

Деление ядер урана при бомбардировке их нейтронами было открыто в 1939 г. немецкими учёными *Отто Ганом* и *Фрицем Штрассманом*.

Рассмотрим механизм этого явления. На рисунке 162, а условно изображено ядро атома урана $^{235}_{92}\text{U}$. Поглотив лишний нейтрон, ядро возбуждается и деформируется, приобретая вытянутую форму (рис. 162, б).

Вы уже знаете, что в ядре действует два вида сил: *электростатические силы отталкивания между протонами*, стремящиеся разорвать ядро, и *ядерные силы притяжения между всеми нуклонами*, благодаря которым ядро не распадается. Но ядерные силы — короткодействующие, поэтому в вытянутом ядре они уже не могут удержать сильно удалённые друг от друга части ядра. Под действием электростатических сил отталкивания ядро разрывается на две части (рис. 162, в), которые разлетаются в разные стороны с огромной скоростью и излучают при этом 2—3 нейтрона.

Получается, что часть внутренней энергии ядра переходит в кинетическую энергию разлетающихся осколков и частиц. Осколки быст-

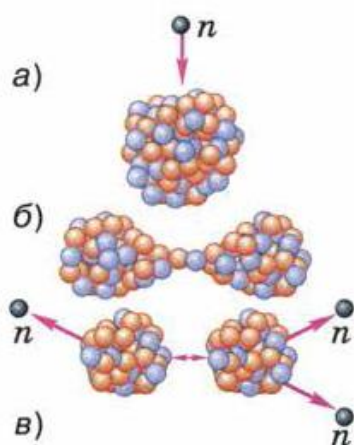


Рис. 162. Процесс деления ядра урана под воздействием попавшего в него нейтрона



ОТТО ГАН

(1879—1968)

Немецкий физик, учёный-новатор в области радиохимии. Открыл расщепление урана, ряд радиоактивных элементов

ро тормозятся в окружающей среде, в результате чего их кинетическая энергия преобразуется во внутреннюю энергию среды (т. е. в энергию взаимодействия и теплового движения составляющих её частиц).

При одновременном делении большого количества ядер урана внутренняя энергия окружающей уран среды и соответственно её температура заметно возрастают (т. е. среда нагревается).

Таким образом, *реакция деления ядер урана идёт с выделением энергии в окружающую среду.*

Энергия, заключённая в ядрах атомов, колоссальна. Например, при полном делении всех ядер, имеющих-ся в 1 г урана, выделилось бы столько же энергии, сколько выделяется при сгорании 2,5 т нефти.

Для преобразования внутренней энергии атомных ядер в электрическую на атомных электростанциях используют так называемые *цепные реакции деления ядер.*

Рассмотрим механизм протекания цепной реакции деления ядра изотопа урана $^{235}_{92}\text{U}$. Ядро атома урана (рис. 163) в результате захвата нейтрона разделилось на две части, излучив при этом три нейтрона. Два из этих нейтронов вызвали реакцию деления ещё двух ядер, при этом образовалось уже четыре нейтрона. Эти, в свою очередь, вызвали деление четырёх ядер, после чего образовалось девять нейтронов и т. д.

Цепная реакция возможна благодаря тому, что при делении каждого ядра образуется 2—3 нейтрона, которые могут принять участие в делении других ядер.

На рисунке 163 показана схема цепной реакции, при которой общее



ФРИЦ ШТРАССМАН

(1902—1980)

Немецкий физик и химик. Работы относятся к ядерной химии, ядерному делению. Дал химическое доказательство процессу деления

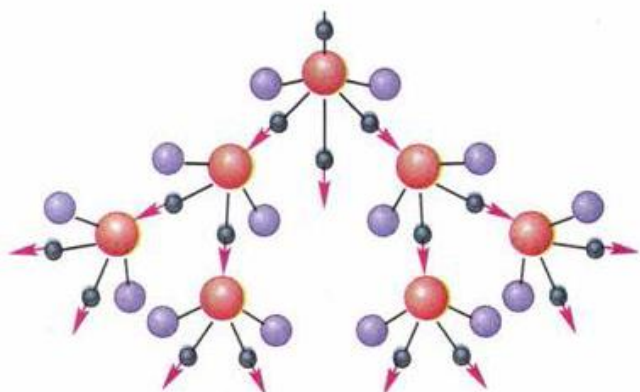


Рис. 163. Цепная реакция деления ядер урана $^{235}_{92}\text{U}$

число свободных нейтронов в куске урана *лавинообразно* увеличивается со временем. Соответственно резко возрастает число делений ядер и энергия, выделяющаяся в единицу времени. Поэтому такая реакция носит взрывной характер (она протекает в атомной бомбе).

Возможен другой вариант, при котором число свободных нейтронов уменьшается со временем. В этом случае цепная реакция прекращается. Следовательно, такую реакцию тоже нельзя использовать для производства электроэнергии.

В мирных целях возможно использовать энергию только такой цепной реакции, в которой число нейтронов не меняется с течением времени.

Как же добиться того, чтобы число нейтронов всё время оставалось постоянным? Для решения этой проблемы нужно знать, какие факторы влияют на увеличение и на уменьшение общего числа свободных нейтронов в куске урана, в котором протекает цепная реакция.

Одним из таких факторов является *масса урана*. Дело в том, что не каждый нейтрон, излучённый при делении ядра, вызывает деление других ядер (см. рис. 163). Если масса (и соответственно размеры) куска урана слишком мала, то многие нейтроны вылетят за его пределы, не успев встретить на своём пути ядро, вызвать его деление и породить таким образом новое поколение нейтронов, необходимых для продолжения реакции. В этом случае цепная реакция прекратится. Чтобы реакция не прекращалась, нужно увеличить массу урана до определённого значения, называемого **критическим**.

Почему при увеличении массы цепная реакция становится возможной? Чем больше масса

куска, тем больше его размеры и тем длиннее путь, который проходят в нём нейтроны. При этом вероятность встречи нейтронов с ядрами возрастает. Соответственно увеличивается число делений ядер и число излучаемых нейтронов.

При критической массе урана число нейтронов, появившихся при делении ядер, становится равным числу потерянных нейтронов (т. е. захваченных ядрами без деления и вылетевших за пределы куска).

Поэтому их общее число остаётся неизменным. При этом цепная реакция может идти длительное время, не прекращаясь и не приобретая взрывного характера.

Наименьшая масса урана, при которой возможно протекание цепной реакции, называется критической массой.

Если масса урана больше критической, то в результате резкого увеличения числа свободных нейтронов цепная реакция приводит к взрыву, а если меньше критической, то реакция не протекает из-за недостатка свободных нейтронов.

Уменьшить потерю нейтронов (которые вылетают из урана, не прореагировав с ядрами) можно не только за счёт увеличения массы урана, но и с помощью специальной *отражающей оболочки*. Для этого кусок урана помещают в оболочку, сделанную из вещества, хорошо отражающего нейтроны (например, из бериллия). Отражаясь от этой оболочки, нейтроны возвращаются в уран и могут принять участие в делении ядер.

Существует ещё несколько факторов, от которых зависит возможность протекания цепной реакции. Например, если кусок урана содержит слишком много *примесей* других химических элементов, то они поглощают большую часть нейтронов и реакция прекращается.

Наличие в уране так называемого *замедлителя нейтронов* также влияет на ход реакции. Дело в том, что ядра урана-235 с наибольшей вероятностью делятся под действием медленных нейтронов. А при делении ядер образуются быстрые нейтроны. Если быстрые нейтроны замедлить, то большая их часть захватится ядрами урана-235 с последующим делением этих ядер. В качестве замедлителей используются такие вещества, как *графит*, *вода*, *тяжёлая вода* (в состав которой входит дейтерий — изотоп водорода с массовым числом 2), и некоторые другие. Эти вещества только замедляют нейтроны, почти не поглощая их.

Таким образом, возможность протекания цепной реакции определяется *массой урана*, *количеством примесей в нём*, *наличием оболочки и замедлителя* и некоторыми другими факторами.

Критическая масса шарообразного куска урана-235 приблизительно равна 50 кг. При этом его радиус составляет всего 9 см, поскольку уран имеет очень большую плотность.

Применяя замедлитель и отражающую оболочку и уменьшая количество примесей, удастся снизить критическую массу урана до 0,8 кг.

Вопросы

1. Почему деление ядра может начаться только тогда, когда оно деформируется под действием поглощённого им нейтрона?
2. Что образуется в результате деления ядра?
3. В какую энергию переходит часть внутренней энергии ядра при его делении; кинетическая энергия осколков ядра урана при их торможении в окружающей среде?
4. Как идёт реакция деления ядер урана — с выделением энергии в окружающую среду или, наоборот, с поглощением энергии?
5. Расскажите о механизме протекания цепной реакции, используя рисунок 163.
6. Что называется критической массой урана?
7. Возможно ли протекание цепной реакции, если масса урана меньше критической; больше критической? Почему?

