

Дискуссия по холодному ядерному синтезу на конференции Channeling 2014 8 октября 2014, круглый стол, 18:30

На конференции Channeling 2014 на так называемой сессии “круглый стол” по “холодному” ядерному синтезу некоторыми его участниками было высказано мнение не торопиться с продвижением так называемого “холодного” ядерного синтеза и не мешать таким образом выполнению международного проекта ITER. Однако, сделать это не очень просто, потому что направление традиционного термоядерного синтеза ясно и недвусмысленно встречается с альтернативным и существенно более дешевым вариантом так называемого “холодного” ядерного синтеза. Мы постарались по возможности кратко изложить в нашем веб-сайте этот вариант на примере атомов дейтерия, имплантированных в металлические кристаллы с большим зарядовым числом. Читатель имеет возможность найти все необходимые ссылки в тексте нашего доклада в формате pptx на конференции Channeling 2014, который также приводится на настоящем сайте.

ХОЛОДНЫЙ ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

Направляется в NIMB в материалах конференции Channeling 2014

**E.N. TSYGANOV¹, M.D. BAVIZHEV², M.G. BURYAKOV³, S.B. DABAGOV⁴, V.M. GOLOVATYUK³,
S.P. LOBASTOV³**

¹*Cold Fusion Power, International, USA*

²*LLC “Radium”, Moscow*

³*Joint Institute for Nuclear Research (JINR), Dubna*

⁴*P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow*

E-mail: edward.tsyganov@coldfusion-power.com

В серии японских экспериментов по DD-синтезу на ускорителях низких энергий, начало которых относится к 1995 году, было замечено возрастание сечения этой реакции по сравнению с ее теоретическим значением, если этот процесс протекает в среде металлического кристалла. Несколько позже эффект возрастания сечения DD-синтеза по сравнению с его расчетным значением уверенно наблюдался в проводящих кристаллах в подземной Лаборатории Gran Sasso (LUNA collaboration), а также в опытах группы Черского в Берлине. В этих опытах было также показано, что эффект возрастания сечения DD-синтеза не имеет места, если мишень дейтерия имплантирована в полупроводники или изоляторы.

Если налетающий дейтрон имеет в твердом теле скорость меньшую, чем так называемая боровская скорость электрона для атома водорода, он обрастает своим электроном и далее движется в твердом теле как атом. Для дейтерия этот порог составляет около 50 кэВ. Можно сослаться, например, на работу ленинградских физиков (Y.A. Varanov, Yu. Martynenko, S.O. Tsepelevich, Yu.N. Yavlinsky, Physics-Uspokhi, November 1988, Volume 156, no. 3, p. 477). Таким образом, при DD-реакции в кристалле происходит столкновение не ядер, а именно атомов дейтерия. В случае столкновения свободных атомов дейтерия две основные DD реакции в зависимости от энергии идут так, как показано на Рис. 1:

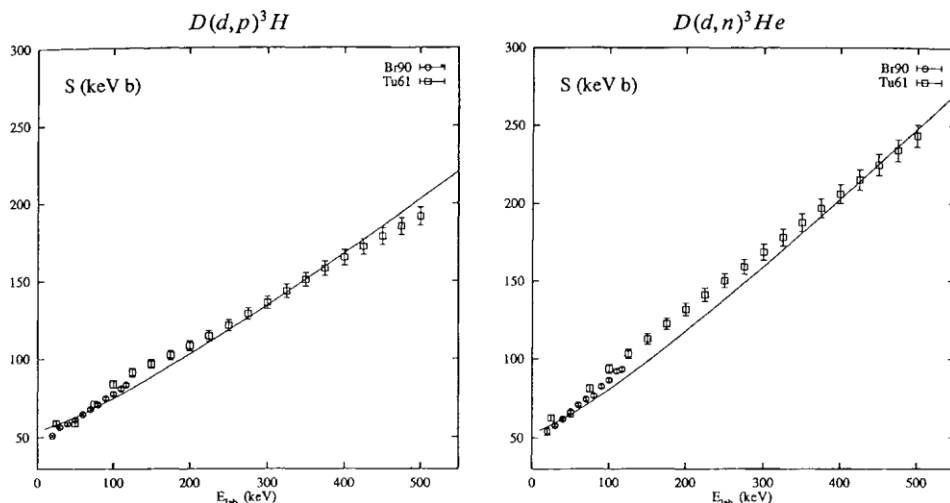


Рис. 1. В случае столкновения свободных атомов дейтерия функции $S(E)$ для реакций $D(d,p)^3H$ и $D(d,n)^3He$ идут так, как показано на этом рисунке.

В то же время для этих двух основных DD реакций наблюдается резкий подъем функции $S(E)$ при малых энергиях, если атомы мишени имплантированы в проводящие кристаллы. На Рис. 2 приведено поведение так называемого астрофизического фактора $S(E)$ для реакции $d(d,p)t$ для случая, когда мишень дейтерия имплантирована в платину (LUNA collaboration). Экспериментальные данные фитируются с введением дополнительного экранирующего потенциала U_e . Этот экранирующий потенциал в случае кристалла платины оказался достаточно большим, около 675 эВ. В случае столкновения свободных атомов дейтерия этот потенциал составляет 27 эВ, что соответствует размерам невозбужденных атомов водорода.

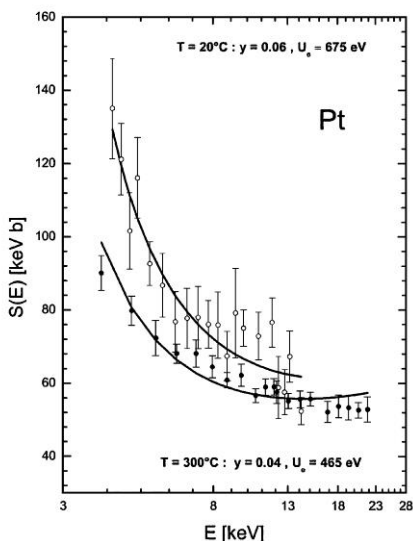


Рис. 2. Энергетическая зависимость астрофизического фактора $S(E)$ для экранирующего потенциала для процесса DD синтеза в кристалле платины. Экранирующий потенциал составляет 675 эВ.

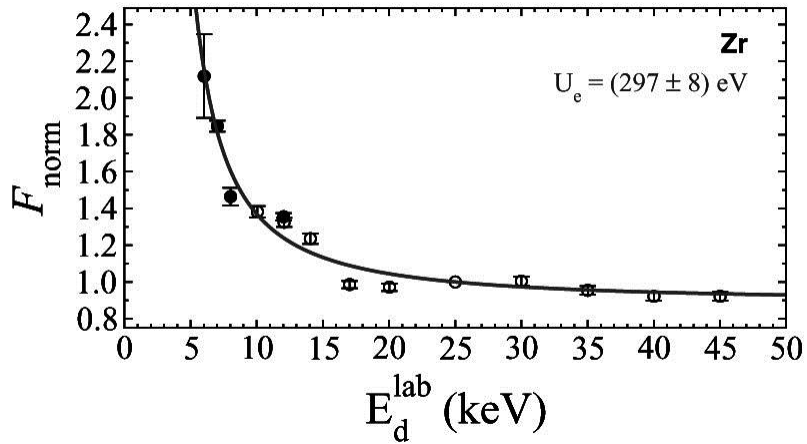


Рис. 3. Энергетическая зависимость астрофизического фактора $S(E)$ для процесса DD синтеза в кристалле циркония. Экранирующий потенциал составляет 297 эВ.

На Рис. 4 приведена схема возбуждения электронных уровней атома водорода. Обратим внимание на состояние $2p$, которое располагается всего на 10 эВ выше основного невозбужденного состояния $1s$.

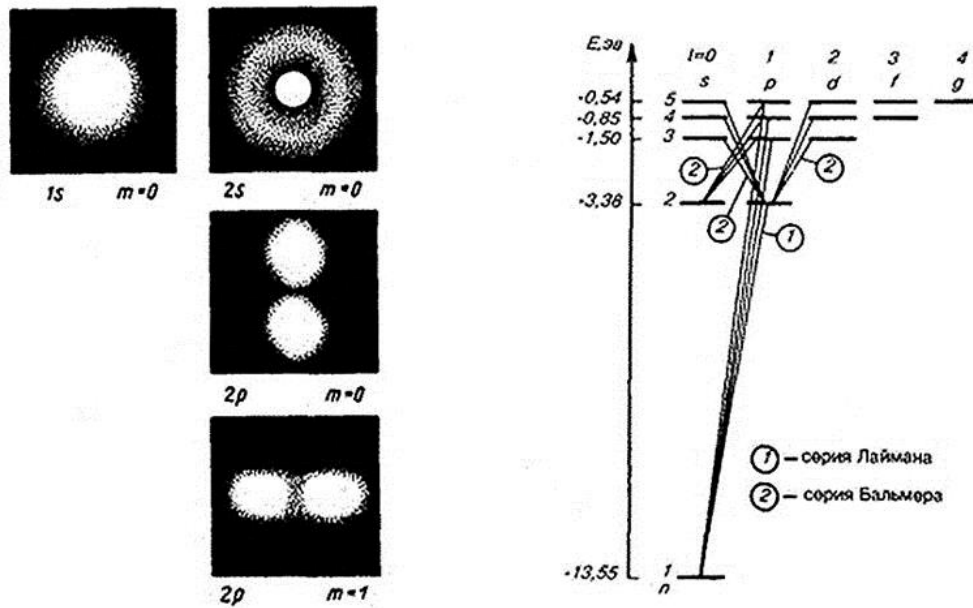


Рис. 4. Схема возбуждения электронных уровней атома водорода.

На Рис. 5 схематически представлены орбитали водорода в состоянии $1s$ и $2p$, рисунок взят из ©2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

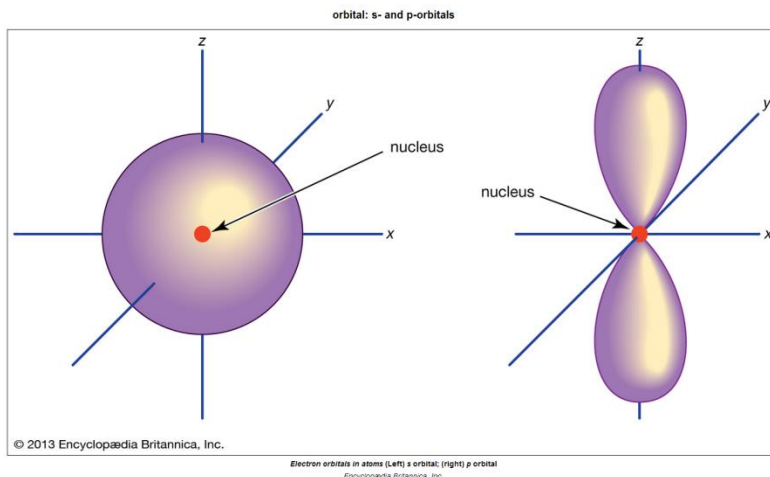


Рис. 5. Графическое представление орбиталей атома водорода в состоянии $1s$ и $2p$. Рисунок взят из ©2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

Из-за наличия свободных электронов проводимости в металлических кристаллах невозбужденное состояние $1s$ (на Рис. 5 слева) не может быть имплантировано в кристаллографическую ячейку металла, так как рассматриваемая ниша уже оккупирована этими электронами. Состояние $2p$ (на рисунке справа) допускает такую возможность. В сущности, сказанное выше полностью объясняет начальную стадию процесса холодного синтеза.

На Рис. 6 представлены орбитали (решение уравнения Шредингера) для атома водорода $2p$ и $7p$ из работы Марка Винтера, университет г. Шеффилда.

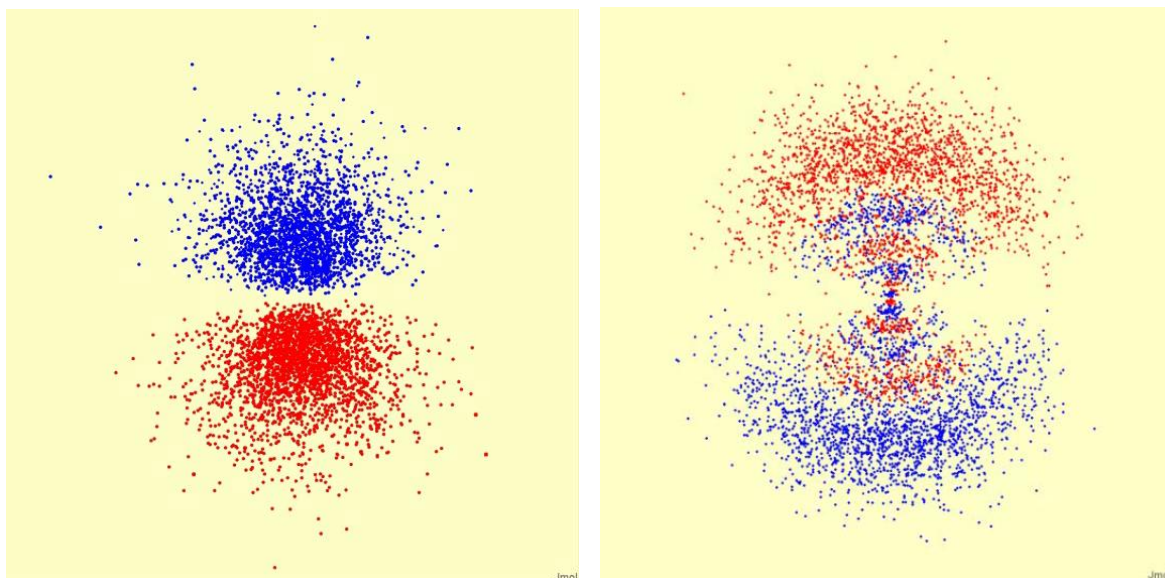


Рис. 6. Представление орбиталей (решение уравнения Шредингера) атома водорода $2p$ (слева) и $7p$ (справа) в работах Винтера.

Механизм холодного синтеза в проводящих кристаллах иллюстрирован на Рис. 7.

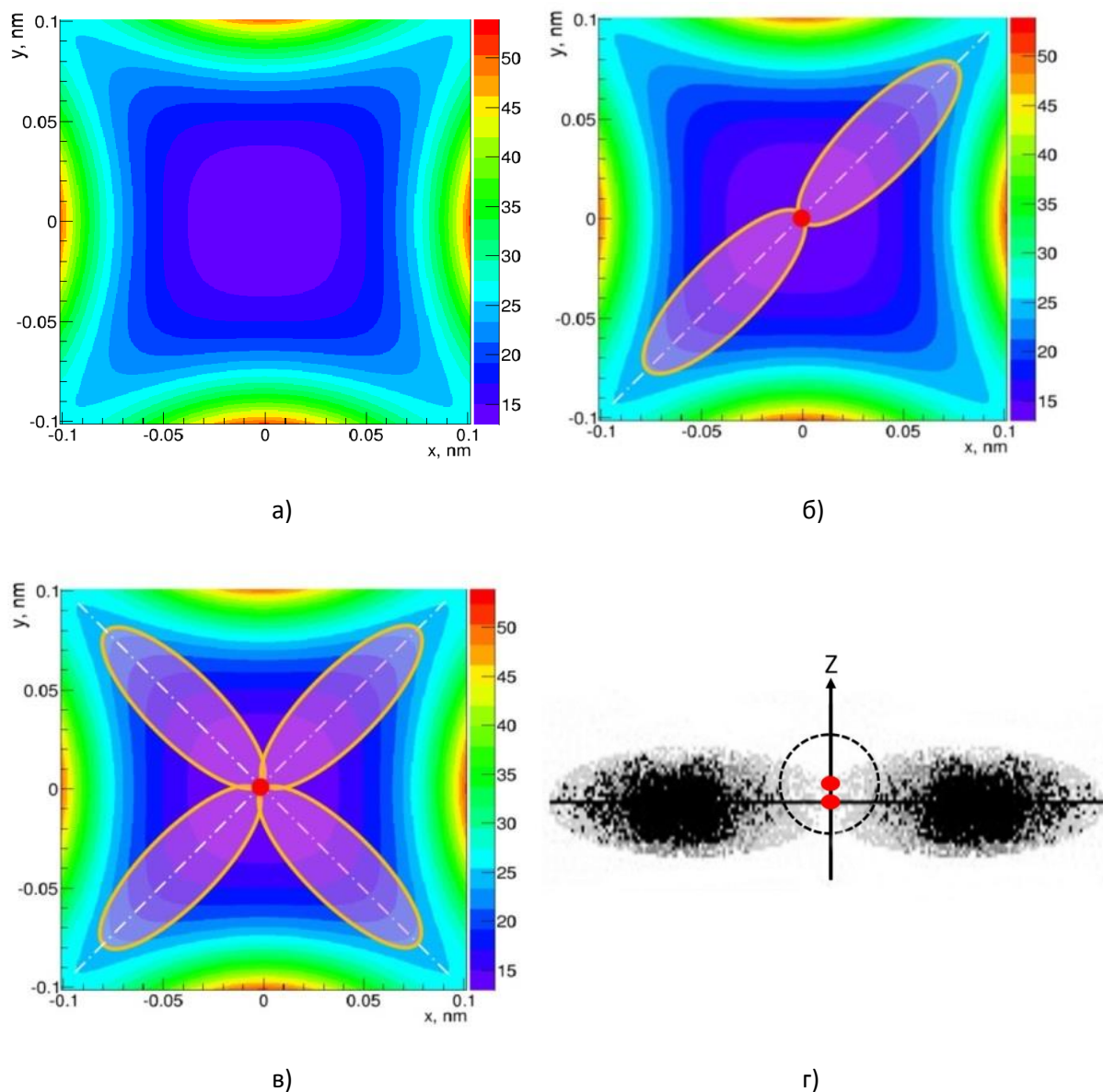


Рис. 7. Заполнение ячейки платины (fcc) двумя атомами дейтерия (в плоскости XY и вдоль вертикальной оси Z). Цветная шкала приведена в вольтах. Случай а) – пустая ниша кристалла платины в плоскости XY, при этом Z=0, б) – ниша заполнена одним атомом дейтерия, в) – ниша заполнена двумя атомами дейтерия. Рисунок г) – то же, что и в), но в направлении вертикальной оси Z.

Прозрачность потенциального барьера для реакции DD-синтеза приведена ниже. Потенциал экранирования U_e в этом случае работает как дополнительная энергия.

$$P = e^{-2\pi\eta} \quad (2\pi\eta = 31.41/E_{eff}^{1/2}, \quad E_{eff} = E + U_e)$$

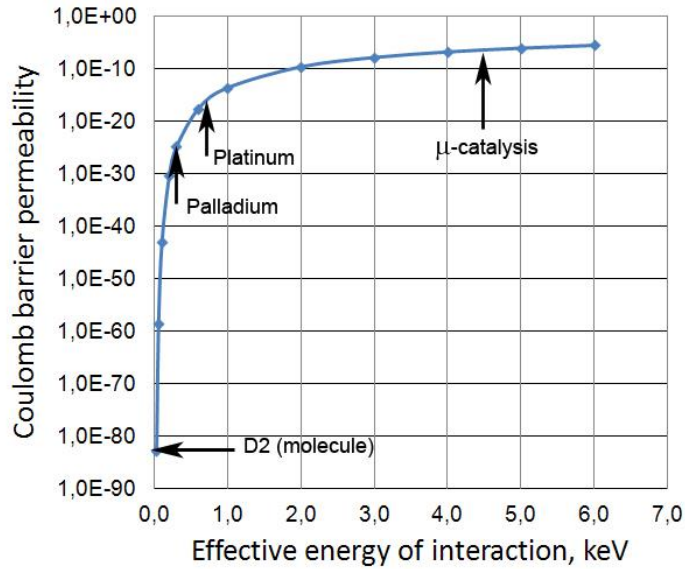


Рис. 8. Прозрачность кулоновского барьера для реакции DD в кристалле в зависимости от эффективной энергии взаимодействия E_{eff} .

Для холодного синтеза ($E \cong 0,040$ эВ) отношение прозрачности кулоновского барьера для атомов дейтерия, находящихся в одной и той же нише кристалла платины к соответствующей величине для свободной молекулы дейтерия $Pt/D2 \cong 10^{65}$. Именно это неожиданное обстоятельство делает процесс холодного синтеза в проводящих кристаллах возможным.

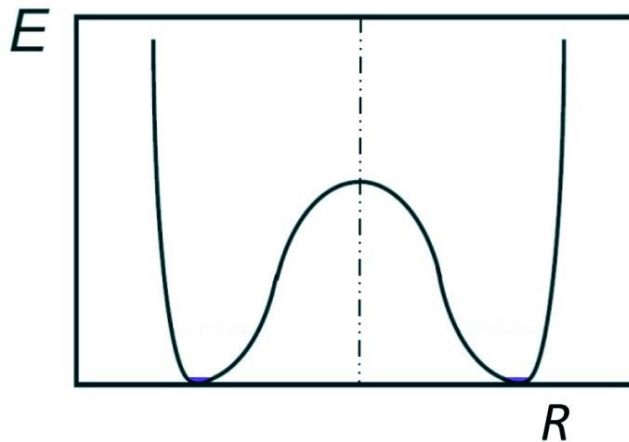


Рис. 9. Схематическое представление потенциала на дне потенциальной ямы сильных взаимодействий в случае холодного DD синтеза в проводящем кристалле. Энергия возбуждения ядра ${}^4\text{He}^*$ – тепловая, около 0,040 эВ. Дейтроны, проникшие в потенциальную яму посредством механизма холодного синтеза, попрежнему разделены остаточным кулоновским барьером.

Естественно предположить, что остаточный кулоновский барьер между ядрами дейтерия уже внутри потенциальной ямы сильных взаимодействий, а также низкая энергия возбуждения

промежуточного ядра замедляют протекание двух стандартных ядерных реакций в этом процессе: ${}^4\text{He}^* \rightarrow {}^3\text{H} + \text{p}$ и ${}^4\text{He}^* \rightarrow {}^3\text{He} + \text{n}$. Эта ситуация схематически представлена на Рис. 9. Необходимо подчеркнуть, что практическое отсутствие этих реакций в процессе холодного синтеза является неоспоримым экспериментальным фактом. Промежуточное ядро ${}^4\text{He}^*$ при низких энергиях возбуждения оказывается в метастабильном состоянии, так как испускание реального гамма-кванта в этом случае запрещено для объектов с нулевым орбитальным моментом.

В нашем случае сброс излишней энергии возбужденного ядра ${}^4\text{He}^*$ может происходить с помощью *виртуальных* гамма-квантов, когда их спин "направлен по оси времени". Этот процесс может занимать до 10^{-18} - 10^{-16} секунды. Диаграмма такого процесса представлена на Рис. 10.

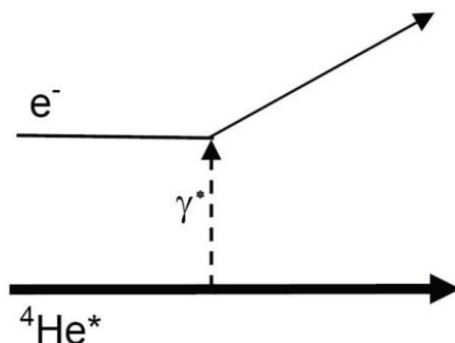


Рис. 10. Диаграмма процесса разряда избыточной энергии промежуточного ядра ${}^4\text{He}^*$ с помощью серии последовательных обменов виртуальными фотонами этого ядра с окружающей средой в проводящем кристалле. Для того, чтобы этот механизм работал, необходимо существование метастабильного состояния ${}^4\text{He}^*$.

На Рис. 11 представлены траектории первых 10 электронов, генерированных с помощью Монте-Карло в процессе холодного DD-синтеза в паллади. Размеры приведены в микрометрах. Заметим, что пробеги электронов не превышают нескольких микрон.

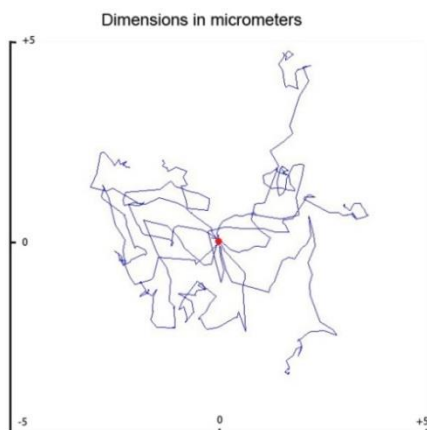


Рис. 11. Траектории первых 10 электронов, генерированных с помощью Монте-Карло в процессе холодного DD-синтеза в паллади. Размеры приведены в микрометрах.

Процесс адаптации научного сообщества к новым знаниям никогда не был легким. Существующая в настоящее время парадигма ядерной физики не предусматривает таких эффектов, как холодный синтез, хотя это явление не противоречит ни одному из фундаментальных законов природы. Все это усугубляется еще тем обстоятельством, что попытки найти решение управляемого ядерного синтеза, проводимые уже в течение около полувека, зашли довольно далеко. Наиболее продвинутой попыткой под названием международный проект ITER – токамак циклопических размеров и соответствующей стоимости – находится в настоящее время в процессе строительства. Реалисты оценивают окончание строительства и запуск этого сооружения в течение ближайших 35-50 лет. Настоящий проект ITER рассматривается лишь как исследовательский проект, после его запуска предполагается приступить к еще более циклопическому сооружению – промышленному токамаку. Вырисовываются перспективы гигантских финансовых и материальных затрат еще на полувеко.

Мировую топливную и нефтегазовую индустрию такой процесс вполне бы устраивал. Изменение климата, уменьшение популяции человечества, общественные катаклизмы – удел нашего общества в этом неблагоприятном сценарии.

Холодный ядерный синтез – реальная альтернатива этому трагическому сценарию. Мы верим, что в ближайшие годы произойдет осознание научных успехов так называемого холодного ядерного синтеза и наступит коренной перелом в прикладных ядерных исследованиях.

К сожалению, ситуация с широким признанием так называемого холодного ядерного синтеза кажется пока весьма далекой от успеха, несмотря на то, что в научном плане этот вопрос сейчас практически решен положительно как в экспериментальном, так и в теоретическом плане. В настоящее время мы стоим перед проблемой, которая по существу является не столько научной, сколько социологической. Как будут развиваться события в этом направлении, пока трудно предсказать. Смена парадигмы в науке никогда не являлась легкой задачей для общества. Мы должны предложить пути оптимального поведения ученых в этих условиях.

Полный pptx-файл моего доклада на Channeling 2014 содержится здесь:

<https://www.dropbox.com/s/2luysgmftjmcd1u/capri%202014-3.pptx?dl=0>

Дополнительная информация содержится на этом же веб-сайте:

<http://www.coldfusion-power.com/dubna-jinr.html>

Мы были бы очень признательны нашим читателям за ответ на это послание. Надеемся на Вашу поддержку.

С уважением,
Э.Н. Цыганов