“Есть многое на свете, друг Горацио,
что и не снилось нашим мудрецам”
Шекспир

Э.Н. Цыганов

Cold Fusion Power, International
OSNovation Systems, Inc., Santa Clara, CA

ХОЛОДНЫЙ ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

1983 – об участии ОИЯИ в эксперименте DELPHI

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Холодный ядерный синтез. *Заглянуть за горизонт…*

Фламмарион, 1888, по мотивам 16-го столетия

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Юлиан Швингер

Попытался “заглянуть за горизонт...”

“The pressure for conformity is enormous. I have experienced it in editors’ rejection of submitted papers, based on venomous criticism of anonymous referees. The replacement of impartial reviewing by censorship will be the death of science”.

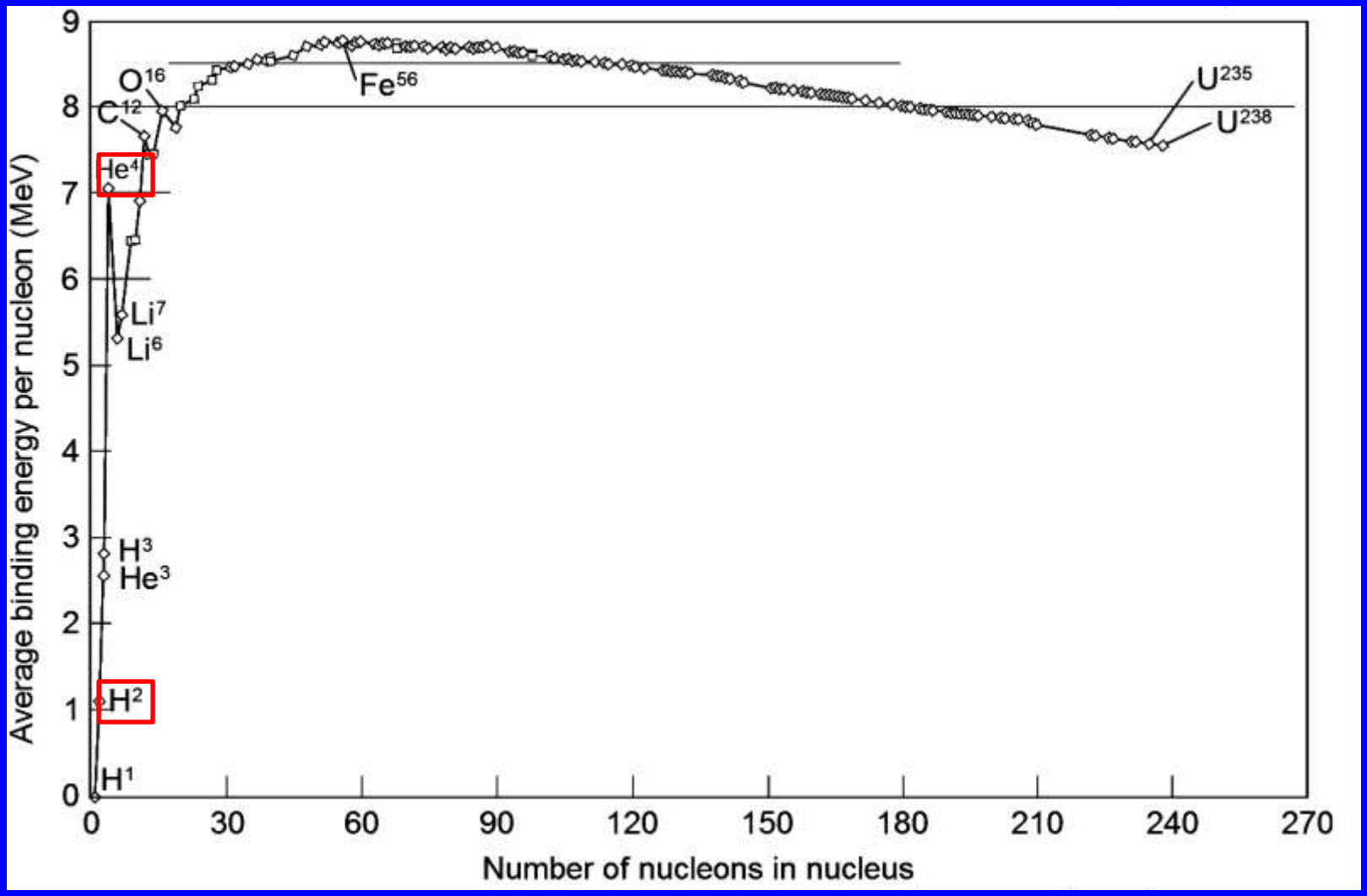
Заявление, сделанное Швингером при выходе из Американского Физического Общества.

Ричард Фейнман

“Физика – наука экспериментальная”

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Энергия связи



В настоящее время человечество подошло к такой стадии развития, когда борьба за энергетические ресурсы становится особенно актуальной. Все известные источники энергии уже в ближайшее время не смогут обеспечить наши потребности. Химическая энергия ограничена также так называемым парниковым эффектом.

Ядерная энергия, основанная на использовании делящихся материалов, не является долгосрочным решением проблемы, так как запасы этих материалов ограничены. Кроме этого, безопасное сохранение радиоактивных отходов из этих процессов на срок до 10,000 лет представляет собой серьезную проблему.

Сечение синтеза при столкновении двух ядер дейтерия:

$$\sigma(E) = S(E)\, E^{-1} \exp(-2\pi\eta(E))$$

$$2\pi\eta(E) = 31.41/E^{1/2}$$

Здесь кинетическая энергия дейтронов E приведена в системе центра масс в кэВ. $S(E)$ - астрофизический фактор, который в области малых энергий можно считать постоянной величиной. Основная зависимость сечения синтеза от энергии содержится в выражении $\boxed{\exp(-2\pi\eta(E))}$, которое определяет вероятность проникновения дейтрона через кулоновский барьер при однократном столкновении. В случае столкновения атомов энергию E нужно заменить на $E_{eff} = E + U_e$, где $U_e = e^2/R_a$. Для невозбужденного атома водорода U_e = 27 эВ.

Первоначальные оптимистические ожидания перехода к процессу управляемого термоядерного синтеза так и не материализовались.

Технические трудности устойчивого получения сверхгорячей плазмы и разрушающее воздействие громадного нейтронного потока, возникающего вследствие термоядерных реакций, отодвигают решение этой задачи на все более отдаленное и неопределенное будущее.

Термин “холодный ядерный синтез” описывает ряд процессов при сравнительно низкой температуре, приводящих к выделению тепла за счет слияния двух ядер.

В нормальных условиях такие процессы практически запрещены кулоновским барьером, который препятствует сближению ядер.

Я.Б. Зельдович, С.С. Герштейн, УФН т. LXXI, вып. 4, 1960 г., с. 581. Рассмотрение пьезо-синтеза.

Я.Б. Зельдович

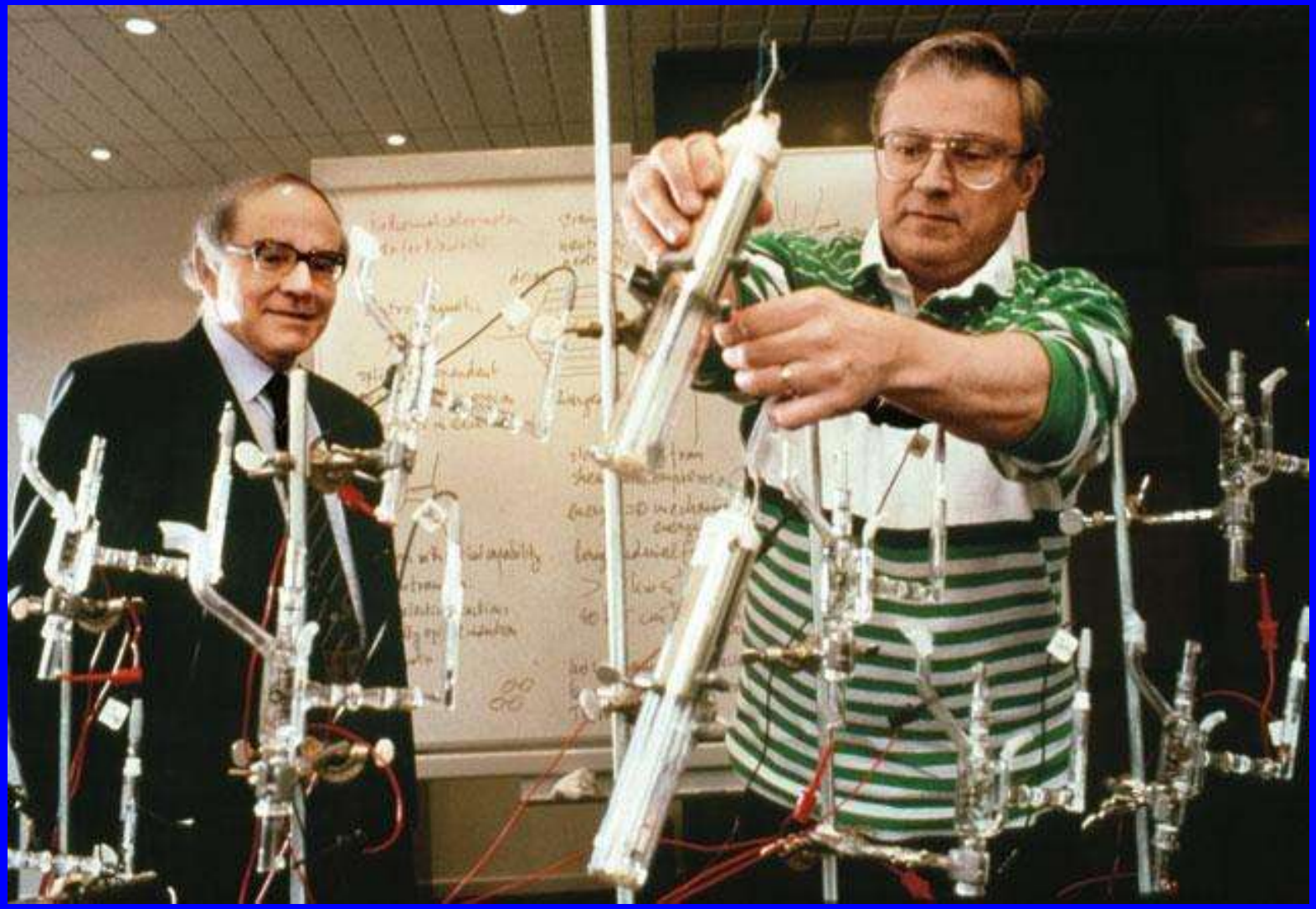
С.С. Герштейн

$$B = \exp\left\{-\frac{2}{\hbar}\int_{x_1}^{x_2}\sqrt{2M\left(U(x)-E\right)}\,dx\right\} = \exp\left\{-\frac{2}{\hbar}\sqrt{2M\overline{U}}\,(x_2-x_1)\right\}$$

Давления, необходимые для достижения эффекта пьезо-синтеза, оказались чрезвычайно высокими.

Около 25 лет тому назад Флейшманом и Понсом были выполнены эксперименты, показавшие возможность “холодного” синтеза, если ядерные реагенты имплантированы в металлические кристаллы.

Мартин Флейшман и Стэнли Понс, 1989

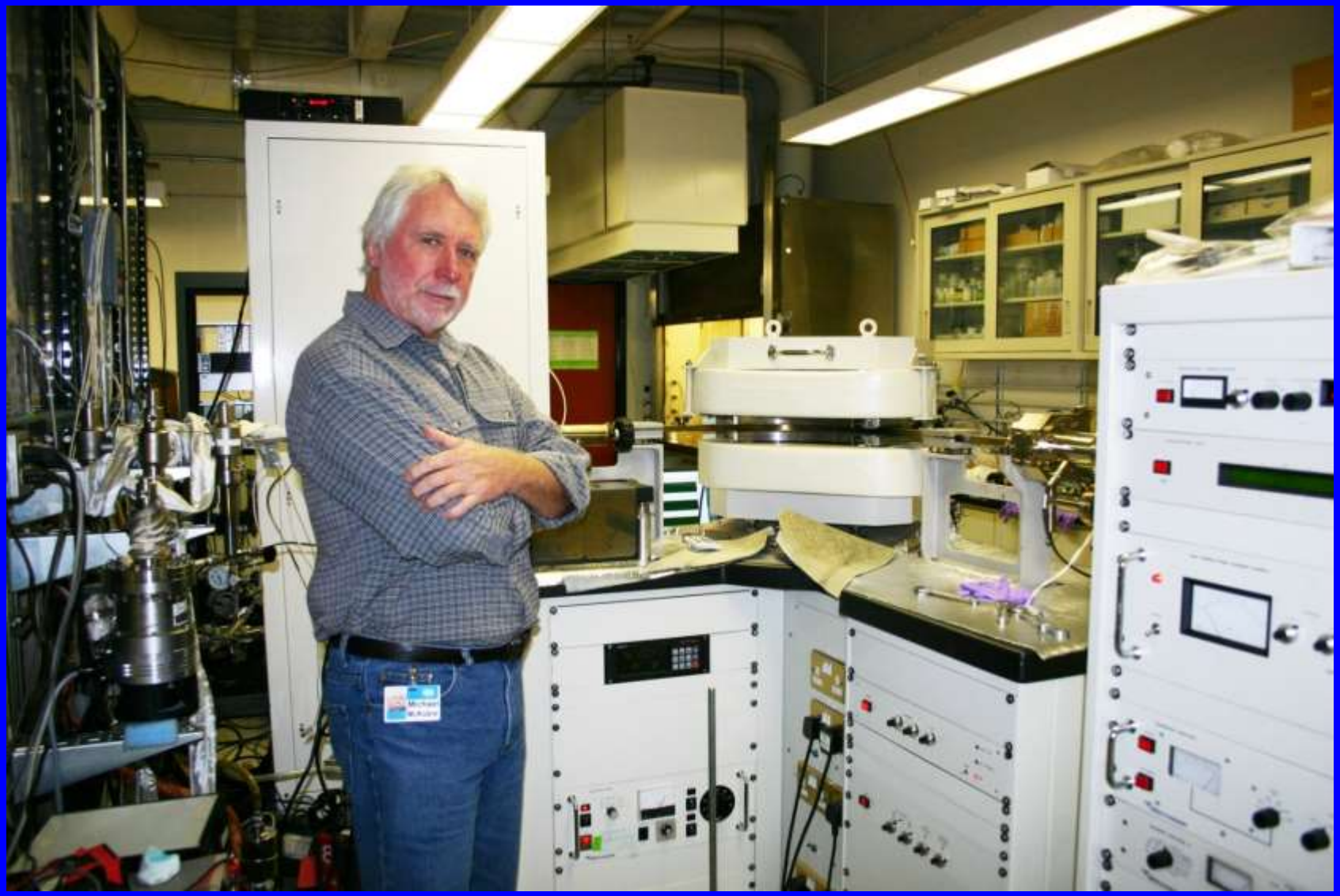


ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Быстро отвергнутые большинством ученых как невоспроизводимые и не имеющие непротиворечивой теоретической интерпретации, эти эксперименты, тем не менее, постепенно стали давать повторяющиеся результаты.

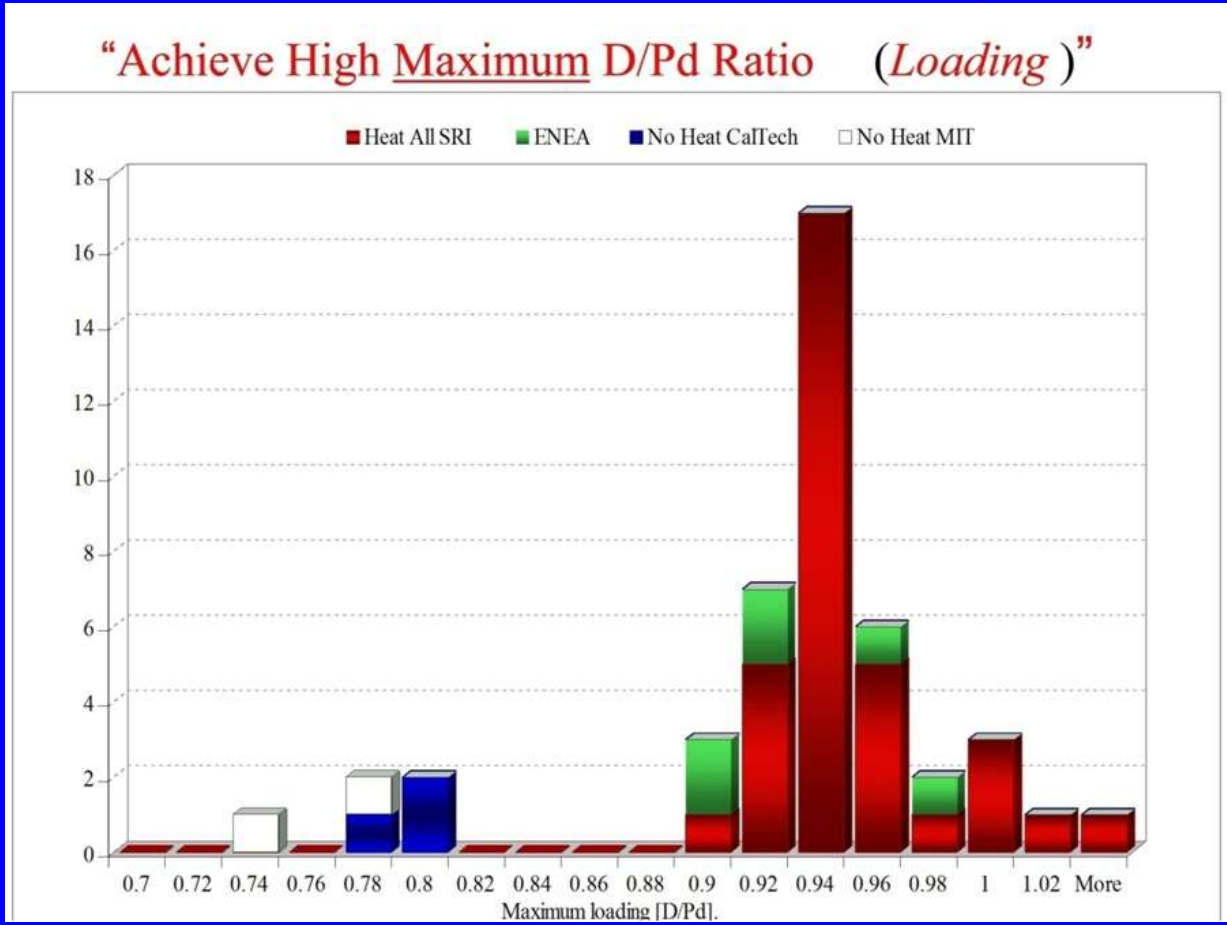
Классическим примером стали опыты, выполненные доктором Мак-Кубре и его коллегами в Стенфордском Международном Исследовательском Институте. Результаты этих экспериментов надежно продемонстрировали выделение тепла нехимического происхождения, при этом эффект выходит за пределы 100 экспериментальных ошибок.

Доктор Мак-Кубре в своей лаборатории



ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Успех эксперимента критически зависит от концентрации дейтерия.

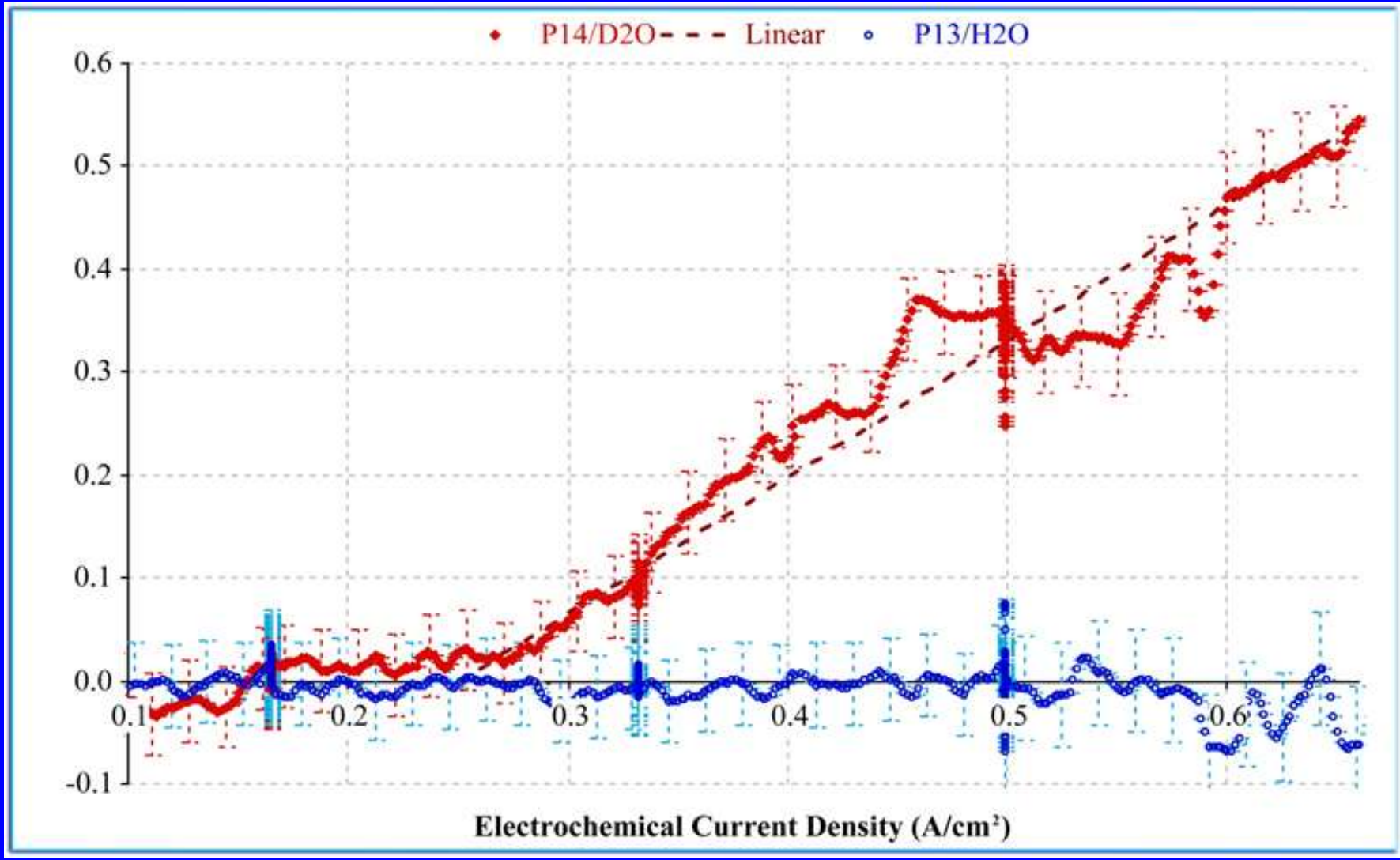


Michael C.H. McKubre, Francis L. Tanzella, and Vittorio Violante, Journal of Condensed Matter Nuclear Science, Volume 8, May 2012, p. 187

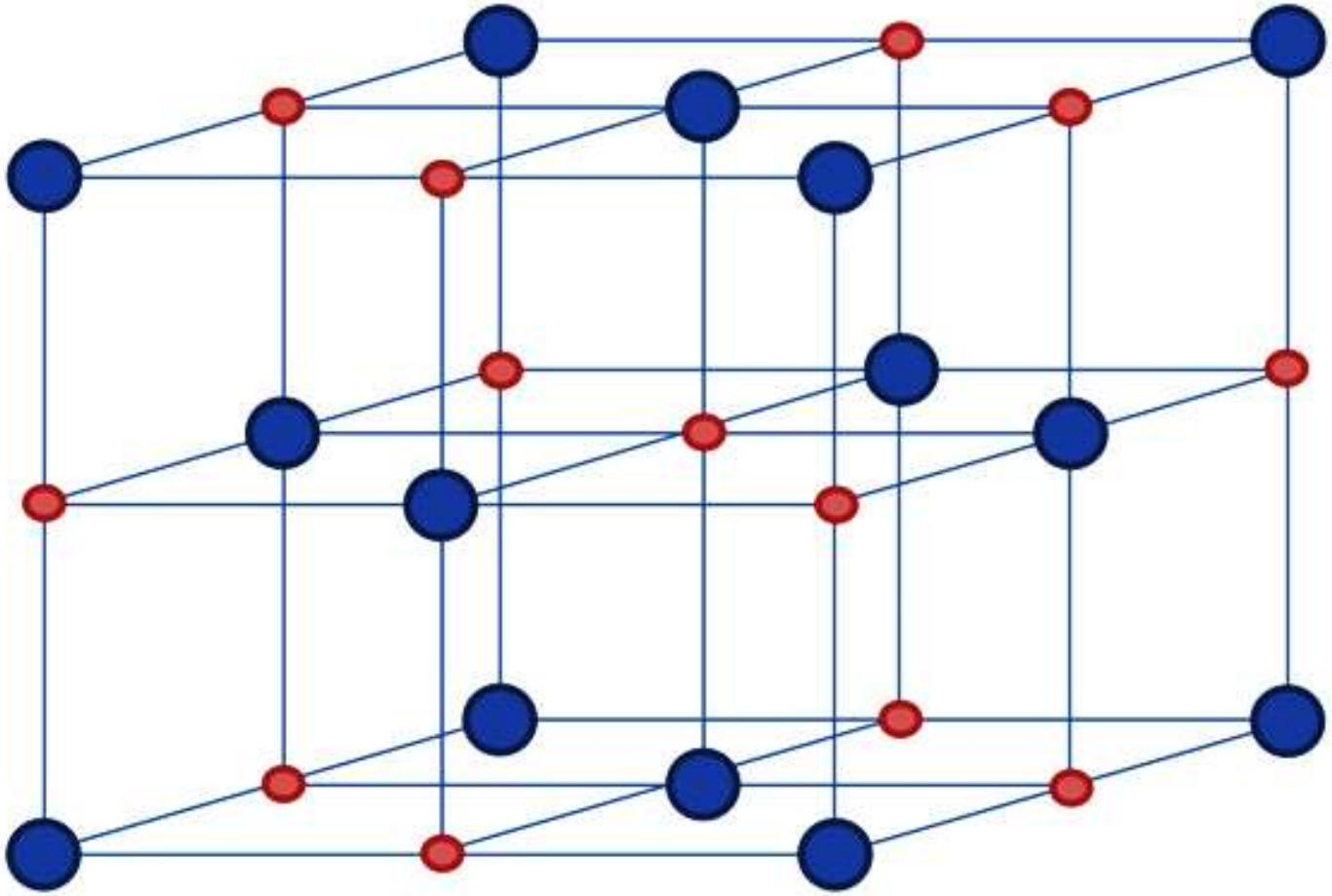
ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ

Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Выделение тепла (excess power, W) в зависимости от значения электрохимического тока в опытах Мак-Кубре



Структура кристалла fcc. Малыми кружками отмечены октаэдральные (наиболее глубокие) ниши



История холодного синтеза “в пробирке”

1. **Мартин Флейшман** **1989 – 2012**
2. **Микаэл Мак-Кубре** **1992 – сегодня**
3. **Йошиаки Арата** **1998 – 2008**
4. **Хагельстайн и Шварц (MIT)** **1992 – сегодня**

Около 20 – 30 групп работают в США, Западной Европе, России, Японии, Китае.

За последний год выдано 4 первых патента по холодному синтезу (США, Европа, Китай)

История холодного синтеза – основные участники

Мартин Флейшман (1927–2012)
D+D в палладии
1989

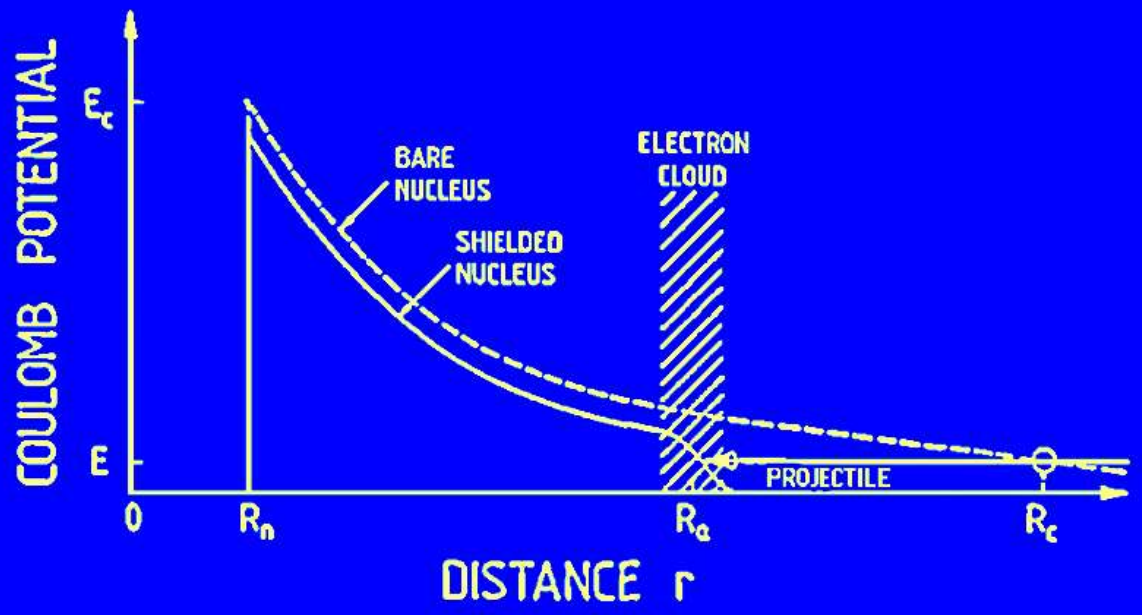
Микаэл Мак-Кубре
D+D в палладии
1992 – по настоящее время

Йошиаки Арата
D+D в палладии (ZrO_2)
1998-2008

Подтверждение идеи холодного синтеза неожиданно пришло из экспериментов на ускорителях.

В квантово-механическом рассмотрении процесса синтеза экранирующий потенциал электронов U_e эквивалентен ***добавочной энергии*** (H.J. Assenbaum, K. Langanke and C. Rolfs, 1987). “The penetration through a shielded Coulomb barrier at projectile energy *E* is equivalent to that of bare nuclei at energy $E_{eff} = E + U_e$”.

На рисунке, взятом из работы Ассенбаума, схематически изображено столкновение налетающего ядра дейтерия с атомом дейтерия. При столкновении двух свободных атомов дейтерия эта ***добавочная энергия*** составляет ***27 эВ***.

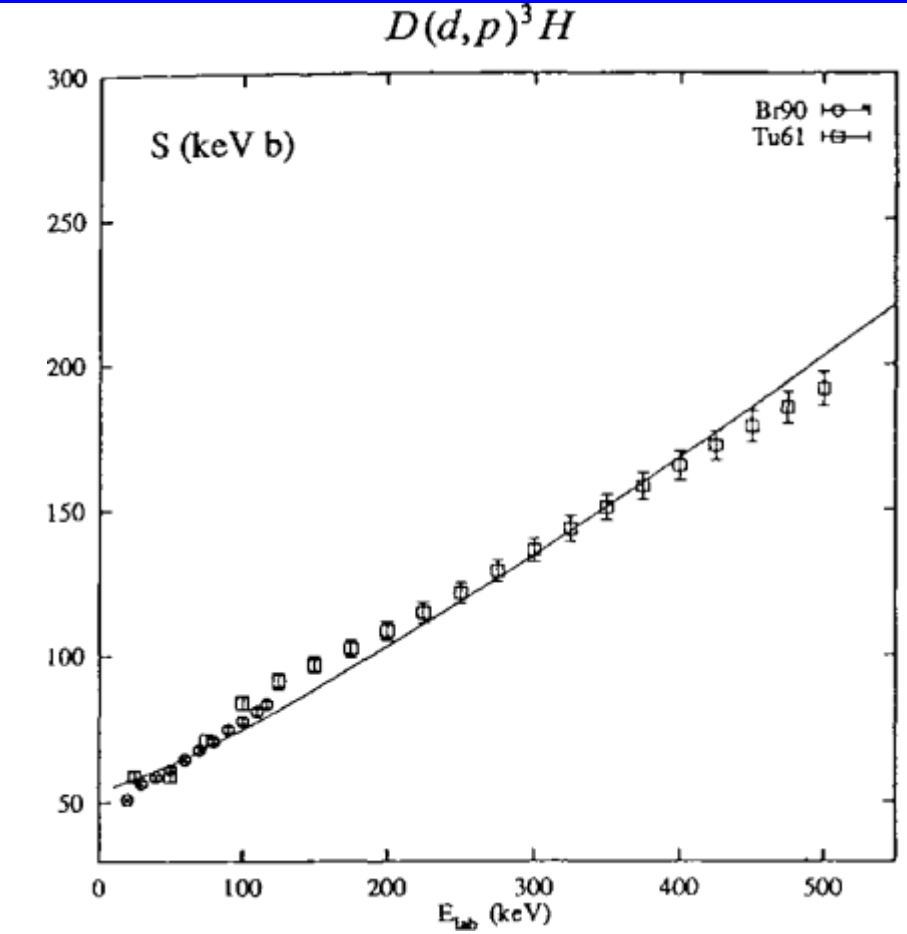


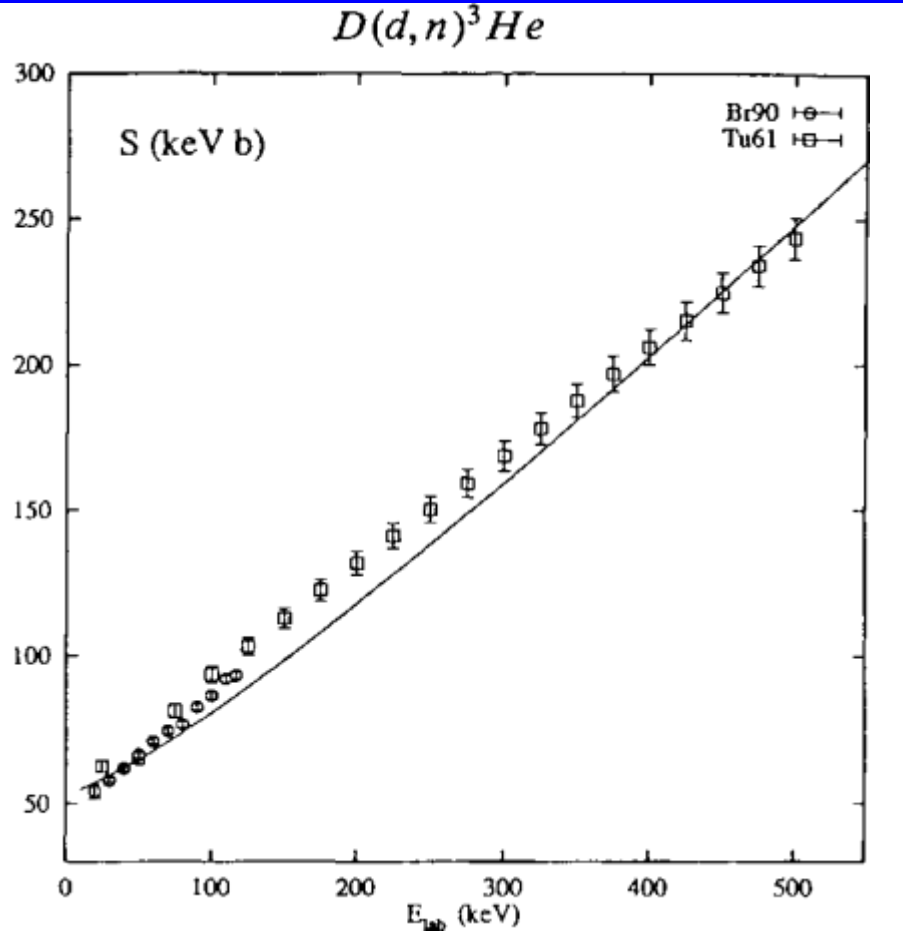
Необходимо отметить, что при облучении твердого тела пучком заряженных частиц налетающая частица захватывает электрон твердого тела и движется далее как атом, если ее скорость не превышает так называемую боровскую скорость.

Для дейтронов эта пороговая энергия составляет ~ 50 кэВ. Это интересное наблюдение было сделано в работе: Я.А. Баранов, Ю.В. Мартыненко, С. О. Цепелевич, Ю.Н. Явлинский, *“Неупругое распыление твердых тел ионами”, Успехи Физических Наук, ноябрь 1988, Том 156, вып. 3, с. 477.*

S(E) - астрофизический фактор для реакций $D(d,p)^3H$ и $D(d,n)^3He$, Lemaitre, S. and Paetz gen. Schieck, H., *Ann. Physik* **2** (1993), 503.

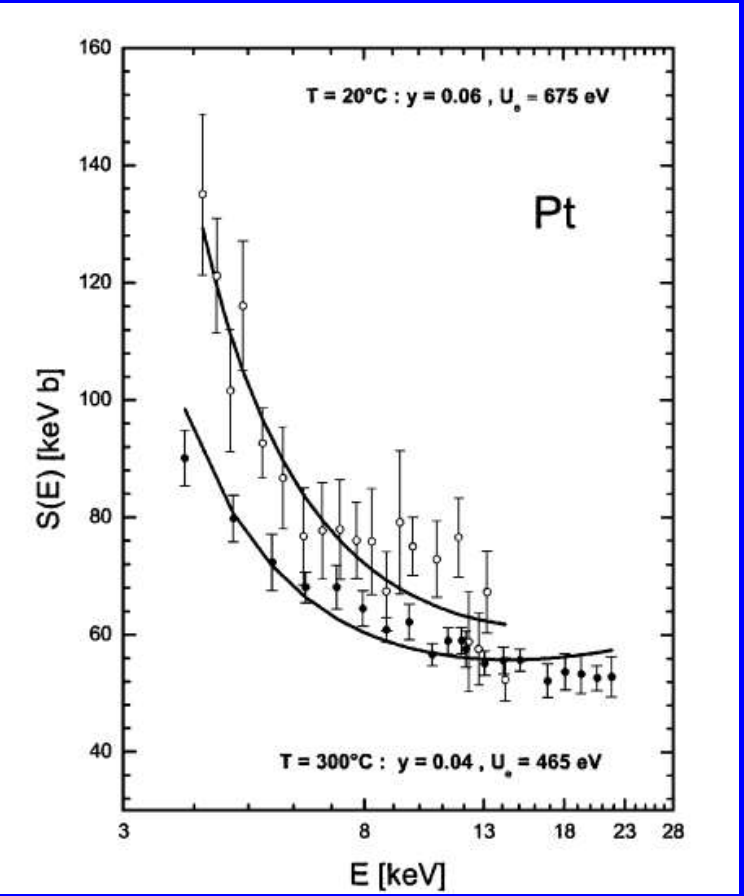
“В Багдаде все спокойно...”





“Все не так, ребята …”

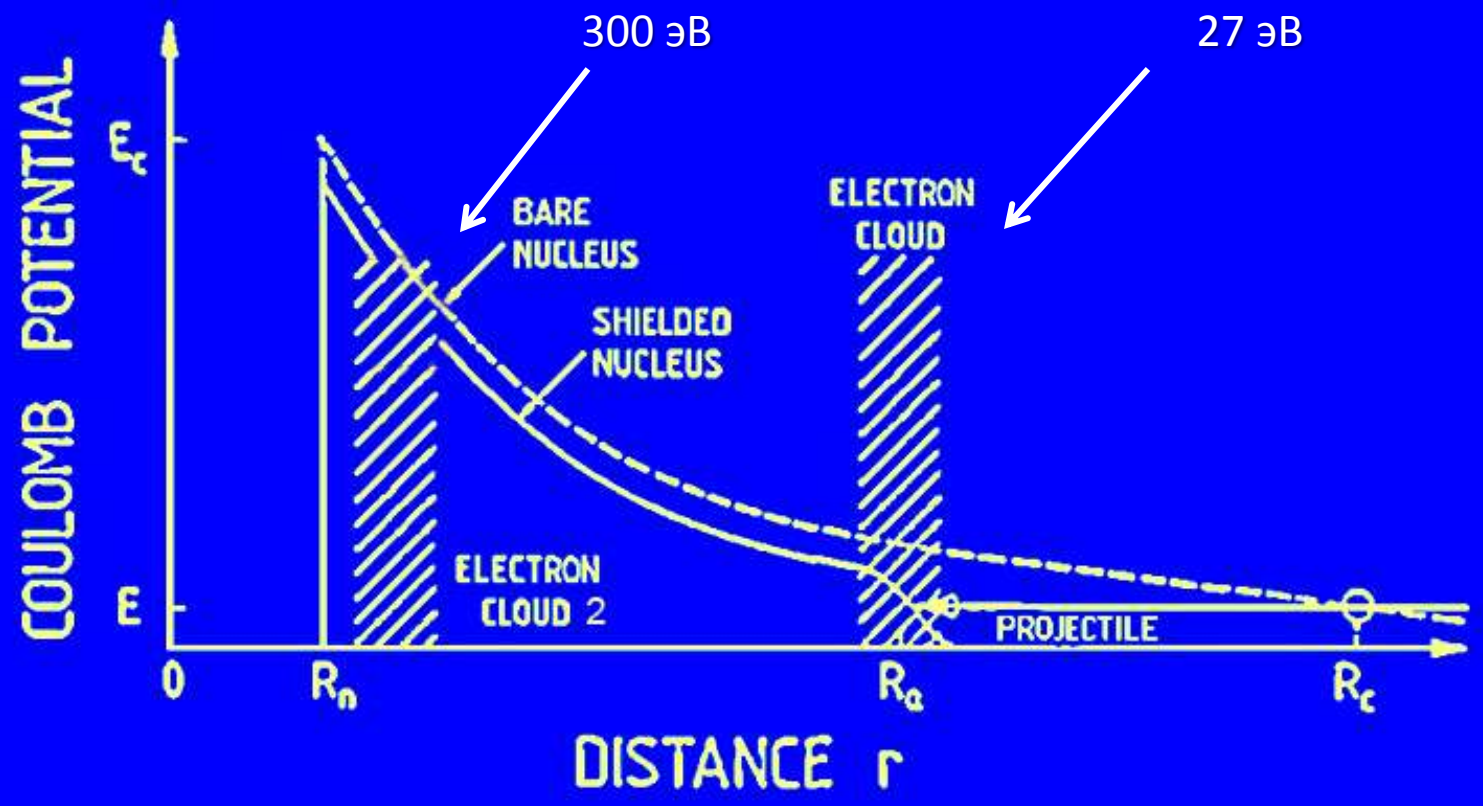
C. Rolfs et al., J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 31, 2005, pp 1141–1149. (Gran Sasso).
S(E) для DD-синтеза, мишень имплантирована в платину, U_e = 675 eV.



Эксперименты на ускорителях показали, что величина экранирующего потенциала примесных атомов в металлических кристаллах достигает ***300 эВ и более***. Это означает, что в DD реакции, происходящей в среде металлического кристалла, примесные атомы дейтерия возбуждены и имеют не сферические, а более сложные ***электронные орбитали***, ориентированные друг относительно друга определенным кристаллографическим образом. ***В этом случае ядра этих атомов могут сближаться на расстояние, существенно меньшее чем номинальный размер атома, без кулоновского отталкивания.***

Подобные процессы известны в науке и являются причиной химического катализа. Иоханнес Ридберг впервые описал эти процессы в 1888 г.

Экранирующий потенциал характеризует расстояние, до которого сближающиеся атомы не испытывают кулоновского отталкивания.



Основной секрет процесса холодного синтеза - преодоление кулоновского барьера - в конце концов оказался на удивление простым. Это впервые было отмечено профессором Bressani в 1998 году на конференции ICCF-7 на основании серии японских экспериментов на ускорителях, выполняемых начиная с 1995 года.

К сожалению, сообщество холодного синтеза в то время не последовало призыву профессора Bressani.

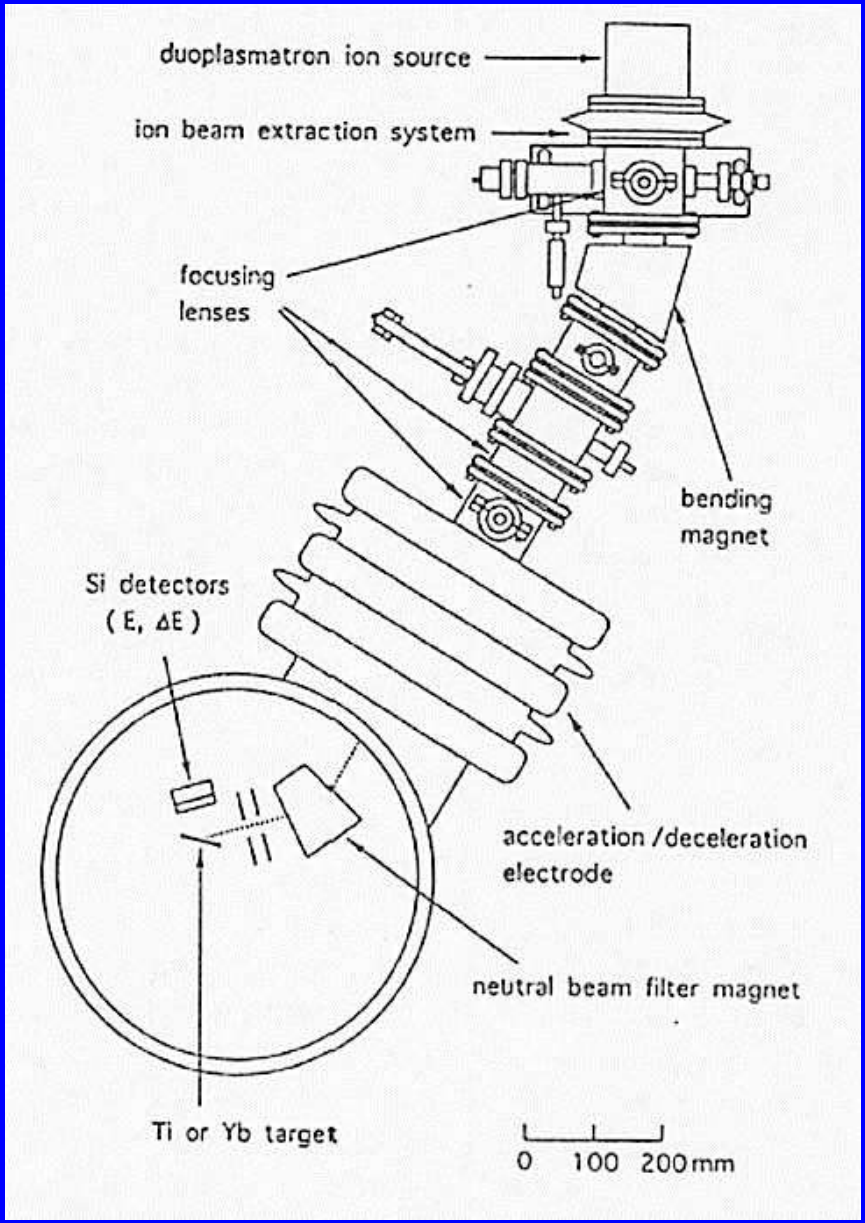
Итак, атомы дейтерия в металле ***не находятся более в основном 1s-состоянии***. Облако свободных электронов в проводнике вынуждает атомы дейтерия занять возбужденное ***p***-состояние. Величина экранирующего потенциала 300 эВ и выше в экспериментах по DD-синтезу на ускорителях свидетельствует о том, что даже налетающие атомы дейтерия двигаются в кристалле проводника , ***уже находясь в p-состоянии.***

Эти процессы позволяют двум ядрам дейтерия сблизиться без кулоновского отталкивания в потенциальной нише кристаллической ячейки на весьма близкое расстояние.

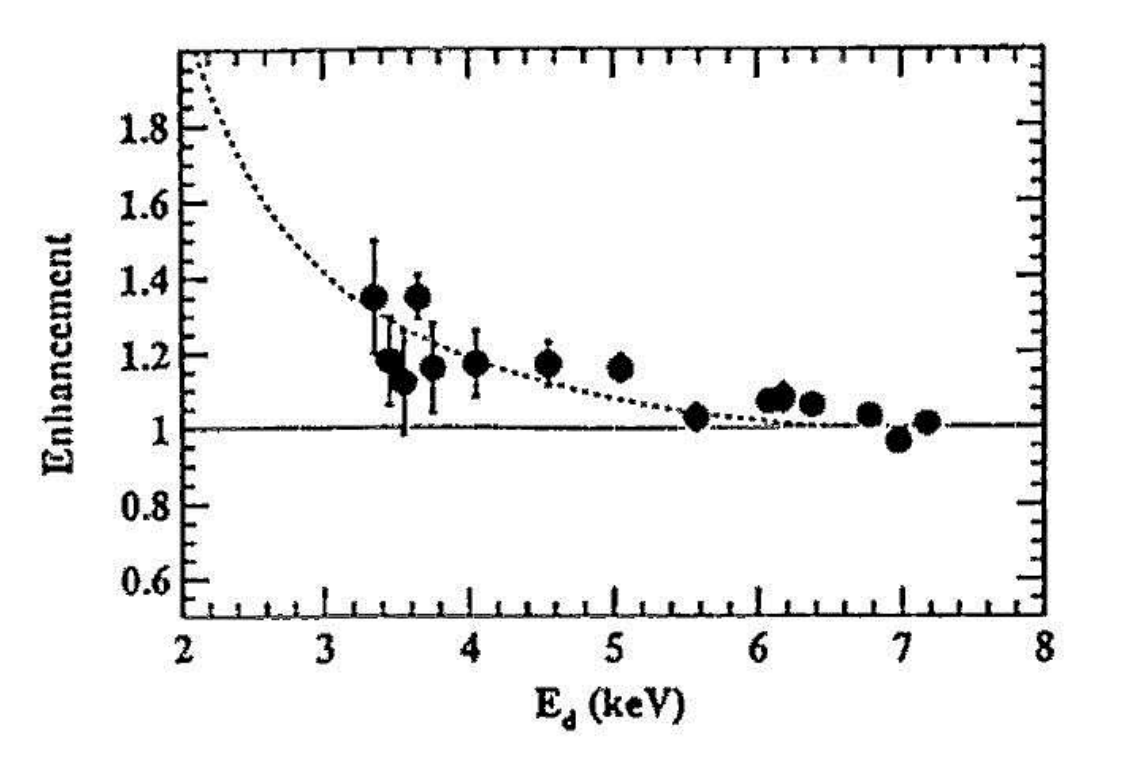
Один из первых DD экспериментов на ускорителе.

H. Yuki, T. Satoh, T. Ohtsuki, T. Yorita, Y. Aoki, H. Yamazaki, J. Kasagi

ICCF-6 October 13-18, 1996 Japan

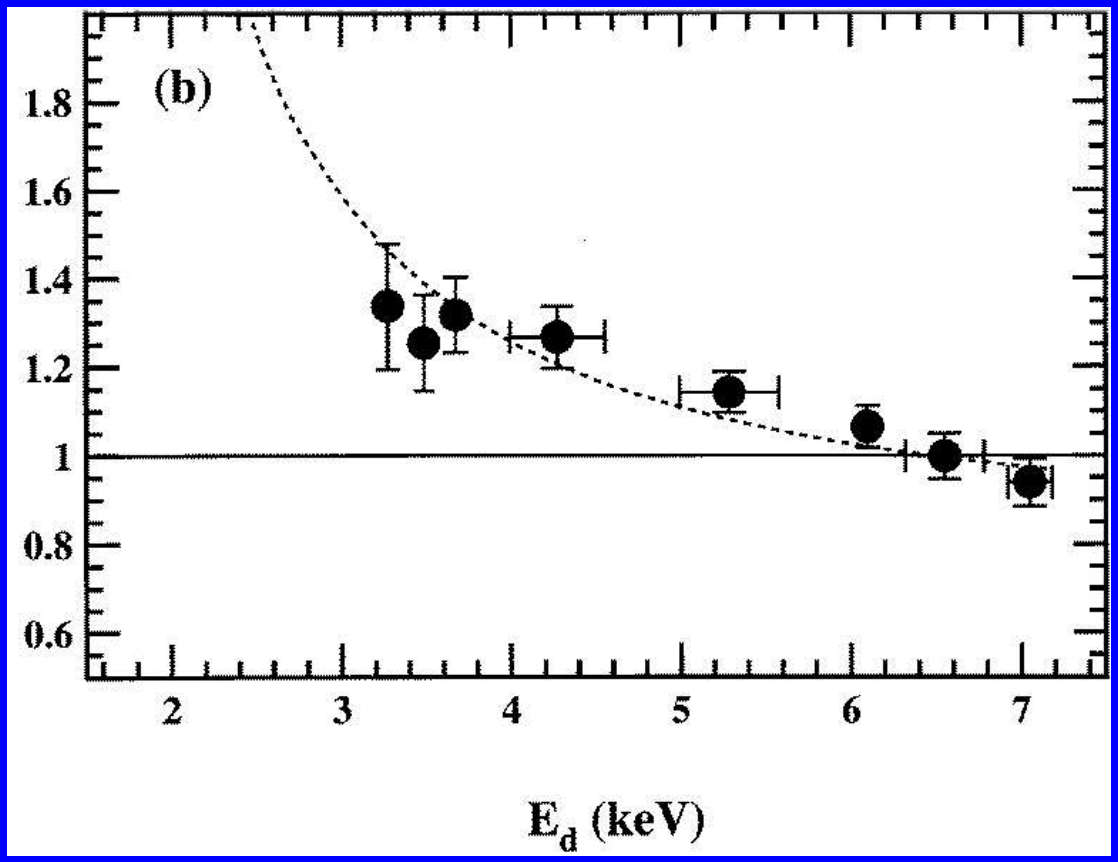


H. Yuki, T. Satoh, T. Ohtsuki, T. Yorita, Y. Aoki, H. Yamazaki, J. Kasagi ICCF-6 October 13-18, 1996 Japan. Это одна из ранних работ по электронному экранированию в металлах.



Отношение выхода реакции D(d,p)T в толстой мишени к его расчетному значению в иттербии (Yb). Пунктирная линия показывает расчеты со значением электронного экранирующего потенциала 60 эВ.

H. Yuki, T. Satoh, T. Ohtsuki, T. Yorita, Y. Aoki, H. Yamazaki and J. Kasagi, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 23 (1997) 1459–1464. Увеличение сечения в иттербии (редкоземельный элемент с металлической электропроводностью) – потенциал электронного экранирования составляет 81±10 eV.

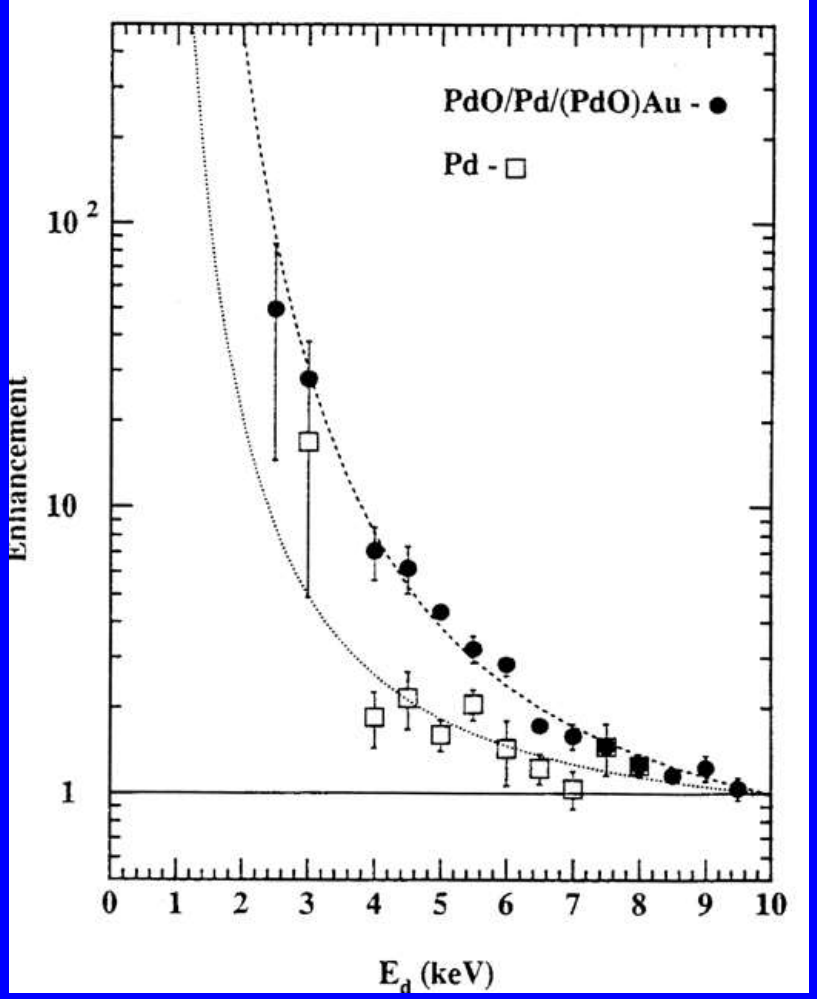


The Seventh International Conference on Cold Fusion. 1998. Vancouver, Canada:, ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 180.

“Anomalously enhanced d(d,p)t reaction in Pd and PdO observed at very low bombarding energies”

J. Kasagi, H. Yuki, T. Itoh, N. Kasajima, T. Ohtsuki and A. G. Lipson *

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University, Japan
* Institute of Physical Chemistry, The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia



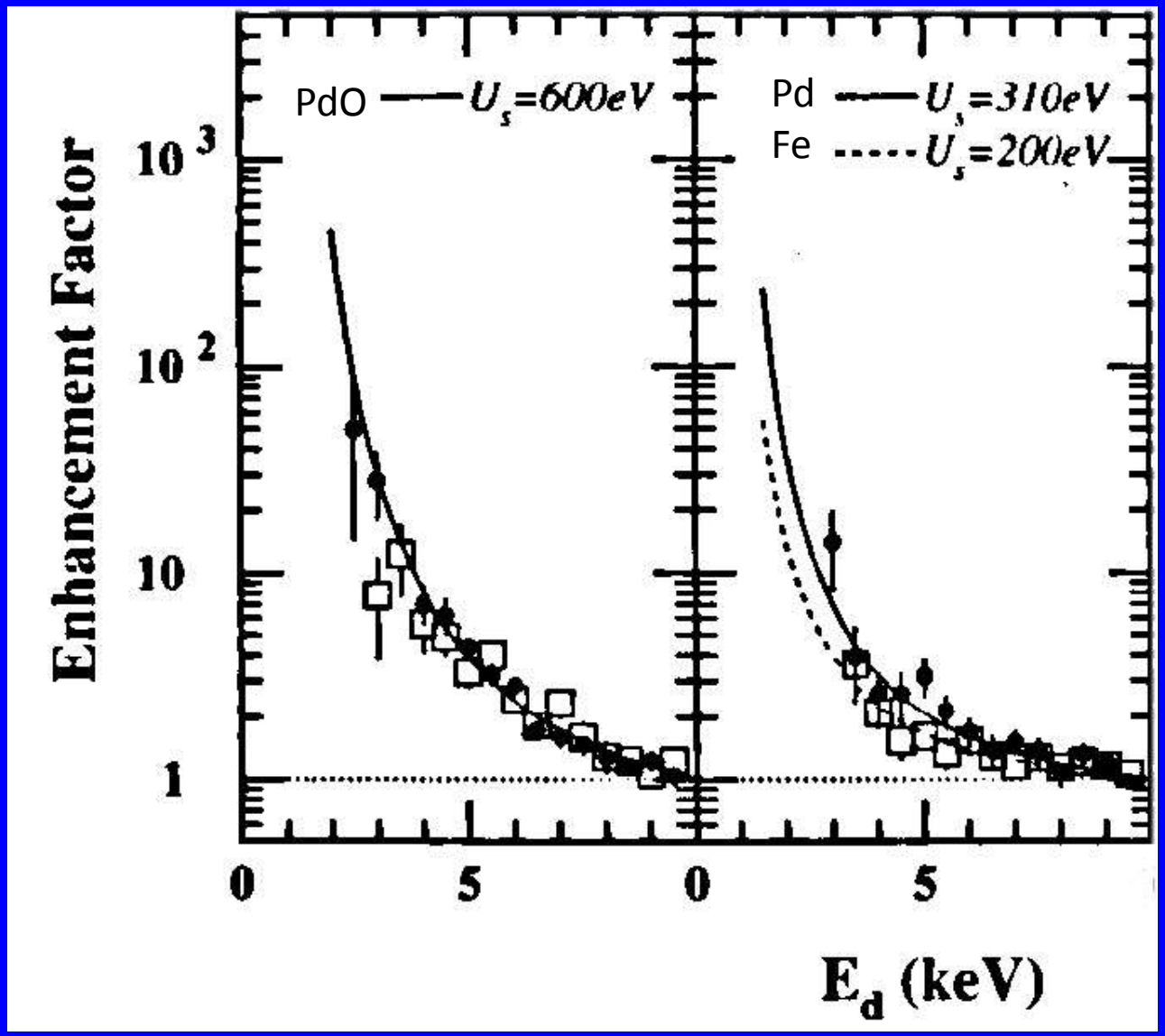
The dotted and dashed curves are those with the screening potential U_e = 250 and 600 eV, respectively.

Один из последних (2002) японских DD экспериментов на ускорителе

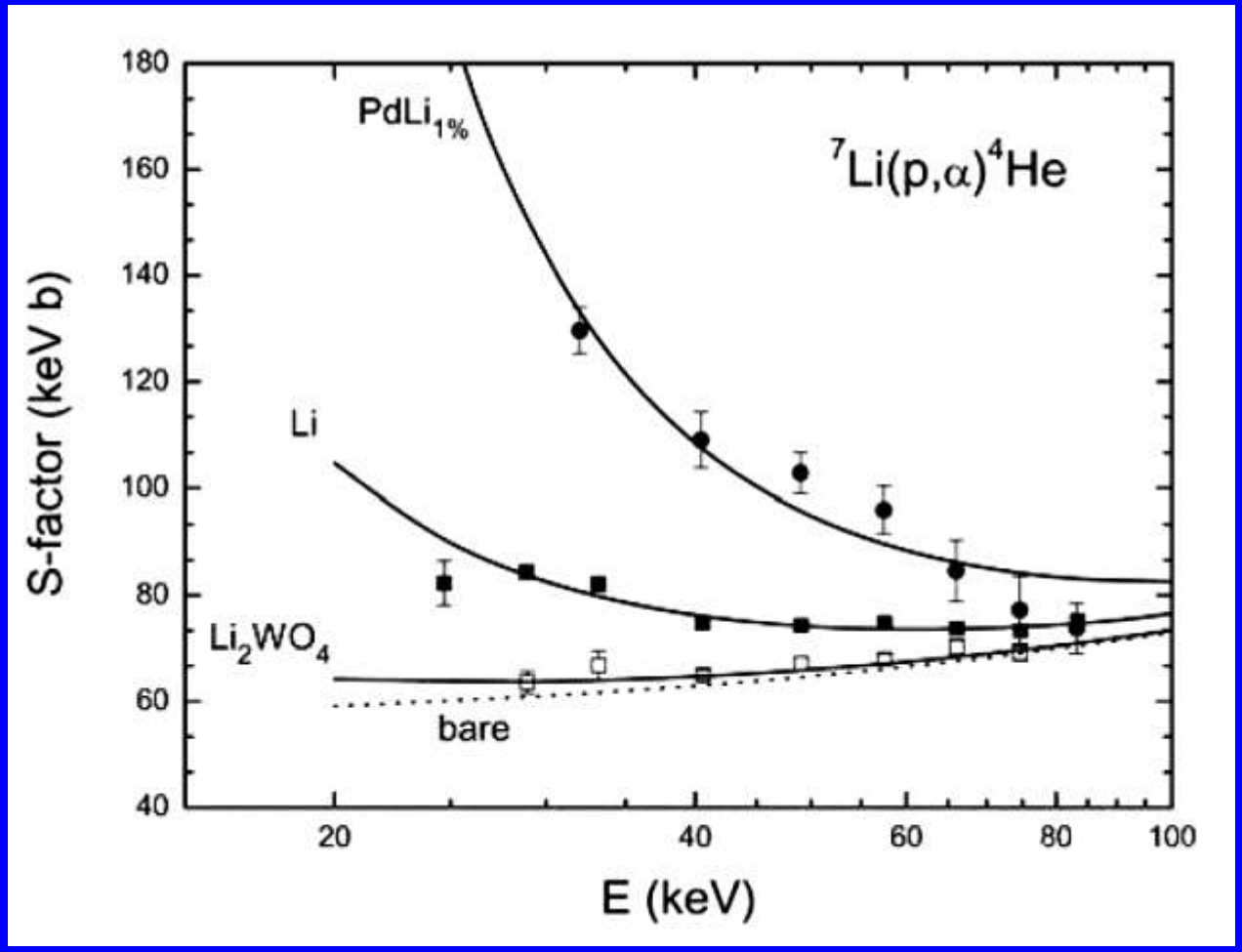
Jirohta Kasagi, Hideyuki Yuki, Taiji Baba, Takashi Noda, Tsutomu Ohtsuki and Andrey G. Lipson

“Strongly Enhanced DD Fusion Reaction in Metals Observed for keV D^+ Bombardment”

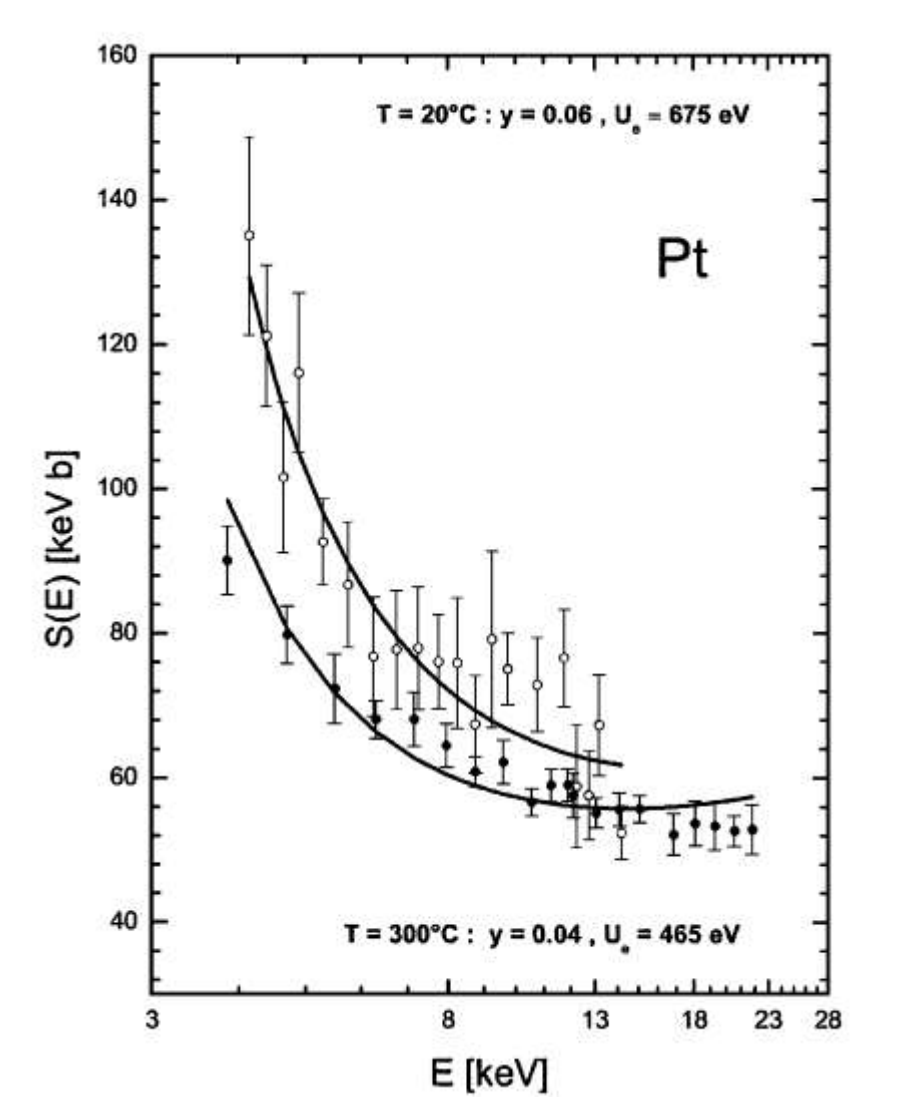
Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 71, No. 12, December, 2002, pp. 2881-2885.



Claus Rolfs, Vol. 16, No. 2, 2006, Nuclear Physics News, p. 9. Нормированный астрофизический фактор *S(E)* для синтеза *p+*^{7}*Li* в случае, когда мишень ^{7}*Li* имплантирована в палладий.

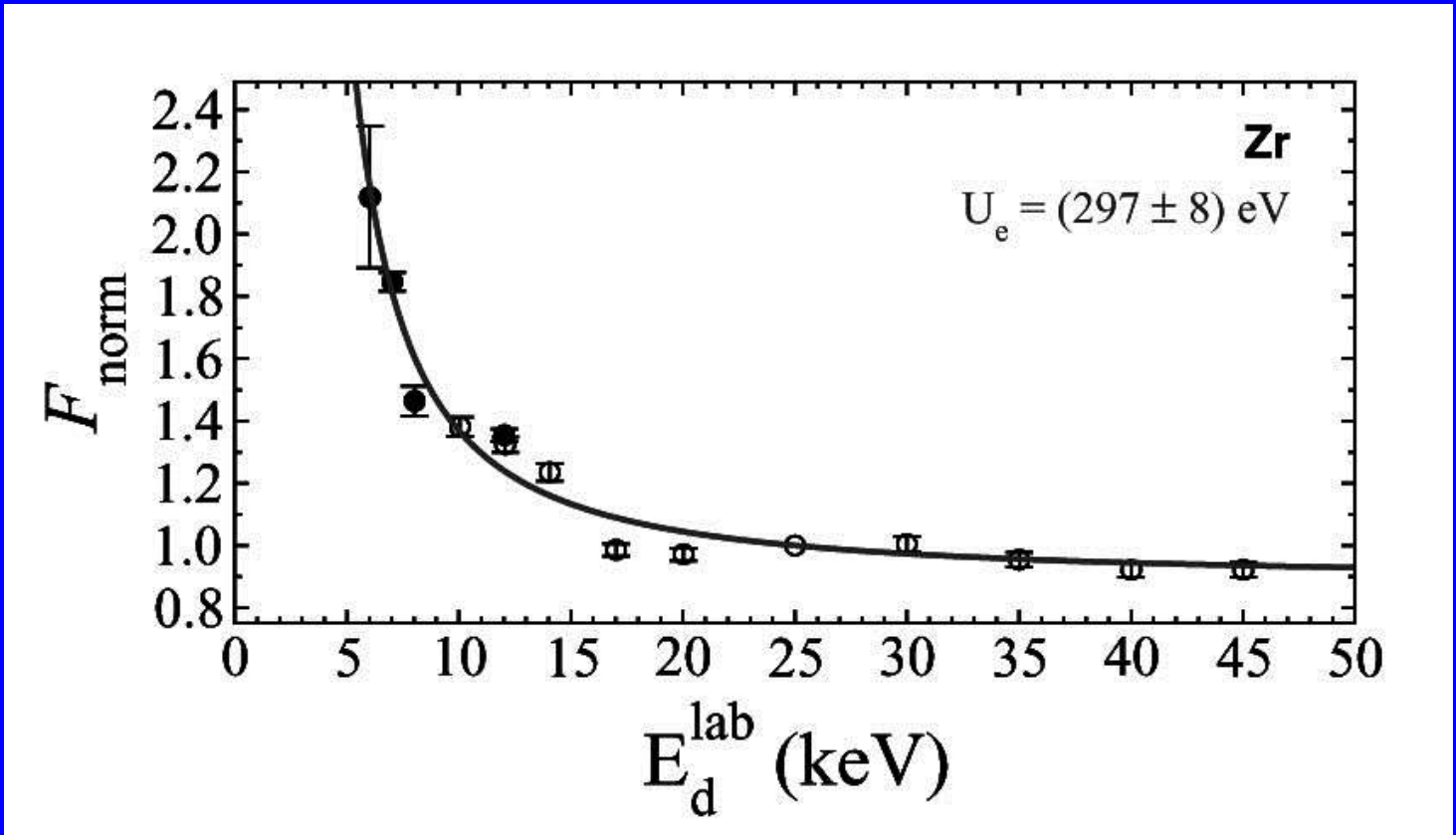


C. Rolfs et al., J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 31, 2005, pp 1141–1149. (Gran Sasso).
S(E) для DD-синтеза, мишень имплантирована в платину, U_e = 675 eV.



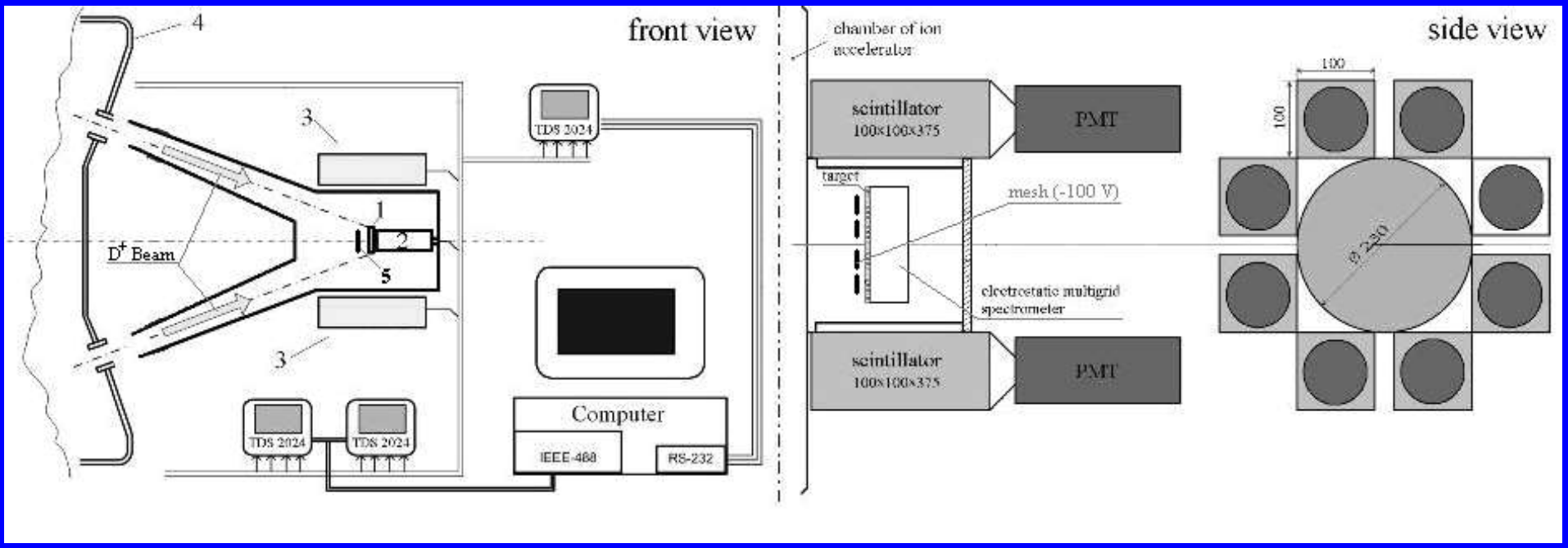
ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

K. Czerski et al., Physical Review C 78, 015803, 2008 (Берлин). Нормированный астрофизический фактор *S(E)* для DD-синтеза в случае, когда мишень имплантирована в цирконий. Потенциал экранирования приблизительно в 10 раз больше, чем для свободных атомов дейтерия.



V. M. Bystritsky, Vit. M. Bystritskii, G. N. Dudkin, M. Filipowicz, S. Gazi, J. Huran, A. P. Kobzev, G. A. Mesyats, B. A. Nechaev, V. N. Padalko, S. S. Parzhitskii, F. M. Pen'kov, A. V. Philippov, V. L. Kaminskii, Yu. Zh. Tuleushev, J. Wozniak

National Scientific Research – Tomsk Polytechnical University, Russia, Nuclear Physics, A 889 (2012) 93-104.

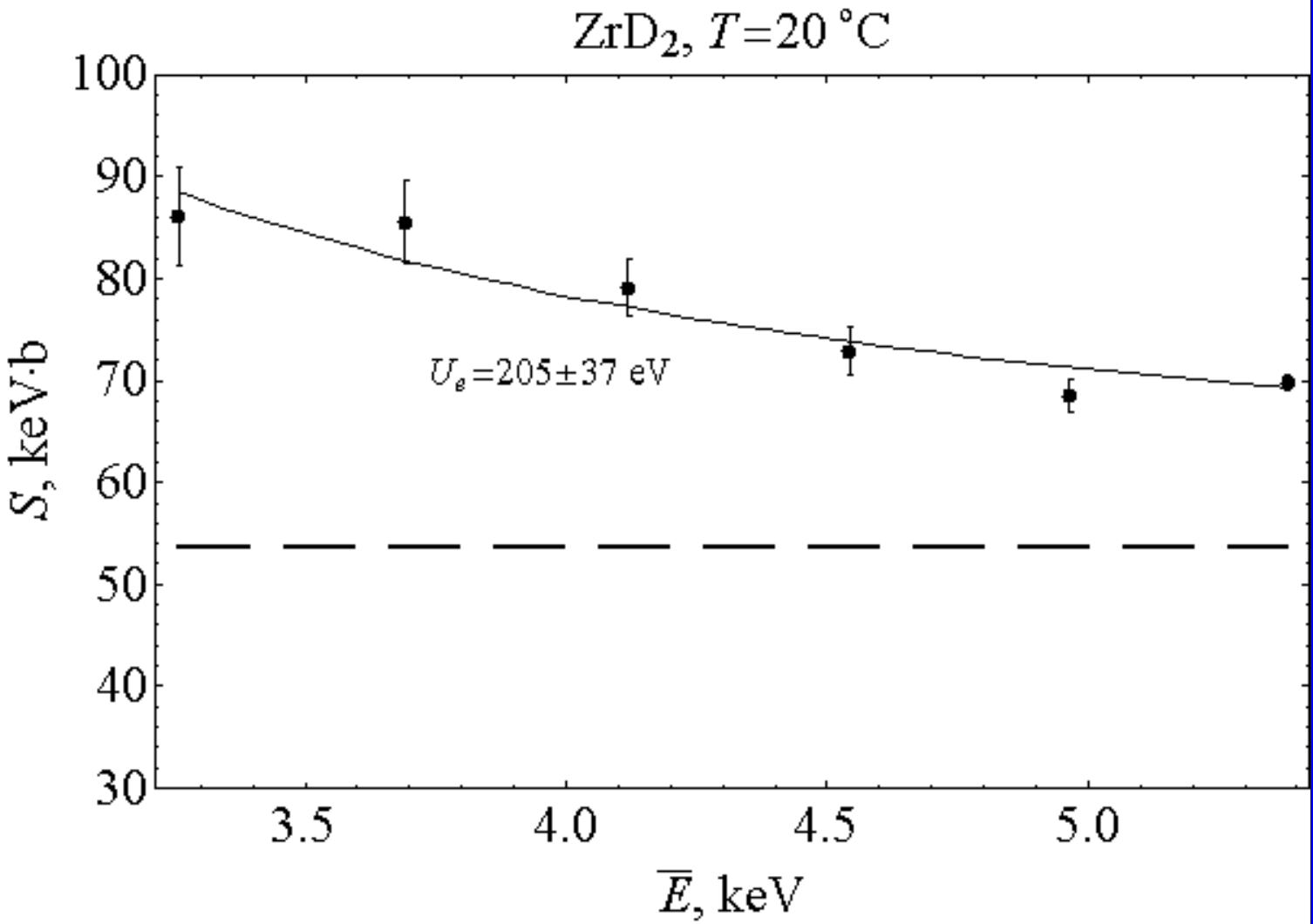


ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

V. M. Bystritsky et al,

National Scientific Research - Tomsk Polytechnical University, Russia,

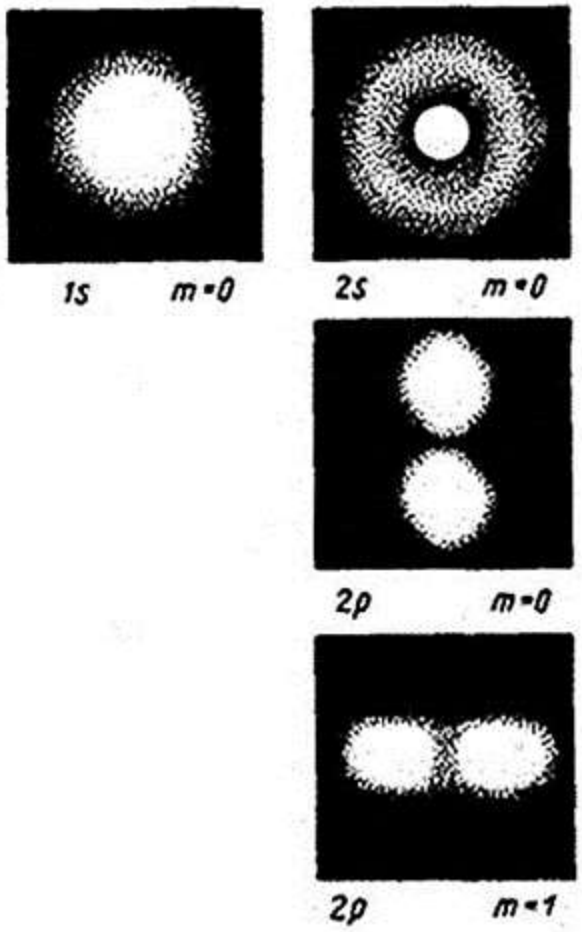
Nuclear Physics, A 889 (2012) 93-104.



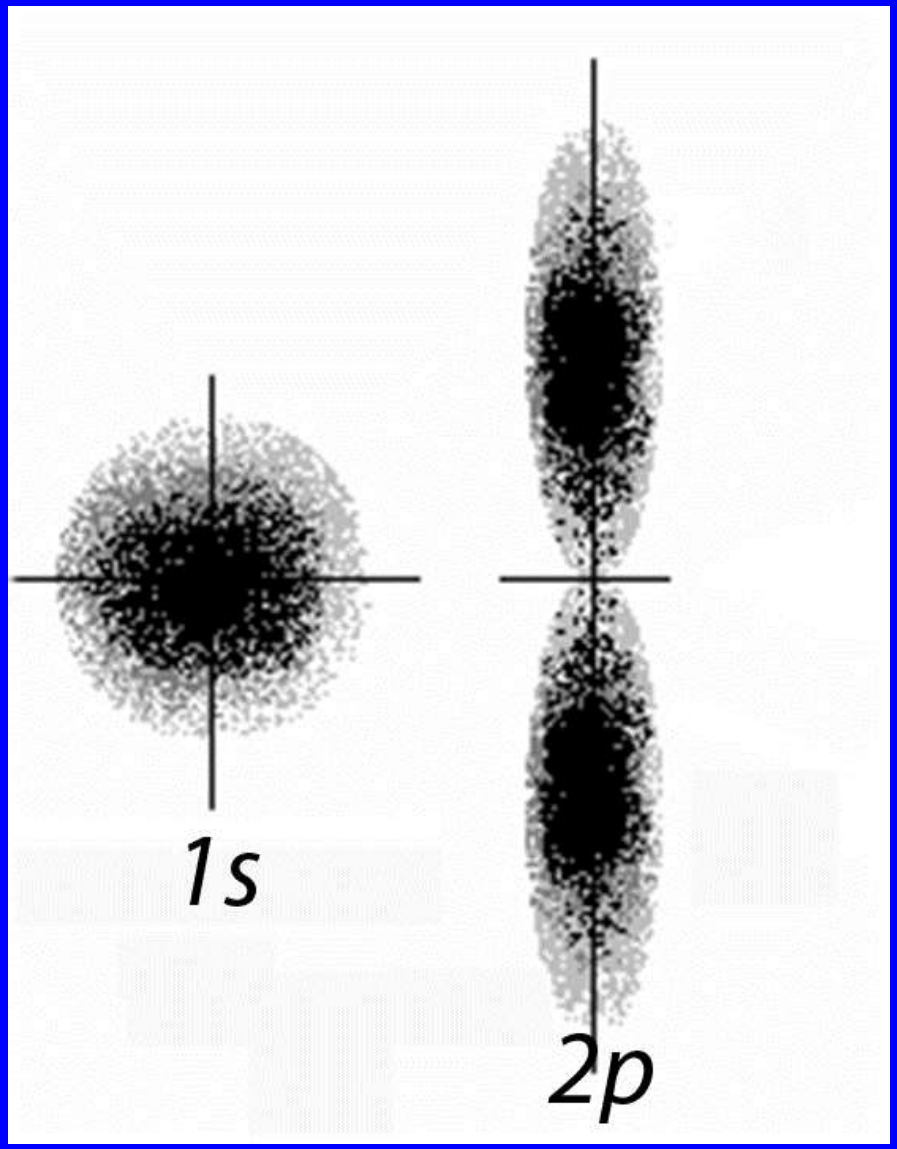
Итак, расстояние сближения двух примесных ядер дейтерия в одной и той же кристаллической нише металла оказывается на порядок величины меньше, чем размер свободного атома дейтерия.

Хотя законченная интерпретация этого явления пока отсутствует, многочисленные эксперименты на ускорителях не оставляют никакого сомнения в его существовании. Проницаемость кулоновского барьера в таких условиях в процессе холодного DD-синтеза ***резко возрастает*** по сравнению с проницаемостью барьера в случае свободной молекулы дейтерия.

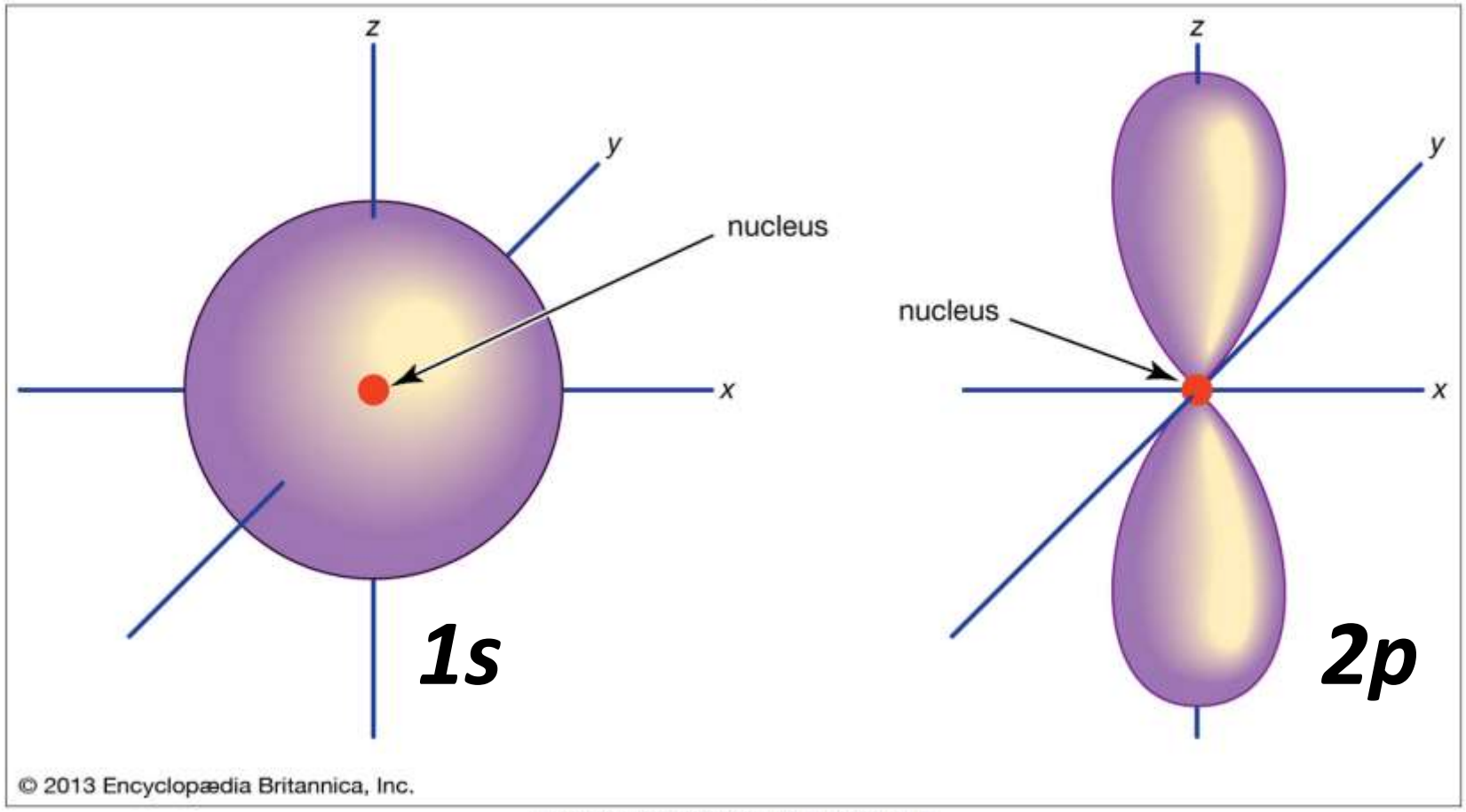
Механизм Ридберга для атома водорода. Орбиталь электрона в ***2p***-состоянии более не является круговой.



Орбитали атома водорода



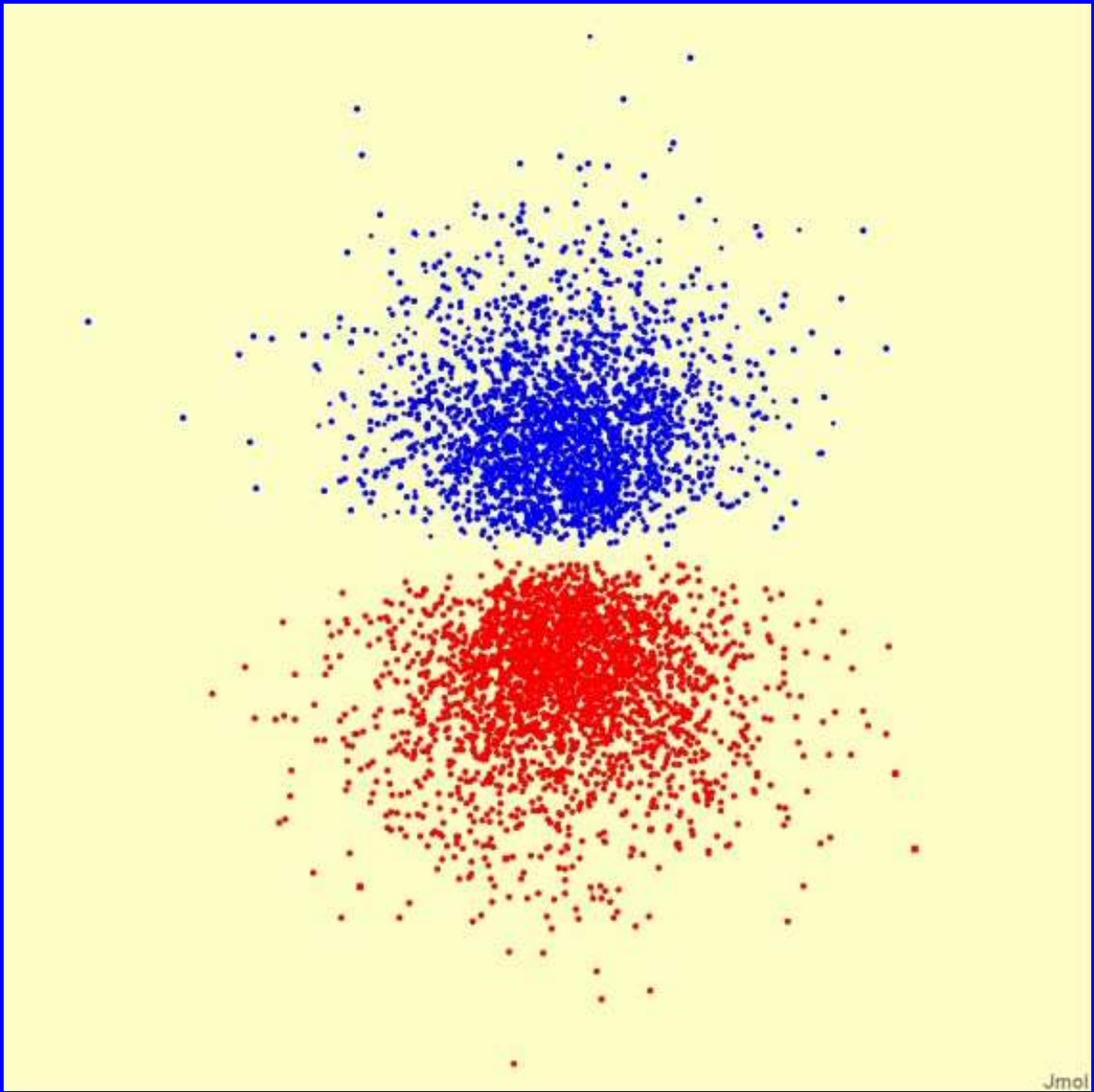
Орбитали атома водорода. ©2013 Encyclopædia Britannica, Inc.



Electron orbitals in atoms (Left) s orbital; (right) p orbital

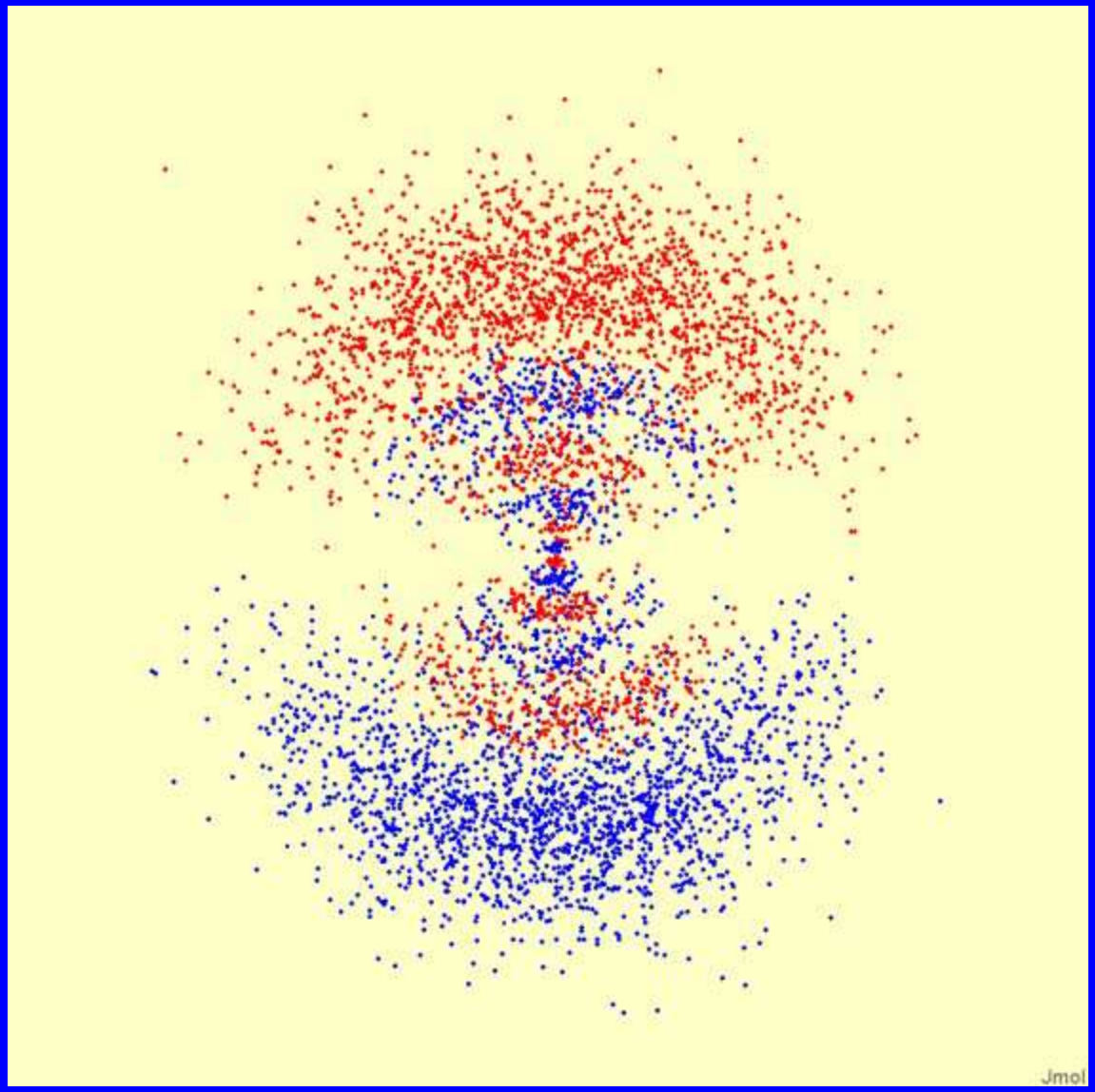
Encyclopædia Britannica, Inc.

Орбиталь атома водорода *2p* по Винтеру



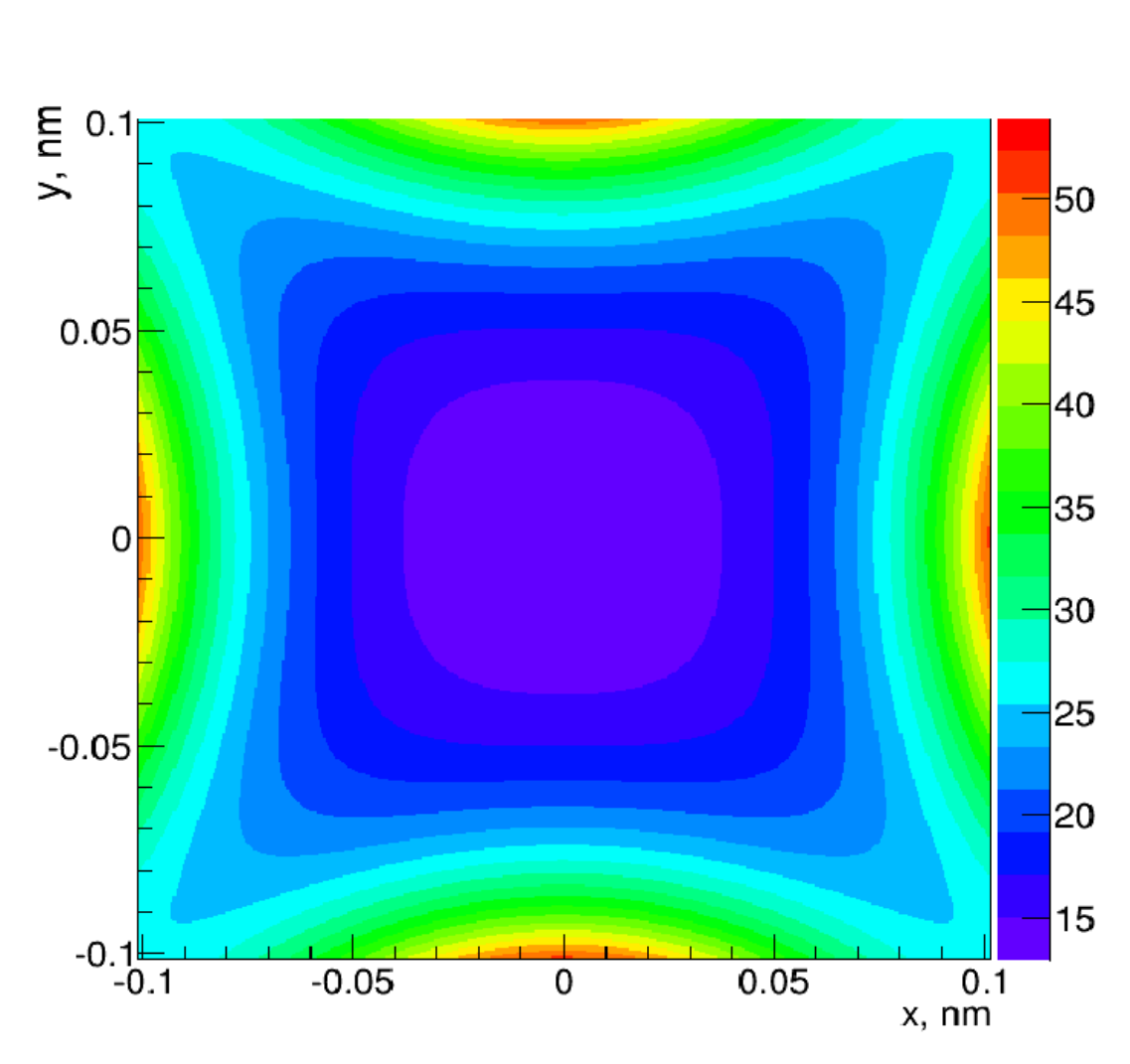
ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Орбиталь атома водорода *7p* по Винтеру

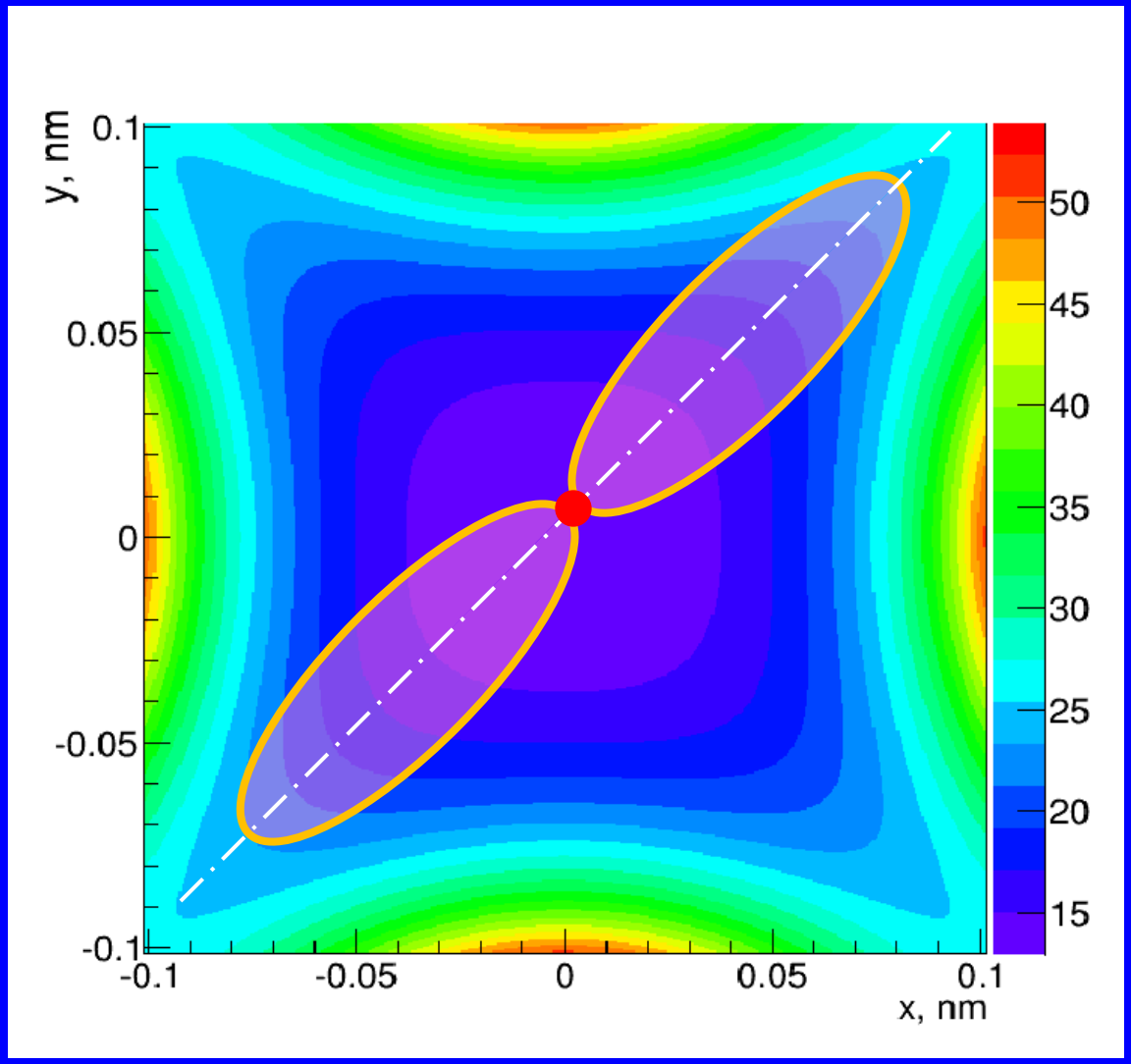


ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Структура октаэдральной ниши кристалла платины

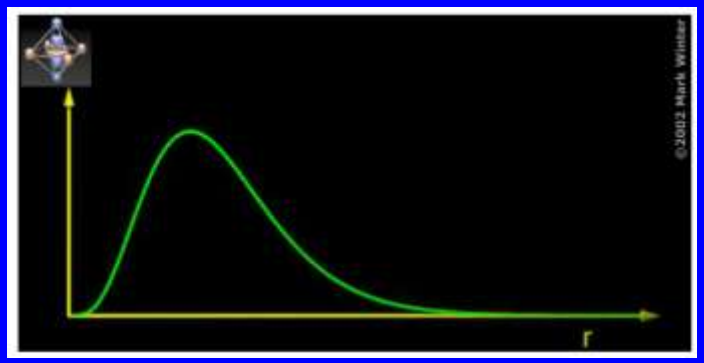


Октаэдральная ниша кристалла платины, заполненная атомом дейтерия в состоянии *2p*

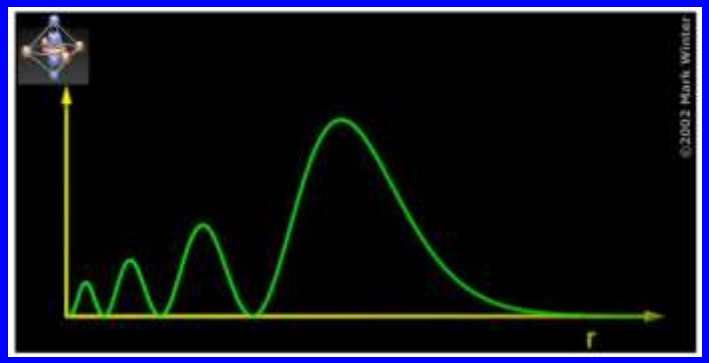


ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

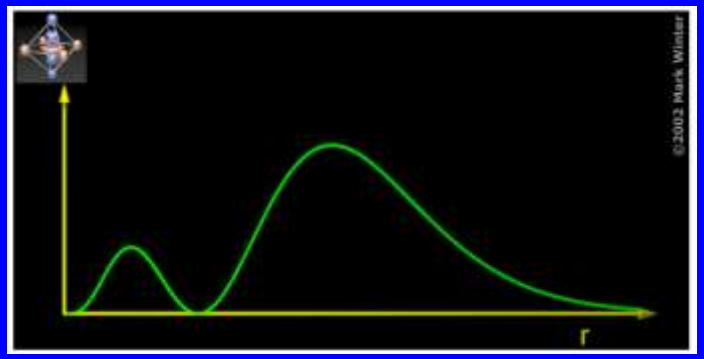
2p



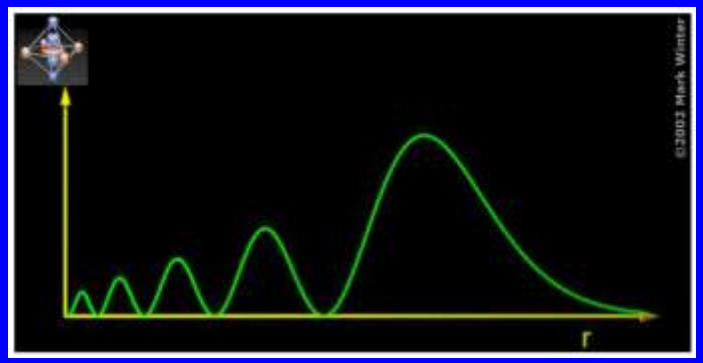
5p



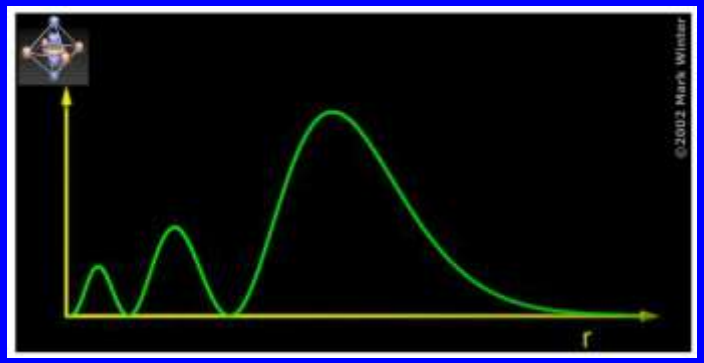
3p



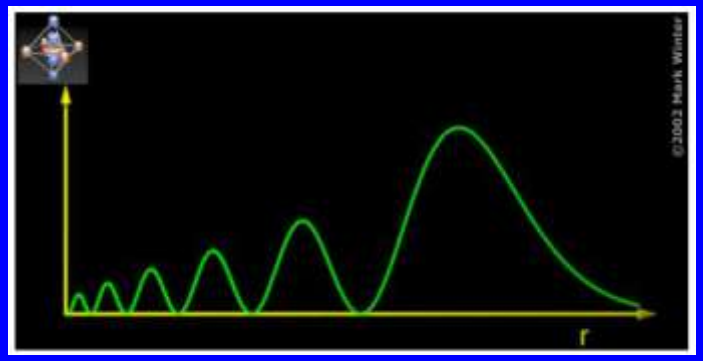
6p



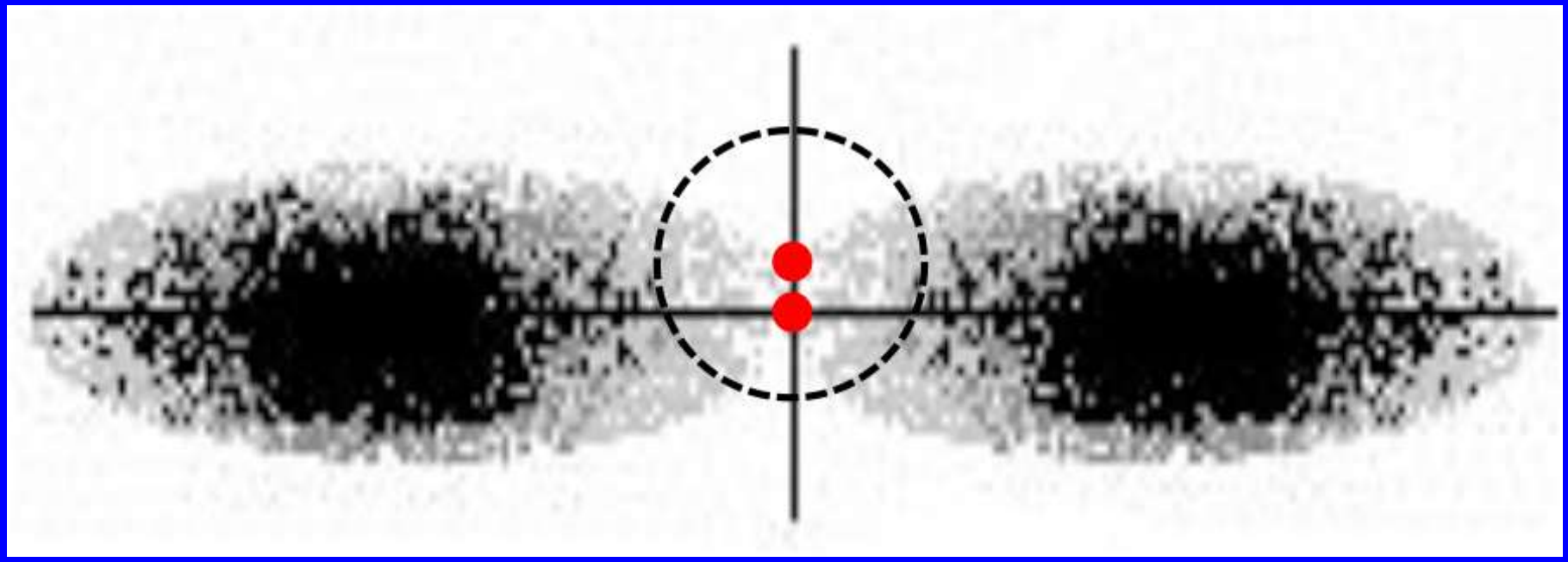
4p



7p

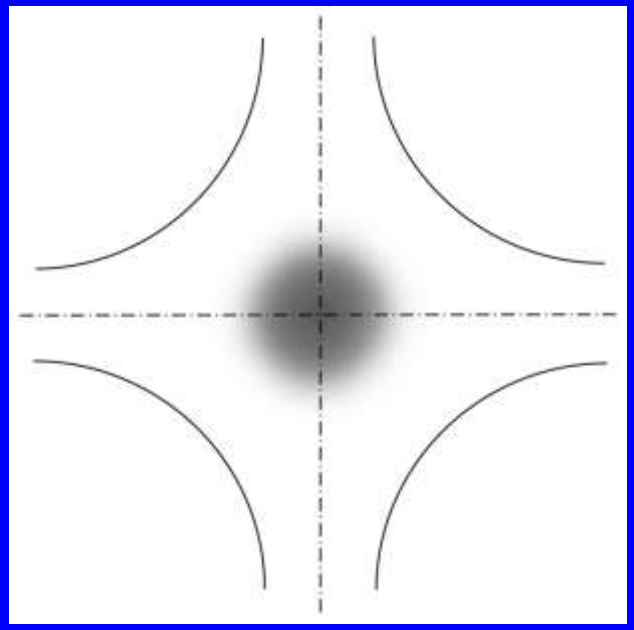


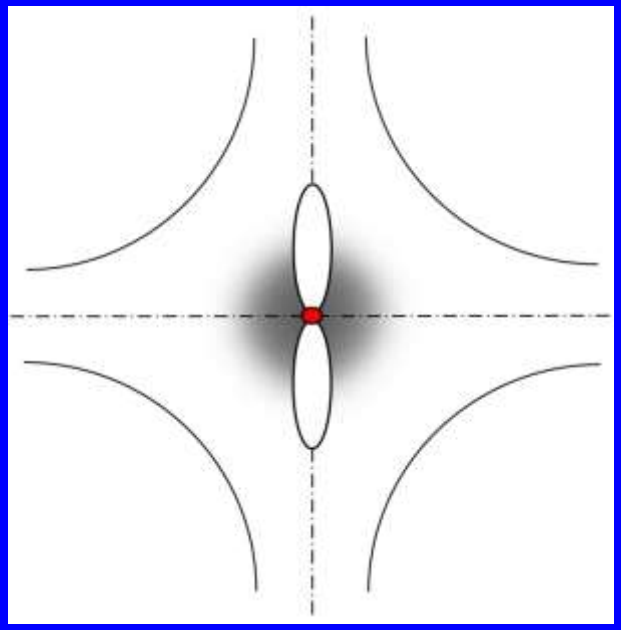
Случай, когда два атома дейтерия в состоянии *2p* расположены в одной и той же октаэдральной нише проводящего кристалла

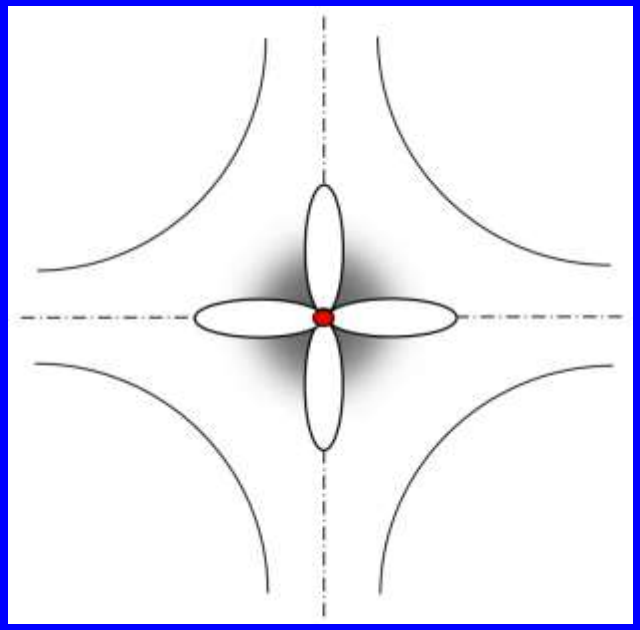


Ситуация очень напоминает процесс μ–катализа

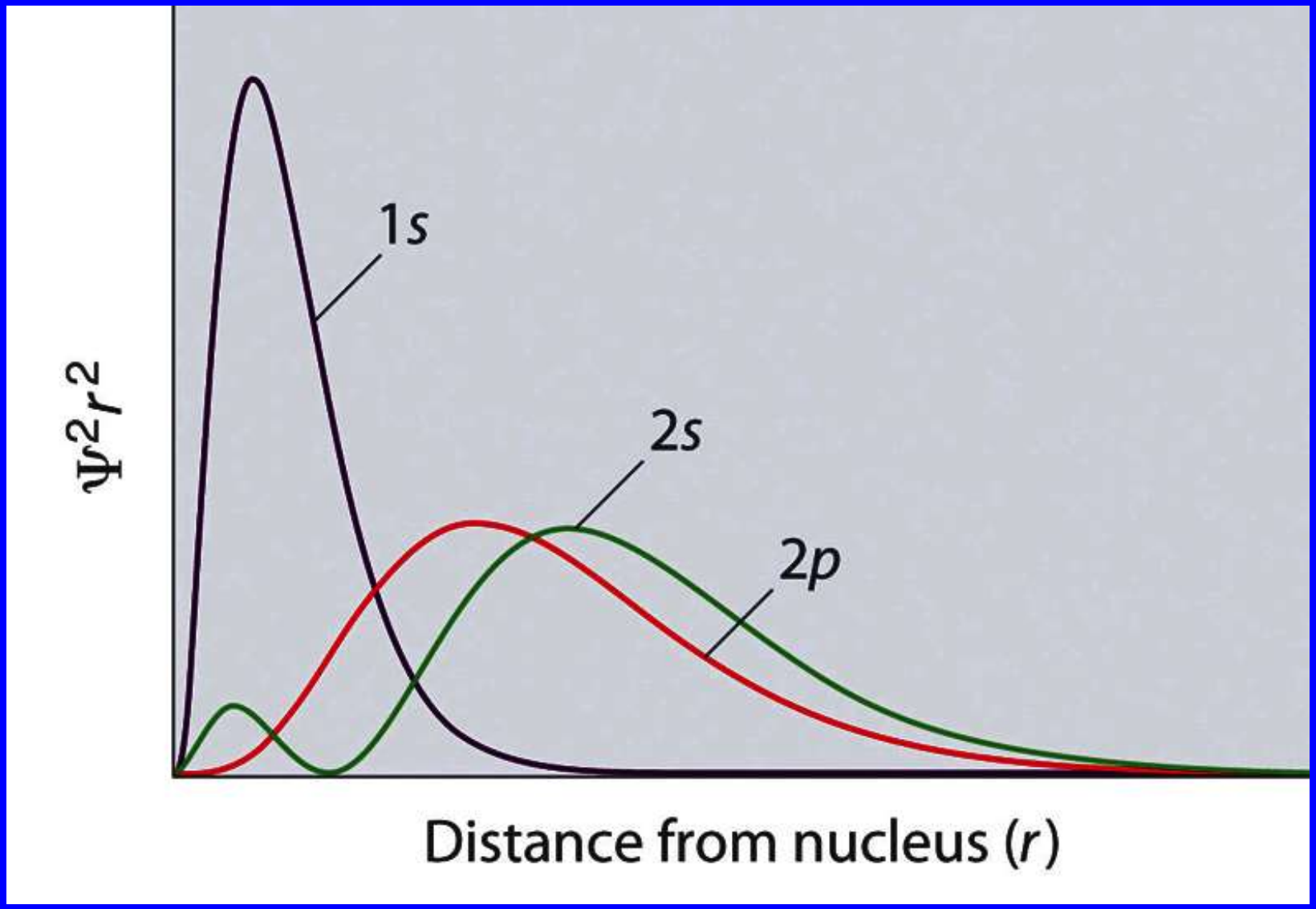
Кристаллическая ячейка проводника. Простая кубическая структура использована как дидактический пример. Затененная часть изображает область расположения электронов. Свободные электроны проводящего кристалла не желают полностью освободить свои позиции и переводят атом дейтерия из состояния ***1s*** в состояние ***2p*** или выше.



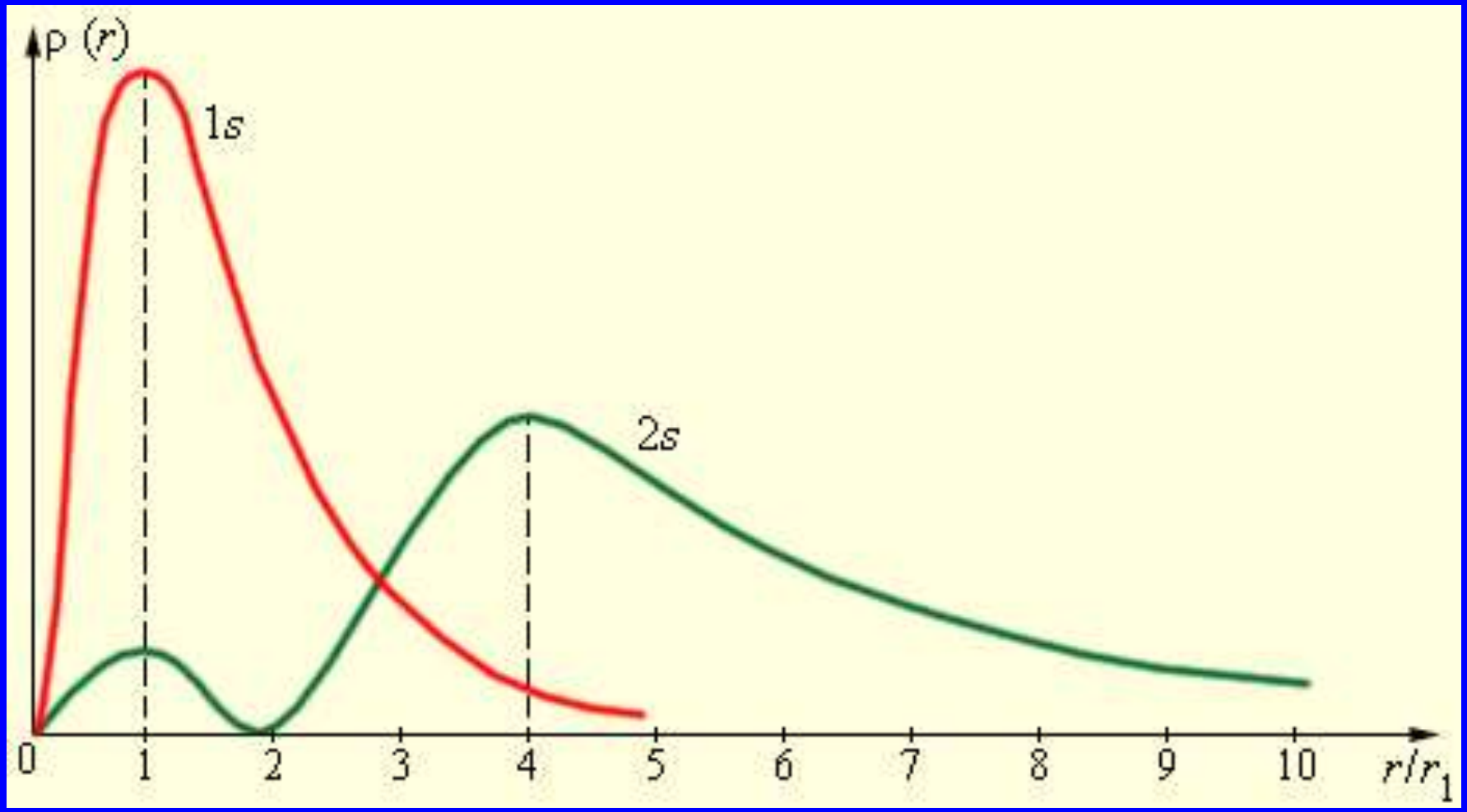




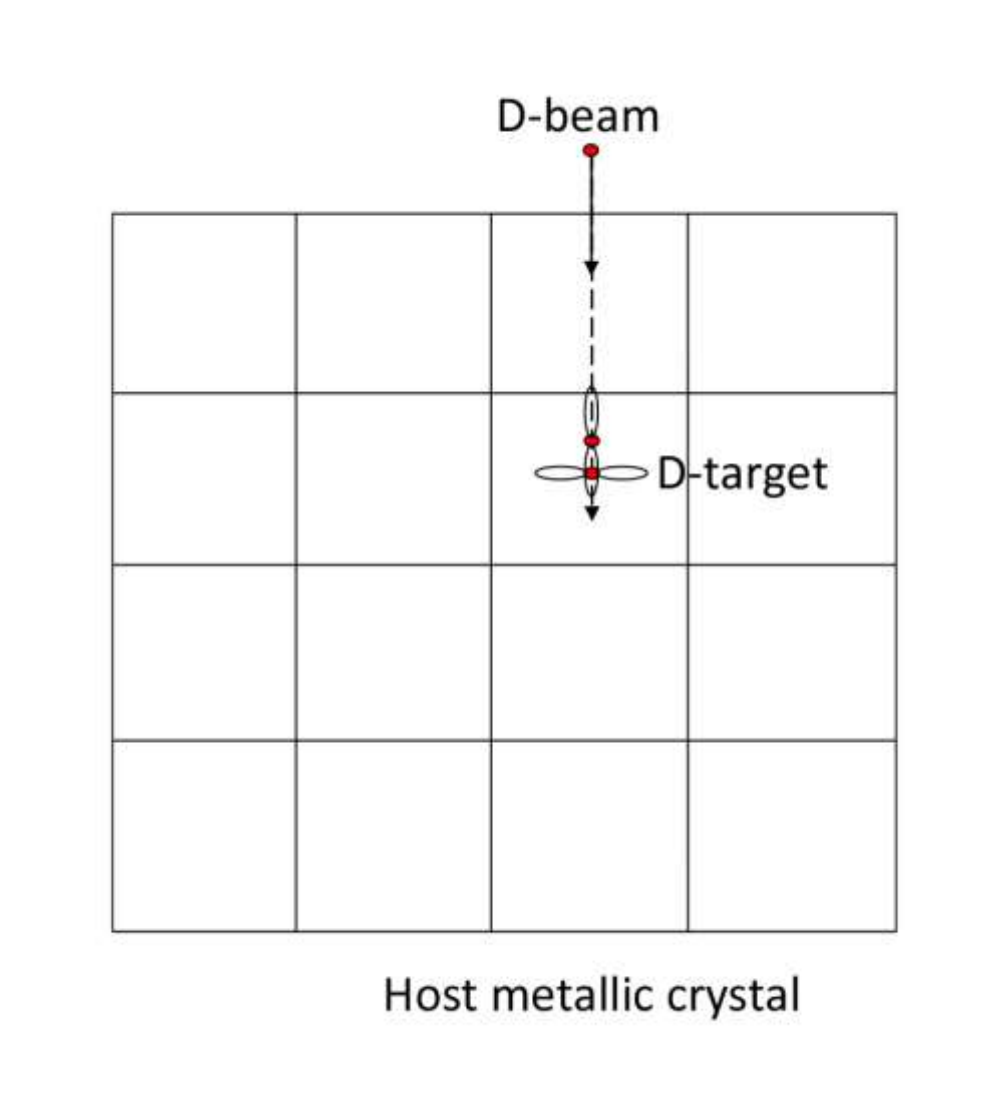
1s, 2s и *2p* орбитали атома водорода



1s и *2s* орбитали атома водорода

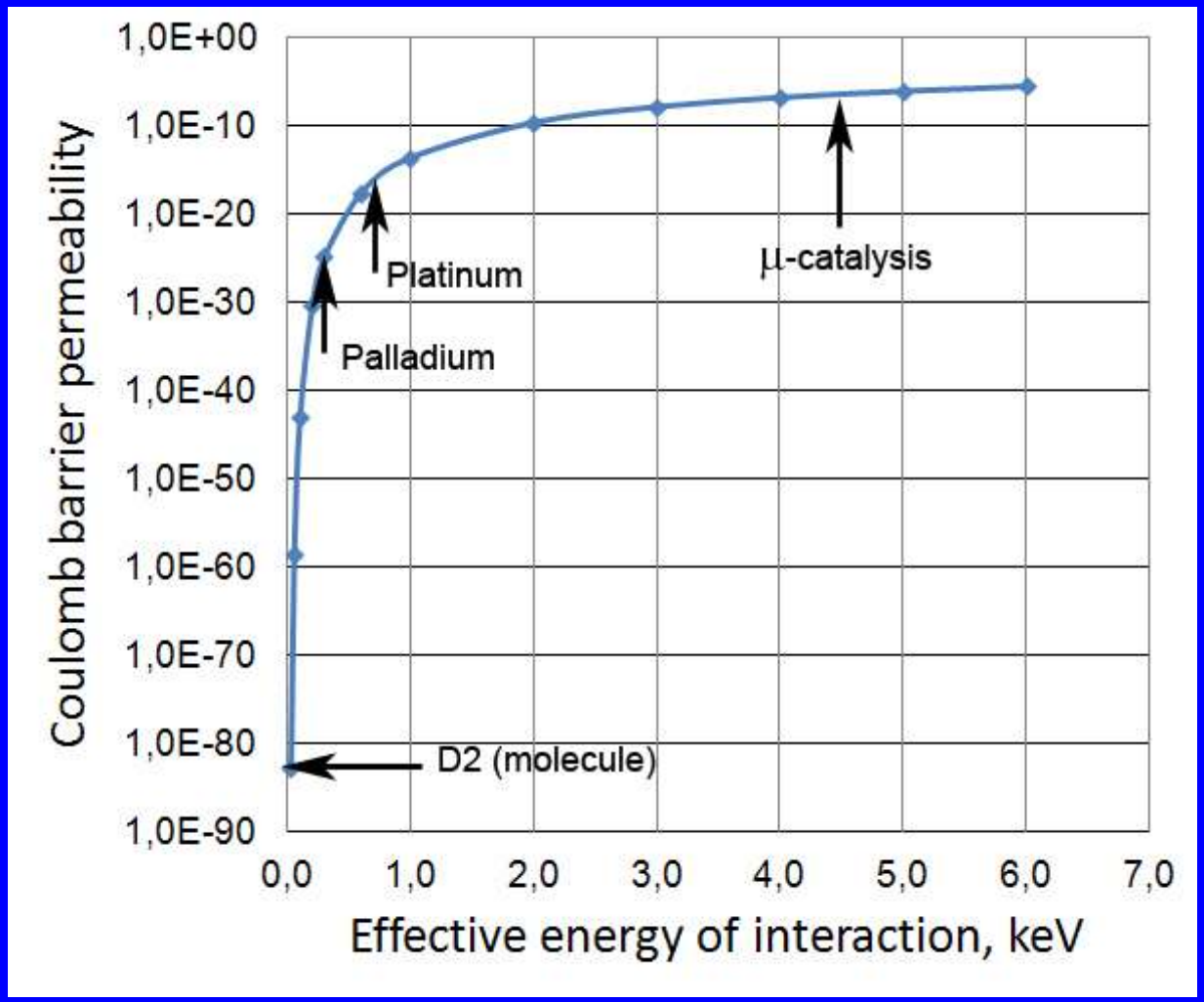


Эксперименты на ускорителях



Проницаемость кулоновского барьера для DD-синтеза

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



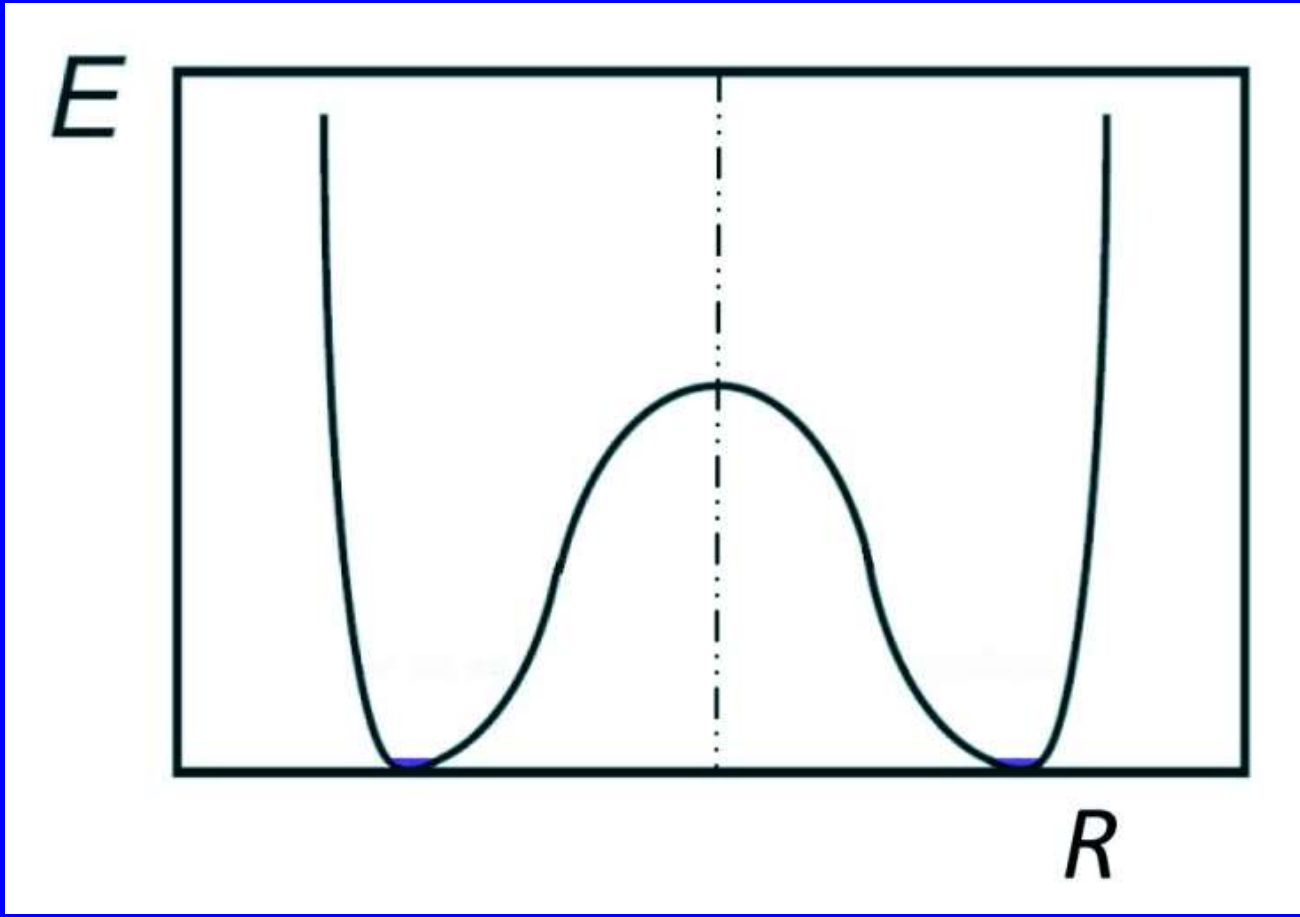
Для холодного синтеза *E ≅ 0.040 эВ*

Pt/D2 ≅ 10^{65} ★

Итак, первый секрет холодного синтеза, который с необходимостью приводит к слиянию ядер дейтерия при насыщении дейтерием проводящего кристалла, на сегодня можно считать практически разгаданным.

Вторая неожиданность процесса холодного синтеза: в этих реакциях практически отсутствуют стандартные ядерные продукты распада $^{4}He^{*}$.

Возможная причина замедления скорости ядерных распадов при уменьшении энергии возбуждения – *остаточный кулоновский барьер* между ядрами внутри потенциальной ямы сильных взаимодействий.



Можно предположить, что потенциальный кулоновский барьер внутри общей ямы сильных взаимодействий после осуществления реакции синтеза уже больше не является удерживающим фактором для нейтронов, и нейтроны могут почти свободно перемещаться от одного протона к другому. В этом случае ***метастабильная DD-система*** переходит в ***метастабильную PT-систему.***

Однако, для нейтронов может работать "***Статистический принцип ослабления корреляций с расстоянием***" (Н.Н. Боголюбов, Избр. труды по статистической физике, М., 1979).

Согласно нашей ***гипотезе***, скорость ядерных распадов промежуточного ядра ^{4}He* является функцией энергии возбуждения этого ядра $E_к$. Мы ***предполагаем***, что при $E_к \sim 0$ (тепловые энергии) составное ядро ^{4}He* является метастабильным с временем жизни около 10^{-15} с. После истечения времени $\sim 10^{-16}$ секунды составное ядро уже более не является изолированной системой, так как виртуальные фотоны от ^{4}He* могут достигать ближайших электронов в кристалле и уносить энергию возбуждения составного ядра ^{4}He*.

Нужно подчеркнуть, что изложенная гипотеза является лишь попыткой объяснить ***хорошо установленный экспериментальный факт*** практического отсутствия ядерных каналов распада промежуточного составного ядра ^{4}He* в процессе холодного синтеза.

Первая публикация

ISSN 1063-7788, Physics of Atomic Nuclei, 2012, Vol. 75, No. 2, pp. 153–159. © Pleiades Publishing, Ltd., 2012.
Original Russian Text © E.N. Tsyganov, 2012, published in Yadernaya Fizika, 2012, Vol. 75, No. 2, pp. 174–180.

NUCLEI
Experiment

Cold Nuclear Fusion*

E. N. Tsyganov**

University of Texas Southwestern Medical Center at Dallas, Texas, USA

Abstract—Recent accelerator experiments on fusion of various elements have clearly demonstrated that the effective cross-sections of these reactions depend on what material the target particle is placed in. In these experiments, there was a significant increase in the probability of interaction when target nuclei are imbedded in a conducting crystal or are a part of it. These experiments open a new perspective on the problem of so-called cold nuclear fusion.

Скорость DD синтеза в кристаллической ячейке

Тип кристалла	Потенциал экранирования, эВ	Частота колебаний ν, c^{-1}	Проницаемость барьера $e^{-2\pi\eta}$	Скорость реакции DD синтеза λ, c^{-1}
Палладий	300	$0{,}74\times10^{17}$	$1{,}29\times10^{-25}$	$0{,}95\times10^{-8}$
Платина	675	$1{,}67\times10^{17}$	$2{,}52\times10^{-17}$	4,2

Э.Н. Цыганов, *Ядерная Физика, 2012, том 75, № 2, с. 174–180.*
E.N. Tsyganov, *Physics of Atomic Nuclei, 2012, Vol. 75, No. 2, pp. 153–159.*

В наших последующих статьях обсуждается возможность экспериментальной регистрации процесса “холодного” DD-синтеза с помощью детектирования электронов малой энергии, которые появляются в результате реакции слияния двух дейтронов в кристалле палладия при очень малых (тепловых) энергиях возбуждения составного ядра $^4He^*$.

Author's personal copy

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 309 (2013) 95–104

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B

journal homepage: www.elsevier.com/locate/nimb

ELSEVIER

Registration of energy discharge in D + D → $^4He^*$ reaction in conducting crystals (simulation of experiment)

E.N. Tsyganov [a,*], V.M. Golovatyuk [b], S.P. Lobastov [b], M.D. Bavizhev [c], S.B. Dabagov [d]

[a] University of Texas Southwestern Medical Center at Dallas, USA
[b] Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia
[c] North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia
[d] RAS PN Lebedev Physical Institute & NRNU MEPhI, Moscow, Russia

ARTICLE INFO

Article history:
Received 30 November 2012
Received in revised form 29 December 2012
Accepted 12 January 2013
Available online 3 April 2013

ABSTRACT

The experiment on registration of low-energy electrons which occur after the fusion reaction of two deuterons in the palladium crystal at very low excitation energies was modeled using Monte Carlo simulations.

© 2013 Elsevier B.V. All rights reserved.

Инженерная Физика 2013

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА:
ООО Издательство «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ».
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-37278.
Подписной индекс в каталоге
ОАО «Роспечать» 79217
«Пресса России» 34117

Сайт издательства: www.tgizd.ru

Главный редактор:
Рухадзе А.А.
д-р физ.-мат. наук, проф., заслуженный деятель науки Российской Федерации

Зам. гл. редактора:
Гаврилов Н.М., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Галченко Ю.П., д-р техн. наук;
Щербаков Н.С., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ

Редакция:
Боброва Е.А., Гончарова В.Б., Морозова Т.Ю., Чистякова М.А.

Инженерная физика № 9 2013
ISSN: 2072-9995
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Цыганов Э.Н., Бавижев М.Д., Головатюк В.М., Дабагов С.Б., Лобастов С.П.
Механизм выделения энергии в реакции $D+D \rightarrow {}^4He^*$ в проводящих кристаллах (моделирование эксперимента) 3

Инженерная Физика 2014

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА:
ООО Издательство «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ».
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-37278.
Подписной индекс в каталоге
ОАО «Роспечать» 79217
«Пресса России» 34117

Сайт издательства: www.tgizd.ru

Главный редактор:
Рухадзе А.А.
д-р физ.-мат. наук, проф., заслуженный деятель науки Российской Федерации

Зам. гл. редактора:
Гаврилов Н.М., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Галченко Ю.П., д-р техн. наук;
Щербаков Н.С., д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ

Редакция:
Боброва Е.А., Гончарова В.Б., Чистякова М.А.

Инженерная физика № 6 2014
ISSN: 2072-9995
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Бергман А.А.
Магнитные монополи
Л.И. Уруцкоева 3
Цыганов Э.Н.
DD-синтез в проводящих кристаллах 6

Инженерная Физика 2014

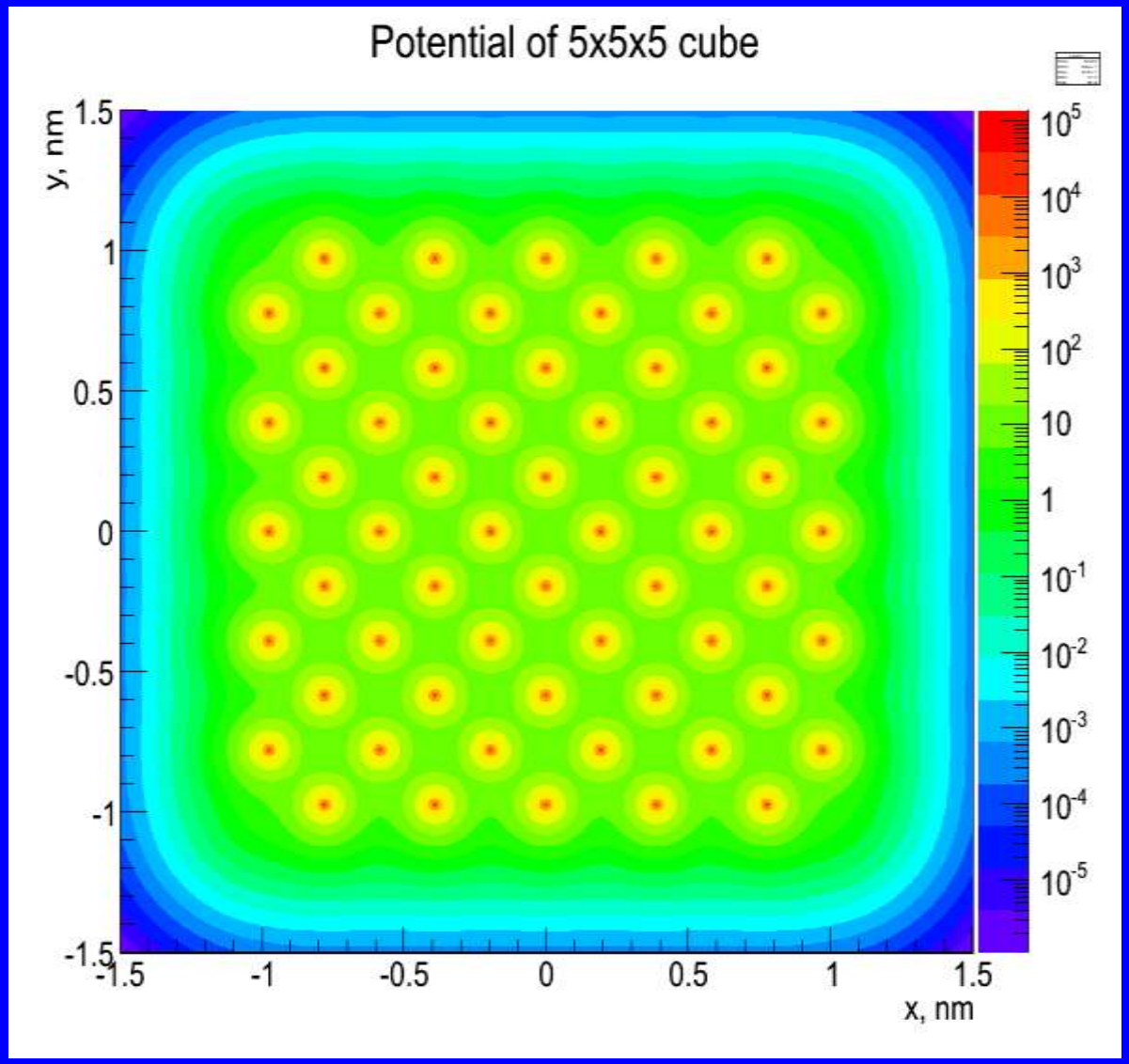
Э.Н. ЦЫГАНОВ
доктор физ.-мат. наук, профессор, президент
E-mail: edward.tsyganov@coldfusion-power.com
Cold Fusion Power, International
США

DD-СИНТЕЗ В ПРОВОДЯЩИХ КРИСТАЛЛАХ

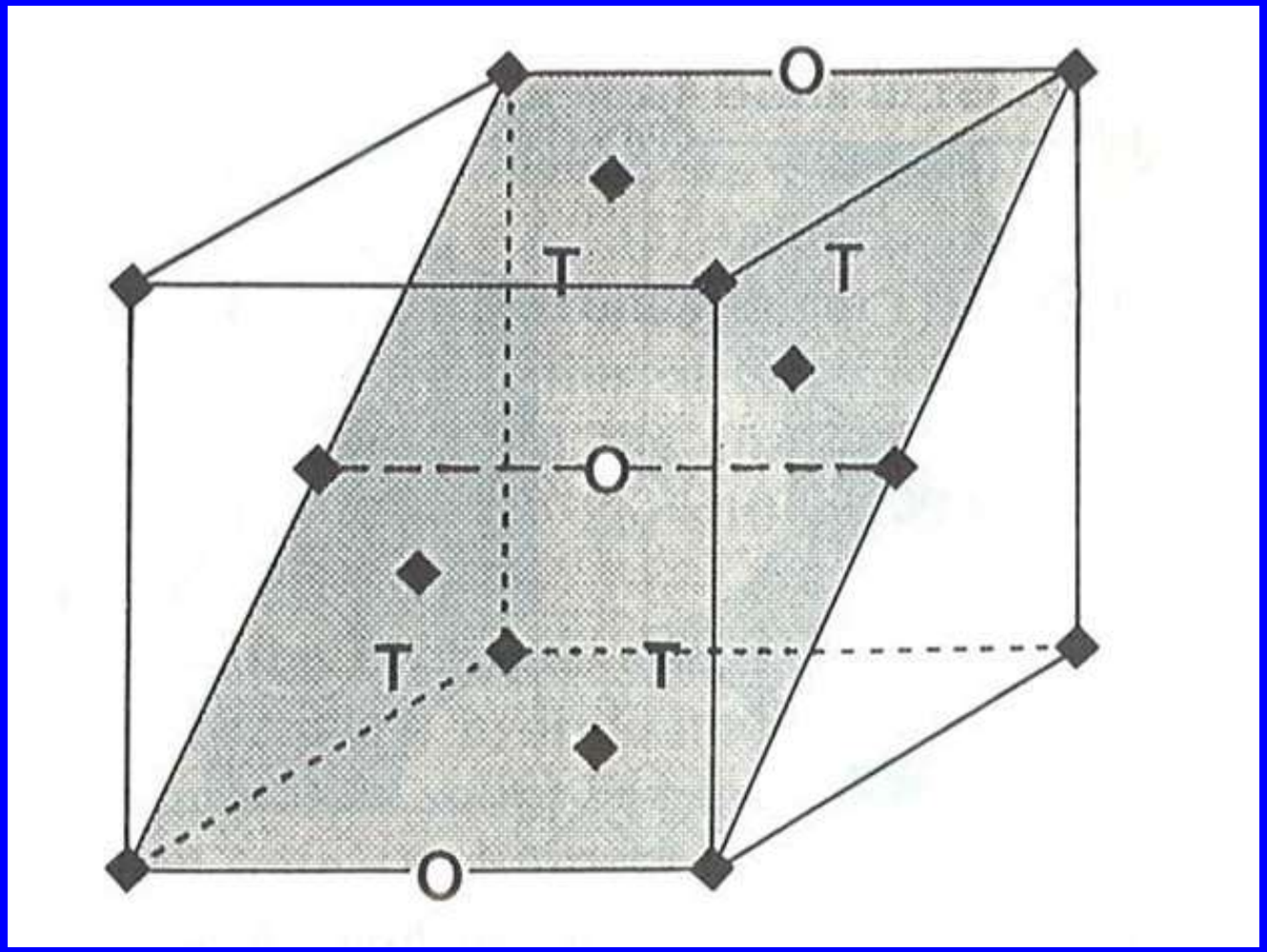
В работе рассматриваются аспекты атомной физики, приводящие к отбору разрешенных орбиталей атомов при насыщении проводящих кристаллов атомами дейтерия. Наличие свободных электронов проводимости кристалла, группирующихся в области потенциальных ниш кристаллической решетки, приводит к запрету для s-состояния водорода занимать эти ниши. При этом заполнение этих ниш дейтерием оказывается возможным для возбужденных атомных состояний уровня 2p или выше. В экспериментах по DD-синтезу на ускорителях низких энергий было показано, что если атом дейтерия-мишени располагается в проводящем кристалле, эта реакция идет с гораздо большей вероятностью, чем в случае свободных атомов дейтерия. Когда в одну кристаллическую нишу попадают два атома дейтерия, то расстояние между ядрами этих атомов оказывается равным 1/10...1/20 от номинальных размеров этих атомов. Теоретические расчеты показывают, что для реакции синтеза DD→^{4}He это эквивалентно дополнительной энергии 300...700 эВ. Мы полагаем, что именно процесс возбуждения атомных состояний до уровня 2p или выше объясняет первую стадию так называемого холодного ядерного синтеза.*

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

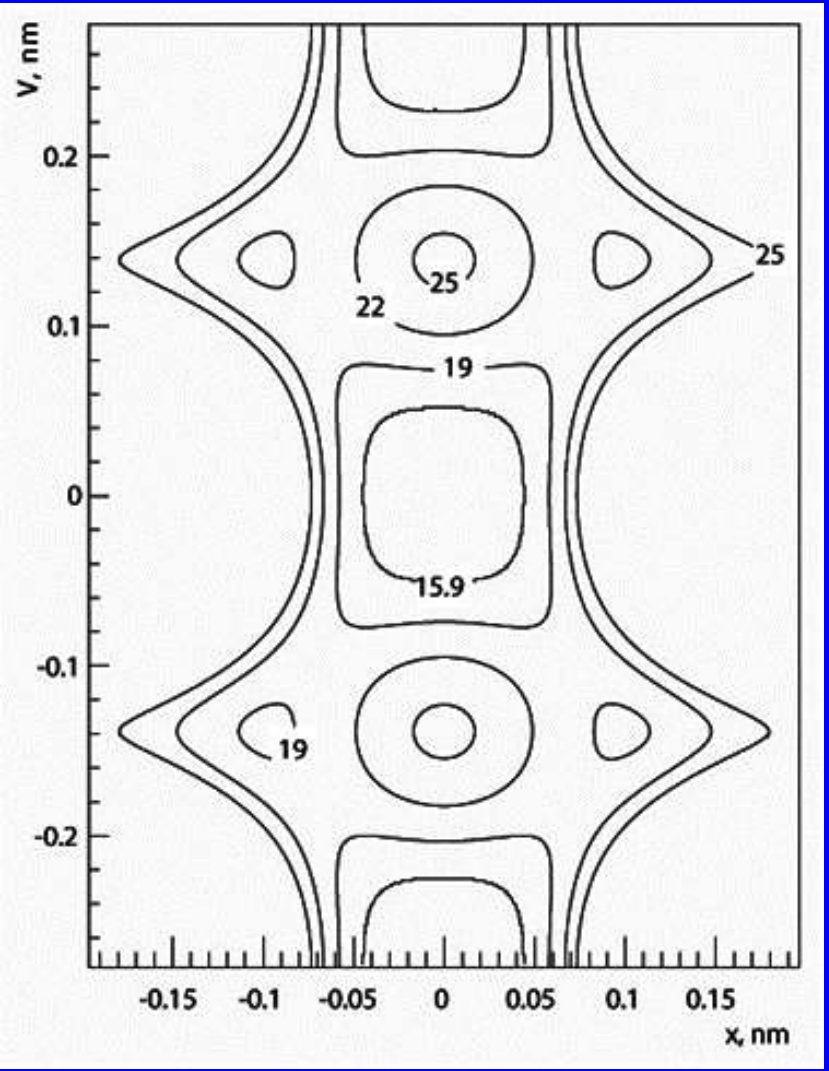
Атомные потенциалы кластера 5×5×5 ячеек кристалла платины



Диагональная плоскость *X-V* в кристаллах fcc. Знаками O обозначены октаэдральные вакансии, знаками T - тетраэдральные вакансии.

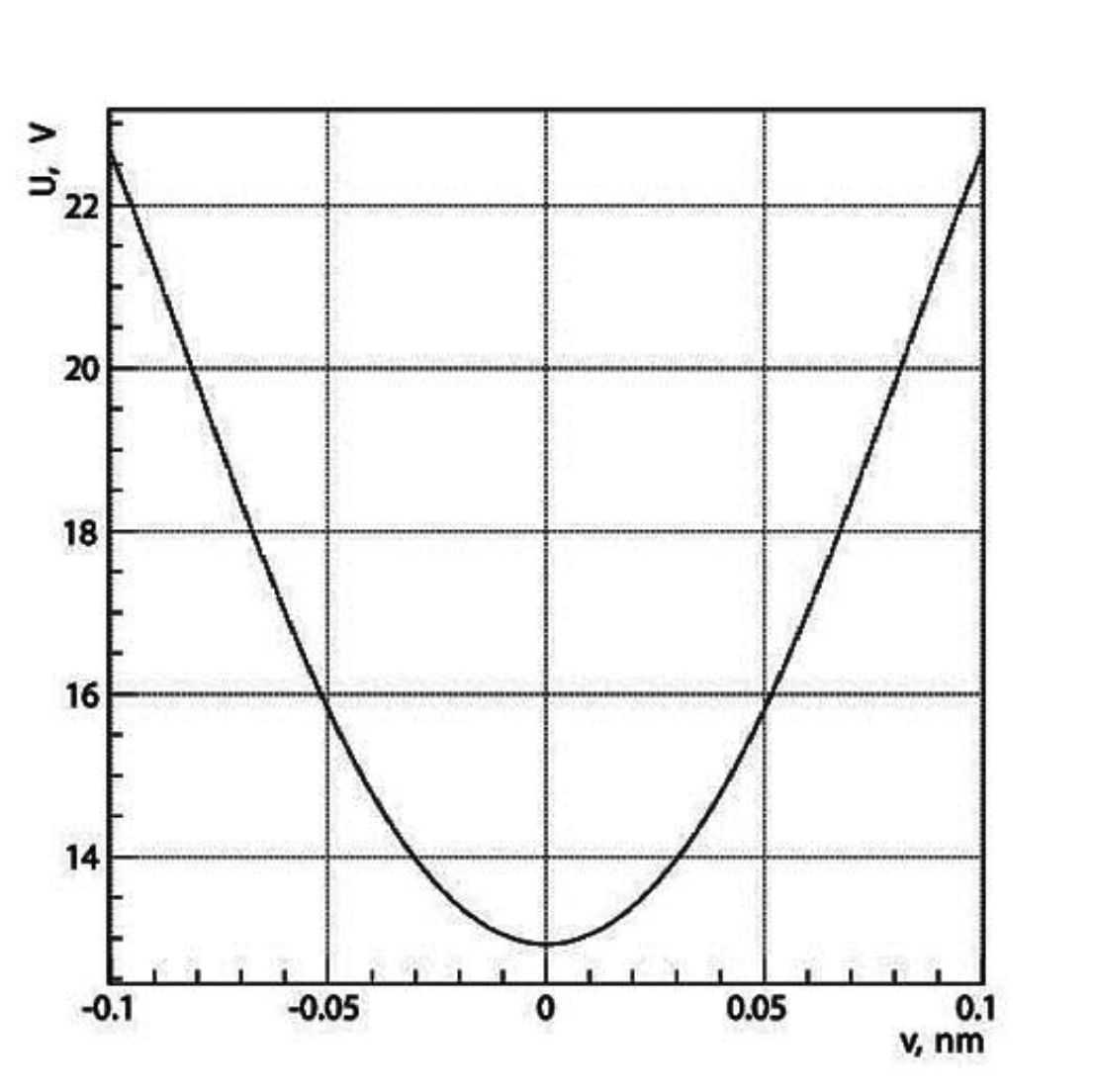


Контуры потенциалов в диагональной плоскости *X-V* для платины.



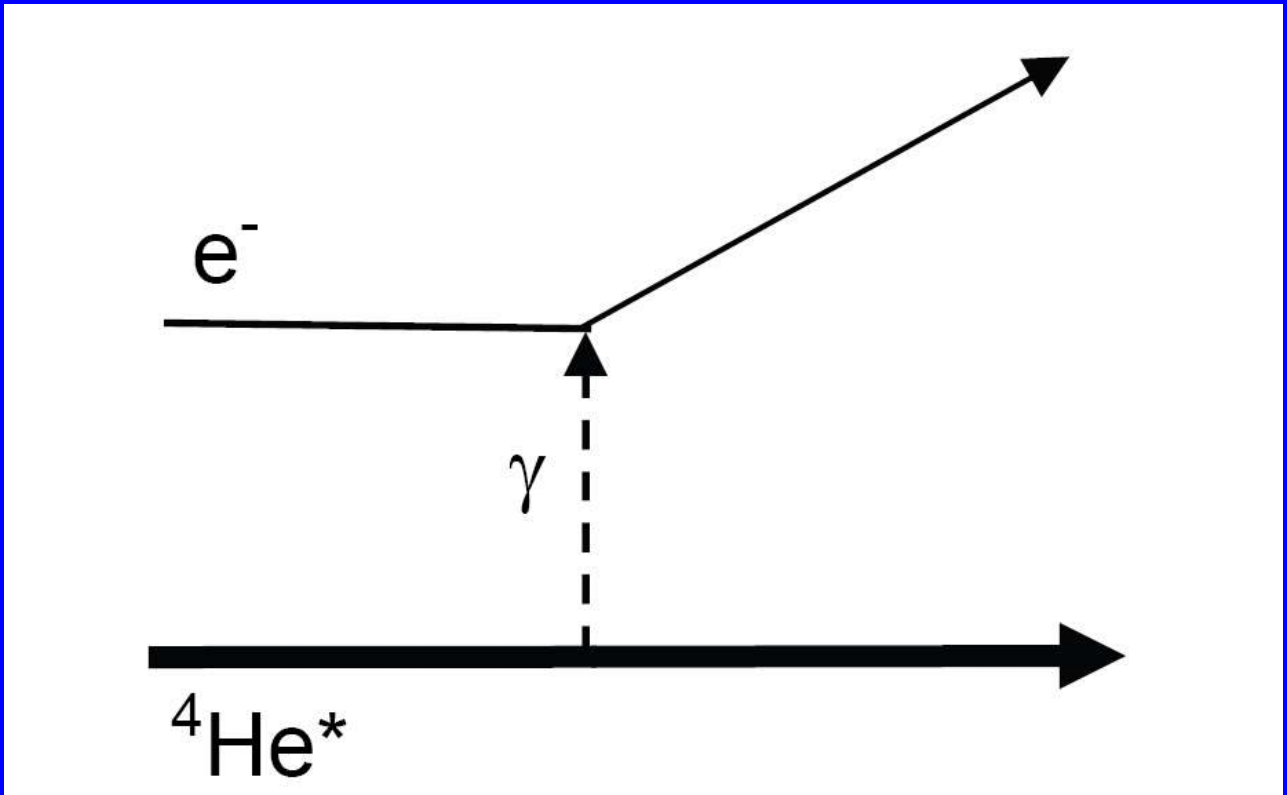
ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Потенциал в окрестности октаэдрального центра в кристаллической ячейке платины вдоль направления *V*.

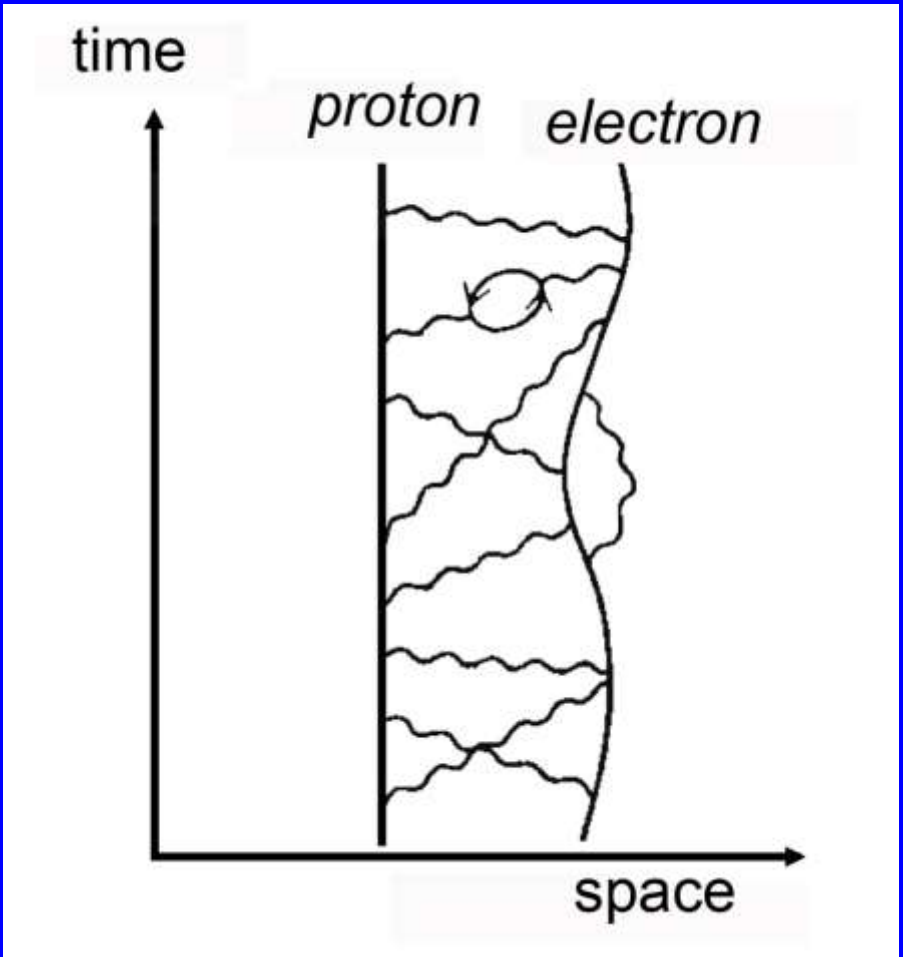


ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

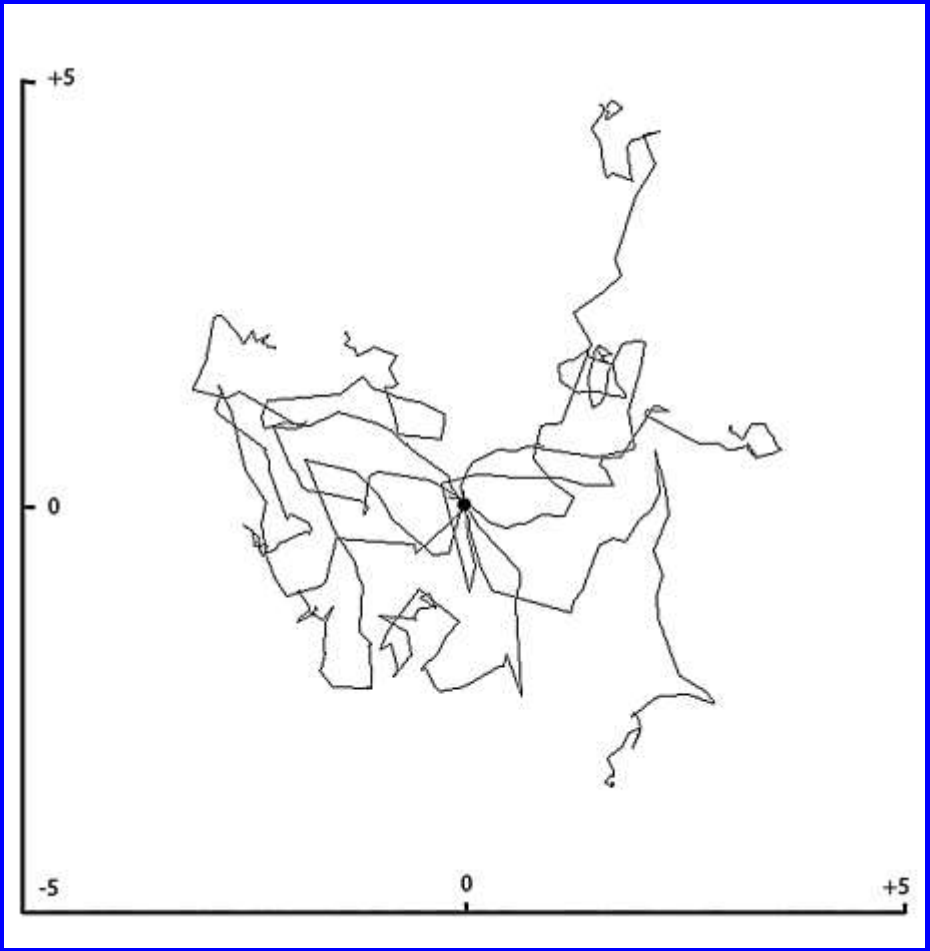
Диаграмма процесса, обеспечивающего “термализацию” DD синтеза с образованием $^4He^*$ в проводящих кристаллах. Для того, чтобы этот процесс заработал, необходимо существование метастабильного состояния $^4He^*$.



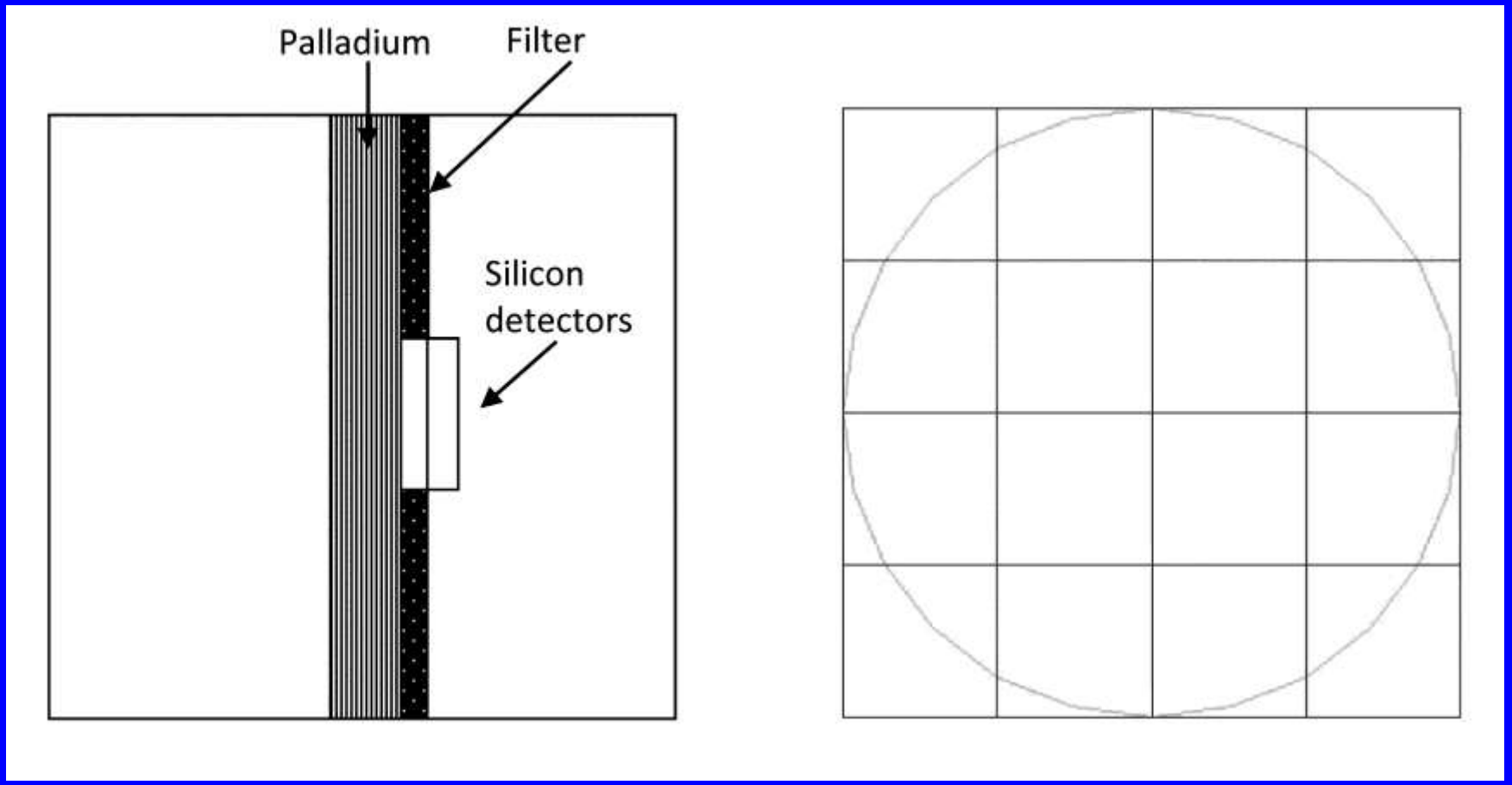
Виртуальные фотоны в атоме водорода (Ричард Фейнман)



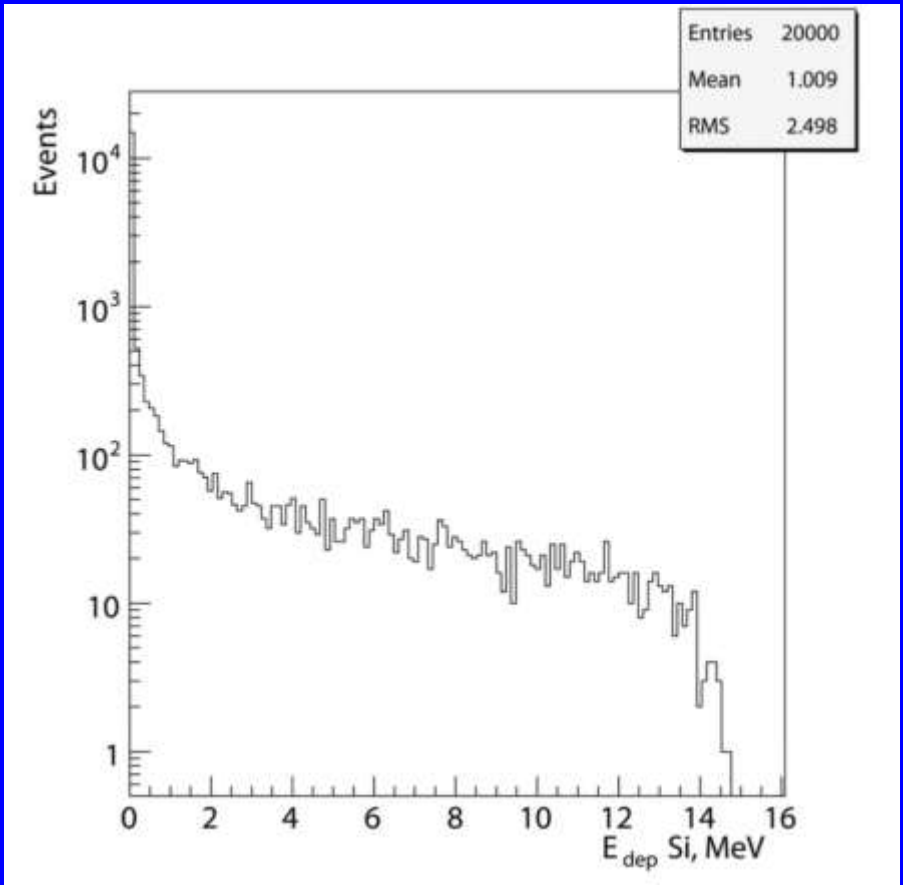
Траектории электронов (Монте Карло), генерированных в процессе холодного DD-синтеза в палладии. Размеры указаны в микронах.



Одностороняя схема эксперимента. Несколько кремниевых детекторов расположены с одной стороны палладиевой фольги и включены на совпадения. Слева – вид сбоку, справа – относительные позиции апертуры и детекторов.



Энергия, выделенная 60 кэВ электронами в детекторах, расположенных с одной стороны от палладиевой фольги. Спектр простирается до энергии 14 МэВ из-за того, что некоторая часть электронов рассеивается в палладии на углы до 180°.



Эксперименты по DD-синтезу в металлах на ускорителях

- H Yuki, T Satoh, T Ohtsuki, T Yorita, Y Aoki, H Yamazaki and J Kasagi “D+D reaction in metal at bombarding energies below 5 keV”в журнале J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 23 (1997) 1459–1464.

- J. Kasagi, H. Yuki, T. Itoh, N. Kasajima, T. Ohtsuki and A. G. Lipson* “Anomalously enhanced d(d,p)t reaction in Pd and PdO observed at very low bombarding energies”, the Seventh International Conference on Cold Fusion, 1998. Vancouver, Canada:, ENECO, Inc., Salt Lake City, UT : p. 180.

- H. Yuki, J. Kasagi, A.G. Lipson, T. Ohtsuki, T. Baba, T. Noda, B.F. Lyakhov, N. Asami “Anomalous Enhancement of DD Reaction in Pd and Au/Pd/PdO heterostructure targets under a low energy deuteron bombardment”, письма в ЖЭТФ, том 68, выпуск 11, 10 декабря,1998.

- J. Kasagi, H. Yuki, T. Baba and T. Noda “Low Energy Nuclear Fusion Reactions in Solids”, 8th International Conference on Cold Fusion.,2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.

- A.G. Lipson, G.H. Miley, A.S. Roussetski, A.B. Karabut “strong enhancement of dd-reaction…” Работа была доложена на ICCF-10 в 2003 г. Работа интересна тем, что в этом эксперименте регистрировалось сопутствующее мягкое рентгеновское излучение.

- Claus Rolfs – Gran Sasso, 2002 – 2006
  - C. Rolfs, “Enhanced electron screening in metals: a plasma of the poor man”, Nucl. Phys. News 16 (2) (2006).
  - F. Raiola, (for the LUNA Collaboration), B. Burchard, Z. Fulop, et al., J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 31 (2005) 1141;
  - F. Raiola, (for the LUNA Collaboration), B. Burchard, Z. Fulop, et al., Eur. Phys. J. A27 (2006) 79.
- K. Czerski – Berlin, 2002 – 2009
  - A. Huke, K. Czerski, P. Heide, G. Ruprecht, N. Targosz, W. Zebrowski, Phys. Rev. C 78 (2008) 015803.
  - K. Czerski, A. Huke, P. Heide, et al., J. Phys. G 35, 014012 (2008).
- Tomsk Collaboration, 2012 - 2013
  - V. M. Bystritsky et al, National Scientific Research - Tomsk Polytechnical University, Russia, Physics of Atomic Nuclei, 2012, Vol. 75, No. 1, pp. 53–62.
  - V. M. Bystritsky et al, National Scientific Research - Tomsk Polytechnical University, Russia, Nuclear Physics, 2013 (in press)

Заключение - 1

1. Существование явления холодного ядерного синтеза в настоящее время убедительно доказано экспериментами, включая эксперименты на ускорителях низких энергий.

2. Наблюдаемое отсутствие ядерных продуктов при холодном синтезе может быть объяснено замедлением распадов промежуточного ядра $^4He^*$ по ядерным каналам с уменьшением энергии его возбуждения. Высвобождение энергии связи при этом происходит с участием виртуальных фотонов.

3. Предубеждение многих ядерщиков по отношению к явлению холодного синтеза связано с необычностью этого ядерного процесса. При холодном синтезе образованное промежуточное составное ядро $^4He^*$ оказывается метастабильным.

Заключение - 2

4. Накопленные эмпирические правила ядерной физики представляются ядерному сообществу незыблемыми, в то время как область их применения ограничена.

5. Холодный ядерный синтез практически безопасен и предоставляет более широкие возможности, чем ожидаемый традиционный термоядерный синтез.

Некоторые из применений холодного ядерного синтеза (корабли, самолеты, космонавтика) просто недоступны устройствам циклопически больших размеров — токамакам и другим гипотетическим установкам с использованием термоядерного синтеза.

ЛВЭ ОИЯИ, 15 ноября 2012 г.

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Там же

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

RASA, 8-10 November 2013, Clearwater Beach, FL

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

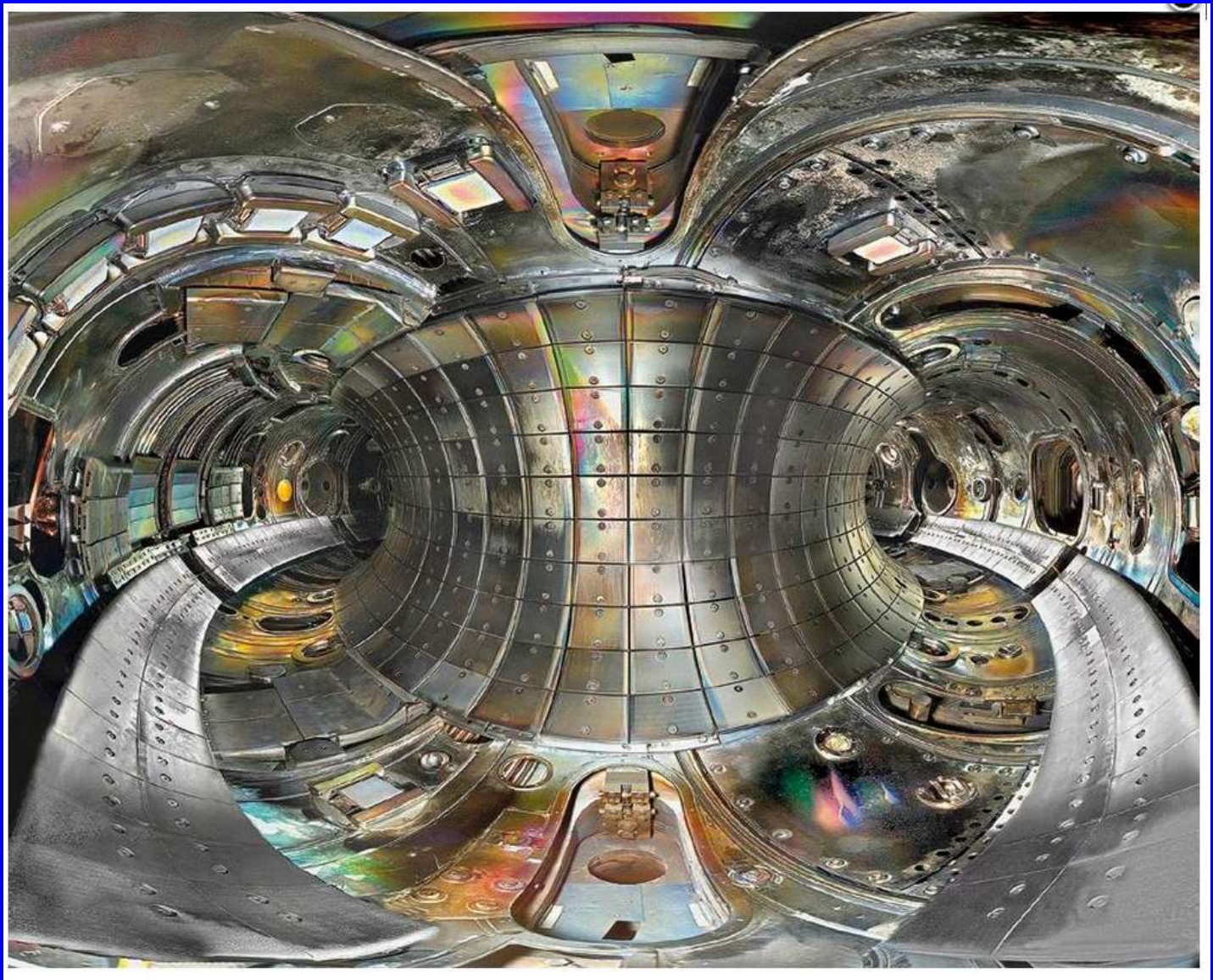
RASA, 8-10 November 2013, Clearwater Beach, FL

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

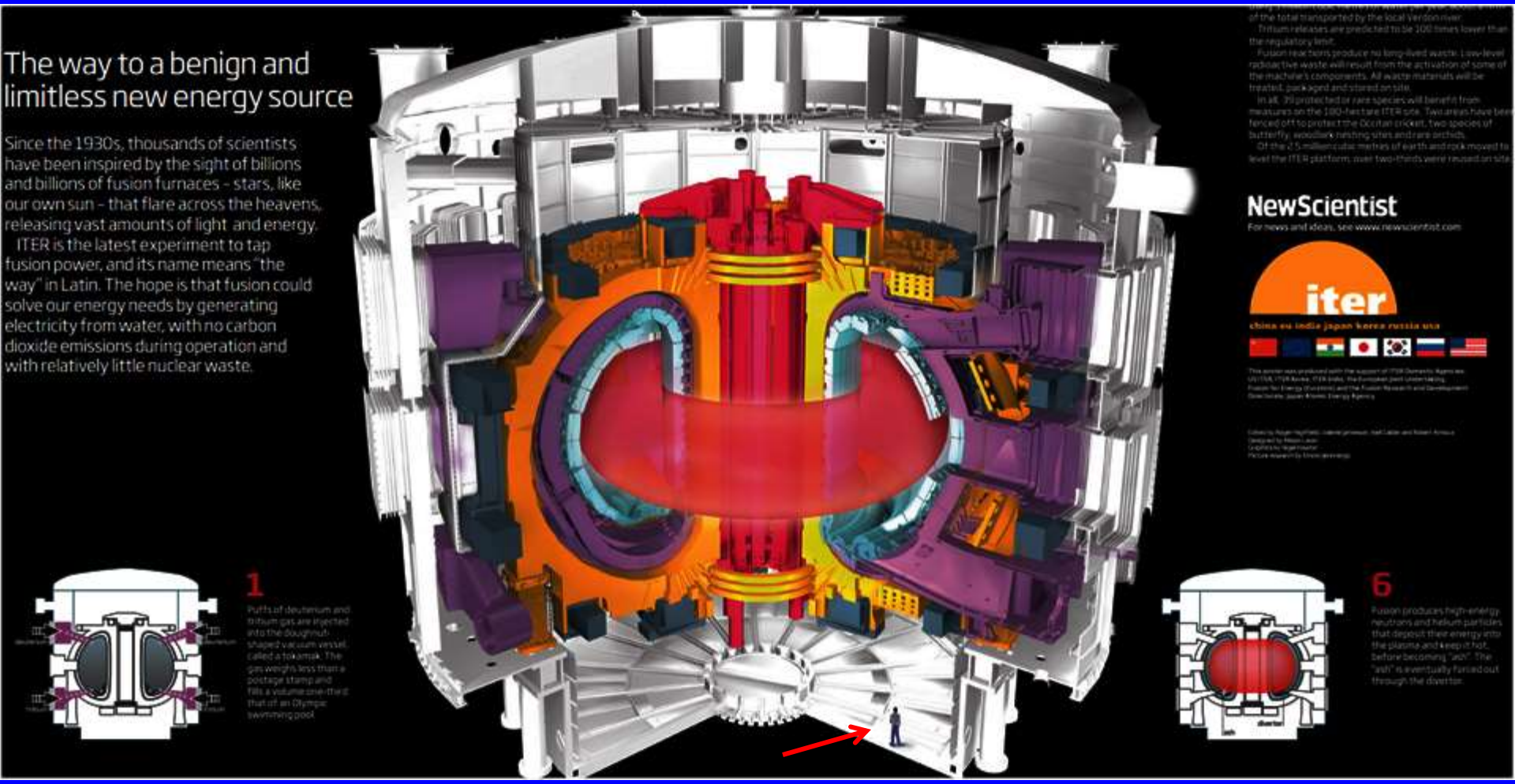
RASA, 8-10 November 2013, Clearwater Beach, FL

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

Joint European Torus, UK



Проект ITER


The way to a benign and limitless new energy source
Since the 1930s, thousands of scientists have been inspired by the sight of billions and billions of fusion furnaces – stars, like our own sun – that flare across the heavens, releasing vast amounts of light and energy.
ITER is the latest experiment to tap fusion power, and its name means "the way" in Latin. The hope is that fusion could solve our energy needs by generating electricity from water, with no carbon dioxide emissions during operation and with relatively little nuclear waste.
1
Puffs of deuterium and tritium gas are injected into the doughnut-shaped vacuum vessel, called a tokamak. The gas weighs less than a postage stamp and fills a volume one-third that of an Olympic swimming pool.
NewScientist
For news and ideas, see www.newscientist.com
iter
china eu india japan korea russia usa
6
Fusion produces high-energy neutrons and helium particles that deposit their energy into the plasma and keep it hot, before becoming "ash". The "ash" is eventually forced out through the divertor.

ITER, май 2014 г.

ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ
Дубна, Московской области, 7 июля 2014 г

ITER, май 2014 г.

Спасибо за внимание!