Инструкция по выполнению заданий по учебной дисциплине «КСЕ»

**26.11.21**

**14 группа ОПОП «Продавец, контролер- кассир» ( 6часа)**

**Уважаемые студенты для ознакомления с курсом КСЕ (концепции современного естествознания) просьба посмотреть видео** <https://www.youtube.com/results?search_query=%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D1%8B+%D1%84%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BC> **и написать конспект.**

**Если видео не открылось лекция прилагается ниже.**

**Глава II. ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА**

**§11. Элементарные частицы**

Термин ***элементарные частицы*** первоначально означал простейшие, далее неделимые. В настоящее время этот термин применительно к микрообъектам является условным, т.к. нельзя всегда утверждать, что одни элементарные частицы состоят из других.

Основными характеристиками элементарных частиц являются масса покоя, электрический заряд, среднее время жизни, ***спин*** (собственный момент импульса). Масса покоя определяется по отношению к массе покоя электрона.

К году создания квантовой механики (1927) были известны три элементарные частицы – электрон (1897), протон (1919) и фотон (1922). В 1932 году открыли нейтрон и была выдвинута идея о том, что ядро атома состоит из протонов и нейтронов. В 1928 году был предсказан, а в 1936 открыт позитрон. В 1955 открыт антипротон, 1956 – антинейтрон. К середине XX века было открыто 15 элементарных частиц и античастиц, к концу 1970-х годов – 400. Частицы лишены индивидуальности, внутри одного типа идентичны (один электрон от другого неотличим).

***Типы частиц по значению в строении материи***:

-носители субстрата материи (адроны, лептоны);

-носители структуры материи (переносчики взаимодействий).

***Типы элементарных частиц по их отношению к веществу***:

-частицы (вещество);

-античастицы (антивещество).

Каждой элементарной частице соответствует ***античастица***. Эту идею выдвинул Дирак, «духовный отец антиматерии», в 1936 году. Основные характеристики - масса покоя, спин и время жизни - частиц и античастиц одинаковы. Они противоположны по знаку заряда (электрического, магнитного, барионного или лептонного). Примеры. Позитрон - античастица электрона - имеет противоположный (положительный) электрический заряд. Антинейтрон имеет противоположный магнитный и барионный заряд. Антинейтрино имеет противоположный лептонный заряд. Частицы и античастицы уничтожают друг друга.

Частицы, свойства которых полностью тождественны свойствам их античастиц, называются истинно-нейтральными частицами. К ним относятся фотон и нейтральные мезоны π0 и К0.

***Типы элементарных частиц по массе покоя:***

-безмассовые частицы, движущиеся с предельной для материальных частиц скоростью (света): фотоны, гравитоны, глюоны;

-«легкие» частицы: ***лептоны*** (частицы имеющие массу покоя, но не участвующие в сильных взаимодействиях - электрон, нейтрино, мюоны и т.д. - всего 12 штук);

-промежуточные частицы - мезоны (1-1000 масс электрона me);

-тяжелые частицы – барионы: гипероны (нестабильные частицы, самая тяжелая - Z-бозон 200 000 me или 87 mp) и нуклоны (протон, нейтрон примерно 2000 me).

Название «легкие частицы» условно, т.к. некоторые лептоны имеют массу больше массы протона. Существование ***гравитона*** (переносчик гравитационного взаимодействия) пока не доказано. В 2002 году экспериментально обнаружено, что нейтрино обладает очень малой массой (меньше 0.28 эВ).

***По строению*.** Мезоны и барионы относятся к классу адронов, состоящих из кварков. ***Барионы*** - из трех кварков, ***мезоны*** – двух. Кварки в свободном состоянии не наблюдаются. Кварки и лептоны, похоже, не состоят из других частиц. Кварки до масштаба 10-16 см ведут себя как точечные образования, похожи на лептоны.

Кварковая материя на сегодняшний день рассматривается как конечная квантованная (корпускулярная) материя. Кварки распадаются на другие кварки и частицы.

***По электрическому заряду*.** Все частицы обладают положительным, отрицательным или нейтральным электрическим зарядом. Заряд определяется по отношению к наименьшему заряду свободной частицы – это заряд электрона, который численно считается равным 1.

В 1964 году Гелл-Ман и Дж.Цвейг выдвинули гипотезу существования частиц с дробным зарядом (-1/3 или +2/3) – ***кварков***, из которых состоят частицы, участвующие в сильных взаимодействиях. В 1969 году эта гипотеза подтвердилась в экспериментах по рассеиванию электронов на протонах.

***По времени жизни*** частицы делятся на стабильные (долгоживущие), нестабильные (быстрораспадающиеся) и виртуальные (короткоживущие). Стабильные - фотон, нейтрино, электрон, протон. Нейтрон стабилен внутри ядра, но вне его распадается в течение 15 минут. Нестабильные существуют 10-10-10-24сек. Самые нестабильные называются ***резонансами***. Они живут 10-22-10-24 сек. ***Виртуальные частицы*** существуют10-24 сек.

***По спину*.** Спины элементарных частиц имеют следующие величины: 0, 1/2, 1, 3/2, 2. Элементарных частиц со спином более 2 возможно не существует. Частицы с целым спином называются ***бозоны***, с полуцелым - ***фермионы***. Протон, нейтрон, электрон имеют спин 1/2, фотон 1, гравитон 2. Частицы с нулевым спином (например, некоторые ядра) выглядят одинаково при любом угле поворота. Частица со спином 1/2 - через 2 оборота, со спином 1 принимает тот же вид после полного оборота, со спином 2 - через полоборота.

Фермионы подчиняются принципу Паули(в системе фермионов не может быть двух частиц в одном состоянии).

***По участию в сильном взаимодействии*.** Участники в сильном взаимодействии называются ***адронами*** (они состоят из кварков). Адронов существует сотни, большинство – резонансы. Известные адроны: протон и нейтрон. Лептоны не участвуют в сильном взаимодействии. Частицы-переносчики взаимодействий: гравитационного - гравитоны, электромагнитного - фотоны, сильного – глюоны (их масса покоя равна нулю), слабого – W,Z-бозоны (массы покоя равны 87 mp). Гравитоны и фотоны не участвуют в сильном взаимодействии.

**§12. Вакуум**

Уравнение Шредингера не является релятивистским. Областью применения квантовой механики является движение микрочастиц в условиях сил, действующих мгновенно (принцип дальнодействия), т.е. квантовая механика не применима для скоростей, близких к скорости света, она пренебрегает законами релятивисткой физики (СТО). Именно поэтому квантовую механику называют также нерелятивистской квантовой механикой. Она также неприменима для описания процессов рождения и уничтожения частиц.

Теория, объединяющая представления квантовой механики и СТО, называется квантовой теорией поля (КТП). КТП является ядром современной физики – общим подходом ко всем фундаментальным взаимодействиям. Центральная идея КТП ̶ принцип квантово-волнового дуализма, т.е. признание существования волновых свойств у всех частиц и квантовых свойств у всех полей.

Под полем в КТП понимается квантовое поле ̶ система частиц (квантов), заполняющих пространство. Энергия реальной частицы никогда не равна нулю, т.к. формула энергии кванта: Е=hʋ(n+1/2).

Соотношение неопределенностей радикально изменило представление о пустоте, получившей название физического вакуума. В течение времени ∆t энергия системы может измениться на ∆E≈h/∆t, которая может материализоваться в виде виртуальных частиц. Спустя время ∆t они «исчезают». Виртуальные частицы – короткоживущие (порядка 10-24 сек) частицы, возникающие в вакууме вследствие кратковременного нарушения закона сохранения энергии.

***Вакуум*** ̶ низшее энергетическое состояние поля, в котором отсутствуют реальные частицы. Действительно, вакуум в среднем пуст, его средняя энергия равна нулю, но согласно соотношению неопределенности (для энергии) квантовые эффекты могут в течение короткого времени нарушать закон сохранения энергии. Временно в вакууме могут возникать из ничего и снова превращаться в ничто частицы, называемые виртуальными (частицы-призраки). Происходят спонтанные (самопроизвольные) процессы рождения и уничтожения (аннигиляции) частиц, т.к. виртуальные частицы возникают не по одному, а парами ̶ частицы и античастицы.

Таким образом, вакуум ̶ это не абсолютная пустота, а вид материи, существующий наряду с веществом и полем. Он наполнен флуктуациями всевозможных полей. Его реальность доказывается экспериментами. Реальные частицы окружены облаком виртуальных частиц. Например, влиянием вакуума объясняется отклонение уровней энергии электрона в атоме (лэмбовский сдвиг). Это влияние подтверждается также экспериментами по взаимодействию реальных частиц. Можно сказать, что взаимодействие реальных частиц осуществляется через испускание и поглощение виртуальных частиц. Чем выше энергия реальных частиц, тем чаще при их взаимодействии окружающие их виртуальные частицы превращаются в реальные.

В теории электрослабого взаимодействия Вайнберга-Салама вакуум рассматривается как коллективные возбуждения скалярного поля ***бозонов Хиггса*** (частиц «Бога»). Именно эти частицы физического вакуума принимают участие в формировании качественных и колличественных свойств реальных частиц. Такие свойства частиц, как спин, масса, заряд, проявляются во взаимодействии с определенным вакуумным состоянием вследствие перестройки вакуума. Хиггсовские бозоны представляют собой массивные элементарные частицы с нулевым спином. В 2012 году существование бозонов Хиггса было подтверждено экспериментально. В 2013 году Питер Хиггс совместно с Франсуа Энглером за их теоретическое открытие получили Нобелевскую премию.

Вакуум в физической картине мира предстает как прародитель нашего мира. Существует фоновое пространство, заполненное вакуумом, где происходят возмущения, дающие начало вселенным.

**§13. Фундаментальные взаимодействия**

***Фундаментальные взаимодействия*** (силы) - это наиболее глубокие физические структурные связи Вселенной, природы. Все действующие в природе силы можно свести к небольшому числу взаимодействий. В начале XX века их было известно два - гравитационное и электромагнитное. В 1930-х годах было обнаружено еще два - слабое и сильное. Цель физики - объединить все взаимодействия в одно и тем самым создать общую физическую теорию материи (единую теорию элементарных частиц).

В настоящее время считается, что силы между частицами возникают в результате обмена частицами-переносчиками.

Относительную «силу» взаимодействий определяют числовые значения их констант. В безразмерных величинах константа сильного взаимодействия αs≈1. Константа электромагнитного взаимодействия (постоянная тонкой структуры) αe≈1/137. Константа слабого взаимодействия αw≈10-5. Константа гравитационного взаимодействия αg≈10-39. Оно является самым слабым. Взаимодействия также характеризуются временем действия. В этом плане слабым, т.е. самым медленным является слабое взаимодействие.

Роль этих постоянных в формировании структуры и свойств Вселенной настолько велика, что их не случайно включают в число ***мировых постоянных*** – наиболее фундаментальных физических параметров, характеризующих свойства Вселенной.

***Гравитационные взаимодействия*** – самое универсальное, т.к. есть между любыми материальными объектами. Все частицы создают гравитационное поле. Это самое слабое взаимодействие, не учитываемое при описании элементарных частиц. Оно в 1039 раз меньше силы взаимодействия электрических зарядов. Например, гипотетический «гравитационный атом» водорода был бы больше Вселенной. Однако на сверхмалых расстояниях порядка планковской величины Lp═10-33 см и при сверхбольших энергиях гравитация становится сравнимой по силе с другими взаимодействиями.

Силы гравитации – силы притяжения, но в настоящее время рассматривается предположение существования гравитационного отталкивания, действовавшего в первые мгновения Вселенной.

Квантование гравитации предполагает существование гравитона – нейтральной частицы с нулевой массой покоя и спином 2. Это квант флуктуирующего пространства-времени, сочетающий свойства элементарной частицы и волны искривления, бегущей по четырехмерному миру. Гравитоны экспериментально обнаружить невозможно, т.к. в микромире гравитация ничтожна. Квантовые эффекты в гравитационном поле проявляют себя при плотности вещества порядка 1093 г/см3 (сингулярность, черная дыра), когда гигантские массы вещества сжимаются до незначительных размеров.

Квантовую теорию гравитации (КТГ) пока создать не удалось. КТГ должна объединить квантовую механику с общей ОТО. Оказалось, что стандартным образом они несовместимы. ОТО – принципиально неквантовая теория, т.к. при квантовании гравитации исчезают пространство и время - они теряют смысл внутри квантов пространства и времени. А гравитация в ОТО отождествляется с искривленным пространством-временем. Таким образом, теряет смысл и гравитация. Но на рубеже XX-XXI веков на базе теории суперструн появились возможности синтеза квантовой механики и ОТО.

***Электромагнитное взаимодействие*** (ЭМВ) – взаимодействие, характеризующее притяжение и отталкивание электрических и «магнитных» зарядов. Является дальнодействующим, в 1000 раз слабее сильного, осуществляется в течение10-19 – 10-21 сек. Носителем является фотон – квант электромагнитного поля.

ЭМВ определяет структуру атомов и молекул, отвечает за большинство физических и химических процессов (силу упругости, силу трения, оптические явления, химические превращения и др.). Квантовая теория ЭМВ или квантовая электродинамика (КЭД) была создана в середине XX века. Эта теория описывает взаимодействия электромагнитного поля и заряженных частиц, а также заряженных частиц между собой. КЭД удовлетворяет основным принципам квантовой механики и СТО – является их синтезом.

Если в классической теории электроны предстают в виде твердых точечных шариков, то в КЭД электрон окружен собственным электромагнитным полем, рассматривающимся как облако виртуальных фотонов. Фотоны очень быстро возникают и исчезают, а электроны движутся в пространстве по не вполне определенным траекториям (влияние вакуума). Если в классической теории электрон движется по определенной траектории, то в КТП строго можно определить только начальную и конечную точки пути.

Взаимодействие зарядов происходит через обмен виртуальными фотонами. Взаимодействие между электромагнитным полем и зарядом осуществляется через виртуальные фотоны, рождаемые частицей. Фотон, в свою очередь, превращается в виртуальную электрон-позитронную пару, которая аннигилирует (уничтожается) с образованием нового фотона. В результате заряженная частица окружена облаком виртуальных фотонов, электронов и позитронов.

Таким образом, КЭД предсказывает рождение в сильных электромагнитных и гравитационных полях виртуальных пар частица-античастица. КЭД проверена на большом числе опытов. Результаты проверок совпадают с предсказаниями с огромной точностью.

В 1965 году за создание КЭД С.Томонага, Р.Фейнман, Дж.Швингер получили Нобелевскую премию. КЭД стала моделью для квантового описания других взаимодействий.

***Слабое взаимодействие*** – фундаментальное взаимодействие, отвечающее за распад частиц («распадное» взаимодействие), точнее – за превращение кварков и лептонов друг в друга. Особенность взаимодействия в том, что оно не создает тянущих или толкающих усилий в смысле механики. Оно лишь превращает одни частицы в другие. В ядре постоянно происходят превращения нуклонов - протонов в нейтроны и наоборот за счет обмена между кварками квантами слабого взаимодействия. Возможно превращение в ядре нейтрона в протон с последующим распадом ядра. Без слабого взаимодействия невозможны были бы термоядерные реакции на звездах, т.к. является их составной частью (образование дейтерия), вызывает взрывы сверхновых звезд.

Слабое взаимодействие сильнее гравитационного по мощи, но слабее по интенсивности (скорости протекания), т.к. имеет самый маленький радиус действия – порядка 10-16 см, т.е. действует медленнее всех. Время действия порядка 10-10 сек. Этим, например, объясняется колоссальная проникающая способность нейтрино. Каждую секунду через площадку 1 см2 на Земле проходит без столкновений около 1010 нейтрино, испущенных Солнцем.

Теория взаимодействия начала разрабатываться в 1930-60-е годы Э.Ферми совместно с другими физиками, связана с открытием радиоактивности. При распаде частиц казалось, что нарушается закон сохранения энергии – «исчезала» энергия. Паули предположил, что выделяется частица с высокой проникающей способностью. Позже ее назвали «нейтрино». Нейтрино - участники только слабых взаимодействий (помимо гравитационных).

Законченная теория была создана в конце 1960-х годов С.Вайнбергом и А.Саламом в рамках теории электрослабого взаимодействия. Выяснилось, что для описания слабого взаимодействия необходимы три силовых поля с тремя переносчиками взаимодействия – тяжелыми бозонами со спином 1: W+, W-, Z0 (нейтральный бозон означает, что слабое взаимодействие может не сопровождаться переносом электрического заряда). Новая теория, в отличие от прежней, обосновывала необходимость Z0-бозона. В 1983 году все эти бозоны были экспериментально обнаружены.

***Сильные взаимодействия*** характеризуют притяжение и отталкивание между кварками. Они, например, происходят на уровне атомных ядер и представляют собой взаимное притяжение и отталкивание их составных частей. Участвуют только тяжелые частицы - адроны. Главная функция в ядре – создание прочной связи между нуклонами (протонами и нейтронами). Радиус действия порядка10-13 см, время действия – 10-19–10-21 сек. За пределами ядра взаимодействие отсутствует. Размеры ядра 10-12-10-13 см. Плотность ядра 1014 г/см3. Ядра элементов в конце таблицы Менделеева неустойчивы, так как их радиус велик.

Теория создана по типу теории слабого взаимодействия. Взаимодействие представляется как результат обмена глюонами, которые обеспечивают связь кварков (попарно или тройками) в адроны. Из теории следует, что должно быть 8 типов глюонов, как и фотоны имеющих массу покоя=0 и спин=1.

Квантовая теория сильного взаимодействия называется квантовой хромодинамикой (КХД). Сильное взаимодействие здесь трактуется как стремление сохранить «белый цвет» адронов при изменении цвета их частей - кварков. КХД объясняет, почему кварки не существуют в свободном состоянии. С ростом расстояния между кварками силы притяжения возрастают до бесконечности. Экспериментальный статус теории достаточно прочен.

Сильные взаимодействия – источник огромной энергии. Пример – термоядерные реакции в звездах. Принцип сильного взаимодействия использован в ядерном оружии.

# **Уважаемые студенты! За выполнение заданий за 30.11.21 вы должны получить оценку за написание конспекта, Работы можно присылать на почту** [vflfvkfyf@gmail.com](mailto:vflfvkfyf@gmail.com) .с WHATSAPP **не работаю. Работы можно показать при выходе с карантина на уроке КСЕ**