**Тема урока: Модели строения ядра. Ядерные силы. Энергия связи нуклонов в ядре, дефект массы. Ядерные реакции Изотопы.**

Законспектировать материал и отправить на почту:lomakinaNV67@yandex.ru

|  |  |
| --- | --- |
| **Модели строения ядра.**  Как пpедставить ядpо? Это непpостой вопpос, и было пpедложено несколько моделей ядpа. Наиболее популяpными и используемыми к настоящему вpемени являются две модели: капельная и оболочечная.  Согласно капельной модели ядpо сpавнивается с каплей жидкости, т.к. между каплей жидкости и ядpом много общего. Главная общая чеpта заключается в том, что взаимодействие между молекулами жидкой капли, как и между нуклонами ядpа, обладает свойством насыщения: каждая молекула окpужена лишь вполне опpеделенным числом соседей. Силы взаимодействия между молекулами в капле коpоткодействующие. Объем капли pастет, как и у ядpа, пpопоpционально числу молекул. Сpавнение ядpа с каплей наводит еще на одну важную мысль: капля жидкости обладает повеpхностным натяжением. Есть основание считать, что и ядpо-капля обладает этим свойством. Повеpхностное натяжение стягивает каплю и делает ее шаpообpазной. Поэтому и ядpо, можно сказать, имеет шаpовую фоpму. Имеются и pазличия между каплей жидкости и ядpом атома. Ядpо заpяжено (пpотоны!), капля же обычно нейтpальна (хотя ее специально можно и заpядить). Главное же отличие в том, что капля - классическая система и в ней энеpгия - непpеpывная величина, а ядpо - типично квантовая система и его энеpгия имеет дискpетный спектp.  В оболочечной модели ядpо сpавнивается с атомом, котоpый имеет оболочечную стpуктуpу: центp атома, в котоpом сосpедоточено ядpо, окpужен слоями электpонной оболочки. На пеpвый взгляд кажется, что ядpо ничего общего не должно иметь с атомом, так как в ядpе нет никакого физически выделенного центpа, вокpуг котоpого могли бы pасполагаться слои из нуклонов. Однако  нужно учесть квантовую стpуктуpу и ядpа, и атома. Ведь слои электpонной оболочки атома создаются благодаpя тому, что дискpетный энеpгетический спектp атомов таков: его энеpгетические уpовни pаспадаются на pяд сpавнительно близко лежащих гpупп, заполнение уpовней котоpых и составляет слои оболочек из электpонов. Оказалось, что спектpы энеpгии ядеp в этом отношении напоминают спектpы атомов: они также составляют гpуппы близко pасположенных уpовней. Потому постепенное заполнение нуклонами этих гpупп уpовней напоминает электpонные слои атомов. Так стpоится оболочечная модель ядеp.    **Ядерные силы.**  Для того, чтобы атомные ядра были устойчивыми, протоны и нейтроны должны удерживаться внутри ядер огромными силами, во много раз превосходящими силы кулоновского отталкивания протонов.  *Ядерные силы – силы, действующие между ядерными частицами – нуклонами.*  *Свойства ядерных сил:*  1. *Это короткодействующие силы,* действуют на расстояниях между нуклонами, порядка 10−15 м, и резко убывают при увеличении расстояния; при расстояниях 1,4 ∙ 10−15 м они уже практически равны 0.  2. *Это самые мощные силы из всех, которыми располагает природа*, поэтому взаимодействие частиц в ядре часто называют сильными взаимо­действиями.  3. *Ядерным силам свойственно насыщение,*т.е.нуклон взаимодействует не со всеми остальными нуклонами, а лишь с некоторыми ближайшими соседями.  4. *Ядерным силам свойственна зарядовая независимость.*Это значит, что с одинаковой по модулю силой притягиваются друг к другу и заря­женные, и незаряженные частицы, т.е. сила притяжения F*рр*между двумя протонами равна силе притяжения F*пп*между двумя нейтронами и равна силе притяжения F*рп*между протоном и нейтроном.  5. *Ядерные силы не являются центральными,*т.е. они не направлены вдоль прямой, соединяющей центры этих зарядов.  6. Ядерные силы являются так называемыми *обменными силами.*  Напоминаю, что различают четыре вида**фундаментальных взаимодействий** в природе: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное.    **Открытие нейтрона и протона.**  К 20-м годам XX века физики уже не сомневались в том, что атомные ядра, открытые Э. Резерфордом в 1911 г., также как и сами атомы, имеют сложную структуру. В этом их убеждали многочисленные экспериментальные факты, накопленные к этому времени: открытие радиоактивности, экспериментальное доказательство ядерной модели ядра, измерение отношения e / m для электрона, α-частицы и для так называемой H-частицы – ядра атома водорода, открытие искусственной радиоактивности и ядерных реакций, измерение зарядов атомных ядер и т. д. В настоящее время твердо установлено, что **атомные ядра различных элементов состоят из двух частиц – протонов и нейтронов.**  Первая из этих частиц представляет собой атом водорода, из которого удален единственный электрон. Эта частица наблюдалась уже в опытах Дж. Томсона (1907 г.), которому удалось измерить у нее отношение e / m. В 1919 году Э. Резерфорд обнаружил ядра атома водорода в продуктах расщепления ядер атомов многих элементов. Резерфорд назвал эту частицу протоном. Он высказал предположение, что протоны входят в состав всех атомных ядер.    [https://www.sites.google.com/site/opatpofizike/_/rsrc/1425216592062/teoria/teoria-11-klass/modeli-stroenia-adra-adernye-sily-energia-svazi-nuklonov-v-adre-defekt-massy-adernye-reakcii-izotopy/6-5-1.gif](https://www.sites.google.com/site/opatpofizike/teoria/teoria-11-klass/modeli-stroenia-adra-adernye-sily-energia-svazi-nuklonov-v-adre-defekt-massy-adernye-reakcii-izotopy/6-5-1.gif?attredirects=0)  Схема опытов Резерфорда по обнаружению протонов в продуктах расщепления ядер. К – свинцовый контейнер с радиоактивным источником α-частиц, Ф – металлическая фольга, Э – экран, покрытый сульфидом цинка, М – микроскоп.  Прибор Резерфорда состоял из вакуумированной камеры, в которой был расположен контейнер К с источником α-частиц. Окно камеры было закрыто металлической фольгой Ф, толщина которой была подобрана так, чтобы α-частицы не могли через нее проникнуть. За окном располагался экран Э, покрытый сернистым цинком. С помощью микроскопа М можно было наблюдать сцинтилляции в точках попадания на экран тяжелых заряженных частиц. При заполнении камеры азотом при низком давлении на экране возникали световые вспышки, указывающие на появление потока каких-то частиц, способных проникать через фольгу Ф, практически полностью задерживающую поток α-частиц.  Отодвигая экран Э от окна камеры, Резерфорд измерил**среднюю длину свободного пробега** наблюдаемых частиц в воздухе. Она оказалась приблизительно равной 28 см, что совпадало с оценкой длины пробега H-частиц, наблюдавшихся ранее Дж. Томсоном. Исследования действия на частицы, выбиваемые из ядер азота, электрических и магнитных полей показали, что эти частицы обладают положительным элементарным зарядом и их масса равна массе ядра атома водорода. Впоследствии опыт был выполнен с целым рядом других газообразных веществ. Во всех случаях было обнаружено, что из ядер этих веществ α-частицы выбивают H-частицы или протоны. По современным измерениям, положительный заряд протона в точности равен **элементарному заряду** e = 1,60217733·10–19 Кл, то есть равен по модулю отрицательному заряду электрона. В настоящее время равенство зарядов протона и электрона проверено с точностью 10–22. Такое совпадение зарядов двух непохожих друг на друга частиц вызывает удивление и остается одной из фундаментальных загадок современной физики.  **Масса протона**, по современным измерениям, равна mp = 1,67262·10–27 кг. В ядерной физике массу частицы часто выражают в атомных единицах массы (а. е. м.), равной 1/12 массы атома углерода с массовым числом 12:   |  | | --- | | 1 а. е. м. = 1,66057·10–27 кг. |   Следовательно, mp = 1,007276 · а. е. м. Во многих случаях массу частицы удобно выражать в эквивалентных значениях энергии в соответствии с **формулой** E = mc2. Так как 1 эВ = 1,60218·10–19 Дж, в энергетических единицах масса протона равна 938,272331 МэВ. Таким образом, в опыте Резерфорда было открыто явление расщепления ядер азота и других элементов при ударах быстрых α-частиц и показано, что **протоны входят в состав ядер атомов.** После открытия протона было высказано предположение, что ядра атомов состоят из одних протонов. Однако это предположение оказалось несостоятельным, так как отношение заряда ядра к его массе не остается постоянным для разных ядер, как это было бы, если бы в состав ядер входили одни протоны. Для более тяжелых ядер это отношение оказывается меньше, чем для легких, то есть при переходе к более тяжелым ядрам масса ядра растет быстрее, чем заряд. В 1920 г. Резерфорд высказал гипотезу о существовании в составе ядер жестко связанной компактной протон-электронной пары, представляющей собой электрически нейтральное образование – частицу с массой, приблизительно равной массе протона. Он даже придумал название этой гипотетической частице – **нейтрон**.  Это была очень красивая, но, как выяснилось впоследствии, ошибочная идея. Электрон не может входить в состав ядра. Квантово-механический расчет на основании соотношения неопределенностей показывает, что электрон, локализованный в ядре, то есть области размером R ≈ 10–13 см, должен обладать колоссальной кинетической энергией, на много порядков превосходящей **энергию связи ядер** в расчете на одну частицу.  Ядро состоит из нуклонов: протонов и нейтронов.  Г. Мозли (Англия) установил, что положительный заряд ядра атома (в условных единицах) равен порядковому номеру элемента в периодической системе Менделеева. Каждый протон имеет заряд +1, поэтому заряд ядра равен числу протонов.  Масса протона, как и масса нейтрона, приблизительно в 1840 раз больше массы электрона. Протоны и нейтроны находятся в ядре, поэтому масса атома почти равна массе ядра. Масса ядра, как и масса атома, определяется суммой числа протонов и числа нейтронов. Эта сумма называется массовым числом атома. Массовое число атома (A) = Число протонов (Z) + Число нейтронов (N) A=Z+N  Протоны и нейтроны, входящие в состав любого ядра, не являются неделимыми элементарными частицами, а состоят из кварков.  [https://www.sites.google.com/site/opatpofizike/_/rsrc/1425216680316/teoria/teoria-11-klass/modeli-stroenia-adra-adernye-sily-energia-svazi-nuklonov-v-adre-defekt-massy-adernye-reakcii-izotopy/23.jpg](https://www.sites.google.com/site/opatpofizike/teoria/teoria-11-klass/modeli-stroenia-adra-adernye-sily-energia-svazi-nuklonov-v-adre-defekt-massy-adernye-reakcii-izotopy/23.jpg?attredirects=0)  Кварки, в свою очередь, взаимодействуют друг с другом, непрерывно обмениваясь глюонами - переносчиками истинно сильного взаимодействия (оно в тысячи раз сильнее того, которое действует между протонами и нейтронами в ядре). В результате протоны и нейтроны оказываются очень сильно связанными системами, которые невозможно разбить на составные части.    **Энергия связи нуклонов в ядре, дефект массы.**  Устойчивость атомного ядра характеризуется энергией связи *(Е*св.).  Точнейшие измерения показывают, что масса покоя ядра Мвсегда меньше суммы масс покоя со­ставляющих ее протонов и нейтронов: Мя< Zmp+ Nmn.  ***Дефект масс****-*величина, на которую уменьшается масса всех нуклонов при образовании из них атомного ядра. Дефект масс равен разности между суммой масс покоя нуклонов и массой ядра Мя: **∆М=[Zmp + (A-Z)mn] - Мя,**где mp, mn - массы протона и нейтрона, соответственно.  ***Энергия связи****–*минимальная энергия, которую необходимо затратить для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны или энергия, выделяющаяся при слиянии свободных нуклонов в ядро. Расчетная формула энергии связи:  **Е св=∆mc2= [Zmp+(A-Z)mn- Мя ]c2**, где с=3·108 м/с – скорость света в вакууме.  Если в этой формуле массы протона, нейтрона и ядра выражены в килограммах, а скорость света - в метрах в секунду, то энергия связи *Есв*будет измерена в джоулях. Однако в физике атома и атомного ядра энергию ядер и элементарных частиц чаще выражают в мегаэлектрон-вольтах (МэВ): **1 МэВ = 1,6·10- 13 Дж.**  Решая соответствующие задачи, можно получить энергию связи в джоулях, а затем, если требуется, перевести ее в мегаэлектрон-вольты, разделив полученное число джоулей на 1,6·10- 13. Но гораздо проще получить значение энергии связи в мегаэлектрон-вольтах, если оставить массы протона, нейтрона и ядра выраженными в атомных единицах массы и умножить дефект массы ∆М не на с2, а на число **931**. *Одной атомной единице массы соответствует энергия связи*931*МэВ.***Е св=931· ∆М** или **Е св=931(Zmp + Nmn - Мя) МэВ**  Энергия связи переходит в энергию излучаемых при ядерных превращениях γ-квантов, которая равна как раз Есв*,*а масса которых: ∆М =Е/с2.  Если в результате реакции Е=∆Мc2> 0, то энергия выделяется, если Е=∆М c2< 0 - поглощается.  Для характеристики прочности ядра используется величина, которая называется удельной энергией связи εсв.  ***Удельная энергия связи****-*энергия связи, приходящаяся на один нуклон ядра, равна отношению энергии связи Есвк массовому числу ядра атома А: εсв=Есв/А,Удельная энергия связи определяется экспериментально.  ***Ядерные реакции****-*процессы, происходящие при столкновении ядер или элементарных частиц с другими ядрами, в результате которых изменяются квантовое состояние и нуклонный состав ис­ходного ядра, а также появляются новые частицы среди продуктов реакции.    **Изотопы.**  ***Изотопы****-*это разновидности атомов одного и того же химического элемента, атомные ядра которых имеют одинаковое число протонов Z и различное число нейтронов n. Изотопы занимают одно и то же место в периодической системе элементов, откуда и произошло их название. По своим ядерным свойствам изотопы, как правило, существенно отличаются. Химические (и почти в той же мере физические) свойства изотопов одинаковы. Это объясняется тем, что химические свойства элемента опреде­ляются зарядом ядра, поскольку именно он вли­яет на структуру электронной оболочки атома.  Исключением являются изотопы легких элементов. Изотопы водорода 1Н - *протий,*2Н — *дейтерий, 3*Н - *тритий*столь сильно отличаются по массе, что и их физические и химические свойства различны. Дейтерий стабилен (т. е. не радиоактивен) и входит в качестве небольшой примеси (1 : 4500) в обычный водород. При соединении дейтерия с кис­лородом образуется тяжелая вода. Она при нормальном атмосферном давлении кипит при 101,2°С и замерзает при 3,8°С. Тритий β-радиоактивен с пе­риодом полураспада около 12 лет.  У всех химических элементов имеются изотопы. У некоторых элементов имеются только нестабильные (радиоактивные) изотопы. Для всех элементов искусственно получены радиоактивные изотопы. В атомной индустрии все воз­растающую ценность для человечества представляют радиоактивные изотопы.  **1 МэВ = 1,6·10- 13 Дж; 1 а.е.м.= 1,66∙10-27 кг.** |