

# ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Выполнила: Ермакова Александра  
Группа: 17Т



# СОДЕРЖАНИЕ

- 1). Общие сведения об атомных ядрах
- 2). Естественная радиоактивность
- 3). Внутроядерные процессы и их проявления
- 4). Физика элементарных частиц



# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АТОМНЫХ ЯДРАХ

В 1932г. Английский физик **Дж. Чедвик** открыл новую электрически нейтральную частицу, названную нейтроном.

**Нейтрон** (от лат. neuter — ни тот, ни другой) — тяжёлая элементарная частица, не имеющая электрического заряда. В свободном состоянии нейтрон неустойчив.

**Протон** (от др.-греч. πρῶτος — первый, основной) — стабильная элементарная частица, имеет положительный заряд.

Протон принято обозначать буквой p, нейтрон — буквой n, общее название этих частиц — нуклоны.

Число протонов  $N_p$  в атомном ядре элемента равно атомному заряду  $Z$  элемента:

$$N_p = Z$$

Число нейтронов в атомном ядре элемента равно разности между массовым числом и атомным номером элемента:

$$N_n = A - Z$$



## ■ Изотопы

(от др.-греч.  $\text{ισος}$  — «равный», «одинаковый», и  $\text{τοπος}$  — «место») — разновидности атомов (и ядер) какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный (порядковый) номер, но при этом разные массовые числа. Все изотопы одного элемента имеют одинаковый заряд ядра, отличаясь лишь числом нейтронов. Обычно изотоп обозначается символом химического элемента, к которому он относится, с добавлением верхнего левого индекса, означающего массовое число (например,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ). Можно также написать название элемента с добавлением через дефис массового числа (например, углерод-12, радон-222). Некоторые изотопы имеют традиционные собственные названия (например, дейтерий, актинон).

## ■ Модели атомных ядер.

### ■ Капельная модель

Эта простейшая модель была предложена [М. Борном](#) (1936 г.). В ней атомное ядро рассматривается как капля заряженной несжимаемой жидкости с очень высокой плотностью ( $\sim 10^{14} \text{ г/см}^3$ ). Капельная модель позволила вывести полуэмпирическую формулу для энергии связи ядра и помогла объяснить ряд других явлений, в частности процесс деления тяжелых ядер.

### Оболочечная модель

Эта модель, предложенная Гепперт-Майер и Йенсоном в 1950 г., является более реалистичной. В данной модели считается, что каждый нуклон движется в усредненном поле остальных нуклонов ядра. В соответствии с этим имеются дискретные энергетические уровни, заполненные нуклонами с учетом принципа Паули. Эти уровни группируются в оболочки, в каждой из которых может находиться определенное число нуклонов. Полностью заполненные оболочки образуют особо устойчивые структуры. Таковыми являются ядра, имеющие, в соответствии с опытом, число протонов, либо нейтронов (либо оба эти числа) 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126. Эти числа и соответствующие им ядра называют магическими.



## ▪ **Внутриядерные силы и их особенности.**

Как известно, ядра весьма устойчивы, а это значит что протоны и нейтроны удерживаются внутри ядра какими-то силами, причем очень большими. Это не гравитационные силы, так как они весьма малы. Это принципиально новый вид сил, ранее не известный, поэтому этот вид взаимодействия между нуклонами принято называть ядерными силами, а осуществляемое ими взаимодействие – сильным.

- Природа этих сил до конца не выяснена, поэтому укажем некоторые их особенности.
- 1. Поле ядерных сил не является центральным, т.е. по своим свойствам резко отличается от электрического и гравитационного полей.
- 2. Ядерные силы относятся к силам притяжения
- 3. Это короткодействующие силы, проявляющиеся на расстояниях между нуклонами порядка  $10^{-15}$  м.
- 4. Это сильнодействующие силы, на несколько порядков больше, чем силы любых других в природе взаимодействий, например, в 100 раз больше электромагнитных сил.
- 5. Ядерные силы обладают свойством зарядовой независимости: эти силы, действующие между двумя протонами между нейтронами или между протоном и нейтроном, одинаковы .
- 6. Ядерные силы обладают свойством насыщения, т.е. каждый нуклон взаимодействует не со всеми остальными в ядре, а лишь с ограниченным числом нуклонов, находящихся к нему в непосредственной близости. Поэтому при увеличении числа нуклонов в ядре ядерные силы ослабевают, как это имеет место для сил электрического отталкивания между протонами. Этим объясняется, например, малая устойчивость ядер тяжелых элементов, в которых содержится значительное число протонов.
- Общей математической формулы для ядерных сил пока не найдено. На данный момент еще не создана теория, удовлетворительным образом объясняющая все особенности ядерного взаимодействия.



- **Энергия связи и дефект массы ядра.**

**Энергией связи ядра** называют энергию , необходимую для расщепления ядра на отдельные протоны и нейтроны и удаления их друг от друга на такие расстояния , при которых они не взаимодействуют. Значением энергии связи определяется прочностью ядра.

Энергия связи зависит от числа входящих в ядро нуклонов.  
Энергия связи ядра обусловлена наличием дефекта массы и определяется по известному соотношению А.Эйнштейна:

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2$$



# ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

## ▪ **Открытие радиоактивности.**

Радиоактивностью называется способность атомного ядра самопроизвольно распадаться с испусканием частиц.

## ▪ **Состав радиоактивного излучения.**

Основными видами радиоактивного распада являются:

- $\alpha$ -распад – испускание атомным ядром  $\alpha$ -частицы;
- $\beta$ -распад – испускание атомным ядром электрона и антинейтрино, позитрона и нейтрино, поглощение ядром атомного электрона с испусканием нейтрино;
- $\gamma$ -распад – испускание атомным ядром  $\gamma$ -квантов;

## ▪ **Методы наблюдения и регистрация микрочастиц.**

Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц - методы, основанные на свойстве радиоактивных излучений и частиц производить ионизацию атомов.

- С целью наблюдения и регистрации элементарных частиц применяются пузырьковая камера, камера Вильсона, искровая камера, газоразрядные и полупроводниковые счетчики.
- В зависимости от используемого прибора различают метод толстослойных фотоэмульсий, сцинтилляционный и ионизационный методы наблюдения и регистрации элементарных частиц.



### **Камера Вильсона.**

Счетчики позволяют лишь регистрировать факт прохождения через них частицы и фиксировать некоторые ее характеристики. В камере же Вильсона, созданной в 1912 г., быстрая заряженная частица оставляет след, который можно наблюдать непосредственно или сфотографировать. Этот прибор можно назвать окном в микромир, т. е. мир элементарных частиц и состоящих из них систем.

Принцип действия камеры Вильсона основан на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды. Эти ионы создает вдоль своей траектории движущаяся заряженная частица.

### **Пузырьковая камера.**

В 1952 г. американским ученым Д. Глейзером было предложено использовать для обнаружения треков частиц перегретую жидкость. В такой жидкости на ионах (центрах парообразования), образующихся при движении быстрой заряженной частицы, появляются пузырьки пара, дающие видимый трек. Камеры данного типа были названы пузырьковыми.

### **Метод толстослойных фотоэмульсий.**

Для регистрации частиц наряду с камерами Вильсона и пузырьковыми камерами применяются толстослойные фотоэмульсии. Ионизирующее действие быстрых заряженных частиц на эмульсию фотопластинки позволило французскому физика А. Беккерелю открыть в 1896 г. радиоактивность. Метод фотоэмульсии был развит советскими физиками Л. В. Мысовским, Г. Б. Ждановым и др.

### **Сцинтилляционный счётчик.**

Сочетание сцинтиллятора (фосфора) и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), источника электрического питания ФЭУ и радиотехнической аппаратуры, обеспечивающей усиление и регистрацию импульсов ФЭУ, называют сцинтилляционным счетчиком. Иногда сочетание фосфора с ФЭУ производится через специальную оптическую систему (светопровод).

В качестве в сцинтилляционных счётчиках используются:

- жидкие органические сцинтилляторы,
- твердые пластмассовые сцинтилляторы,
- органические кристаллы,
- газовые сцинтилляторы.





# ВНУТРИЯДЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ

## Искусственная радиоактивность.

Продукты многих ядерных реакций оказываются радиоактивными; их называют искусственно радиоактивными изотопами.

Явления искусственной радиоактивности было открыто в 1934г. Известным французскими физиками Фредериком и Ирен Жолио-Кюри.

### **Ядерный взрыв.**

Впервые цепную реакцию деления ядер урана (при  $K > 1$ ) применили в атомной бомбе. Внутри бомбы заложена масса делящегося вещества (например, урана-235), превышающая критическую, но разделенная на две части, каждая из которых меньше критической. Бомба взрывается после того, как эти части быстро сближаются и объединяются посредством взрыва обычного взрывчатого



# ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

- **Физика элементарных частиц** изучает самую глубинную суть нашего мира. Она пытается найти ответы (хотя бы приблизительные!) на очень фундаментальные вопросы о свойствах материи, сил, пространства-времени. Элементарные частицы живут совсем по другим законам, чем окружающий нас «макроскопический» мир.

Под руководством профессора **В.К. Хеннера** проводятся исследования в области физики элементарных частиц. В связи с поисками новых элементарных частиц на электрон-позитронных и протон-антипротонных коллайдерах мы анализируем результаты экспериментов для понимания структуры этих частиц, их кваркового состава и их роли в структуре ядер.

## Этапы изучения элементарных частиц

- То же самое можно выразить и менее поэтическим языком. Физикам требуется:
- зарегистрировать частицы, рождающиеся в столкновениях, и аккуратно измерить их характеристики;
- понять, как частицы комбинируются друг с другом: какая вместе с какой рождается, какая на какую распадается, какая с какой взаимодействует;
- повторить такое столкновение много раз, набрать большой объем данных и, анализируя его статистическими методами, извлечь закономерности;
- проверить, согласуются ли эти закономерности друг с другом и с теоретическими предсказаниями.
- Все эти этапы вместе и составляют задачу изучения элементарных частиц. Перечислим некоторые тонкости этих этапов.



- Под руководством профессора **В.К. Хеннера** проводятся исследования в области физики элементарных частиц. В связи с поисками новых элементарных частиц на электрон-позитронных и протон-антипротонных коллайдерах мы анализируем результаты экспериментов для понимания структуры этих частиц, их кваркового состава и их роли в структуре ядер.

История исследования элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий насчитывает более двух с половиной тысяч лет и восходит к идеям древнегреческих натурфилософов о строении Мира. Однако серьезная научная разработка данного вопроса началась только в конце XIX-го века. В 1897 году выдающийся английский физик-экспериментатор Дж.Дж.Томсон определил отношение заряда электрона к его массе. Тем самым, электрон окончательно обрел статус реального физического объекта и стал первой известной элементарной частицей в истории человечества.

На сегодняшний день считается, что в Мире существуют три фундаментальных взаимодействия. Это гравитационное, электрослабое и сильное. При энергиях много меньших, чем примерно 90 ГэВ (1 ГэВ, т.е. 1 Гигаэлектронвольт =  $10^9$  электронвольт), электрослабое взаимодействие «расщепляется» на два: хорошо всем знакомое электромагнитное и проявляющееся только в мире элементарных частиц слабое взаимодействие. Заметим, что сильное взаимодействие, аналогично слабому, проявляется исключительно в микромире. Это связано с тем, что слабое и сильное взаимодействия обладают конечными и весьма малыми радиусами действия порядка  $10^{-16}$  см и  $10^{-13}$  см, соответственно. Радиусы действия гравитационного и электромагнитного взаимодействий — бесконечны, а потому гравитация и электромагнетизм проявляют себя на макроскопическом уровне. Однако в микромире во всем диапазоне энергий, доступных для экспериментального изучения, гравитация слаба и ею можно пренебречь.

