

Презентация по физике:

Цепные ядерные реакции и ядерный реактор

Учитель физики ГБОУ школа 94
Гусейнова Е.Д.



Содержание

- ❖ Коэффициент размножения нейтронов
- ❖ Образование плутония
- ❖ Ядерный реактор
- ❖ Основные элементы ядерного реактора
- ❖ Реакторы на быстрых нейтронах
- ❖ Первые ядерные реакторы





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 называют 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 $k \geq 1$, то число нейтронов увеличивается с течением времени или остается постоянным и цепная реакция идет, При $k < 1$ число нейтронов убывает и цепная реакция невозможна.





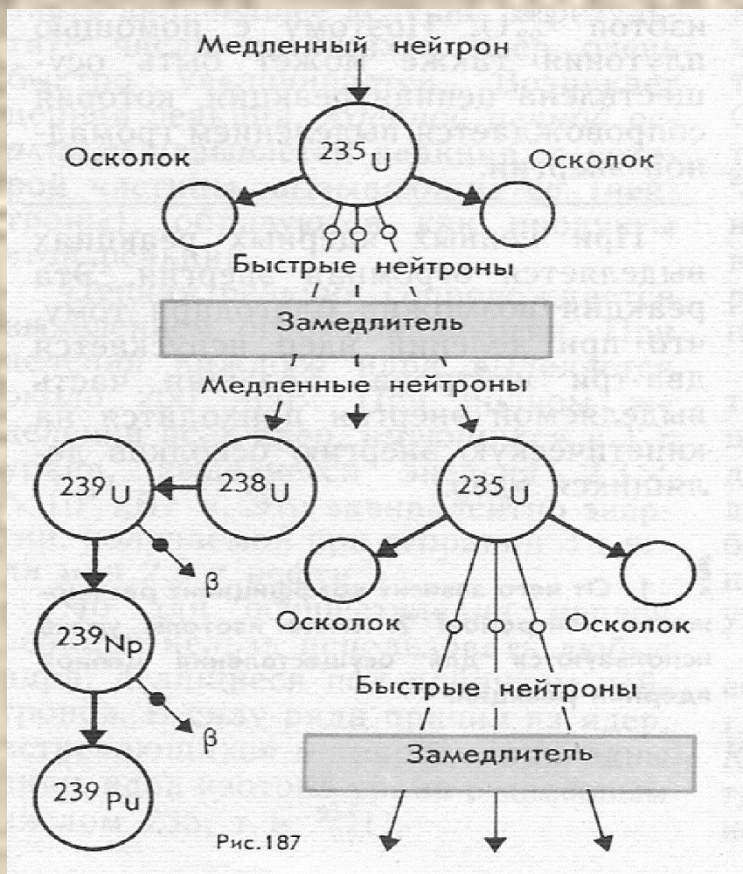
Коэффициент размножения определяется следующими четырьмя факторами:

- 1) захватом медленных нейтронов ядрами $^{235}_{92}\text{U}$ с последующим делением и захватом быстрых нейтронов ядрами $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{238}_{92}\text{U}$ 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.

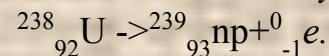
Лишь первый процесс сопровождается увеличением числа нейтронов (в основном за счет деления $^{235}_{92}\text{U}$). Все остальные приводят к их убыли. Цепная реакция в чистом изотопе $^{238}_{92}\text{U}$ невозможна так как в этом случае $k < 1$ (число нейтронов, поглощаемых ядрами без деления, больше 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 Плутония



Важное значение имеет не вызывающий деления захват нейтронов ядрами изотопа урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ после захвата образуется радиоактивный изотоп ${}_{92}^{239}\text{U}$ с периодом полураспада 23 мин. Распад происходит с испусканием электрона и возникновением первого трансуранового элемента — *нептуния*.



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

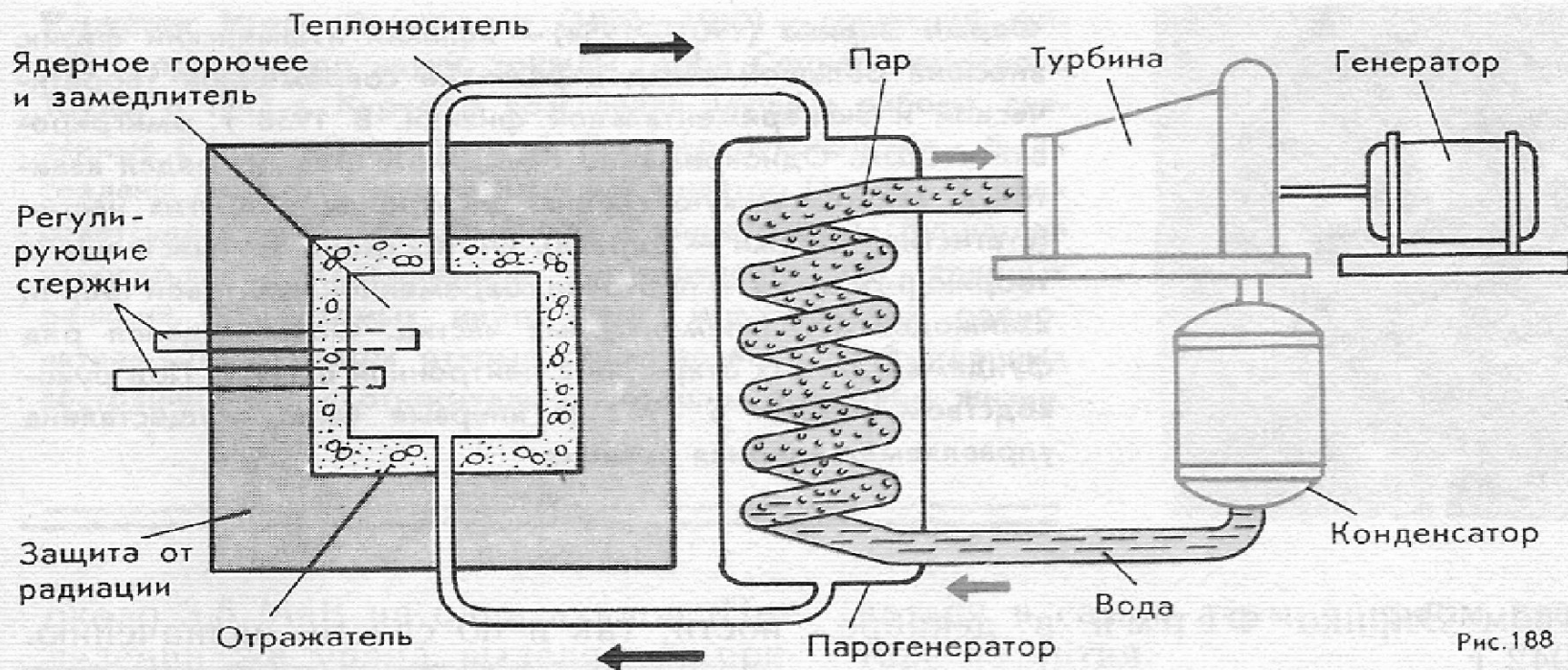


Плутоний относительно стабилен, так как его период полураспада велик — порядка 24000 лет. Важнейшее свойство плутония состоит в том, что он делится под влиянием медленных нейтронов, так же как и изотоп ${}_{92}^{235}\text{U}$. Поэтому с помощью плутония также может быть осуществлена цепная реакция, которая сопровождается выделением громадной энергии.

При цепных ядерных реакциях выделяется огромная энергия. Ядра урана, особенно ядра изотопа ${}_{92}^{235}\text{U}$, наиболее эффективно захватывают медленные нейтроны.



Ядерный реактор





Основные элементы ядерного реактора

На [рисунке](#) приведена схема энергетической установки с ядерным реактором.

Основными элементами ядерного

реактора являются: ядерное горючее ($^{235}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, $^{235}_{92}\text{U}$ и др.)

замедлитель нейтронов (тяжелая или обычная вода, графит и др.), теплоноситель для вывода энергии, образующейся при работе реактора (вода, жидкий натрий и др.) и устройство для регулирования скорости реакции (вводимые в рабочее пространство реактора стержни, содержащие кадмий или бор — вещества, которые хорошо поглощают нейтроны).

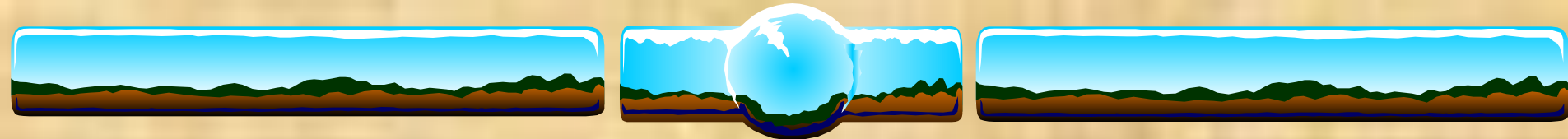
Снаружи реактор окружают защитной оболочкой, задерживающей γ -излучение и нейтроны. Оболочку выполняют из бетона с железным наполнителем.

Лучшим замедлителем является тяжелая *вода*. Обычная вода сама захватывает нейтроны и превращается в тяжелую воду. Хорошим замедлителем считается также графит, ядра которого не поглощают нейтронов.

критическая масса. Коэффициент размножения k может стать равным единице лишь при условии, что размеры реактора и соответственно масса урана превышают некоторые критические значения. *Критической массой* называют наименьшую массу делящегося вещества, при которой может протекать цепная ядерная реакция.

При малых размерах слишком велика утечка нейтронов через поверхность активной зоны реактора (объем, в котором располагаются стержни с ураном) .





С увеличением размеров системы число ядер, участвующих в делении, растет пропорционально объему, а число нейтронов, теряемых вследствие утечки, увеличивается пропорционально площади поверхности.

Для чистого (без замедлителя) урана ${}^{235}_{92}\text{U}$, имеющего форму шара, критическая масса приблизительно равна 50 кг. При этом радиус шара равен примерно 9 см (уран очень тяжелое вещество). Применяя замедлители нейтронов и отражающую нейтроны оболочку из бериллия, удалось снизить критическую массу до 250 г. Управление реактором осуществляется при помощи стержней, содержащих кадмий или бор. При выдвинутых из активной зоны реактора стержнях $k_{\text{eff}} > 1$, а при полностью вдвинутых стержнях $k_{\text{eff}} < 1$. Вдвигая стержни внутрь активной зоны, можно в любой момент времени приостановить развитие цепной реакции. Управление ядерными реакторами осуществляется дистанционно с помощью ЭВМ.





Реакторы на быстрых нейтронах

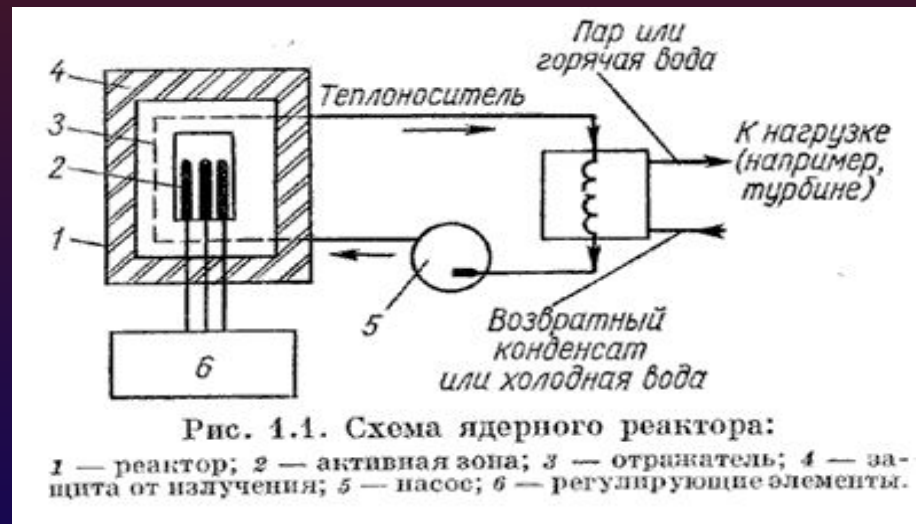
Построены реакторы, работающие без замедлителя на быстрых нейтронах, так как вероятность деления, вызванного быстрыми нейтронами, мала, то такие реакторы не могут работать на естественном уране.

Реакцию можно поддерживать лишь в обогащенной смеси, содержащей не менее 15% изотопа $^{235}_{92}\text{U}$. Преимущество реакторов на быстрых нейтронах и том, что при их работе образуется значительное количество плутония, который затем можно использовать в качестве ядерного топлива. Эти реакторы называются *реакторами-размножителями*, так как они воспроизводят делящийся материал. Строятся реакторы с *коэффициентом воспроизводства* до 1,5. Это значит, что в реакторе при делении 1 кг изотопа $^{235}_{92}\text{U}$ получается до 1,5 кг плутония. В обычных реакторах коэффициент воспроизводства достигает 0,6 — 0,7.



Первые ядерные реакторы

Впервые цепная ядерная реакция деления урана была осуществлена в США коллективом ученых под руководством Энрико Ферми в декабре 1942 г. В Советском Союзе первый ядерный реактор был запущен 25 декабря 1946 г. коллективом физиков, который возглавлял наш замечательный ученый Игорь Васильевич Курчатов. В настоящее время созданы различные типы реакторов, отличающихся друг от друга как по мощности, так и по своему назначению. В ядерных реакторах, кроме ядерного горючего, имеется замедлитель нейтронов и управляющие стержни. Выделяемая энергия отводится теплоносителем.





Вопросы

1 вариант

- Для чего в атомном реакторе используется замедлитель нейтронов?
- Какие изотопы урана используются для осуществления цепной ядерной реакции?
- В каком году был запущен первый ядерный реактор?

2 вариант

- От чего зависит коэффициент размножения нейтронов?
- Что такое критическая масса?
- Как звали советского ученого который запустил первый ядерный реактор?