

## Уважаемые студенты!

### Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 5 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail (tamara\_grechko@mail.ru).

**Обратите внимание!!!** В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

### Лекция

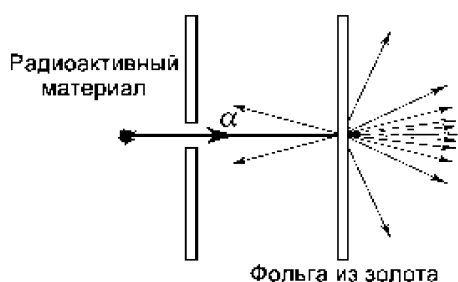
**Тема: Строение атомного ядра. Энергия связи. Связь массы и энергии. Ядерная энергетика. Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы**

#### План

1. Строение атомного ядра.
2. Энергия связи. Связь массы и энергии.
3. Ядерная энергетика.
4. Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы.

### 1. Строение атомного ядра

**Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Планетарная модель атома**



Исследуя прохождение узкого пучка альфа-частиц через тонкие слои вещества (рис. 1), Резерфорд обнаружил, что большинство из них проходит сквозь золотую фольгу толщиной около  $4 \cdot 10^{-7}$  м, состоящую из тысячи слоев атомов, почти не отклоняясь от первоначального направления, как будто бы на их пути не было никаких препятствий. Однако очень небольшая доля этих частиц отклонялась на большие углы, испытав действие больших сил. Примерно одна из каждых восьми тысяч альфа-частиц отклонялась в направлении, противоположном первоначальному (рис. 2).

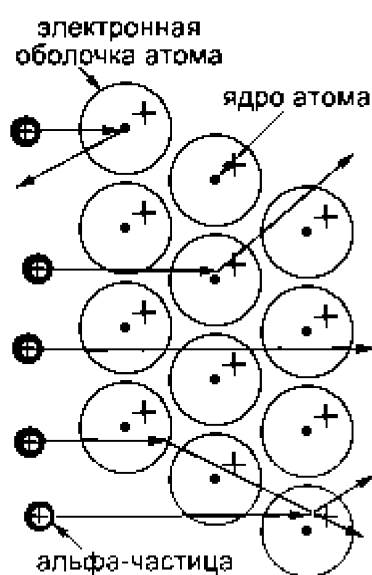


Рис. 2

До этого опыта господствовали представления об атоме как о разреженном и в целом нейтральном шаре, который не мог остановить и отбросить назад заряженную частицу, движущуюся с большой скоростью. В опытах Резерфорда  $\alpha$ -частицы обладали кинетической энергией около 5 МэВ, что дает скорость  $\alpha$ -частиц около 15 000 км/с. Резерфорд писал: «Это было столь же неправдоподобно, как если бы Вы произвели выстрел по обрывку папиросной бумаги 15-дюймовым снарядом, а он вернулся бы назад и угодил в Вас!».

Для того чтобы понять новое явление, Резерфорд с сотрудниками подсчитал число  $\alpha$ -частиц, рассеянных на различные углы, и оценил размеры ядра. На основе результатов этих измерений Резерфорд предложил

планетарную модель строения атома, согласно которой строение атома подобно строению Солнечной системы.

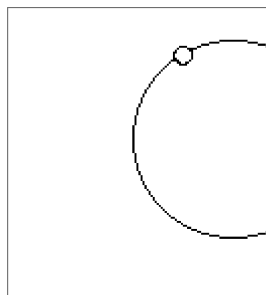
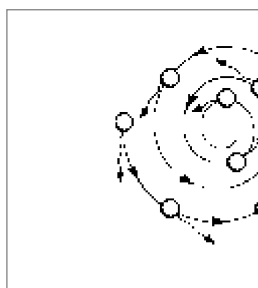


Рис. 3

В центре каждого атома (рис. 3) имеется положительно заряженное ядро радиусом порядка  $10^{-14}$  м, а вокруг него на расстояниях около  $10^{-10}$  м подобно планетам, обращающимся вокруг Солнца, по круговым орбитам движутся электроны. Почти вся масса атома сосредоточена в атомном ядре. Альфа-частицы могут без рассеяния проходить через тысячи слоев атомов, так как основная часть пространства внутри атома пуста, а столкновения с легкими электронами почти не влияют на движение тяжелой альфа-частицы. Заметное отклонение этих частиц от первоначального направления происходит только при их столкновениях с атомными ядрами.



### Атомное ядро

После открытия атомных ядер были измерены их размеры, электрические заряды и массы. В 1913 г. английский физик Г.Мозли установил, что ядра атомов различных химических элементов имеют различные заряды, которые связаны с атомными номерами  $Z$  химических элементов. Заряд  $q$  ядра атома какого-либо химического элемента с порядковым номером  $Z$  в таблице Менделеева равен:

$$q = eZ$$

где  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл – элементарный электрический заряд, равный модулю заряда электрона.

На основании обнаруженной закономерности – зависимости заряда  $q$  ядра от порядкового номера  $Z$  химического элемента – можно было предположить, что атомное ядро с порядковым номером  $Z$  построено из одинаковых заряженных частиц, обладающих элементарным зарядом  $e$ . Такой частицей мог быть протон – ядро атома водорода. Положительный электрический заряд протона равен элементарному заряду  $e$ , а масса протона равна:

$$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Однако ядро атома гелия – второго элемента таблицы Менделеева – имеет заряд, равный двум элементарным зарядам, а его масса превосходит массу протона примерно в 4 раза, а не в два. Подобные расхождения наблюдаются и у ядер атомов всех остальных химических элементов. Следовательно, атомные ядра не могут состоять только из протонов.

В 1932 г. английский физик Дж.Чадвик открыл новую элементарную частицу – нейтрон. Нейтрон не имеет электрического заряда, а его масса немного больше массы протона:

$$m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Ядра атомов всех химических элементов состоят из протонов и нейтронов. Число  $Z$  протонов называется атомным номером химического элемента. Сумма числа протонов  $Z$  и числа нейтронов  $N$  называется массовым числом и обозначается буквой  $A$ :

$$A = Z + N$$

Массовое число  $A$  с хорошей точностью выражает массу ядра в атомных единицах массы (а.е.м.). Атомные ядра всех атомов имеют форму, близкую к форме шара. Радиус атомного ядра возрастает с увеличением атомного номера элемента и составляет  $10^{-15} \div 10^{-14}$  м.

Точные измерения масс атомов показали, что все химические элементы имеют *изотопы* – атомы с одинаковым числом  $Z$  протонов, но с разным числом  $N$  нейтронов в атомном ядре. При одинаковом числе протонов атомы изотопов обладают одинаковым строением электронных оболочек. Следовательно, они являются атомами одного химического элемента и

обладают одинаковыми химическими свойствами. Изотоп  $X$ , содержащий  $Z$  протонов в ядре и обладающий массовым числом  $A$ , обозначается как:  ${}^A_ZX$ .

Между одноименно заряженными протонами в атомных ядрах действуют кулоновские силы отталкивания. На расстоянии порядка  $10^{-14}$  м эти силы очень велики, однако протоны не разлетаются в противоположные стороны. Следовательно, между протонами кроме кулоновских сил отталкивания действуют силы другой физической природы, являющиеся силами притяжения. Эти силы назвали *ядерными силами*.

Ядерные силы на расстояниях  $\sim 1,5 \cdot 10^{-15}$  м значительно превосходят кулоновские силы отталкивания, но с увеличением этого расстояния очень быстро убывают. На расстояниях порядка радиуса атома действие ядерных сил ничтожно мало по сравнению с действием электромагнитных сил между протонами.

Ядерные силы притяжения одинаково действуют между двумя протонами, двумя нейтронами или между протоном и нейтроном. Одинаковая способность протонов и нейтронов к ядерному взаимодействию служит основанием для рассмотрения их в качестве двух состояний одной частицы

#### **49. Поглощение и испускание света атомом. Постулаты Бора.**

##### **Квантование энергии**

Для объяснения устойчивости атомов датский физик Нильс Бор предложил отказаться от привычных классических представлений и законов. Свойства атомов получают объяснение на основе *квантовых постулатов Бора*:

1. Атом может находиться лишь в определенных стационарных состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия  $E$ . Говорят, что энергия атома *квантуется*. В стационарных состояниях атом не излучает энергию.

2. Излучение или поглощение энергии происходит только при переходе атома из одного стационарного состояния в другое. Энергия излученного или поглощенного кванта электромагнитного излучения при

переходе атома из стационарного состояния с энергией  $E_m$  в состояние с энергией  $E_n$  равна модулю разности энергий атома в этих состояниях:

$$h\nu_{mn} = |E_m - E_n|,$$

где  $m$  и  $n$  – номера стационарных состояний.

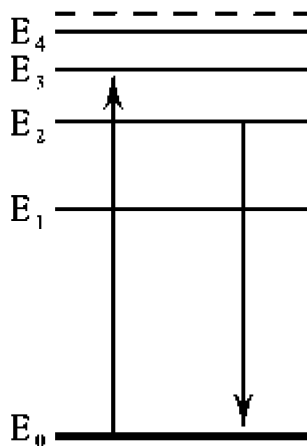


Рис. 5

Стационарное состояние атома с минимальным запасом энергии называется *основным состоянием*, все остальные стационарные состояния называются *возбужденными состояниями*. В основном состоянии атом может находиться бесконечно долго, в возбужденном состоянии он находится  $10^{-7}$  –  $10^{-9}$  с.

Стационарные состояния наглядно представляются энергетической диаграммой атома (рис. 5), на которой они обозначаются горизонтальными линиями – *энергетическими уровнями*. Расстояния между линиями диаграммы пропорциональны разностям энергий стационарных состояний. Переход атома из стационарного состояния с меньшим запасом энергии в состояние с большим запасом энергии сопровождается поглощением энергии и обозначается стрелкой, направленной вверх; переход атома из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией сопровождается выделением энергии и обозначается стрелкой, направленной вниз (см. рис. 5).

## **50. Естественная радиоактивность и ее виды. Радиоактивные излучения и их**

### **воздействие на живые организмы**

## Радиоактивность. Свойства альфа-, бета-, гамма-излучений

*Радиоактивностью* называется явление самопроизвольного превращения ядер одного химического элемента в ядра другого химического элемента. Радиоактивные превращения ядер обязательно сопровождаются испусканием радиоактивных излучений. Это явление было открыто А. Беккерелем в 1896 г. и привело к установлению факта, что атомы не только обладают сложной внутренней структурой, но и способны к самопроизвольным превращениям.

При альфа-распаде из радиоактивного ядра выбрасывается альфа-частица – ядро атома изотопа гелия  ${}^4_2\text{He}$ . Альфа-частица состоит из двух протонов и двух нейтронов, ее заряд равен двум элементарным зарядам. При вылете из ядра альфа-частицы порядковый номер ядра-продукта  $Z$  меньше исходного на две единицы, массовое число  $A$  меньше исходного на четыре единицы. Например, при альфа-распаде ядра изотопа урана получается ядро изотопа тория (рис. 5).

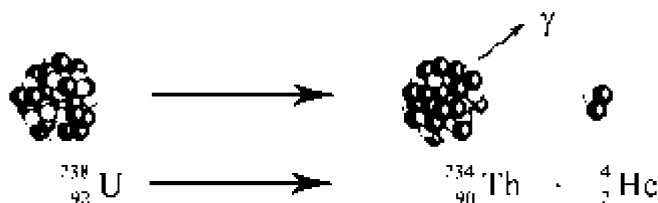


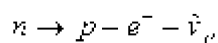
Рис. 5

При бета-распаде из атомного ядра вылетают электрон (или его античастица *позитрон* – элементарная частица с массой, равной массе электрона, и положительным элементарным зарядом) и электронное антинейтрино (или нейтрино). Бета-распад с испусканием электрона называется *электронным бета-распадом*:



Рис. 6

При электронном бета-распаде в атомном ядре происходит превращение нейтрона в протон с испусканием электрона и незаряженной элементарной частицы – электронного антинейтрино:



В результате *электронного бета-распада* число протонов в ядре увеличивается на единицу, число нейтронов уменьшается на единицу, а массовое число остается неизменным. В результате *позитронного бета-распада* число протонов в ядре уменьшается на единицу, число нейтронов увеличивается на единицу, а массовое число остается неизменным (рис. 7).

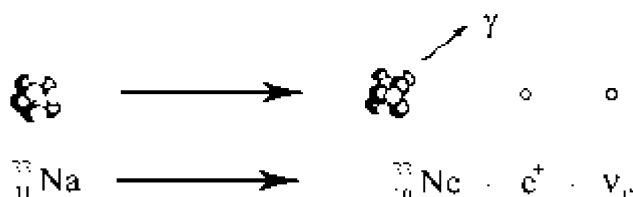


Рис. 7

Атомные ядра, возникающие в результате альфа- и бета-распада, могут находиться в возбужденных состояниях. Переходы атомных ядер из возбужденных состояний в основное состояние сопровождаются испусканием гамма-квантов.

Все частицы, испускаемые при радиоактивных превращениях атомных ядер и в процессе осуществления ядерных реакций, обладают большими значениями энергии ( $\sim 10^6$  эВ,  $1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж). При таких энергиях заряженные частицы и кванты электромагнитного излучения обладают способностью ионизовать и возбуждать атомы вещества, встречающиеся на их пути. Поэтому все виды радиоактивных излучений и излучений, сопровождающих ядерные реакции, называют *ионизирующими излучениями*. При одинаковой энергии разные виды ионизирующих излучений неодинаково взаимодействуют с веществом.

*Альфа-частицы* и другие атомные ядра при движении в веществе ионизируют или возбуждают почти каждый атом на своем пути. Поэтому они растрачивают всю энергию на коротком пути. Длина пробега альфа-частиц в



воздухе при нормальном атмосферном давлении составляет несколько сантиметров, в жидкостях или твердых телах – сотые доли миллиметра.

*Бета-частицы* менее эффективно взаимодействуют с атомами вещества. Поэтому их пробег в воздухе может достигать нескольких метров, а в жидкостях и твердых телах – нескольких миллиметров.

*Гамма-кванты* взаимодействуют с электронными оболочками атомов тремя различными способами. Эти способы – фотоэлектрический эффект (выбивание электрона), рассеяние при взаимодействии с электроном и рождение пар электрон–позитрон. Последний способ возможен только в том случае, если энергия гамма-кванта больше удвоенной энергии покоя электрона. Гамма-кванты имеют самую большую проникающую способность. Для защиты от гамма-излучения необходимы защитные стены или оболочки толщиной несколько десятков сантиметров или даже несколько метров.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Строение атомного ядра.
2. Энергия связи. Связь массы и энергии.
3. Ядерная энергетика.
4. Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы.