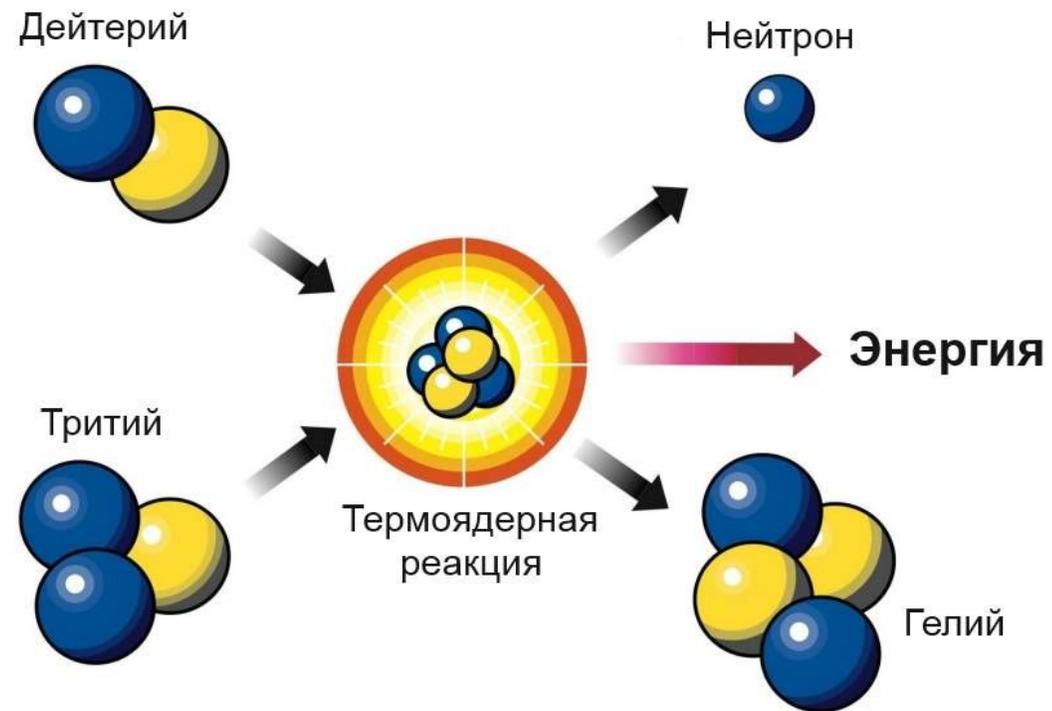


# Термоядерный синтез

---

**Термоядерные  
реакции** – это  
реакции синтеза  
легких ядер,  
протекающие при  
**высоких**  
температурах.



# Условия термоядерного синтеза

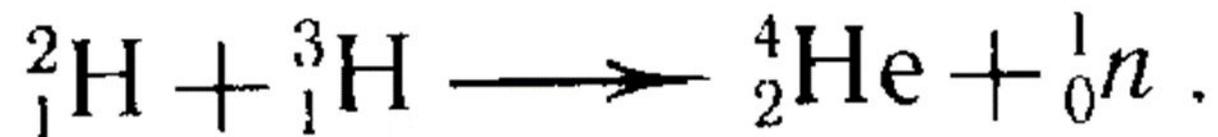
---

Для осуществления термоядерных реакций необходимы очень высокие температуры ( $T \approx 10^8$  K):

сталкивающиеся ядра должны иметь достаточно большую скорость, чтобы преодолеть кулоновское отталкивание.

# Пример термоядерной реакции

---



Примером термоядерной реакции является слияние изотопов водорода (дейтерия и трития), в результате чего образуется гелий и излучается нейтрон.

Это первая термоядерная реакция, которую ученым удалось осуществить. Она была реализована в термоядерной бомбе и носила неуправляемый (взрывной) характер.

# Термоядерное оружие

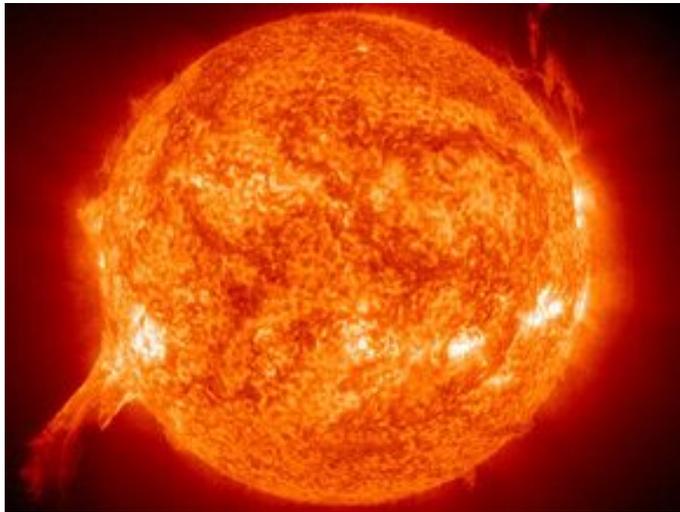
---



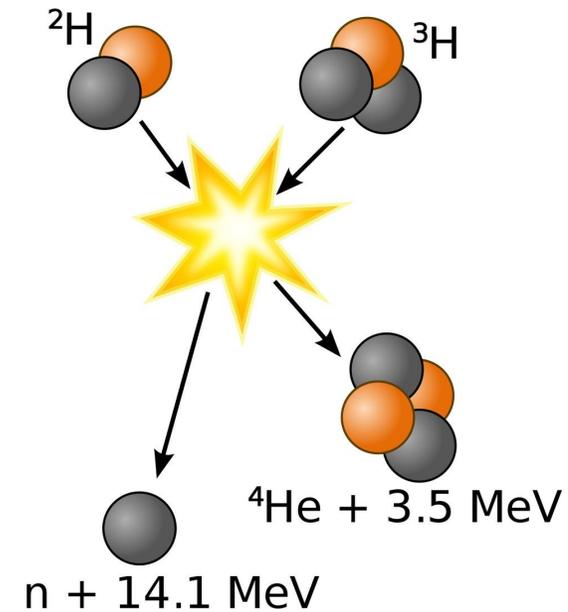
Первая термоядерная реакция была осуществлена при взрыве водородной бомбы 12 августа 1953 года на Семипалатинском полигоне. Ее «отцом» стал академик *Андрей Дмитриевич Сахаров*. Высокую температуру, необходимую для начала термоядерной реакции, в водородной бомбе получали в результате взрыва входящей в ее состав атомной бомбы, играющей роль детонатора.

Термоядерные реакции, происходящие при взрывах водородных бомб, являются неуправляемыми.

Источником энергии Солнца и других звезд тоже являются реакции термоядерного синтеза, протекающие в их недрах. Таким образом, солнце является природным термоядерным реактором.



Основным процессом, в котором происходит освобождение термоядерной энергии в звездах, является *превращение водорода в гелий.*



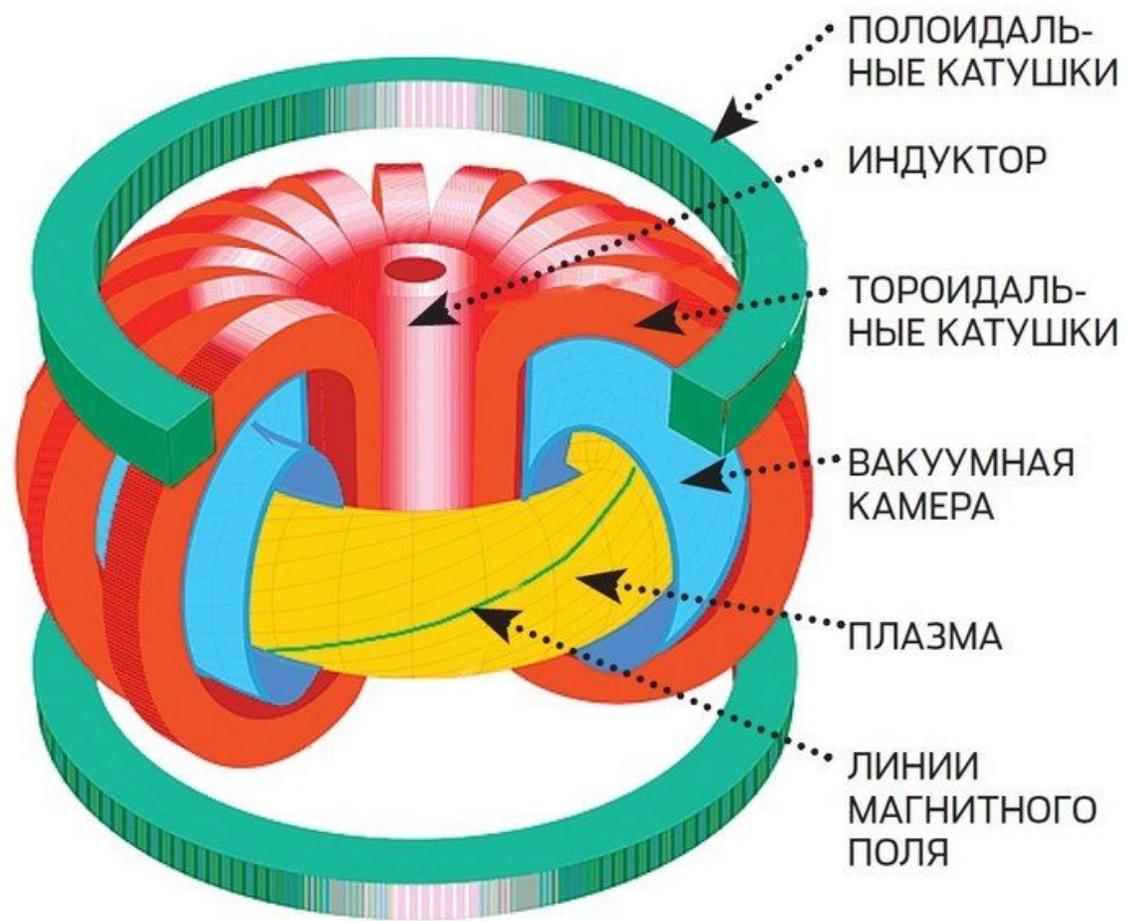
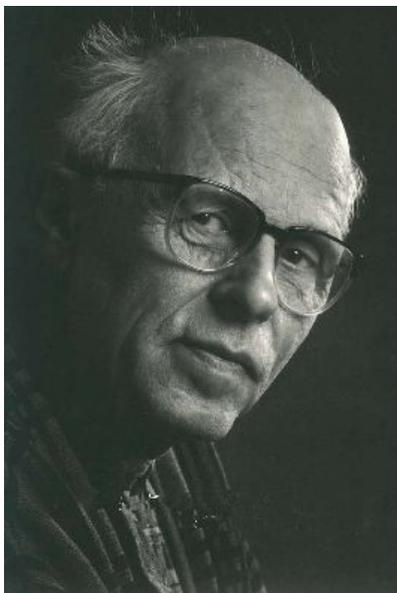
# Управляемый термоядерный синтез

---

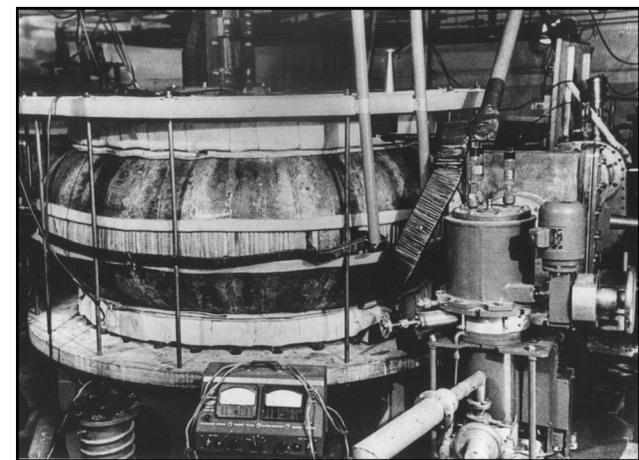
Управляемый термоядерный синтез (УТС) – это синтез более тяжелых атомных ядер из более легких с целью получения энергии синтеза.

Он отличается от традиционной ядерной энергетики тем, что в последней используется реакция распада, в ходе которой из тяжёлых ядер получаются более лёгкие ядра.

В 1951 году советские физики А.Д.Сахаров и И.Е.Тамм предложили применять плазменную конфигурацию в форме бублика (тора), которая используется в установке «Токамак» (тороидальная камера с магнитными катушками).



Первый «Токамак» был построен в России в Институте Атомной Энергии им И.В. Курчатова в 1956 г.



Для успешной работы «Токамака» надо решить три задачи.

1) **Температура.** Процесс ядерного синтеза требует чрезвычайно высокой энергии активации. Изотопы водорода необходимо нагреть до температуры примерно 40 млн.К. Это температура, превышающая температуру Солнца. При такой температуре электроны "испаряются" - остается только положительно заряженная плазма - ядра атомов, разогретые до высокой температуры. Ученые пытаются разогреть вещество до такой температуры при помощи магнитного поля и лазера, но пока безуспешно.

2) **Время.** Чтобы началась реакция ядерного синтеза, заряженные ядра должны находиться на достаточно близком расстоянии друг от друга при  $T=40$ млн.К довольно длительное время - около одной секунды.

3) **Плазма.** Во время ядерного синтеза вещество находится в состоянии плазмы при очень высокой температуре. Но в таких условиях любое вещество будет находиться в газообразном состоянии. Поскольку у плазмы есть заряд, то для ее удержания можно использовать магнитное поле. Но пока создать надежную "магнитную колбу" ученым так и не удалось.

По самым оптимистическим прогнозам, ученым понадобится 30-50 лет, чтобы создать работающий экологически чистый источник энергии.

Возможность осуществления УТС теоретически рассчитана в нескольких вариантах, однако еще ни один не реализован. На сегодня наиболее перспективным решением проблемы УТС представляется создание термоядерного реактора (и электростанции на его основе) с использованием высокотемпературной плазмы, удерживаемой магнитным полем. Однако не исключены и иные решения, например облучение твердой мишени (крупинки смеси дейтерия и трития) лазерным излучением. Различные варианты УТС в последние десятилетия изучаются физиками во всех развитых странах мира. При полной научно-теоретической ясности путей решения задачи остается еще много нерешенных чисто технических и технологических вопросов, требующих трудоемких и дорогостоящих исследований. УТС - одна из наиболее фундаментальных научно-технических проблем; ее решение обеспечит человечество достаточно экологически чистым источником энергии практически на неограниченный срок.

# Преимущества

---

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

- Практически неисчерпаемые запасы топлива (водород).
- Топливо можно добывать из морской воды на любом побережье мира, что делает невозможным монополизацию горючего одной или группой стран;
- Отсутствие продуктов сгорания;
- По сравнению с ядерными реакторами, вырабатывается незначительное количество радиоактивных отходов с коротким периодом полураспада;

# Вопросы

- 1) Какое главное условие протекания термоядерных реакций?
- 2) Какие советские ученые придумали плазменную конфигурацию в форме «тора»?
- 3) Что является природным термоядерным реактором?