Ядерная цепная реакция – это реакция, в которой частицы, вызывающие ее (нейтроны), образуются как продукты этой реакции.

Ядерная цепная реакция возникает потому, что любой из нейтронов, вылетающих из ядра в процессе деления, может, в свою очередь, вызвать деление соседнего ядра, которое также испускает нейтроны, способные вызвать дальнейшее деление. В результате число делящихся ядер очень быстро увеличивается и возникает цепная реакция.

Цепная реакция сопровождается выделением огромной энергии.

Для осуществления цепной реакции нельзя использовать любые ядра, делящиеся под влиянием нейтронов. В силу ряда причин из ядер, встречающихся в природе, пригодны лишь ядра изотопа урана с массовым числом 235, т. е.  92​235​*U*.

**Изотопы урана**

Естественный уран состоит в основном из двух изотопов:  92​235​*U* и 92​238​*U*. Но изотоп 92​235​*U* составляет всего 1/140 долю от более распространенного изотопа 92​238​*U*.

Ядра 92​235​*U* делятся под влиянием как быстрых, так и медленных нейтронов. Ядра же 92​238​*U* могут делиться лишь под влиянием нейтронов с энергией более 1 МэВ. Такую энергию имеют примерно 60% нейтронов, появляющихся при делении. Однако примерно лишь один нейтрон из пяти производит деление 92​238​*U*. Остальные нейтроны захватываются этим изотопом, не производя деления. В результате цепная реакция с использованием чистого изотопа 92​238​*U* невозможна.

**Коэффициент размножения нейтронов**

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 – это отношение числа нейтронов в каком-либо «поколении» к числу нейтронов предшествующего «поколения». Под сменой «поколений» понимают деление ядер, при котором поглощаются нейтроны старого «поколения» и рождаются новые нейтроны.

Если *k*⩾1, то число нейтронов увеличивается с течением времени или остается постоянным, и цепная реакция идет. При *k*<1 число нейтронов убывает и цепная реакция невозможна.

Коэффициент размножения определяется четырьмя фактами:

1) захватом медленных нейтронов ядрами 92​235​*U* с последующим делением и захватом быстрых нейтронов ядрами 92​235​*U* и 92​238​*U* также с последующим делением;

2) захватом нейтронов ядрами урана без деления;

3) захватом нейтронов продуктами деления, замедлителем (о нем сказано дальше) и конструктивными элементами установки;

4) вылетом нейтронов из делящегося вещества наружу.

Лишь первый процесс сопровождается увеличением числа нейтронов (в основном за счет деления 92​235​*U*). Все остальные приводят к их убыли.

Цепная реакция в чистом изотопе 92​238​*U* невозможна, так как в этом случае *k*<1 (число нейтронов, поглощаемых ядрами без деления, больше числа нейтронов, вновь образующихся за счет деления ядер).

Для стационарного течения цепной реакции коэффициент размножения нейтронов должен быть равен единице. Это равенство необходимо поддерживать с большой точностью. Уже при k=1,01 почти мгновенно произойдет взрыв.

**Образование нептуния и плутония**

Важное значение имеет не вызывающий деления захват нейтронов ядрами изотопа урана 92​238​*U*. После захвата образуется радиоактивный изотоп 92​239​*U* с периодом полураспада 23 минуты. Распад происходит с испусканием электрона и антинейтрино и возникновением первого трансуранового элемента — нептуния:

92​238​*U*→93​239​*Np*+−1​0​*e*+0​0​*νe*​

Нептуний *β*-радиоактивен с периодом полураспада около двух дней. В процессе распада нептуния образуется следующий трансурановый элемент — плутоний:

93​239​*Np*→94​239​*Pu*+−1​0​*e*+0​0​*νe*​

Плутоний относительно стабилен, так как его период полураспада велик — порядка 24 000 лет. Важнейшее свойство плутония состоит в том, что он делится под влиянием медленных нейтронов, так же как и изотоп 92​235​*U*. Поэтому с помощью плутония также может быть осуществлена цепная реакция, которая сопровождается выделением громадной энергии.