

Семинар ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова, ОИЯИ, 7 июля 2014 г.

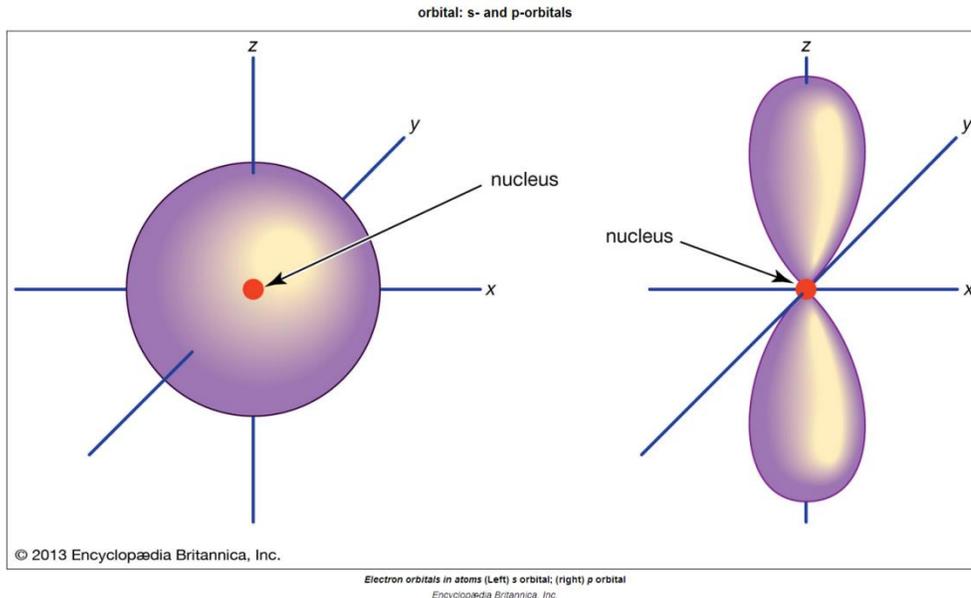
По согласованию с дирекцией Лаборатории Теоретической Физики им. Н.Н. Боголюбова, ОИЯИ я выступил 7 июля 2014 года на семинаре ЛТФ с докладом “DD синтез в проводящих кристаллах”. Хотя еще сравнительно недавно, в ноябре 2012 года, я уже выступал на эту тему в Лаборатории Физики Высоких Энергий ОИЯИ, быстрое развитие событий по данной тематике позволяет мне рассматривать этот семинар в ЛТФ весьма своевременным.

21-27 июля 2013 года в Университете Миссури, Колумбия, США, состоялась 18-я Международная конференция по холодному синтезу (ICCF-18). Эта конференция продемонстрировала все возрастающий интерес научного сообщества к этому природному явлению. На конференции были представлены новые экспериментальные данные по холодному синтезу и дана возможная теоретическая интерпретация этих результатов. Очередная конференция ICCF-19 состоится летом 2015 года в Венеции, Италия. Возможно, некоторый прорыв в понимании и признании холодного синтеза может начаться именно на ICCF-19.

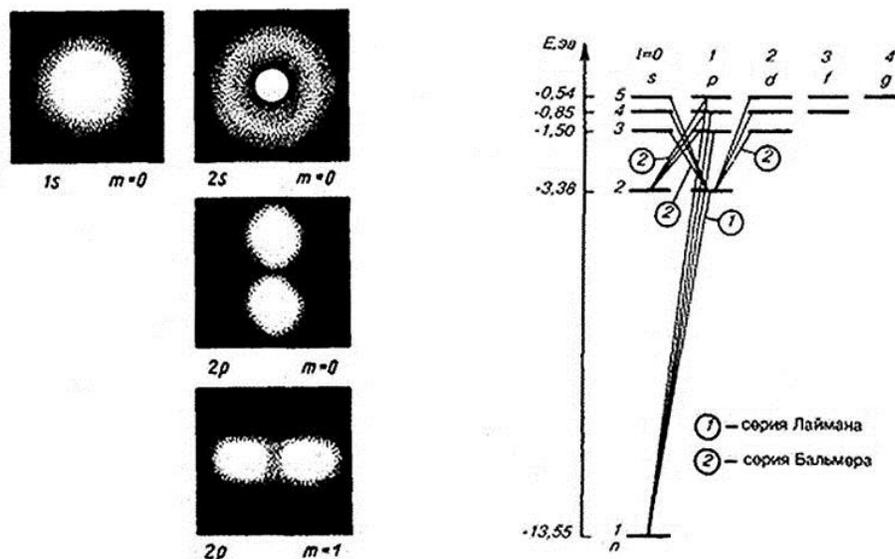
Сравнительно недавно мне самому удалось преодолеть некоторый психологический барьер, свойственный всем ядерщикам – пренебрежение ко всему “неядерному”. “Пускай химики с этим разбираются, наше дело – ядро и все, что связано с ним”.

В многочисленных экспериментах на ускорителях низких энергий довольно давно было замечено возрастание поведения вероятности реакции DD синтеза по сравнению с его расчетным значением в том случае, когда атом дейтерия-мишени имплантирован в металлические кристаллы. Этот эффект не наблюдается в тех случаях, когда этот атом дейтерия-мишени свободен или же имплантирован в полупроводники или в кристаллы-изоляторы. Так называемый потенциал электронного экранирования, который при столкновении свободных атомов дейтерия составляет около 27 эВ, то есть просто характеризует размеры атома дейтерия, в случае процесса DD синтеза в металлическом кристалле составляет около 300-700 эВ. По существу это означает, что в этих условиях атомы дейтерия сближаются без кулоновского отталкивания до расстояний в 1/10 – 1/20 от номинальных размеров этих атомов в свободном состоянии.

Чтобы понять, что это означает, достаточно заглянуть в Британскую Энциклопедию 2013 года на вот этот рисунок:



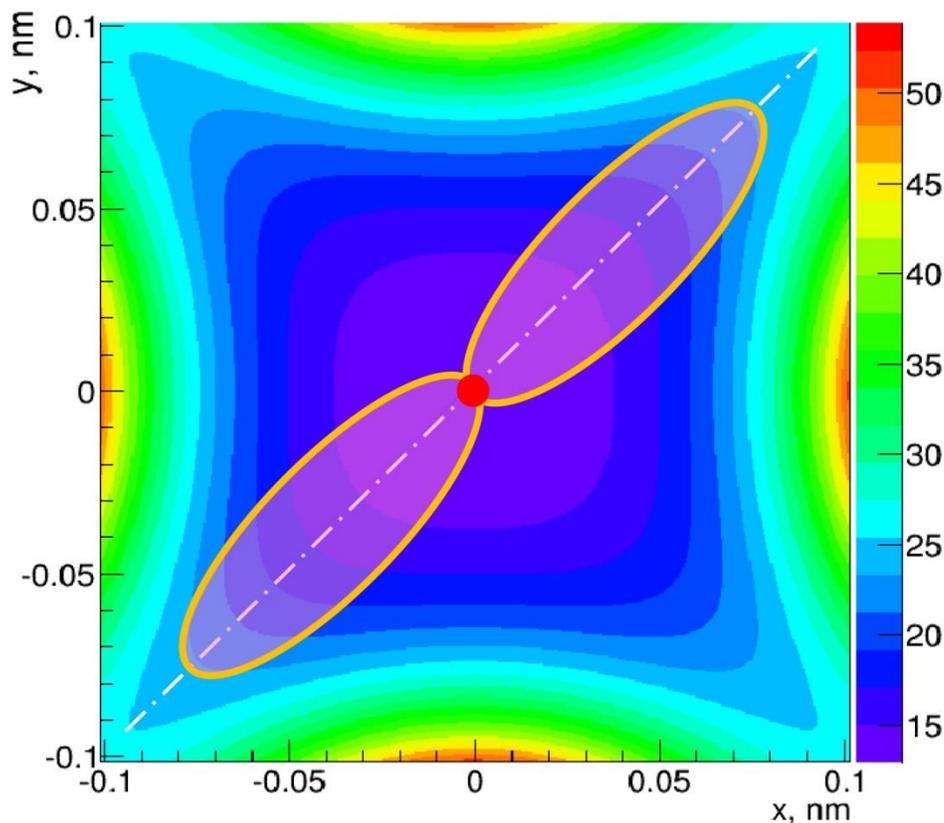
На этом рисунке слева схематически представлена орбиталь невозбужденного атома водорода в состоянии  $1s$ , справа – орбиталь первого возбужденного состояния атома водорода  $2p$ . Энергия возбуждения атома в состоянии  $2p$  составляет всего около 10 эВ. Данные о большом потенциале электронного экранирования в DD-реакции (300-700 эВ) в проводящих кристаллах, заполненных так называемыми свободными электронами проводимости, означают не что иное, как существование запрета для атомов дейтерия находиться в этой среде в состоянии  $1s$ . В то же время, состояние  $2p$  в этой среде оказывается разрешенным.



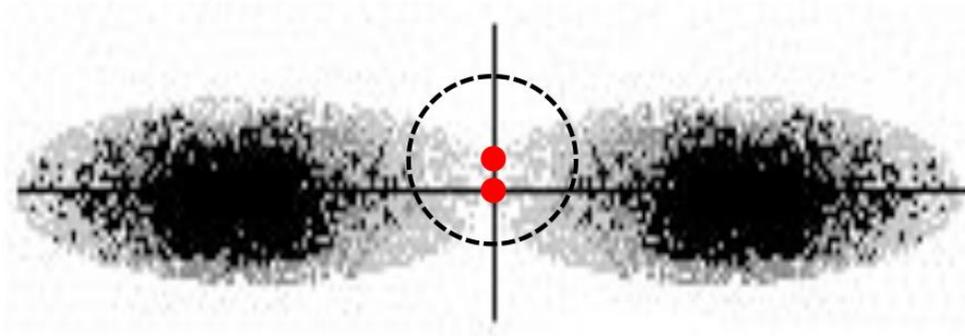
На приведенном выше рисунке приведено графическое изображение первых возбужденных орбиталей атома водорода и соответствующих уровней энергии электрона.

С учетом того обстоятельства, что пространственная ориентация состояния  $2p$  в структуре кристаллической ячейки является строго детерминированной относительно основных направлений кристаллографической решетки, при заполнении одной кристаллографической ниши двумя атомами дейтерия в состоянии  $2p$  или выше два ядра дейтерия могут располагаться в этой потенциальной нише на весьма близком расстоянии друг от друга. В этом случае “нулевые” квантовые вибрации сближенных ядер дейтерия вызывают резкий рост вероятности реакции DD-синтеза.

На рисунке ниже условно изображено расположение атома дейтерия в кристаллической ячейке платины. Цветная шкала показывает напряженность электрического поля в этой ячейке в Вольтах. Пространственное расположение атома дейтерия в кристалле в состоянии  $2p$  оказывается строго детерминированным.



На следующем рисунке схематически изображено расположение двух атомов дейтерия в состоянии  $2p$ , находящихся в одной кристаллографической нише.

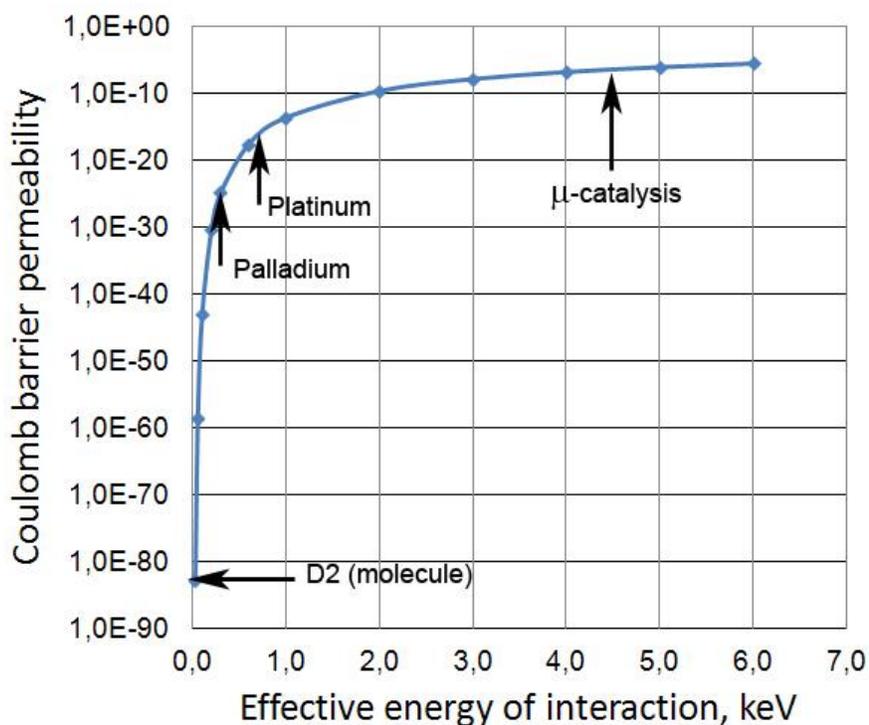


Следующий рисунок показывает зависимость прозрачности кулоновского барьера для этой реакции от потенциала электронного экранирования.

Проницаемость кулоновского барьера для DD-синтеза:

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

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  $Pt/D2 \cong 10^{65}$ .



В качестве заключения после проведения настоящего семинара в ЛТФ ОИЯИ хотелось бы сказать следующее:

В настоящее время существует достаточное количество экспериментов, подтверждающих существование явления так называемого холодного ядерного синтеза в случае насыщения проводящих кристаллов атомами дейтерия. Это связано с тем, что атомы дейтерия, имплантированные в металлические кристаллы, существуют в этой среде в возбужденном состоянии  $2p$  или выше. При этом стандартные ядерные моды распада промежуточного ядра  ${}^4\text{He}^*$  оказываются замедленными в значительной степени. Объяснением такого процесса может служить влияние остаточного кулоновского барьера уже в потенциальной яме сильных взаимодействий. В этом случае процесс “разряда” выделяющейся ядерной энергии при реакции  $\text{DD} \rightarrow {}^4\text{He}^*$  в количестве 24 МэВ может осуществляться последствием виртуальных фотонов, спин которых направлен по оси времени.

Процесс адаптации научного сообщества к новым знаниям никогда не был легким. Существующая в настоящее время парадигма всей ядерной физики не предусматривает таких эффектов, как холодный синтез, хотя это явление и 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 международного проекта 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 30-50 лет. Сам ITER строится 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 столетие.

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

Холодный ядерный синтез, о котором шла речь на моем семинаре – реальная альтернатива этому трагическому сценарию. Мы верим, что в ближайшие годы произойдет осознание научных успехов так называемого холодного синтеза и наступит коренной перелом в этих прикладных ядерных исследованиях.

Лично я верю, что ОИЯИ найдет возможность внести свой определяющий вклад в это новое научное направление.

Э.Н. Цыганов