Гр 46 физика от 03.06

**Прочитать, разобрать материал по теме «Радиоактивность. Ядерные реакции», ответить письменно на вопросы. Обратите внимание на обозначение ядер химических элементов, какие частицы образуются при реакциях, как они обозначаются. Помните! При составлении ядерных реакций выполняется закон сохранения массового числа (цифра вверху) и зарядового (цифра внизу)**

|  |
| --- |
| ***Радиоактивность*** |
| 1896 г. Французский физик [*А. Беккерель*](http://www.eduspb.com/node/142), изучая явление *лю­минесценции* (свечения) солей урана, установил: урановая соль испу­скает лучи неизвестного типа. Эти лучи проходят через бумагу, дерево, тонкие металлические пластины; ионизируют воздух; засвечивают фотопластинку; разряжают электроскоп и т.д.(свойства, аналогичные рентгеновским лучам). В дальнейшем  [*Беккерель*](http://www.eduspb.com/node/142)выясняет, что эти свойства присущи не соединениям, а химическому элементу урану, его атомам.  1897-98 г. [*Мария Склодовская-Кюри*](http://www.eduspb.com/node/1173) и [*Пьер Кюри*](http://www.eduspb.com/node/775), исследуя урановые ру­ды, обнаружила новые химические элементы: полоний, торий, ***радий***. ***Явление испускания атомами невидимых проникающих излучений – радиоактивность***. Все химические элементы, начиная ***с №83***, являются *радиоактивными.*  [Виды радиоактивных излучений](http://www.eduspb.com/public/img/formula/image001_40.png)1898 г. подвергая *радиоактивное излучение* действию магнитного поля,  [*Э. Резерфорд*](http://www.eduspb.com/node/1123)и обнаружил, что оно распадается на три части, которые *Резерфорд* назвал **α*, β, γ-лучами.*** Эти излучения сильно отличаются по проникающей способности, т.е. по тому, насколько интенсивно они поглощаются различными веществами.  Дальнейшие исследования показали: **α *- лучи*** — ***поток ядер атомов гелия*** (тяжелые положительно заряженные частицы) *Основные свойства*: малая проникающая способность (лист бумаги; несколько сантиметров слоя воздуха); слабо отклоняются электрическим и магнитным полем, сильно ионизируют воздух.  **β** -***лучи*** — ***поток быстрых электронов*** ( 2,7 ·108 м/с)  *Основные свойства*: средняя проникающая способность (проходят сквозь алюминиевую пластину толщиной в несколько мм); хорошо отклоняются электрическим и магнитным полем, слабо ионизируют воздух.  ***γ-лучи (γ-кванты) – электромагнитные волны с λ от 10-8 до 10-11 см.***  *Основные свойства*: большая проникающая способность (для алюминия - пластины толщиной десятки сантиметров); не отклоняются электрическим и магнитным полем; вызывают свечение многих веществ; засвечивают фотопластинку.  После установления *Резерфордом* структуры атома стало ясно, что радиоактивность представляет собой ядерный процесс.  1902 г. [*Э. Резерфорд*](http://www.eduspb.com/node/1123) и [*Ф. Содди*](http://www.eduspb.com/node/1194)доказали, что в результате радиоактивного распада происходит *самопроизвольное* превращение атомов одного химического элемента в атомы другого химического элемента, сопровождаемое испусканием различных частиц и сформулировали *правила смещения*.  ***Альфа-распад*** (*превращение атомных ядер, сопровождаемое испусканием*a*-частиц, называется альфа- распадом):* ***При*α *- распаде****ядро теряет положительный заряд* ***2е*** *и масса его убывает примерно на* ***4*** *атомной единицы массы****. В результате******элемент смещается на две клетки ближе к началу таблицы Менделеева.***  *Символически это можно записать так:*  *Например*:  ***Бета-распад*.**  Радиоактивные ядра могут выбрасывать поток электронов, которые рождаются (согласно гипотезе *Ферми*) в результате пре­вращения нейтронов в протоны (кроме *электро­нов*, испускается *антинейтрино*). В соответствии с правилом смещения  массовое число ядра не изменяется, а заряд ядра увеличивается на единицу  *Например*:  ***После β- распаде химический элемент пере­мещается на одну клетку ближе к концу таблицы Менделеева***.  ***Гамма-излучение*** возникает при ядерных превращениях и представляет собой электромагнитное излучение: не сопровождается изменением заряда и масса ядра практически не меняется.  Параметры ядра при ***γ***-излучении не меняются, ядро лишь переходит в состояние с меньшей энергией. Распавшееся ядро тоже радиоактивно, т. е. происходит цепочка последовательных радиоактивных превращений. Процесс *распада* всех радиоактивных элементов идет до свинца. Свинец — конечный продукт распада.  *Приборы, применяемые для регистрации радиоактивных излучений, называются* ***детекторами ядерных излучений***: *газоразрядный счетчик Гейгера, камера Вильсона, пузырьковая камера*.  ***Состав ядра атома. Изотопы. Энергия связи ядра атома.*** |
| Изучение состава *атомного ядра* проводилось экспериментально с помощью бомбардировки ядра **α** – ***частицами.*** При подобной бомбардировке из ядра вылетали частицы, входящие в его состав.  Первой такой частицей, открытой *Резерфордом* в 1919 г. при бомбардировке ядра азота, был ***протон*** (ядро атома водорода). Обозначается протон или .  при попадании α-частиц в ядра бериллия происходит следующая реакцияВ 1932 г. английский физик *Дж.Чедвик* открыл частицы с нулевым электрическим зарядом и единичной массой - ***нейтроны*** *.*.  После открытия ней­трона физики *Д. Д. Иваненко* и *В. Гейзенберг* в 1932 г. выдвинули протонно-нейтронную модель атомного ядра - ***ядро атома лю­бого вещества состоит из протонов и нейтронов*** (***нуклоны***.) Число протонов равно заряду ядра и совпадает с но­мером элемента в таблице Менделеева. Сумма числа протонов и нейтронов равна ***массовому числу*** (обозначают –*А****: А = Z+N***).  *На­пример,* ядро атома 23592U со­стоит из 92 протонов и 235 - 92 = 143 нейтронов.  В 1911 г. [*Ф. Содди*](https://www.eduspb.com/node/1194) предположил, что ядра с одинаковым числом протонов, но различным числом нейтронов являются ядрами одного и того же химического элемента. Такие ядра он назвал *изотопами.* ***Химические вещества, занимающие одно и то же место в таблице Менделеева, но имеющие разную атомную массу,*** называются ***изотопами.*** Изотопы имеют одинаковые химические свойства, что обусловлено одинаковым электрическим зарядом ядра, но разные физические свойства, обусловленные массой (числом нейтронов). Ядра *изотопов* отличаются числом нейтронов. *Например*, водо­род имеет три изотопа: протий - ядро состоит из од­ного протона, дейтерий – ядро состоит из одного протона и одного нейтрона , тритий - ядро состоит из одного протона и двух нейтронов .    Т.к. ядра весьма устойчивы, то про­тоны и нейтроны должны удерживаться внутри ядра каки­ми-то силами, причем очень большими. Нуклоны в ядре удерживаются особыми силами – *ядерными.*  ***Ядерные силы- силы притяжения, действующие между протонами и нейтронами в ядре и обеспечивающие устойчивость ядер.*** Это самые мощные силы в природе (в 100 раз превосходят силу электрические); имеют свойство зарядовой независимости; они короткодействующие (***10-15 м***).    Для того чтобы разделить ядро на отдельные *нуклоны*, необходимо совершить работу, то есть сообщить ядру некоторую энергию. Э***нергия, которую надо затратить для полного расщепления ядра на отдель­ные нуклоны*** - ***энергия связи ядра.*** На основе закона сохранения энергии можно также утверждать, что ***энергия связи ядра равна той энер­гии, которая выделяется при образовании ядра из отдель­ных частиц.***  Наиболее простой путь нахождения этой энергии основан на применении закона *Эйнштейна* о взаимосвязи массы и энергии: ***Е = mc2***. Из-за *энергии связи* масса покоя ядра ***Μя*** меньше суммы масс со­ставляющих его нуклонов ***Μя* *Z тр + N тп*** т.е. существует ***дефект масс*** ***Μя* = *Z тр + N тп*** - ***Μя*** Энергия *связи ядра* связана с *дефектом масс* соотно­шением ***Есв*** = ***Μc2 =*** (***Z тр + N тп*** - ***Μя*** ) ***c2.***  О том как велика *энергия связи* можно судить по такому *примеру:* образование 4 г гелия сопровождается выделением такой же энергии, как при сгорании 5-6 вагонов каменного угля.  Важной характеристикой ядра служит  ***энергия связи, приходящаяся на один нуклон ядра —* *удельная энергия связи ядра***(*Е*св /A) .  *Максимальную удельную энергию* связи (8,6 МэВ/нуклон) имеют *элементы с массовыми числами от 50 до 60*, т. е. *железо* и близкие к нему по порядковому номеру элементы. Ядра этих элементов наиболее устойчивы (см. *рис*.)  У *легких ядер* большая доля нуклонов находится на поверхности ядра, где они не полностью используют свои связи и *удельная энергия связи невелика.*  Энергия связиУ *тяжелых ядер* *удельная энергия связи* *уменьшается* за счет возрастания кулоновских сил отталкивания между протонами, ослабляющими связи в ядре.  ядро азота превращается в ядро изотопа кислородаТаким образом, ***энергетически выгодны*** два способа высвобождения ядерной энергии: ***деление тяжелых ядер*** (цепная ядерная реакция) и ***синтез легких ядер*** (термоядерная реакция).  ***Ядерные реакции***  -----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------  ***Ядерными реакциями называют изменение атомных ядер при взаимодействиях их с элементарными частицами или друг с другом.***  Условие, когда протекание ядерной реакции становится возможным: - когда ядро и частица (или другое ядро) сближаются на расстояния, при которых начинают действовать ядерные силы.  Так как в реакцию могут вступать ядро и положительно заряженная частица (протон), то необходимо преодолеть возникающие между ними силы отталкивания. Это возможно при больших скоростях частиц. Такие скорости достигаются в ***ускорителях элементарных частиц***.  ***Примеры:*** В 1932 год была осуществлена первая реакция на быстрых протонах (искусственно ускоренных) http://festival.1september.ru/articles/534494/f_clip_image008.gif Эта реакция идет с выделением огромной энергии 17,6 МэВ.  Эта реакция на нейтронах. Так как нейтроны лишены заряда, они легко проникают в атомные ядра и вызывают их превращения. Выдающийся итальянский физик *Э. Ферми* первым начал изучать реакции, вызываемые нейтронами. Он обнаружил, что ядерные превращения вызываются не только быстрыми, но и медленными нейтронами, движущимися с тепловыми скоростями.  Выделяющаяся при ядерных реакциях энергия может быть очень огромной. Но использовать её путем осуществления столкновений ускоренных частиц (или ядер) с неподвижными ядрами мишенями, практически нельзя - большая часть ускоренных частиц пролетает мимо ядер мишеней, не вызывая реакции.  При ядерных реакциях происходит ***выделение*** или ***поглощение энергии***.  ***Энергетический выход ядерной реакции - разность энергий покоя ядер и частиц до реакции и после реакции***. Энергетический выход ядерной реакции равен также ***изменению кинетической энергии частиц, участвующих в реакции.*** Если суммарная кинетическая энергия ядер и частиц после реакции больше, чем до реакции, то говорят о выделении энергии. В противном случае реакция идет с поглощением энергии.  В любой ядерной реакции выполняются законы сохранения электрического заряда и числа нуклонов: суммы зарядов и массовых чисел ядер и частиц, вступающих в ядерную реакцию, равны суммам зарядов и массовых чисел конечных продуктов (ядер и частиц) реакции.  Один из способов получения ядерной энергии: *деление тяжелых ядер.* ***Расщепление ядра на менее массивные ядра с выделением энергии*** называют ***реакцией деления.***  http://festival.1september.ru/articles/525067/img2.gifВ 1938 r. [*О. Ган*](http://www.eduspb.com/node/470) и [*Ф. Штрассман*](http://www.eduspb.com/node/1504) открыли: ядра урана при бомбардировке его нейтронами образуют другие элементы. А объяснение этому явлению было дано в 1939 г. австрийским физиком [*Л. Мейтнер*](http://www.eduspb.com/node/829) и  английским физиком [*О.Фришем*](http://www.eduspb.com/node/1374):  Позже обнаружили, что при бомбардировке нейтронами U образуются 80 различных ядер. Наиболее вероятное деление оказалось:  Этот процесс происходит с выделением энергии ***200 МэВ =3,2.10-11 Дж*** (0,9 МэВ/нуклон).  Ни при какой другой ядерной реакции (не связанной с делением) столь больших энергий не выделяется.  Деление ядра возможно потому, что масса покоя тяжелого ядра больше суммы масс покоя осколков, возникающих при делении. Фундаментальный факт ядерного деления — испускание в процессе деления двух-трех [*нейтронов*](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9E%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D0%B8%D0%B5_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0). Именно благодаря этому оказалось возможным практическое использование внутриядерной энергии. Это позволяет осуществлять *цепную реакцию* деления урана.  ***Цепная реакция деления ядер урана — это реакция, в ко­торой частицы (нейтроны), вызывающие эту реакцию, образуются как продукты этой реакции.***  Цепная реакция сопровождается выделением огромной энергии. При делении каждого ядра выделяется энергия около 200 МэВ. При полном же делении всех ядер, имеющихся в 1 г урана, выделяется энергия  2,3 • 104кВт . ч. Это эквивалентно энергии, получаемой при сгорании 3 т угля или 2,5 т нефти. При делении одного ядра урана выделение энергии составляет примерно ***200 МэВ***. При делении 1 кг ядер урана выделяется примерно ***8·1013 Дж***. Это в 2,5 млн. раз больше выделения энергии при сжигании 1 кг каменного угля.  Для течения *цепной реакции* нет необходимости, чтобы каждый нейтрон обязательно вызывал деление ядра. Необходимо лишь, чтобы среднее число освобожденных нейтронов в данной массе урана не уменьшалось с течением времени.  Это условие будет выполнено, если коэффициент размножения нейтронов ***k*** больше или равен единице. ***Коэффициентом размножения нейтронов называют отношение числа нейтронов в каком-либо «поколении» к числу нейтронов предшествующего «поколения».***  http://class-fizika.narod.ru/korm/at/8.gifcepnaya_yadernaya_reakciya_renamed_23045.jpgПри ***k< 1*** реакция гаснет. При ***k >1*** – неуправляемая реакция - взрыв (достаточно 1,01).  При ***k =1*** – управляемая реакция в ядерных реакторах (на АЭС).  *Цепная реакция деления* ядер урана не осуществляется в природном уране, поскольку природный уран на 99,3% состоит из изотопа урана-238 и только на 0,7% из изотопа урана-235. Способность к делению под действием нейтронов, испущенных в процессе деления, обнаруживается только у ядер урана-235. Поэтому необходимое условие для осуществления цепной реакции деления - разделение изотопов урана. Однако и после разделения изотопов цепная реакция происходит не в любом количестве урана-235. В малом количестве урана большинство нейтронов покидают образец, не встретив на своем пути ни одного ядра урана, так как размеры ядер очень малы и вероятность попадания в них невелика. Цепная реакция может развиваться в том случае, если количество урана больше некоторого минимального значения - ***критической массы.*** При этом важна и форма образца. Для шара из урана-235 критическая масса имеет значение около 50 кг. Радиус шара 9 см.  Энергия цепных реакций деления ядер урана и плутония используется при взрывах атомных бомб. При ядерном взрыве происходит чрезвычайно быстрое (доли мкс) выделение энергии, при этом температура в зоне реакции достигает десятков миллионов градусов, а давление - около миллиарда атмосфер.  Впервые решил задачу об управлении цеп­ной реакцией деления ядер физик Э. Ферми. Им был изобретен ядерный реактор в 1942 г. У нас в стране реактор был запущен в 1946 г. под руковод­ством И. В. Курчатова.  Масса покоя ядра *урана* больше суммы масс покоя осколков, на которые делится ядро. Для легких ядер дело обстоит как раз наоборот. Так, масса покоя ядра гелия значительно меньше суммы масс покоя двух ядер тяжелого водорода, на которые можно разделить ядро гелия.  Это означает, что при слиянии легких ядер масса покоя уменьшается и, следовательно, должна выделяться значительная энергия. Однако, чтобы ядра вступили в реакцию, они должны сблизиться на расстояние действия ядерных сил порядка 2∙10-15 м, преодолев электрическое отталкивание их положительных зарядов. Для этого средняя кинетическая энергия теплового движения молекул должна превосходить потенциальную энергию кулоновского взаимодействия. Подобного рода реакции слияния легких ядер могут протекать только при очень высоких температурах. Поэтому они называются *термоядерными*.  ***Реакция слияния легких ядер при очень высокой температуре (>107–108 К), сопровождающаяся выделением энергии,*** называется ***термоядерной реакцией.*** Для слияния необходимо, чтобы расстояние между ядрами приблизительно было равно 10-12 см, т. е. чтобы они попали в сферу действия ядерных сил. Однако этому препятствуют кулоновские силы. Они могут быть преодолены при большой кинетической энергии теплового движения ядер.  [Энергия](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%B8_%D0%B5%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), которая выделяется при термоядерных реакциях в расчете на один нуклон, превышает удельную энергию, выделяющуюся при цепных реакциях деления ядер. Так, при слиянии тяжелого водорода — дейтерия — со сверхтяжелым [изотопом](http://school.xvatit.com/index.php?title=%D0%98%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BF%D1%8B) водорода — тритием — выделяется около ***3,5 МэВ*** на один нуклон, а при *делении ядра урана* на один нуклон приходится ≈0,9 МэВ.  *Пример* термоядерной реакции.    http://www.eduspb.com/public/img/formula/image013_21.png*Термоядерные реакции* играют большую роль в эволюции Вселенной. Энергия излучения Солнца и звезд имеет термоядерное происхождение. В центральных областях Солнца температура достигает 15 млн. К. При синтезе 1кг гелия из водорода выделяется энергия примерно ***6,3·1014 Дж***. Солнце выделяет в одну секунду энергию, которая приблизительно равна 4·1026 Дж, следовательно, в нем за одну секунду осуществляется синтез примерно 6·1011 кг гелия из водорода.  В настоящее время в России и ряде других стран ведутся работы по осуществлению управляемой термоядерной реакции. Пока же удалось осуществить лишь неуправляемую реакцию синтеза взрывного типа в водородной (или термоядерной) бомбе.  Осуществление управляемых термоядерных реакций способно решить энергетическую проблему человечества. Неуправляемые термоядерные реакции в водородных бомбах могут человечество уничтожить. |

**Вопросы**

1. Состав радиоактивного излучения. Охарактеризовать α*, β, γ-лучи****.***
2. Что такое ядерная реакция?
3. В чем отличие ядерной реакции от химической?
4. Почему образовавшиеся ядра гелия разлетаются в противоположные стороны?  
   73Li + 11H → 42He + 42He
5. Является ли ядерной реакция испускания α –частицы ядром?
6. Почему β-лучи и ɑ-лучи отклоняются в магнитном поле в противоположные стороны
7. Что такое ядерная реакция, термоядерная реакция
8. Определите состав ядер: 2713Al 3015P 3014Si
9. Допишите ядерные реакции:
   * 94Be + 11H → 105B + ?
   * 147N + ? → 146C + 11p
   * 147N + 42He → ? + 11H
   * 2713Al + 42He → 3015P + ? (1934 г. Ирен Кюри и Фредерик Жолио-Кюри получили радиоактивный изотоп фосфора)
   * ? + 42He → 3014Si +11p