Изучение физических механизмов низкотемпературной трансформации нуклидов

Фёдор Сергеевич Зайцев[1]
Владимир Александрович Чижов[2]
Владимир Львович Бычков[3]

[1]Д.ф.-м.н., профессор МГУ, академик РАЕН
[2]К.т.н., л.п. Совмина СССР, член-корр. РАЕН
[3]Д.ф.-м.н., в.н.с. МГУ, академик РАЕН

e-mail: fza@mail.ru

РУДН, семинар «Холодный ядерный синтез и шаровая молния»
27 декабря 2018

Содержание

Часть 1. Краткий обзор.

1. Терминология.
2. Эксперименты. Аномальные явления. Общее в экспериментах.
3. Основные гипотезы о механизмах НТН.

Часть 2. Теория НТН в двойниковых границах (ДГ).

1. ДГ. Способы увеличения числа ДГ. Свойства ДГ.
2. Образование электрона с уменьшенным радиусом в электрохимической ячейке ДГ за счёт резонанса.
3. Оценка энерговыделения: при переходе атома водорода в нейтроноподобное состояние; при внедрении нейтроноподобного объекта в нуклид; суммарная.
4. Предложения по экспериментальной проверке механизмов НТН.

Часть 1. 1. Терминология.

«Холодный ядерный синтез» – исторически возникший, но неудачный термин, т.к. важную роль играют электроны или электронная оболочка атомов и наблюдаются аномалии: нет заметного количества быстрых нейтронов и сильного излучения, не мешает кулоновский барьер. Такая терминология сдерживает финансирование экспериментальных и теоретических исследований в РФ.

Более адекватное название:
«низкотемпературная трансформация нуклидов» (НТН)
или «low temperature nuclide transformation» (LTNT)

«Холодный ядерный синтез» … «Такая возможность действительно допускается физикой»: академик Е.Б. Александров (предс. ком. по лженауке РАН, интервью «Ъ» от 19.10.2016, www.kommersant.ru/doc/3125067).

В ядерной физике основное внимание уделялось изучению процессов при ударе по мишени и распаде тяжёлых элементов, а эффекты набора энергии частицами в резонансе с тем или иным воздействием, видимо, остались не достаточно исследованы.

Механизмы НТН остаются неизученными. Главная цель доклада – привлечение внимания к необходимости проведения экспериментов по их проверке, в том числе в научных центрах, имеющих высококвалифицированных специалистов и современную диагностику.

2. Эксперименты. Аномальные явления. Общее в экспериментах.

Различные низкотемпературные трансформации нуклидов (НТН), происходящие при температурах среды << 1 эВ (~11000 С), изучаются уже давно. К ним относится, например, мюонный катализ: А.Д. Сахаров, Я.Б. Зельдович, С.С. Герштейн, Л.И. Пономарев – работы 1947-1990-х г.

Механизм мюонного катализа (Я.Б. Зельдович, С.С. Герштейн. "Ядерные реакции в холодном водороде", УФН, 1960, т. 12, вып. 4, с. 581-630). Мюон (электроноподобный объект) μ: заряд e, в ~207 раз тяжелее e, комптоновский радиус $r_\mu = \hbar/(m_\mu c)$ в ~207 раз меньше r_e. Попадая в смесь изотопов водорода, образует мезоатомы pμ, dμ, tμ (нейтроноподобные объекты), которые сталкиваясь затем с молекулами H_2, D_2, T_2, HD, HT, DT создают мезо-молекулярные ионы $(pp\mu)^+$, $(pd\mu)^+$, $(pt\mu)^+$, $(dd\mu)^+$… В мезомолекулах ядра настолько близки (как для H, D, T при 3 кэВ), что происходит их слияние в различных термоядерных реакциях. Описывается квантовой механикой с помощью волновых функций (УФН 1960).

Практическое использование НТН для производства энергии в экспериментах 1950-х годов было невыгодным, так как при создании мюона на ускорителе затрачивалось больше энергии, чем выделялось.

Другой известный тип НТН – электронный захват. Один из видов бета-распада атомных ядер, изменяющий заряд ядра на единицу без изменения массового числа. Протон ядра захватывает орбитальный электрон (с ближайших к нему электронных оболочек в порядке K, L, M, N и т.д.; K-захват, L-захват, …) и превращается в нейтрон, испуская нейтрино. Один хим. элемент (нуклид) переходит в другой, расположенный ближе к началу таблицы Менделеева – распад.

Почти вся выделившаяся в е-захвате энергия уносится нейтрино, кин. энергия ядер составляет лишь несколько эВ. Энергия, выделяющаяся при заполнении вакансии электрона, уносится одним или несколькими фотонами рентгеновского излучения и/или одним или несколькими электронами (Оже).

В мюонном катализе и е-захвате образуется нейтроноподобные объекты (гидрино).

Выводы: НТН существуют, идут с образованием нейтроноподобного объекта.

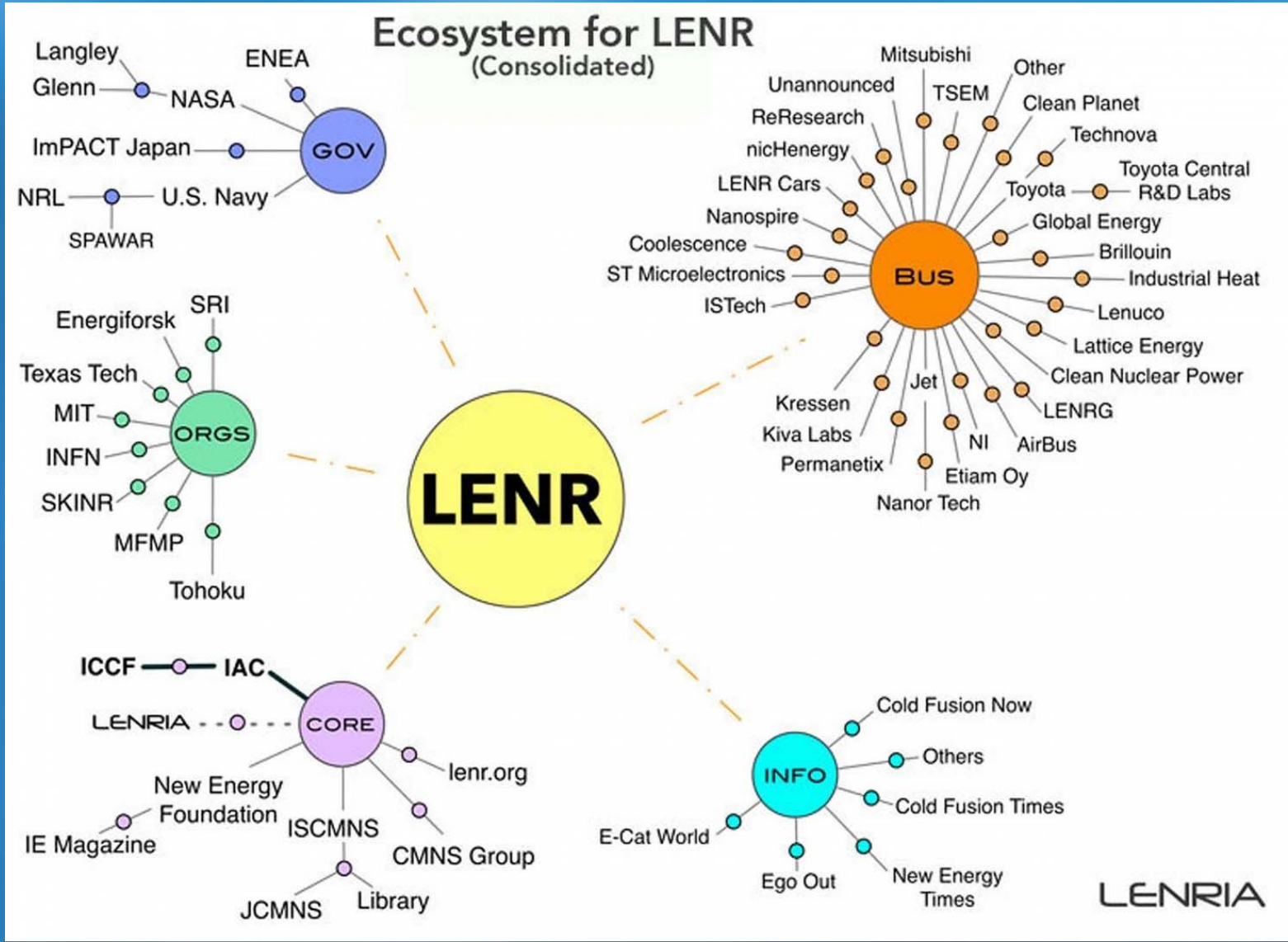
Естественно предположить, что раз такие объекты существуют, то могут образовываться и в других процессах, например, при резонансе с тем или иным внешним воздействием.

Теоретически возможный механизм аномальных НТН: образование электрона с уменьшенным эффективным радиусом. С позиций квантовой механики это означает сужение области относительно больших значений $|\psi|$ за счёт внешнего потенциала, созданного сверхсильным электрическим полем и резонансном. С позиций волновых процессов: в понятии физики электрон является в том числе и волной – колеба-тельным процессом. Концепция де Бройля переносит формулу для энергии волны $h\nu$, полученную для фотонов, на частицы. Поэтому электрону можно сопоставить некоторый эффективный радиус $r_e^* = c/(2\pi\nu)$ – аналог комптоновского радиуса $r_e = \hbar/(m_e c)$. Если при каких-то условиях, например, резонансе в сверхсильных полях, происходит увеличение частоты ν, то r_e^* убывает.

При соединении электрона с уменьшенным радиусом с протоном возникнет нейтроноподобный объект, который уже может подходить близко к ядру, внедряясь в него с образование изотопа или теряя электрон с образованием нового химического элемента, расположен-ного ближе к концу таблицы Менделеева – синтез. При резонансном изменении ν быстрых нейтронов и сильного излучения может не быть, т.к. энергия вкладывается в сужение области относительно больших значений $|\psi|$ электрона (или частоту электрона), а не в его скорость.

Отличие μ-катализа, e-захвата и теор. механизма от обычных ядерных реакций – в важной роли электрона.
Поэтому точнее – трансформация нуклидов, а не ядерная реакция синтеза или распада.

На протяжении последних десятилетий во многих странах (США, Япония, Китай, Франция, Италия, Германия) ведутся с гос. поддержкой поисковые исследования по изучению НТН в разнообразных лабораторных условиях. См., например, отчёт от 7 июня 2016 года за 23 года исследований по заказу Пентагона, 133 с.



Список некоторых гос. организаций РФ, сотрудники которых имеют опыт экспериментального и/или теоретического исследования НТН:

1. ИФВЭ НИЦ «КИ»
2. ИОФ РАН
3. МГУ им. Ломоносова
4. ОИВТ РАН
5. МИФИ
6. МРТИ РАН
7. ФИАН
8. НИИСИ РАН
9. РФЯЦ-ВНИИЭФ (Саров)
10. РФЯЦ-ВНИИТФ (Снежинск)
11. ОИЯИ (Дубна)
12. ИСА РАН
13. ИЭПХФ РАН
14. ИЯФ СО РАН
15. ИЯИ РАН

Однако в настоящее время отсутствует ясное понимание фундаментальных механизмов НТН, что приводит к трудностям воспроизведения экспериментов и интерпретации наблюдений, сдерживает создание эффективных и надёжных технических устройств, работающих на новых принципах.

Главный положительный эффект от овладения технологиями НТН состоит в создании материалов с существенно улучшенными свойствами, в том числе за счёт модификации их элементного состава и структуры, а также использование в качестве источника излучения и энергии. Может идти речь о производстве изотопов и нуклидов.

Во многих странах есть понимание, что создание эффективных технологий и технических устройств на базе НТН даст значительные конкурентные преимущества.

Рассматривается возможность изучения фундаментальных механизмов НТН при поддержке РФФИ.

Если механизмы НТН буду поняты в постановочных экспериментах, то возникнет аналог ядерного проекта.

Аномальные НТН наблюдаются обычно не в ядерных экспериментах, поэтому открываются и изучаются не только физиками-ядерщиками.

Из сообщений различных групп следует, что инициирование НТН регистрируется в достаточно широком спектре физических явлений:

- Протекание электрического тока через конденсированную среду: электролиз, электровзрыв проволочек, электроразряд в воде, сильноточный вакуумный диод.
- Протекание электрического тока через газовую среду.
- Лазерная абляция (облучение) наночастиц в жидкости или на поверхности металла.
- Создание сверхвысокого давления в кристаллической решётке.
- В других физических экспериментах.

Практически во всех типах экспериментов инициирование НТН наблюдается при температурах среды << 1 эВ (~11000 С).

Признаками протекания аномальных НТН являются эффекты:

1. Образование массивных частицеподобных объектов, оставляющих, необычные треки на стекле, слюде, DVD. Измерено поле 3000 Тесла на расстоянии 10 микрон от центра. Значение - как открытие нейтрона.
2. Искажение природного изотопного состава исходных химических элементов (нуклидов).
3. Комнатная высокотемпературная сверхпроводимость.
4. Выделение избыточного тепла, не объясняемого известными хим. реакциями (до 6 эВ). В том числе в виде микровзрывов. Десятки Эв на реакцию.
5. Появление химических элементов, отсутствовавших в среде до НТН.
6. Появление медленных нейтронов. Возможно регистрируется объект п. 1.
7. Необычное («странное») излучение, фиксируемое на фотоэмульсиях.
8. Уменьшение радиоактивности элементов.
9. Отсутствие быстрых нейтронов, известных типов радиоактивного излучения и остаточной радиоактивности. Может означать образование дочерних нуклидов при НТН в основном состоянии.
10. Воздействие на биологические организмы.

Эффекты 2–7 зафиксированы, в том числе, в отчёте от 7 июня 2016 года за 23 года исследований по заказу Пентагона, 133 с. Эффекты недавно подтверждены одновр. в неск. университетах Японии с хорошей диагностикой.

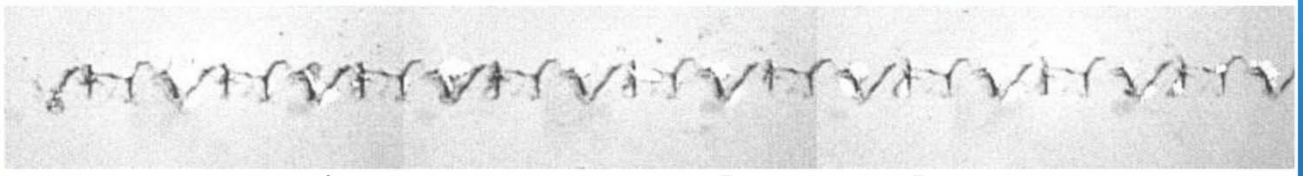
Общее в различных экспериментах:

- Присутствие водорода. Возможность его ионизации.
- Наличие кристаллических структур, например, металлических.
- Возникновение многокомпонентной плазмы с твёрдыми частицами.
- Присутствие того или иного катализатора, например: Li, бура.
- Присутствие электромагнитных ВЧ-колебаний.

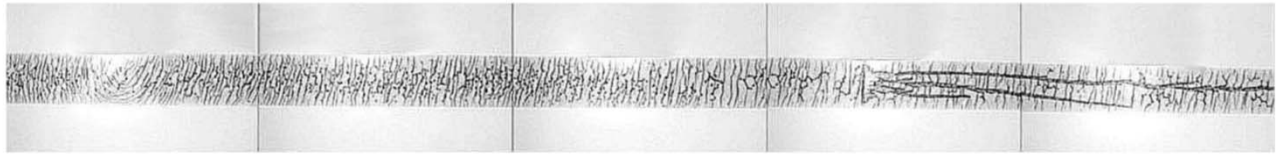
Примеры треков.

На стекле, слюде, DVD. В.А. Жигалов, А.Г. Пархомов, С.Н. Забавин, А.Г. Соболев, Т.Р. Тимербулатов. Статистика треков странного излучения от работающих реакторов LENR. Доклад на 25 РК ХТЯиШМ 1-5 октября 2018 г., Сочи.

Стекло

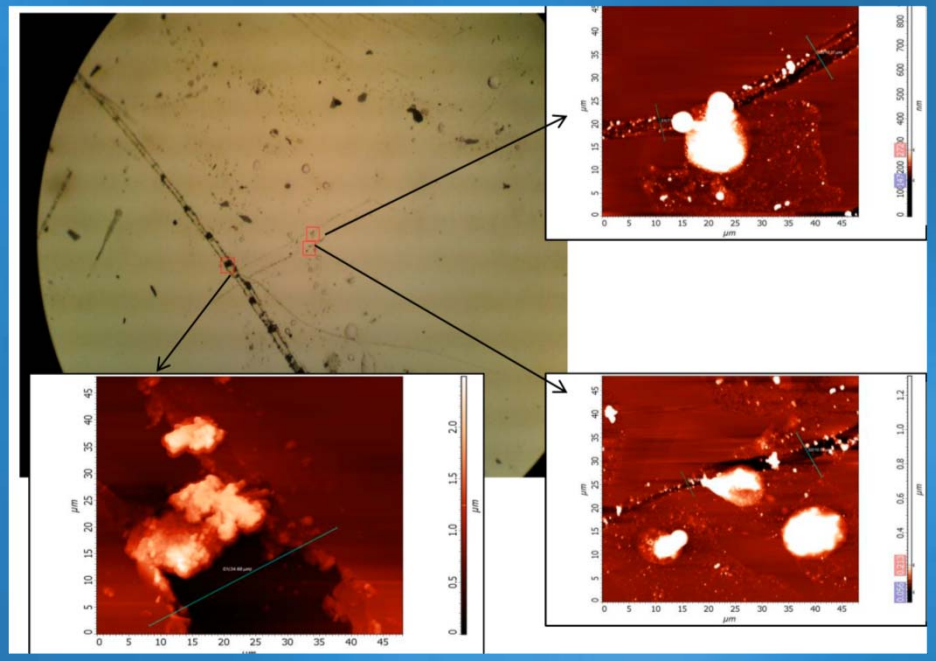


Фрагмент трека на стекле. Длина около 5 мм

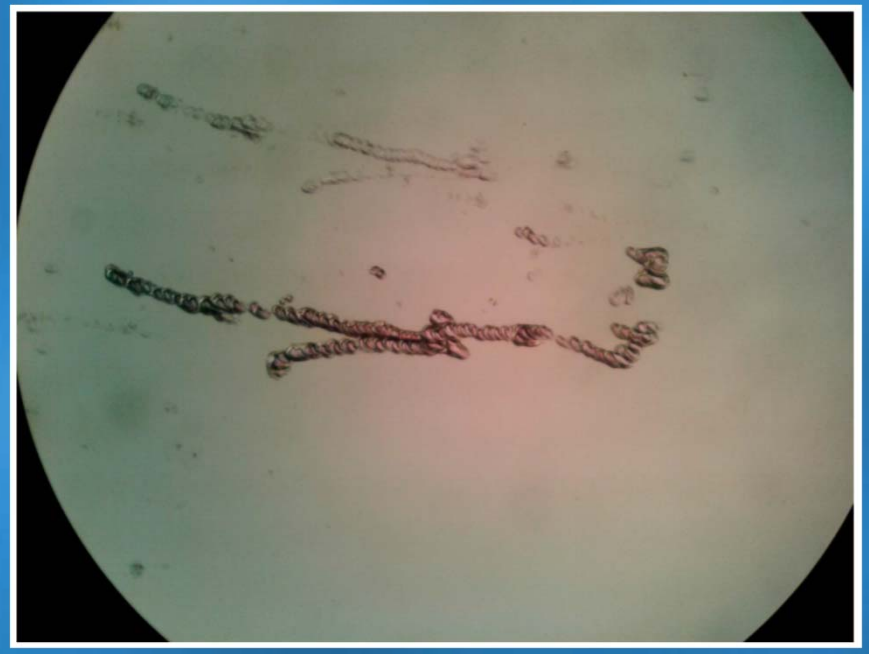


Фрагмент трека на стекле. Длина около 8 мм

Слюда



DVD

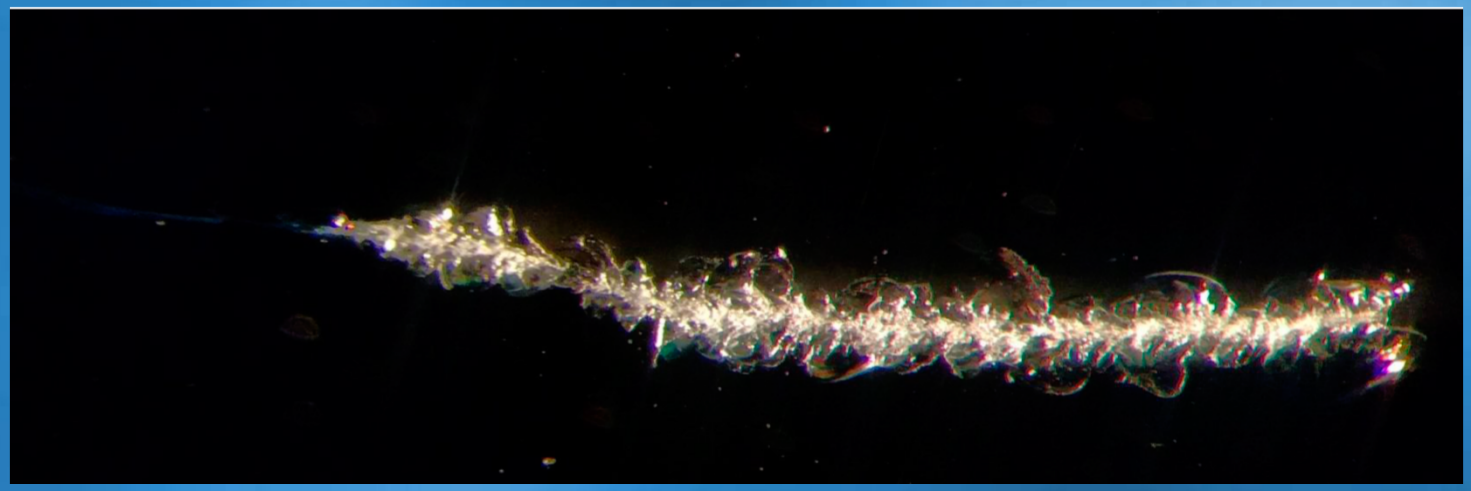


Примеры треков.

На чашке Петри. С.М. Годин. Radiant Electricity 125 years beyond. Доклад на физфаке МГУ 5 декабря 2018 г. Презентация на сайте lenr.su, 13 дек 2018.

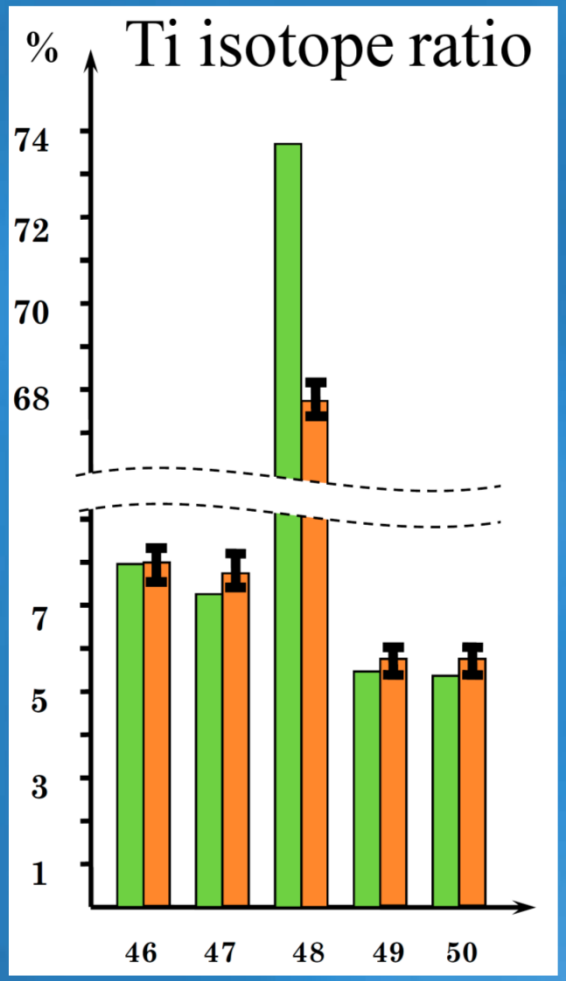
На чашке Петри

На покрывном микроскопном стекле под реактором А.Г. Пархомова



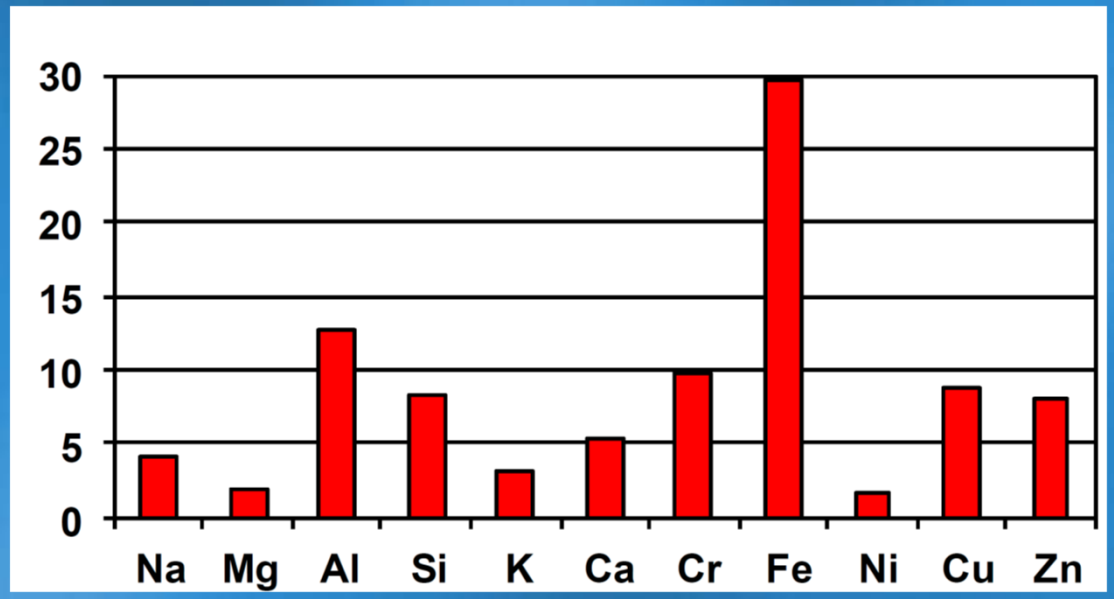
Примеры изменения изотопного и нуклидного состава.

Взрывы фольги в воде, ОСЧ-материалы, измерения спектра во время разряда и масс-спектратльный анализ после. «РЭКОМ» РНЦ «Курчатовский институт»: L.I. Urutskoev, V.I. Liksonov, V.G. Tsinoev. Observation of transformation of chemical elements during an electric discharge // Ann. Fond. L.de Broglie, 2002. v. 27, no 4. p. 701-726.



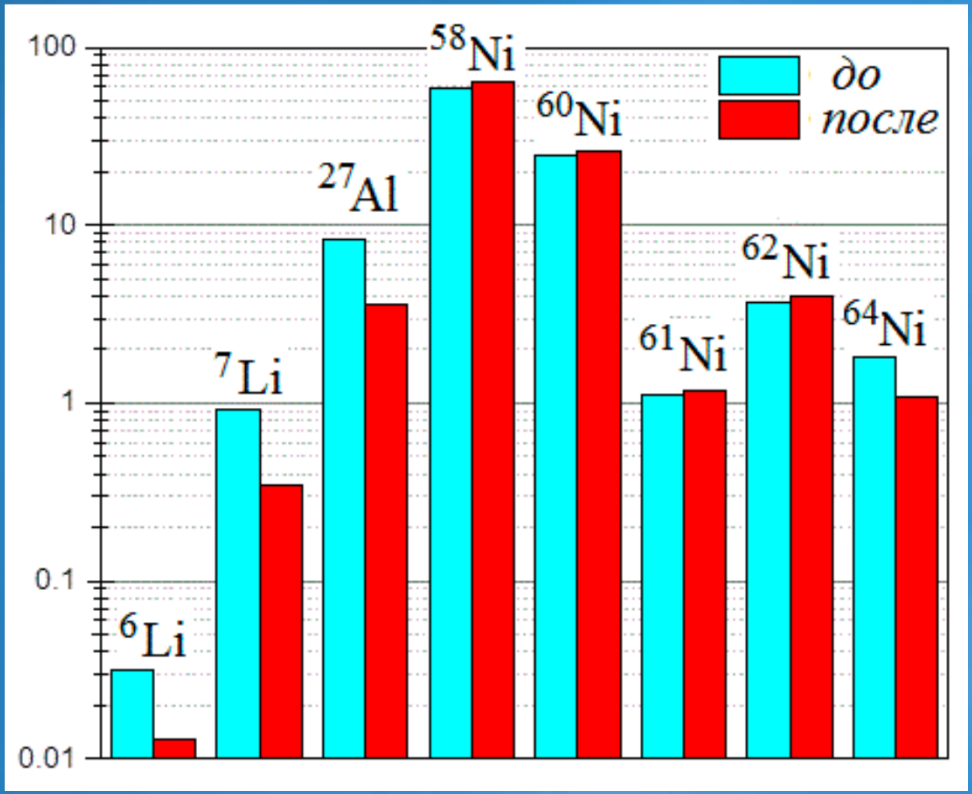
Изменение природного состава изотопов Ti с 73.8 до 65%.

Средний по 24 разрядам процент появившихся новых элементов.



Анализ изменений изотопного и элементного состава в никель-водородных реакторах «АП2», «Проток 6», «ВВЗ», «КВЗ». ОКЛ КИТ, ИОФ РАН, ФИАН РАН. А.Г. Пархомов, К.А. Алабин, С.Н. Андреев, С.Н. Забавин, А.Г .Соболев, .Р. Тимербулатов. «XVII Межд. совещ. по магнитоплазменной аэродинамике», ОИВТ РАН, 19.04.2018.

Изотопный состав топлива до и после работы в реакторе АП2. Анализ сделан методом ICP-MS в ГеоХи РАН и университете Uppsala (Швеция).



Элементный состав топлива до и после работы в реакторе АП2, определённый лазерным атомно-эмиссионным спектрометром в ИОНХ РАН.

% атомные			
Элемент	До	После	После/до
B	0,034	0,036	1,05
C	3,82	8,22	2,15
O	35,08	46,87	1,34
F	0,005	0,011	2,21
Na	0,031	0,163	5,26
Mg	0,003	0,021	6,25
Al	20,28	18,85	0,92
Si	0,25	2,39	9,54
P	0,0026	0,0041	1,57
S	0,0056	0,0084	1,50
Cl	0,175	0,052	0,29
K	0,011	0,395	34,9
Ca	0,01	0,036	3,63
Ti	0,0009	0,0096	10,6
V	0,0009	0,0093	10,3
Cr	0,035	1,59	44,4
Mn	3,68	0,32	0,08
Fe	0,13	0,20	1,48
Co	0,0014	0,0012	0,86
Ni	36,40	20,78	0,57
Cu	0,0074	0,0048	0,64
Zn	0,0073	0,0018	0,24
Сумма	100,0	100,0	

- Д.С. Баранов, В.Н. Зателепин: никель-водородный реактор.
- С.М. Годин: Энергонива Вачаева – разряды в воде.
- Группа Miley (США) и Mizuno (Япония): электролиз тяжёлой воды с палладиевым электродом.
- Группа Адаменко (Украина, а теперь США): мощный электровзрыв химически чистых электродов.
- Диффузия дейтерия через мембрану (Япония).
- Опыты в Mitsubishi Heavy Industries (MHI):
- Пора обновить таблицу установок НТН в РФ из статьи А.А. Просвирнов, Ю.Л. Ратис. «Сомнений не осталось, LENR существует» 2013 г.
- и сделать в форме передовицы на lenr.seplm.ru

Alkali and alkaline earth metals seem to be transmutable.

$$^{133}_{55}Cs \xrightarrow{4d(2\alpha)} {}^{141}_{59}Pr$$

$$^{88}_{38}Sr \xrightarrow{4d(2\alpha)} {}^{96}_{42}Mo$$

$$^{138}_{56}Ba \xrightarrow{6d(3\alpha)} {}^{150}_{62}Sm$$

$$^{137}_{56}Ba \xrightarrow{6d(3\alpha)} {}^{149}_{62}Sm$$

$$^{44}_{20}Ca \xrightarrow{2d(\alpha)} {}^{48}_{22}Ti$$

$$^{184}_{74}W \xrightarrow{2d(\alpha)} {}^{188}_{76}Os$$

$$^{182}_{74}W \xrightarrow{4d(2\alpha)} {}^{190}_{78}Pt$$

Figure 2. Typical nuclear transmutation reactions observed so far at Mitsubishi Heavy Industries (MHI).

3. Основные гипотезы о механизмах НТН.

Некоторые гипотезы

- Переход атомов водорода и атомов других элементов в нейторно-подобное состояние (с уменьшенным радиусом электрона, гидринно) в результате резонансных или каталитических явлений, например, на поверхности металла или образующихся в разряде кластеров. В начале доклада приведены известные экспериментальные факты, показывающие существование таких объектов.
- Внедрение нейторноподобного объекта в ядро другого атома или длительное нахождение этого объекта вблизи ядра атома. Возможная потеря электрона этим объектом.
- Коллективные явления: одновременное преобразование одной группы нуклидов в другую; процессы, приводящие к захвату протоном низкоуровнего электрона; возникновение структуры из нескольких нуклидов, объединённых одной электронной оболочкой; атом Барута-Вижье.
- Своеобразное протекание ядерных реакций в твёрдом теле без испускания вовне быстрых нейтронов и излучения.
- Высвобождение химической энергии, запасённой ранее в используемой смеси, например, литиетермия (замещение литием).

Может реализовываться одновременно несколько механизмов.

К настоящему времени предложено более десятка основных теорий НТН. Требуется их экспериментальная комплексная проверка на высоком научном уровне:

- использование химических веществ классификации «особо чистые» (ОСЧ, 99.99%);
- применение надёжной диагностики;
- построение физико-математических моделей НТН;
- проведение вычислительного эксперимента;
- сравнение результатов натурных и численных исследований;
- выявление наиболее адекватных объяснений НТН;
- прогнозирование условий возникновения НТН.

Актуальность и важность выработки теории НТН:

- Накоплен большой материал в различных экспериментах. Необходимо обобщение. Где происходит НТН и почему?
- Надёжные измерения коэф. усиления мощности (COP) – до 6 раз. Как добиться 10 для пром. применения (как в ITER)?
- Какие процессы перспективны для новых тех. устройств?

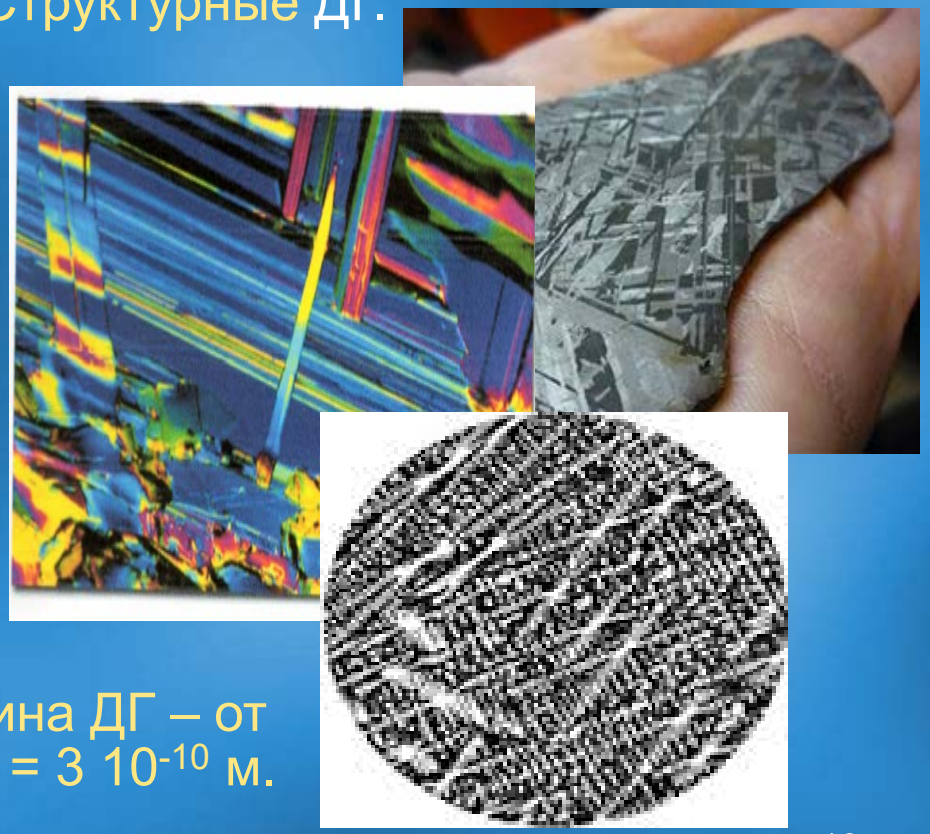
Предложил теорию – предложи постановочный эксперимент по её проверке!

Часть 2. 1. Двойниковые границы (ДГ). Способы увеличения числа ДГ. Свойства ДГ.

ДГ – дефект идеальной кристаллической решётки. Обычно – часть плоскости между двумя областями, имеющими идеальную кристаллическую структуру. Здесь рассматривается ДГ или их аналог.

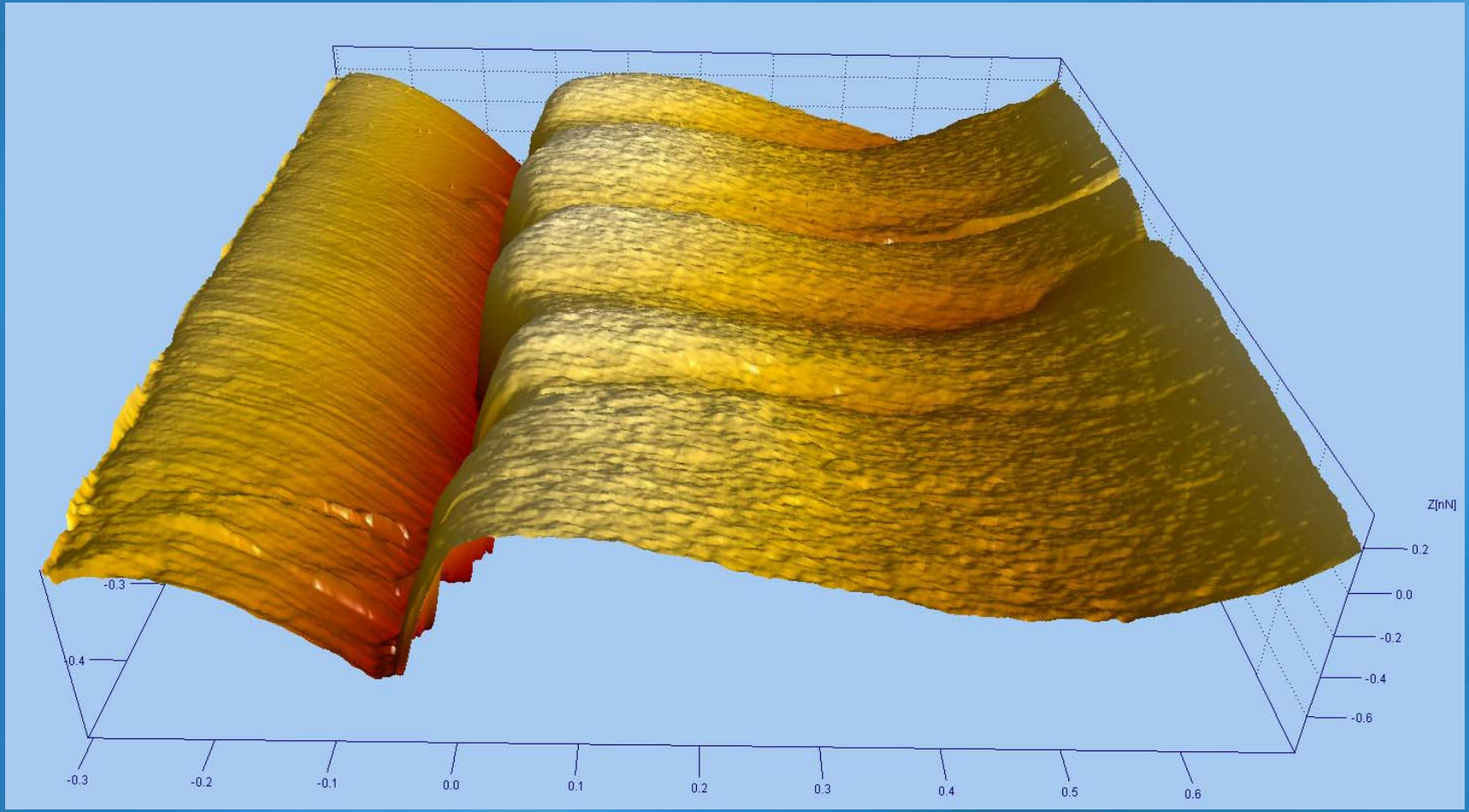
Ростовые ДГ (двойники).

Структурные ДГ.



Ширина ДГ – от ~ 3 Å = 3 10^{-10} м.

ДГ в кадмий-теллуре. Измерение: А.П. Шкуринов, И.А. Ожередов, осень 2018 (в сотрудничестве с авторами доклада). Сверхвысоковакуумный зондовый микроскоп в режиме атомно-силовой микроскопии. Размер области сканирования 1x1 мкм. Горизонтальные оси - координаты в микрометрах. Вертикальная ось - относительные единицы, определяющие силу взаимодействия поверхности с кантилевером (микромеханический зонд).



ДГ – типичное явление, часто не желат. Поверхностная плотность ДГ может достигать 10^6-10^{12} 1/см^2 и более. Способы увеличения числа ДГ:

1. Механическое воздействие: нагартовка, наклёп, обжатие.

2. Термообработка, например, нагрев и резкое охлаждение (трещины как во льду).

3. Изменение формы кристаллической структуры. Например, для Ni: кубическая в гексагональную при катодном распылении в атмосфере H_2.

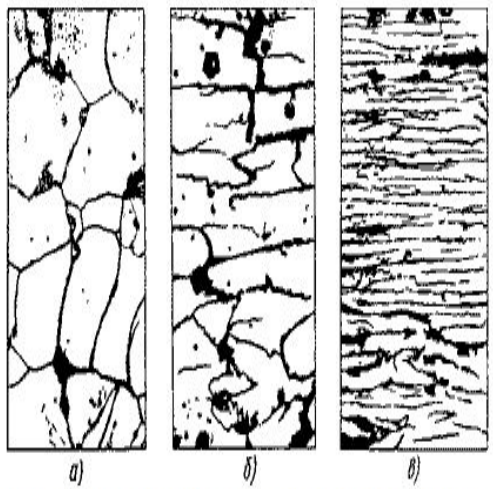
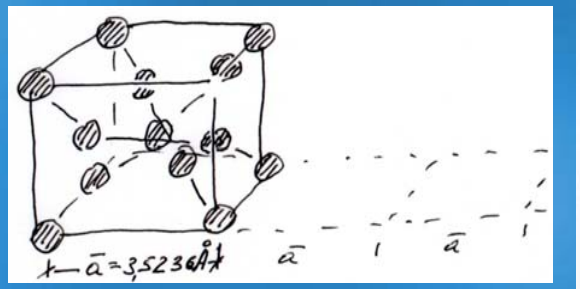
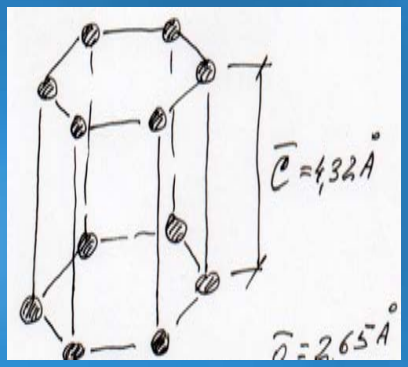


Рис.1. Изменение структуры при деформации: а) до деформации; б) после обжатия на 35%; в) после обжатия на 90%.





4. Химическое или лазерное воздействие, например, при напылении. Добавка лантаноидов.

5. Спекание нано-частиц, например, никеля (И.Н. Карькин, Ю.Н. Горностырев, Л.Е. Карькина. Физика твердого тела, 2010, том 52, вып. 2, с. 402-406).

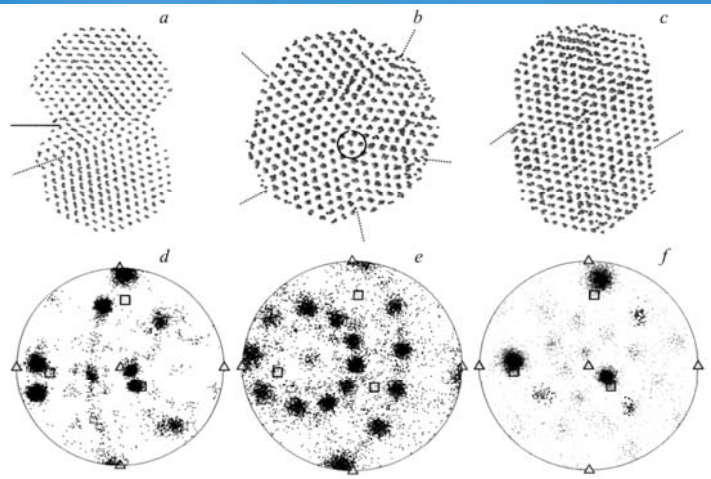


Рис. 1. Структура двух агломерирующих наночастиц после релаксации при МД-моделировании ($\Delta t \sim 200$ ps): *a, b* — асимметричная, *c* — симметричная Σ27 ГЗ при температурах 780 (*a*) и 1350 K (*b, c*); *d–f* — распределение ⟨001⟩-ориентаций агломерирующих наночастиц на полюсной фигуре (001). Окружностью на части *b* выделена вершина стыковки пяти двойниковых границ; пунктирные линии показывают следы двойниковых границ на плоскости изображения.

Эксперимент, с. 41, 42 в «В.С Бойко, Р.И. Гарбер, А.М. Косевич. Обратимая пластичность кристаллов. – М.: Наука, 1991, 280 с.»

Энергия атомов около ДГ возрастает в $2 \cdot 10^5$ раз с 10^{-6} до 0.2 эВ/атом.

Смещение атомов от их исходных позиций в $2 \cdot 10^4$ раз => резкая граница с малой толщиной переходного слоя.

Энергия, необходимая для удаления одного иона из узла кристал-ой решётки (образования дефекта Шоттки) Cu: ~1 эВ. Возможно, у ДГ возрастает до 20-200 кэВ.

Для сравнения – темп. ионов в термоядерных экспериментах 1990-х на токамаке JET ~20 кэВ. В ITER - план. 23 кэВ.

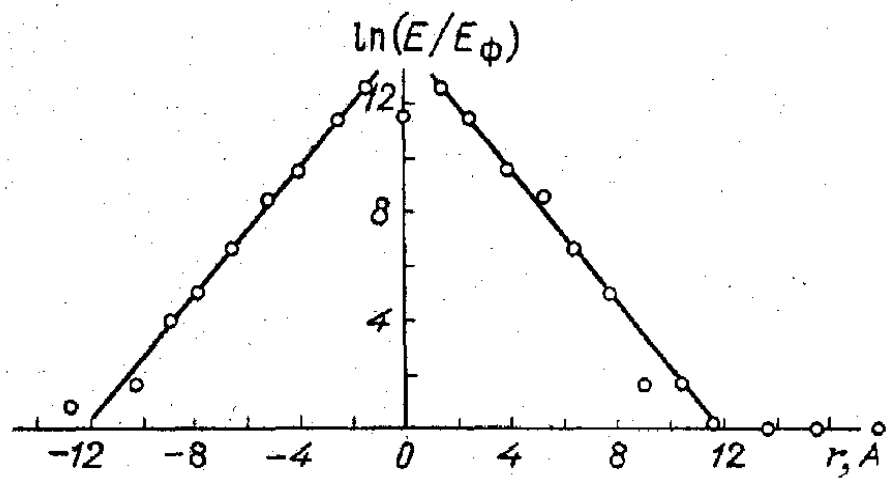


Рис. 2.8. Зависимость энергии атомов от расстояния до когерентной двойниковой границы ($E_ф$ – энергия атома вдали от границы двойника). Плоскость границы соответствует координате $r = 0$

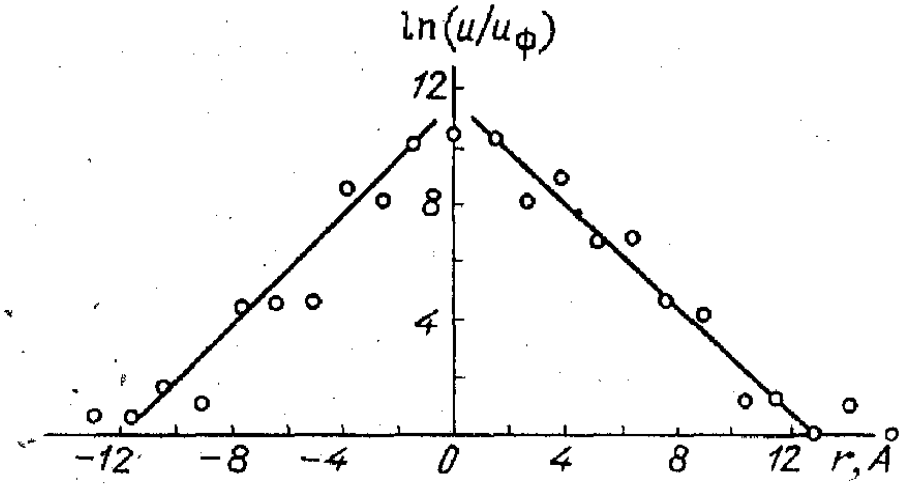


Рис. 2.9. Распределение смещений атомов вблизи когерентной двойниковой границы ($u_ф$ – смещение атома вдали от границы двойника). За исходные положения атомов приняты их позиции в начальной конфигурации при наличии геометрически-резкой границы

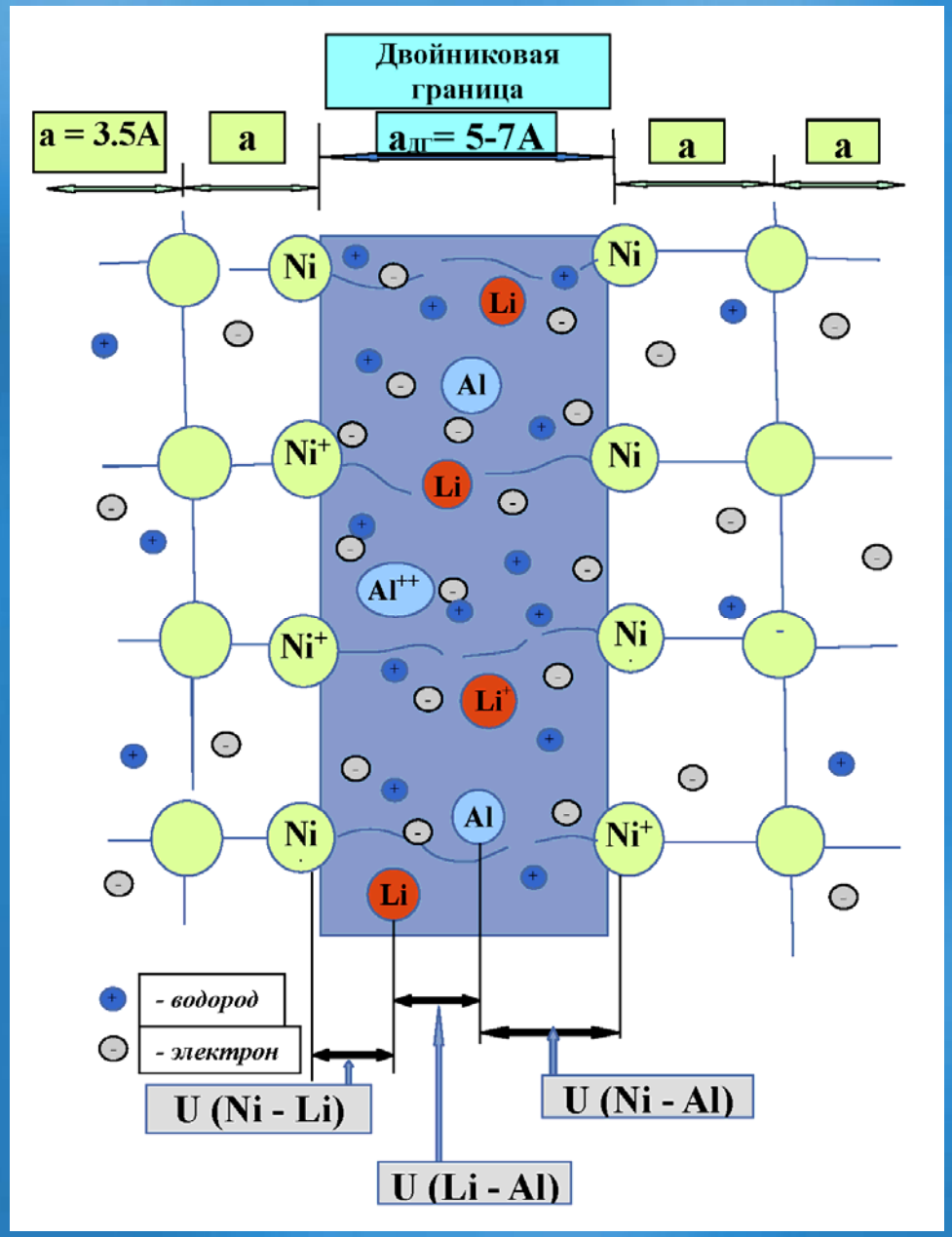
Основные свойства ДГ (В.А. Чижов):

- ДГ существуют вплоть до температуры плавления в отличие от точечных дефектов по Френкелю и дислокаций.
- Энергия ДГ отличается от энергии кристаллической решётки. Диффузия одного вещества в другое идёт обычно по ДГ (и по другим дефектам).
- Канал ДГ выходит на поверхность.
- Грани ДГ имеют «идеальную» гладкость.
- Ловушка: удержание заряженных и нейтр. частиц. Энерг. выгодное сост.
- Фильтр: молекулы большого размера не попадают в ДГ.
- Глубокий вакуум. Ср. длина своб. пробега частиц >> размера ДГ.
- Может быть электрохимической ячейкой с U~3 В, E~10^8 В/см (E~10^7 В/см достаточно для вырывания электронов из атомов грани ДГ).
- Могут возникать большие магнитные поля ~1 Т (например, при СП).
- Создаёт условия для резонанса заряженных частиц с электромагнитным полем (накачки энергии в частицы). Природный резонатор.
- Пьезо-эффект при отрыве кластера и нано-кластера, от грани ДГ.
- ДГ обеспечивает высокотемпературную сверхпроводимость (В.А. Чижов), которая наблюдается и в некоторых экспериментах по НТН.

ДГ – универсальное место, где могут происходить взаимодействия частиц и процессы, трудно реализуемые в обычных условиях. Новые физ. условия!

ДГ абсорбируют частицы вне кристалла и «затыкаются». Поэтому для сохранения их активности необходимо работать с ОСЧ-веществами и применять соответствующие технологии. Также очистка ДГ тренировочными импульсными пробоями подачей «-» на электрод и «+» на сетку вокруг него (кривизна сетки даёт большее поле) при подогреве для увеличения эмиссии электронов.

ДГ как электрохимическая ячейка (В.А. Чижов).



В ДГ образуется сложная динамическая система с коллективными явлениями:

Многокомпонентная плазма: e, H^+, Li^+, Ni^+…

Есть электрическое и магнитное поле разряда (тока).

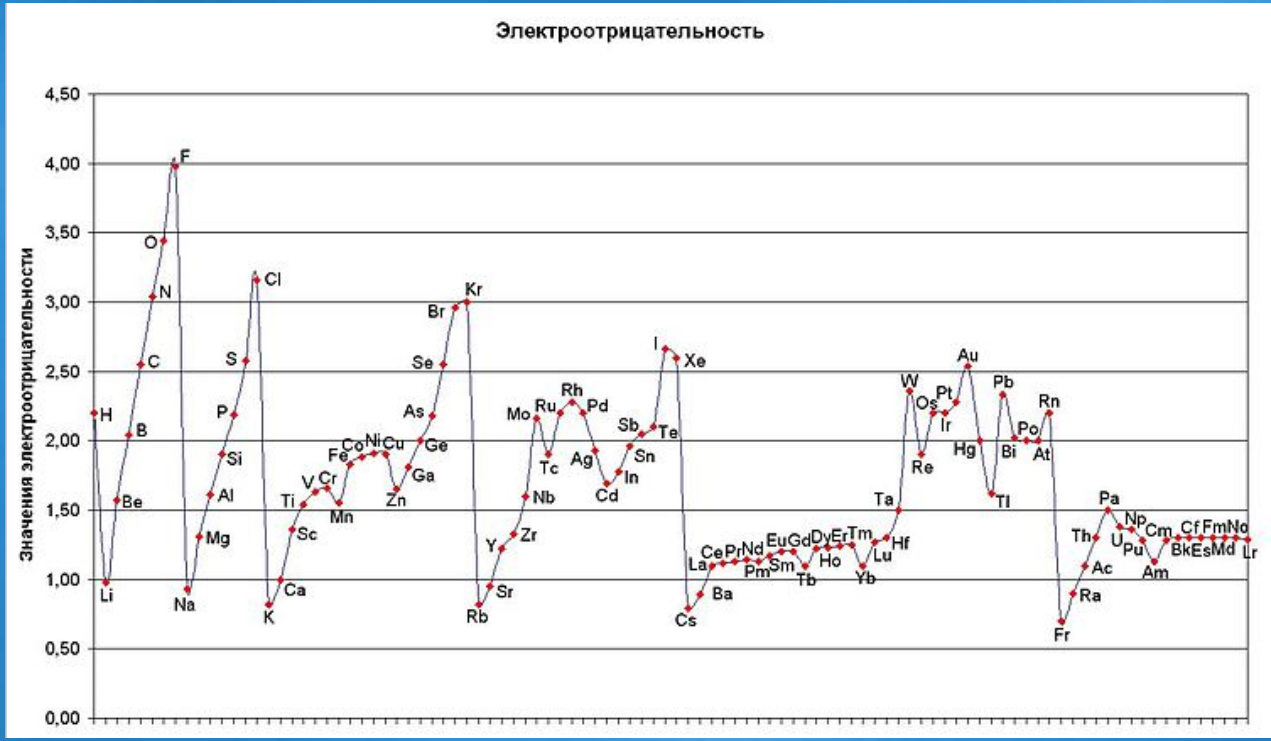
Электрическое поле, возникающее из-за разделения зарядов и свойства электроотрицательности хим. элементов.

Необходимо комплексное мат. моделирование процессов в ДГ. Сейчас есть лишь простейшие оценки.

Электрическое поле в ДГ, обусловленное электроотрицательностью.

Электрохимический ряд напряжений металлов

Li	Cs	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Co	Ni	Sn	Pb	H_2	Cu	Ag	Hg	Pt	Au
-3.04	-3.01	-2.92	-2.90	-2.87	-2.71	-2.36	-1.66	-0.76	-0.44	-0.28	-0.25	-0.14	-0.13	0	+0.34	+0.80	+0.85	+1.28	+1.50
Li^+	Cs^+	K^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Sn^{2+}	Pb^{2+}	$2H^+$	Cu^{2+}	Ag^+	Hg^+	Pt^{2+}	Au^{3+}



$\Delta U(H^+ - Li^+) =$
$0 + 3{,}045 \approx$ 3.1 В

$\Delta U(Ni^{2+} - Li^+) =$
$-0{,}234 + 3{,}045 \approx$ 2.8 В

$\Delta U(H^+ - Na^+) \approx$ 2.7 В
Na есть в буре.
Энергонива

$\Delta U(Al^{3+} - Li^+) =$
$-1{,}070 + 3{,}045 \approx$ 2 В

$\Delta U(Ni^{2+} - Al^{3+}) \approx$ 0.8 В

$\Delta U(Ni^{2+} - H^+) \approx$ 0.234 В

$E = \Delta U / L_{дг}$
≈ 3 В / ($3\ 10^{-8}$ см)
$= 10^8$ В/см

Добавить F, Cl?

ru.wikipedia.org/wiki/Электрохимический_ряд_активности_металлов
ru.wikipedia.org/wiki/Электроотрицательность

2. Образование электрона с уменьшенным радиусом в электрохимической ячейке ДГ за счёт резонанса.

Чтобы уменьшить эффективный радиус электрона $r_e^* = c/(2\pi\nu)$ в n раз надо увеличить его частоту в n раз. Если $r_e^* \sim r_e$, где $r_e = \hbar/(m_e c)$ – комптоновский радиус электрона, то $h\nu \sim m_e c^2$. В этом случае потребуется энергия

$$\mathcal{E}_{e[1]}^{e[1/n]} \sim n m_e c^2 - m_e c^2 = (n-1) m_e c^2.$$

Например, при $n = 10$ требуется $\mathcal{E}_{e[1]}^{e[1/10]} = 9 m_e c^2 = 4.6$ [МэВ].

Рассмотрим достижение таких энергий в ДГ за счёт резонанса с электромагнитным полем. Но может быть и каталитический процесс [Mills].

Гипотеза. Пусть из-за особенностей процессов в ДГ и/или устройства электрона вложенная в электрон извне энергия $\mathcal{E}_{\text{ext}}$ идёт на увеличение его частоты ν, а не скорости (Ф.С. Зайцев). Тогда уменьшается эффективный радиус $r_e^* = c/(2\pi\nu)$. Представляется вполне естественным, что сверхсильное электромагнитное поле в ДГ может повлиять на частоту волнового процесса в электроне. Как это происходит конкретно у современной физики ответа нет, т.к. нет ясного понимания что и как движется в электроне.

2.1. Оценка необходимой частоты колебаний E или плазмы.

Приращение энергии электрона за один проход ДГ шириной Δl

$$\Delta\mathcal{E} = F\Delta l = eE\Delta l = e\frac{\Delta U}{\Delta l}\Delta l = e\Delta U.$$ При $\Delta U = 3$ [В] имеем $\Delta\mathcal{E} = 3$ [эВ].

МэВные энергии ~ 3 [МэВ] получаются за $\sim 10^6$ проходов в резонансе, т.е. при частоте внешнего воздействия $\sim 10^6$ [Гц] и выше.

2.2. Резонанс, аналогичный электронно-циклотронному (ЭЦР).

Колебания электрона, имеющего среднюю скорость v в ловушке (ДГ) шириной Δl происходят с частотой $\nu_{\Delta l} \sim \mathrm{v}/\Delta l$. Наложим внешнее воздействие с частотой ν_{ext}. Резонанс наступит при $\nu_{\mathrm{ext}} = \nu_{\Delta l}$.

Приращение скорости при ЭЦР за время $\Delta t = \Delta l/\mathrm{v} = 1/\nu_{\Delta l} = 1/\nu_{\mathrm{ext}}$ одного прохода резонанса во внешнем поле с амплитудой E_{ext}:

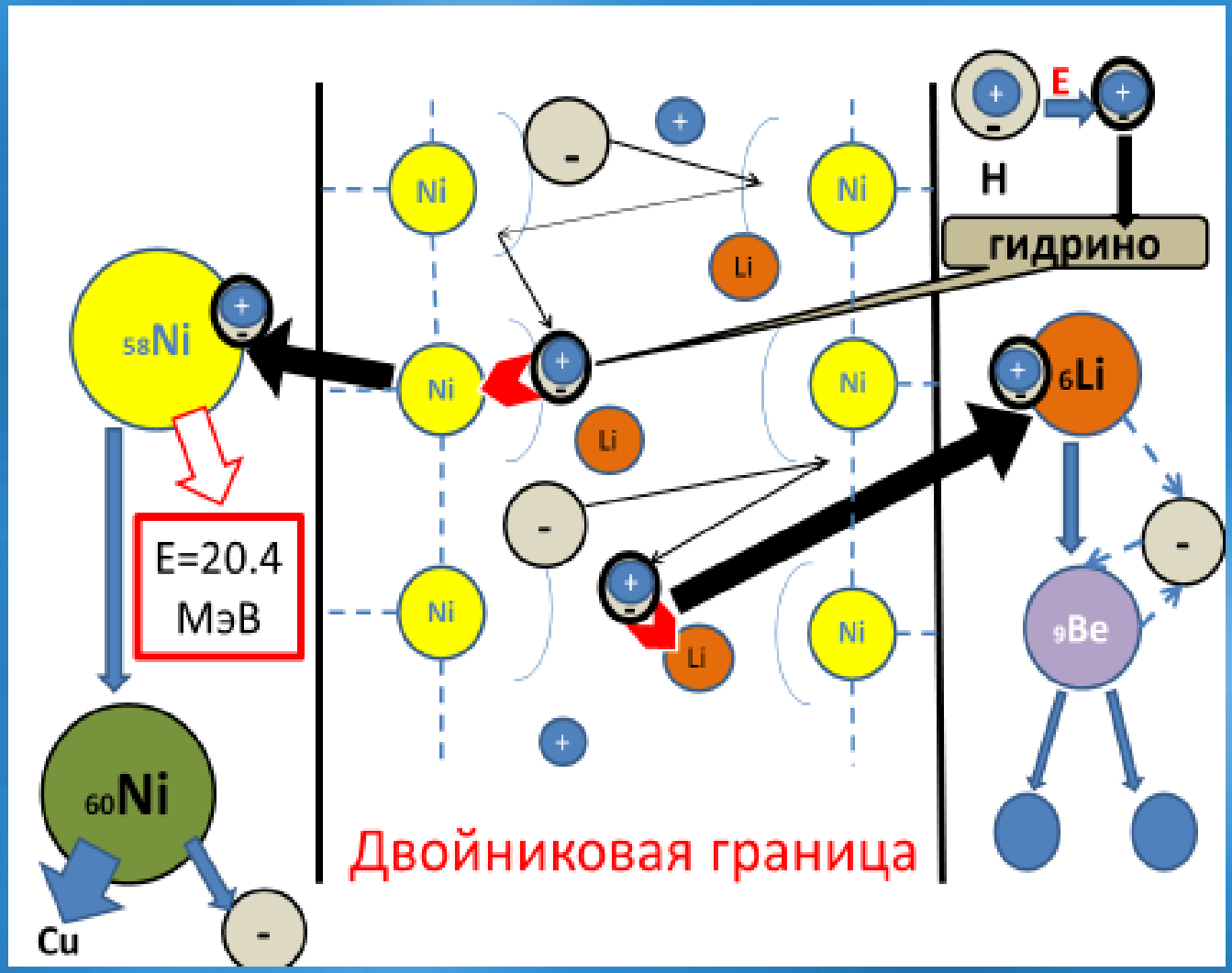
$$\Delta\mathrm{v}_\perp \sim \frac{|e|}{m_e}\frac{E_{\mathrm{ext}}}{\nu_{\mathrm{ext}}}\Delta t = \frac{|e|}{m_e}\frac{E_{\mathrm{ext}}}{\nu_{\mathrm{ext}}^2}\,[\text{м/с}] \qquad \Delta\mathcal{E}_{\mathrm{ext}} \equiv \frac{m_e(\Delta v_\perp)^2}{2} \sim \frac{1}{2}\frac{e^2}{m_e}\frac{E_{\mathrm{ext}}^2}{\nu_{\mathrm{ext}}^4}\,[\text{Дж}]$$

Условие на внешнюю частоту для получения резонанса в ДГ: $$\nu_{\mathrm{ext}}^4 \sim \frac{1}{2}\frac{e^2}{m_e}\frac{E_{\mathrm{ext}}^2}{\Delta\mathcal{E}_{\mathrm{ext}}}.$$

Для $\Delta\mathcal{E}_{\mathrm{ext}} = 3$ [эВ], $E_{\mathrm{ext}} = 10^3 - 10^5$ [В/м] $= 10 - 10^3$ [В/см] получаем $\nu_{\mathrm{ext}} \sim 10^4 - 10^5$ [Гц].

3. Оценка энерговыделения.

В ДГ образуется сложная динамическая система с коллективными явлениями.



3.1. Переход атома водорода в нейтроноподобное состояние.

Образование электрона с уменьшенным радиусом (тяжёлого) за счёт резонансного и/или каталитического процесса (Mills). Соединение его с протоном: $H[1/n] \to H[1/(n+m)]$, n, m – целые числа.

Энергия активации такого процесса оценена теоретически и экспериментально (Н.М. Евстигнеев, Ф.С. Зайцев, А.И. Климов, Н.А. Магницкий, О.И. Рябков. Математическое моделирование эффекта высвобождения энергии в плазменном вихревом реакторе. ДАН. 2013, том 450, N 2, с. 154).

$$\frac{13.6}{12}(2n-1+m)m \lesssim \mathcal{E}_{act,n,n+m} \lesssim \frac{13.6}{4}(2n-1+m)m \quad [\text{эВ}].$$

Энерговыделение в присутствии катализатора β или процесса β [там же].

$$\mathcal{E}_{H[1/n]\beta}^{H[1/(n+m)]} \approx 13.6\left((n+m)^2 - n^2\right) [\text{эВ}].$$

Возможна самоподдерживающаяся реакция, т.к. $\mathcal{E}_{act,n,n+m} < \mathcal{E}_{H[1/\mathrm{n}]\beta}^{H[1/(n+m)]}$.

Для $n=1, m=1$: $\mathcal{E}_{act,1,2} \approx 5$ [эВ], $\mathcal{E}_{H[1]\beta}^{H[1/2]} \approx 40.8$ [эВ]. Эв-ные энергии легко достигаются в ДГ. Выделение десятков эВ на реакцию соответствует наблюдениям. Для $n=1, m=9$: $\mathcal{E}_{act,1,10} \approx 204$ [эВ], $\mathcal{E}_{H[1]\beta}^{H[1/10]} \approx 1300$ [эВ].

Коэффициент усиления мощности, если вложенная извне мощность идёт только на $\mathcal{E}_{act,n,n+m}$:

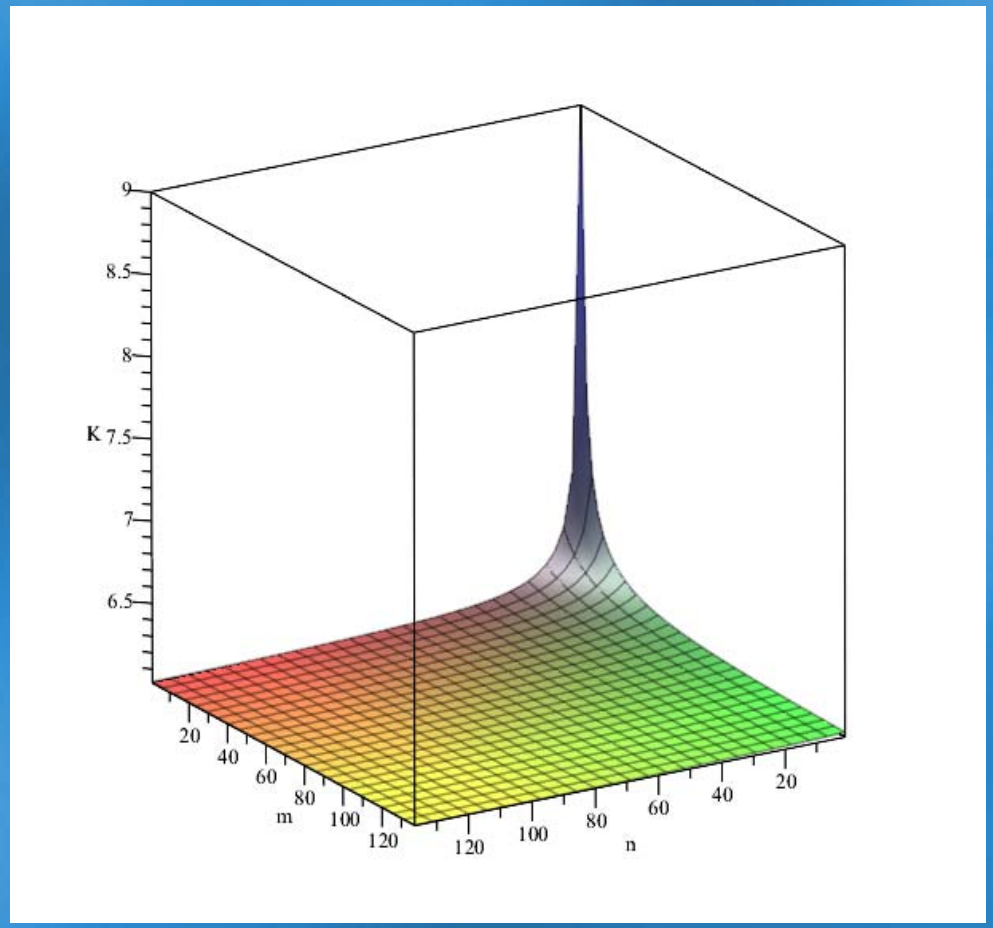
$$K_{H[1/n]\beta}^{H[1/(n+m)]} = \frac{\mathcal{E}_{H[1/n]\beta}^{H[1/(n+m)]}}{\mathcal{E}_{act,n,n+m}} \approx \frac{13.6\left((n+m)^2 - n^2\right)}{\frac{1}{2}\left(\frac{13.6}{12} + \frac{13.6}{4}\right)(2n-1+m)m} = 6\frac{m+2n}{m+2n-1}$$

$$6 < K_{H[1/n]\beta}^{H[1/(n+m)]} \leq 9.$$

Наибольшее усиление достигается при малых n и m.

Запаса H в 1 см^3 воды хватит на усиление с 3 кВт до 18 кВт в течении десятков секунд.

Нейтроноподобный атом водорода $H[1/(n+m)]$ является относительно медленным, т.к. вложенная энергия идёт на увеличение частоты, а не скорости электрона. Поэтому в данном процессе быстрые нейтроны возникать не должны.



3.2. Внедрение нейтроноподобного объекта в нуклид.

Допустим, что нейтроноподобный атом водорода может приближаться на малые расстояния или даже проникать в ядра химических элементов, приводя к изменению изотопного состава, а при потере своего электрона в ядре или вблизи ядра ещё и к появлению нового химического элемента (трансмутации). Оценим приближённо выделяющуюся в таком процессе энергию с помощью формул, установленных экспериментально для полноценного нейтрона (других формул пока нет).

Энергией связи атомного ядра называется [Ишханов]

$$W(A,Z) = \left(Zm_p + (A-Z)m_n - M(A,Z)\right)c^2,$$

где Z – число протонов в ядре, A – массовое число (число протонов и нейтронов (нуклонов)), m_p, m_n и $M(A,Z)$ – массы протона, нейтрона и ядра (A,Z). Обычно в таблицах даются не масса, а, так называемый, дефект (избыток) массы $\Delta(A,Z)$ относительно изотопа углерода ${}^{12}_{6}C$. Энергия связи ядра выражается через дефект массы так

$$W(A,Z) = Z \cdot 7.289 + (A-Z) \cdot 8.071 - \Delta(A,Z) \quad [\text{МэВ}].$$

Чем больше энергия связи $W(A,Z)$, тем больше энергии высвобождается при образовании ядра из протонов и нейтронов.

Оценим энергию, выделяющуюся при внедрении двух нейторноподобных атомов водорода в ядро изотопа никеля ${}^{58}_{28}\mathrm{Ni} \to {}^{60}_{28}\mathrm{Ni}$. Дефекты масс для этих изотопов $\Delta(58{,}28) = -60.228$, $\Delta(60{,}28) = -64.472$ [МэВ] [Ишханов, с. 544]. Тогда при переходе ${}^{58}_{28}\mathrm{Ni} \to {}^{60}_{28}\mathrm{Ni}$ выделяется энергия

$$W(60{,}28) - W(58{,}28) = 20.386 \quad [\text{МэВ}].$$

Если, например, 0.01% от всех образовавшихся атомов $H[1/10]$ идут на реакцию ${}^{58}_{28}Ni \to {}^{60}_{28}Ni$, то коэффициент усиления мощности

$$K^{H[1/10],\,{}^{60}_{28}\mathrm{Ni}}_{H[1]\beta,\,{}^{58}_{28}\mathrm{Ni}} = \frac{10^{-4}\left(W(60{,}28) - W(58{,}28)\right)10^{6}}{2E_{act,1,10}} \approx 5.$$

Коэф. 2 учитывает расход двух атомов $H[1/10]$ на каждую реакцию.

3. Суммарный коэффициент усиления мощности.

$$K^{H[1/10]}_{H[1]\beta} + K^{H[1/10],\,{}^{60}_{28}\mathrm{Ni}}_{H[1]\beta,\,{}^{58}_{28}\mathrm{Ni}} = 6.4 + 5 = 11.4 > 10$$

4. Предложения по экспериментальной проверке механизмов НТН.

Механизмы НТН до сих пор остаются неразгаданными. Попытки их экспер-иментального изучения «методом тыка» не приводят к COP > 4-6. Для коммерческой электростанции нужен COP = 10 (например, цель в ITER).

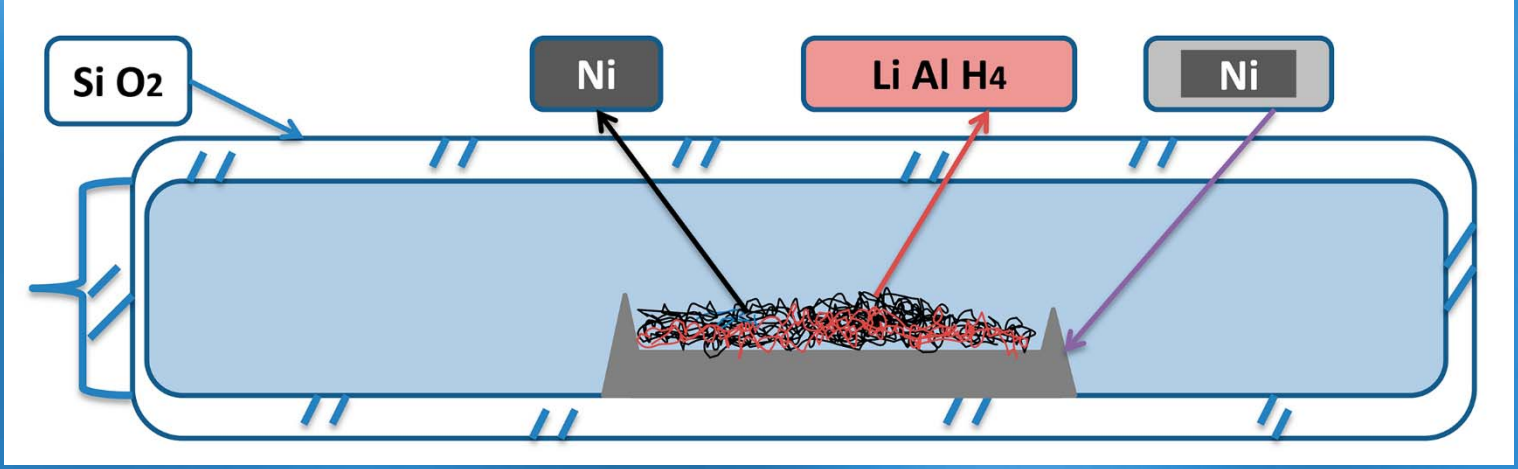
Необходимы постановочные опыты по выявлению механизмов НТН. Кандидат на объяснение ДГ - принципиально новые физ. условия!

Теория и опыты предложены признанными специалистами с большим стажем: В.А. Чижов – тонкие чистые хим. технологии, Ф.С. Зайцев – физика плазмы в УТС и мат. физика, В.Л. Бычков – физика многокомп. плазмы, общая физика.

Имеющиеся подтверждения важной роли ДГ и ВЧ-волн:

- С.М. Годин. Самопроизвольное возникновение электромагнитных колебаний ~10 МГц в аналоге установки Энергонива Вачаева. Рост энерговыделения на ~20% с увеличением числа ДГ на электроде (доклад 01.11.2017 на физфаке МГУ). Значительный рост силы тока.
- Д.С. Баранов, В.Н. Зателепин. Регистрация возникновения электромагнитных волн частотой 1-30 МГц (доклад 29.11.2018 в РУДН).

Постановочный эксперимент по проверке роли ДГ в НТН в смеси Ni + $LiAlH_4$, который может прояснить механизм НТН, предложен ещё в 2016 г. (В.А. Чижов):



1. Два варианта: Ni с обычным числом ДГ и увеличенным.
2. Подготовка в условиях работы с особочистыми в-вами (ОСЧ). Очистить ДГ в Ni тренировочными пробоями с $E>>10^7$ В/см (или меньшем при подогреве) с подачей «-» на материал и «+» на сетку вокруг него.
3. Поместить 10-50г порошка Ni с активатором - алюмогидрид лития $LiAlH_4$ в лодочку из Ni, SiO_2, Al_2O_3. Вакуумировать и запаять в кварцевой ампуле.
4. Исследовать по данным на термопарах и трекам влияние нагрева, а также частоты и мощности электромагнитного облучения на возбуждение НТН.
5. Учесть энтальпию хим. реакций по В.Л. Бычкову, в том числе литиетермию. Теор. оценки, длительное выдерживание процесса.

Если во втором варианте энерговыделение и треки на DVD, стекле, слюде, Al фольге увеличатся, то ДГ играют важную роль в НТН!

Целесообразно каждой группе исследователей провести на своей установке эксперимент с обычным и увеличенным числом ДГ. Способы увеличения плотности ДГ описаны выше. Изучить число ДГ можно: травлением, рентгеноструктурным анализом, под микроскопом и т.п. Перед началом опытов очистить ДГ каждого электрода или рабочего материала тренировочными пробоями с $E >> 10^7$ В/см (или меньшем при нагреве) и подачей «-» на материал и «+» на сетку вокруг него с подогревом материала для увеличения эмиссии электронов.

Для эффективного использования ДГ и более точной проверки состава нуклидов и их изотопов до и после эксперимента необходимо начать работу с ОСЧ-веществами по соответствующим технологиям (В.А. Чижов).

Понять влияние эл.магн. волн на частотах 1-30 МГц. Создание стоячей волны в плазме и накачка в неё энергии в резонансе по Тесла (В.Л. Бычков, Ф.С. Зайцев).

Изучить роль катализаторов по электроотрицательности и по Mills (т. 1, тбл. 5.2).

Проблемы: бизнес хочет сразу получить реактор; академические круги сомневаются в чистоте экспериментов. Выход пока виден один – показать механизмы НТН в чистых недорогих постановочных экспериментах.

Для реализации предложенных постановочных экспериментов авторы пытаются создать небольшую группу (даже не имея финансирования). Идёт поиск участников с оборудованием (вакуумным, химическим, кварцедувным, измерительным, нагревательным, ВЧ-волн) для работы по ОСЧ и тонкими технологиями.