

Личные инструменты

- Представиться / зарегистрироваться

Просмотры

- Статья
- Черновик
- Обсуждение
- Править
- история

Термоядерный синтез

Материал из Lurkmore



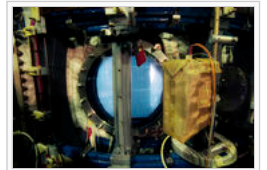
В эту статью нужно добавить как можно больше фотографий и схем порнухи для нердов. Также сюда можно добавить интересные факты, картинки и прочие кошерные вещи.

Термоядерный синтез (*термояд*, *управляемый термоядерный синтез*, *УТС*) — старый, но всё ещё действующий метод распила бюджетного бабла в глобальных масштабах, способный дать в качестве побочного результата источник сотен энергии, звездолёты и прочие кошерные вещи.

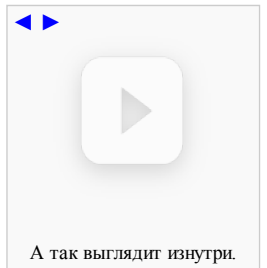
Работающий прототип чудо-машины наглядно представлен в виде ~~вращающегося над поверхностью земного диска~~ Солнца. Правда запилить именно такую же мы не можем: чтобы водород смог в термоядерную реакцию сам, без обвеса, его нужно много. Нет, МНОГО. 80 масс Юпитера или больше. Но мы работаем над этим.

Содержание

- 1 Суть™
- 2 При чём здесь бабло?
- 3 Зачем это вообще нужно?
- 4 Почему не получается?
- 5 Пути получения энергии
 - 5.1 Магнитное удержание
 - 5.2 Инерциальное удержание
 - 5.3 Фузор Фарнsworthа
 - 5.4 Холодный синтез и прочее
- 6 Гибридный термоядерный реактор
- 7 ИТЭР
- 8 Лулз
- 9 Галерея
- 10 Ссылки
- 11 Примечания



Термоядерная плазма.



А так выглядит изнутри.

Суть™

Непросвещённым — сюда.

Коротко о главном. Давным-давно Эйнштейн распространил ныне известное даже детям $E=mc^2$ на все объекты (в том числе движущиеся с околосветовой скоростью, безо всяких эфиров и электродинамик). В то же время учёные поняли, что два ядра атома дейтерия ^2H (это тяжёлый изотоп водорода) неспроста весят чуть более, чем одно ядро гелия-4 ^4He . Более того, при синтезе этого самого гелия из водорода энергия связи $\Delta m \times c^2$, где Δm — дефект массы, с радостью улетает в виде кинетической энергии продуктов синтеза.

В принципе, вариантов синтеза на самом деле чуть более, чем дохрена. Можно использовать и дейтерий, и литий, и тритий — да хоть что! Вот только:

1. для синтеза более тяжёлых элементов нужна большая температура;
2. при синтезе элементов тяжелее железа энергии выделяется меньше, чем при синтезе железа.

Поэтому выбор, ташемта, невелик: либо использовать дейтерий из воды (которой очень много, пока ещё) и нагревать его до ста миллионов градусов, либо синтезировать сверхтяжёлый изотоп водорода из лёгкого изотопа лития (тут градус будет на порядок ниже, но и нейтронное излучение сильнее). Как нетрудно догадаться, люди в белых халатах и очках выбрали второй способ.

Не будем вдаваться в технические, матановые и проектировочные подробности. Достаточно подсчитать, что один грамм дейтерий-литиевого «топлива» (0,25 г дейтерия + 0,75 г лития-6) позволяют получить немногим больше энергии, чем три с половиной тонны бензина. Этого уже достаточно, чтобы

финансировать работу сумрачных гениев по реализации данной затеи IRL. Но жопа в том, что термоядерной/водородной пока удаётся сделать только бомбу. Взорвав сначала обыкновенную атомную и добившись тем самым нужной для ТЯС температуры. А вот сделать этот синтез управляемым — проблема. Плазма в токамаках не держится, «фрвётся», а другие способы пока ещё сырые.

При чём здесь бабло?

Получать из реакции $D+{}^6Li$ много энергии научились ещё более полувека назад. И уже тогда начали вести полномасштабные исследования возможности мирного применения этой энергии. Причём полагали, что первые экспериментальные термоядерные электростанции начнут строить чуть ли не сразу после появления первых промышленных атомных электростанций. Но даже несмотря на то, что дедлайн установил лично товарищ Сталин, они не появились до сих пор.

Термоядерные исследования — это в значительной степени экспериментальная наука. Тут вам не Перельман, с тремя копейками денег ничего толкового не сделаешь. Необходимо сложное дорогостоящее оборудование и куча ~~нервов~~ нердов, которые будут это оборудование обслуживать. На всё это нужно выделять большие деньги. И, как ни странно, они таки выделяются. А когда любое правительство выделяет на что-то деньги, они неизбежно идут не только на те аспекты, которые реально важны, но и на те, что лучше прорекламированы^[1]. Даже те научные организации, которые действительно хотят сделать что-то полезное, нередко вынуждены заниматься чем-то скорее «модным», чем реально важным, так как иначе денег не получают.

Справедливости ради стоит отметить, что расходы на термояд выглядят огромными только до тех пор, пока не сравнишь их со всякими нанотехнологиями и другими радостями распилильщиков.

Зачем это вообще нужно?

Как известно, нефти, угля и газа хватит не так уж и надолго. Да ещё и экологи недовольны. Урана и тория вроде хватает, но народ чего-то боится. Да и неясно, куда столько радиоактивных отходов девать^[2].

Термояд же позволяет в перспективе получать энергию буквально из воды, причём отходами его работы будут являться только обычные безвредные водород и гелий. Внутри реактора будет радиоактивный тритий, но его будет сотни грамм, в противовес сотне тонн полуотработанного топлива в обычных ядерных реакторах, так что ничего подобного Чернобылю не может произойти даже если термоядерный реактор взорвётся. Но его взрыв возможен разве что в случае теракта, так как реакция там в принципе самопроизвольно развиваться не умеет.

Алсо, в теории, ракетные двигатели, основанные на сабже, способны выдавать импульс больший нежели плазменные, электрические и всякие там ядерные. Что позволяет получить трактор пригодный для использования в планетарных и даже в межзвёздных масштабах со скоростью в 10% от световой. Во втором случае, правда, полёты будут беспилотными. Но лет эдак за 50 до ближайшей звезды дошкандыбать можно.

Почему не получается?

Чтобы произошла реакция синтеза, два ядра должны сблизиться на очень близкое расстояние. Но ядра имеют положительный заряд, а потому отталкиваются друг от друга. Чтобы их сблизить друг с другом, их нужно разогнать до огромных скоростей. Одним из основных вариантов такого разгона является нагрев до высокой температуры. Расчет показывает, что нужна температура порядка 10^9 Кельвин. Но за счет так называемого «максвелловского хвоста» синтез загорается уже при 10^7 . Популярно это можно объяснить следующим образом, при заданной температуре частицы газа движутся с *различными* скоростями, определяемыми (в дорелятивистской области) распределением Максвелла. Поэтому уже при температуре 10^7 К найдутся такие частицы, скоростей которых достаточно для преодоления кулоновского отталкивания и слияния двух ядер в одно. Но при таких температурах вещество становится плазмой и очень интенсивно излучает энергию, то есть быстро остывает.

ВНЕЗАПНО оказалось, что реальные потери энергии куда больше, чем показывали первые теоретические расчёты, и вообще плазма ведёт себя крайне невоспитанно, не слушается учёных, так что достаточное количество топлива прореагировать не успевает. Уменьшить же потери или увеличить скорость реакции оказалось не так-то просто. Причём зачастую требования друг другу противоречат: чтобы за то же время прореагировало больше топлива его концентрацию нужно повышать, но при повышении концентрации возрастают потери энергии, а оттого время уменьшается.

Это хорошо бы знать, но всем, как всегда, похуй: [показать][показать]

Справедливости ради стоит отметить, что бабло эти полвека тратилось не только впустую. Современные реакторы лишь в разы хуже того, что нам нужно, а ещё несколько десятков лет назад отставание было на порядки. Так что, если финансирование не прекратится, термоядерные электростанции всё-таки построены будут. Лет через пятьдесят.

Пути получения энергии

На данный момент самыми перспективными признаны два подхода к получению термоядерной энергии: долгое время удерживать магнитным полем разреженную плазму и сжать плазму до такой огромной плотности, что реакция успевает пойти несмотря на то, что от разлёта плазму удерживает лишь инерция.

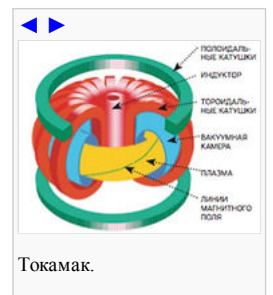
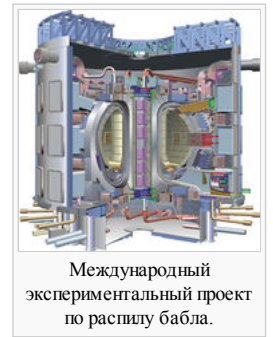
Магнитное удержание

« Коту токамак от уток. »

— Палиндром

Первый вариант осуществляется с помощью двух типов установок: токамаки и стеллараторы. На данный момент отличия между ними сводятся к тому, что первые чуть дешевле при тех же размерах, а вторые — чуть лучше. Для неискущённого наблюдателя и то и другое — бублик с каким-то хитроумным магнитным полем внутри (впрочем, последние разработки в области стеллараторов предполагают настолько хитрую форму магнитных катушек и вакуумной камеры, что даже школьник это с токамаком не спутает). Так как чем больше размер реактора — тем лучше (и Фрейд тут ни при чём) в нём удерживается плазма, вопрос строить ли на эти деньги токамак, но побольше, или стелларатор, но поменьше, остаётся открытым. Но чаще выбирают первый вариант (не исключено, что это уже связано с Фрейдом напрямую: чем больше то, что ты обещаешь построить на эти деньги, тем вероятнее, что их тебе выделят).

Сперва в мире строили только стеллараторы; на то что совки возьмётся с какими то там бубликами особо внимания не



обращали. Тут в 1968 советские ученые ВНЕЗАПНО объявили на весь мир что в своем агрегате получили целых 10 миллионов градусов и притом аж на десять миллисекунд. Все остальные просто охренели от такой наглости (цифры примерно на порядок превышали результаты любого другого агрегата), и, разумеется, потребовали доказательств. Поскольку оные были очень кстати ЧСВ всего Советского Союза, правительство разрешило приехать группе британских ученых. Те произвели замеры (как объяснили одному сэру в Палате Лордов — очень длинным термометром) и подтвердили цифры. Все дружно ринулись ломать и перестраивать свои стеллараторы.

Инерциальное удержание

Единственный работающий на практике вариант. Осталась одна «мелочь»: сделать масштабы достаточно малыми для применения в мирной энергетике. А тут, как и в случае магнитного удержания, чем больше, тем проще получить реакцию.

Первоначальная идея заключалась в том, чтобы со всех сторон жажнуть по маленькому шарiku дейтерий-тритиевого льда кучей лучей лазеров, пучков электронов или ионов. Но идея провалилась: сжатие происходило неравномерно, а оттого никакой нормальной реакции не получалось. Позже разработали несколько изменённый метод: шарик льда помещают внутрь небольшой металлической сферы с несколькими дырочками для прохода лучей/пучков, лучи/пучки нагревают внутреннюю поверхность сферы до большой температуры и она начинает светить мягким ~~ультрафиолетом~~ рентгеном, это рентгеновское излучение очень равномерно нагревает поверхность ледяного шарика, та испаряется и реактивной силой равномерно сжимает оставшийся лёд (кстати, это куда ближе к термоядерной бомбе, чем исходная идея). Сейчас к этому ещё добавилась идея использовать не один импульс, а два (fast ignition/быстрое зажигание): один относительно медленно сжимает количество топлива, а второй быстро разогревает малую часть от уже сжатого, потом термоядерная реакция сама распространяется на остальное топливо. Дополнительно можно посмотреть Википедию.

Фузор Фарнswortha

Если тебе, анон, так уж приспичило осуществить термоядерный синтез и при этом не нужна энергия, то строить мега-реактор совсем не обязательно. Достаточно сабжа — небольшого устройства, позволяющего невозбранно запилить термоядерную реакцию у себя на столе. Единственный минус — энергию фузор Фарнswortha не вырабатывает а, напротив, жрет и нехило. В 2000-х в США пытались запилить улучшенную версию фузора, под названием «Поливелл», в надежде, что он хоть что-нибудь, да выработает. Не получилось, не фаргануло — он всего лишь стал чуть меньше потреблять.

Холодный синтез и прочее

Эпическое сборище шарлатанов. Причём если одни из них (<http://www.nuclearfusion.narod.ru/tttt.htm>) только предлагают свои перспективные «пути решения», то другие и вовсе предлагают готовые (<http://www.nucleamo.com/text.asp?5456>) решения (<http://www.tgm-pumps.ru/>), реализованные «в железе».

Среди всего этого многочисленного бреда изредка, но таки встречаются нормальные разработки. В частности мюонный катализ, использование встречных пучков быстрых ионов дейтерия и трития и т. д. Но все они пока крайне далеки от получения полезной энергии и на практике могут использоваться (и используются) только в качестве источников быстрых нейтронов.

Гибридный термоядерный реактор

Известно, что в термоядерных бомбах часто используют оболочку из обеднённого урана для существенного повышения мощности взрыва: нейтроны D-T реакции обладают столь высокой энергией, что вызывают деление даже «неделящихся» тяжёлых изотопов. Разумеется, быстро возникла идея применить этот же принцип и в мирных реакторах.

Чем это хорошо

- К созданию гибридной электростанции можно приступить хоть завтра, так как применение обеднённого урана в 5—10 раз повысит энерговыделение;
- Тысячи тонн обеднённого урана наконец-то найдут себе полезное применение (пока что их тупо пуляют из танковых пушек в виде обычных болванок в танковую же броню);
- В интенсивных потоках быстрых нейтронов многие долгоживущие изотопы превращаются в короткоживущие, что позволяет перерабатывать отходы обычных атомных реакторов;
- В таких реакторах можно производить много чистого и дешёвого урана-233 и плутония-239 для атомных бомб (стоит отметить, что то же самое происходит и в ядерных реакторах на быстрых нейтронах. А ещё тот самый ²³⁹Pu скорее всего будут использовать как топливо в реакторах, поскольку реакторы БН умеют делать его из бесполезного урана-238 в огромных количествах (а точнее, с коэффициентом выхода 1,4—1,5)).

Чем это плохо

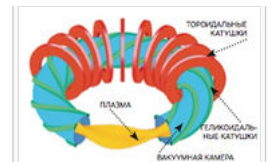
- В таком реакторе сотни тонн радиоактивных веществ, а значит можно ожидать море лузгов. Хотя здесь, в отличие от реакторов деления, их можно получить только при мощном внешнем воздействии, неконтролируемое развитие реакции тут невозможно;
- В таком реакторе не только перерабатываются, но и производятся радиоактивные отходы, которые куда-то нужно девать (впрочем, в основном короткоживущие, в отличие от реакторов деления).

ИТЭР

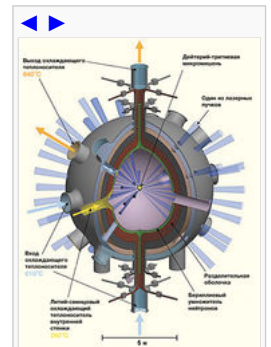
Самый крупный на данный момент агрегат. Тип — токамак. Строится на юге Франции. Название первоначально значило «International Thermonuclear Experimental Reactor» («Международный Термоядерный Экспериментальный Реактор»), но сейчас предпочитают не расшифровывать вообще — дескать, на слово «термояд» у некоторых ассоциации плохие. Справку о безопасности, правда, уже получили, даже вроде не одну. В начале 2014-го один фонат начал собирать голоса на производство LEGO модели (<http://lego.cuusoo.com/ideas/view/55049>). На относительно небольшой кусок требуется под пятьсот кирпичиков.

Плюсы

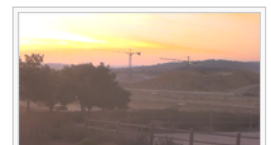
- Должен ненадолго выдавать десятикратную прибыль в энергии. Примерно столько и нужно реальной электростанции — только, конечно, постоянно.
- Имеет свой сайт (<http://www.iter.org/>). Обновляется регулярно, так что каждый может так же регулярно порадоваться успехам человечества.
- На сайте имеется ссылка на стоящую рядом со стройкой вебкамеру (<http://www.iter.org/newsline/165/600/>), так что каждый



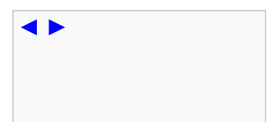
Стелларатор.



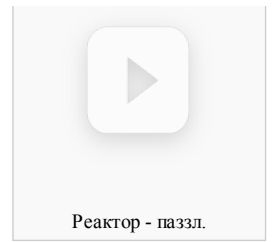
Инерциальное удержание. Физики умеют зажигать.



Заря над великой стройкой термоядеризма.



может убедиться (за исключением тех случаев когда ее переносят на взгляд с другой стороны) что там именно работают, а не распиливают. А может и начали пилить — уже довольно долго почему-то ограничиваются относительно регулярными фотками.



Минусы

- Цена. Первоначально оценивался в €5 миллиардов, но ввиду всякой там инфляции и подорожания материала, сейчас уже стоит втрое больше. Примерно половину вносит ЕС, но Россия с Японией (и ещё кое-кем) тоже приложились. Также, цена не окончательная. Недавно был скандал по поводу того что понадобились добавочно полтора миллиарда, и их, оказывается, надо еще было откуда-то брать. Сторонники, правда, утверждают что это не так-то много: все разработки по термояду стоят примерно €2 миллиарда в год, из них примерно один на ИТЭР. Всего, на альтернативную энергию, ежегодно тратится около двухсот^[4].
- На камере видно как стройка портит прекрасный пейзаж. Правда, это вполне может измениться, когда достроят.

Лулз

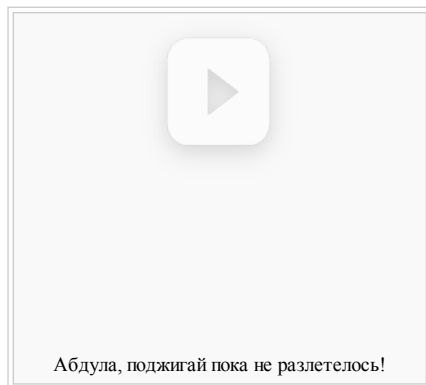
Физики-теоретики до сих пор срут кирпичами, а Мёрфи собирает шаблон от Н-моды установок с магнитным удержанием. Так, при достижении определённой мощности дополнительного нагрева плазмы в токамаках (а впоследствии этого добились и в стеллараторах) резко замедляется перенос, а значит и потери энергии в плазме. Сами представьте: вы долго всё разрабатывали, рассчитывали, построили токамак, а он внезапно работает вдвое лучше, чем предполагалось!

Теоретики придумывали кучу гипотез, как объяснить появление Н-моды и полное несоответствие экспериментальных формул классическим теоретическим даже по знаку производной, но единой чёткой модели так и нету. Экспериментаторы же просто разобрались как оно работает и стали напоминать шаманов не меньше, чем админы: точно так же не могут объяснить, как оно работает, но оно таки работает.

Любители поискать глубинный смысл и религиозные люди могут считать, что это знак от Б-га, что мы двигаемся в нужном направлении или современная манна небесная от него же.

Также это позволяет оптимистам рассчитывать на открытие в будущем какой-нибудь УН-моды и появление термоядерных электростанций куда быстрее современных прогнозов. Ну или пессимистам — ожидать появления какой-нибудь обратной моды, которая сделает ситуацию ещё хуже, чем было до открытия Н-моды. И теоретикам корм, конечно же — релятивистский случай тесно слестнулся с квантовым, а что ещё для теории струн нужно? Чёрные дыры у них есть, бозон Хиггса теперь тоже есть, а тут ещё и Н-моды.

Галерея



Ссылки

- Популярная механика. Немного более подробно об основах сабжа. (<http://elementy.ru/lib/431618/>)
- Ещё более подробно. С доставляющей теоремой о причёсывании сферических ежей в вакууме. (<http://termoyadsintez.narod.ru/Hardware/hard.htm>)
- Научно-популярная статья. (<http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6332/>)

Примечания

[показать примечания][показать примечания]

Термоядерный синтез ∈ Матан		[скрыть] [скрыть]
[+ (http://lurkmore.to/index.php?title=%D0%A8%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BD-%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BD&action=edit)]		
Науки	Высшая математика • Евгеника • Матан • Российская • Сопромат • Философия	
Достижения	ТрХ • Атомная бомба • Биореактор • Большой адронный коллайдер • ГМО • Двести двадцать • Корчеватель • Кубик Рубика • Нанотехнологии • Палата мер и весов • Роботы • Термоядерный синтез • Чернобыль • Экзоскелет • Фукусима	
Теория и открытия	Звездчатый многоугольник • Квантовая механика • Когнитивная психология • Радиация • Тёмная энергия • Теория большого взрыва (сериал) • Теория относительности • Теория струн • Чёрная дыра • Эволюция • Элементарные частицы	
Мемы	265 • xkcd • Бритва Оккама • Деление на ноль (Яценюк) • Дигидрогена монооксид • Задача Льва Толстого • Задача Эйнштейна • Закон Мерфи • Закон Парето • Квадратно-гнездовой способ мышления • Квадратура круга • Коробочка фотонов • Кот Шрёдингера • Матановая капча • Критерий Поппера • Метод научного тыка • Пик нефти • Поймать льва в пустыне • Рекурсия • Сферический конь в вакууме • Теорема Ферма • Число Эрдёша	
Люди и организации	Организации (ИТМО • МФТИ • НМУ) • Байрон • Белоненко • Березовский • Вассерман • Вербицкий • да Винчи • Докинз • Инженер • Кэрролл • Лаборатория • Лобачевский • Луговский (цитатник) • Перельманы (Григорий • Яков) • Перелегин • Пятисемиты • Тейлор • Тесла • Технофашисты • Фейнман • Хайям • Хокинг • Эшер	
Паранаука	Science freaks/Научное фричество • Scorscher.ru • Артефакт • Великая тайна воды • Вечный двигатель • Гомеопатия • ГСМ • Информационное поле Вселенной • Квадратно-гнездовой способ мышления • Научный креационизм (аргументы) • НЛП • Принцип Арнольда • Соционика • Телгония • Торсионные поля • Электронный голосовой феномен	
Фрики и шарлатаны	Sherak • Британские учёные • Бронников • Гарьев • Жданов • Катющик • Лотов • Лысенко • Малахов • Мулдашев • Мухин • Олег Т. • Петрик • РАЕН • Скляр • Стерлигов • Фоменко • Чашкин • Чернобров • Чудинов • Чурлев • Чуров	
	Беспольная наука • Влетит или не влетит? • Дети индиго • Луносрач • Наука vs религия • Пирамидосрач • Плутоносрач • Физики vs лирики • Шмель	

