

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

«Средняя общеобразовательная школа № 4»

г. Сергиев Посад

## **«Состав атомного ядра. Ядерные силы»**

**9 «Г» класс**

Учитель физики  
высшей квалификационной  
категории  
Сенникова О.С.

Сергиев Посад

2018 г

## Тема урока: Состав атомного ядра. Ядерные силы. Энергия связи атомных ядер.

### Цели:

- **образовательная:** рассмотреть из каких частиц состоит ядро атома; ввести понятия зарядового и массового числа, ядерной силы, дефекта масс, энергии связи, удельной энергии связи; ознакомить учащихся с формулами заряда ядра, дефекта масс, энергии связи, удельной энергии связи;
- **развивающая:** способствовать развитию кругозора квантовых явлений;
- **воспитывающая:** воспитывать интерес к предмету, управление своим вниманием, дисциплину.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: мультимедийная презентация, ПК.

### Ход урока

#### 1. Организационный момент.

Приветствие с учащимися, проверка присутствующих.

#### 2. Актуализация знаний.

Фронтальный опрос:

- 1) Что такое явление радиоактивности?
- 2) Какие существуют модели атомов?
- 3) Какие виды взаимодействий в природе Вам известны?

#### 3. Мотивация учебной деятельности

Опыты Резерфорда доказали, что атом состоит из маленького положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него электронов. Оказалось, что по сравнению с размером самого атома (около  $10^{10}$  м) ядро крайне мало (около  $10^{-15}$  м). То есть ядро меньше атома в 100 000 раз.

Чтобы представить себе, что это означает, рассмотрим такую наглядную модель. Представьте себе, что атомное ядро увеличено до размеров горошины. Тогда диаметр атома будет равен высоте Останкинской телебашни.

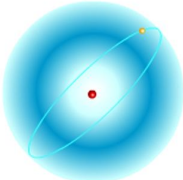
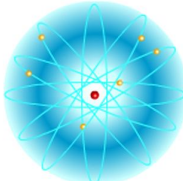
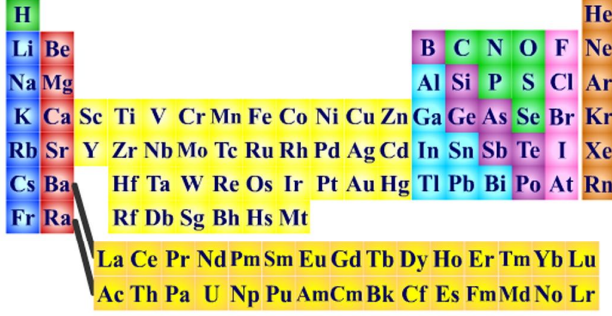
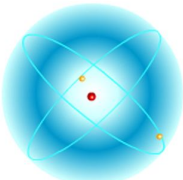
#### 4. Изучение нового материала

Состав атомного ядра

Дальнейшие исследования показали, что заряд атомного ядра равен произведению порядкового номера  $Z$  элемента в периодической таблице Д.И. Менделеева на элементарный заряд  $e$ .

$$q_{\text{я}} = Ze$$

Таким образом, порядковый номер химического элемента определяет заряд атомного ядра, а, следовательно, и число электронов в атоме. Поэтому число  $Z$  называют зарядовым числом.

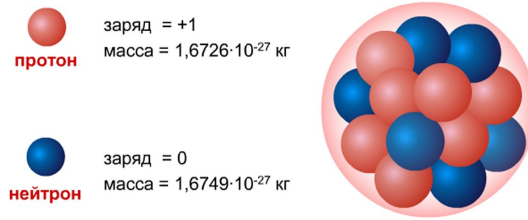
<b>Водород (H)</b> $Z = 1$ 1 протон 1 электрон $q_{\text{я}} = 1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$		<b>Углерод (C)</b> $Z = 6$ 6 протонов 6 нейтронов 6 электронов $q_{\text{я}} = 6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 9,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$		
<b>Гелий (He)</b> $Z = 2$ 2 протона 2 нейтрона 2 электрона $q_{\text{я}} = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$				

После открытия Резерфордом в 1911 г. атомного ядра многочисленные эксперименты подтвердили, что атомные ядра, как и сами атомы, имеют сложную структуру. В 1913 г. Резерфорд выдвинул гипотезу, согласно которой ядро атома водорода представляет собой элементарную частицу – протон, которая входит в состав ядер всех химических элементов. В то время уже было известно, что массы атомов химических элементов превышают массу атома водорода в целое число раз (то есть кратны ей).

Однако ядро не может состоять из одних протонов. Если бы это было так, то масса ядра любого химического элемента равнялась бы массе  $Z$  протонов. Но на самом деле массы ядер всех элементов гораздо больше. Поэтому в 1920 г. Резерфорд высказал предположение о существовании электрически

нейтральной частицы с массой, приблизительно равной массе протона. Позднее эта частица была обнаружена экспериментально. Ее назвали **нейтроном**.

В 1932 г. советские ученые Е.Н. Гапон и Д.Д. Иваненко и немецкий физик Гайзенберг предложили **протонно-нейтронную модель ядра атома**. По этой теории все ядра состоят из двух видов частиц – протонов и нейтронов. Протоны и нейтроны называются **нуклонами** (от лат. nucleus – ядро).

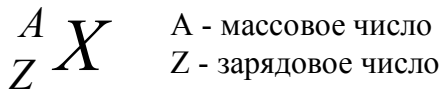


Общее число нуклонов в ядре называется **массовым числом** и обозначается буквой А. Массовое число А численно равно массе ядра, выраженной в атомных единицах массы и округленной до целых чисел.

Атомная единица массы (1 а. е. м.) равна 1/12 части массы атома углерода.

Число протонов соответствует порядковому (атомному) номеру элемента. Разница между массовым и зарядовым числом равна числу нейтронов.

Любой химический элемент периодической таблицы Д.И. Менделеева можно представить формулой:

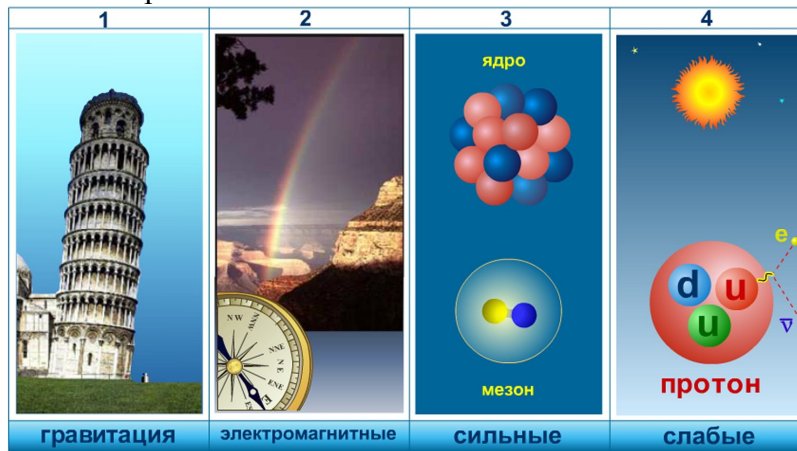


**Массовое число** равно сумме протонов и нейтронов.

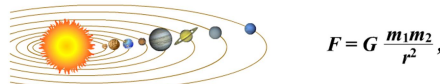
**Зарядовое число** – это атомный номер, который равен числу протонов в ядре.

### Ядерные силы

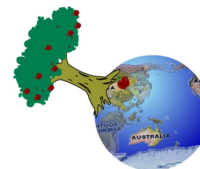
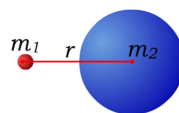
В природе существуют четыре типа взаимодействий: гравитация, электромагнитные, сильные и слабые. Мы рассмотрим только три из них.



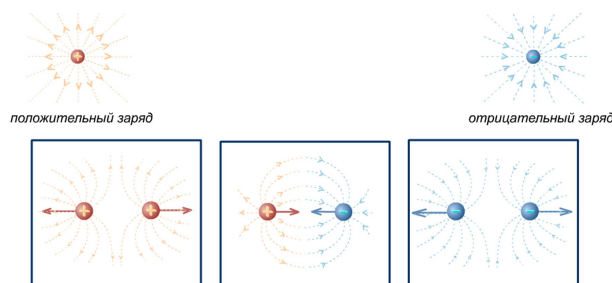
1. При этом типе взаимодействия тела всегда притягиваются друг к другу. Сила взаимодействия уменьшается с увеличением расстояния между телами.



где G (гравитационная постоянная) =  $6,6726 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$ .



2. Взаимодействие между двумя заряженными частицами называется электромагнитным. Существует 2 типа электрических зарядов: положительный (+) и отрицательный (-). При электромагнитных взаимодействиях заряженные тела могут как притягиваться друг к другу, так и отталкиваться.



Электромагнитные взаимодействия действуют на достаточно больших расстояниях. Сила взаимодействия уменьшается с возрастанием расстояния между телами.

3. Силы, которые скрепляют отдельные протоны и нейтроны в ядре называются **ядерными**, а соответствующее взаимодействие сильным. Оно на много порядков величин превышает гравитационное притяжение между протонами и нейтронами в ядре и доминирует над электромагнитными силами кулоновского отталкивания одноименно заряженных протонов внутри ядра.

Важнейшей особенностью ядерных сил является короткий радиус их действия. Они действуют только внутри атомного ядра, то есть на масштабах фемтометров ( $10^{-15}$  м). **Законы ядерных взаимодействий** – это законы квантовой физики, и они носят совершенно другой характер, чем уже известные нам гравитационные взаимодействия.

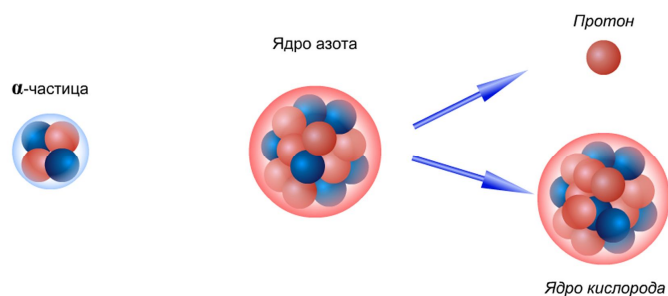
Отметим два свойства ядерных сил:

1. На расстоянии между нуклонами внутри ядра порядка 1 фм и больше силы носят характер притяжения, но при сближении протонов или нейтронов на расстоянии меньше 1 фм возникают силы отталкивания. Это препятствует сжатию ядер до еще меньших размеров.
2. Экспериментально доказано, что ядерные силы между двумя протонами, двумя нейтронами и протоном и нейтроном практически одинаковы. Это свойство называют **зарядовой независимостью ядерных сил**.

Открытие протона:

С древних времен алхимики пытались получить золото из различных элементов. Но никому не удалось превратить один элемент в другой. И только в 1919 г. Резерфорд провел опыты, в которых было впервые осуществлено превращение элементов.

Установка Резерфорда состояла из источника  $\alpha$ -частиц и регистратора этих частиц – флуоресцирующего экрана. Все это устройство было помещено в сосуд с чистым воздухом. На экране можно было наблюдать бледные вспышки. Позднее учеными было обнаружено, что в воздухе происходит ядерная реакция, в которой  $\alpha$ -частицы сталкиваются с ядрами азота. В результате образуются ядро кислорода и ядро водорода, которое Резерфорд назвал **протоном**.



### **Энергия связи атомных ядер**

Вы знаете, что атомное ядро состоит из протонов и нейтронов, которые связаны между собой в ядре ядерными силами. Можно предположить, что масса каждого ядра должна быть равна сумме масс содержащихся в нем протонов и нейтронов.

Проверим это предположение. Масса протона и нейтрона в атомных единицах массы равны соответственно  $m_p = 1,0073$  а.е.м. и  $m_n = 1,0087$  а.е.м.

Сложив массы протонов и нейтронов, мы получим, что масса ядра гелия равна  $M_{\text{я}} = 4,032$  а.е.м. Однако экспериментально было обнаружено, что масса ядра гелия равна  $M_{\text{я}} = 4,0026$  а.е.м. Другими словами, масса ядра меньше суммы масс составляющих его нуклонов. Разность между суммой масс отдельных нуклонов и массой ядра называют **дефектом масс**.

$$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - M_{\text{я}}$$

Дефект массы ядра гелия равен  $\Delta m = (2 \cdot 1,0073 \text{ а.е.м.} + 2 \cdot 1,0087 \text{ а.е.м.}) - 4,0026 \text{ а.е.м.} = 0,0294 \text{ а.е.м.}$

Для того чтобы разбить ядро на отдельные, не взаимодействующие между собой нуклоны, необходимо произвести работу по преодолению ядерных сил, то есть сообщить ядру энергию. Из закона

сохранения энергии следует, что эта энергия равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц.

Минимальная энергия, которую необходимо затратить для полного расщепления ядра на отдельные частицы, называется энергией связи ядра.

Энергию связи любого ядра можно определить с помощью формулы Эйнштейна, которая устанавливает взаимосвязь между массой и энергией:

$$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2 = ((Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - M_y) \cdot c^2, \text{ где } \Delta m - \text{дефект массы, } c - \text{скорость света в вакууме.}$$

Вычислим энергию связи ядра гелия.

Для того, чтобы энергию связи получить в джоулях, дефект масс нужно выразить в килограммах.

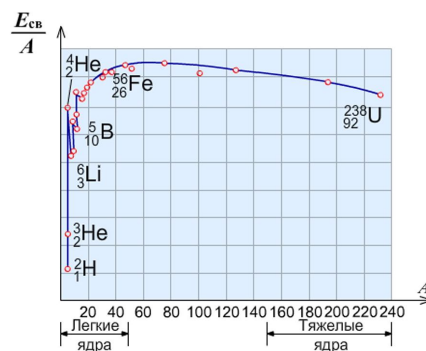
Учитывая, что  $1 \text{ а.е.м.} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ , получим

$$\Delta m = 0,0294 \text{ а.е.м.} = 0,0488 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$E_{\text{св}} = 0,0488 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (2,9979 \cdot 10^8)^2 = 0,4388 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

Это огромная величина. Образование всего 1 г гелия сопровождается выделением энергии порядка  $10^{12}$  Дж. Примерно такая же энергия выделяется при сгорании почти целого вагона каменного угля.

Устойчивость ядер характеризует физическая величина, называемая удельной энергией связи. Она равна энергии связи, которая приходится только на одну ядерную частицу (протон или нейтрон):  $E_{\text{уд}} = E_{\text{св}} / A$ . По графику зависимости удельной энергии связи от массового числа элементов можно заметить, что для легких ядер энергия связи очень мала. Удельная энергия связи имеет наибольшее значение для ядер атомов, расположенных в средней части периодической системы элементов с массовыми числами от 28 до 138. С дальнейшим ростом массового числа энергия связи убывает.



## 5. Формирование умений и навыков

Определить заряд, дефект масс и энергию связи ядра атома алюминия ( $Z = 13$ ,  $A = 27$ ,  $M_{\text{я}} = 26,9815$ ).

## 6. Итоги урока

Рефлексия:

- 1) Из каких частиц состоит атомное ядро?
- 2) Чему равно массовое число атома?
- 3) Как называются силы, которые удерживают протоны и нейтроны в ядре?
- 4) Что такое дефект масс?
- 5) Что такое энергия связи ядра?

7. Домашнее задание § 56 читать, упр.48 (1-4) письменно.