

- МИКРОМИР

- Наша Вселенная разделена человеком на различные составляющие объективной реальности, распределена на ряд миров.
- Для удобства принято использовать такие понятия, как мегамир, макромир и микромир. Микро - происходит от греческого $\mu\kappa\rho\acute{o}\varsigma$ и означает "маленький".

- Микромир – это молекулы, атомы, элементарные частицы — мир предельно малых, непосредственно не наблюдаемых микрообъектов, пространственная размерность которых исчисляется от 10^{-8} до 10^{-16} см, а время жизни — от бесконечности до 10^{-24} с.

- Демокритом в античности была выдвинута Атомистическая гипотеза строения материи. Благодаря трудам Дж. Дальтона стали изучаться физико-химические свойства атома. В XIX в. Д. И. Менделеев построил систему химических элементов, основанную на их атомном весе. В физику представления об атомах как о последних неделимых структурных элементах материи пришли из химии.

- Физические исследования атома начинаются в конце XIX в., когда французским физиком А. А. Беккерелем было открыто явление радиоактивности, которое заключалось в самопроизвольном превращении атомов одних элементов в атомы других элементов. В 1895 г. Дж. Томсон открыл электрон - отрицательно заряженную частицу, входящую в состав всех атомов.

- По современным представлениям, все элементарные частицы являются наименьшими "кирпичиками", из которых создан окружающий мир. Однако это не означает, что их свойства просты. Для описания поведения элементарных частиц используют наиболее сложные физические теории, представляющие синтез теории относительности и квантовой теории.

- Все известные элементарные частицы подразделяются на две группы: адроны и лептоны.
- Предполагается, что адроны имеют составное строение: состоят из истинно элементарных частиц-кварков.
- Допускается существование шести типов кварков.

- Стабильными, т. е. живущими в свободном состоянии неограниченно долго, частицами являются протон, электрон, фотон и, по-видимому, нейтрино всех типов.
- Время жизни протона составляет 10^{31} лет. Самыми короткоживущими образованиями являются резонансы — их время жизни порядка 10^{-23} с.

- Основные характеристики элементарных частиц: масса, заряд, среднее время жизни, квантовые числа.
- Все элементарные частицы, абсолютно нейтральны, имеют свои античастицы - элементарные частицы, обладающие теми же характеристиками, но отличающиеся знаками электрического заряда.
- При столкновении частиц происходит их уничтожение (аннигиляция).

- Стремительно возрастает количество открытых элементарных частиц. Их объединяют в «семейства» (мультиплеты), «роды» (супермультиплеты), «племена». Предложены принципы, позволяющие дать теоретический анализ многообразия частиц, их взаимопревращений, построить единую теорию всех видов взаимодействий.

- **Классификация элементарных частиц**
- Элементарные частицы — основные структурные элементы микромира.
 - Элементарные частицы могут быть **составными** (протон, нейтрон) и **несоставными** (электрон, нейтрино, фотон).
- К настоящему времени обнаружено более 400 частиц и их античастиц. Некоторые элементарные частицы обладают необычными свойствами.

- Так, долгое время считалось, что частица нейтрино не имеет массы покоя.
- В 30-е гг. XX в. при изучении бета-распада было обнаружено, что распределение по энергиям электронов, испускаемых радиоактивными ядрами, происходит непрерывно.

- Из этого следовало, что или не выполняется закон сохранения энергии, или кроме электронов испускаются трудно регистрируемые частицы, подобные фотонам с нулевой массой покоя, уносящие часть энергии. Ученые предположили, что это нейтрино.
- Однако зарегистрировать нейтрино экспериментально удалось только в 1956 г. на огромных подземных установках.

- Сложность регистрации этих частиц заключается в том, что захват частиц нейтрино происходит чрезвычайно редко из-за их высокой проникающей способности.
- В ходе экспериментов было установлено, что масса покоя нейтрино не равна нулю, хотя от нуля отличается ненамного. Интересными свойствами обладают и античастицы. Они имеют многие из тех же признаков, что и их частицы-двойники, но отличаются от них знаками электрического заряда или другими характеристиками.

- В 1928 г. П. Дирак предсказал существование античастицы электрона — позитрона, который был обнаружен спустя четыре года К. Андерсоном в составе космических лучей.
- Электрон и позитрон — не единственная пара частиц-двойников, все элементарные частицы, кроме нейтральных, имеют свои античастицы.
- При столкновении частицы и античастицы происходит их аннигиляция (от лат. *annihilatio* — превращение в ничто) — превращение элементарных частиц и античастиц в другие частицы, число и вид которых определяются законами сохранения.

- Например, в результате аннигиляции пары электрон—позитрон рождаются фотоны.
- Число обнаруженных элементарных частиц со временем увеличивается. Вместе с тем продолжается поиск фундаментальных частиц, которые могли бы быть составными «кирпичиками» для построения известных частиц. Гипотеза о существовании подобного рода частиц, названных кварками, была высказана в 1964 г. американским физиком М.Гелл-Маном (Нобелевская премия 1969)

- Элементарные частицы обладают большим количеством характеристик. Одна из отличительных особенностей кварков заключается в том, что они имеют дробные электрические заряды. Кварки могут соединяться друг с другом парами и тройками.
- Соединение трех кварков образует барионы (протоны и нейтроны). В свободном состоянии кварки не наблюдались. Однако кварковая модель позволила определить квантовые числа многих элементарных частиц.

- Элементарные частицы классифицируют по следующим признакам: **массе частицы, электрическому заряду, типу физического взаимодействия, в котором участвуют элементарные частицы, времени жизни частиц, и др.**
- В зависимости от массы покоя частицы (масса ее покоя, которая определяется по отношению к массе покоя электрона, считающегося самой легкой из всех частиц, имеющих массу) выделяют:

- **1. фотоны** (греч. photos — частицы, которые не имеют массы покоя и движутся со скоростью света);
- **2. лептоны** (греч. leptos — легкий) — легкие частицы (электрон и нейтрино);
- **3 мезоны** (греч. mesos — средний) — средние частицы с массой от одной до тысячи масс электрона (пи-мезон, ка-мезон и др.);
- **4. барионы** (греч. barys — тяжелый) — тяжелые частицы с массой более тысячи масс электрона (протоны, нейтроны и др.).

- В зависимости от электрического заряда выделяют:

- 1. частицы с отрицательным зарядом (например, электроны);
- 2. частицы с положительным зарядом (например, протон, позитроны);
- 3. частицы с нулевым зарядом (например, нейтрино).
- 4. Существуют частицы с дробным зарядом — кварки.

• С учетом типа фундаментального взаимодействия, в котором участвуют частицы, среди них выделяют:

- 1. адроны (греч. adros — крупный, сильный), участвующие в электромагнитном, сильном и слабом взаимодействии;
- 2. лептоны, участвующие только в электромагнитном и слабом взаимодействии;

- Частицы переносчики взаимодействий:
- 1. фотоны - переносчики электромагнитного взаимодействия;
- 2. гравитоны - переносчики гравитационного взаимодействия;
- 3. глюоны – переносчики сильного взаимодействия;
- 4. промежуточные векторные бозоны - переносчики слабого взаимодействия.

- По времени жизни частицы делятся на **стабильные**, **квазистабильные** (квази от лат. *quasi* якобы как будто) и **нестабильные**. Большинство элементарных частиц нестабильно, время их жизни — 10^{-10} - 10^{-24} с.
- Стабильные частицы не распадаются длительное время. Они могут существовать от бесконечности до 10^{-10} с.
- Стабильными частицами считаются фотон, нейтрино, протон и электрон. Квазистабильные частицы распадаются в результате электромагнитного и слабого взаимодействия, иначе их называют резонансами. Время их жизни составляет 10^{-24} - 10^{-26} с.

• **Фундаментальные взаимодействия**

- Гравитационное - оно проявляется во взаимном притяжении любых материальных объектов.
Гравитационное взаимодействие наиболее слабое, оно в 10^{40} раз слабее силы взаимодействия электрических зарядов.
- Гравитационное взаимодействие - универсально, так как определяет строение всей Вселенной: образование всех космических систем, существование планет, звезд и галактик, концентрацию рассеянной в ходе эволюции звезд и галактик материи и включение ее в новые циклы развития. Ничто во Вселенной не может избежать этой силы.

- Все тела и частицы, не только имеющие массу, а также поля участвуют в гравитационном взаимодействии. Оно тем больше, чем больше массы взаимодействующих тел.
- Эта закономерность была выявлена еще Ньютоном и сформулирована им в законе всемирного тяготения, который описывает гравитационное взаимодействие. Поэтому в микромире гравитационная сила слаба, зато в мегамире мире она господствует.

- Гравитация – далекодействующая сила. Ее интенсивность убывает с расстоянием, но продолжает сказываться и на очень больших расстояниях.
- Переносчиками гравитационного взаимодействия являются гравитоны — кванты гравитационного поля.

- Электромагнитное взаимодействие также является универсальным и существует между любыми телами в микро-, макро- и мегамире.
- Электромагнитное взаимодействие обусловлено электрическими зарядами и передается с помощью электрического и магнитного полей. Электрическое поле возникает при наличии электрических зарядов, а магнитное — при движении электрических зарядов.

- Электромагнитное взаимодействие описывается: законом Кулона, законом Ампера и др. и в обобщенном виде — электромагнитной теорией Максвелла, связывающей электрическое и магнитное поля.

- Благодаря электромагнитному взаимодействию возникают атомы, молекулы и происходят химические реакции.
- Химические реакции представляют собой проявление электромагнитных взаимодействий и являются результатами перераспределения, связей между атомами в молекулах, а также количества и состава атомов в молекулах разных веществ.

- Различные агрегатные состояния вещества, силы упругости, трения и т. д. определяются электромагнитным взаимодействием.
- Переносчиками электромагнитного взаимодействия являются фотоны — кванты электромагнитного поля с нулевой массой покоя.

- Внутри атомного ядра проявляются сильные и слабые взаимодействия. Сильное взаимодействие обеспечивает связь нуклонов в ядре. Данное взаимодействие определяется ядерными силами, обладающими зарядовой независимостью, короткодействием, насыщением и другими свойствами. Сильное взаимодействие удерживает нуклоны (протоны и нейтроны) в ядре и кварки внутри нуклонов и отвечает за стабильность атомных ядер.

- С помощью сильного взаимодействия ученые объяснили, почему протоны ядра атома не разлетаются под действием электромагнитных сил отталкивания.
- Сильное взаимодействие передается глюонами — частицами, «склеивающими» кварки, которые входят в состав протонов, нейтронов и других частиц.

- Слабое взаимодействие также действует только в микромире. В этом взаимодействии участвуют все элементарные частицы, кроме фотона. Оно обуславливает большинство распадов элементарных частиц, поэтому его открытие произошло вслед за открытием радиоактивности. Первая теория слабого взаимодействия была создана в 1934 г. Э. Ферми и развита в 1950-е гг. М. Гелл-Маном, Р. Фейнманом и другими учеными.
- Переносчиками слабого взаимодействия принято считать частицы с массой в 100 раз больше массы протонов — промежуточные векторные бозоны.

- Характеристики
фундаментальных
взаимодействий

| Тип взаимодействия | Источник | Константа взаимодействия | Радиус действия (л) |
|--------------------|---|--------------------------|---------------------|
| Гравитационное | Масса | 10^{-38} | ∞ |
| Электромагнитное | Электрически заряженные частицы | 10^{-2} | ∞ |
| Сильное | Частицы, входящие в состав ядер (протоны, нейтроны) | 1 | 10-15 |
| Слабое | Элементарные частицы | 10^{-14} | 10-18 |

- Из таблицы видно, что гравитационное взаимодействие гораздо слабее других взаимодействий.
- Радиус его действия неограничен. Оно не играет существенной роли в микропроцессах и в то же время является основным для объектов с большими массами.
- Электромагнитное взаимодействие сильнее гравитационного, хотя радиус его действия также неограничен.
- Сильное и слабое взаимодействия имеют очень ограниченный радиус действия.

- Одна из важнейших задач современного естествознания — создание единой теории фундаментальных взаимодействий, объединяющей различные виды взаимодействия. Создание подобной теории означало бы также построение единой теории элементарных частиц.
 - **Этому способствует создание Большого адронного коллайдера**

- Изначально устройство предназначалось для того, чтобы найти бозон Хиггса - частицы, которые наделяют другие частицы массой.
- Второй целью было изучение кварков, частиц из которых состоят адроны.

- Большой адронный коллайдер на сегодня является мощнейшим на планете ускорителем частиц. Он находится на границе Швейцарии и Франции. Точнее под нею: на глубине 100 метров залегает кольцевой тоннель ускорителя длиной почти 27 километров.
- Хозяином экспериментального полигона стоимостью, превышающей 10 миллиардов долларов, является Европейский центр ядерных исследований.

- Взаимодействие элементарных частиц описывается по-разному.
- Теория относительности вступает в противоречия с квантовой теорией поля. Недостающим звеном в обретении единого подхода к строению элементарных частиц является невозможность создания теории квантовой гравитации.

- Проведя эксперименты, ранее невозможные по техническим причинам, учёные с большой долей вероятности смогут документально подтвердить или опровергнуть существующие теории микромира.
- Изучение кварк-глюонной плазмы, образующейся при столкновении ядер свинца, позволит построить более совершенную теорию сильных взаимодействий, которая сможет кардинально изменить ядерную физику и методы познания звёздного пространства.

- В 1960 году физик из Шотландии Питер Хиггс разработал теорию поля Хиггса, согласно которой частицы, попадающие в это поле, подвергаются квантовому воздействию, что в физическом мире можно наблюдать как массу объекта.

- Если в ходе экспериментов удастся подтвердить теорию шотландского ядерного физика и найти бозон (квант) Хиггса, то это событие может стать новой отправной точкой для развития жителей Земли. А открывшиеся возможности человека, управляющего гравитацией, многократно превысят все видимые перспективы развития технического прогресса.

- Научные открытия, связанные с открытием бозона Хиггса и изучением кварков, в перспективе могут привести к новой научно-технической революции.
- **Во-первых**, так как масса – это энергия в состоянии покоя, есть возможность в будущем преобразовывать материю в энергию. Тогда проблем с энергией не будет, а значит, появится возможность путешествовать к далёким планетам. А это шаг к межзвёздным путешествиям.

- **Во-вторых**, изучение квантовой гравитации позволит, в будущем, управлять гравитацией. Однако это случится ещё не скоро, так как гравитоны пока ещё не очень хорошо изучены, а потому устройство, контролирующее гравитацию, может быть непредсказуемым.
- **В-третьих**, есть возможность подробнее понять М-теорию. Данная теория утверждает, что мироздание состоит из 11 измерений. М-теория претендует на звание «теории всего», а значит, её изучение позволит нам гораздо лучше понять строение Вселенной.