

# Презентация на тему: «Синтез лёгких ядер»

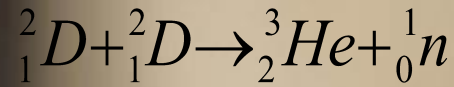
Выполнил:  
Андреевко  
Андрей

Синтез ядер – это реакция слияния легких атомных ядер в более тяжелые ядра, происходящая при сверхвысокой температуре и сопровождающаяся выделением огромных количеств энергии – это реакция, обратная делению атомов.

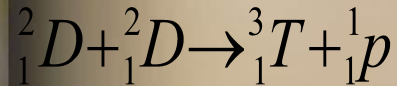
В настоящее время термоядерный синтез осуществляется:

- 1) На в недрах солнца и других звезд происходит синтез.
- 2) В земных условиях он осуществляется:
  - При взрыве водородной бомбы.
  - На реакторах УТС

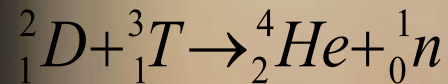
В термоядерных реакциях выделяется огромная энергия.  
Например, в реакции синтеза дейтерия с образованием гелия  
выделяется 3,2 МэВ энергии.



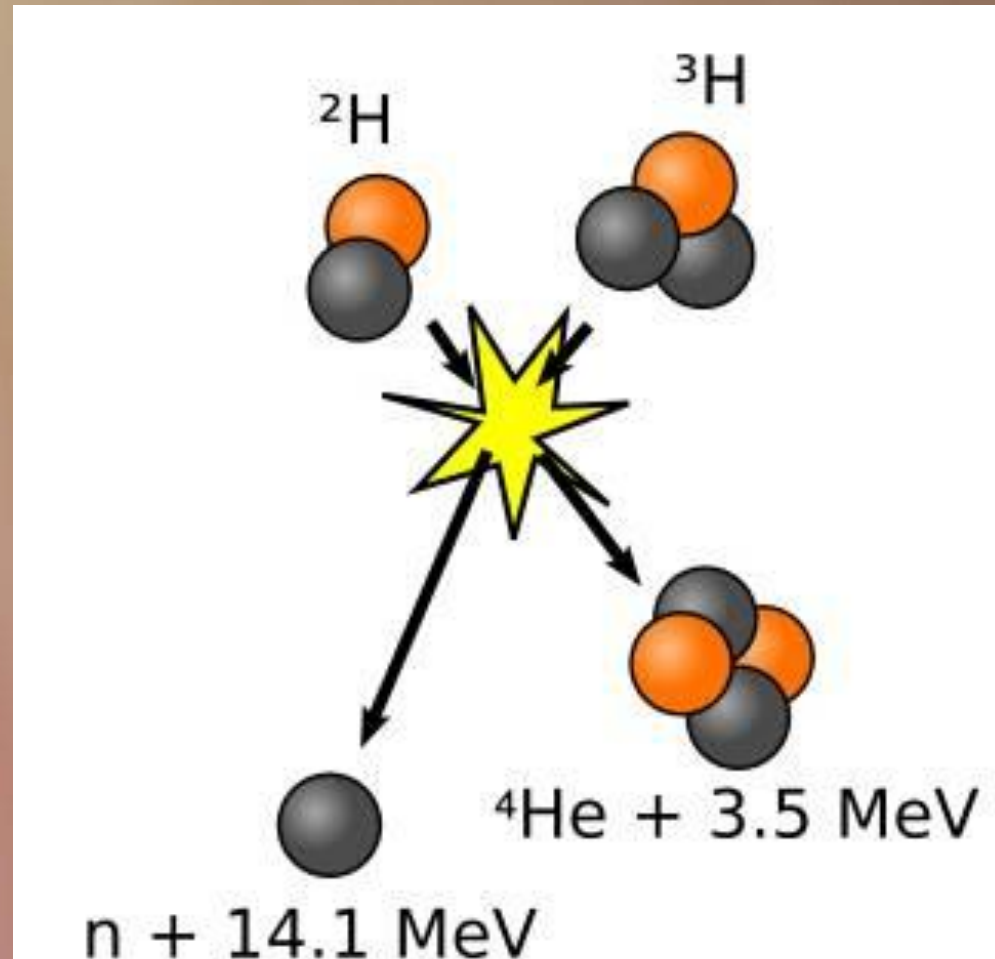
В реакции синтеза дейтерия с образованием трития  
выделяется 4,0 МэВ энергии.



А в реакции

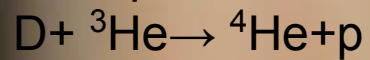


выделяется 17,6 МэВ  
энергии.



В настоящее время контролируемая термоядерная реакция осуществляется путем синтеза дейтерия  $^2\text{H}$  и трития  $^3\text{H}$ . Однако при этой реакции большая часть (более 80 %) выделяемой кинетической энергии приходится именно на нейтрон. В результате столкновений осколков с другими атомами эта энергия преобразуется в тепловую. Помимо этого, быстрые нейтроны создают значительное количество радиоактивных отходов.

Поэтому наиболее перспективны «безнейтронные» реакции, например, дейтерий + гелий-3.



У этой реакции отсутствует нейтронный выход, который уносит значительную часть мощности и порождает наведенную радиоактивность в конструкции реактора. Кроме того, запасы гелия-3 на Земле составляют от 500 кг до 1 тонны, однако на Луне он находится в значительном количестве: до 10 млн тонн (по минимальным оценкам — 500 тысяч тонн). В то же время его можно легко получать и на Земле из широко распространённого в природе лития-6 на существующих ядерных реакторах деления.

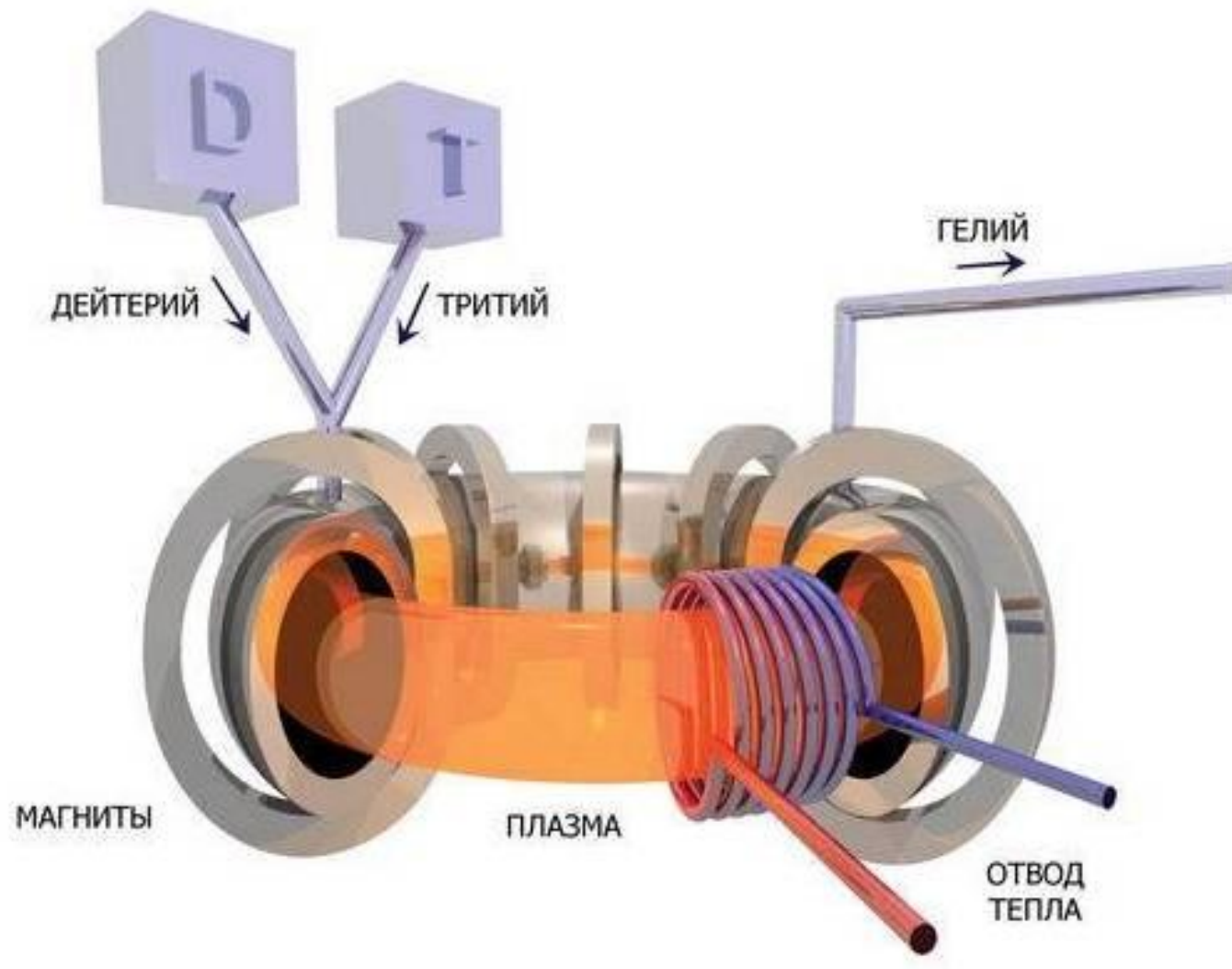
Началом современной эпохи в изучении возможностей термоядерного синтеза следует считать 1969 год, когда на российской установке Токамак ТЗ в плазме объемом около  $1 \text{ м}^3$  была достигнута температура  $3 \text{ М}^\circ\text{С}$ . После этого ученые во всем мире признали конструкцию токамака наиболее перспективной для магнитного удержания плазмы. Уже через несколько лет было принято смелое решение о создании установки JET (Joint European Torus) со значительно большим объемом плазмы ( $100 \text{ м}^3$ ). Рабочий цикл установки составляет примерно 1 минуту, так как ее тороидальные катушки изготовлены из меди и быстро нагреваются. Эта установка начала работать в 1983 году и остается пока крупнейшим в мире токамаком, обеспечивающим нагрев плазмы до температуры  $150 \text{ М}^\circ\text{С}$ .

## Управляемые термоядерные реакции

### Токамак

Этот метод используют в установках типа "Токамак" (Торoidalная Камера с Магнитными Катушками), впервые созданных в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова. В таких установках плазму создают в тороидальной камере, являющейся вторичной обмоткой мощного импульсного трансформатора. Его первичная обмотка подключена к батарее конденсаторов очень большой емкости. Камеру заполняют дейтерием. При разряде батареи конденсаторов через первичную обмотку в тороидальной камере возбуждается вихревое электрическое поле, вызывающее ионизацию дейтерия и появление в нем мощного импульса электрического тока, что приводит к сильному нагреванию газа и образованию высокотемпературной плазмы, в которой может возникнуть термоядерная реакция.

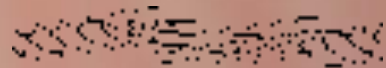
Главная трудность заключается в том, чтобы удержать плазму внутри камеры в течение 0,1-1 с без ее контакта со стенками камеры, поскольку не существует материалов, способных выдерживать столь высокие температуры. Эту трудность удается частично преодолеть с помощью тороидального магнитного поля, в котором находится камера. Под действием магнитных сил плазма скручивается в шнур и как бы "висит" на линиях индукции магнитного поля, не касаясь стенок камеры.



Получение полезной термоядерной энергии возможно лишь при выполнении двух условий.

- 1) Предназначенная для синтеза смесь должна быть нагрета до температуры, при которой кинетическая энергия ядер обеспечивает высокую вероятность их слияния при столкновении.
- 2) Реагирующая смесь должна быть очень хорошо термоизолирована (т.е. высокая температура должна поддерживаться достаточно долго, чтобы произошло необходимое число реакций и выделившаяся за счет этого энергия превышала энергию, затраченную на нагрев топлива).

Чтобы нагреть термоядерную смесь, одному кубическому сантиметру ее объема надо сообщить энергию  $P_1 = knT$ , где  $k$  – численный коэффициент,  $n$  – плотность смеси (количество ядер в  $1 \text{ см}^3$ ),  $T$  – требуемая температура. Для поддержания реакции сообщенная термоядерной смеси энергия должна сохраняться в течение времени  $t$ . Чтобы реактор был энергетически выгоден, нужно, чтобы за это время в нем выделилось термоядерной энергии больше, чем было потрачено на нагрев. Выделившаяся энергия (также на  $1 \text{ см}^3$ ) выражается следующим образом:





где  $f(T)$  – коэффициент, зависящий от температуры смеси и ее состава,  $R$  – энергия, выделяющаяся в одном элементарном акте синтеза. Тогда условие энергетической рентабельности  $P_2 > P_1$  примет вид

$$\frac{f(T) R}{\rho} > \frac{P_1}{\rho}$$

или

$$\frac{f(T) R}{\rho} > \frac{P_1}{\rho}$$

Последнее неравенство, известное под названием критерия Лоусона, представляет собой количественное выражение требований к совершенству термоизоляции. Правая часть – «число Лоусона» – зависит только от температуры и состава смеси, и чем оно больше, тем жестче требования к термоизоляции, т.е. тем труднее создать реактор. В области приемлемых температур число Лоусона для чистого дейтерия составляет  $10^{16}$  с/см<sup>3</sup>, а для равнокомпонентной DT-смеси –  $2 \cdot 10^{14}$  с/см<sup>3</sup>. Таким образом, DT-смесь является более предпочтительным термоядерным топливом.

В соответствии с критерием Лоусона, определяющим энергетически выгодную величину произведения плотности на время удержания, в термоядерном реакторе следует использовать по возможности большие  $n$  либо  $t$ . Поэтому исследования УТС разошлись по двум разным направлениям: в первом исследователи пытались с помощью магнитного поля в течение достаточно длительного времени удерживать относительно разреженную плазму; во втором – с помощью лазеров на короткое время создать плазму с очень высокой плотностью. Первому подходу было посвящено гораздо больше работ, чем второму.

## Преимущества синтеза

Сторонники использования термоядерных реакторов для производства электроэнергии приводят следующие аргументы в их пользу:

- 1) Практически неисчерпаемые запасы топлива (водород). Например, количество угля, необходимого для обеспечения работы тепловой электростанции мощностью 1 ГВт составляет 10000 тонн в день (десять железнодорожных вагонов), а термоядерная установка такой же мощности будет потреблять в день лишь около 1 килограмма смеси  $D + T$ . Озеро среднего размера в состоянии обеспечить любую страну энергией на сотни лет.
- 2) Это делает невозможным монополизацию горючего одной или группой стран;  
отсутствие продуктов сгорания;
- 3) Нет необходимости использовать материалы которые могут быть использованы для производства ядерного оружия, таким образом исключается случаи саботажа и терроризма;
- 4) По сравнению с ядерными реакторами, вырабатывается незначительное количество радиоактивных отходов с коротким периодом полураспада;
- 5) Реакция синтеза не производит атмосферных выбросов углекислоты, что является главным вкладом в глобальное потепление.

**Спасибо за внимание!**