**оглавление**

[1. Четыре типа сил Вселенной и «Стандартная модель» физики 3](#_Toc157346697)

[2. Сильное взаимодействие 3](#_Toc157346698)

[3. Электромагнитное взаимодействие 4](#_Toc157346699)

[4. Слабое взаимодействие 8](#_Toc157346700)

[5. Гравитационное взаимодействие 9](#_Toc157346701)

[Список использованной литературы 12](#_Toc157346702)

# 1. Четыре типа сил Вселенной и «Стандартная модель» физики

Во Вселенной существуют четыре типа сил, определяющих характер взаимодействия между объекта­ми. Две из них известны как **гравитационная** и **электромагнитная**. Сила вызывает изменения в той или иной системе. Гравитационные силы в пространстве держат, например, планеты на их орбитах и собирают вместе космическую пыль, в результате чего образуются звезды. Законы движения Ньютона определяют силу, приложен­ную к телу, как произведение массы этого тела на получаемое им ускорение. Электромагнитные силы, действующие внутри атомов и между ними, оказывают большее воздействие, чем гравитационные (взаимное тяготение). Электрические силы, действующие между про­тивоположно заряженными протонами и электронами, удерживают атомы и молекулы от распада. Те же самые электрические силы обеспечивают связность твердых и жидких материалов. Еще два типа сил во Вселенной называются **сильным** и **слабым взаимодействи­ями**. Они действуют только внутри атомных ядер и не оказывают влияния на Вселенную в целом.

Вфизике, в свою очередь, существует так называемая ***стандартная модель*** - это теоретические предста­вления (набор уравнений) о существующих во Вселенной существующих четырех типах фундаментальных сил взаимодействия между объ­ектами. Два из этих четырех взаимодействий — *сильное* и *слабое* — проявляются лишь внутри атомных ядер. Третье является *электро­магнитным* взаимодействием и четвертое — *гравитационным.*

***В совокупности эти теоретические представления позволяют прогнозиро­вать результат любого известного фундаментального взаимодействия.*** Слабое взаимодействие управляет радиоактивным распадом. Сильное взаимодействие связывает вместе **протоны** и **нейтроны** (называе­мые также **нуклонами)** в ядрах **атомов,** а также связывает вместе элементарные частицы, называемые **кварками,** в нуклон. Элек­тромагнитное взаимодействие участвует в генерации света и других видов электромагнитного **излучения.** Оно связывает также атомы в молекулы, образуя все известные нам вещества. Благодаря грави­тационному взаимодействию удерживаются планеты около звезды, которые обращаются вместе с их **спутниками** вокруг звезд, а сами звезды движутся по своим орбитам в **галактиках.**

# 2. Сильное взаимодействие

***Сильное взаи­модействие*** удерживает протоны и нейтроны внутри атома. Каждый атом состоит из центрального положительно за­ряженного ядра, построенного из протонов и нейтронов и занимающего лишь малую долю объема атома, но содержащего большую часть его массы, и из окружающего его обла­ка значительно более легких отрицательно заряженных электронов. Число электронов в атоме равно числу заряженных частиц ядра — протонов и определяет то, как данный атом будет связан в молекуле с другими атомами. Протоны представляют собой один из трех видов эле­ментарных частиц, которые образуют атом. Электрически нейтральные частицы (нейтроны) ядра определяют его массу, но не влияют на число электронов и, сле­довательно, не оказывают почти никакого влияния на связь данного атома с другими.

Химические свойства атома определяются числом протонов в его ядре и соответствующим числом электронов, обращающихся вокруг ядра. Почти вся масса атома сосредоточена в ядре. Масса в отдельности протона и нейтрона примерно в 1800 раз больше, чем у электрона.

Однако, когда физики проникли глубже во внутреннее устройство атома, они обнаружили, что нейтрон и протон, в свою очередь, постро­ены из **кварков**, причем на каждый из них приходится по три кварка. Главный вопрос современной физики состоит в том, не построены ли также и кварки из еще более мелких частиц.

***Сильное взаи­модействие***, является самым сильным из фундаментальных взаимодействий элементарных частиц. В сильном взаимодействии участвуют **адроны**. (Адроны т.е. **кварки**, элементарные частицы, участвующие в сильном взаимодействии (барионы и мезоны, включая все резонансы).

Сильное взаимодействие превосходит электромагнитное взаимодействие примерно в 100 раз, его радиус действия около 10-13 см. Частный случай сильного взаимодействия — ядерные силы. Современной теорией сильного взаимодействия является квантовая хромодинамика.

Квантовоя хромодинамика - это, квантовополевая теория сильного взаимодействия кварков и глюонов, которое осуществляется путем обмена между ними — глюонами. (Глюоны, гипотетические электрически нейтральные частицы с нулевой массой и спином 1, осуществляющие взаимодействие между кварками. Подобно кваркам, глюоны обладают квантовой характеристикой «цвет».)

В отличие от фотонов, глюоны взаимодействуют друг с другом, что приводит, в частности, к росту силы взаимодействия между кварками и глюонами при удалении их друг от друга. Предполагается, что именно это свойство определяет короткодействие ядерных сил и отсутствие в природе свободных кварков и глюонов.

# 3. Элек­тромагнитное взаимодействие

Элек­тромагнитное взаимодействие, фундаментальное взаимодействие, в котором участвуют частицы, имеющие электрический заряд (или магнитный момент). Переносчиком электромагнитного взаимодействия между заряженными частицами является электромагнитное поле, или кванты поля — фотоны. По «силе» электромагнитное взаимодействие занимает промежуточное положение между сильным и слабым взаимодействиями и является дальнодействующим. Оно определяет взаимодействие между ядрами и электронами в атомах и молекулах, поэтому к электромагнитному взаимодействию сводится большинство сил, проявляющихся в макроскопических явлениях: силы упругости, трения, химическая связь и т. д. Электромагнитное взаимодействие приводит также к излучению электромагнитных волн, участвует в генерации света и других видов электромагнитного **излучения.**

Оно связывает также атомы в молекулы, образуя все известные нам вещества.

**В 1647г.,** французский физик и философ Пьер Гассенди высказал предположение, что атомы первоначально соединяются в особые группы, которые он назвал молекулами (от *лат.* moles — «масса», с уменьшитель­ным суффиксом cula).

Сразу же возник вопрос: как образуется связь между атомами в молеку­лах? Представления о том, что атомы сцепляются посредством крючков, со временем перестали удовлетворять химиков, т.к. стало ясно, что слож­ные химические превращения невозможно объяснить примитивным ме­ханическим взаимодействием.

В начале XIX в. шведский химик Йенс-Якоб Берцелиус предложил электрохимическую теорию сродства. Он считал, что атомы притягиваются друг к другу благодаря наличию у каждого из них двух противоположных электрических зарядов, находя­щихся на некотором расстоянии друг от друга.

Идея о том, что силы, удерживающие атомы в молекуле, имеют электрическую природу, оказалась верной, но первые шаги в понимании природы химической связи удалось сделать только после открытия электрона и разработки электронной теории строения атома.

В1907 г. российский химик Ни­колай Александрович Морозов предположил, что химическая связь между атомами может получиться за счет образования электронных пар. Это под­твердил в 1916 г. американский физикохимик Гилберт-Ньютон Льюис. По расчетам Льюиса получилось, что молекула будет наиболее энергети­чески устойчивой, если вокруг каждого ее атома образуется восьмиэлектронная оболочка («электронный октет»). Недаром химически инертные благородные газы имеют именно такой набор внешних электронов. Химическую связь, по Льюису, образуют одна, две, три пары электронов, принадлежащие октетам двух соседних атомов.

Если обозначить электроны точками, можно получить наглядные изображения молекул, которые называют моделями Льюиса или электронными формулами. Например, для молекулы фосфина РН3 модель Льюиса вы­глядит следующим образом:

Н

. .

Н :Р: Н

Если в моделях Льюиса общие пары электронов заменить черточками, получатся графические формулы. Вот какова формула для молекулы трихлорида бора ВС13:

С1

│

С1 **–** В **–** С1

Представления Льюиса понятны и удобны, но не дают знания о происхождении сил, вызывающих притяжение нейтральных атомов и образовании молекул.

В 1927 г. физики-тео­ретики объяснили образование молекулы водорода таким образом. Каждый из атомов этого элемента имеет один электрон, занимающий сфери­ческую ls-атомную орбиталь и притягивающийся к положительно заряженному ядру. Если же удастся сблизить два атома водорода, то каждый из электронов начнет притягиваться уже к двум ядрам или (что то же самое) оба ядра будут притягиваться к электронам.

При этом устанавливается равновесие сил притяжения и отталкивания протон — протонного и электрон — электронного) и образуется устойчи­вая двухатомная молекула водорода.

Чтобы атомы не разбегались, электроны должны как можно больше вре­мени находиться между ядрами. Как этого добиться?

Атомные орбитали при взаимодействии атомов частично перекрываются и проникают друг в друга. В области проникновения электронных «облаков» возникает до­полнительный электрический заряд.

Область частичного перекрывания ведет себя как самостоятельная орбиталь, и здесь действуют те же правила, что и при заполнении атомных орбиталей, в том числе и принцип Паули. Согласно этому принципу, два электрона в молекуле водорода должны иметь разные спины (спин — это собственный магнитный момент электрона) — они обозначаются проти­воположно направленными стрелками:↑↓.

Принцип Паули объясняет, почему невозможно образование двухатомной молекулы гелия. Чтобы такая молекула, Не2 оказалась устойчивой, в обла­сти перекрывания должны находиться четыре электрона. Однако сущест­вуют только два направления спина, значит, только два электрона могут находиться между ядрами. Остальные электроны будут «растаскивать» яд­ра, и атомы разлетятся. Молекула не образуется. В перекрывании могут участвовать не только s-, но и другие орби­тали. Однако электронные облака атомов перекрываются и проникают друг в друга только в том случае, если они имеют близкие зна­чения энергии и одинаковую симметрию. Вот, например, фтор F, у атома которого электронная формула [Не] 2s22pK Каждый атом фтора имеет семь валентных электронов — так называют внешние электроны, способные образовывать химическую связь. |

Атомные орбитали, занятые парами электронов, даже валентных, не перекрываются по той же причине, что и орбитали атомов гелия. Однако каждый атом фтора имеет одну орбиталь с единственным (неспаренным) электроном — вот эти-то орбитали будут проникать друг в друга (перекры­ваться). В области перекрывания расположатся два электрона от двух ато­мов фтора, которые свяжут их в молекулу.

Могут перекрываться и разные орбитали. Именно так образуется связь в молекуле фтороводорода HF. Дело в том, что s-орбиталь атома водорода и *p*-орбиталь атома фтора имеют разную форму, но одинаковую симметрию: при вращении вокруг оси, соединяющей ядра атомов, они совпадают са­ми с собой. По одному электрону от обоих атомов располагаются в облас­ти перекрывания этих орбиталей. И вот пара электронов объединяет ато­мы водорода и фтора: получается молекула HF.

У сферических *s*-орбиталей существует только одна возможность для перекрывания, а вот *p*-орбитали могут пере­крываться разными способами. Один из них показан на примере молекулы фтора. При таком перекрывании образуется так называемая **σ-связь**. Но есть и другая возможность — перекрывание боковыми областями электронного облака. В этом случае образуется **π-связь**, которая зна­чительно слабее σ-связи и может возникнуть только в дополнение к ней. Для этого двум атомам надо иметь  *p*-орбитали, которые могут уча­ствовать в перекрывании. Такая возможность есть у атомов кислорода. Электронная формула атома кислорода [Не] 2s22p4 и здесь валентными яв­ляются шесть электронов. Атом кислорода имеет на одной *p*-орбитали два электрона, а на оставшихся двух — по одному. Вот эти-то атомные орбитали с одиночными (неспаренными) электронами и участвуют в перекры­вании.

Две *p*-орбитали двух атомов кислорода, расположенные вдоль линии, соединяющей их ядра, перекрываются и образуют σ-связь. А *p*-орби­тали, перпендикулярные этой линии, создают дополнительную π-связь. Связь становится двойной, а участвуют в ее образовании две пары электронов. Как будто атомы кислорода протянули друг другу по две руки.

У атома азота N (его электронная формула — [Не] 2s22р2) из семи электронов валентными являются пять, три из которых располагаются поодиночке на трех *p*-орбиталях. При перекрывании электронных облаков двух ато­мов азота образуются одна σ- и две π-связи. Это уже тройная связь. Она отличается необычайной прочностью, и становится понятным, почему молекулы азота N2 с таким трудом вступают в химические реакции. А вообше-то иметь несколько орбиталей с неспаренными электронами удобно — можно образовать несколько связей с другими атомами. Вместо того чтобы использовать две связи на объединение друг с другом в молеку­ле О2 атом кислорода может присоединить к себе два атома водорода — получится молекула воды Н2О.

Механизм возникновения химической связи, при котором используется по одному электрону от каж­дого атома, называют обменным. Здесь все атомы как бы обмениваются своими электронами.

К примеру, если два человека обменяются яблоками, у каждого опять бу­дет по одному яблоку, а если они обменяются идеями, у каждого их будет по две. А если один из них большой выдумщик и у него уже есть две идеи, а у его партнера ни одной? Что ж, во время общения результат окажется тем же — у каждого по две идеи, которые станут общими. Вот и пара электронов в области перекрывания может появиться и при пе­рекрывании двух орбиталей — пустой и имеющей два электрона. Это донорно-акцепторный механизм образования химической связи: атом-до­нор безвозмездно отдает, а атом-акцептор принимает два спаренных элек­трона.

У молекул воды или аммиака имеются атомные орбитали, не участвующие в образовании связи. Электроны, находящиеся на таких орбиталях, назы­вают неподеленными — наверное, потому, что атом еще не успел ими по­делиться. У него появляется такая возможность, если он присоединит к себе частицу, имеющую свободную атомную орбиталь, например катион водорода Н+, вообще не имеющий электронов. При этом получается кати­он оксония Н3О+.

Таким образом на основе электромаг­нитных взаимодействий объясняются не только электрические и магнитные явления, но и оптические, и тепловые, и химические.

# 4. Слабое взаимодействие

Слабое взаимодействие, одно из фундаментальных взаимодействий, в котором участвуют все элементарные частицы (кроме фотона). Слабое взаимодействие гораздо слабее не только сильного, но и электромагнитного взаимодействия, но неизмеримо сильнее гравитационного. Ожидаемый радиус действия слабого взаимодействия порядка 2·10-16 см. Слабое взаимодействие обусловливает большинство распадов элементарных частиц, взаимодействия нейтрино с веществом и др. Для слабого взаимодействия характерно нарушение четности, странности, «очарования» и др. В кон. 60-х гг. создана единая теория слабого и электромагнитного взаимодействий (т. н. электрослабое взаимодействие).

**Четность**, квантовое число, характеризующее симметрию волновой функции физической системы или элементарной частицы при некоторых дискретных преобразованиях: если при таком преобразовании y не меняет знака, то четность положительна, если меняет, то четность отрицательна. Для абсолютно нейтральных частиц (или систем), которые тождественны своим античастицам, кроме четности пространственной, можно ввести понятия зарядовой четности и комбинированной четности (для остальных частиц замена их античастицами меняет саму волновую функцию).

**Странность** (S), целое (нулевое, положительное или отрицательное) квантовое число, характеризующее адроны. Странность частиц и античастиц противоположны по знаку. Адроны с S≠0 называются странными. Странность сохраняется в сильном и электромагнитном взаимодействиях, но нарушается (на 1) в слабом взаимодействии.

**«Очарование»** (чарм, шарм), квантовое число, характеризующее адроны (или кварки); сохраняется в сильном и электромагнитном взаимодействиях, но нарушается слабым взаимодействием. Частицы с ненулевым значением «очарование» называются «очарованными» частицами.

Слабое взаимодействие, например, управляет радиоактивным распадом.

***Радиоактивный распад*** – это постепенное уменьшение числа ра­диоактивных атомов вещества при спонтанном ядерном распаде, в результате чего эти атомы из нестабильного состояния переходят в стабильное. Время, в течение которого распадается половина таких атомов, называется периодом полураспада. Процесс радиоактивно­го распада сопровождается испусканием альфа-частиц, нуклонов, электронов и гамма-лучей либо непосредственно из нестабильных атомных ядер, либо вследствие ядерной реакции.

Радиоактивный распад представляет собой естественный процесс, протекающий вокруг нас постоянно. Именно радиоактивный распад таких элементов, как уран, торий и калий, нагревает недра Земли. Внутренняя теплота ядра Земли также генерируется радиоактивным распадом элементов, образовавшихся в теле звезд и вошедших в со­став первобытной Земли вследствие Большого Взрыва. Эта же те­плота, в свою очередь, питает энергией тектоническую активность Земли.

Время, необходимое для распада (с вы­делением энергии) половины данного количества радиоактивного материала называется периодом полураспада. Атом распадается путем деления (или расщепления) атомного ядра, переходя из нестабильного состояния в стабильное. Все радиоактивные вещества стремятся со временем прийти в ста­бильное состояние, и этот процесс сопровождается испусканием ио­низирующего излучения. Период полураспада различных радиоактивных материалов варьирует от менее чем миллионной доли се­кунды до миллионов лет. Период полураспада какого-либо опреде­ленного вещества постоянен и не зависит от физических условий, таких, как давление или температура. Поэтому радиоактивность можно использовать для оценки интервалов времени, измеряя долю ядер, которая уже подверглась распаду. Например, измерив коли­чество углерода, оставшееся в ископаемых остатках, можно узнать, сколь давно этот ископаемый материал образовался.

Периоды полураспада радиоактивных веществ, представляющих наибольшую угрозу человечеству, не являются ни очень коротки­ми, ни очень долгими. Короткоживущие вещества теряют свою ак­тивность столь быстро, что не представляют опасности. Радиоактив­ность очень долгоживущих материалов уменьшается столь медленно, что вредное ионизирующее излучение от них практически безопасно.

# 5. Гравитационное взаимодействие

Гравитационное взаимодействие, универсальное (присущее всем видам материи) взаимодействие, самое слабое из фундаментальных взаимодействий элементарных частиц, имеет характер притяжения.

Если это взаимодействие относительно слабое и тела движутся медленно по сравнению со скоростью света в вакууме *с*, то справедлив закон всемирного тяготения Ньютона. В случае сильных полей и скоростей, сравнимых с *c*, необходимо пользоваться созданной А. Эйнштейном общей теорией относительности (ОТО), являющейся обобщением ньютоновской теории тяготения на основе специальной относительности теории. В основе ОТО лежит принцип эквивалентности — локальной неразличимости сил тяготения и сил инерции, возникающих при ускорении системы отсчета. Этот принцип проявляется в том, что в заданном поле тяготения тела любой массы и физической природы движутся одинаково при одинаковых начальных условиях. Теория Эйнштейна описывает тяготение как воздействие физической материи на геометрические свойства пространства-времени (п.-в.); в свою очередь, эти свойства влияют на движение материи и другие физические процессы. В таком искривленном п.-в. движение тел «по инерции» (т. е. при отсутствии внешних сил, кроме гравитационных) происходит по геодезическим линиям, аналогичным прямым в неискривленном пространстве, но эти линии уже искривлены. В сильном поле тяготения геометрия обычного трехмерного пространства оказывается неевклидовой, а время течет медленнее, чем вне поля. Теория Эйнштейна предсказывает конечную скорость изменения поля тяготения, равную скорости света в вакууме (это изменение переносится в виде гравитационных волн), возможность возникновения черных дыр и др. Эксперименты подтверждают эффекты ОТО.

Проведя мысленные эксперименты, Эйнштейн пришел к вы­воду, что реальное гравитационное поле будет эквивалентно ус­коренным системам только в том случае, если пространство-вре­мя является искривленным, т.е. неевклидовым: «Наш мир неевклидов. Геометрическая природа его образована масса­ми и их скоростями. Гравитационные уравнения ОТО стремятся раскрыть геометрические свойства нашего мира»[[1]](#footnote-1). Великий физик исходил из того, что пространственно-временной континуум носит риманов характер. А римановым (в узком смысле) называ­ется пространство постоянной положительной кривизны. Его на­глядный образ - поверхность обычной сферы, на которой кратчайшая линия не является прямой.

Итак, с точки зрения ОТО пространство нашего мира не обла­дает постоянной нулевой кривизной. Кривизна его меняется от точки к точке и определяется полем тяготения. И время в разных точках течет по-разному. Поле тяготения является не чем иным, как отклонением свойств реального пространства от свойств иде­ального (евклидова) пространства. Поле тяготения в каждой точ­ке определяется значением кривизны пространства в этой точке. При этом искривление пространства-времени определяется не только полной массой вещества, из которого слагается тело, но и всеми видами энергии, присутствующими в нем, в том числе энер­гии всех физических полей. Так, в ОТО обобщается принцип тож­дества массы и энергии СТО: *Е = mc2*. Таким образом, важнейшее отличие ОТО от других физических теорий состоит в том, что она описывает тяготение как воздействие материи на свойства про­странства-времени, эти свойства пространства-времени, со своей стороны, влияют на движение тел, на физические процессы в них.

В ОТО движение материальной точки в поле тяготения рас­сматривается как свободное «инерциальное» движение, но про­исходящее не в евклидовом, а в пространстве с изменяющейся кривизной. В результате движение точки уже не является прямо­линейным и равномерным, а происходит по геодезической линии искривленного пространства. Отсюда следует, что уравнение движения материальной точки, а также и луча света должно быть записано в виде уравнения геодезической линии искривленного пространства. Для определения кривизны пространства необходи­мо знать выражение для компонент фундаментального тензора (аналога потенциала в ньютоновской теории тяготения). Задача за­ключается в том, чтобы, зная распределения тяготеющих масс в про­странстве, определить функции координат и времени (компонент фундаментального тензора); тогда можно записать уравнение гео­дезической линии и решить проблему движения материальной точки, проблему распространения светового луча и т.д.

Эйнштейн нашел общее уравнение гравитационного поля (которое в классическом приближении переходило в закон тяготения Ньютона) и таким образом решил проблему тяготения в общем виде. Уравнения гравитационного поля в общей тео­рии относительности представляют собой систему из 10 уравнений. В отличие от теории тяготения Ньютона, где есть один потенциал гравитационного поля, который зависит от единствен­ной величины — плотности массы, в теории Эйнштейна грави­тационное поле описывается 10 потенциалами и может созда­ваться не только плотностью массы, но также потоком массы и потоком импульса.

Еще одно кардинальное отличие ОТО от предшествующих ей физических теорий состоит в отказе от ряда старых понятий и формулировке новых. Так, ОТО отказывается от понятий «сила», «потенциальная энергия», «инерциальная система», «евклидов характер пространства-времени» и др. В ОТО используют неже­сткие (деформирующиеся) тела отсчета, поскольку в гравитаци­онных полях не существует твердых тел и ход часов зависит от состояния этих полей. Такая система отсчета (ее называют «мол­люском отсчета») может двигаться произвольным образом, и ее форма может изменяться, у используемых часов может быть сколь угодно нерегулярный ход. ОТО углубляет понятие поля, связывая воедино понятия инерции, гравитации и метрики пространства-времени, допускает возможность гравитационных волн. Гравита­ционные волны создаются переменным гравитационным полем, неравномерным движением масс и распространяются в простран­стве со скоростью света. Гравитационные волны в земных усло­виях очень слабы. Есть возможность реальной фиксации грави­тационного излучения, возникающего в грандиозных катастро­фических процессах во Вселенной — вспышках сверхновых звезд, столкновении пульсаров и др.

# Список использованной литературы

1. Альберт Эйнштейн и теория гравитации. – М., 1979. – С. 570.
2. Большая серия знаний. Химия. – М.: Мир книги, Русское энциклопедическое товарищество, 2006. – С. 10 - 21.
3. Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия, 2007. – [www.KM.ru](http://www.KM.ru) [электронный мультипортал]
4. Бренан Р. Словарь научной грамотности. – М: Мир, 1997. – 368с.
5. Грушевицкая Т.Г., Садохин А.П., Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. – М., 2002.
6. Ильченко В.Р. Перекрёстки физики, химии и биологии. – М.: Просвещение, 1986. – С.134 – 140.
7. Найдыш В.М., Концепции современного естествознания: учебник. – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Альфа-М, ИНФРА-М, 2004.
8. Философские проблемы естествознания. – М.: Высшая школа, 1985.
9. Эйнштейн А., Инфельд Л., Эволюция физики. – М., 1965.

1. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. М., 1965. [↑](#footnote-ref-1)