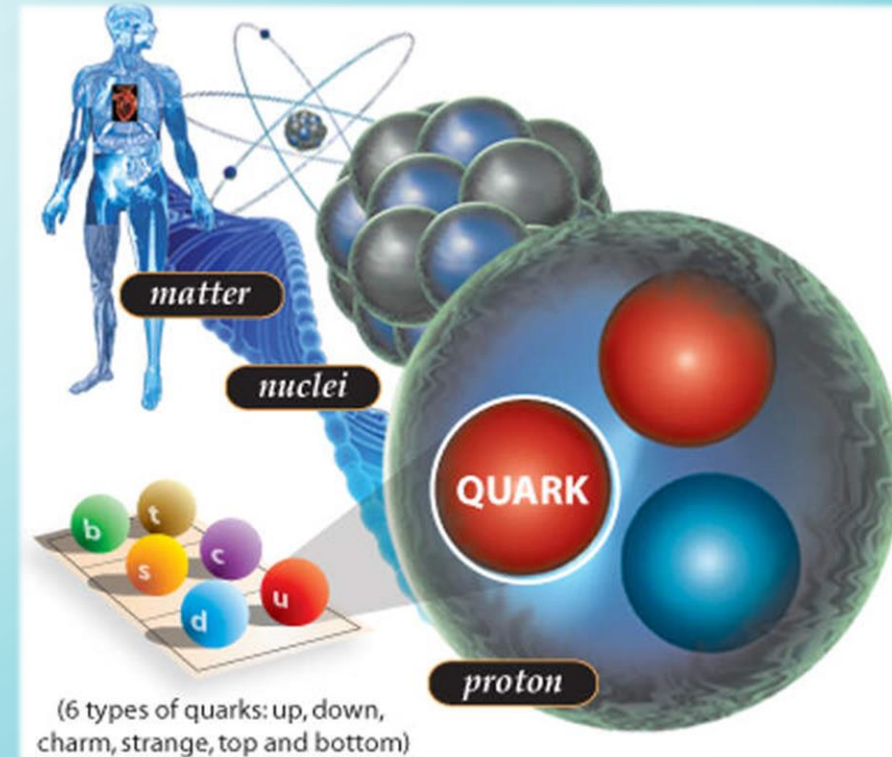
Для современных физиков, танец Шивы является танцем субатомных частиц. Как и в индуистской мифологии, это бесконечный танец сотворения и разрушения, в котором участвует вся Вселенная. Он также составляет основу всякого бытия и всех явлений природы».

Ф.Капра



Что есть человек с позиции физика?

Человек – это куча тройных кварков, пребывающих в непрерывающемся ритмичном движении, соединенных между собой глюонами и вращающихся электронов. Кроме того, через человека проносятся нейтрино, мюоны и тау частицы. Нас видят благодаря фотонам. И бозоны летают над нами.



Список источников

- Ричард Фейнман Дюжина лекций: шесть попроще и шесть посложнее, 2019. - 318 с.
- Брайн Грин Элегантная Вселенная: Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории, 2013. – 288 с.
- Россело Р. Чудотворная энергия, 2012. – 296 с.
- Капра Ф. Дао физики, 2017. – 368 с.
- Raymond A. Serway and John W. Jewett, Jr. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 2008. – 1505 p.
- Stephen T. Thornton, Andrew Rex, Carol E. Hood Modern Physics for Scientists and Engineers, 2021. – 704 p.
- hi-news.ru/eto-interesno/nobelevskaya-premiya-po-fizike-2022-kvantovaya-zaputannost-i-teleportaciya.html
- Иллюстрации взяты из ресурсов сети Интернет



Лаборатория Психо-Энерго-Динамики

pedlab.org

© PEDLab, 2026