

Ответ на критические замечания А.М. Попова, профессора кафедры
атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники Физического
факультета МГУ им. М.В.Ломоносова

Идеи о возможном объяснении эффекта так называемого холодного DD-синтеза в проводящих кристаллах, изложенные мной и моими коллегами в публикациях 2011-2014 гг., достигли, наконец, научных кругов моего родного Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники Физического факультета поручила профессору А.М. Попову объяснить мне, почему эти идеи несостоятельны.

Отдавая должное уважение кафедре атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники Физического факультета МГУ и лично профессору этой кафедры А.М. Попову, хочу отметить, что основные его возражения против возможности холодного синтеза связаны с непониманием специфики этого процесса в условиях в проводящих кристаллов. Нужно отметить, что он совсем не одинок в этом. Это обстоятельство является следствием неизбежной узкой специализации современной науки, ее “доменной” структуры. Как отмечал еще Козьма Прутков – “Специалист подобен флюсу: полнота его односторонняя”.

В своем отзыве профессор А.М. Попов, пишет: “**Подход Цыганова Э.Н. к обоснованию возможности реакции синтеза, протекающей в дейтерии, растворенном в кристаллах Pt (Pd), фактически является попыткой обосновать возможность существенного уменьшения расстояния между дейтронами при растворении в них дейтерия**”. Если бы профессор А.М. Попов перешел небольшой сквер между физическим факультетом МГУ и химическим факультетом МГУ, он легко мог бы узнать, что состояние атома водорода (“**например, 2p**”) выглядит следующим образом:

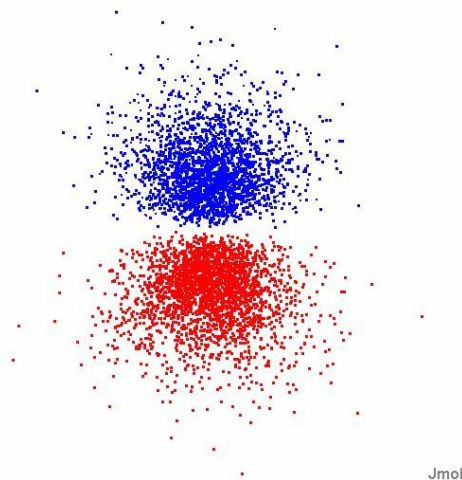
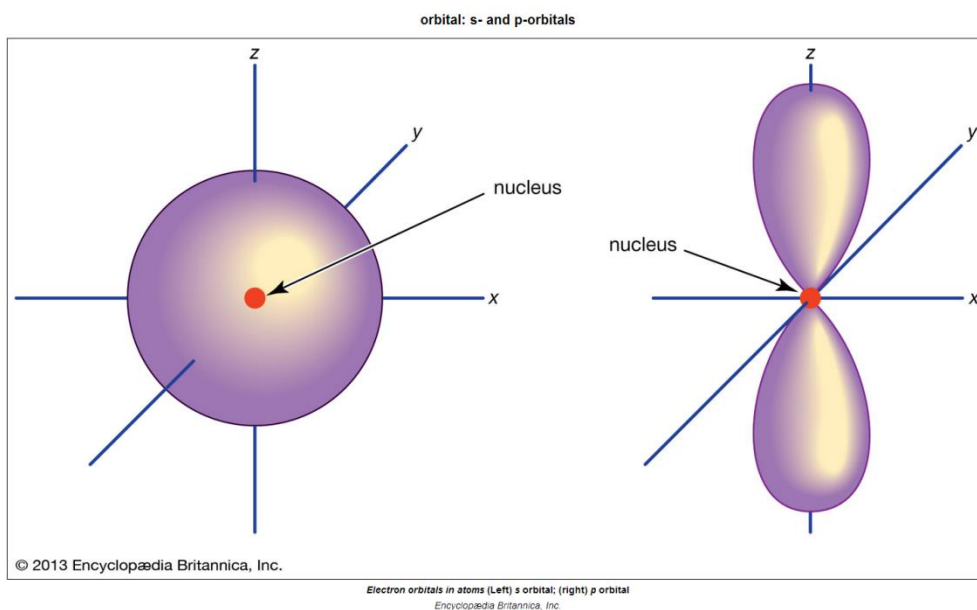


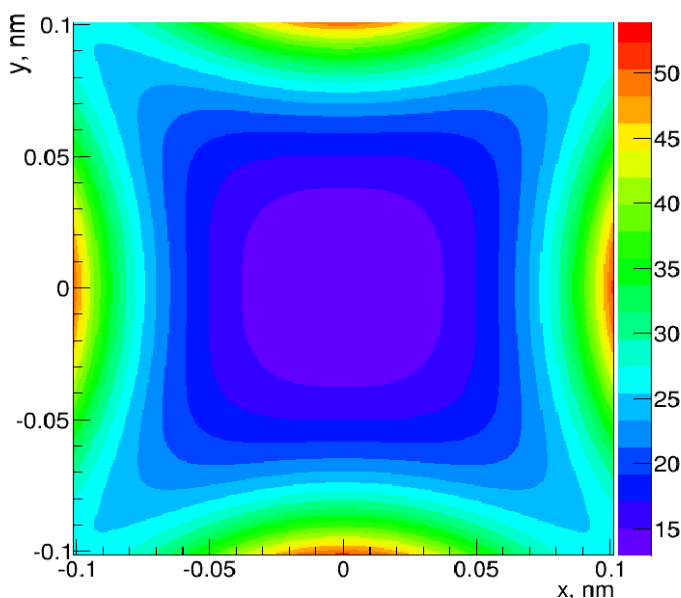
Рисунок взят из работ доктора Винтера, университет г. Шеффилда, Великобритания [1]. На

этом рисунке ядро атома находится между двумя “электронными кластерами”. Понятие атомных орбиталей давно вошло в лексикон как физики, так и химии. Вот как это было проиллюстрировано в недавнем выпуске Британской Энциклопедии:



На этом рисунке слева изображен атом водорода в состоянии $1s$, справа – атом водорода в состоянии $2p$. Контуры ограничивают 95% плотности “облака электронов”. Конечно, Британскую Энциклопедию можно в чем-то упрекнуть, но резкое отличие между состоянием $1s$ и состоянием $2p$ продемонстрировано.

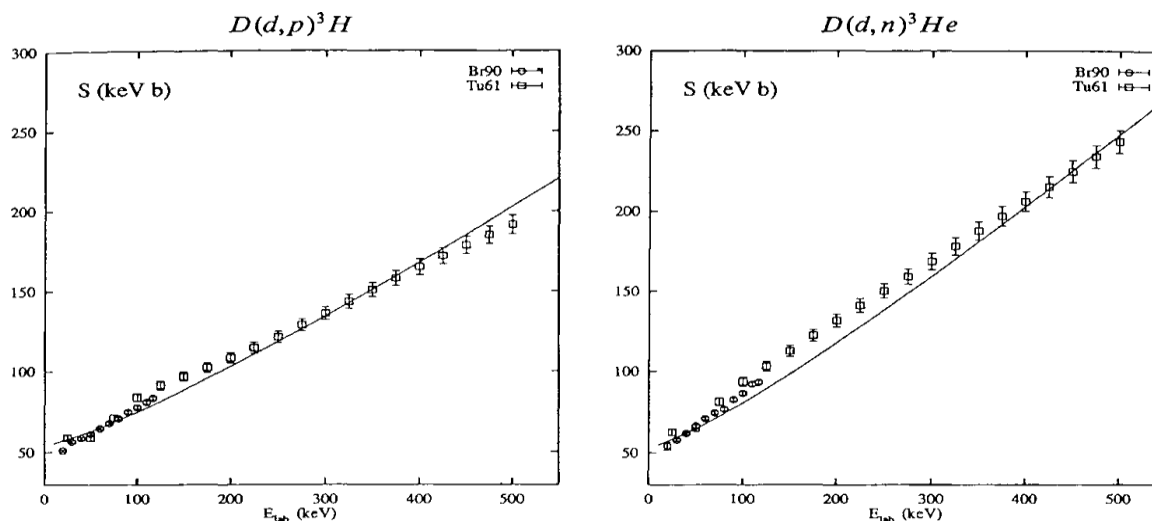
Если бы профессор А.М. Попов заглянул к своим коллегам на кафедру кристаллографии физического факультета МГУ, то он мог бы узнать, что карта электрических полей в центральной части кристаллографической ячейки платины выглядит так:



Здесь вертикальная цветная шкала справа показывает значение электрического потенциала в центральной части кристаллической ячейки платины в вольтах. Именно в центральной области кристаллографической ячейки металлов сосредотачиваются так называемые *свободные электроны проводимости*, наличие которых приводит к резкому отличию вероятности реакции DD-синтеза в том случае, когда частица мишени имплантирована в металлический кристалл, от ее расчетного значения. Профессор А.М. Попов мог бы *обратить внимание* на то, что это резкое отличие вероятности DD-синтеза при имплантации атомов мишени дейтерия в металлы не наблюдается, если атомы мишени имплантированы в полупроводники, изоляторы, или находятся в свободном состоянии в конденсированной среде. Повидимому, именно свободные электроны металла накладывают запрет на возможность “растворения” атомов водорода в металле, если эти атомы находятся в своем основном состоянии $1s$. В то же время атомы водорода в состоянии $2p$ спокойно “уживаются” с этими свободными электронами проводимости.

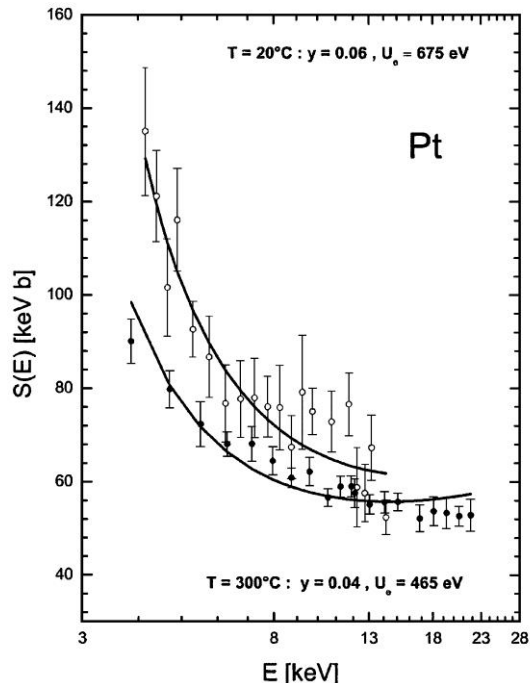
Хотя, в отличие от холодного синтеза, где процесс основан на квантовых вибрациях связанной DD системы и весьма напоминает цитируемый профессором А.М. Поповым DD-катализ, в ускорительных экспериментах, как и в токамаках или в устройствах инерциального синтеза, проникновение через кулоновский барьер осуществляется в процессе *однократного столкновения*. Здесь необходимо подчеркнуть, что зависимость вероятности туннелирования ядер дейтерия через кулоновский барьер от энергии дейтронов является аналогичной для всех этих трех случаев.

На рисунке ниже приводятся ускорительные данные о реакциях DD-синтеза в широкой области энергий [2].



На следующем рисунке приводится поведение нормированной астрофизической функции $S(E)$ в случае DD-синтеза на ускорителях в области малых энергий при столкновении частиц для случая, когда атомы дейтерия-мишени имплантированы в платину для наблюдения реакции $D+D \rightarrow ^3H+p$ [3]. Вместо того, чтобы стремиться к

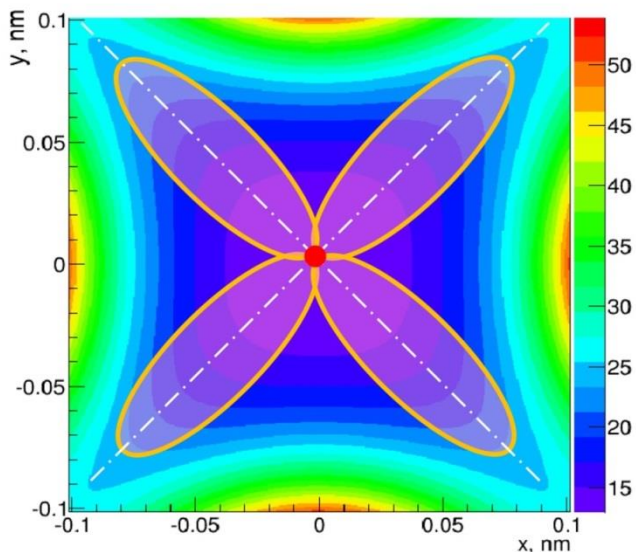
пределу около 50 кэВ-барн, как это происходит в случае неметаллов, значения $S(E)$ начинают возрастать.



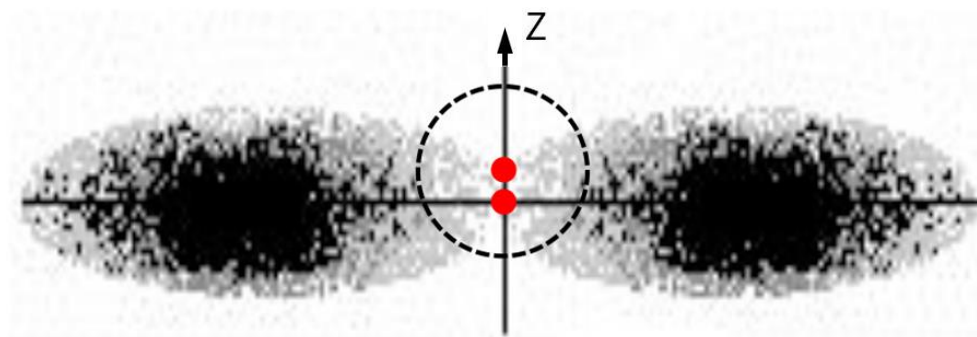
Из этих данных становится очевидным, что в условиях платины оба сталкивающиеся атомы дейтерия находятся в состоянии $2p$ (или $2p+3p$). Так называемый эффективный радиус экранирования атомов дейтерия в платине при этом оказывается равным 675 эВ. По твердому убеждению профессора А.М. Попова, такого быть не может. Повилимому, “потому что этого не может быть никогда”.

Случай, когда два атома дейтерия в состоянии $2p$ находятся в одной и той же нише кристалла платины, мог бы выглядеть так, как изображено на рисунках ниже [4]:

Вид “сверху”:

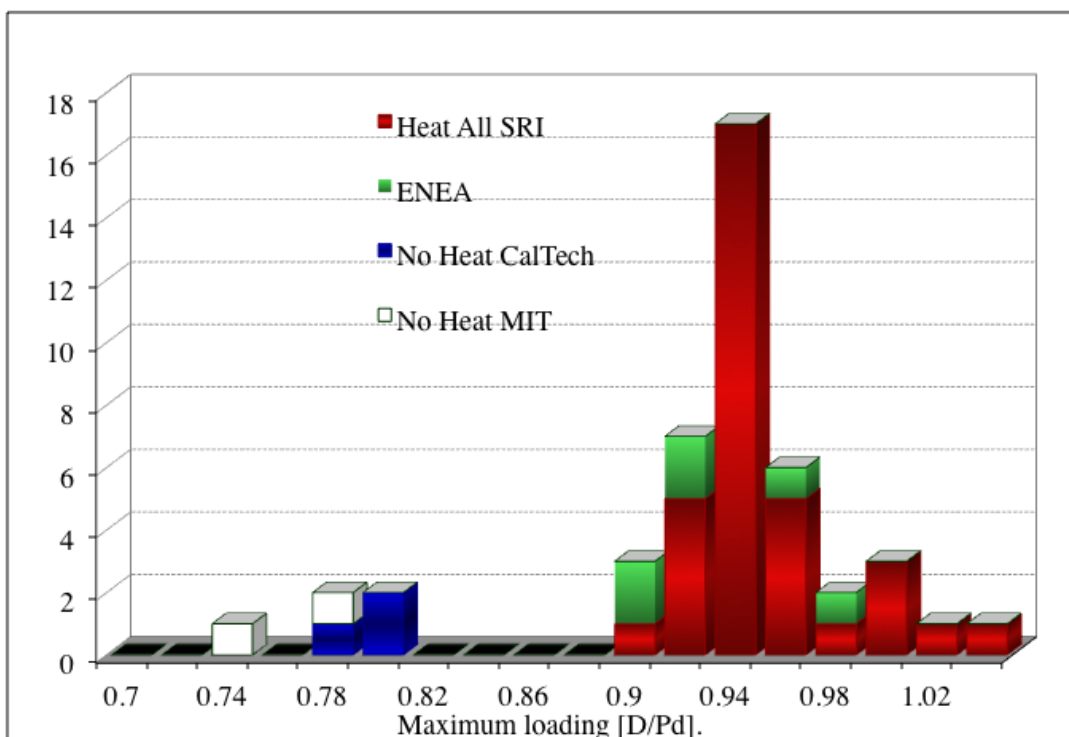


Вид “сбоку” (под углом 45°):



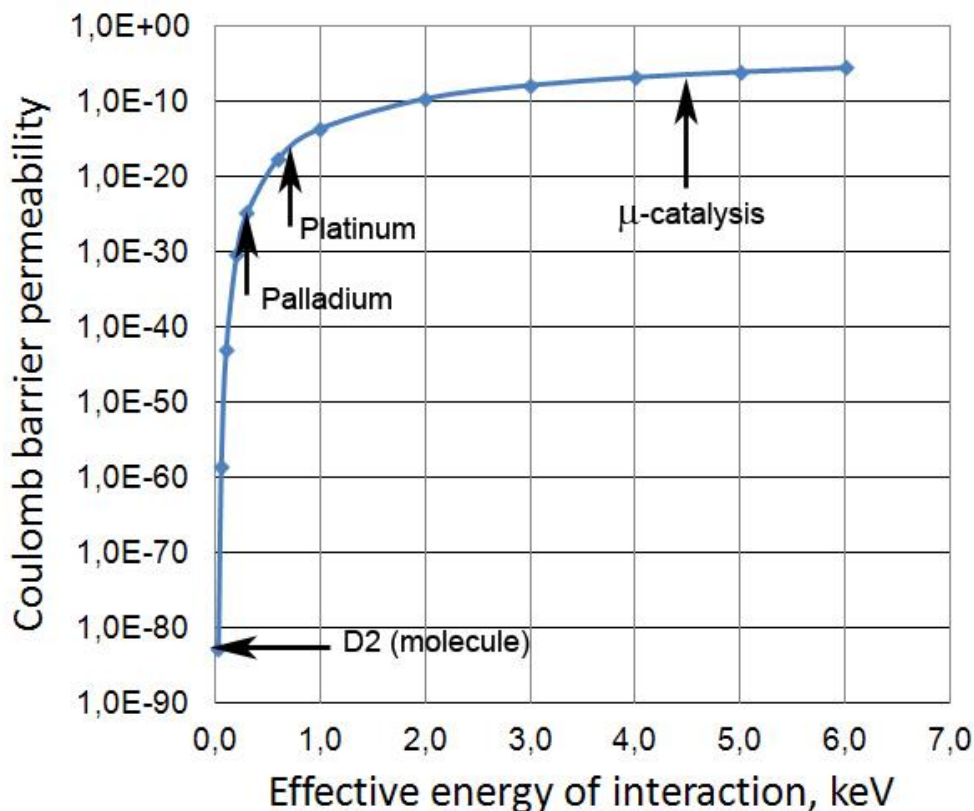
Указанные типы конфигураций остаются стабильными вследствие неоднородности электрических потенциалов в решетке кристалла, в пределах соответствующего “квантового дрожания”. Некоторым читателям захочется воскликнуть “а все-таки они вернутся!” – но это совсем не тот случай, который описан в легенде о Галилее. Жесткий порядок в кристалле для указанных орбиталей соблюдается абсолютно в условиях кристаллической решетки.

В экспериментах группы Мак-Кубре (Stanford Research Institute, International) было показано, что процесс холодного синтеза в проводящих кристаллах начинается только тогда, когда все наиболее глубокие (октаэдральные) ниши оказываются уже однократно заполненными атомами дейтерия [5]:



Первая попытка учета конечных размеров атомов дейтерия в реакции синтеза была проведена в работах Ассенбаума и др. [6]. В этой работе было показано, что этот эффект для столкновения свободных атомов дейтерия может быть учтен введением добавочной

энергии взаимодействия $U_e=27$ эВ. Обобщение этого подхода показывает, что он справедлив, пока максимальная амплитуда потенциального барьера (около 200 кэВ) много больше вводимой поправки. Экспериментально измеренная величина поправки U_e для платины 675 эВ удовлетворяет этому условию. Ниже приводится график [4] зависимости прозрачности кулоновского барьера от эффективной энергии DD-взаимодействия в с.ц.м.



Очень хорошее предложение о проведении теоретических расчетов процесса сделано в конце письма профессора А.М. Попова. Однако, в этом предложении профессор А.М. Попов забыл о **главном** – об учете влияния свободных электронов проводимости в металлическом кристалле на возбуждение орбиталей “растворяемого” дейтерия. Получается как в басне И.А. Крылова: “Ну, братец, виноват: слона-то я и не приметил”. Как советует известный российский исполнитель шуток: “Тщательнее надо, тщательнее.” Тем не менее, соображения профессора А.М. Попова по вопросу учета этого эффекта были бы весьма ценны. Даже так называемые **“словесные спекуляции”** здесь были бы уместны. Как нам кажется, кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники МГУ могла бы стать наилучшим местом для проведения этих расчетов.

Пользуясь случаем, хочу обратить внимание кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники МГУ на недавние успехи в области холодного ядерного синтеза сотрудника МГУ кандидата физико-математических наук А.Г. Пархомова:

https://docviewer.yandex.com/?url=ya-disk-public%3A%2F%2FymuhQkXSD6eVmYUi1bHP87eU8G5wmG0yyk9iMhKEiyo%3D&name=29_01_2015_%D0%A0%D0%A3%D0%94%D0%9D_%D0%9F%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B2_%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B83.pdf&c=54f283300f4e

<http://my.mail.ru/mail/gopri/video/597/1504.html>

<http://vimeo.com/118323825>

Полезно также обратить внимание на наши высказывания об опытах России в 2012 году:

http://www.coldfusion-power.com/uploads/7/3/6/7/7367632/5_proceedings_-2012_short_short.pdf

Э.Н. Цыганов

Доктор физико-математических наук, профессор

Лауреат Государственной Премии Российской Федерации в области науки и техники

Литература:

1. M.J. Winter. Department of Chemistry, University of Sheffield S3 7HF, UK.
<http://winter.group.shef.ac.uk/orbitron/>
2. S(E) – astrophysical factor for reactions $D(d,p)^3H$ and $D(d,n)^3He$, S. Lemaître, and H. Paetzgen. Schieck, Ann. Physik 2 (1993), 503.
3. F. Raiola, (for the LUNA Collaboration), B. Burchard, Z. Fulop, et al., Eur. Phys. J. A27 (2006) 79.
4. Cold nuclear fusion, E.N. Tsyganov, M.D. Bavizhev, M.G. Buryakov, S.B. Dabagov, V.M. Golovatyuk, S.P. Lobastov, NIMB, 2015, in press.
5. C.H. Michael McKubre et al., Journal of Condensed Matter Nuclear Science, Volume 8, 2012, p. 187.
6. H. J. Assenbaum, K. Langanke and C. Rolfs, Z. Phys. A – Atomic Nuclei 327 (1987) 461–468.