2 Лекционный комплекс и Методические рекомендации по изучению дисциплины

А) Основные понятия и термины по Курсу «Теория ядра и элементарных частиц

*Дорожка стабильности* – «дорожка», которую образуют атомы на диаграмме «энергия связи - массовое число». Явление, когда ядра сами по себе распадаются, называется *радиоактивностью. Ядерные реакции –* реакции, в результате которых из одних ядер (частиц) появляются другие ядра (частицы). Элементарные частицы – группа мельчайших в природе частиц, которые классифицируются по определенным признакам – массе, заряду, спину, времени жизни. *Кварки –* составляющие адронов (тяжелых частиц). *Лептоны –* бесструктурные легкие частицы, которые вмесите с кварками лежат в основе КХД. *КХД-* квантовая хромодинамика.

Б) Тезисы лекций

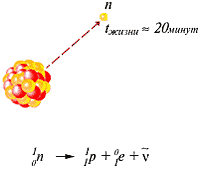
***Занятие 1 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Вводная лекция

Цель лекции: Целью нашего курса является более подробное ознакомление с предметом физики ядра и элементарных частиц, а также с проблемами, существующими в данной области.

Вопросы к теме

1. Предмет ядерной физики и основные ее разделы.
2. Исторический обзор и основные этапы становления.
3. Основные характеристики ядер
4. Кинематика процессов рассеяния частиц на ядрах



Тезисы лекционного занятия:

Нами будут рассмотрены следующие разделы ядерной физики и физики элементарных частиц:

1. Свойства ядер и радиоактивных излучений.
   1. Свойства стабильных ядер и ядерных сил
   2. Модели атомных ядер
   3. Радиоактивные превращения ядер
   4. Взаимодействие частиц и излучения с веществом
2. Физика элементарных частиц
   1. Виды взаимодействий, постоянные взаимодействия
   2. Нуклон – нуклонное взаимодействие при низких энергиях
   3. Нуклон – нуклонное взаимодействие при высоких и сверхвысоких энергиях. Структура нуклонов
   4. Частицы и резонансы
   5. Унитарная симметрия сильных взаимодействий и квантовая хромодинамика.

Задания для самоконтроля

Повторите

1. Опыт Резерфорда
2. Радиоактивность
3. Капельную модель ядра

Задания для СРС и СРСП

*Повторите, материал по радиоактивности и ответьте на следующие вопросы:*

1. Разница между распадами
2. Особенности альфа – распада
3. Особенности бета – распада
4. Какие ядра подвержены альфа – распаду
5. Какие ядра подвержены бета – распаду

Основная литература: 1, стр. 1-20, Дополнительная литература: 1-7

***Занятие 2 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: *Баланс распада*

Цель лекции: Усвоить различные методы измерения массы ядра

Вопросы к теме

# Масс – спектроскопия.

1. Баланс распада.
2. Баланс распада.
3. Масса нейтрона

Тезисы лекционного занятия:

Для определения точных значений масс атомных ядер используются следующие методы:

* масс – спектроскопия;
* энергетический анализ;
* баланс распада;
* Баланс распада;
* Микроволновая спектроскопия.

В 1910 г Содди высказал предположение о том, что дробные атомные массы объясняются существованием изотопов. С помощью масс – спектрометров были исследованы все элементы периодической системы элементов и почти у всех элементов было обнаружено по несколько изотопов.

Второй способ определения точных значений массы ядер основан на использовании энергетического баланса.

Данный способ дает хорошие результаты при:

- хорошей монохроматизации первичных частиц;

- точном измерении энергии первичных и вторичных частиц;

- уверенности в том, что исходное и конечное ядра находятся в основном состоянии.

Задания для самоконтроля

Разберитесь во всех методах определения массы ядер

Задания для СРС и СРСП

Повторите, каким образом определяются следующие понятия

1. Энергия связи ядра.
2. Удельная энергия связи ядра
3. Максимальная удельная энергия связи ядра
4. Какие ядра являются устойчивыми?
5. Какие свойства ядерных сил вам известны?

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

***Занятие 3 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Энергия связи ядра относительно всех нуклонов

Цель лекции: Выяснить, какие параметры влияют на прочность ядра

Вопросы к теме

* + 1. Удельная энергия связи ядра относительно всех нуклонов. Устойчивость ядер.
    2. Энергетическая поверхность.
    3. стабильные ядра и свойства ядерных сил
    4. Радиус ядер

Тезисы лекционного занятия:

Расположение дорожки стабильных ядер определяется формулой:

.

Более точное представление о характере энергетической поверхности в зависимости от свойств ядер можно получить, рассматривая различные ее сечения.

*Сечение энергетической поверхности плоскостью  определяет значения*  для всех ядер – изобар с данным . Оно имеет вид одной (для нечетных ) или двух (для четных ) парабол. В первом случае на параболе располагаются значения  для четно – нечетных и нечетно – четных ядер. Во – втором случае на верхней параболе располагаются значения  для четно-четных ядер, на нижней параболе – для нечетно – нечетных ядер.

Сечение энергетической поверхности плоскостью  (семейство изотопов) или  (семейство изотонов) имеет вид двух парабол. На одной из них располагаются значения  для ядер с четным , а на другой – с нечетным. Вершины парабол соответствуют  для наиболее устойчивых (как правило стабильных) ядер данного семейства, а ее ветвям – значения  для радиоактивных ядер. Данное правило имеет исключение для нечетно – нечетных ядер, среди которых только четыре стабильных.

Способы измерения радиуса ядра:

1. Оценка радиуса радиоактивных ядер по их времени жизни.

3.6

1. Достаточно точно определяются радиусы ядер при изучении взаимодействия быстрых нейтронов с атомными ядрами.
2. Определение радиуса ядер при исследовании рентгеновского излучения мюонных атомов.
3. Рассеяние быстрых электронов на ядрах*.*

Задания для самоконтроля

Ответьте на вопросы:

1. Какие ядра называют мюонными?
2. Приведите классификацию нейтронов по энергиям
3. Запишите уравнение Гейгера Нетолла

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Повторите, следующие понятия

1. Спин частицы, понятие бозона и фермиона
2. Спин электрона, протона, нейтрона
3. Магнетон Бора
4. Магнитный момент электрона
5. Магнитный момента ядра
6. Магнитный момент протона
7. Магнитный момент нейтрона

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

***Занятие 4 Лекция 1 ч, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Спин и магнитный момент нуклонов и ядра

Цель лекции: Вспомнить, каким образом связана форма ядра с его векторными характеристиками

Вопросы к теме

# История вопроса

1. Исследование сверхтонкой структуры
2. Методы определения спина
3. Определение магнитного момента ядра
4. Определение магнитного момента нейтрона

Тезисы лекционного занятия:

Как известно, тонкая структура оптических спектров объясняется взаимодействием спинового магнитного момента электрона с магнитным полем, создаваемым орбитальным движением электронов в атоме. Сверхтонкая структура оптических спектров объясняется связью магнитного поля ядра с суммарным магнитным полем электронной оболочки.

При исследовании сверхтонкой структуры спектральных линий спин ядра можно определить тремя способами:

* подсчетом числа линий сверхтонкого расщепления,
* измерением интервалов между ними,
* сравнением их интенсивностей.
* Если , то число линий сверхтонкого расщепления равно , значит, спин ядра можно определить подсчетом числа линий сверхтонкого расщепления для полностью разрешенной картины.
* Если , то можно применить второй способ определения спина ядра, в котором применяется правило интервалов. Так как все линии данного расщепления соответствуют одинаковым  и , то разность для двух состояний  и  равна, отсюда следует, что интервалы между соседними уровнями относятся как



* В некоторых случаях спин ядра нельзя определить ни одним из описанных способов. Примером является сверхтонкое расщепление каждой из двух линий дублета натрия . Число компонентов расщепления равно двум, поэтому нельзя пользоваться ни первым, ни вторым случаем. Первым потому, что , следовательно , второй потому что линий всего две и сравнивать не с чем. В таких случаях спин ядра находят методом сравнения интенсивностей компонентов сверхтонкого расщепления. Интенсивность спектральной линии пропорциональна числу компонентов , на которые расщепления энергии взаимодействия магнитного момента ядра с магнитным полем электронов позволяет по результатам измерения абсолютного значения расстояния между линиями  рассчитать магнитный момент ядра . Однако эти расчеты требуют знания величины *a,* характеризующей магнитное поле электронов данного атома в месте расположения ядра. Вычислить можно достаточно точно только для простых атомных систем.

Задания для самоконтроля

1. Каким образом из исследования сверхтонкой структуры спектра можно определить спин ядра
2. Как опытным путем определяют магнитный момент ядра
3. Чем можно объяснить аномальный магнитный момента нейтрона и протона

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Подготовьте сообщения по следующим темам:

1) Радиоактивность

2) Виды радиоактивности

3) Единицы радиоактивности

4) Защита от радиации

***Занятие 5 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Радиоактивные превращения ядер

Цель лекции: Вспомнить материал курса «Физика атома и атомного ядра», углубить все

Вопросы к теме

# Законы радиоактивного распада

1.  распад
2.  распад
3.  излучение ядер

Тезисы лекционного занятия:

При рассмотрении радиоактивного распада в курсе средней школы и в курсе общей физики мы говорили о законах радиоактивного распада. Поэтому не будем возвращаться к этому вопросу. Рассмотрим систему уравнений, возникающую в случае, если ядра , возникающие в результате радиоактивного распада ядер , являются в свою очередь радиоактивными. Для этого случая система дифференциальных уравнений приобретает вид:



каждое ядро имеет систему возбужденных состояний, характеризующихся определенными значениями энергии , момента количества движения, четности и изоспина. И в принципе между ними возможны переходы, если только они не запрещены законами сохранения.

Рассмотрим распад, как прохождение частицы через потенциальный барьер.

Уравнение Шредингера для всех трех областей записывается в виде:

 для первой области

 для второй области

 для третьей области,

Решение уравнений приводит к .

Полученный результат легко обобщается на барьер произвольной формы, который можно разбить на ряд прямоугольных барьеров. В данном случае имеем: .

5.13

Задания для самоконтроля

* 1. Изложите теорию Гамова
  2. Решите задачи для потенциальной ямы и потенциального барьера применительно к альфа – распаду.
  3. Изложите основные положения теории Ферми для бета - распада

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Повторите капельную модель

***Занятие 6 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Модели атомных ядер

Цель лекции: Вспомнить капельную модель ядра и познакомиться с другими моделями

Вопросы к теме:

# 1 О теориях

1. Капельная модель
2. Область применения капельной модели
3. Модели независимых частиц
4. Принципы построения оболочечной модели

Тезисы лекционного занятия:

Капельная модель была развита в трудах Н. Бора, Дж. Уиллера, Я.И. Френкеля.

Коллективный характер движения частиц ядерной несжимаемой жидкости должен приводить к поверхностным колебаниям формы капли, (без изменения ее объема). Простейшими типами колебаний являются квадрупольные и октупольные. При квадрупольных колебаниях капля принимает форму эллипсоида, при октупольных колебаниях – груши.

Энергия колебаний ,

5.9

где , квадрупольный или октупольный квант.

Так как квадрупольный квант характеризуется спином и четностью , а октупольный , то  должны соответствовать ядра с параметрами , которые действительно наблюдаются у ряда четно-четных ядер. Среди возбужденных ядер встречаются также близкие уровни с параметрами , которые можно ассоциировать с квадрупольными колебаниями при . Однако количественного согласия между частотой колебаний и энергией уровня не наблюдается.

Капельная модель позволяет построить полуколичественную теорию деления. С помощью этой модели можно найти условие, связывающее  для всех стабильных ядер.

Наибольший успех был достигнут в модели со спин-орбитальной связью, предложенной в 1949 г Геппер – Майер и Иенсеном.

Согласно этой модели самосогласованный потенциал (рисунок *2*) берется в форме:

,

где первое слагаемое потенциал Вудса – Саксона, а второе описывает изменение потенциала в зависимости от спин-орбитальной связи.

При этом потенциал имеет форму ямы с плоским дном и размытым краем, , глубина ямы,  соответствует ширине ямы, при .

На рисунке показано заполнение первых пяти оболочек, которые практически одинаковы и для протонов и для нейтронов. На рисунке  квантовое число полного момента нуклона; цифры в кружочках- число нуклонов одного сорта, которые заполняют все уровни, расположенные ниже соответствующей пунктирной линии- границы оболочки.

*50*

*9/2*

** 

*5/2*

*3/2*

**

*28*

*7/2*

*20*

* 3/2*

* ½*

*5/2*

*½ 8*



*3/2*

*2*

* ½*

Оптическая модель ядра В этой модели ядро рассматривается как полупрозрачная оптическая среда, одновременно поглощающая и рассеивающая падающую начальную волну. Такое представление позволило вычислить дифференциальные сечение рассеяние релятивистских электронов на ядрах и объяснить его осцилляции при изменении угла рассеяния.

Задания для самоконтроля

1. Перечислите все известные вами модели ядра
2. Расскажите об оптической модели ядра
3. Расскажите об обобщенной модели ядра
4. Расскажите о капельной модели ядра
5. Какие коэффициенты входят в о капельную модель ядра

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Повторите, и разберитесь в следующих понятиях:

1. Капельная модель. Формула Вейцзеккера.
2. Область применения капельной модели
3. Модель Ферми-газа
4. Принципы построения оболочечной модели.
5. Одно-частичные состояния оболочечный потенциал.
6. Модели, описывающие нестационарные состояния ядра.

***Занятие 7 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Взаимодействие частиц и излучения с веществом

Цель лекции: Выяснить основные особенности взаимодействия частиц с веществом и также отличие его от взаимодействия с излучением.

Вопросы к теме

1. Общая характеристика взаимодействия заряженных частиц, нейтронов и квантов с веществом
2. Ионизационное торможение заряженных частиц
3. Монополь Дирака
4. Излучение Вавилова – Черенкова
5. Взаимодействие излучения с веществом
6. Заключение

Тезисы лекционного занятия:

Ионизационное торможение является главным механизмом потерь энергии при прохождении тяжелой заряженной частицы через вещество. В таком механизме кинетическая энергия частицы тратится на возбуждение и ионизацию атомов среды, через которую она проходит

Ограничение логарифмического роста  связано с поляризацией атомов среды вблизи траектории частицы, которая приводит к уменьшению электромагнитного поля, действующего на далекие электроны. Отмеченный эффект пропорционален плотности вещества (точнее, плотности электронов), в связи с чем он называется эффектом плотности вещества (точнее плотности электронов), в связи с чем он называется эффектом плотности. В формуле эффект плотности описывается членом, структура которого такова, что он компенсирует логарифмический рост иониз0ационных потерь при очень высоких энергиях.

Отличие возникает при рассмотрении элементарного взаимодействия двух электронов нужно рассматривать отклонение обоих частиц, а также кванто механический эффект обмена, обусловленный их тождественностью. Для электронов высокой энергии, как и для тяжело заряженных частиц, надо учитывать эффект плотности, приводящий к уменьшению ионизационных потерь по сравнению с формулой 7.3. Однако при очень больших энергиях электроны начинают эффективно терять энергию из-за все большего и большего возрастания роли тормозного излучения. При энергии электрона, превосходящей критическую, эти потери преобладают над ионизационными.

 сильно меняется при переходе от среды к среде. Поэтому иногда вводят величину удельных ионизационных потерь , отнесенную не к единице длины а к единице плотности , выражающей толщину в г/см2. Очевидно, что , где плотность среды.

.

Задания для самоконтроля

1. Общая характеристика взаимодействия заряженных частиц с веществом
2. Общая характеристика взаимодействия нейтронов с веществом
3. Общая характеристика взаимодействияквантов с веществом
4. Какой процесс называется ионизационным.
5. Ионизационное торможение заряженных частиц

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Обоснуйте ваш взгляд на существование монополь Дирака. Повторите уравнения Максвелла. Какие другие возможности «сделать» уравнения Максвелла симметричными? Обоснуйте свое мнение. Чем излучение Вавилова – Черенкова отличается от излучений другого типа? Найдите как работает счетчик Вавилова-Черенкова. Чем отличается взаимодействие излучения с веществом от других видов излучения

***Занятие 8 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Ядерные взаимодействия

Цель лекции: Вспомнить все особенности ядерных взаимодействий

Вопросы к теме

# Общие закономерности ядерных реакций

* 1. Законы сохранения электрического заряда и числа нуклонов (барионного заряда)
  2. Законы сохранения энергии и импульса
  3. Закон сохранения четности
  4. Закон сохранения изоспина

Тезисы лекционного занятия:

Экспериментальное изучение ядерных взаимодействий показало, что во всех без исключения случаях суммарный электрический заряд частиц, вступающий в реакцию, равен суммарному электрическому заряду продуктов реакции. Кроме того, в ядерных реакциях обычного типа (без образования античастиц) сохраняется полное число нуклонов.

Оба закона справедливы и в ядерных превращениях типа радиоактивных распадов: распад, захват, спонтанное деление, а также в любых других взаимодействиях.

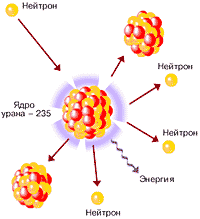
Так как ядерные реакции  относятся к числу сильных взаимодействий, то для них должен выполняться закон сохранения изоспина *Т.* Согласно этому закону суммарный изоспин, частиц вступающих в реакцию должен быть равен суммарному спину частиц, образующихся в реакции: .

8.25

Изоспин является характеристикой уровня ядра, то есть ядро в разных энергетических состояниях может иметь различные значения изо спина в пределах от минимального  до . Обычно основное и слабо возбужденные состояния ядра характеризуются минимально возможным значением изоспина. Соотношение 8.25 можно использовать для идентификации уровней ядра. Особенно простые правила отбора возникают когда . В подобных реакциях . Отличная от нуля вероятность возбуждения состояний, запрещенных по изоспину, объясняется нарушением изоспина в электромагнитных взаимодействиях. Подробнее об изотопической инвариантности поговорим при изучении элементарных частиц.

Различия в протекании процесса урана-235 и урана-238 объясняется двумя причинами:

1. Ядро урана – 235 имеет большую высоту потенциального барьера деления.
2. Энергия присоединения (связи) нейтрона к ядру урана – 235 больше (6,5 МэВ), чем урана – 238 (5 МэВ). Это объясняется тем, что при соединении к ядру урана – 235 образуется четно-четное ядро, а при соединении к ядру урана – 238 - четно-нечетное ядро.



Мы видим, что даже в упрощенном виде теория дает достаточно хорошее согласование с экспериментом. Но теория не в состоянии объяснить асимметрию осколков деления по массам*.*

Задания для самоконтроля

Ответьте на следующие вопросы

1. Деление ядер
2. Элементарная теория деления
3. Дополнительные вопросы физики деления

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Повторите следующие ядерные реакции:

1) реакции идущие на легких ядрах

2) реакции идущие на средних ядрах

3) реакции идущие на тяжелых ядрах

Повторите свойства реакций, называемых составными.

***Занятие 9 Лекция 1 ч, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Трансурановые элементы

Цель лекции: Выяснить способы получения трансурановых элементов

Вопросы к теме

1 Получение первых пяти трансурановых элементов

2 Трудности, возникшие при получении последующих элементов

3 Долина стабильности и трансурановые элементы.

Тезисы лекционного занятия:

Трансурановыми элементами называют элементы с атомным номером больше 92. Систематическое изучение свойств радиоактивных ядер показало, что периоды альфа – распада и спонтанного деления радиоактивных ядер с  должны быть много меньше возраста Земли.

Элементы с порядковым номером , в периодической системе элементов, могут быть образованы искусственно, при помощи ядерных превращений. Простейшее ядерное превращение – реакция радиационного захвата нейтрона ядром урана – 238 с последующим бета – распадом образовавшегося изотопа урана:

.

9.1

Задания для самоконтроля

1. Расскажите о получении трансурановых элементов 93 – 97
2. Расскажите о получении трансурановых элементов 98-102
3. Расскажите о получении трансурановых элементов долины стабильности

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Повторите, каким образом определяются следующие понятия

1. Вспомните, какие элементы наиболее прочны
2. Постройте долину стабильности
3. Что понимают под островом стабильности
4. Достижение острова стабильности и трансурановые элементы

***Занятие 10 Лекция 1 ч, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Элементарная теория детрона. Мезонная теория ядерных сил

Цель лекции: Познакомиться с обменной теорией сил

Вопросы к теме:

1 Мезон как обменная частица

2 Обменная теория ядерных сил

3 Единый подход к теории разных сил

Тезисы лекционного занятия:

Из нуклон – нуклонных взаимодействиях при больших энергиях, было установлено, что ядерные силы являются обменными. То есть при рассеянии нейтрона на протоне они меняются своими зарядами, так что нейтрон после рассеяния летит в качестве протона, а протон – в качестве нейтрона (рассеяние с перезарядкой). Из опытов по рассеянию было выяснено, что нуклоны находятся на расстояниях порядка  *2 фм,* и по видимому силы ядерного взаимодействия не позволяют сблизиться на еще меньшее расстояние. То есть на малых, порядка *0,4 – 0,5 фм* расстояниях силы притяжения сменяются силами отталкивания.

Сложный характер взаимодействия приводит к тому, что даже для примерного описания его потенциала нужна восьмичленная формула вида:



В 1935 год японский физик Юкава предположил, что взаимодействие между нуклонами осуществляется за счет обменной частицы, названной частицей Юкавы. Виртуальный мезон, по замыслу Юкавы обеспечивает взаимодействие подобно тому, как гамма-квант обеспечивает электромагнитное взаимодействие.

уравнение:

,

где плотность мезонного заряда нуклона (уравнение Клейна – Гордона – Фока).

Для стационарного случая



имеет вид:

,

Где .

Дейтрон – это простейшее составное ядро, содержащее один протон и один нейтрон. Энергия связи дейтрона очень мала: ,

*5.15*

она совпадает с энергией отделения протона и нейтрона от ядра дейтрона. Спин дейтрона равен единице, а магнитный момент:



и примерно равен сумме магнитных моментов протона и нейтрона:

Задания для самоконтроля:

1. Почему не полного совпадения между суммарным моментом протона и нейтрона и моментом
2. Каким образом определяется магнитный момент ядра
3. Как ищется множитель Ланде?

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Повторите, каким образом определяются следующие понятия: спин частицы, спин электрона, спин ядра. Выясните, каким образом спин ядра влияет на его свойства, как меняется форма ядра в зависимости от спина, какая из квантовых характеристик определяется формой ядра

***Занятие 11 Лекция 1 ч, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Структура нуклонов

Цель лекции: Познакомиться с партонной моделью

Вопросы к теме

1. Опыты по выявлению структуры нуклонов
2. Партонная модель
3. Антинуклоны и антиядра

Тезисы лекционного занятия:

Установить структуру нуклонов только «обстрелом» одних частиц другими. О данных процессах мы говорили на прошлом занятии. Но если увеличивать энергию взаимодействующих нуклонов, то при каждом протон – протонном взаимодействии рождается множество пионов. Процесс множественной генерации происходит следующим образом. При столкновении летящих на встречу друг другу протонов возникает множество адронов, которые почти не разлетаясь, образуют узкие струи, направленные вперед и назад вдоль линии относительного движения сталкивающихся частиц; угловые размеры струй обратно пропорциональны энергии соударения.

Партонную (корпускульную) модель адронов разработал Фейнман.

По гипотезе Фейнмана, адроны состоят из большого числа частиц.

Процесс столкновения электрона с протоном в данной модели выглядит следующим образом. Принимается, что протон газообразное тело, состоящее из партонного газа, а налетающий на протон электрон рассеивается на отдельных частичках данного газа – партонах. Считается, что внутри протона и других адронов содержится смесь партонов разной массы от самых легких до самых тяжелых. Не определяется число партонов, принимается только, что их суммарная энергия равна полной энергии протона. Тогда кривая имеет смысл распределения энергий (масс) партонов.

Задания для самоконтроля:

1) Деление материи на вещество и антивещество

2) Что происходит при встрече частицы и античастицы

3) Изложите теорию Фейнмана

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

Повторите кварковую модель частиц

***Занятие 12 Лекция 1 ч, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции Лептоны

Цель лекции: Выявить основные свойства легких частиц

Вопросы к теме

# Электрон и позитрон

#### Позитроний

1. Нейтрино
2. Мюоны
3. Мюонные нейтрино и антинейтрино
4. Взаимодействие мюонов с веществом

Тезисы лекционного занятия:

Электрон был открыт Томсоном в 1895 году. Изучая катодные лучи, он нашел заряд частиц с отрицательным элементарным зарядом равным *4,8 10-10СГСЭ и массой 9,1 10-28г.* При этом во всех вариантах опыта с катодными лучами (различный материал катодов, различный газ и т.д.) оказалось, что частицы имеют одинаковую массу и заряд. Исследование электролиза, электронной эмиссии и других явлений привело к результату, что внутри атомов содержатся в разном количестве тождественные элементарные частицы, которые при известных условиях могут быть отделены от атома. Из дальнейших исследований выяснилось, что электрон обладает внутренним моментом количества движения – спином, равным , и соответствующим ему магнитным моментом, равным одному магнетону Бора:

\*

12.1

Электрон был открыт Томсоном в 1895 году. Изучая катодные лучи, он нашел заряд частиц с отрицательным элементарным зарядом равным *4,8 10-10СГСЭ и массой 9,1 10-28г.* При этом во всех вариантах опыта с катодными лучами (различный материал катодов, различный газ и т.д.) оказалось, что частицы имеют одинаковую массу и заряд. Исследование электролиза, электронной эмиссии и других явлений привело к результату, что внутри атомов содержатся в разном количестве тождественные элементарные частицы, которые при известных условиях могут быть отделены от атома. Из дальнейших исследований выяснилось, что электрон обладает внутренним моментом количества движения – спином, равным , и соответствующим ему магнитным моментом, равным одному магнетону Бора:

\*

12.1

Настоящий, четвертый этап характеризуется накоплением данных и попытками создать теорию взаимодействий. Одной из которых, является квантовая хромодинамика (КХД). В 1928 году Дирак получил свое знаменитое релятивистское уравнение для электрона. Из этого уравнения вытекают значения спина и магнитного момента электрона.

. Суммарный спин позитрона и электрона может быть равным 0,1. Вследствие этого рассматриваются орто- и парапозитроний. Полный момент количества движения . Таким образом ортопозитроний может находится в состояниях: , а парапозитроний – в состояниях  Внутреннее квантовое число четности позитрония равна , а орбитальная четность . Обычно аннигиляция позитрония происходит из состояния.

12.3

Суммарный спин позитрона и электрона может быть равным 0,1. Вследствие этого рассматриваются орто- и парапозитроний. Полный момент количества движения . Таким образом ортопозитроний может находится в состояниях: , а парапозитроний – в состояниях  Внутреннее квантовое число четности позитрония равна , а орбитальная четность . Обычно аннигиляция позитрония происходит из состояния.

Задания для самоконтроля

1. Дайте определение орто позитрония
2. Дайте определение пара позитрония
3. Чем отличаются пара гелий от ортогелия?
4. Чем ядро позитрония отличаются от остальных ядер?
5. Какая масса называется приведенной?

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП:

Повторите, каким образом определяются следующие понятия: спин частицы, спин электрона, спин позитрона, спин ядра. Вспомните, каким образом спин ядра влияет на его свойства.

***Занятие 13 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Унитарная симметрия сильных взаимодействий

Цель лекции: Познакомиться с основами теории объединения всех частиц

Вопросы к теме

1 Адроны

2 Типы адронов

3 Мезоны

4 Реферат

Тезисы лекционного занятия:

Самым многочисленным считается семейство элементарных частиц названых адронами (от греческого hadros- большой, сильный), термин был предложен русским физиком Л.Б. Окунем в 1967 г. Адроны это частицы участвующие в сильных взаимодействиях. Часть адронов, кроме сильного участвуют в слабом и электромагнитном взаимодействии. Адроны подразделяются на стабильные, квазистабильные и резонансы. Стабильные адроны подразделяются на мезоны и барионы. В группу резонансов входят мезонные и барионные резонансы.

*Мезонами называются нестабильные заряженные или нейтральные адроны, обладающие нулевым или целочисленным спином, а поэтому принадлежащие к классу бозонов (* и др.).

*Барионами и барионными резонансами называются адроны с полуцелым спином и массами не меньше массы протона (протон, нейтрон, гипероны) Протон является единственным стабильным барионом.*

*Нестабильные барионы с массами, больше массы нуклона, и большим временем жизни по сравнению с ядерным временем называются гиперонами.*

Для изучения амплитуд рассеяния адронов Гейзенбергом была введена так называемая матрица рассеяния, амплитуды которой представляют собой амплитуды различных процессов рассеяния и взаимопревращения частиц. Каждый такой процесс можно разложить на три этапа:

* начальное состояние, когда частицы движутся навстречу друг другу с определенными значениями энергии и импульса,
* промежуточное состояние, когда частицы сходятся настолько, что между ними происходит взаимодействие,
* конечное состояние, когда частицы разлетаются настолько, что взаимодействием между ними можно пренебречь и рассматривать их как не взаимодействующие.

Задания для самоконтроля

1. Дайте определение амплитуды рассеяния
2. Каким образом происходит взаимодействие частиц?
3. Приведите примеры взаимопревращение частиц
4. Симметричность двойных процессов
5. Нарисуйте процесс распада нейтрона с помощью диаграмм Фейнмана на уровне частиц и на уровне кварков

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

С какими идеями Гейзенберга, кроме изложенных в лекции вы еще знакомы. Почему возможно объединение адронов в различные формы мультиплетов, по какому квантовому числу это возможно. Что вы можете сказать о супер мультиплетах.

***Занятие 14 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Странные частицы

Цель лекции: Определить странность, как квантовое состояние частицы

Вопросы к теме:

1. К – мезоны
2. Гипероны
3. Резонансы и очарованные частицы

Тезисы лекционного занятия:

В 1949 – 1950 гг началось буквальное «нашествие» элементарных частиц. Вновь открытые частицы можно разделить на две группы. Первая из них включает в себя частицы с массами *966,3 те - 974,5 те*, они обладают нулевым спином и называются *К – мезонами.* Известно четыре вида К- мезонов . Вторая группа частиц была названа и *гиперонами.* Массы этих частиц больше массы нуклонов и заключены в интервале от 2180 –3278 те. Спин этих частиц ½. Обозначаются гипероны заглавными греческими буквами.

Свойства К – мезонов и гиперонов оказались достаточно странными. Почему они и получили названия «странные частицы».

Во – первых, странные частицы не рождаются в одиночку даже в том случае, если имеются необходимые энергетические условия для их рождения. Например, гипероны рождаются только в паре друг с другом или в паре с гиперонами. Нижеследующие реакции, хотя энергетически и возможны, но в действительности не наблюдаются:



Систематизировать частицы на основе изотопической инвариантности можно, если ввести квантовое число называемое странностью. Каждой из частиц приписывается определенное значение странного числа, которое приведено в таблице.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Частицы, не участвующие в сильных взаимодействиях имеют странность равную нулю. После введения данного квантового числа оно было введено в величину гиперзаряда:

,

и в формулу Накано – Нишиджимы – Гелл-Манна (ННГ):

.

Задания для самоконтроля

1. Почему К – мезоны считаются странными частицами
2. Какая странность называется скрытой?
3. строение гиперонов
4. Существование резонансов
5. Свойства очарованных частиц

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

вспомните, как устроен счетчик Гейгера, объясните каким образом он работает, что такое мертвое время. Приведите виды счетчиков Гейгера и их использование.

***Занятие 15 Лекция 1 ч,, СРСП 1 ч, СРС 1 ч***

Тема лекции: Детекторы частиц

Цель лекции: Познакомиться с различными видами детекторов частиц. Подведение итогов.

Вопросы к теме

1 Детекторы

2 Ускорители

3 Коллайдеры

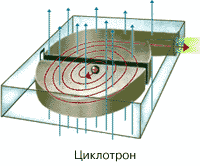
Тезисы лекционного занятия:

Детекторами называются приборы, служащие для регистрации частиц. Они разделяются на счетчики или электронные детекторы, вырабатывающие электрический импульс, когда в объем детектора попадает ионизирующая заряженная частица, и трековые детекторы, позволяющие не только зарегистрировать факт и момент прохождения заряженной частицы, но и оставить след (или трек) частицы, воспроизводящий ее траекторию. Это дает более полную информацию о движении частиц, процессах столкновения ее с другими частицами. Созданы приборы с использованием электронных детекторов, позволяющие определять траектории большого числа заряженных частиц.

К счетчикам относятся импульсные ионизационные камеры, пропорциональные счетчики, счетчики Гейгера-Мюллера, сцинтилляционные, черенковские и полупроводниковые счетчики.

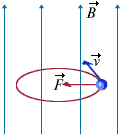
# Основные характеристики детекторов:

1. Эффективность – отношение числа частиц, зарегистрированных детектором, к общему числу прошедших через него частиц.
2. Пространственное разрешение – погрешность, с которой детектор может фиксировать положение частицы в пространстве.
3. Временное разрешение (разрешающее время) – минимальный промежуток времени между прохождениями двух частиц через детектор, когда сигналы от них еще не накладываются друг на друга. При меньших временах получится наложение сигналов, и две частицы будут регистрироваться детекторами как одна частица.
4. Время восстановления (мертвое время) – время, за которое детектор, зарегистрировавший одну частицу, успевает вернуться в исходное состояние, чтобы быть готовым для регистрации следующей частицы. Частицы, прошедшие за это время через детектор, не регистрируются. Время восстановления является мерой инертности детектора. Оно ограничивает максимальную интенсивность пучка частиц, при которой частицы еще могут регистрироваться детектором.



Современные устройства, применяемые для изучения частиц – это ускорители элементарных частиц, например, – циклотроны и синхрофазотроны.

Принцип действия циклотрона и синхрофазотрона – это взаимодействие движущихся зарядов с магнитным полем. Синхрофазотрон позволяет разгонять частицы до очень высоких скоростей. При этом с ростом скорости увеличивается и масса частиц в синхрофазотроне. Поэтому по мере увеличения скорости, увеличивают индукцию магнитного поля, действующего на ускоряемые частицы.



Любая из элементарных частиц имеет ограниченное время жизни: даже в отсутствии внешнего воздействия большинство из них могут прожить не более нескольких миллионных долей секунды. Нейтрон, покинув атомное ядро, может прожить не более двадцати минут. Фотон живет только в течение отрезка времени, необходимого ему, чтобы долететь до освещаемой поверхности, которой он будет поглощен.



У протона, электрона и нейтрино время жизни практически не ограничено. Однако в природе нет элементарных частиц с бесконечным временем жизни, потому что элементарные частицы взаимодействуют друг с другом и превращаются друг в друга. Элементарные частицы взаимодействуют между собой. В результате этого взаимодействия одни частицы исчезают и появляются другие. Такие взаимодействия элементарных частиц друг с другом назвали слабым взаимодействием.

Столкновения элементарных частиц не приводит к их разрушению. В результате столкновения образуются другие элементарные частицы из числа уже известных.

Современные ускорители позволяют получить элементарные частицы со сверхвысокой энергией. Чем больше энергия взаимодействующих частиц, тем больше их масса, тем большее количество более тяжелых частиц может образоваться при их взаимодействии.

Существуют два типа ускорителей. В синхротроне пучок частиц падает на неподвижную мишень. В коллайдерах сталкиваются два пучка частиц, ускоренных в противоположных направлениях.

Задания для самоконтроля

1. Как устроен ускоритель
2. Как устроен ускоритель на встречных пучках
3. Объясните работу циклотрона
4. Объясните работу синхрофазотрона

Основная литература: 1-2, Дополнительная литература: 1-7

Задания для СРС и СРСП

## Изложите, в чем состоит метод толстослойных эмульсий. Исходя из экзаменационных вопросов подготовьте короткие ответы на них.