# введение

Человек - с момента его появления как биологического вида на протяжении всего своего существования пытается осмыслить окружающий мир, разобраться в его устройстве и определить себя в нём.

 Естественно, что с развитием самого человека его взгляды на мир менялись: от языческих богов до теории белковой жизни. В процессе познавания мира человек открывал для себя всё новые и новые явления природы, которые не могли существовать по отдельности друг от друга. Начался процесс объединения и познания мира как единое целое. В последствии образовалась наука философия, из которой вытекли все известные науки.

 В философии, или в одном из её направление естествознание, с XVII в. начинают играть существенную роль философско-методологические принципы, позволяющие на определенном этапе развития знаний начать строить сравнительно цельные научные картины мироздания; закладывать основы идеи бесконечного приближения к объективной истине на основе механического объяснения природы. В первую очередь, это связано с такими именами как Коперник, Кеплер и Галилей. Галилей провозгласил главенствующую роль *причинного* объяснения природы, включая подчинение принципу причинности самой науки, и утверждал абсолютную объективность научной истины. Он подошел к анализу природных явлений как наблюдатель, отбросивший традиционные воззрения, что послужило формированию определенного стиля научного мышления. Галилей показал, как можно конкретизировать философские идеи в их методологическом качестве применительно к физическому познанию. Принцип относительности, сформулированный Галилеем, в этом отношении является одним из реализованных методологических идеалов, положенных в дальнейшем в основание первой научной физической картины мира – механистической. По праву его можно назвать основателем собственно научной методологии конкретного уровня.

 Вслед за М.В.Мостепаненко, мы будем понимать под физической картиной мира “идеальную модель природы, включающую в себя наиболее общие понятия, принципы и гипотезы физики и характеризующую определенный исторический этап ее развития”. Данная формулировка предполагает определенный синтез физических знаний, не претендуя при этом на реализацию идеала единой физической теории, сформулированной в рамках этой модели. Объяснение (толкование) явлений, предсказанных и описанных физической теорией, проводится, как правило, в рамках существующей модели реальности

 Революционная ситуация, сложившаяся в естествознании в начале XXв., связана с появлением двух новых теоретических концепций – квантовой механики и специальной теории относительности. Как это часто бывает, в начальный период формирования принципиально новой теоретической концепции, первыми носителями методологии являются сами создатели.

# 1.1 Создание специальной теории относительности

В начале XX в. на смену классической механике пришла новая фундаментальная теория — специальная теория относительности (СТО) созданная усилиями ряда ученых, прежде всего А. Эйнштейном, она позволила непротиворечиво объяснить многие физические явления, которые не укладывались в рамки классических представлений. В первую очередь это касалось закономерностей электромагнитных явлений в движущихся телах.

Создание теории электромагнитного поля и экспериментальное доказательство его реальности поставили перед физиками задачу выяснить, распространяется ли принцип относительности движения, справедливый для механических явлений, на явления, присущие электромагнитному полю. Во всех инерциальных системах (т.е. движущихся прямолинейно и равномерно друг по отношению к другу) применимы одни и те же законы механики. Но справедлив ли принцип для немеханических явлений, особенно тех, которые представлены полевой формой материи в частности электромагнитных явлений?

Вместе с тем ряд опытов, которые были поставлены еще в 19в. показал, что скорость света всегда одинакова во всех системах координат независимо от того, движется ли излучающий его источник или нет, и независимо от того, как он движется.

 Все эти противоречия привели к тому, что на рубежу **ХIХ—XX** вв. развитие физики привело к осознанию противоречий и несовместимости трех принципиальных положений классической механики:

1.)скорость света в пустом пространстве всегда постоянна, независимо от движения источника или приемника света;

2.)в двух системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга, все законы природы строго одинаковы, и нет никакого средства обнаружить абсолютное прямолинейное и равномерное движение (принцип относительности);

3.)координаты и скорости преобразовываются из одной инерциальной системы в другую согласно классическим преобразованиям Галилея.

Было ясно, что эти три положения не могут быть объединены, поскольку они несовместимы. Долгое время усилия физиков были направлены на то, чтобы попытаться каким-либо образом изменить первые два положения, оставив неизменным третье как само собой разумеющееся.

Внутренней логикой своего развития физика подводилась к необходимости найти нестандартный путь в разрешении этого фундаментального противоречия.

В сентябре 1905 г. в немецком журнале появилась работа А. Эйнштейна «К электродинамике движущихся тел». Эйнштейн сформулировал основные положения СТО, которая объясняла и отрицательный результат опыта Майкельсона, и смысл преобразований Лоренца и, кроме того, содержала новый взгляд на пространство и время.

Эйнштейн нашел еще один путь преодоления противоречий в принципиальных основах классической механики. Он пришел к убеждению, что необходимо сохранить два первых утверждения, отказаться от преобразований Галилея. И дело не просто в том, чтобы чисто формально заменить их другим преобразованием. Эйнштейн увидел, что за преобразованиями Галилея кроется определенное представление о пространственно-временных соотношениях, которое не соответствует физическому опыту, реальным свойствам пространства и времени. Слабым звеном принципиальных оснований классической механики оказалось представление об абсолютной одновременности событий. Классическая механика пользовалась им, не сознавая его сложной природы.

До выхода в свет статьи «К электродинамике движущихся тел», в которой впервые были изложены основы теории относительности, Эйнштейн около 10 лет размышлял над проблемой влияния движения тел на электромагнитные явления. Он пришел к твердому убеждению о всеобщности принципа относительности, т.е. к выводу, что и в отношении электромагнитных явлений, а не только механических, все инерциальные системы координат совершенно равноправны. Кроме того, Эйнштейн был убежден в инвариантности скорости света во всех инерциальных системах отсчета. В своих воспоминаниях он пишет, что еще в 1896 г. у него « возник вопрос: если бы можно было погнаться за световой волной со скоростью света, то имели бы мы перед собой не зависящее от времени волновое поле? Такое все-таки кажется невозможным!». Таким образом, Эйнштейн, по-видимому еще в молодости пришел к принципу, согласно которому скорость распространения световой волны одинакова во всех инерциальных системах.

Одновременное действие этих двух принципов кажется невозможным. Налицо теоретический парадокс. Из данного парадокса Эйнштейн находит выход, анализируя понятие одновременности. Анализ подводит его к выводу об относительном характере этого понятия. В осознании относительности одновременности заключается суть всей теории относительности, выводы которой, в очередь, приводят к необходимости пересмотра понятий пространства и времени — основополагающих понятий всего естествознания.

В классической физике полагали, что можно запросто говорить об абсолютной одновременности событий сразу во всех точках пространства. Эйнштейн убедительно показал неверность такого представления. Он начинает с анализа вопроса, каким образом можно установить одновременность двух событий, происходящих в разных точках пространства. Для этого, делает он вывод, нужно иметь в этих точках часы, причем эти часы должны быть одинаково настроены и идти синхронно. Но как узнать, что двое часов, помещенных в различных местах пространства, идут синхронно; или, то же самое, как узнать, что два события в различных точках пространства, скажем на Земле и на Луне, происходят одновременно. Для достижения синхронности, можно воспользоваться световыми сигналами.

Из нового понимания одновременности, осознания его относительности следуют совершенно революционные выводы о закономерностях пространственно-временных отношений вещей. Прежде кто необходимость признания относительности размеров тел. Чтобы измерить длину тела, нужно отметить его границы на масштабе одновременно. Однако то, что одновременно для неподвижного и в наблюдателя, уже не одновременно для движущегося, поэтому и длина тела, измеренная разными наблюдателями, которые движутся относительно друг друга с различными скоростями, должна быть различна.

На следующем этапе становления специальной теории относительности этим общим идейным рассуждениям Эйнштейн придает математическую форму и, в частности, выводит формулы преобразования координат и времени — преобразования Лоренца. Но у Эйнштейна эти преобразования имеют иной смысл: одно и то же тело имеет различную длину, если оно движется с различной скоростью , относительно системы, в которой эта длина измерялась. То же самое относится и ко времени. Промежуток времени, в течение которого длится какой-либо процесс, различен, если измерять его движущимся с различной скоростью часами. В специальной теории относительности размеры тел и промежутки времени теряют абсолютный характер, какой им приписывался классической физикой, и приобретают статус относительных величин, зависящих от выбора системы отсчёта, с помощью которой проводилось их измерение. Они приобретают такой же смысл, какой имеют уже известные относительные величины, например, скорость, траектория и т.н. Таким образом, Эйнштейн делает вывод о необходимости изменения пространственно-временных представлений, выработанных классической физикой.

Кроме формул преобразований координат и времени, Эйнштейн получает также релятивистскую формулу сложения скоростей, показывает, что масса тела также является относительной величиной зависящей от скорости, а между массой тела и его полной энергией существует определенное соотношение. Он формулирует следующий закон: «масса тела есть мера содержащейся в нем энергии» в соотношении *Е* = *тс2.*

Создание СТО было качественно новым шагом в развитии физического познания. От классической механики СТО отличается тем, что в физическое описание релятивистских явлений органически входит наблюдатель со средствами наблюдения. Описание физических процессов в СТО существенно связано с выбором системы координат. Физическая теория описывает не физический процесс сам по себе, а результат взаимодействия физического процесса со средствами исследования. Обращая на это внимание, Эйнштейн в уже упомянутой статье «К электродинамике движущихся тел» пишет: « Суждения всякой теории касаются соотношений между твердыми телами (координатными системами), часами и электромагнитными процессами». В СТО через осознание того, что нельзя дать описание физического процесса самого по себе, можно только дать его описание по отношению к определенной системе отсчета, впервые в истории физики непосредственно проявился диалектический характер процесса познания, активность субъекта познания, неотрывное взаимодействие субъекта и объекта познания.

# 1.2 Создание и развитие общей теории относительности

Классическая механика и СТО формулируют закономерности физических явлений только для некоторого достаточно узкого класса инерциальных систем отсчета, не предлагая средств для реального выделения таких систем. Вполне закономерно возникла проблема, как распространить законы физики и на неинерциальные системы.

 После создания СТО Эйнштейн стал задумываться над этой проблемой применительно к принципу относительности: «Можем ли мы сформулировать физические законы таким образом, чтобы они были справедливыми для всех систем координат, не только для систем, движущихся совершенно произвольно по отношению друг к другу? Если это можно сделать, то... тогда мы будем в состоянии применять законы природы в любой системе координат».

Возможность реализации этой идеи Эйнштейн увидел на пути обобщения принципа относительности движения — распространения принципа относительности не только на скорость, но и на ускорение движущихся систем. Если не приписывать абсолютный характер не только скорости, но и ускорению, то в таком случае выделенность класса инерциальных систем потеряет свой смысл и можно так сформулировать физические законы, чтобы их формулировка имела смысл в отношении любой системы координат. Это и есть **содержание общего принципа относительности**.

Но тогда возникал вопрос, а что же такое масса тела в системе? Существует два различных и независимых способа определения Массы тела: 1) через ускорение, которое вызывает любая действую­щий на тело сила (инертная масса); 2) через притяжение в поле тяготения(гравитационная масса — вес тела). Независимость инертной и гравитационной масс и их эквивалентность была известна в класси­ческой механике и выражалась через закон пропорциональности веса и массы Р/m = g. В 1890 г. венгерский физик Л. Этвеш подтвердил факт эквивалент­ности инертной и гравитационной масс с высокой точностью (до 10-9, сейчас эта точность повышена до 10-12). После открытия зависи­мости инертной массы от скорости (релятивистские эффекты) вопрос о независимости гравитационной массы от любых свойств тела и состояний, в которых они находятся, предстал в новом свете. Нужно было разобраться в вопросе, изменяются ли гравитационные свойства тел, если их инерционные свойства зависят от состояния движения.

Эквивалентность, существующую между ускорением и однородным полем тяготения, которая справедлива для механики, Эйнштейн считает возможным распространить на оптические и вообще любые физические явления. Этот расширенный принцип эквивалентности и был положен им в основу общей теории относительности. Построение ОТО он завершил в 1916 г. При этом он использовал понятия и математический аппарат неевклидовых геометрий.

Мысленные эксперименты убедительно показывали, что релятивистская физика не может основываться на евклидовой геометрии и А. Эйнштейн вводит представление о том, что метрика пространства-времени обусловлена гравитационным полем, которое в свою очередь создано вещественными образованиями: «Наш мир неевклидов. Геометрическая природа его образована массами и их скоростями». Гравитационные уравнения ОТО стремятся раскрыть геометрические свойства нашего мира». Эйнштейн исходил из того, что пространственно-временной континуум носит риманов характер. А мановым (в узком смысле) называется пространство постоянной положительной кривизны. Его наглядный образ — поверхность обычной сферы. Это значит, что движение частицы в гравитационном поле определяется кратчайшей мировой линией, которая не является прямой, но тем не менее является кратчайшей.

С точки зрения ОТО пространство не обладает постоянной (нулевой) кривизной. Кривизна его меняется от точки к точке и определяется полем тяготения. Можно сказать больше: поле тяготения является не чем иным, как отклонением свойств реального пространства от свойств идеального евклидова пространства. Величина пространства тяготения в каждой точке определяется значением кривизны пространства в этой точке. Таким образом, движение материальной точки в поле тяготения можно рассматривать 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.

В последние десятилетия своей жизни Эйнштейн усиленно занимался поисками «единой теории поля», которая бы объединила теорию тяготения и теорию электромагнитного поля. С точки зрения Эйнштейна, реализация этой задачи позволила бы свойства вещества вывести из представлений о свойствах поля, рассматривать вещество как такие области в пространстве, где поле чрезвычайно сильно, и объяснить существование элементарных частиц. Однако несмотря на все остроумие его методов и колоссальное упорство, ему не удалось этого достигнуть. К середине XX в. стало ясно, что работа в этом направлении должна осуществляться с учетом существования не двух (гравитационное и электромагнитное), а четырех типов фундаментальных взаимодействий.

# 1.3 Экспериментальная проверка общей теории относительности

Теория, которая не верна на практике, ставит себя под большое сомнение! Поэтому и новая теория общей теории относительности должна была 100% подтвердить себя на практике. Первый успех ОТО, которая стала фундаментом для выявления новых и объяснения известных общих свойств и закономерностей Вселенной, заключался в объяснении открытой еще в 1859 г. (и непонятной с точки зрения классической теории) дополнительной скорости движения перигелия Меркурия (около 43" в столетие) под влиянием гравитационного поля Солнца. Прецессия орбиты Меркурия обусловлена искривлением пространства, вызванным гравитационным воздействием Солнца.

Большое значение для широкого признания ОТО имели опыты по измерению отклонения лучей света, проходящих около Солнца. Первая немецкая экспедиция по проверке данного эффекта была направлена уже в 1914 г. на территорию России, но в связи с началом Первой мировой войны была интернирована. Затмение 29 мая 1919 г. представляло собой особенно благоприятный случай, когда в не наблюдений оказывалось большое число ярких звезд, и потому в Великобритании под руководством А. Эддингтона были сформированы две экспедиции: одна направилась в Бразилию (Собрал), а другая — на один из островов, расположенных возле африканского мате­рика (Принсипи). Как отмечалось в отчете, «результаты экспедиций в Собрал и на Принсипи оставляют мало сомнения в том, что луч света отклоняется вблизи Солнца и что отклонение, если приписать его действию гравитационного поля Солнца, по величине соответствует требованиям общей теории относительности Эйнштейна». Проведенные в 1922 г. новые измерения также подтвердили существование эффекта, предсказанного теорией Эйнштейна.

Другой результат, полученный в теории Эйнштейна, — наличие красного смещения в спектрах небесных тел — был подтвержден рядом опытов 1923—1926 гг. при наблюдении спектров Солнца и обладающего чрезвычайно большим полем тяготения спутника Сириуса..

Долгое время экспериментальных подтверждений ОТО было мало: изменения орбиты Меркурия, красное смещение в спектрах звёзд, искривление лучей света вблизи Солнца, обусловленное кривизной, пространства. Согласие теории с опытом достаточно хорошее, но чистота экспериментов нарушается различными сложными побочными влияниями. Однако влияние искривления пространства-времени можно обнаружить даже в умеренных гравитационных полях. Очень чувствительные часы, например, могут обнаружить замедление времени на поверхности Земли. Чтобы расширить экспериментальную базу ОТО, во второй половине XX в. были поставлены новые эксперименты: проверялась эквивалентность инертной и гравитационной масс (в том числе и путем лазерной локации *Луны);* с помощью радиолокации уточнялось движение перигелия Меркурия; измерялось гравитационное отклонение радиоволн Солнцем, проводилась радиолокация планет Солнечной системы; оценивалось влияние гравитационного поля Солнца на радиосвязь с космическими кораблями, которые отправлялись к дальним планетам Солнечной системы, и т.д. Все они, так или иначе, подтвердили предсказания, полученные на основе ОТО.

# 1.4 Современное состояние теории гравитации и её роль в физике

В физике XX в. ОТО сыграла особую и своеобразную роль.

Во-первых, она представляет собой новую теорию тяготения хотя, возможно, и не вполне завершена и не лишена некоторых недостатков. Трудность состоит в том, что гравитация — это вид энергии поэтому она сама является собственным источником энергии; гравитация как физическое поле сама обладает (как, например и электромагнетизм) энергией и импульсом, а значит, и массой. следовательно, уравнения теории нелинейны, т.е. нельзя просто сложить известные решения для простых систем, чтобы получилось полное решение для сложной системы. С этим связаны, например, трудности в интерпретации содержания тензора энергии — импульса. Математический аппарат теории настолько сложен, что почти все задачи кроме самых простейших, оказываются неразрешимыми. Из-за та ких трудностей (возможно, они скорее технического характера, но может быть и принципиального) ученые до сих пор — спустя 80 лет после того, как ОТО была сформулирована, — все еще пытаются разобраться в ее смысле.

Во - вторых, на основе ОТО были развиты два фундаментальных

направления современной физики: геометризированные единые теории поля; релятивистская космология.

Успешная геометризация гравитации заставила многих физиков задуматься над вопросом о сущности физики в ее отношении с геометрией. Здесь сложились две противоположные точки зрения:

I) поля и частицы непосредственно не определяют характер пространственно-временного континуума. Он сам служит лишь ареной проявления. Поля и частицы чужды геометрии мира и их надо добавить к геометрии, чтобы вообще можно было говорить о какой либо физике;

2) в мире нет ничего, кроме пустого искривленного пространства. Материя, заряд, электромагнетизм и другие поля являются лишь проявлением искривленного пространства. Физика есть геометрия.

ОТО оказалась переходной теорией между первым и вторым подходами. В ОТО представлен смешанный тип описания реальности: гравитация в ней геометризирована, а частицы и поля, отличные от гравитации, добавляются к геометрии.

Многие ученые (в том числе и сам Эйнштейн) предпринимали попытки объединить электромагнитное и гравитационное поля в рамках достаточно общего геометрического формализма на базе ОТО. С открытием разнообразных элементарных частиц и соответствующих им полей естественно встала проблема включения и их в рамки подобной единой теории. Это положило начало длительному процессу поисков геометризированной единой теории поля, которая, по замыслу, должна реализовать второй подход — сведение физики к геометрии, создание геометродинамики.

Анализ показывает, что там, где проявляются изменения топологической структуры мира, топологии пространственно-временного континуума, там фиксируется кажущееся изменение фундаментальных законов природы. Так, происходит кажущееся нарушение причинности, когда при падении в «черную дыру» исчезают элементарные частицы. Поэтому изучение пространства и поиск единой теории поля имеет глобальное значение.

# 2.1 Возникновение и развитие квантовой физики

Истоки квантовой физики можно найти в исследованиях процессов излучения тел. Еще в 1809 г. П. Прево сделал вывод, что каждое тело излучает независимо от окружающей среды. Развитие спектроскопии в XIX в. привело к тому, что при изучении спектров излучения начинают обращать внимание и на спектры поглощения. При выясняется, что между излучением и поглощением тела существует простая связь: в спектрах поглощения отсутствуют или ослабляются те участки спектра, которые испускаются данным телом. Этот закон получил объяснение только в квантовой теории.

 Г. Кирхгоф в 1860 г. сформулировал новый закон, который гласит что для излучения одной и той же длины волны при одной и той же температуре отношение испускательной и поглощательной способностей для всех тел одинаково. Другими словами, если EλT и AλT – соответственно испускательная и поглощательная способности тела, зависящие от длины волны λ и температуры T, то

 где φ(λ,T) – некоторая универсальная функция λ и T, одинаковая для всех тел.

Кирхгоф ввел понятие абсолютно черного тела как тела, поглощающего все падающие на него лучи. При определении вида универсальной функции естественно было предположить, что можно воспользоваться теоретическими соображениями, прежде всего основными законами термодинамики. Л. Больцман показал, что полная энергия излучения абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его температуры, однако задача конкретного определения вида функции Кирхгофа оказалась весьма трудной, и исследования в этом направлении, основанные на термодинамике и оптике, не привели к успеху. Опыт давал картину, не объяснимую с точки зрения классических представлений: при термодинамическом равновесии между колеблю­щимися атомами вещества и электромагнитным излучением почти энергия сосредоточена в колеблющихся атомах и лишь ничтожная часть ее приходится на долю излучения, тогда как согласно классической теории практически вся энергия должна была бы перейти к электромагнитному полю.

1900 г. на заседании Берлинского физического общества М. Планк предложил новую формулу для распределения энергии в спектре черного тела. Эта формула давала полное соответствие с опытом, но её физический смысл был не вполне понятен. Дополнительный анализ показал, что она имеет смысл только в том случае, если допустить, что излучение энергии происходит не непрерывно, а определенными порциями — квантами (е). Это вело к признанию наравне с атомизмом вещества атомизма энергии или действия, дискретного, квантового характера излучения, что не укладывалось в рамки представлений классической физики.

**Формулировка гипотезы квантов энергии была началом новой эры в развитии теоретической физики.**С большим успехом эту гипотезу начали применять для объяснения других явлений, которые не поддавались описанию на основе представлений классической физики.

 Существенно новым шагом в развитии квантовой гипотезы было введение понятия квантов света. Эта идея была разработана в 1905 г. Эйнштейном и использована им для объяснения фотоэффекта. В целом ряде исследований были получены подтверждения истинности этой идеи. В 1909 г. Эйнштейн, продолжая исследования законов излучения, показывает, что свет обладает одновременно и волновыми и корпускулярными свойствами. Становилось все более очевидно, что корпускулярно-волновой дуализм светового излучения нельзя объяснить с позиций классической физики. В 1912 г. А.Пуанкаре окончательно доказал несовместимость формулы Планка и классической механики. Требовались новые понятия, новые представления и новый научный язык, для того чтобы физики могли осмыслить эти необычные явления. Все это появилось позже — вместе с созданием и развитием квантовой механики.

# 2.2 Создание нерелятивсткой квантовой механики

Такие новые, представления и принципы были созданы плеядой выдающихся физиков XX в. в 1925—1927 гг. В. Гейзенберг установил основы так называемой матричной механики; Л. де Бройль, а за ним Э. Шредингер разработали волновую механику. Вскоре выяснилось, что и матричная механика, и волновая механика — различные формы единой теории, получившей название квантовой механики.

В 1926 г. Гейзенберг впервые высказал основные положения квантовой механики в матричной форме. Теория атомных явлений, по Гейзенбергу, должна ограничиваться установлением соотношений между величинами, которые непосредственно измеряются в экспериментальных исследованиях («наблюдаемыми» величинами, в терминологии Гейзенберга) — частотой излучения спектральных линий, их интенсивностью, поляризацией и т.п. «Ненаблюдаемые» величины, такие, как координаты электрона, его скорость, траектория, по которой он движется, и т.д., не следует использовать в теории атома.

Однако в согласии с принципом соответствия новая теория должна определенным образом соответствовать классическим теориям, соотношения величин новой теории должны быть аналогичными отношениям классических величин. При этом каждой классической величине нужно найти соответствующую ей квантовую величину и пользуясь классическими соотношениями, составить соответствующие им соотношения между найденными квантовыми величинами*.* Такие соответствия могут быть получены только из операций измерения.

Анализируя закономерности измерения величин в квантовой ме­тке, Гейзенберг приходит к важному принципиальному результату о невозможности одновременного точного измерения двух канонически сопряженных величин и устанавливает так называемое соотношение неопределенностей. Этот принцип является основой физической интерпретации квантовой механики.

Второе направление в создании квантовой механики сначала развивалось в работах Л. де Бройля. Он высказал идею о волновой природе материальных частиц. На основании уже установленного факта одновременно и корпускулярной, и волновой природы света, а также оптико-механической аналогии де Бройль пришел к идее о существовании волновых свойств любых частиц материи. На первые работы де Бройля, в которых высказывалась идея волн, связанных с материальными частицами, не обратили серьезного внимания. Де Бройль впоследствии писал, что высказанные им идеи были приняты с «удивлением, к которому, несомненно, примешива­ть какая-то доля скептицизма». Но не все скептически отнеслись к идеям де Бройля. Особенно сильное влияние идеи де Бройля оказали на Э. Шрёдингера, который увидел в них основу для создания новой теории квантовых процессов. В 1926 г. Шрёдингер, развивая идеи Бройля, построил так называемую волновую механику.

В квантовой механике разница между полем и системой частиц исчезает. Так, например, электрон, вращающийся вокруг ядра, можно представить как волну, длина которой зависит от скорости. Там, где укладывается целое число длин волн электрона, волны складываются и образуют боровские разрешенные орбиты. А там, где целое число длин волн не укладывается, гребни волн компенсируют впадины, там орбиты не будут разрешены.

Волновая механика получила прямое экспериментальное подтверждение в 1927 г., когда К.Дж. Дэвиссон и П. Джермер обнаружили явление дифракции электронов. Кроме того, выяснилось, что правильно и количественное соотношение для длин волн де Бройля. Квантовая механика — теоретическая основа современной химии. С помощью квантовой теории удалось построить также совершенные теории твердого тела, электрической проводимости термоэлектрических явлений и т.д. Она дала основания для построения теории радиоактивного распада, а в дальнейшем стала базой для ядерной физики.

# 2.3 Проблема интерпретации квантовой механики. Принцип дополнительности

Созданный группой физиков в 1925—1927 гг. формальный математический аппарат квантовой механики убедительно продемонстрировал свои широкие возможности по количественному охвату значительного эмпирического материала. Не оставалось сомнений, что квантовая механика пригодна для описания определенного круга явлений. Вместе с тем исключительная абстрактность квантово-механических формализмов, значительные отличия от классической ме­ханики, замена кинематических и динамических переменных абстрактными символами некоммутативной алгебры, отсутствие понятия электронной орбиты, необходимость интерпретации формализмов и др., рождали ощущение незавершенности, неполноты новой теории. В результате возникло мнение о необходимости ее завершения.

Возникла дискуссия о том, каким путем это нужно делать. А. Эйнштейн и ряд физиков считали, что квантово-механическое описание физической реальности существенно неполно. Иначе говоря, созданная теория не является фундаментальной теорией, а лишь промежуточной ступенью по отношению к ней, поэтому ее необходимо дополнить принципиально новыми постулатами и понятиями, т.е. дорабатывать тучасть оснований новой теории, которая связана с ее принципами.

Разработка методологических установок квантовой механики, являвшаяся важнейшим звеном в интерпретации этой теории, продолжалась вплоть до конца 40-х гг. Завершение выработки этой интерпретации означало и завершение научной революции в физике, начавшейся в конце XIX в.

Основной отличительной особенностью экспериментальных исследований в области квантовой механики является фундаментальная роль взаимодействия между физическим объектом и измеряемым устройством. Это связано с корпускулярно-волновым дуализмом. И свет, и частицы проявляют в различных условиях противоречивые свойства, в связи с чем о них возникают противоречивые представления. В одном типе измерительных приборов (дифракционная решетка) они представляются в виде непрерывного поля, распределённого в пространстве, будь то световое поле или поле, которое описывается волновой функцией. В другом типе приборов (пузырьковая камера) эти же микроявления выступают как частицы, как материальные точки. Причина корпускулярно-волнового дуализма, по Бору в том, что сам микрообъект не является ни волной, ни частицей обычном понимании.

Невозможность провести резкую границу между объектом и прибором в квантовой физике выдвигает две задачи: 1)каким образом можно отличить знания об объекте от знаний о приборе; 2) каким образом, различив их, связать в единую картину, теорию объекта.

Первая задача разрешается введением требования описывать поведение прибора на языке классической физики, а принципиально статистическое поведение микрочастиц — на языке квантово-механических формализмов. Вторая задача разрешается с помощью принципа дополнительности: **волновое и корпускулярное описания микропроцессов не исключают и не заменяют друг друга, а взаимно дополняют друг друга***.* При одном представлении микрообъекта используется причинное описание соответствующих процессов, в другом случае — пространственно-временное. Единая картина объекта синтезирует эти два описания.

# 2.4 Методологические установки неклассической физики

Создание релятивистской, а затем и квантовой физики привело к необходимости пересмотра методологических установок классической физики. Представим в систематическом виде методологические установки неклассической физики:

* Признание объективного существования физического мира*,* т.е. его существования до и независимо от человека и его сознания. В отличие от классической физики, которая рассматривала мир физических элементов как качественно однородное обра­зование, современная физика приходит к выводу о наличии трех качественно различающихся структурных уровней мира физи­ческих элементов: микро-, макро- и мегауровней.
* Явления микромира, микропроцессы обладают чертами це­лостности, необратимости и неделимости, которые приводят к качественному изменению представлений о характере взаи­мосвязи объекта и экспериментальных средств исследования.
* Причинность как один из элементов всеобщей связи и взаимо­обусловленности вещей, явлений, событий материального мира присуща и микропроцессам. Но характер причинной связи в микромире отличен от механистического детерминиз­ма. В области микроявлений причинность реализуется через многообразие случайностей, поэтому микропроцессам свойствен­ны не динамические, а статистические закономерности*.*
* Микроявления принципиально познаваемы. Получение пол­ного и непротиворечивого описания поведения микрочастиц требует выработки нового способа познания и новых методо­логических установок познания.
* Основа познания — эксперимент, непосредственное матери­альное взаимодействие между средствами исследования субъ­екта и объектом. Так же, как и в классической физике, исследо­ватель свободен в выборе условий эксперимента.
* Кардинальные изменения в методологии неклассической физики по сравнению с классической связаны с зависимостью описания поведе­ния физических объектов от условий познания.В релятивистской физике — это учет состояния движения систем отсчета при признании постоянства скорости света в вакууме. В квантовой физике — фундаментальная роль взаимодействия между мик­рообъектом и измерительным устройством, прибором. Неклас­сическая физика характеризуется, по сути, изменением познаватель­ного отношения субъекта и объекта.В квантовой физике оно фик­сируется принципом дополнительности.
* Если в классической физике все свойства объекта могут определиться одновременно, то уже в квантовой физике существуют принципиальные ограничения, выражаемые принципом
неопределенности.
* Неклассические способы описания позволяют получать объективное описание природы. Необъективность знания не должна отождествляться с наглядностью*.* Создание механической наглядной модели вовсе не синоним адекватного физического объяснения исследуемого явления.
* Физическая теория должна содержать в себе не только средства для описания поведения познаваемых объектов, но и средства для описания условий познания, включая процедуры исследования.
* В неклассической физике, как и в классической, игнорируется атомная структура экспериментальных устройств.
* Структура процесса познания не является неизменной*.* Качественному многообразию природы должно соответствовать многообразие способов ее познания. На основе неклассических способов познания (релятивистского и квантового) со временем должны сформироваться другие новые способы познания.

Во второй половине XX в. основное внимание физиков обращено на создание теорий, раскрывающих с позиций квантово-релятивистских представлений сущность и основания единства четырех фундаментальных взаимодействий — электромагнитного, «сильного» - «слабого» и гравитационного. Эта задача одновременно является задачей создания единой теории элементарных частиц (теории структуры материи). В последние десятилетия созданы и получили эмпирическое обоснование квантовая электродинамика, теория электрослабого взаимодействия, квантовая хромодинамика (теория сильного взаимодействия), есть перспективы на создание единой теории электромагнитного, «слабого» и «сильного» взаимодействий. Физики ожидают, что в отдаленной перспективе к ним должно быть присоединено и гравитационное взаимодействие. Таким образом, естествознание в настоящее время находится на пути к реализации великой цели — созданию единой теории структуры материи.

# 3. Фундаментальные физические взаимодействия

В своей повседневной жизни человек сталкивается с множеством с множеством сил действующих на тела: сила ветра или потока воды, давление воздуха, мускульная сила человека, вес предметов, давление квантов света, притяжение и отталкивание электрических зарядов, сейсмические волны, вызывающие подчас катастрофические разрушения и т.д.. Одни силы действуют непосредственно при контакте с телом, другие, например гравитация, действуют на расстоянии, через пространство. Но, как выяснилось в результате развития естествознания, несмотря на столь большое разнообразие, **все действующие в природе силы можно свести к четырем фундаментальным взаимодействиям.**Именно эти взаимодействия в конечном счете отвечают за все изменения в мире, именно они являются источником всех материальных преобразований тел, процессов. Каждое из четырех фундаментальных взаимодействий имеет сходство с тремя остальными и в то же время свои отличия. Изучение свойств фундаментальных взаимодействий составляет главную задачу современной физики.

# 3.1 Гравитация

Гравитация первым из четырех фундаментальных взаимодействий стала предметом научного исследования. Созданная в XVII в. Ньютоновская теория гравитации (закон всемирного тяготения) позволила впервые осознать истинную роль гравитации как силы природы.

Гравитация обладает рядом особенностей, отличающих ее от других фундаментальных взаимодействий. Наиболее удивительной особенностью гравитации является ее *малая интенсивность.* Гравитационное взаимодействие в 1039 раз меньше силы взаимодействия электрических зарядов. Как может такое слабое взаимодействие оказаться господствующей силой во Вселенной?

Все дело во второй удивительной черте гравитации — в ее универсальности*.* Ничто во Вселенной не может избежать гравитации. Каждая частица испытывает на себе действие гравитации и сама является источником гравитации, вызывает гравитационное притяжение. Гравитация возрастает по мере образования все больших скоплений вещества. И хотя притяжение одного атома пренебрежимо мало, но результирующая сила притяжения со стороны всех атомов может быть значительной. Это проявляется и в повседневной жизни: мы ощущаем гравитацию потому, что все атомы Земли сообща притягивают нас. Зато в микромире роль гравитации ничтожна. Никакие квантовые эффекты в гравитации пока не доступны наблюдению.

Кроме того, гравитация — **далъподействующая**сила природы. Это означает, что, хотя интенсивность гравитационного взаимодействия убывает с расстоянием, оно распространяется в пространстве и может сказываться на весьма удаленных от источника телах. В астрономическом масштабе гравитационное взаимодействие, как правило, играет главную роль. Благодаря дальнодействию гравитация позволяет Вселенной развалиться на части: она удерживает планеты на орбитах, звезды в галактиках, галактики в скоплениях, скопления в Метагалактике.

Сила гравитации, действующая между частицами, всегда составляет собой *силу притяжения:* она стремится сблизить частицы. Гравитационное отталкивание еще никогда не наблюдалось.

Пока еще нет однозначного ответа на вопрос, чем является гравитация — неким полем, искривлением пространства-времени или тем и другим вместе. На этот счет существуют разные мнения и концепции. Поэтому нет и завершенной теории квантово-гравитационного взаимодействия.

# 3.2 Электромагнетизм

По величине электрические силы намного превосходят гравитационные, поэтому в отличие от слабого гравитационного взаимодействия электрические силы, действующие между телами обычных размеров, можно легко наблюдать. Электромагнетизм известен людям с незапамятных времен (полярные сияния, вспышки молнии и др.).

Не все материалы частицы являются носителями электрического заряда. Электрически нейтральны, например, фотон и нейтрино. В этом электричество отличается от гравитации. *Все материальные частицы создают гравитационное поле, тогда как с электромагнитным- полем связаны только, заряженные частицы.*

Долгое время загадкой была и природа магнетизма. Как и электрические заряды, одноименные магнитные полюсы отталкиваются, а разноименные — притягиваются. В отличие от электрических зарядов магнитные полюсы встречаются не по отдельности, а только парами — северный полюс и южный. Хорошо известно, что в обычном магнитном стержне один конец действует как северный полюс, а другой — как южный.

Электрическая и магнитная силы (как и гравитация) являются недействующими, их действие ощутимо на больших расстояниях от источника. Электромагнитное взаимодействие проявляется на всех уровнях материи — в мегамире, макромире и микромире. Как и гравитация, оно подчиняется закону обратных квадратов. Электромагнитное поле Земли простирается далеко в космическое пространство, мощное поле Солнца заполняет всю Солнечную систему; существуют и галактические электромагнитные поля, электромагнитное взаимодействие определяет также структуру атомов и отвечает за подавляющее большинство физических и химических явлений и процессов (за исключением ядерных). К нему сводятся обычные силы: силы упругости, трения, поверхностного натяжения, им определяются агрегатные состояния вещества, оптические явления и др.

# 3.3 Слабое взаимодействие

К выявлению существования слабого взаимодействия физика продвигалась медленно. Слабое взаимодействие ответственно за распады частиц; и поэтому к его проявлением столкнулись с открытием радиоактивности и исследованием бета-распада. У бета-распада обнаружилась в высшей степени странная особенность. Исследования приводили к выводу, что в этом распаде как будто нарушается один из фундаментальных законов физики — закон сохранения энергии. Казалось, что часть энергии куда-то исчезала. Чтобы «спасти» закон сохранения энергии, В. Паули предположил, что при бета-распаде вместе с электроном вылетает, унося с собой недостающую энергию, еще одна частица. Она — нейтральная и обла­дает необычайно высокой проникающей способностью, вследствие чего ее не удавалось наблюдать. Э. Ферми назвал частицу-невидимку «нейтрино».

Но предсказание нейтрино — это только начало проблемы, её постановка. Нужно было объяснить природу нейтрино, но здесь оставалось много загадочного. Дело в том, что электроны и нейтрино испускались нестабильными ядрами. Но было неопровержимо, доказано, что внутри ядер нет таких частиц. Как же они возникали? Было высказано предположение, что электроны и нейтрино не существуют в ядре в «готовом виде», а каким-то образом образуются из энергии радиоактивного ядра. Дальнейшие исследования показали, что входящие в состав ядра нейтроны, предоставленные самим себе, несколько минут распадаются на протон, электрон и нейтрино, т.е. вместо одной частицы появляется три новые. Анализ приводит к выводу, что известные силы не могут вызвать такой распад. Он, может, порождался какой-то иной, неизвестной силой. Исследования показали, что этой силе соответствует некоторое слабое взаимодействие.

Слабое взаимодействие по величине значительно меньше всех взаимодействий, кроме гравитационного, и в системах, где оно существует, его эффекты оказываются в тени электромагнитного сильного взаимодействий. Кроме того, слабое взаимодействие распространяется на очень незначительных расстояниях. Радиус слабого взаимодействия очень мал. Слабое взаимодействие прекращается на расстоянии, большем 1016 см от источника, и потому оно не может влиять на макроскопические объекты, а ограничивается микромиром, субатомными частицами. Когда началось лавинообразное открытие множества нестабильных субъядерных частиц, то обнаружилось, что большинство из них участвуют в слабом взаимодействии.

Теория слабого взаимодействия была создана в конце 60-х гг. С момента построения Максвеллом теории электромагнитного поля создание этой теории явилось самым крупным шагом на пути к единству физики.

# 3.4 Сильное взаимодействие

Последнее в ряду фундаментальных взаимодействий — сильное взаимодействие, которое является источником огромной энергии, более характерный пример энергии, высвобождаемой сильным взаимодействием, — Солнце. В недрах Солнца и звезд непрерывно: протекают термоядерные реакции, вызываемые сильным взаимодействием. Но и человек научился высвобождать сильное взаимодействие: создана водородная бомба, сконструированы и совершенствуются технологии управляемой термоядерной реакции. К представлению о существовании сильного взаимодействия физика шла в ходе изучения структуры атомного ядра. Какая-то сила должна удерживать положительно заряженные протоны в ядре, не позволяя им разлетаться под действием электростатического отталкивания. Гравитация слишком слаба и не может это обеспечить; очевидно, необходимо какое-то взаимодействие, причем, более сильное, чем электромагнитное. Впоследствии оно было обнаружено. Выяснилось, что хотя по своей величине сильное взаимодействие существенно превосходит все остальные фундаментальные взаимодействия, но за пределами ядра оно не ощущается. Как и в случае слабого взаимодействия, радиус действия новой силы оказался очень малым: сильное взаимодействие проявляется на расстоянии, определяемом размерами ядра, т.е. примерно 1013 см. Кроме того, выяснилось, что сильное взаимодействие испытывают не все частицы. Так, его испытывают протоны и нейтроны, но электроны, нейтрино и фотоны не подвластны ему. В сильном взаимодействии участвуют обычно только тяжелые частицы. Оно ответственно за образование ядер и многие взаимодействия элементарных частиц.

Таким образом, в фундаментальных физических взаимодействиях чётко прослеживается различие сил дальнодействующих и близкодействующих. С одной стороны, взаимодействия неограниченного радиуса действия (гравитация, электромагнетизм), а с другой — малого радиуса (сильное и слабое). Мир физических процессов развертывается в границах этих двух полярностей и является воплощением единства предельно малого и предельно большого — близкодействия в микромире и дальнодействия во всей Вселенной.

# 4.1 Элементарные частицы

Элементарные частицы играю огромную роль в общем понимании физической картины мира. Представления об элементарных частицах задаёт материю.

Исторически первыми экспериментально обнаруженными элементарными частицами были электрон, протон, а затем нейтрон. При таком подходе вещество строилось из протонов, нейтронов и электронов, а фотоны осуществляли взаимодействие между ними. Однако скоро выяснилось, что мир устроен гораздо сложнее. Было установлено, что каждой частице соответствует своя античастица, отличающаяся от неё лишь знаком заряда. Для частиц с нулевым зарядом античастица совпадает с частицей(например фотон). По мере развития экспериментальной ядерной физики к этим частицам добавилось ещё свыше 300 частиц!

Характеристиками субатомных частиц являются масса, электрический заряд, спин, время жизни, магнитный момент, пространственная чётность, лептонный заряд, барионный заряд и т.д..

**Лептоны**

 Хотя лептоны могут иметь электрический заряд, а могут и не иметь, спин у всех у них равен ½. Среди лептонов наиболее известен электрон.

Другой хорошо известный лептон-нейтрино. Нейтрино являются наиболее распространёнными частицами во Вселенной. Вселенную можно представить безбрежным нейтринным морем, в котором изредка встречаются острова в виде атомов. Но, несмотря на такую распространённость нейтрино, изучать их очень сложно. Как мы уже отмечали, нейтрино почти не уловимы. Не участвуя ни в сильном, ни в электромагнитном взаимодействиях, они проникают через вещества, как будто его вообще нет. Нейтрино – это некие “призраки” физического мира.

**Адроны**

Разновидностей адронов около сотни. Тот факт, что адронов существует сотни, наводит на мысль, что адроны-не элементарные частицы, а построены из более мелких частиц. Все адроны встречаются в двух разновидностях-электрически заряженные и нейтральные. Наиболее известные и широко распространённые такие адроны как нейтрон и протон.

Существование и свойства большинства известных адронов были установлены в опытах на ускорителях. Открытие множества разнообразных адронов поставило физиков в тупик, но со временем их удалось классифицировать по спину, заряду и массе.

# 4.2 Теории элементарных частиц

Квантовая механика позволяет описывать движение элементарных частиц, но не их порождение или уничтожение, т.е. применяется лишь для описания систем с неизменным числом частиц. Обобщение квантовой механики является квантовая теория ноля — это квантовая теория систем с бесконечным числом степеней свободы (физических полей), учитывающая требования и квантовой механики, и теории относительности. Потребность в такой теории порождается квантово-волновым дуализмом, существованием волновых свойств всех частиц. В квантовой теории поля взаимодействие представляют как результат обмена квантами поля, а полевые величины объявляются операторами, которые связывают с актами рождения и уничтожения квантов поля, т.е. частиц.

В середине XX в. была создана теория электромагнитного взаимодействия — квантовая электродинамика (КЭД). Это продуманна мельчайших деталей и оснащенная совершенным математическим аппаратом теория взаимодействия между собой заряженных элементарных частиц (прежде всего, электронов или позитронов) посредством обмена фотонами. В КЭД для описания электромагнит взаимодействия использовано понятие виртуального фотона, теория удовлетворяет основным принципам как квантовой теории так и теории относительности.

В центре теории анализ актов испускания или поглощения одного фотона одной заряженной частицей, а также аннигиляции электронной позитронной пары в фотон или порождение фотонами такой пары.

Если в классическом описании электроны представляются в виде твердого точечного шарика, то в КЭД окружающее электрона электромагнитное поле рассматривается как облако виртуальных фотонов, которое неотступно следует за электроном, окружая его квантами энергии. Фотоны возникают и исчезают очень быстро, а электроны движутся в пространстве не по вполне определенным траекториям. Еще можно тем или иным способом определить начальную конечную точки пути — до и после рассеяния, но сам путь в промежутке между началом и концом движения остается неопределенным.

Описание взаимодействия с помощью частицы-переносчика в КЭД привело к расширению понятия фотона. Вводятся понятия реального (кванта видимого нами света) и виртуального (призрачного) фотона, который «видят» только заряженные частицы претерпевающие рассеяние. За создание КЭД С. Томанага, Р. Фейнман и Дж. Швин-были удостоены Нобелевской премии за 1965 г. Большой вклад в становление КЭД был внесен и нашим выдающимся физиком-теоретиком Л.Д. Ландау. После подобного триумфа КЭД была принята как модель для квантового описания трех других фундаментальных взаимодействий. Разумеется, полям, связанным с другими взаимодействиями, должны соответствовать иные частицы-переносчики.

# 4.3 Теория кварков

Теория кварков — это теория строения адронов. Основная идея этой теории очень проста: все адроны построены из более мелких частиц —кварков. Кварки несут дробный электрический заряд, который доставляет либо -1/3, либо +2/3 заряда электрона. Комбинация из двух и трех кварков может иметь суммарный заряд, равный нулю или единице. Все кварки имеют спин -, следовательно, относятся к фермионам. Основоположники теории кварков Гелл-Манн и Цвейг, чтобы учесть все известные в 60-е гг. адроны ввели три сорта кварков: u (от слова up), d (от down-нижний), s (от strange-странный).

Кварки могут соединяться друг с другом одним из двух возможных способов: либо тройками, либо парами кварк – антикварк. Из трёх кварков состоят сравнительно тяжёлые частицы – барионы; наиболее известные барионы – нейтрон и протон. Более лёгкие пары кварк – антикварк образуют частицы, получившие название мезоны. Например, протон состоит из двух “u” и одного “d” кварка (uud), а нейтрон – из двух “d” и одного “u” кварков. Чтобы это “трио” кварков не распадалось, необходима удерживающая их сила, некий “клей”.

Кварки скрепляются между собой сильным взаимодействием. Переносчики сильного взаимодействия – глюоны (цветовые заряды). Область физики элементарных частиц, изучающая взаимодействие кварков и глюонов, носит название квантовой хромодинамики. С созданием квантовой хромодинамики появилась надежда на построение единой теории всех (или хотя бы трех из четырех) фундаментальных взаимодействий. Модели, единым образом описывающие как бы три из четырех фундаментальных взаимодействий, называются моделями Великого объединения. Теоретические схемы, в рамках которых объединяются все известные типы взаимодействий (сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное) называются моделями супергравитации.

В настоящее время большинство физиков считает кварки подлинно элементарными частицами – точечными, неделимыми и не обладающими внутренней структурой. В этом отношении они напоминают лептоны, но сходными по своей структуре семействами должна существовать глубокая взаимосвязь. Таким образом, наиболее вероятное число истинно элементарных частиц на конец XX в. равно 48. Из них: лептонов (6\*2)=12 плюс кварков (6\*3)\*2=36.

# 4.4 Теория электрослабого взаимодействия

В 70-е годы XX века в естествознании произошло выдающееся событие: два фундаментальных взаимодействия из четырёх физики объединили в одно. Картина фундаментальных взаимодействий несколько упростилась. Электромагнитное и слабое взаимодействия, казалось бы, весьма разные по своей природе, предстали как разновидности единого электрослабого взаимодействия. Теория электрослабого взаимодействия в окончательной форме была создана двумя независимо работавшими физиками - С.Вайнбергом и А.Саламом. Теория электрослабого взаимодействия решающим образом повлияла на дальнейшее развитие физики элементарных частиц в конце XX в..

Главная идея в построении этой теории состояла в описании слабого взаимодействия на языке концепции калибровочного поля, в соответствии с которой ключом к пониманию природы взаимодействий служит симметрия. Одна из фундаментальных идей в физике второй половины XX века – это убеждение, что все взаимодействия существуют лишь для того, чтобы поддерживать в природе некий набор абстрактных симметрий. Какое отношение имеет симметрия к фундаментальным взаимодействиям? Ведь, на первый взгляд, утверждение о существовании подобной взаимосвязи кажется весьма парадоксальным.

Существуют разные типы симметрий: геометрические, зеркальные, негеометрические. Среди негеометрических есть так называемые калибровочные симметрии. Калибровочные симметрии носят абстрактный характер и органами чувств непосредственно не фиксируются. Они связаны с изменением отсчёта уровня, масштаба или значения некоторой физической величины. **Система обладает калибровочной симметрией, если её природа остаётся неизменной при такого рода преобразовании**. Так, например, в физике работа зависит от разности высот, а не от абсолютной высоты; напряжение – от разности потенциалов, а не от их абсолютных величин. Симметрии, на которых основан пересмотр понимания фундаментальных взаимодействий, именно такого рода.

Для представления поля слабого взаимодействия как калибровочного прежде всего необходимо установить точную форму соответствующей калибровочной симметрии. Дело в том, что симметрия слабого взаимодействия гораздо сложнее, чем электромагнитного. Ведь и сам механизм слабого взаимодействия оказывается более сложным. Во-первых, при распаде нейтрона ,например, в слабом взаимодействии участвуют частицы по крайне мере четырёх различных типов (нейтрон, протон, электрон, нейтрино). Во-вторых, действие слабых сил приводит к изменению природы (превращение одних частиц в другие за счёт слабого взаимодействия). Напротив, электромагнитное взаимодействие не изменяет природы участвующих в нём частиц.

Почему же электромагнитное и слабое взаимодействия обладают столь непохожими свойствами? Теория Вайнберга – Салама объясняет эти различия нарушением симметрии. Если бы симметрия не нарушалась, то оба взаимодействия были бы сравнимы по величине. Нарушение симметрии влечёт за собой резкое уменьшение слабого взаимодействия.

Наиболее убедительная экспериментальная проверка новой теории заключалась в подтверждении существования гипотетических W-частиц и Z-частиц. Их открытие в 1983г. стало возможным только с созданием очень мощных ускорителей новейшего типа и означало торжество теории Вайнберга – Салама. Было окончательно доказано, что электромагнитное и слабое взаимодействия в действительности были просто двумя компонентами единого электрослабого взаимодействия. В 1979г. Вайнбергу С., Саламу А., Глэшоу С. была присуждена Нобелевская премия за создание теории электрослабого взаимодействия.

# Заключение

Физики всегда стремились объединить знания различных явлений и свести все явления, взаимодействия природы к одному. В 70—90-е гг. было разработано несколько конкурирующих между собой теорий Великого объединения. Все они основаны на одной и той же идее. Если электрослабое и сильное взаимодействия в действительности представляют собой лишь две стороны Великого единого взаимодействия, то последнему также должно соответствовать калибровочное поле с некоторой сложной симметрией. Она должна быть достаточно общей, способной охватить все калибровочные симметрии, содержащиеся и в квантовой хромодинамике, и в теории электрослабого взаимодействия. Отыскание такой симметрии — \_главная задача на пути создания единой теории сильного и электрослабого взаимодействия. Существуют разные подходы, порождающие конкурирующие варианты теорий Великого объединения.

 Тем не менее, все эти гипотетические варианты Великого объединения имеют ряд общих особенностей. *Во-первых,* во всех гипотезах кварки и лептоны — носители сильного и электрослабого взаимодействий — включаются в единую теоретическую схему. До сих пор они рассматривались как совершенно различные объекты. *Во-вторых,* привлечение абстрактных калибровочных симметрии приводит к открытию новых типов полей, обладающих новыми свойствами, например способностью превращать кварки в лептоны.

 В простейшем варианте теории Великого объединения для превращения кварков в лептоны требуется двадцать четыре поля. Двенадцать из квантов этих полей уже известны: фотон, две W-частицы, Z-частица и восемь глюонов. Остальные двенадцать квантов — новы сверхтяжелые промежуточные бозоны, объединенные общим названием *Х и* У-частицы (обладающие цветом и электрическим зарядом). Эти кванты соответствуют полям, поддерживающим более широкую калибровочную симметрию и перемешивающим кварки с лептонами. Следовательно, *Х-* и У-частицы могут превращать кварки в лептоны(и наоборот).

На основе теорий Великого объединения предсказаны, по крайней мере, две важные закономерности, которые могут быть проверены экспериментально: нестабильность протона и существования магнитных монополей. Экспериментальное обнаружение распада протона и магнитных монополей могло бы стать веским доводом в пользу теорий Великого объединения. На проверку этих предсказаний направлены усилия экспериментаторов. Обнаружение распада протона было бы самым великим экспериментом XX в.! Но пока еще твердо установленных экспериментальных данных на этот счет нет.

А о прямом экспериментальном обнаружении *Х-* и У-бозонов пока и вовсе не идет. Дело в том, что теории Великого объединения имеют дело *с* энергией частиц выше 1014 ГэВ. Это очень высокая энергия. Трудно сказать, когда удастся получить частицы столь высоких энергий в ускорителях. Современные ускорители с трудом достигают энергии 100 ГэВ. И потому основной областью применения проверки теорий Великого объединения является космология, этих теорий невозможно описать раннюю стадию эволюции Вселенной, когда температура первичной плазмы достигала 1027К. в таких условиях могли рождаться и аннигилировать сверхтяжелые бозоны Х и У.

Но объединение трех из четырех фундаментальных взаимодействий — это еще не единая теория в подлинном смысле слова, остается еще гравитация. Теоретические модели, в которых объединяются все четыре взаимодействия, называются **супергравитацией***.*

**Электричество**

**Магнетизм**

**Слабое взаимодействие**

**Сильное взаимодействие**

**Гравитация**

**рис.1**

На рисунке №1 изображена схема процесса объединения фундаментальных взаимодействий. Идея объединения началась с синтеза электричества и магнетизма в рамках теории Максвелла в XIX в. Объединение слабого и электромагнитного взаимодействий получило надежное подтверждение в 1983г. благодаря открытию Wи Z-частиц. Данных, подтверждающих Великое объединение, пока нет, но их ожидают. Число теоретических предпосылок для создания единой теории всех фундаментальных взаимодействий быстро растет. Возможно, что уже в начале XXI в. величайшая задача всей истории познания материи будет решена. В определенном смысле это означает конец физической науки как науки о фундаментальных основаниях материи.

Но не исключены и другие варианты развития физики XXI в. — срытие новых фундаментальных взаимодействий, новых субкварковых частиц, появление иных трактовок единства материи и др. Особенно значимы на этом пути те необычные представления, которые сейчас складываются там, где микромир оказывается связанным с мегамиром, ультрамалое с ультрабольшим, физика с астрономией и космологией.

# Библиография

1. “Концепции современного естествознания”

автор Найдыш В.М. 2000г.

 2. “Концепция современного естествознания”

автор Рузалин Г.И. 1997г.

1. ”Концепции современного естествознания”

 автор Лавриненко, Ратников. 1996г.