Министерство образования и науки РФ

ГОУ ВПО «КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РЕФЕРАТ

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Выполнила:

Студентка гр. Х-053

Тарасова К. В

Проверила:

Журавлёва Л. В.

Кемерово, 2007

Содержание

Методы наблюдения элементарных частиц

Виды взаимодействий

Состав атомных ядер

Взаимодействие нуклонов в ядре

Основные характеристики, систематика частиц

Радиоактивность

Простейшие ядерные реакции

Деление ядер

Цепные реакции

Список литературы

Методы наблюдения элементарных частиц

Элементарные частицы удаётся наблюдать благодаря тем следам, которые они оставляют при своём прохождении через вещество. Характер следов позволяет судить о знаке заряда частицы, её энергии, импульсе и т. п. Заряженные частицы вызывают ионизацию молекул на своём пути. Нейтральные частицы следов не оставляют, но они могут обнаружить себя в момент распада на заряженные частицы или в момент столкновения с каким-либо ядром. Следовательно, нейтральные частицы также обнаруживаются по ионизации, вызванной порождёнными ими заряженными частицами.

Приборы, применяемые для регистрации ионизирующих частиц, подразделяются на две группы. К первой группе относятся устройства, которые регистрируют факт пролёта частицы и позволяют судить об её энергии. Вторую группу образуют трековые приборы, т. е. приборы, позволяющие наблюдать следы частиц в веществе. К числу регистрирующих приборов относятся *ионизационные камеры* и *газоразрядные счётчики*. Широкое распространение получили *черенковские счётчики* и *сцинтилляционные счётчики*.

Заряженная частица, пролетающая через вещество, вызывает не только ионизацию, но и возбуждение атомов. Возвращаясь в нормальное состояние, атомы испускают видимый свет. Вещества, в которых заряженные частицы возбуждают заметную световую вспышку (сцинтилляцию), называют фосфорами. Фосфоры бывают органические и неорганические.

Сцинтилляционный счетчик состоит из фосфора, от которого свет подается по специальному светопроводу к фотоумножителю. Импульсы, получающиеся на выходе фотоумножителя, подвергаются счету. Определяется также амплитуда импульсов (которая пропорциональна интенсивности световых вспышек), что дает дополнительную информацию о регистрируемых частицах.

Счетчики часто объединяются в группы и включаются так, чтобы регистрировались только такие события, которые отмечаются одновременно несколькими приборами, либо только одним ним из них. В первом случае говорят, что счетчики включены по схеме совпадений, во втором — по схеме антисовпадений.

К числу трековых приборов относится камеры Вильсона, пузырьковые камеры, искровые камеры и эмульсионные камеры.

Камера Вильсона. Так называют прибор, созданный английским физиком Ч. Вильсоном в 1912 г. Дорожка из ионов, проложенная летящей заряженной частицей, становится видимой в камере Вильсона, потому что на ионах происходит конденсация пересыщенных паров какой-либо жидкости. Прибор работает не непрерывно, а циклами. Сравнительно короткоевремя чувствительности камеры чередуется с мертвым временем (в 100—1000 раз большим), в течение которого камера готовится к следующему рабочему циклу. Пересыщение достигается за счет внезапного охлаждения, вызываемого резким (адиабатическим) расширением рабочей смеси, состоящей из неконденсирующегося газа (гелия, азота, аргона) и паров воды, этилового спирта и т. п. В этот же момент производится стереоскопическое (т. е. с нескольких точек) фотографирование рабочего объема камеры. Стереофотографии позволяют воссоздать пространственную картину зафиксированного явления. Так как отношение времени чувствительности к мертвому времени очень мало, приходится иногда делать десятки тысяч снимков, прежде чем будет зафиксировано какое-либо событие, обладающее небольшой вероятностью. Чтобы увеличить вероятность наблюдения редких явлений, используются управляемые камеры Вильсона, у которых работой расширительного механизма управляют счетчики частиц, включенные в электронную схему, выделяющую нужное событие.

Пузырьковая камера. В изобретенной Д. А. Глезером в 1952 г. пузырьковой камере пересыщенные пары заменены прозрачной перегретой жидкостью (т. е. жидкостью, находящейся под внешним давлением, меньшим давления ее насыщенных паров). Пролетевшая через камеру ионизирующая частица вызываетбурное вскипание жидкости, вследствие чего след частицы оказывается обозначенным цепочкой пузырьков пара — образуется трек. Пузырьковая камера, как и камера Вильсона, работает циклами. Запускается камера резким снижением (сбросом) давления, вследствие чего рабочая жидкость переходит в метастабильное перегретое состояние. В качестве рабочей жидкости, которая одновременно служит мишенью для пролетающих через нее частиц, применяются жидкий водород (в этом случае нужны низкие температуры).

Искровые камеры. В 1957 г. Краншау и де-Биром был сконструирован прибор для регистрации траекторий заряженных частиц, названный искровой камерой. Прибор состоит из системы плоских параллельных друг другу электродов, выполненных в виде каркасов с натянутой на них металлической фольгой либо в виде металлических пластин. Электроды соединяются через один. Одна группа электродов заземляется, а на другую периодически подается кратковременный (длительностью 10-7 сек*)* высоковольтный импульс (10— 15 кВ). Если в момент подачи импульса через камеру пролетит ионизирующая частица, её путь будет отмечен цепочкой искр, проскакивающих между электродами. Прибор запускается автоматически с помощью включенных по схеме совпадений дополнительных счетчиков, регистрирующих прохождение через рабочий объем камеры исследуемых частиц. В камерах, наполненных инертными газами, межэлектродное расстояние может достигать нескольких сантиметров. Если направление полета частицы образует с нормалью к электродам угол, не превышающий 40°, разряд в таких камерах развивается по направлению трека частицы.

Метод фотоэмульсий. Советские физики Л. В. Мысовский и А. П. Жданов впервые применили для регистрации элементарных частиц фотопластинки. Заряженная частица, проходя через фотоэмульсию, вызывает такое же действие, как и фотоны. Поэтому после проявления пластинки в эмульсии образуется видимый след (трек) пролетевшей частицы. Недостатком метода фотопластинок была малая толщина эмульсионного слоя, вследствие чего получались полностью лишь треки частиц летящих параллельно плоскости слоя. В эмульсионных камерах облучению подвергаются толстые пачки (весом до нескольких десятков килограммов), составленные из отдельных слоев фотоэмульсии (без подложки). После облучения пачка разбирается на слои, каждый из которых проявляется и просматривается под микроскопом. Для того чтобы можно было проследить путь частицы при переходе из одного слоя в другой, перед разборкой пачки на все слои наносится с помощью рентгеновских лучей одинаковая координатная сетка.

Виды взаимодействий

Под элементарными частицами понимают такие микрочастицы, внутреннюю структуру которых на современном уровне развития физики нельзя представить как объединение других частиц. Во всех наблюдавшихся до сих пор явлениях каждая такая частица ведет себя как единое целое. Элементарные частицы могут превращаться друг в друга.

В настоящее время известны четыре вида взаимодействий между элементарными частицами: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное ( в порядке убывания интенсивности).

Сильное взаимодействие. Этот вид взаимодействия называют иначе ядерным, так как оно обеспечивает связь нуклонов в ядре. Интенсивность взаимодействия принято характеризовать безразмерной константой взаимодействия G2. Эта же константа характеризует вероятность процессов, обусловленных данным взаимодействием. Наибольшее расстояние, на котором проявляется сильное взаимодействие (радиус действия r) составляет примерно 10 -13 см.Частица, пролетающая со скоростью, близкой к с, в непосредственной близости к другой частице, будет взаимодействовать с ней в течение времени t = 10-23 сек*.* В соответствии с этим говорят, что сильное взаимодействие характеризуется временем взаимодействия ts порядка 10-23 сек.

Электромагнитное взаимодействие. Радиус действия электромагнитного взаимодействия не ограничен. Константа взаимодействия равна 1\137. Следовательно, интенсивность электромагнитного взаимодействия примерно в 100 раз меньше, чем сильного. Время, необходимое для того, чтобы проявилось взаимодействие, обратно пропорционально его интенсивности (или вероятности). Поэтому, для электромагнитного взаимодействия t = 10-21 сек.

Слабое взаимодействие. Слабое или распадное взаимодействие ответственно за все виды β-распадов ядер, за многие распады элементарных частиц, а также за все процессы взаимодействия нейтрино с веществом. Слабое взаимодействие, как и сильное, является краткодействующим. Константа взаимодействия равна 10-14. Время взаимодействия t = 10-9.

Гравитационное взаимодействие. Радиус действия не ограничен. Константа взаимодействия мала: 10-39. Соответственно, время взаимодействия t = 109. Гравитационное взаимодействие является универсальным, ему подвержены все элементарные частицы. Но в процессах микромира гравитационное взаимодействие ощутимой роли не играет.

Состав атомных ядер

Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов. Нейтрон может самопроизвольно превращаться в протон, а также в электрон и нейтрино. Во многих ядрах наблюдается и обратный процесс. Так как протон переходит в нейтрон, а нейтрон в протон, то это значит, что обе частицы одинаково простые. Способность частиц к взаимным превращениям указывает на сложность их внутреннего строения.

Нейтрон, как и протон, обладает свойствами магнетика. Это означает, что в нейтроне содержатся электрические заряды, так как в целом нейтрон не заряжен, то алгебраическая сумма положительного и отрицательного заряда равна нулю. Но если заряды двух знаков расположены на разных расстояниях от оси вращения, то магнитные поля, создаваемые их движением. Компенсироваться не будут, т. е. нейтрон будет намагничен.

На первый взгляд кажется, что, помимо нейтронов и протонной, ядра должны содержать также позитроны и электроны, т. к. многие ядра радиоактивных изотопов излучают эти частицы. Но детальный анализ показал, что в ядре отсутствуют и электроны, и позитроны. Но если позитроны и электроны в готовом виде в ядре не присутствуют, то в процессе распада ядра, сопровождающегося вылетом одной из этих частиц, они образуются заново за счёт превращений внутри ядра. При этом при вылете позитрона (положительного заряда) один из протонов превращается в нейтрон, а при вылете электрона (отрицательного заряда), наоборот, один из нейтронов делается протоном.

Устойчивые (нерадиоактивные) лёгкие ядра содержат примерно равные количества протонов и нейтронов. В тяжёлых ядрах имеется некоторый перевес в числе нейтронов; так, в ядре свинца нейтронов примерно в полтора раза больше, чем протонов. Соотношение чисел нейтронов и протонов, которое осуществляется в устойчивых ядрах, является наиболее выгодным, придающим ядру особую прочность. Отступления от этого соотношения делают ядро неустойчивым.

Взаимодействие нуклонов в ядре

Ядерные силы – особые силы, действующие между частицами, образующими атомные ядра (нейтронами и протонами). Опыты привели к заключению, что ядерные силы взаимодействия между парами частиц протон-протон, нейтрон-протон, нейтрон-нейтрон одинаковы. В явлениях, зависящих только от ядерных сил, нейтрон и протон ведут себя подобно. Эти две частицы объединяют общим термином *нуклон*.

Наиболее характерной особенностью ядерных сил является *короткодействие* – они достигают очень большой величины при сближении нуклонов на расстояние порядка 10-13 см, но при увеличении этого расстояния всего в несколько раз так сильно спадают, что ими можно пренебречь.

На малых расстояниях ядерное взаимодействие приблизительно на два порядка сильнее электрического. При больших расстояниях положение обратное: ядерное взаимодействие протонов ничтожно слабо по сравнению с электрическим.

Нуклон создаёт в окружающем пространстве поле ядерных сил, и это поле действует на другие нуклоны, попадающие в сферу его влияния. В 1935 г. японский физик Х. Юкава предположил, что подобно электромагнитному полю ядерное поле бывает не только связанным, но и свободным, т. е. существуют *кванты ядерного поля*. Он показал, что малый радиус действия ядерного поля связан с тем, что кванты этого поля обладают отличной от нуля массой покоя. Чем больше масса покоя, тем меньше сфера действия сил. Позже, при исследовании космических лучей были открыты частицы, названные пи-мезонами, которые и являются квантами ядерного поля.

Основные характеристики элементарных частиц: масса, электронный и барионный заряд, время жизни и их античастицы, а также систематика частиц представлены в таблице.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс частиц | Частицы | Символ | Барионный заряд | Эл. заряд | Масса | Время жизни | Анти-частица | Символ |
| Фотон | фотон | γ | 0 | 0 | 0 | стабилен | - | - |
| Лептоны | электрон | e- | 0 | -1 | 1 | стабилен | позитрон | e+ |
| мюон | μ- | 0 | -1 | 207 | 2,2\*10-6 | мю-плюс-мезон | μ+ |
| электронный нейтрино | νe | 0 | 0 | 0 | стабилен | электронный антинейтрино | νe |
| мюонный нейтрино | νμ | 0 | 0 | 0 | стабилен | мю-антинейтрино | νμ |
| Адроны (мезоны) | пи-нуль | π0 | 0 | 0 | 264 | 10-16 | - | - |
| пи-плюс | π+ | 0 | 1 | 273 | 2,6\*10-8 | пи-минус | π- |
| эта-мезон | η | 0 | 0 | 1070 | 2,5\*10-19 | - | - |
| ка-плюс | К+ | 0 | 1 | 966 | 1,2\*10-8 | ка-минус | K- |
| кА-нуль короткоживущий | K0s | 0 | 0 | 974 | 0,9\*10-10 |
| кА-нуль долгоживущий | K0L | 0 | 0 | 974 | 5,7\*10-8 |
| Адроны (барионы) | протон | p | 1 | 1 | 1836 | стабилен | антипротон | p |
| нейтрон | n | 1 | 0 | 1838,6 | 103 | антинейтрон | n |
| лямбда | Λ | 1 | 0 | 2183 | 2,5\*10-10 | антилямбда | Λ |
| сигма-плюс | Σ+ | 1 | 1 | 2328 | 0,8\*10-10 | антисигма-минус | Σ- |
| сигма-нуль | Σ0 | 1 | 0 | 2334 | 10-14 | антисигма-нуль | Σ0 |
| сигма-минус | Σ- | 1 | -1 | 2343 | 1,6\*10-10 | антисигма-плюс | Σ+ |
| кси-нуль | Ξ0 | 1 | 0 | 2573 | 3\*10-10 | антикси-нуль | Ξ0 |
| кси-минус | Ξ- | 1 | -1 | 2586 | 1,7\*10-10 | кси-плюс | Ξ+ |
| омега-минус | Ω- | 1 | -1 | 3277 | 1,5\*10-10 | омега-плюс | Ω+ |

Радиоактивность

Радиоактивностью называют самопроизвольное превращение неустойчивых изотопов одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающееся испусканием элементарных частиц или ядер. К числу основных таких превращений относятся: 1) альфа-распад, 2). бета-распад (в том числе К-захват), 3) протонная радиоактивность и 4) спонтанное деление тяжелых ядер.

Радиоактивность, наблюдающаяся у изотопов, существующих в природных условиях, -называется естественной. Радиоактивность изотопов, полученных посредством ядерных реакций, называется искусственной. Между искусственной и естественной радиоактивностью нет принципиального различия. Процесс радиоактивного превращения в обоих случаях подчиняется одинаковым законам.

Естественная радиоактивность была открыта в 1896 г. Беккерелем. Было обнаружено, что радиоактивное вещество является источником трёх видов излучения. Одно из них под действием магнитного поля отклоняется в ту же сторону, в которую отклонялся бы поток положительно заряженных частиц; оно получило название *α-лучей*. Второе, названное *β-лучами*, отклоняется магнитным полем в противоположную сторону, т. е. так, как отклонялся бы поток отрицательно заряженных частиц. Третье излучение, никак не реагирующее на действие магнитного поля, было названо *γ-лучами*. Впоследствии выяснилось, что γ-лучи представляют собой электромагнитное излучение весьма малой длины волны.

Искусственно-радиоактивные вещества могут получаться при весьма разнообразных ядерных реакциях. Примером может служить реакция захвата нейтронов серебром. Для проведения такой реакции достаточно поместить пластинку серебра поблизости от источника нейтронов, окружённого парафином. В парафине нейтроны замедляются, а медленные нейтроны легко захватываются ядрами и вызывают ядерную реакцию. Пластинка серебра при этом не претерпевает под действием нейтронов каких-либо видимых изменений. Но если поднести её к газоразрядному счётчику, то он покажет, что пластинка стала радиоактивной, т. е. испускает β-лучи. При этом обнаруживается, что приобретённая радиоактивность постепенно ослабевает.

Искусственная радиоактивность – весьма распространённое явление: в настоящее время получено по нескольку искусственно-радиоактивных изотопов для каждого из элементов периодической системы.

Простейшие ядерные реакции

*Ядерной реакцией* называется процесс интенсивного взаимодействия атомного ядра с элементарной частицей или с другим ядром, приводящий к преобразованию ядра. Взаимодействие возникает при сближении частиц благодаря действию ядерных сил.

Наиболее распространённым видом ядерной реакции является взаимодействие лёгкой частицы a с ядром Х, в результате которого образуется лёгкая частица b и ядро Y:

Х + а = Y + b

В качестве частиц а и b могут фигурировать нейтрон, протон, ядро тяжёлого водорода (дейтон), α-частица и фотон. Ядерные реакции могут сопровождаться как выделением, так и поглощением энергии. Количество выделяющейся энергии называется тепловым эффектом реакции. Он определяется разностью масс покоя (выраженных в энергетических единицах) исходных и конечных ядер. Если сумма масс образующихся ядер превосходит сумму масс исходных ядер, реакция идет с поглощением энергии и тепловой эффект ее будет отрицательным.

Как установил Н. Бор в 1936 г., реакции, вызываемые не очень быстрыми частицами, протекают в два этапа. Первый этап заключается в захвате приблизившейся к ядру X на достаточно малое расстояние (такое, чтобы могли вступить в действие ядерные силы) посторонней частицы а и в образовании промежуточного ядра П, называемого составным ядром или компаунд-ядром. Энергия, привнесенная частицей а (она слагается из кинетической энергии частицы и энергии ее связи с ядром), за очень короткое время перераспределяется между всеми нуклонами составного ядра, в результате чего это ядро оказывается в возбужденном состоянии.

На втором этапе составное ядро испускает частицу b. Символически такое двустадийное протекание реакции можно представить следующим образом:

Х + а = П = Y + b

Может случиться, что испущенная частица тождественна с захваченной (b =а). Тогда процесс называют рассеянием, причем в случае, если энергия частицы bравна энергии частицы а (Еь = Еа),рассеяние будет упругим, в противном случае *—* неупругим. Ядерная реакция имеет место, если частица b не тождественна с а.

Реакции, вызываемые быстрыми нуклонами и дейтонами, протекают без образования промежуточного ядра. Такие реакции носят название прямых ядерных взаимодействий. Типичной реакцией прямого взаимодействия является реакция срыва, наблюдающаяся при нецентральных соударениях дейтона с ядром. При таких соударениях один из нуклонов дейтона может попасть в зону действия ядерных сил и будет захвачен ядром, в то время как другой нуклон останется вне зоны действия ядерных сил и пролетит мимо ядра.

Первая ядерная реакция была осуществлена Резерфордом в 1919 г. При облучении азота α-частицами, испускаемыми радиоактивным источником, некоторые ядра азота превращались в ядра кислорода, испуская при этом протон.

Резерфорд воспользовался для расщепления атомного ядра природными снарядами — α-частицами. Ядерная реакция, вызванная искусственно ускоренными частицами, была впервые осуществлена Кокрофтом и Уолтоном в 1932 г. С помощью так называемого умножителя напряжения они ускоряли протоны до энергии порядка 0,8 Мэви наблюдали реакцию: 3Li7(p,α)2 Не4

В дальнейшем по мере развития техники ускорения заряженных частиц множилось число ядерных превращений, осуществляемых искусственным путем.

Наибольшее значение имеют реакции, вызываемые нейтронами. В отличие от заряженных частиц (р,d,α) нейтроны не испытывают кулоновского отталкивания, вследствие чего они могут проникать в ядра, обладая весьма малой энергией. Эффективные сечения реакций обычно возрастают при уменьшении энергии нейтронов. Это можно объяснить тем, что чем меньше скорость нейтрона, тем больше время, которое он проводит в сфере действия ядерных сил, пролетая вблизи ядра, и, следовательно, тем больше вероятность его захвата. Однако часто наблюдаются случаи, когда сечение захвата нейтронов имеет резко выраженный максимум для нейтронов определенной энергии Еr*.*

Деление ядер

В 1938 г. немецкие учёные О. Ганн и Ф. Штрассман обнаружили, что при облучении урана нейтронами образуются элементы из середины периодической системы – барий и лантан. Объяснение этого явления было дано немецкими учёными О. Фришем и Л. Мейтнер. Они предположили, что захватившее нейтрон ядро урана делится на две примерно равные части, получившие название осколков деления.

Дальнейшие исследования показали, что деление может происходить разными путями. Всего образуется 80 различных осколков, причём наиболее вероятным является деление на осколки, массы которых относятся как 2:3.

Энергия связи, приходящаяся на один нуклон, для ядер средней массы значительно больше, чем у тяжёлых ядер. Отсюда следует, что деление ядер должно сопровождаться выделением большого количества энергии. Но особенно важным является то, что при делении каждого ядра высвобождается несколько нейтронов. Относительное количество нейтронов в тяжёлых ядрах заметно больше, чем в средних ядрах. Поэтому образовавшиеся осколки оказываются сильно перегруженными нейтронами, в результате чего выделяют по нескольку нейтронов. Большинство нейтронов испускается мгновенно. Часть (около 0,75 %) нейтронов, получившая название запаздывающих нейтронов, испускается не мгновенно, а с запаздыванием до 1 мин. В среднем на каждый акт деления приходится 2,5 выделившихся нейтронов.

Выделение мгновенных и запаздывающих нейтронов не устраняет полностью перегрузку осколков деления нейтронами. Поэтому осколки оказываются в большинстве случаев радиоактивными и претерпевают цепочку β—превращений, сопровождаемых испусканием γ-лучей.

Предложенная модель является идеальной. Процесс размножения нейтронов протекал бы таким образом при условии, что все выделившиеся нейтроны поглощаются делящимися ядрами. В реальных условиях это далеко не так. Прежде всего из-за конечных размеров делящегося тела и большой проникающей способности нейтронов многие из них покинут зону реакции прежде, чем будут захвачены каким-либо ядром и вызовут его деление. Кроме того, часть нейтронов поглотится ядрами неделящихся примесей, вследствие чего выйдет из игры, не вызвав деления и, следовательно, не породив новых нейтронов.

Поверхность тела растёт как квадрат, а объём – как куб линейных размеров. Поэтому относительная доля вылетающих наружу нейтронов уменьшается с ростом массы делящегося вещества.

Цепные реакции

Природный уран содержит 99,27% изотопа U238, 0,72% U235 и около 0,01% U234. Таким образом, на каждое делящееся под действием медленных нейтронов ядро U235 приходится 140 ядер U238, которые захватывают не слишком быстрые нейтроны без деления. Поэтому в природном уране цепная реакция деления не возникает.

Цепная ядерная реакция в уране может быть осуществлена двумя способами. Первый способ заключается в выделении из природного урана делящегося изотопа U235. Вследствие химической неразличимости изотопов разделение их представляет собой весьма трудную задачу. Однако она была решена несколькими методами. Промышленное значение приобрел диффузионный (точнее, эффузионный) метод разделения, при котором летучее соединение урана UF6 (гексафторид урана) многократно пропускается через перегородку с очень малыми порами. В куске чистого U235 каждый захваченный ядром нейтрон вызывает деление с испусканием ~2,5 новых нейтронов. Однако, если масса такого куска меньше определенного критического значения (составляющего для U235 по вычислениям немецкого физика В. Гейзенберга примерно 9 кг), то большинство испущенных нейтронов вылетит наружу, не вызвав деления, так что цепная реакция не возникает. При массе, большей критической, нейтроны быстро размножаются и реакция приобретает взрывной характер. На этом основано действие *атомной бомбы*. Ядерный заряд такой бомбы представляет собой два или более кусков почти чистого U235 или Pu239. Масса каждого куска меньше критической, вследствие чего цепная реакция не возникает. В земной атмосфере всегда имеется некоторое количество нейтронов, рожденных космическими лучами. Поэтому, чтобы вызвать взрыв, достаточно соединить части ядерного заряда в один кусок с массой, большей критической. Это нужно делать очень быстро и соединение кусков должно быть очень плотным. В противном случае ядерный заряд разлетится на части прежде, чем успеет прореагировать заметная доля делящегося вещества. Для соединения используется обычное взрывчатое вещество(запал), с помощью которого одной частью ядерного заряда выстреливают в другую. Все устройство заключено в массивную оболочкуиз металла большой плотности. Оболочка служит отражателем нейтронов и, кроме того, удерживает ядерный заряд от распыления до тех пор, пока максимально возможное число его ядер не выделит свою энергию при делении. Цепная реакция в атомной бомбе идет на быстрых нейтронах. При взрыве успевает прореагировать только часть ядерного заряда.

Иной способ осуществления цепной реакции используется в ядерных реакторах (называемых также атомными котлами). В качестве делящегося вещества в реакторах служит природный (либо несколько обогащенный изотопом U235) уран. Чтобы предотвратить радиационный захват нейтронов ядрами U238 (который становится особенно интенсивным при энергии нейтронов — 7 эВ), сравнительно небольшие блоки (куски) делящегося вещества размещают на некотором расстоянии друг от друга, а промежутки между блоками заполняют замедлителем, т. е. веществом, в котором нейтроны замедляются до тепловых скоростей. Сечение захвата тепловых нейтронов ядром U238 составляет всего 3 барна*,* вто время как сечение деления U235 тепловыми нейтронами почти в 200 раз больше (580 барн).Поэтому, хотя нейтроны сталкиваются с ядрами U238 в 140 раз чаще, чем с ядрами U235, радиационный захват происходит реже, чем деление, и при больших критического размерах всего устройства коэффициент размножения нейтронов может достигнуть значений, больших единицы.

Замедление нейтронов осуществляется за счёт упругого рассеяния. В этом случае энергия, теряемая замедляемой частицей, зависит от соотношения масс сталкивающихся частиц. Максимальное количество энергии теряется, если частицы имеют одинаковую массу. С этой точки зрения идеальным замедлителем должно бы быть вещество, содержащее обычный водород, например, вода (массы протона и нейтрона примерно одинаковы). Однако такие вещества оказались непригодными в качестве замедлителя, потому что обычный водород поглощает нейтроны.

Ядра замедлителя должны обладать малым сечением захвата нейтронов и большим сечением упругого рассеяния. Этому условию удовлетворяют дейтерий, а также ядра графита и бериллия.

Список литературы

1. Элементарный учебник физики. Под редакцией Г. С. Ландсберга. Том 3 – М.: Наука, 1972 г.
2. Курс общей физики, том 3. Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. Савельев И. В. – М.: Наука, 1971 г.