

Доктору физико-математических наук Ю.В. Мартыненко

Уважаемый Юрий Владимирович!

Спасибо Вам за рецензию от имени Курчатовского Института на мое обращение к Президенту Российской Федерации В.В. Путину по вопросу так называемого “холодного” ядерного синтеза. Ваша рецензия ценна тем, что ликвидирует полное замалчивание в нашей стране сторонниками традиционного термоядерного направления в ядерной физике экспериментов по так называемому холодному синтезу. Будем считать, что дискуссия между сторонниками “холодного” и “горячего” ядерного синтеза с этого момента началась, она будет развиваться и способствовать дальнейшим успехам нашей науки.

Известно, что в настоящее время человечество подошло к такой стадии, когда борьба за энергетические ресурсы становится особенно актуальной. Все известные источники энергии уже в ближайшее время не смогут обеспечивать наши потребности. Химическая энергия, кроме этого, ограничена так называемым парниковым эффектом. Ядерная энергия, основанная на использовании делящихся материалов, не является долгосрочным решением проблемы, так как запасы этих материалов довольно ограничены. Кроме этого, утилизация радиоактивных отходов этого процесса, представляющих опасность в течение тысяч лет, вряд ли практически осуществима.

Первоначальные оптимистические ожидания перехода к процессу управляемого термоядерного синтеза пока так и не материализовались. Трудности устойчивого получения сверхгорячей плазмы, а также разрушающее воздействие громадного нейтронного потока, возникающего вследствие большинства термоядерных реакций, отодвигают решение этой задачи на все более отдаленное и неопределенное будущее. Вам, как никому другому, хорошо известны все технические трудности этой задачи.

С другой стороны, недавно появилась уверенность в том, что проблема управляемого ядерного синтеза может быть решена с помощью использования “холодного” ядерного синтеза. Было показано экспериментально, что сечение процессов ядерного синтеза сильно зависит от физического состояния вещества, в которое помещены реагирующие атомы. Расстояние сближения двух ядер дейтерия, помещенных в одну кристаллическую нишу в металлах, может быть на порядок величины меньше, чем размер свободного атома дейтерия. Проницаемость кулоновского барьера в таком процессе DD синтеза очень сильно (на 50-60 порядков) возрастает по сравнению с проницаемостью барьера для свободной молекулы дейтерия.

Первоначально отвергнутые в 1989 году как ненаучные, калориметрические опыты по так называемому холодному синтезу продолжались в течение последних двадцати пяти лет. В настоящее время ситуация в ядерной физике подошла к такой стадии, когда опыты по холодному синтезу уже не могут упрямо игнорироваться.

Кроме калориметрических измерений процесса, в Японии и в Европе в течение 1996-2009 гг проводились эксперименты по изучению процесса ядерного синтеза на ускорителях при низких энергиях. Эти опыты показали, что вероятность реакции так называемого горячего синтеза в том случае, когда частица-мишень имплантирована в проводящий кристалл, резко возрастает, по сравнению с вероятностью этой реакции при столкновении свободных атомов. Влияние

электронного экранирования ядер при столкновении свободных атомов дейтерия эквивалентно “дополнительной энергии” 27 эВ. Если в этой реакции атом дейтерия-мишени имплантирован в проводящий кристалл, эта “дополнительная энергия” оказывается равной 300 – 700 эВ.

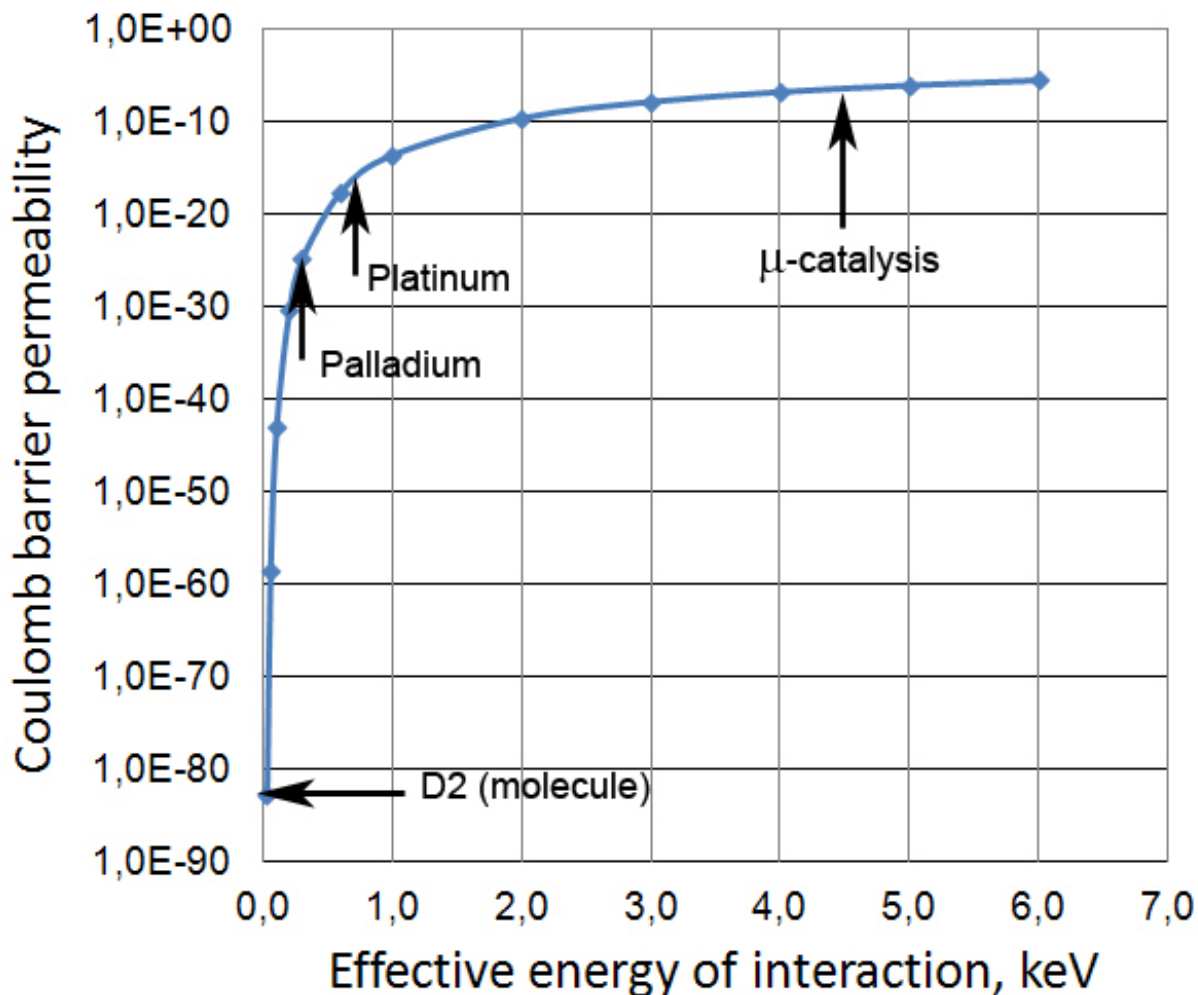
В условиях проводящего кристалла реакция “горячего” DD синтеза на ускорителях при низких энергиях налетающего дейтрона протекает таким образом, как будто размеры атомов дейтерия во время столкновения составляют $1/10 - 1/20$ от своих номинальных размеров. Чтобы объяснить эти многократно проверенные экспериментальные результаты, приходится сделать два допущения:

1. В условиях DD реакции в проводящем кристалле из-за влияния облака свободных электронов атомы дейтерия-мишени существуют преимущественно в возбужденном состоянии, например в $2p$ -состоянии. В случае “горячего” синтеза это обстоятельство имеет место и для медленно движущегося налетающего атома дейтерия.

2. Ориентация этих несферических возбужденных атомов водорода в проводящем кристалле не является произвольной. Эта ориентация задается облаком свободных электронов в кристаллической ячейке и определяется конфигурацией кристаллической решетки проводника. Имеет место абсолютный кристаллический *ordnung*, строгий “немецкий порядок”.

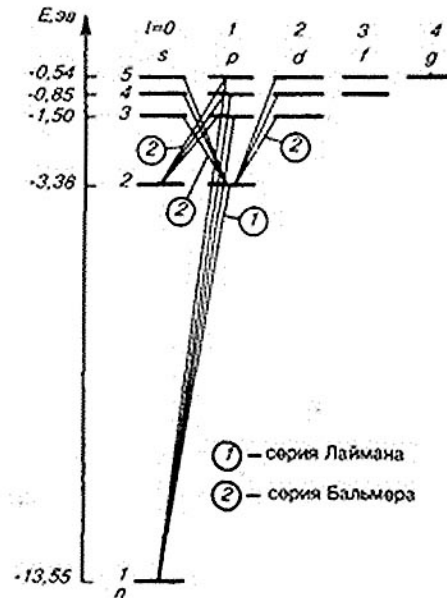
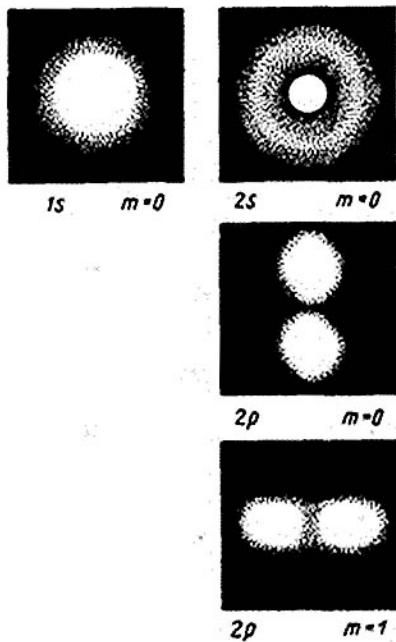
Как я понял, уважаемый Юрий Владимирович, первое указанное допущение в Вашем отзыве не подвергается сомнению. Однако, очевидность второго условия обычно ускользает от слушателей, незнакомых со спецификой кристалла, и Вы здесь не являетесь исключением.

В случае холодного синтеза примесные атомы дейтерия в металлических кристаллах палладия или платины располагаются в октоэдральных (наиболее глубоких) нишах этих кристаллов. Пока не заполнены все эти ниши, то есть пока отношение $Pd:D \leq 1$, расстояние между соседними атомами дейтерия все еще велико, порядка межатомного расстояния в кристалле. Однако, когда отношение $Pd:D$ превышает единицу, в некоторых октоэдральных нишах оказывается более чем один атом дейтерия. В этом случае ядра атомов дейтерия, находящихся, например, в $2p$ -состоянии в одной и той же октоэдральной нише проводящего кристалла, оказываются сближенными друг с другом на расстояние, составляющее $1/10 - 1/20$ от своих номинальных размеров. В этом случае, как у нас недавно говорили, “процесс пошел”. Здесь уместно привести абсолютно бескомпромисный квантово-механический расчет прозрачности кулоновского DD барьера для этого случая:



На этом графике по горизонтальной оси отложена так называемая эффективная энергия DD взаимодействия, которая для случая холодного синтеза практически равна потенциалу электронного экранирования, по вертикальной оси – прозрачность кулоновского барьера. По сравнению со свободной молекулой дейтерия прозрачность кулоновского барьера в экспериментах по холодному синтезу возрастает на ≈ 60 (!) порядков. Этих расчетов вполне достаточно, чтобы признать процесс холодного синтеза реальностью. Как нам кажется, наши работы в течение последних двух лет убедительно это показали.

На приведенном ниже рисунке схематично изображены графики плотности электронов в атоме водорода для $1s$, $2s$ и $2p$ состояний. Необходимое возбуждение атома водорода для перевода его в $2p$ -состояние составляет всего около 10 эВ. Именно этот процесс обеспечивает реакцию холодного синтеза, сближая ядра дейтерия для атомов, попавших в одну потенциальную нишу.



Более подробно ситуация в этом вопросе рассмотрена нами на веб-странице:

<http://www.coldfusion-power.com/>

Я внимательно просмотрел Ваш отзыв на мое обращение к Президенту Российской Федерации В.В. Путину. Как мне кажется, Вам не удалось достаточно внимательно просмотреть мои материалы.

Некоторые мои комментарии к Вашему отзыву даются ниже *красным цветом*:

Отзыв
о работе Е.Н. Цыганова «Холодный ядерный синтез»
Поправка: меня зовут Эдуард Николаевич.

Автор дает обзор работ по холодному ядерному синтезу в реакциях



Я не рассматривал в своих работах эти реакции. Мой ли обзор Вы рецензировали?

Эксперименты на ускорителях ионов средних энергий показали, что сечение DD-реакции на ядрах, находящихся в металлах (Pt, Pd и др.), действительно на 1 – 2 порядка больше, чем на ядрах свободных атомов.

А почему это происходит?

Однако объяснение этому факту, даваемое автором, не выдерживает критики. Электрон атома водорода (D, T), находящийся в решетке твердого тела, действительно находится в другом состоянии. Причем уровни энергии атома, «сжатого» атомами твердого тела, поднимаются. Вспомним (Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц, «Квантовая механика»), что положение уровней в потенциальной яме определяется параметром Ua^2 , где U – глубина ямы, a – ширина ямы, которая уменьшается при «сжатии» атома водорода. Чем меньше Ua^2 , тем выше уровни и больше расстояние орбиты электрона до ядра. *(Вы, повидимому, говорите здесь о максимальном расстоянии орбиты электрона до ядра.)* В некоторых случаях водород в металлах не имеет ни одного уровня [Б.А. Трубников, Ю.Н. Явлинский ЖЭТФ, 1965, т. 48, с.1618]. В этой связи можно напомнить известный факт, что уровни атома поднимаются при его приближении к поверхности твердого тела в результате действия потенциала атомов поверхности. Поэтому нельзя говорить, что атом водорода в металлах экранирован электронами на более близких расстояниях. Это относится также и к минимальному расстоянию электрона в р-состоянии.

Я не совсем понимаю, что может означать эта фраза. На рисунке выше была приведена схема именно этого 2р состояния. Эксперименты на ускорителях показывают, что в реакции DD синтеза в условиях проводящего кристалла атомы дейтерия сближаются без отталкивания до расстояний в 1/10 – 1/20 от номинальных размеров атома дейтерия.

Заметим также, что в твердом теле нет сил, способных сблизить атомы водорода на расстояния с потенциалом 300 эВ и более, поскольку силовые константы (модули упругости) в твердых телах не превышают величины 10 эВ/атом, Поэтому переносить результаты, полученные на ускорителях, на условия водорода, растворенного в металлах, нельзя.

Ваши рассуждения показывают, что Вы не допускаете того, что ориентация атома, находящегося в возбужденном 2р-состоянии в кристаллической решетке, может быть пространственно детерминирована. После этого не требуется никаких дополнительных сил для сближения двух атомов водорода в этой кристаллической нише.

Насколько мне известно, реакции холодного ядерного синтеза изотопов водорода, растворенных в металлах, действительно идут с вероятностью большей, чем можно ожидать, но все же их скорость ничтожно мала, чтобы говорить о холодном ядерном синтезе как об источнике энергии. *Чтобы убедиться в обратном, я советую Вам самому провести приведенные выше расчеты прозрачности кулоновского барьера с полученными в экспериментах потенциалами электронного экранирования, следуя работам Ассенбаума и др.*

В то же время исследования в этом направлении интересны и могут быть полезны, например, для водородной энергетики.

Спасибо за термин! Вперед к холодной водородной ядерной энергетике!

Д.ф.-м.н.



Ю.В. Мартыненко