

Эдмунд Стормс
Edmund Storms

Руководство для изучающих
ХОЛОДНЫЙ СИНТЕЗ

A Student's Guide to Cold Fusion

Обновленная версия,
апрель 2012

(updated, April 2012)

(перевод: Виктор Романовский, svnmdd@gmail.com, 2015)

В руководстве суммированы данные, поддерживающие гипотезу холодного синтеза (низкоэнергетических ядерных реакций, **LENR**), приведены требования, которым должны удовлетворять теоретические модели. Исключением различных возможностей и нахождением условий, общих для всех методов, используемых для осуществления **LENR**, определяется возможная ядерно-активная среда. Совмещение этой среды с вероятным теоретическим механизмом приводит ко многим проверяемым предсказаниям. Эти гипотезы и предположения выдвигаются, чтобы внести ясность в понимание **LENR** и наметить будущие исследования.

ОГЛАВЛЕНИЕ:

Предисловие

Введение

Глава 1. Краткий обзор

Глава 2. Производство энергии

2.I. Введение

2.II. Объяснение калориметрического метода

2.III. Источники аномальной энергии

2.III.1 Описание электролитического метода

2.III.2. Результаты использования электролитического метода

2.III.3. Влияние температуры на производство тепла

2.IV.1. Описание газозагрузочного (*Gas Loading*) метода

2.IV.2. Результаты использования газозагрузочного метода

2.V.1 Описание газоразрядного (*Gas Discharge*) метода

2.V.2 Результаты использования газового разряда

2.VI.1 Описание электродиффузионного метода

2.VI.2. Результаты использования электродиффузии.

2.VII.1. Описание акустического (*Sonic*) метода

2.VII.2. Результаты использования акустического метода.

Глава 3. Ядерные продукты

3.I. Введение

3.II. Производство гелия

3.II.1. Ошибки, связанные с производством гелия

3.III.1. Производство трития

3.III.2 Ошибки, связанные с производством трития

3.IV.1. Производство нейтронов

3.IV.2. Ошибки, связанные с регистрацией нейтронов

3.V.1. Излучение энергетических фотонов

3.VI.1. Продукты трансмутации

Глава 4. Описания ядерно-активной среды

Глава 5. Теория

5.I. Введение

5.II. Общее обсуждение

5.II.1 Роль нейтронов

5.II.2 Роль фононов

5.II.3 Роль корпускулярно-волнового превращения

5.II.4. Роль «странных» частиц

5.II.5 Роль туннелирования или увеличения сечения

5.II.6. Роль слияния нескольких тел и конденсата Бозе-Эйнштейна

5.II.7. Теория Росси и Пиантелли

Глава 6. Предлагаемое объяснение LENR

6.I. Предполагаемый процесс, вызывающий LENR

6.II Проверяемые предсказания

Итоги

Комментарий

Благодарности

Ссылки

Предисловие

Я заинтересовался холодным синтезом вскоре после того, как Понс и Флейшманн сделали свои заявления в 1989 году. В то время я был обычным исследователем, работающим в Лос-Аламосской Национальной Лаборатории (LANL) над методами производства ядерной энергии для применения в космосе. Получение степени Ph.D по радиохимии от Вашингтонского Университета в Сент-Луисе дало мне знания как о поведении материалов, так и о ядерных взаимодействиях. Я упоминаю это только потому, что в критических работах «верующих» в холодный синтез часто описывают как невежественных и/или доверчивых людей. Единственное отличие между моим подходом и подходом скептиков — моя готовность исследовать эту идею. После ухода из LANL 22 года назад, я продолжил изучать ее, занимаясь лабораторными исследованиями, и писать работы, включая несколько научных обзоров и 2 книги. Большая коллекция ссылок (в настоящее время их около 4000), накопленная в этой работе, была использована для создания оригинальной библиотеки на сайте www.LENR-CANR.org. Джед Ротвелл обновляет это собрание литературы и поддерживает работу сайта.

Количество литературы по теме холодного синтеза перевалило за ту грань, где случайное чтение может привести к глубокому научному пониманию. Моя книга [1] представляет собой хороший учебник для непредубежденного читателя, в то время как захватывающей историей исследований можно насладиться с помощью ряда книг [2-8], хотя некоторые придерживаются недоброжелательного и часто некорректного подхода [9-11]. Также доступны личные впечатления от опыта работы в этой области [12, 13]. Тем, кто желает понять суть, не вдаваясь в технические подробности, следует прочесть интересную работу Ротвелла [2], которую можно скачать на нескольких языках, или книгу “Excess Heat: Why Cold Fusion Research Prevailed”¹ Чарльза Бодетте [14]. Нетехнические разделы на www.LENR-CANR.org предоставят дополнительную информацию. Информацию общего характера можно также найти на сайте www.coldfusionnow.org

Это Руководство предназначено в краткой форме дать технически подкованному человеку полное понимание утверждений на тему LENR и их доказательств. Я выбрал только некоторые из содержательных статей, часто ссылаясь на обзоры, в которых можно найти более широкую информацию. Полные тексты многих из этих работ есть на сайте LENR-CANR.org. После того, как установлены реальность и масштаб явления, следующая цель — показать, как можно его объяснить. Хотя было выдвинуто множество теорий, ни одна из них не дает достаточное понимание предмета или не удовлетворяет необходимым, по моему мнению, требованиям. Прежде чем рассматривать каждую предложенную теорию, нужно сформулировать общие требования к ним. Этот подход предлагается в качестве ориентира для будущих теоретиков.

Многие люди хотят узнать, как воспроизвести заявленные результаты. Это Руководство не содержит такой информации, т. к. не опубликовано абсолютно надежного метода. Успех или неудача сильно зависят от создания необходимых условий, обычно удовлетворяющих некоторым общим принципам. Тем не менее, результаты были воспроизведены в лабораториях, расположенных, по меньшей мере, в 12 странах мира, сотни раз. Когда люди достигают успеха, они не всегда подробно раскрывают использованные методы по коммерческим соображениям или потому, что подлинные причины успеха неизвестны. Трудностей также добавляет необходимость точного измерения энергии и/или некоторых продуктов реакции. Подобные измерения требуют существенных усилий и дорогого оборудования, обычно недоступного за пределами крупнейших лабораторий. Эксперименты

¹ Ее можно заказать на сайте www.amazon.com

без подобного оборудования могут быть интересными и познавательными, но от них не следует ожидать явно выраженных результатов. Тем не менее, понимание описанных в этом Руководстве общих условий и характеристик, повысит вероятность успеха как среди любителей, так и среди профессионалов.

Введение

Несмотря на то, что я рассматриваю **LENR**-процессы как реальные и воспроизводимые (хотя и с трудностями), не вся наблюдаемая тепловая энергия может относиться к ядерным реакциям. Существуют непредвиденные значимые химические источники, которые могут исказить выводы. Энергию можно строго отнести к **LENR**, только если наблюдается продукт ядерной реакции или если она гораздо больше энергии, выделяемой из любого возможного химического источника. Эти требования выполняются во многих, но не во всех опубликованных экспериментах. Тем не менее, любая избыточная энергия, полученная при условиях, которые, как известно из более совершенных работ, могут стать причиной **LENR**-процессов, приписывается в последующем обсуждении к **LENR**.

Чтобы правильно понять природу холодного синтеза и смысл этого термина, совершим небольшой экскурс в историю и покажем, как этот феномен связан с тем, что обычно называют термоядерным синтезом. Неудачная попытка инициировать реакцию синтеза дейтронов была впервые предпринята в 1926 году [15]. Он был осуществлен значительно позднее, когда к дейтронам в плазме приложили достаточно энергии, в конечном счете это привело к большой программе исследований [16] термоядерного синтеза. Современная организация, занимающаяся доведением этого метода до практического применения, называется **ITER** (www.iter.org). На эту цель было потрачено больше 70 лет и свыше 25 миллиардов долларов (2012 \$). К несчастью, полезная энергия пока не была получена, и еще 5 миллиардов долларов потребуется перед тем, как эта цель сможет, или не сможет быть достигнута [17].

По сравнению с этим хорошо принимаемым и понимаемым методом, Мартин Флейшманн и Стэнли Понс [18] в 1989 году в Университете Юта добились успеха в производстве значительного количества энергии из того, что кажется реакцией $d+d$ синтеза без приложения большой энергии. В равной степени впечатляет то, что они потратили лишь около 100.000 долларов своих собственных денег. Этот процесс необычен и важен, так как он может идти со скоростью, достаточной для создания полезной энергии в простом устройстве, и предполагает механизм, сильно отличающийся от общепринятого в ядерной физике в настоящее время. Обзор различий между термоядерным и холодным синтезом приведен в таблице 1. Поскольку новый процесс, как было обнаружено, вызывает многие ядерные реакции помимо синтеза, его переименовали в «низкоэнергетическую ядерную реакцию» (*low energy nuclear reaction*, **LENR**) или в «ядерную физику конденсированных сред» (*condensed matter nuclear science*, **CMNS**) – сейчас это общепринятые термины. Если этот механизм инициируется с использованием электролитического метода, результат в честь первоначального открытия называют Эффектом Флейшманна-Понса,

Таблица 1
Сравнение холодного и термоядерного синтеза

ХОЛОДНЫЙ СИНТЕЗ	ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ
Идет только в особых твердых телах	Происходит в плазме или когда приложено достаточно энергии.
Идет при умеренной энергии	Требует высокой энергии
Используется протий (H, Водород-1) или дейтерий (D)	Используется тритий и дейтерий
Если используется D, обычно производится гелий (^4He)	Производится тритий и нейтроны
Выделение излучения незначительно	Высокий уровень излучения
Может идти в простых устройствах с большим отношением выходной энергии к затраченной	Для обеспечения большого отношения выходной энергии к затраченной требуются гигантские установки
Изучался в течение 23 лет, потрачено около 0.5 миллиардов долларов	Изучался в течение более 70 лет, потрачено больше 25 миллиардов долларов
Энергетические генераторы могут быть расположены в каждом доме	Энергетические генераторы громоздки и должны быть расположены вдали от населения

Стивен Джонс [19] из Университета Бригама Янга также сообщил о запуске ядерных реакций в электролитической ячейке, но ожидавшееся им характерное для термоядерного синтеза излучение было обнаружено в очень небольших количествах. Он назвал этот процесс холодным синтезом, поскольку не прикладывал столько энергии, сколько обычно требуется для термоядерного синтеза. По-видимому, излучение в этом эксперименте, как будет показано ниже, является результатом совершенно другого процесса по сравнению с тем, что открыли Флейшманн и Понс. Следовательно, эти два наблюдения нельзя смешивать, как иногда делают в популярных статьях. Хотя Эффект Джонса не может быть источником полезной энергии — скорость реакции при такой небольшой приложенной энергии мала — он важен, поскольку может помочь объяснить присутствие трития в земной коре [20].

Процесс **LENR** необычен, поскольку, по-видимому, он идет с высокой скоростью в особых твердых средах, представленных в различных металлах и соединениях. Эта среда, по-видимому, действует как катализатор, снижающий барьер между водородом² и другими ядрами, для чего обычно требуется высокая энергия, и уносит выделяемую ядерную энергию без испускания значительного количества излучения. Следовательно, химическая среда вовлечена в **LENR** способами, не признанными в настоящее время традиционной наукой, что привело к неприятию и отрицанию [11] в тех случаях, когда заявленные результаты нельзя было легко воспроизвести. Хотя я согласен с тем, что **LENR** не может идти в обычных материалах, только недостаток воображения стоит на пути к открытию того, где он может идти, поскольку ясно, что это происходит. На самом деле, если небольшая доля средств, потраченных на пока безуспешную программу термоядерного синтеза, была бы

² Когда используется слово «водород», оно означает все изотопы водорода: протий (p), дейтерий (p+n) и тритий (p+2n). Протий и дейтерий стабильны, но тритий распадается в $^3\text{He} + e + (\text{анти})\text{нейтрино}$ с периодом полураспада 12.3 лет.

потрачена на понимание **LENR**, признание было бы достигнуто значительно быстрее, и чистый дешевый источник коммерческой энергии мог бы существовать уже сегодня.

Интерпретация **LENR** осложняется тем, что иногда в условиях, типичных для нее, в очень небольших количествах обнаруживается излучение, похожее на излучение от термоядерного синтеза. Чем больше приложить внимания и чем более чувствительное оборудование использовать, тем больше можно обнаружить неожиданных ядерных реакций. В итоге, мы должны полагать, что когда скорость реакции мала, не все аномальные ядерные продукты связаны с **LENR**. Напротив, интенсивность **LENR**-процессов высока, около 10^{12} событий/сек., если от дейтерия вырабатывается 1 ватт мощности. Эта огромная разница в интенсивностях отличает **LENR** от всех других потенциальных источников непредвиденного излучения. Многие объяснения, к сожалению, игнорируют этот факт.

При использовании дейтерия основным ядерным продуктом является гелий (^4He) [21], иногда наблюдается тритий и тяжелые продукты трансмутации. Когда вместо дейтерия использовался обычный водород, наблюдался значительный выход энергии, но с другими ядерными продуктами, далее это будет описано более подробно. Важный вопрос ждет ответа: используется ли при производстве энергии из дейтерия тот же механизм, что и в случае использования обычного водорода? Я верю, что Природа имеет только одну базовую среду и один механизм, чтобы вызывать подобные процессы, независимо от того, какой изотоп водорода используется в ядерной реакции. Этот вопрос будет рассматриваться по мере нашего продвижения.

Для того чтобы обсуждать механизм, нужно поверить, что наблюдения **LENR** — не результат ошибок, принятия желаемого за действительное и не артефакты, как часто полагают скептики. Вы можете легко проверить, какие лаборатории по всему миру обнаружили это явление, просто просмотрев раздел LIBRARY на сайте LENR-CANR.org или прочитав мою книгу [1]. Распространенное мнение, что эффект не был воспроизведен, неправильно, и это игнорируют с 1991 года. Скажем более точно: воспроизведение возможно, но трудно и маловероятно без приложения множества усилий, знаний, да и удачи. Как во всех плохо понимаемых и сложных исследованиях, неудачи происходят не потому, что исходные утверждения невозможны, а от невежества. Этот простой факт некоторым людям, по-видимому, трудно принять. Но если бы неудачи использовались для того, чтобы отвергать новые открытия, не существовало бы ни устройств, основанных на транзисторах, ни авиaperелетов, и большинство открытий в медицине были бы отвергнуты, прежде чем их удалось бы усовершенствовать. Тем не менее, неудачные исследования полезны, потому что они помогают уточнить границы пространства параметров, при которых процесс идет, и могут быть использованы для проверки предложенных механизмов.

Текущая задача состоит в том, чтобы исследовать, как можно построить объяснение. Хотя были предприняты сотни попыток объяснения, в них не было показано, как улучшить воспроизводимость и выработку энергии. Теоретические подходы настолько различны и сложны, что даже невозможно сделать дельный обзор. Таким образом, заранее принося извинения теоретикам, я детально опишу некоторые требования, которым, по моему мнению, должны удовлетворять все теории, в главах 5 и 6.

Как это обычно бывает при объяснении любого нового феномена, процесс понимания должен начаться с выдвижения предположений. Успех объяснения зависит от того, насколько корректными окажутся эти предположения. Для начала, я приму, что термоядерный синтез и **LENR** — это совершенно разные и несвязанные процессы. Рассмотрим очевидные факты: термоядерный синтез использует грубую силу, чтобы

приблизить ядра достаточно близко для слияния, обычно в очень горячей плазме³. **LENR**, напротив, идет в твердых структурах без приложения большой энергии и не может долго протекать без изменения структуры. Фактически, как продемонстрировали годы опыта в химической промышленности, **LENR**-реакции не могут начаться в «обычных» структурах даже при очень больших (в форме высоких температур) энергиях. Когда синтез иногда вызывается бомбардировкой ионами или интенсивным лазерным излучением, всегда наблюдаются реакции термоядерного типа. Подведем итог: в термоядерном синтезе нужна огромная энергия, чтобы вызвать обычные реакции ($n+{}^3\text{He}$, ${}^3\text{H}+p$), а для **LENR** необходимы специальные среды, чтобы произвести только гелий, без значимого количества регистрируемых энергетических продуктов. Подчеркнем различие: первый способ требует высокой энергии и не очень чувствителен к среде, в то время как последний очень чувствителен к среде и не нуждается в большой энергии. Это различие очень важно держать в уме, поскольку оба процесса могут происходить в твердых материалах в одно и то же время, и каждый из них зависит от химической среды.

Можно выдвинуть второе предположение: в обычных материалах что-то должно измениться для того, чтобы в них могли пойти **LENR**-реакции. Редкость и сложность, связанные с этими реакциями, можно понять, только если требуемые изменения сами являются трудными и редкими. Проблема состоит в том, чтобы правильно идентифицировать эту уникальную среду и только потом предложить механизм. Я назвал это особое состояние ядерно-активной средой (**NAE**), чтобы отличить его от состояний, существующих в обычных химических структурах. Коротко говоря, обычные химические среды не влияют на ядерные реакции, как правильно считается в традиционной науке, но необычные могут влиять. Можно ожидать, что формирование подобных структур будет следовать всем правилам, применимым к химическим реакциям, в то время как правила, используемые в ядерной физике, следует применять к последующему механизму, вызывающему ядерный процесс. Здесь нужно поженить физику с химией, но ухаживание будет долгим и тернистым. Получить консультацию по отношениям можно будет в главе 4.

К сожалению, природу **NAE** трудно понять, поскольку реакции идут только в очень маленьких участках со свойствами, сильно отличающимися от окружающего материала. Проблема состоит в том, чтобы идентифицировать эту уникальную структуру. Не стоит отвергать гипотезу **LENR** только потому, что в этих реакциях не могут быть задействованы обычные материалы. Однажды эта уникальная структура или состояние будет определена, и ее можно будет создавать при необходимости, трудности воспроизведения станут кошмаром прошлого, и будет доступен источник чистой энергии будущего. Кроме того, только после определения можно будет проверить и подтвердить выдвинутый теоретический механизм.

³ Плазма — это ионизированный газ, обычно при низком давлении. Энергия ионов (температура) может быть очень высокой — ограниченной только тем, как быстро можно добавлять энергию, чтобы компенсировать её потери. Ионы можно заставить бомбардировать твердую поверхность или взаимодействовать друг с другом. Когда ионами являются D^+ и/или T^+ , оба этих метода могут быть использованы для запуска термоядерного синтеза.

Глава 1. Краткий обзор

Этот краткий обзор поможет обычному читателю получить основные сведения о LENR. В последующих главах будет добавлено больше подробностей. Целью же этой будет показать существование реального феномена, проявляющегося во многих схожих явлениях. Их осмысление – нелегкая задача, потому что оно требует глубоких изменений в нашем понимании природы, особенно у людей, изучавших физику. Часть моей цели – создать упрощенное представление, которому должны удовлетворять вероятные механизмы, чтобы показать, почему многие из них не соответствуют этому представлению, и предложить механизм, который действительно сможет объяснить явления. Надеюсь, эти идеи простимулируют обсуждение и помогут избежать путаницы, даже если они не станут общепринятыми или окажутся неверными. Итак, пожалуйста, воспринимайте это Руководство как учебное пособие.

Ранее считалось, что дейтерид палладия – это единственный материал, в котором могут протекать LENR-реакции. К настоящему времени обнаружено, что многие другие металлы и сплавы могут обеспечить такие же необычные эффекты. Тем не менее, в каждом случае успех зависит от предварительного обращения с материалом, от химической среды, в которой материал размещен во время эксперимента, и от метода приложения энергии. Очевидно, что химическая среда важна так же, как и механизм, но этот факт часто игнорируют. Эти химические влияния добавляют трудностей, что частично объясняет, почему эффект так трудно воспроизвести. При отсутствии знаний о том, как создать требуемые состояния, или даже какие важные состояния присутствуют в материале, LENR происходит в основном случайно. Только сейчас, спустя 23 года, были поняты некоторые из необходимых условий.

Какими способами можно вызвать LENR? В первом предложенном методе [18] использовался электролиз, чтобы в реакции палладия и дейтерия создать бета-PdD_x⁴. Платину подвергали электролизу вместе с D₂O [23] с выделением энергии, хотя платина не взаимодействует с дейтерием. Титан подвергался электролизу вместе с D₂O [24] с выделением избыточной энергии и некоторых ядерных продуктов. Электролиз также создавал избыточную энергию, когда никелевые катоды использовались с электролитом на основе H₂O [25, 26]. Повышение температуры [27-29], радиочастотное излучение [30] и лазерный луч [31-34], по-видимому, увеличивают производство энергии. Было обнаружено, что приложение к электролиту напряжения, достаточного для создания плазмы [35-37] при палладиевом, вольфрамовом или углеродном катоде вызывает множество аномальных ядерных реакций [38]. Вид атома, растворенного в электролите и впоследствии осажденного на катоде, играет определяющую роль в том, какие ядерные реакции идут на катоде. Тонкие слои материала, нанесенные на (*plated on*) стекло [39, 40], пластик или платину [41] при электролизе также становятся ядерно-активными. Как показывает этот краткий обзор, многие ядерные эффекты можно получить, применяя различные варианты электролитического метода, используя различные виды материалов, а не только палладий – но остальная часть истории становится даже еще более интересной.

Просто экспонируя хорошо измельченные металлы различных видов в изотопах водорода, можно вызвать LENR. Например, некоторые частицы палладия нанометрового размера становятся ядерно-активными при размещении в газообразном дейтерии. Этот палладиевый

⁴ β-PdD_{1-x} — это гранецентрированная кубическая структура, где x принимает различные значения от 0.32 до 0.01. Значение x определяется температурой и приложенным давлением D₂, конечная дефектная структура имеет металлические свойства. Систему Pd-H (D) изучали более 60 лет и ее свойства хорошо известны [22].

порошок можно разместить отдельно как «палладиевую чернь» [42] или на углеродной поверхности [43, 44] как в обычном химическом катализаторе. Было найдено, что даже поток дейтерия, пропускаемый через металлический палладий, может произвести множество ядерных реакций [45] и энергию [46, 47]. Как типично для LENR-процессов, никакие из этих результатов не воспроизводятся постоянно, или когда используются похожие виды материалов. Необходимо, чтобы присутствовало нечто очень необычное и редкое.

Энергетические ионы, полученные электрическим разрядом в газе, содержащем изотопы водорода [48, 49], использовались для запуска LENR. Во всех случаях энергия ионов была значительно ниже, чем, как считается, необходимо, чтобы вызвать термоядерный синтез. Получающиеся ядерные реакции очень чувствительны к материалу катода.

Было найдено, что определенные сложные металлические оксиды [50-52], способные растворить некоторое количество дейтерия, могут производить избыточную энергию, если заставить дейтерий двигаться, прилагая напряжение. Подобная электродиффузия D^+ в β -PdD может также создать аномальную энергию. Предполагается, что избыточная энергия — результат LENR.

Пузыри, создаваемые энергией звуковой волны, проходящей через жидкость, могут сколлапсировать на металлической поверхности, этот процесс называется соносинтезом. Когда это случается, содержимое пузырька внедряется в металл в виде плазмы. При использовании тяжелой воды внедряется смесь D^+ и O^- , которая вызывает LENR в различных металлах, используемых как мишень [56-59]. Обычная вода может вызвать похожие необычные эффекты, хотя воспроизведение нерегулярно [60]. Этот эффект — не то же самое, что акустическая кавитация, как в случае термоядерного синтеза, происходящего в коллапсирующем пузырьке [61, 62]. Еще раз, вероятные термоядерные реакции нужно отделять от LENR.

Аномальные эффекты наблюдались во множестве химических реакций, в которых присутствовал дейтерий, [63] или когда материал подвергался механическому удару. Внезапное нагревание титана, насыщенного D_2 [64], или охлаждение титана в газообразном D_2 [65, 66] приводит к нескольким выбросам нейтронов. Было сообщено, что во многих химических реакциях с участием дейтерия генерировались нейтроны, включая укладку Портлендского цемента [67]. Эти немногие зарегистрированные нейтроны могли быть вызваны не LENR, а термоядерными реакциями, в которых высокие напряжения сосредоточены в местах формирования трещин.

Было заявлено, что ядерные эффекты охватывают биологические системы в присутствии как D_2O [68], так и H_2O [69, 70]. Даже радиоактивный цезий (^{137}Cs), по-видимому, распадается быстрее, когда определенные бактерии находятся в растворе с изотопом [68, 71]. Как было показано Райфеншвайлером, тритий (3H) при взаимодействии с хорошо измельченным титаном, вероятно, меняет свою скорость распада. Этот аспект LENR потенциально может уменьшить число радиоактивных отходов, образующихся в процессе ядерного деления.

Химическая среда даже может влиять на реакции термоядерного синтеза. Было обнаружено, что если ионам D^+ сообщить несколько киловольт энергии и бомбардировать ими различные материалы, получающаяся обычная ядерная реакция оказывается чувствительной к концентрации электронов в материале [73-75]. В этом случае не используют очень большую энергию, чтобы не разрушить хрупкую химическую среду.

Только в некоторых экспериментах были измерены одновременно ядерные продукты и аномальная энергия. Эти измерения показали прямую зависимость между энергией и

производством ${}^4\text{He}$ [21], когда присутствует дейтерий, как впервые продемонстрировали Майлс и Буш. С другой стороны, обычные для термоядерного синтеза тритий и испускание нейтронов редко ассоциируются с зарегистрированным теплом, хотя иногда наблюдаются выбросы рентгеновского излучения. Это отличие в типе и энергии ядерных продуктов важно, поскольку оно было причиной неприятия LENR и все еще вызывает трудности с интерпретацией наблюдений. Тем не менее, отсутствие опасного излучения — настоящий подарок для исследователей, и, кроме того, оно открывает возможность домашнего использования LENR.

Было обнаружено, что обычный водород тоже является ядерно-активным в некоторых средах, но что может быть ядерными продуктами? Предполагается, что преобразование Ni в Cu в реакции с протоном создает значимое количество энергии, если специально обработанная поверхность никеля выдерживается в водородном газе [76-79] при высоких температурах. Подобные реакции трансмутации наблюдались и в других исследованиях. Например, утверждалось, что при электролизе калий, осаждающийся из электролита на катод, может превратиться в кальций в реакции с протоном [80, 81]. Было сообщено о многих других реакциях трансмутации, их слишком много, чтобы упоминать здесь. В некоторых из них получались радиоактивные [82-84] изотопы, хотя это редкий результат. Кажется, что никель даже производит радиоактивный тритий [85], если его неоднократно насыщать (*load*) и освобождать (*deload*) от обычного газообразного водорода.

Сделаем важный вывод. Если проявить достаточно осторожности, и детекторы достаточно чувствительны, то можно показать, что химическая среда влияет на некоторые ядерные реакции при очень неожиданных обстоятельствах. Поскольку неприятие этих заявлений очень сильное, только некоторые эффекты были воспроизведены достаточно часто, чтобы получить широкое признание. В результате игнорируется мощный инструмент, возможно способный разрешить многие проблемы.

Предлагаемые объяснения должны учитывать расположение атомов и электронов на участке, где предположительно происходит LENR. Реальное химическое состояние слишком часто игнорируется. Например, катоды, использованные Флейшманном и Понсом, не состояли из чистого PdD в активном поверхностном слое, в отличие от того, что предполагали они и многие другие люди. Вместо этого там был комплексный сплав, содержащий D, Li, O, C, Pt, Pd, и часто другие примеси, выщелоченные из контейнеров Rughex и проволочек [86-89]. Внимательное рассмотрение под сильным увеличением показывает неравномерность распределения этих примесей и очень сложную физическую структуру, нетипичную для идеального PdD. Также были найдены случайные продукты трансмутации. Следовательно, объяснения, основанные на свойствах чистого PdD, не будут работать, хотя это предположение часто выдвигают и используют в качестве основы для механизма. Следовательно, если объяснять этот феномен, механизм должен основываться не на некоей идеальной структуре, а на материале, про который известно, что он присутствует. Это требование часто не выполняется.

В настоящее время изучаются новые методы и воспроизводятся старые. Скептики предсказывали, что холодный синтез — это артефакт, который исчезнет, когда будет использоваться лучшее оборудование и методы, но этого не случилось [90]. Напротив, о эффектах сообщалось все больше. Очевидно, что необыкновенный механизм можно инициировать многими различными путями, во многих химических структурах, и используя все изотопы водорода. Задача состоит в том, чтобы выяснить, что общего у этих химических структур и методов.

Глава 2. Производство энергии

2.I. Введение

Пришло время для подробного изложения, в котором будет и повторение того, что вы уже изучили. Все методы имеют одну общую черту — выделение энергии. Иногда ее количество слишком велико для того, чтобы быть результатом обычных реакций, а иногда совсем нет энергии, ожидающейся при имеющихся условиях. В любом случае, энергия приписывается LENR. Хотя это может не быть корректным объяснением всех случаев, характерные черты наблюдаемого поведения стоит исследовать в контексте LENR. Для начала, нужно хорошо понимать методы, используемые для измерения энергии.

2.II. Объяснение калориметрического метода

Для измерения выделения энергии требуется калориметр, устройство простое в своей концепции, но сложное в применении. Я могу заверить читателя, что многие годы использования разных калориметров научили меня всем тонкостям аккуратных измерений, а на многие ошибки быстро указывают скептики. Тем не менее, этот метод может быть освоен и использован для получения точных значений, но только тогда, когда уделяется достаточно внимания, чтобы понять его ограничения.

Обычно используются несколько видов калориметров, в том числе изопериболические, проточные и калориметры Зеебека. Все они называются изотермическими, в отличие от адиабатического типа, в котором используется изменение температуры при накоплении энергии (джоули). Адиабатический метод используют редко, хотя Флейшманн и Понс были исключением.

Изопериболическая калориметрия использует разницу температур (ΔT) по разные стороны от теплового барьера для определения количества тепловой энергии, проходящей через барьер. Точность зависит от ΔT , известной на всей площади барьера, и являющейся стабильной. Распространенное использование стенки ячейки⁵ в качестве теплового барьера и измерение температуры внутри электролита может привести к существенной ошибке, поскольку обычно присутствуют температурные градиенты. Эти градиенты вызваны случайными конвекционными потоками в жидкости. В этом случае точность зависит от конструкции ячейки, расположения температурных датчиков и скорости перемешивания внутренней мешалкой [91]. Этот метод требует подходящей калибровки, обычно электролизом на инертном (*inert*) электроде. Использование внутреннего нагревательного элемента для калибровки не рекомендуется кроме случая, когда внутренние градиенты уменьшены перемешиванием или одновременным применением тока электролиза. Изменения во внешних условиях, такие как приложение магнитного поля или изменения комнатной температуры, могут вызвать неожиданную ошибку. По этой причине подобные ячейки часто размещают в воде, поддерживаемой при постоянной температуре. В усовершенствованном методе используется тепловой барьер, внешний по отношению к ячейке [92-94] это так называемый калориметр с двойной стенкой. Подобное устройство намного меньше зависит от градиентов в ячейке и может быть сделано очень чувствительным к генерирующейся тепловой мощности.

⁵ Ячейка, обычно стеклянная, используется для хранения электролита, через который протекает электрический ток, чтобы вызвать LENR на катоде.

Поточный калориметр захватывает выделяемую тепловую мощность в поток жидкости, и измеряется получающееся изменение температуры этого потока. Если энергия из калориметра не теряется, величину тепловой мощности можно получить, используя скорость потока, изменение температуры жидкости и ее теплоемкость — это так называемый абсолютный метод. Тем не менее, захватить полностью всю энергию очень сложно. Следовательно, калориметр нужно откалибровать с помощью внутреннего нагревательного элемента или электролизом на инертном электроде. Изолирование калориметра от окружающей среды и достижение известной фиксированной скорости потока может быть сложной задачей. Тем не менее, можно достигнуть погрешности меньшей, чем ± 0.05 ватт. Особенно хорошо задокументирована конструкция, используемая МакКубре с соавторами [95, 96].

Калориметр Зеебека генерирует напряжение, создаваемое разностью температур через тепловой барьер, содержащий термопары или коммерческие термоэлектрические конвертеры [97-99]. Этот барьер полностью окружает источник тепла, его внешняя сторона поддерживается при постоянной температуре. Поскольку все части окружающей стенки чувствительны к тепловому потоку, потери энергии через каждую часть теплового барьера суммируются, независимо от того, где теряется тепловая энергия. К сожалению, не все места полностью эквивалентны. В результате константа калибровки чувствительна к тому, где тепловой источник размещен в тепловой оболочке. Эту проблему можно решить установкой вентилятора. С другой стороны, этот метод не чувствителен к тому, где генерируется тепло внутри электролитической ячейки, содержащей источник тепла. Должно сохраняться только расположение ячейки в тепловой оболочке. Этот метод нужно калибровать либо с помощью резистора внутри электролитической ячейки, либо с помощью «мертвого» катода (*dead cathode*).

Используются многие варианты конструкций этих калориметров. Обычно можно достигнуть надежного измерения аномальной мощности с погрешностью ± 50 mW при приложенной электролитической мощности в 15 ватт. Некоторые конструкции могут измерять избыточную мощность с точностью 1 mW, как утверждалось Флейшманном и Понсом.

2.III. Источники аномальной энергии

2.III.1 Описание электролитического метода

Электролитическая ячейка состоит из жидкости, сделанной проводящей путем добавления различных растворимых солей. В случае холодной синтеза добавляемыми веществами являются LiOD, Li₂SO₄, K₂CO₃, или H₂SO₄. В жидкости размещают 2 электрода, один из которых с помощью внешнего источника питания делают положительным (анод), а другой отрицательным (катод). Катод обычно сделан из палладия, анод — из платины, хотя используются и другие металлы. Когда ток проходит через жидкость от одного электрода к другому, на поверхности электродов протекают химические реакции с формированием D₂ в виде пузырей на катоде и газообразного O₂ на аноде, если в качестве электролита используют D₂O. Часть дейтерия взаимодействует с палладиевым катодом, формируя β-PdD. Ячейка называется открытой, если газы покидают ее через небольшое отверстие, выходя в окружающую атмосферу. Выходящие газы уносят химическую энергию, которую нужно сложить с энергией, выделяющейся в ячейке, чтобы точно определить энергию, получающуюся в LENR. Если в ячейке размещен катализатор, чтобы превращать D₂ и O₂ обратно в D₂O, то ячейку можно запечатать, и ее называют закрытой. Эта конструкция позволяет избегать ошибок, связанных с потерей газов из открытой ячейки. Ячейка часто содержит резистор для калибровки, терморезистор для измерения температуры и дополнительный платиновый электрод для измерения напряжения холостого хода (*open-*

circuit-voltage, OCV)⁶. Для измерения отношения D/Pd на катоде используются различные методы, включая измерение сопротивления, увеличения веса и выхода свободного (*orphaned*) кислорода⁷.

2.III.2. Результаты использования электролитического метода

Понс и Флейшманн были первыми, кто сообщил об аномальном выделении тепла при электролизе, во время которого они использовали изопериболический калориметр. Эта работа была подвергнута тщательному анализу и обсуждению, но, в конце концов, была признана достаточно точной, чтобы подтвердить их заявление [100, 101]. Со времени появления их работы было опубликовано более 200 утверждений о выделении аномальной энергии при электролизе. В большинстве из этих исследований изучалось несколько образцов палладия, некоторые из которых оказались активными (*active*), а некоторые нет. В некоторых случаях одна и та же партия активного палладия изучалась в разных лабораториях [102, 103] с похожим успехом. Если оказывается что катод активен, то его можно использовать для получения LENR по требованию, с полной воспроизводимостью, до тех пор, пока он, в конце концов, не «умрет», поскольку на его поверхности будет электроосажден (*electrodeposited*) дополнительный материал. Это свойство препятствует коммерческому применению этого метода для производства энергии. К счастью, в настоящее время несколько других методов получают все большее число положительных результатов без этого ограничения.

До недавнего времени считалось, что избыточная энергия выделяется в β -PdD. Многие недавние наблюдения показывают, что только небольшие области на поверхности являются активными, и они быстро выключаются и включаются [104]. Предположительно, область начинает генерировать энергию, нагревается, выбрасывает дейтерий, а затем выключается. Быстрое повторение этого процесса во многих местах обеспечивает устойчивую выработку энергии. Иногда плотности энергии хватает для того, чтобы вызвать локальное плавление [87]. Оно возможно из-за того, что многие примеси понижают температуру плавления по сравнению с чистым палладием (1554.9°C) [105, 106]. Нужно соблюдать осторожность, так как иногда то, что кажется плавлением, может на самом деле быть предпочтительным (*preferential*) отложением примесей вокруг отверстий, выпускающих D₂.

Когда электролитический метод применяется с палладиевым катодом, каждый, кто делает соответствующие измерения, всегда видит 6 характерных черт:

1. Как впервые продемонстрировал МакКубре с соавторами [107], среднее соотношение D/Pd на катоде влияет на возможность выделения избыточной энергии, причем последнего можно ожидать только при превышении некоего критического значения этого отношения. Критическое значение отличается в различных исследованиях, поскольку можно определить только среднее соотношение (*composition*), которое зависит от используемого метода, формы катода и плотности трещин на поверхности.

⁶ OCV определяется измерением напряжения между катодом и дополнительным (*extra*) электродом в то время, когда ток не течет между катодом и анодом. Это напряжение создается химическими эффектами на катодной поверхности и может быть использовано для оценки соотношения D/Pd на ней.

⁷ Свободный кислород – это избыточный кислород, получающийся из-за того, что часть дейтерия прореагировала с палладием и больше недоступна в газе, чтобы превратиться вместе с O₂ в D₂O на внутреннем катализаторе. Это приводит к изменению давления или к дополнительному количеству газа в закрытой ячейке, которое может быть измерено, чтобы определить, как много дейтерия прореагировало.

Обычно среднее критическое значение лежит между $D/Pd=0.80$ и 0.90 . Необходимое соотношение на поверхности не было нормально измерено, но, по-видимому, оно лежит выше $D/Pd=1.5$ и возможно достигает $D/Pd=2.0$ [108, 109], как показано на графике 1. Неспособность достичь достаточно большого соотношения D/Pd на поверхности, вне зависимости от среднего [объемного] соотношения, может объяснить частые неудачи в опытах с хорошо насыщенными (*loaded*) образцами, а неожиданно высокие поверхностные соотношения могут объяснить, почему некоторые образцы, обладающие низким объемным соотношением D/Pd , могут, тем не менее, вырабатывать избыточную энергию. Неспособность достичь необходимого соотношения на поверхности – главная причина многих неудачных попыток воспроизведения.

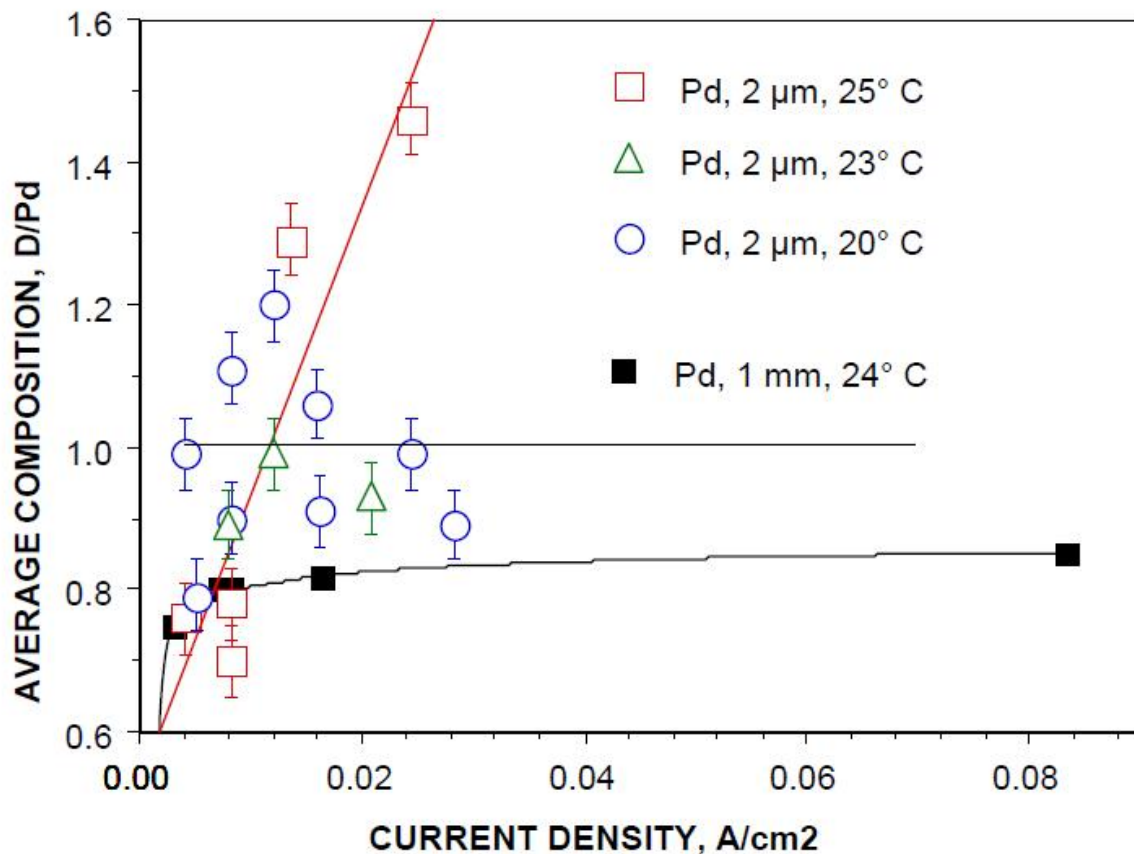


График 1. Среднее объемное значение D/Pd как функция плотности приложенного тока. Предполагается, что значения для тонких пленок (*films*) будут близки к истинному значению соотношения на поверхности.

- Ток должен поддерживаться в течение критического времени. Это время является переменной величиной и, предположительно, зависит от того, насколько быстро поверхность может приобрести активную структуру и/или состав. Это время мало для очень тонких слоев Pd, но может достигать нескольких месяцев для большого объема (*bulk*) палладия. Отказ ждать достаточно долго – одна из причин неудач в воспроизведении. В других методах, используемых для инициации LENR, такой большой задержки нет. По-видимому, если NAE создано заранее, то эта задержка исчезает.

3. Плотность тока должна превышать критическое значение, как показано на нескольких примерах на Графике 2. Приложенный ток определяет состав поверхности, причем для того, чтобы обеспечить способность инициировать заметную (*detectable*) выработку энергии в большом объеме палладия, требуется ток от 100 mA/cm^2 до 200 mA/cm^2 . По-видимому, такое количество тока требуется для создания достаточного количества ионов D^+ , чтобы компенсировать потери дейтерия с обратной стороны активной поверхности или от трещин, пронизывающих поверхность. Тонким слоям палладия, расположенным на платине, не требуется настолько высокая критическая плотность тока, так как если слои хорошо соединены, то потери с задней стороны незначительны [41]. Такие образцы могут выделять избыточную энергию при токах, близких к нулю.

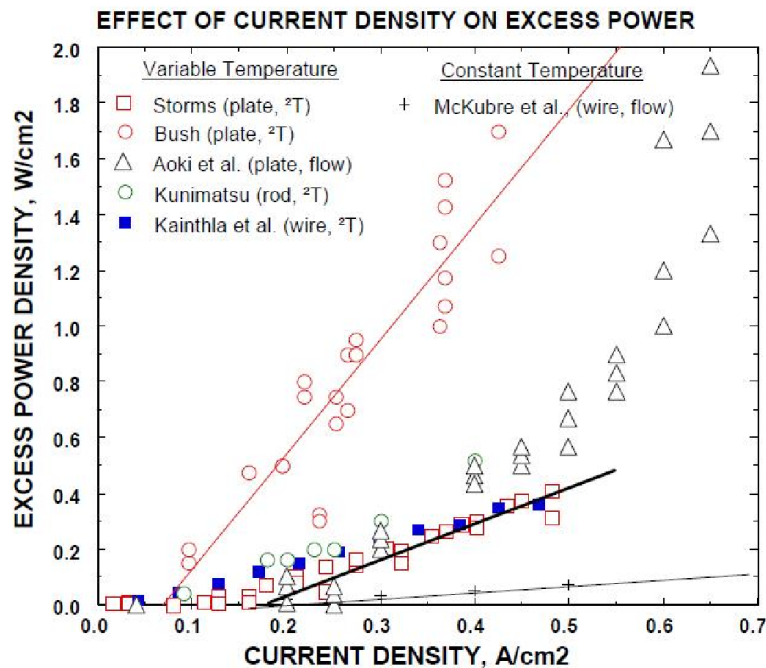


График 2. Влияние плотности тока на производство избыточной энергии.

4. Неактивный (*inert*) палладий иногда можно активировать добавлением определенных примесей в электролит [110]. Предполагается, что эти примеси помогут поверхности достичь более высокого содержания дейтерия и/или подходящего строения. Использование того, что называется суперволной (*super-wave*) [111] также может увеличить соотношение D/Pd и производство тепла.
5. LENR происходит только в небольшом числе образцов, но чаще в определенных партиях, чем в других [110, 112]. Фактически, было найдено, что все физические свойства палладия зависят от партии, что делает поведение этого металла сильно изменчивым даже при обычном применении. Используя гальванизированный (*electroplated*) с помощью так называемого метода соосаждения (*co-deposition*) [113, 114] палладий, можно добиться большего успеха, хотя в зависимости от условий гальванизирования можно получить сильно варьирующиеся результаты.
6. Присутствие слишком большого количества легкой воды в D_2O -электролите остановит реакцию [102]. Даже кратковременное воздействие воздуха в лаборатории может сделать D_2O бесполезным. Подобная неаккуратность объясняет многие ранние неудачи. Вдобавок, не все источники D_2O достаточно чисты для обеспечения успеха, даже если они не содержат H_2O .

Электролитический метод удовлетворяет всем требованиям, необходимым для научного признания аномальных заявлений. Избыточное тепло, величина которого намного превышает ожидаемую ошибку, было независимо получено множество раз, в результатах прослеживаются одинаковые черты поведения независимо от используемого оборудования или места проведения экспериментов, также был идентифицирован ряд причин, затрудняющих воспроизведение. Знание источника энергии не требуется, чтобы признать наблюдаемые результаты. Доказано, что Флейшманн и Понс были правы, а скептики ошибались. Не хватает только общего признания этого факта и соответствующих извинений.

2.III.3. Влияние температуры на производство тепла

Большинство измерений выделения тепла при электролизе было сделано при температуре, близкой к комнатной. В ряде случаев температуру изменяли, чтобы определить ее влияние, также был разработан метод для работы около точки кипения [27, 29, 106, 115, 116]. Как и ожидалось, подобные температуры приводят к более быстрому химическому воздействию материалов, расположенных в электролите, и вызывают усиленное накопление примесей на поверхности катода. Фактически, Чжан [117] нашел, что предварительный электролиз (*pre-electrolysis*) при точке кипения повышает вероятность успеха в последующем производстве тепла при более низких температурах. Стормс [118] в 1993 году исследовал роль состояния поверхности, МакКубре с соавторами [119] подчеркнул важность этого слоя примесей, основываясь на обширных исследованиях. Этот изменчивый поверхностный слой создает трудности в определении влияния температуры в отдельности, но, похоже, что повышение температуры увеличивает скорость производства тепла.

Жидкость, содержащая эвтектический сплав на основе KCl-LiCl-LiD, использовалась для инициирования LENR на палладиевом аноде⁸ при температуре выше 350°C [120]. В этом случае было выделено значительно больше энергии по сравнению с электролизом воды при таком же количестве палладия. Попытки воспроизвести этот метод были предприняты Окамото и Незу [121]. Юань с соавторами [122] использовал палладий, и Цветков с соавторами [123] использовал титан в качестве активного электрода (анода). Этот метод труден из-за высокой температуры и коррозионных (*corrosive*) свойств электролита.

2.IV.1. Описание газозагрузочного (*Gas Loading*) метода

Подходящий материал размещается в газообразном H₂ или D₂, обычно при давлениях значительно выше одной атмосферы. Материал нагревается, и энергия от LENR, как было найдено, возрастает при повышении температуры. Как обычно, правильная обработка (*treatment*) материала имеет решающее значение. Из-за своей простоты и скромной потребности в энергии этот метод имеет большие перспективы в качестве коммерческого источника энергии.

Из-за того, что скорость реакции возрастает с температурой, материал, в котором генерируется значительная мощность, будет самонагреваться до потенциально разрушительных температур, если не вмешаться в этот процесс. К счастью, концентрация водорода в NAE будет уменьшаться с увеличением температуры. Взаимодействие между этими двумя эффектами будет приводить к установлению некоторой стабильной высокой температуры. Применение этого источника энергии будет зависеть от того, как хорошо можно будет контролировать нестабильность температуры и какой стабильной величины можно будет достичь.

⁸ Дейтерий в электролите отрицательно заряжен, что приводит к тому, что он взаимодействует с анодом без производства газообразного D₂.

2.IV.2. Результаты использования газозагрузочного метода

Арата и Чжан [124,125] из Осацкого Университета в Японии первыми получили аномальное выделение энергии при использовании хорошо измельченного палладия. Этот порошок содержался в палладиевой капсуле, которая была подвергнута давлению вместе с очень чистым дейтерием, генерируемым путем электролиза. Этот опыт был повторен МакКубре с соавторами в Стэнфордском Исследовательском Институте (*Stanford Research Institute, SRI*) [44, 126] с помощью профессора Араты. После того, как эта работа была опубликована, Кейс [127] нагрел тщательно отобранный промышленный (*commercial*) палладиевый катализатор в газообразном дейтерии и сообщил об аномальном выделении энергии и гелия. Это заявление также было воспроизведено в SRI [44] с помощью Кейса. Подобная помощь от людей, которые добились успешных результатов, очень важна, поскольку необходимая подготовка никогда полностью не описывается в публикациях.

Ивамура с соавторами [45, 128, 129] из Mitsubishi Heavy Industry в Японии размещал тонкий слой палладия (40 нм) на слоях CaO, размещенных на палладии. Когда дейтерий заставили проходить (*diffuse*) через этот «бутерброд», было обнаружено несколько ядерных реакций с участием ядер, размещенных на поверхности. Эта работа важна, поскольку она очень ясно показывает реакции трансмутации, вовлекающие в себя до 6 ядер дейтерия. Ведутся попытки воспроизведения [130-133]. Эта работа будет более подробно описана в последующих главах.

Кларк с соавторами [126] зарегистрировал ^3He в ячейке конструкции Араты, предоставленной МакКубре, после задержки, следующей за выделением энергии. Этот гелий можно объяснить распадом трития, полученного во время исследования.

Ито с соавторами [134] вызывал реакцию палладия с дейтерием, затем покрывал материал медью, после чего дейтерий удалялся нагреванием в вакууме. Количество трития значительно возросло, когда начальное среднее соотношение D/Pd [в объеме] превышало D/Pd=0.85.

Тритий был найден в никелевых проволочках после того, как их электрически нагревали и охлаждали много раз в обычном водороде [85]. Толщина полученного гидридного слоя, в котором и был найден тритий, была только 20-30 нм.

Никелевые стержни особым образом обрабатывали, после чего они вырабатывали избыточную энергию, когда размещались в H_2 при температурах выше 250°C [76, 77, 135, 136]. Еще больше избыточной энергии вырабатывалось никелевым порошком [79, 137].

2.V.1 Описание газоразрядного (*Gas Discharge*) метода

Между 2 электродами, расположенными в D_2 при низком давлении, подается напряжение в несколько тысяч вольт, обычно в виде короткого импульса, чтобы избежать перегрева. Создается плазма, из которой ионы D^+ стекают на катод. Поскольку эти ионы редко испытывают всю величину приложенного напряжения, в них не хватает энергии для термоядерного синтеза, хотя LENR был продемонстрирован много раз в различных лабораториях. Важно понять результаты использования этого метода, поскольку было продемонстрировано, что ядерные продукты чувствительны к материалу катода. Тем не менее, продукты трансмутации на самом деле образуются в сложной структуре [138] на поверхности катода. Повторим еще раз, природа материала играет важную роль, поскольку активная поверхность – это не обычный материал.

2.V.2 Результаты использования газового разряда

Клэйтор с соавторами [48] во время многолетних хорошо документированных исследований в LANL и позже в частной лаборатории получил тритий, размещая определенные сплавы в пульсирующем газовом разряде в газообразном D_2 при умеренных напряжениях (<7000 V). Количество генерируемого трития зависело от материала, использованного в качестве катода, некоторые сложные сплавы показали лучшие результаты, чем чистый палладий. Многолетние постоянные исследования позволили этому методу стать воспроизводимым, а также потенциальным источником полезного трития без заметного выделения нейтронов.

Исследования газового разряда с 1990 года ведутся в научно-производственном объединении «Луч» в России. Различные российские лаборатории продолжают эксперименты и вносят свой вклад в растущее число доказательств выделения избыточной энергии, трансмутации и излучения с необычными свойствами [139-144]. Дюфур с соавторами с 1993 года использовал разновидность газоразрядного метода, чтобы показать появление трансмутаций и выделение энергии в том случае, когда метод используется с урановыми [145] и палладиевыми катодами [49, 146].

2.VI.1 Описание электродиффузионного метода

Электродиффузия – это процесс, в котором ионы, растворенные в материале, приводятся в движение под влиянием приложенного напряжения. Повышенная скорость диффузии пропорциональна полученной плотности тока и количеству заряда на ион, таким образом, позволяя определить эффективный заряд растворенного иона [147]. Например, эффективный заряд водорода в $PdH_{0.67}$ равен $+0.30 \pm 0.05$ [148], при более высоких соотношениях H/Pd положительный заряд заметно увеличивается [149, 150]. Другими словами, протон ведет себя так, как будто он не полностью экранирован окружающими электронами, предположительно из-за того, что требуемые электроны расположены где-то в другом месте. Традиционное мнение помещает их в зону проводимости, где они вызывают изменения в сопротивлении при изменении содержания водорода [151, 152].

2.VI.2. Результаты использования электродиффузии

Коэн [153] впервые сосредоточил растворенный водород на одном конце палладиевой проволоки, пропуская через нее ток. Позже различные исследователи, включая Флейшманна [55, 154-156] использовали этот способ, чтобы увеличить локальную концентрацию дейтерия в палладиевых проволоках и вызвать LENR.

Гранит и Йорн [157] впервые применили этот метод по отношению к оксиду алюминия, но безуспешно. Мизуно [158] позже получил избыточную энергию, используя $SrCeO_3$, с его помощью это повторил Ориани [51], использовавший $SrCeO_3$ с небольшими добавками Y и Nb . Мизуно зарегистрировал гамма излучение, которое он приписал радиоактивному распаду ^{197}Pt [159]. Бибериан с соавторами получил энергию, используя $LaAlO_3$ [52, 160]. Хотя количество избыточной энергии невелико, оно сравнимо с величиной прилагаемой энергии, требуемой для нагрева до 500° и для генерации напряжения, требуемого чтобы протолкнуть D^+ через решетку. В итоге эффективность производства энергии впечатляет.

Диффузия, обусловленная приложенным напряжением, и обычная диффузия, возникающая из-за градиента концентрации, могут иметь похожие проявления в том, что затрагивает ядерные механизмы. Следовательно, поскольку во время электролиза почти всегда присутствует поток ионов дейтерия, то он может способствовать производству энергии, как

предположил МакКубре [161]. Неизвестно, почему диффузия влияет на LENR, но возможно это происходит просто из-за того, что водород становится более доступным для NAE.

2.VII.1. Описание акустического (*sonic*) метода

Акустическую волну создает преобразователь (*transducer*), вибрирующий на требуемой частоте (20кГц-1МГц), что создает стоячую волну внутри жидкости между преобразователем и металлической мишенью. От этой волны получаются пузыри, которые схлопываются на мишени. Если жидкостью является D₂O, то получающиеся ионы дейтерия внедряются в поверхность, вызывая LENR, а O⁼ взаимодействует с металлом, формируя цветной оксид на поверхности.

Не следует путать этот метод с тем, что использовал Талейархан с соавторами [162] для генерации нейтронов внутри схлопывающихся пузырей. В его случае температура доходила до тысяч градусов перед тем, как пузыри исчезали, что может вызывать кратковременную реакцию термоядерного синтеза, но не LENR.

Интенсивное механическое перемешивание жидкости или быстрые изменения в скорости потока могут создать пузыри посредством некогерентного процесса, называемого кавитацией. Этот процесс может вызвать повреждение поверхностей, подвергающихся воздействию локальной энергии, изменения в химической структуре, биологическую стерилизацию [163], и, возможно, LENR.

2.VII.2. Результаты использования акустического метода.

Стрингхэм [56, 164] впервые использовал акустический метод, чтобы вызвать реакцию твердых металлов с дейтерием. Недавнее изменение частоты от 20 кГц до >1 МГц улучшило результаты. Было продемонстрировано производство энергии и гелия. Другие исследователи пытались заставить прореагировать материалы, взвешенные (*suspended*) в D₂O [165, 166], используя этот метод. Было заявлено о получении ядерных продуктов [167] и избыточной энергии.

Было сообщено о ряде попыток получить энергию с помощью механически создаваемой кавитации, используя легкую воду [60, 168-171].

Глава 3. Ядерные продукты

3.1. Введение

Если принять утверждения об аномальной энергии, следующим шагом будет определение ее источника. Из-за большой величины и отсутствия явного химического источника, Понс и Флейшманн предположили, что источником энергии было слияние двух дейтронов. Это предположение сразу же принесло им неприятности со стороны физиков, поскольку ожидаемое в таком случае излучение отсутствовало. Была проигнорирована важность ЛЮБОГО источника энергии, имеющего такую величину. Тем не менее, для поддержки гипотезы о ядерном происхождении энергии необходимы наблюдаемые ядерные продукты, которые и были позже найдены.

Обычная реакция синтеза может идти 3 путями, показанными в Таблице 2. Когда синтез происходит при высоких энергиях, как в плазме, каждому пути соответствует указанная доля. Относительная вероятность нейтронного и тритиевого каналов не зависит от энергии, если она больше 20 кэВ, но может быть чувствительна к приложенной энергии при более

низких энергиях [172]. Когда термоядерный синтез происходит в твердых материалах, он немного зависит от химического окружения [74, 173].

Таблица 2

Ядерные реакции, получающиеся при термоядерном синтезе из дейтерия

Реакция	Энергия, МэВ	Доля
$D+D = He^4 + \gamma$	23.9	<0.01
$D+D = \text{тритий} + \text{протон}$	4.03	0.5
$D+D = He^3 + \text{нейтрон}$	3.27	0.5

Первоначально, когда аномальная энергия выделилась в ячейке Флейшманна-Понса, предполагалось, что эти реакции идут с такими же вероятностями. В результате раннее принятие их заявлений основывалось на неудаче в обнаружении значительного излучения нейтронов или производства трития. Это было первой крупной ошибкой, сделанной скептиками.

3.И. Производство гелия

Поиск ядерных продуктов был вознагражден ранним успехом – был найден 4He [174]. Эта работа была отвергнута из-за отсутствия требуемого гамма-излучения, а гелий можно было приписать загрязнению от воздуха [175, 176]. Позднейшие исследования явно поддерживают оригинальную работу Майлса с соавторами. Критика, высказанная Джонсом с соавторами [21], не подтверждается. Очевидно, что гелий является основным ядерным продуктом, когда LENR происходит в присутствии дейтерия. Измеренная зависимость между количеством энергии и количеством гелия (23.8 МэВ/атом He) указывает на реакцию $d+d=He$, поскольку никакие другие ядерные реакции с дейтерием не приводят к 4He с такой высокой энергией. Независимо от механизма эту реакцию называют синтезом.

3.И.1. Ошибки, связанные с производством гелия

Гелий измеряется с помощью масс-спектрометра высокого разрешения. Главная ошибка заключается в вероятности смещения воздуха, который содержит 5.6 ppm 4He , с анализируемым газом. Такое загрязнение можно обнаружить по присутствию в газе аргона, который составляет 0.94% воздуха. Дейтериевый газ (D_2) имеет массу, очень близкую к гелиевой, и может быть помехой, но его обычно химически удаляют до того, как подавать оставшийся газ в масс-спектрометр. Некоторые масс-спектрометры имеют настолько высокое разрешение, что такая очистка не требуется.

Ожидается, что гелий будет располагаться (*to be located*) или в окружающем газе или в твердой структуре. Если гелий выделяется в металлической структуре, его можно удалить только нагреванием металла около его температуры плавления [177], если только гелий не находится очень близко к поверхности. Так как обнаруженный гелий найден в газе, окружающем источник LENR, он вероятнее должен производиться очень близко к поверхности, чем в основном объеме (*bulk*). Это наблюдение позволяет определить местонахождение NAE.

3.П.1. Производство трития

Тритий искали в нескольких лабораториях, и он был впервые найден группой из Texas A&M [178]. Несмотря на неоднократные последующие воспроизведения [179, 180], это доказательство LENR было отвергнуто из-за того, что количество нейтронов было значительно меньше ожидаемого, соотношение n/t было меньше, чем 10^{-6} . В тех случаях, когда выделяется аномальное тепло, тритий обнаруживается редко. Если его находят, его количества никогда не хватает, чтобы объяснить наблюдаемую энергию. Несмотря на то, что тритий не коррелирует с производством энергии, это явно ядерный продукт, который иногда регистрируют, когда используются различные методы получения LENR, и когда присутствуют D или H, а иногда и они оба.

Уилл с соавторами [181] использовал закрытые стеклянные электролитические ячейки, содержащие катализатор, в которые ничего не могло войти или покинуть, пока ток проходил через D_2O . В то же время работала аналогичная ячейка, содержащая H_2O , в которой использовался образец из той же партии палладия. Эти контрольные ячейки никогда не показывали никакого увеличения содержания трития. Анализ показал, что трития было больше в электроде, чем в электролите. Любой тритий, присутствовавший в палладиевом электроде перед опытом, не мог оставаться там долго из-за того, что дейтерий быстро вытесняет тритий из палладия во время электролиза [182]. Похожие образцы палладия из одной партии были проанализированы, и было показано, что они не содержат тритий [183]. Ясно, что тритий не мог появиться из загрязненного палладия, как предполагали некоторые скептики. В действительности, не было предложено вероятного источника трития, который бы мог объяснить эти наблюдения. Кроме того, количество аномального трития значительно превышает чувствительность и погрешность детектора.

В других тщательных исследованиях сообщалось о слишком большом количестве трития, чтобы его можно было отвергнуть как следствие погрешности или загрязнения. Бокрис и его студенты [184] нашли тритий, используя палладиевый катод и D_2O в открытой ячейке. Встряхивание ячейки может остановить образование трития, а увеличение тока (напряжения) в ячейке может повысить скорость образования. Такое поведение не может быть следствием наличия трития до начала опыта или присутствия трития в атмосфере. Медь из экспонированной (*exposed*) проволоки была найдена на катоде после исследования. Считается, что она была представлена в виде дендритов, которые можно было удалить встряхиванием, тем самым прерывая реакцию. Поскольку тритий нельзя было списать на ошибку, были сделаны попытки дискредитировать эту работу предположением о мошенничестве [185], позже было продемонстрировано, что это обвинение ложно [186, 187]. Во многих крупных лабораториях были сделаны сотни воспроизведений, среди этих лабораторий Texas A&M [181], LANL [179, 189], BARC в Индии [190], университеты Японии [191, 192], крупная итальянская лаборатория [193], и это только некоторые примеры. Тритий может быть только результатом поистине уникальной ядерной реакции, этот факт был продемонстрирован еще в 1990 году.

3.П.2 Ошибки, связанные с производством трития

Тритий радиоактивен, он распадается бета-распадом в 3He , его период полураспада равен 12,346 годам [194]. Тритий обычно регистрируют, преобразовывая газ в воду, которую растворяют в органической жидкости, испускающей свет при прохождении через нее бета-частиц. Этот свет регистрируется ФЭУ и представляется в виде энергетического спектра и общего числа событий. Хемилюминесценция, т.е. свет, излучаемый в результате химической реакции, является потенциальным источником ошибки. Эту ошибку можно устранить, подождя некоторое время после добавления преобразованной из газа воды в

чувствительную к радиации жидкость, или путем вакуумной перегонки (*vacuum distilling*) пробы до получения чистой воды, после чего дополнительный свет не выделяется. Также можно напрямую измерить бета-излучение, используя ионизационную камеру или чувствительный электрометр. Количество накопленного ^3He можно измерить как функцию времени, используя масс-спектрометр, и использовать для определения начального содержания трития. Из-за того, что испускаемые бета-частицы едва могут пройти через лист бумаги, требуется специальная конструкция детектора. Хотя регистрируемый тритий присутствует в обычной окружающей среде – наследство от испытаний атомных бомб и от природных источников, его количество там значительно меньше, чем находят в LENR ячейках.

Тритий был получен несколькими разными методами, включая электролиз, газозагрузочный метод и ионную бомбардировку. Во всех случаях успех сильно зависит от используемого материала. Из этих методов наибольшее внимание привлек к себе электролитический метод. К несчастью, электролиз выпаривает (*concentrates*) тритий, который всегда присутствует в технической (*commercial*) D_2O . Следовательно, нужно или использовать закрытую ячейку, содержащую рекомбинирующий катализатор, или, как часто делают, собирать и анализировать отдельно на тритий выделяющийся газ. В некоторых исследованиях была предпринята попытка вычислить увеличение количества трития, ожидаемое при известном коэффициенте разделения (*separation factor*) [195, 196], поправка подробно обсуждается в моей книге [1]. Если используются корректные методы, поправка становится маленькой или незначительной.

3.IV.1. Производство нейтронов

Нейтроны образуются так редко и скорость их производства настолько невелика, что они вообще могут не быть результатом LENR. Был предложен механизм, названный дробным синтезом (*fractofusion*) [197, 198], посредством которого трещины материала могут порождать достаточную разность напряжений и/или температур, чтобы начать локальную реакцию термоядерного синтеза. Было найдено, что даже обычные камни испускают нейтроны, когда ломаются (*are fractured*) [199]. Известно, что подходящие трещины образуются, когда различные металлы, в том числе палладий и титан, образуют гидриды. Следовательно, не следует считать, что энергетические нейтроны всегда являются результатом LENR, поскольку обычные источники также возможны.

Для того, чтобы зарегистрировать излучение нейтронов во время LENR, были предприняты сотни попыток, в большинстве из которых регистрируемое излучение отсутствовало. Исследования Такахаша с соавторами [200, 201] особенно важны, поскольку одновременно с регистрацией нейтронов было замечено выделение избыточной энергии, была определена энергия нейтронов. К электролитическим ячейкам, содержащим палладиевый катод, чередуя, прикладывали большой и небольшой ток, который производил нейтроны с энергиями 2.54 МэВ и 3-7 МэВ, что привело исследователей к мысли о процессе с участием многих тел (*multibody*). Эту идею позже исследовали с помощью ионной бомбардировки [202]. Эти энергии близки к тем, что ожидаются от термоядерного синтеза, поэтому предполагают, что они могут не быть результатом LENR. Приложение чередующихся большого и небольшого токов также может создать трещины, а в них, возможно, дробный синтез.

Мосье-Босс с соавторами [203] использовала пластик CR-39 для регистрации немногих нейтронов, испущенных из ячейки, в которой палладий был размещен (*deposited*) на катоде в D_2O . Исследователи пришли к выводу, что нейтроны могли быть результатом термоядерного D-T синтеза. Предположительно, из реакции термоядерного D-D синтеза получается тритий (T), за чем сразу следует менее вероятная D-T реакция. В процитированной статье приведены

описания других успешных попыток обнаружить нейтроны во время электролиза, сделанной этими же исследователями.

Джонс с соавторами [209] недавно обнаружил нейтронное излучение титана после его взаимодействия с дейтерием, это похоже на предыдущие заявления этой группы [210], предполагающей термоядерный синтез, а не LENR.

3.IV.2. Ошибки, связанные с регистрацией нейтронов

Когда нейтроны проходят в детекторе через газообразные $^{10}\text{BF}_3$ или ^3He , благодаря получающейся ядерной энергии создаются и накапливаются ионы. Из-за того, что полученный импульс напряжения невелик, случайный электрический шум может вызвать ложные импульсы (*counts*). Энергетический спектр можно получить, используя NE213 [211] или литиево-стеклянный сцинтилляционный [212] детектор, который регистрирует гамма-лучи, испускаемые, когда нейтрон взаимодействует с литием внутри детектора. Кроме того, всегда присутствует небольшой нейтронный фон, что приводит к необходимости экранировки, чтобы сделать очень небольшой поток видимым [213-215]. Если поток нейтронов достаточно большой, то излучение распада от наведенной (*induced*) радиоактивности в изотопах некоторых элементах, включая серебро и золото, можно измерить обычными методами и определить полное число набранных (*collected*) нейтронов. Пластик CR-39 отображает прохождение через себя нейтронов, формируя впадины на поверхности, которые с помощью определенных методов можно сделать видимыми. Используя размер, форму и особые отношения (*relationship*) между впадинами, можно оценить тип частицы и ее энергию, хотя и со значительной погрешностью. Все эти методы имеют нижний предел, но метод с CR-39 особенно чувствителен, поскольку в нем можно накапливать нейтронные ямки в течение многих дней. В некоторых исследованиях иногда замечают краткосрочные очень большие всплески [нейтронов]. Эти всплески редко связаны с измеряемым теплом или производством трития. Следовательно, их источник неизвестен, но вряд ли он вызван LENR. Если нейтроны выделялись бы со скоростью, соответствующей производству тепла, то все методы могли бы обеспечить очень точное и недвусмысленное доказательство нейтронного излучения, но, увы, корреляции нет.

3.V.1. Излучение энергетических фотонов

Иногда детекторы низкоэнергетического излучения размещаются на или около активной поверхности во время или после исследования. Время от времени появляются данные о низкоэнергетических рентгеновских лучах различных частот [139, 216-219]. Когда регистрируют энергию, ее иногда можно приписать характерному к-альфа (*k-alpha*) излучению от присутствующих атомов. Иногда излучение возникает в результате радиоактивного распада. Было сообщено о плотно сфокусированных пучках излучения [220] от электролитических ячеек, а также во время ионной бомбардировки [221]. Такое поведение является важным, поскольку показывает, что испускаемое излучение может быть чувствительным к физической ориентации источника, подобно твердотельному лазеру. Детекторы частиц, как например, пластик CR-39 [222-225], размещенные около активной поверхности, иногда свидетельствуют о энергетическом альфа- и протонном излучении [226], а также о энергетических электронах, но не обо всем вместе из одного образца.

Энергия, полученная в любой ядерной реакции, в конце концов, должна или найти свою судьбу в окружающем материале, где она, поглощаясь, преобразуется в тепловую энергию, или выйти в виде энергетического излучения, которое можно зарегистрировать. Энергия, выделяющаяся в результате LENR, очевидно, в основном поглощается устройством. Это неоднозначное свойство, поскольку, хотя оно позволяет вести исследования без опасности

подвергнуться радиации, но затрудняет применение мощного диагностического инструмента – измерения энергии.

3.VI.1. Продукты трансмутации

В последнее время с большим трудом накапливаются данные о ядерных реакциях, отличных от синтеза [227, 228]. Их называют реакциями трансмутации, в них вовлечены элементы тяжелее водорода, к чьим ядрам он добавляется. Было найдено, что подобные реакции происходят во многих средах, включая живые клетки, и при использовании различных методов. Действительно, чем чаще ищут эти реакции, тем больше находят элементов в неожиданных количествах и/или с аномальными изотопными соотношениями. Конечно, некоторые из этих результатов проистекают от неожиданной концентрации обычно встречающихся примесей или от простых ошибок. Некоторые предложенные продукты реакции, очевидно, невозможны, поскольку, чтобы достичь увеличения массы, нужно накопить энергию. Тем не менее, некоторые наблюдаемые продукты, по-видимому, были получены из LENR вместе с образованием энергии. Некоторые из изотопов радиоактивны, но большая часть – нет. Большинство данных основано на использовании электролитического или газоразрядного методов, а также на их комбинации. Неожиданные элементы кажутся результатом многих типов реакций, в том числе синтеза, включающего один или больше изотопов водорода и тяжелое ядро, синтез между двумя различными тяжелыми ядрами, и деление тяжелого ядра, которое обычно не участвует в этом типе реакции. Реакции трансмутации очень трудно объяснить, используя механизмы, выдвинутые к настоящему времени (2012), и трудно исследовать, поскольку необходимые приборы не всегда доступны и дорого стоят.

Майли с соавторами [39, 229] изучал этот процесс достаточно подробно, используя электролиз H_2O . Был найден спектр ядерных продуктов, более высокие концентрации относились к четырем диапазонам масс: 20-30, 50-80, 110-130, и 190-210 [230]. Мизуно с соавторами [13, 231] также подробно исследовал тему, используя в основном электролиты на основе D_2O . После этого исследования на катоде были найдены аномальные изотопные соотношения Hg, Fe и Si. Хотя незначительная часть результатов могла быть следствием загрязнения, этим очень трудно объяснить большую их часть, особенно это касается аномальных изотопных соотношений. Также доступны многие дополнительные отчеты [1, 227].

В некоторых исследованиях выдвигались предположения о том, где эти реакции возникают, и предлагалось некоторое понимание процесса. Соединения, растворенные в электролите, могут осадить свою положительную составляющую на катод, где она может быть преобразована в другой элемент во время электролиза. Например, когда соединения калия используются в электролитах на основе H_2O , формируется кальций [80, 81], хотя количество калия, удерживаемого поверхностью, очень мало. Похожие элементы ждут та же участь и в H_2O [232, 233]. Катоды, сделанные из других металлов, дают более сложный результат [234]. Повторим еще раз, LENR вовлекает элементы, присутствующие там, где происходит процесс, в данных случаях – на поверхности.

Ивамура с соавторами провел особенно убедительное исследование [45]. Он поместил 40 нм палладия на слой CaO, размещенные на массиве (*bulk*) палладия. Небольшое количество различных элементов наносилось на поверхность электролизом или с помощью пара. Когда использовался цезий, и газообразный дейтерий пропускаться через этот «бутерброд», уменьшение количества цезия ($^{55}Cs^{133}$) на поверхности совпало с увеличением количества празеодима ($^{59}Pr^{141}$). Для этой реакции к ядру Cs нужно добавить 4 D. Вдобавок, было найдено небольшое количество $^{57}La^{137}$, который получается, если добавить 2 D. Этот процесс

исследовали в течение некоторого периода времени с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (*XPS*)⁹, не подвергая поверхность воздействию окружающей среды. По-видимому, реакции трансмутации могут происходить путем добавления некоторого числа дейтронов к ядру-мишени как одного события (*as a single event*). Почему трансмутировали только размещенные элементы, а не палладий или кальций? Этот вопрос будет рассмотрен в главе 6.

Были представлены данные о производстве железа во время горения дуги (*arc*ing) между углеродными электродами в H₂O [37, 38, 235, 236]. Этот метод кажется легким в воспроизведении, но может быть сомнительным, если для определения присутствия железа используется только магнит. Палладиевые и золотые катоды также обеспечивают избыточное содержание железа после электролиза в легкой воде [237, 238].

О радиоактивных изотопах, отличных от трития, сообщается редко. Но когда они есть, их присутствие трудно отвергнуть, особенно когда можно измерить их период полураспада и энергию. Поскольку методы обнаружения радиации очень чувствительны, необходимо совсем немного подобного материала, чтобы его присутствие стало совершенно очевидным. Тем не менее, нужно соблюдать осторожность, поскольку некоторые радиоактивные изотопы, в том числе изотопы калия, урана и радона, обычно присутствуют в окружающей среде. Современные детекторы ослабляют эту проблему, делая явным источник излучения.

Буш и Иглтон [239] использовали электролиз для получения смеси радиоактивных изотопов со средним периодом полураспада 3,8 дня. Мизуно с соавторами [159] обнаружил радиоактивный ¹⁹⁷Pt после электромиграции D₂ в твердом оксиде. Нотоя с соавторами [240] сообщил о радиоактивном ²⁴Na в электролитической ячейке, содержащей Na₂CO₃ и H₂O, при использовании никелевого катода. После ионной бомбардировки были также найдены источники гамма-излучения [241, 242]. Ионная бомбардировка урана изотопами водорода повышает скорость излучения [243], как и электролиз урана в H₂O [244]. Можно с уверенностью заключить, что радиоактивные элементы могли быть получены в других исследованиях, но не были обнаружены из-за отсутствия попыток.

Одни из самых удивительных и трудных для понимания наблюдений – это реакции трансмутации в живых клетках. Подобные утверждения были сделаны еще десятки лет назад Кервраном [245], но только в последнее время были проведены достаточно тщательные измерения, чтобы относиться к ним с определенным доверием. Высоцкий с соавторами [68, 246] показал, что ⁵⁵Mn преобразуется в ⁵⁷Fe, когда определенные бактерии выращиваются в D₂O, содержащем MnSO₄. В ходе последующей работы были обнаружены другие аномальные ядерные реакции [71]. Комаки [247, 248] использовал несколько видов дрожжей и бактерий, выращенных в обычной воде, чтобы преобразовать элементы, содержащиеся в их среде в необходимые им, когда эти элементы отсутствовали. Все это расширяет список тех необычных вещей, которые должна объяснить теория, и проверяет способность твоего, читатель, сознания оставаться открытым к новому.

Информация, представленная до сих пор, показывает, что LENR не похож на термоядерный синтез, хотя он производит тепло и иногда ядерные продукты, в том числе в редких случаях радиоактивные изотопы. Это может произойти в нескольких типах материалов при использовании различных методов с участием относительно низкой энергии. Кроме того, как D, так и H могут производить тепло и ядерные продукты.

⁹ Воздействие рентгеновского пучка вызывает излучение рентгеновских лучей, отличающееся в зависимости от исследуемого элемента, таким образом, позволяя определить его тип и количество.

Глава 4. Описания ядерно-активной среды

В этой главе описывается общая концепция, которая, если ее принять, позволит упростить обсуждение и объяснение LENR. Эта концепция означает место или среду, в которой должен работать механизм, приводящий к ядерным реакциям. Следовательно, она должна сформироваться до того, как механизм сможет начать действовать, и она будет ограничивать виды выдвинутых механизмов только правдоподобными. Я называю это условие «ядерно-активной средой» (*nuclear active environment, NAE*). Другими словами, ядерные реакции не происходят и не могут происходить в обычных материалах, для их протекания необходима специальная среда внутри материала. Понимание и принятие этой идеи необходимо для принятия последующего материала.

Идентификацию NAE можно начать с поиска единственного условия, присутствующего во всех успешных исследованиях LENR. Требование согласованности с тем, что нам известно об обычном химическом поведении, может дополнительно ограничить природу этого состояния. Например, известные правила химического поведения ограничивают типы процессов, которые могут возникнуть в атомной структуре. По меньшей мере, ядерный механизм должен быть совместим со всеми этими правилами и не требовать химических или физических изменений, про которые известно, что они не происходят. Другими словами, ядерный механизм не может действовать изолированно, вне зависимости от химической природы его окружения. NAE и ядерный механизм должны работать вместе, чтобы вызвать необходимую ядерную реакцию. Для этого NAE должна иметь структуру, которая позволяет энергии действовать независимо от окружающих атомов, без ограничений на энергетический поток и локальное накопление, налагаемых обычной химией.

Предполагается, что LENR состоит из трех этапов. В первом формируется NAE, во втором атомы водорода входят в NAE, в заключительном третьем этапе эти атомы взаимодействуют, вызывая ядерную реакцию. Каждый из этих этапов, начиная с образования NAE, требует отдельного независимого описания. Независимо от того, как NAE формируется или от ее конечной конфигурации, процесс формирования должен следовать обычному химическому поведению и подчиняться общепринятым законам, управляющим подобными процессами. Первые 2 этапа должны привести к уменьшению энергии Гиббса, и скорость формирования должна управляться энергией активации¹⁰. Кроме того, я подозреваю, что процесс формирования NAE является эндотермическим. Очевидно, что существует предел того, насколько большой может сформироваться NAE. Если бы этого ограничения не было, выделение мощности повышалось бы до разрушения материала. Нужно определить причину этого ограничения. Применение этих требований может помочь отсеять много невозможного.

После того, как NAE сформировалась, скорость, с которой атомы водорода могут входить в NAE, определяется температурой и приложенным давлением водорода (дейтерия). Или,

¹⁰ В обычной химии используется соотношение ($k = A * e^{-\Delta E / RT}$). Его можно использовать и в случае LENR, если “k” – это мощность, вырабатываемая в ядерной реакции, T – это температура в NAE, и ΔE – это энергия активации для формирования NAE или для того, чтобы сделать ионы H⁺ (D⁺) доступными для NAE. При этом предполагается, что во всех процессах, предшествующих ядерной реакции, существует энергетический барьер. Если несколько видов энергетических реакций происходят одновременно, каждую можно описать независимыми уравнениями, имеющими одинаковую форму, но разные энергии активации. Например, неудача в обнаружении трития, несмотря на то, что выделяется гелий, может отчасти происходить из-за того, что реакция производства трития может иметь большую энергию активации, а, следовательно, и более низкую скорость при данных локальных условиях.

точнее, локальная энергия и локальная концентрация водорода (дейтерия) – это самые важные переменные здесь. Они, как ожидается, вызывают эффекты, которые можно предсказать с помощью законов термодинамики.

После того, как NAE создано, как разные переменные факторы будут влиять на выделение мощности? Для рассмотрения были определены 3 главных фактора:

1. Число участков, где могут происходить ядерные реакции, т.е. концентрация NAE.
2. Концентрация H или D в NAE, связанная с приложенным давлением H₂ или D₂.
3. Энергия, доступная в NAE, которая обычно обуславливается температурой. Ожидается, что температура влияет по экспоненциальному закону (*have an exponential effect*), типичному для обычных химических реакций. Эту энергию также можно приложить, используя лазеры или другие источники.

Каждый из методов, используемых для инициирования LENR, зависит от этих факторов по-разному. Например, для электролитического метода относительно низкие температуры неблагоприятны, а высокая концентрация дейтерия выгодна. Напротив, для газозагрузочного метода характерны низкие концентрации водорода, а успеха можно достичь при высоких температурах. В обоих методах концентрация NAE неизвестна и сильно варьируется. Лучший способ увеличить количество энергии – это использовать по максимуму все три фактора. В результате, для LENR не обязательно необходима высокая концентрация H или D, как часто предполагают.

После того, как NAE сформировалась, последующий механизм, действующий на ядерном уровне, может быть очень необычным, но исследователь не может повлиять на эту реакцию. Пытаться повлиять на ядерный процесс все равно, что поджечь запал (т.е. создать NAE), а потом пытаться контролировать скорость взрыва. Количество энергии, создаваемой локально, просто слишком велико для того, чтобы контролировать процесс после того, как он начался. Следовательно, зная, как работает механизм, неважно уже потому, что знание не дает практической способности делать LENR более надежными. Эта догадка будет использована в главе 6, в которой NAE идентифицируется и обсуждается.

Сколько всего типов комбинаций механизмов с NAE (*NAE-mechanism*) существует? Создаются ли все наблюдаемые ядерные продукты из одной комбинации? Исходя из текущего опыта, на эти вопросы трудно ответить, поскольку в каждый метод LENR вовлечены разные химические окружения. Тем не менее, можно ожидать, что настолько редкий и уникальный процесс имеет дело только с небольшим числом различных состояний. Некоторые наблюдения, начиная с Эффекта Флейшманна-Понса, дают нам следующие подсказки о базовой природе NAE:

1. Почти полный уход гелия в газ (*loss of helium to the gas*).
2. Появление трития в электролите предпочтительнее, чем в выделяющемся (*evolving*) газе.
3. Продукты трансмутации располагаются только в поверхностной области.
4. Наличие расплавленных участков на поверхности.
5. Способность вызывать LENR, используя тонкие слои на неактивной (*inert*) подложке.

Какие химические и физические состояния присутствуют в этой области? Многие тщательные анализы подобных поверхностей обнаруживают сложный сплав, содержащий литий, платину, кислород, элементы, появившиеся от контейнера Rutex, и примеси в электролите, причем иногда палладий полностью отсутствует. Похоже, что этот примесный слой необходим для достижения высокой концентрации дейтерия [119], и, возможно, для

создания NAE в целом. Из измерений поверхностного состава следует, что, как можно увидеть на Графике 1, соотношение D/Pd превышает $D/Pd=1.5$, это значительно выше среднего [249]. Таким образом, эти наблюдения показывают, что NAE существует только на поверхности, что это не просто чистый PdD, и что соотношение D/Pd слишком велико, чтобы β -PdD был единственным присутствующим материалом. Поэтому модель, основанную на том, что NAE – это чистый PdD, нужно отвергнуть.

Дейтерий непрерывно уходит из этого слоя через трещины, вызывая внутри него устойчивый, но неоднородный поток дейтронов [110]. Еще больше осложняет интерпретацию то, что исследование с помощью сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения (*high-resolution SEM*) выявляет сложную морфологию, состоящую из дендритов, трещин, хорошо сформированных кристаллических структур с выделенной ориентацией, и очень неравномерную топологию [106, 250-253]. Осаждение палладия с использованием так называемого процесса соосаждения (*codeposition*), создает даже большую сложность. Неизвестно, где в этом истерзанном ландшафте расположена NAE, но она должна иметь очень маленький размер, поскольку все детали такой поверхности очень малы. Ожидается, что наблюдаемая энергия вырабатывается в сразу многих активных центрах, причем каждый центр действует независимо от других. Этот тип поведения ясно виден на инфракрасных изображениях, сделанных Шпаком с соавторами [222, 254], показавших случайные вспышки от внезапного локального нагрева-охлаждения в случайных местах. Затемнение фотопленки, размещенной напротив активного материала, показывает, что тритий также вырабатывается только в случайных участках, очень близких к поверхности. Мосье-Босс с соавторами [222] нашла этот эффект после гальванизации (*electroplating*) Pd в D₂O, и Санкаранараянан с соавторами [85] наблюдал то же поведение при насыщении (*loading*) и освобождении (*deloading*) никелевой проволоки от H₂. В других исследованиях производился тритий, который регистрировали, используя автордиографию, но мы не можем быть уверены, что LENR является единственной причиной, когда используемое напряжение разрядов достаточно велико, чтобы вызвать термоядерный синтез [255, 256]. Исходя из этих наблюдений, мы можем заключить, что NAE имеет очень маленький размер, и она неравномерно распределена в пределах сложной поверхности. Предположительно, наблюдаемое плавление может происходить там, где концентрация NAE особенно велика.

Арата [257] и Кейс [43] акцентировали внимание на важности маленького размера частиц. Эта идея была доведена до предела в попытке разместить несколько атомов палладия в маленькой атомной клетке (*cage*), присутствующей в цеолите [258], но без явного успеха. Арата [125, 259] предложил создавать наночастицы палладия окислением сплава Pd+Zr. Разбавленный (*dilute*) сплав Pd-Zr, который остается в конечной матрице ZrO₂, кажется, создает небольшое число LENR [260, 261], но недостаточно, чтобы определять маленький размер металлических частиц как единственное важное условие. Кейс использовал материал [43], который является типичным химическим катализатором, состоящий из наночастиц палладия на угле, но он не работал до тех пор, пока не использовали особый уголь, и материал не подвергли особой обработке. Мои многочисленные попытки наносить высокодисперсный (*finely divided*) Pd на различные материалы, включая уголь, чтобы вызвать прогнозируемые LENR, провалились. Очевидно, что размер палладиевых частиц – это не единственный важный фактор при использовании этого метода. В конце концов, в любой попытке создать частицы наноразмера обычно получается широкий диапазон размеров, некоторые из которых подходят для запуска LENR и получения обнаруживаемой энергии, если размер – это единственное важное условие. Хотя маленький размер полезен, возможно, из-за увеличения площади поверхности, общий опыт показывает, что это не единственное важное условие.

Просто заставляя дейтерий диффундировать через палладий или другие материалы, по-видимому, можно инициировать низкоинтенсивные LENR. Ивamura с соавторами [262] пропускал дейтерий через чередующиеся слои оксида кальция (CaO) и Pd. Присутствие CaO было необходимо, чтобы трансмутации происходили на поверхности, на которой были осаждены разные элементы. Поведение во время этого исследования указывает на даже более сложный процесс, поскольку слои CaO находились на 400Å от поверхности, где происходили трансмутации. Создал ли CaO особый вид [частиц], которые диффундировали через Pd, не взаимодействуя, только чтобы заставить трансмутировать размещенные на поверхности элементы? Или это механическое или электронное усилие, вызванное CaO, заставило NAE сформироваться на поверхности? По контрасту, Лиу с соавторами [263] и Бибериану и Арманету [264] удалось добиться LENR простой диффузией D через чистый Pd. Возможные общие особенности этих исследований будут описаны в главе 6.

Какие основные выводы следуют из всего этого? Хотя это неполный ответ, можно условно принять некоторые общие выводы и использовать их для оценки предложенных механизмов:

1. LENR не происходят в β -PdD, а для того, чтобы они могли происходить, необходимо формирование особенной NAE.
2. Формирование NAE подчиняется правилам, известным по отношению к материалам.
3. Механизм, вызывающий ядерное взаимодействие, происходит только в NAE и тесно связан с природой NAE.
4. Все LENR происходят в результате подобной комбинации NAE и механизма.
5. Комбинация NAE-механизм должна согласоваться с тем, что мы знаем о поведении материалов.

В следующей главе эти выводы будут применяться к предложенным объяснениям.

Глава 5. Теория

5.1. Введение

Были предприняты сотни попыток объяснить эффект LENR, но ни одна теория не показала, как сделать его более воспроизводимым и надежным, и ни одна теория не получила признание за пределами отдельной группы. Тем не менее, некоторые из опубликованных объяснений будут обсуждаться ниже, чтобы дать вам понимание изучаемых подходов и их ограничения. Вместо того, чтобы описывать каждую теорию, применим общие принципы, чтобы показать, как можно оценить похожие подходы. К процессу создания применяются 2 очень разные подхода. Один подход предполагает, что спонтанные ядерные реакции могут происходить в обычной решетке или на поверхности обычного материала просто потому, что концентрация дейтерия достигла критического значения. Другой подход, который я стараюсь поддерживать, предполагает, что перед тем, как LENR сможет произойти, необходимо значительное и наблюдаемое изменение, и оно приводит к новой среде, в которой происходят ядерные реакции. Эта необычная среда позволяет избежать противоречий с тем, что известно о поведении обычных материалов, и это согласуется с тем, какое, по-видимому, это явление редкое и локализованное, как объяснено в предыдущих главах¹¹.

¹¹ Если посмотреть со стороны, эти 2 разные подхода к поиску объяснения отражают базовые отличия в том, как разные ветви науки смотрят на Природу. Люди, обученные физике, фокусируются на механизмах, в то время как изучавшие химию склонны фокусироваться на среде и условиях. Феномен LENR требует свадьбы между этими двумя областями знания, чего еще не произошло. Обычно отвержение наблюдений – это следствие того, что механизм нельзя представить, исходя из

Первый подход имеет фундаментальное ограничение, как было показано в предыдущей главе, но мы повторим здесь аргументацию, акцентируя на ней внимание. Обычные материалы состоят из атомов, расположенных в характерных кристаллических структурах, форма которых определена энергией электронов, связанных с атомами, и тепловой энергией, влияющей на кристаллы. Эти энергии нельзя изменить без изменения структуры, или, если достаточно их увеличить, без плавления. Электроны в стабильных химических системах не могут и не перескакивают спонтанно с одного энергетического уровня на другой, если не прикладывать извне энергию, или если изменение условий не сделает структуру нестабильной. При обычно используемых условиях металлы, такие как палладий или никель, и соединения, такие как PdD – стабильные химические системы. Даже если происходит спонтанное изменение из-за неожиданного высвобождения внутренней энергии, известно, что эта ограниченная величина не вызывает ядерные реакции в обычных материалах¹². Эта концепция настолько основополагающая, что ее нельзя игнорировать без четко сформулированных и продемонстрированных причин. Действительно, роль энергии в материалах настолько важна и хорошо понимаема, что аргументы, основанные на квантовой механике, или любое предполагаемое увеличение энергии должны быть совместимы с ее поведением. Давайте посмотрим, удовлетворяются ли эти требования в различных предложенных механизмах.

5. II. Общее обсуждение

5. II.1 Роль нейтронов

Очевидно, что если нейтроны участвовали бы в ядерном механизме, кулоновский барьер не был бы проблемой. Исходя из этого, некоторые люди предложили источник нейтронов, потенциально способных участвовать в реакции (*reactive*). Эти нейтроны, как полагают, были с самого начала представлены в материале в виде стабильных кластеров [265] или в виде стабильных полинейтронов [266], освобождающихся из этого стабильного состояния путем некоторого механизма. Не существует прямых доказательств существования или высвобождения (*released*) в обычном материале захваченных (*trapped*) нейтронов, ни для кластеров, ни для полинейтронов. Действительно, если бы время от времени присутствовало достаточно нейтронов, чтобы поддержать иногда наблюдающиеся большие скорости реакции, их присутствие было бы очевидно из их влияния на плотность подобных хранилищ, чего не было обнаружено. Кроме того, уже та идея, что нейтроны или полинейтроны могли бы остаться в палладии или в другом материале после химической очистки, требует неправдоподобных предположений. Тем не менее, некоторые наблюдения согласуются с редким и низкоинтенсивным ядерным процессом, вызванным тем, что может быть полинейтронами.

С другой стороны, была выдвинута идея о том, что нейтроны получаются [181, 267-269] путем взаимодействия электрона с протоном, что требует присутствия 0.76 MeV во время и в

принятой в настоящее время теории. Успешное понимание случится только после того, как произойдет отказ от традиционных механизмов, и к соответствующему типу материала будет применен новый механизм.

¹² Вот пример поведения обычного материала: палладий плавится, если приложить к каждому его атому больше чем 0.17 eV. Этого количества локальной энергии недостаточно, чтобы вызвать ядерную реакцию. В любом процессе генерации энергии, идущем в решетке из атомов палладия, накопление энергии прекратится, когда локальное количество энергии достигнет этого уровня, так как связи будут разрушены и начнется плавление. В результате, энергия от предполагаемого энергонакапливающего процесса будет поглощаться, и область, в которой работает этот механизм, будет разрушена.

месте реакции. Поскольку эта идея получила широкое внимание, необходимо ее полностью понять. Она ошибочна, поскольку требует, чтобы энергия, достаточная для создания нейтрона, была сконцентрирована в химической среде в одном месте. Энергия – это реальная и фундаментальная величина, которая не накапливается спонтанно. Для того, чтобы эта энергия сконцентрировалась в электроны или протоне, она должна быть извлечена из среды, в которой средняя энергия значительно меньше, чем 1 eV. Следовательно, пакеты энергии должны спонтанно находиться и добавляться к отдельным электронам, в которых накапливаемая энергия должна сохраняться. Как это сделать? Электрон – это фундаментальная частица, которая не может накапливать энергию [покоя]. Если бы она могла, ее масса покоя не была бы постоянной, и ТВ не мог бы работать. Возможно, энергию можно накопить в другом процессе. Известно, что частицы накапливают энергию в виде увеличения массы, если добавить достаточно энергии, чтобы ускорить их до околосветовой скорости. Путешествие с этой скоростью в решетке, населенной многими электронами и ядрами кажется невероятным¹³. Итак, нас просят представить электрон, способный проникать через собрание атомов на околосветовой скорости, накапливающий энергию из окружающих электрических полей, не теряющий этой энергии до взаимодействия с протоном. Именованное это слабым взаимодействием, введение концепции плазмонов, или идея о супертяжелых электронах не дает ни подтверждения [этой идее], ни понимания того, как этот процесс может действительно работать¹⁴. Пока не доказано, что этот процесс действительно происходит, а не просто предполагается возможным, формирование нейтрона – неправдоподобное объяснение LENR. Действительно, когда электронам придают необходимую энергию, и их заставляют бомбардировать материал, содержащий p или d, регистрируется очень небольшое количество нейтронов, если вообще регистрируется. Кроме того, если такие перемещение и концентрация энергии в электроны возможны в твердых материалах, можно ожидать наблюдаемых химических эффектов еще до того, как из электрона сможет получиться нейтрон.

Кроме того, если присутствуют нейтроны из любого источника, можно ожидать излучения от их собственного обычного бета-распада и гамма-излучения от их взаимодействия с различными ядрами, но этого не обнаружили. К тому же, различные ядерные продукты нельзя объяснить только нейтронным взаимодействием, поскольку эта реакция создает новый изотоп, а не новый элемент. Последующий радиоактивный распад необходим, чтобы создать наблюдаемые элементы, но он не был найден. Следовательно, хотя этот механизм привлек некоторое внимание, он не согласуется ни с тем, как LENR ведет себя, ни с традиционной наукой.

С другой стороны, многие люди думали о том, что случится, если электрон сможет подойти достаточно близко к ядру, чтобы сформировать то, что они называют «виртуальным нейтроном». В этом случае электрон может обеспечить достаточное экранирование для протона или дейтрона, чтобы войти в ядро без неправдоподобного создания реального нейтрона. Миллс [270] обеспечил теоретическую основу, позволяющую электрону близко подойти к ядру с образованием так называемого Гидрино (*Hydrino*). Дюфур с соавторами [271, 272] предложил структуру, названную Гидрексом (*Hydrex*), в которой множество электронов и фотонов группируется вместе в стабильное скопление, которое может понизить

¹³ Электроны с такой энергией имеют очень небольшой радиус действия (*range*) в палладии, поскольку их энергия теряется в окружающем материале на генерацию рентгеновского излучения [271]. Это означает, что загадочный перенос энергии должен происходить на невероятно высокой скорости, и протон должен быть найден в доле микрона после того, как эта энергия была приобретена, и без генерации рентгеновского излучения, которое не наблюдается.

¹⁴ Подобное ненормальное распределение энергии противоречит хорошо известному распределению Больцмана и Второму закону термодинамики.

кулоновский барьер. Формирование Ридберговской или ВЕС- структур можно рассматривать как варианты этого подхода. Подобные вариации псевдодейтронных структур, по-видимому, заслуживают изучения. Тип комбинаций NAE-механизм, требуемый для формирования и вовлечения в LENR подобных структур, не был идентифицирован, но будет рассмотрен в главе 6.

5.11.2 Роль фононов

Фонон – это псевдочастица, используемая для описания того, как энергия взаимодействует или передается между атомами или электронами в конденсированных средах. Эта энергия существует в виде колебаний атомов или электронов, расположенных в материале, и связана с температурой. Предполагается, что эти колебания вызывают сближение некоторых атомов друг с другом на расстояние ядерной реакции (сильное взаимодействие) [273-276] или накопление энергии в ядре [277], из-за чего ядро становится нестабильным. Основное предположение – энергия колебаний фокусируется в одном ядре и не влияет на общие химические связи между окружающими атомами. После того, как происходит ядерная реакция, предполагается, что фононы сообщают высвободившуюся энергию окружающим атомам. Помимо сложной задачи показать, что фононы имеют необходимые свойства и энергию, чтобы выполнять необходимую работу, нужно избежать логических несоответствий и показать, как избегается взаимодействие с химическими связями.

5.11.3 Роль корпускулярно-волнового превращения

Чаббс [278] предположил, что дейтрон при надлежащих условиях может превратиться в волну. В таком виде он может взаимодействовать с другой дейтронной волной без прямого вовлечения кулоновского барьера. Это взаимодействие быстро формирует гелиевую волну, которая медленно превращается в частицу гелия, теряя маленькие кванты энергии в окружающую решетку. Эта модель решает некоторые проблемы, но она не объясняет, как производятся продукты трансмутации, или какие уникальные свойства решетки способствуют корпускулярно-волновому превращению. Просто иметь периодическую решетку атомов, как предлагается, недостаточно, поскольку это универсальное состояние существует во всех материалах, в то время как ядерные реакции редки и локализованы в особых областях. Тем не менее, этот общий подход может быть применен к особенной NAE, как обсуждается в главе 6.

5.11.4. Роль «странных» частиц

Были выдвинуты объяснения, основанные на необычных частицах, таких как эрзион [279], NATTON [280], частицы с дробным зарядом [281], массивные отрицательные частицы [282], и супертяжелые ядра [266]. В то время как некоторые из этих частиц, по-видимому, существуют в Природе, не было объяснено, как любая из них может вызвать весь диапазон явлений, связанных с LENR.

5.11.5 Роль туннелирования или увеличения сечения

Процесс, называемый туннелированием, используется, когда кажется, что реакция требует ненормально маленькое количество энергии по сравнению с ожидаемым количеством. Конечно, эта идея предполагает, что полное (ожидаемое) количество энергии при используемых условиях точно известно. Вместо использования метафоры туннелирования, неожиданно большую скорость иногда описывают как результат повышения сечения. В любом случае, ожидаемая энергия или сечение должны быть обоснованы не только тем, что, по-видимому, требуется меньше энергии. Например, ожидаемое поведение LENR при

различных условиях основано на модели, полученной с помощью процесса термоядерного синтеза. Скорость реакции типа термоядерного синтеза измеряют как функцию приложенной энергии, и результирующее поведение связано с предполагаемым расстоянием между атомами дейтерия. Применение этого подхода к LENR может быть справедливым, только если LENR вызывается тем же механизмом, что весьма неправдоподобно. Кроме того, модель туннелирования не учитывает, как высвобождаемая энергия может рассеиваться без создания энергетического излучения. Тем не менее, ранние теоретики, в том числе Препарата [283] и Чапек [284], а за ними и многие другие, использовали этот подход.

Была выдвинута идея, что источник экранирующих электронов находится между двумя материалами, имеющими разные работы выхода, это так называемая теория плавающих электронов [285-287]. Предполагается, что эти электроны снимают кулоновский барьер и объясняют сделанные Майли [288, 289] наблюдения трансмутации. К сожалению, эта теория игнорирует, как необходимое количество протонов может войти в доступные в образце ядра без создания радиоактивных изотопов, которые редко регистрируются. Майли с соавторами [290] попытался избежать этой проблемы, создав другую. Его механизм включает в себя формирование супер-ядра $^{306}\text{X}_{126}$ из большого скопления H и D. Затем эта структура испытывает различные реакции деления. Предполагается, что скопление образуется из локальных островков ультраплотного водорода [292], формирующихся в Ридберго-подобных (*Rydberg-like*) процессах [291]. Почему так много дейтронов спонтанно образуют скопление в решетке, нарушая законы термодинамики, не объясняется.

5.П.6. Роль слияния нескольких тел и конденсата Бозе-Эйнштейна

Слияние нескольких тел было впервые предложено Такахаши с соавторами [200], который пришел к этой модели, используя энергетический спектр нескольких нейтронов, испущенных из электролитической ячейки. Позднейшие исследования использовали ионную бомбардировку, совместимую с моделью [293], в которой предлагается, что нейтроны могут быть результатом реакции типа термоядерного синтеза. Ивamuра с соавторами [45] привел доказательства одновременного вхождения 4 дейтронов в ядро, что дало дополнительную поддержку модели нескольких тел. Формирование таких кластеров [294] решает множество проблем, не последней из которых является способ освобождения импульса после синтеза без испускания гамма-лучей. В этом случае, энергия передается (*deposited*) решетке несколькими энергетическими альфа-частицами и непрореагировавшими (*un-reacted*) дейтронами, вылетевшими из кластера. Такие выбросы были бы очевидными [295], если бы кластер не был бы неправдоподобно большим.

Ким [296, 297] обосновал формирование кластеров, назвав их конденсатом Бозе-Эйнштейна (*Bose-Einstein Condensate*, BEC) [298, 299]. Он предположил, что этот тип структуры способен формироваться на поверхности очень маленьких частиц PdD. Как правило, BEC наблюдается только около абсолютного нуля, поскольку энергия связи (*bonding energy*) слишком мала, чтобы эта структура выживала при более высоких температурах. Формирование BEC при температурах, используемых для инициирования LENR, было бы чудом, даже без такого следствия как LENR.

5.П.7. Теория Росси и Пиантелли

Пиантелли с соавторами [76-78, 135, 136, 300-305] в серии статей описал, как получают энергию, излучение и трансмутация, когда трубки, сделанные из Ni-Cr, размещаются в H₂ после обширной обработки. Предполагается, что процесс вовлекает в себя кластеры никеля на поверхности, которые взаимодействуют с ионами H, растворенными в металле, вызывая

преобразование никеля в медь, когда металл нагревается выше 350° С. Авторы предлагают механизм и обоснование для этой реакции.

Росси [137] увеличил количество энергии по сравнению с тем, что получил Пиантелли с соавторами, используя специально подготовленный никелевый порошок и предполагая тот же источник энергии. Кроме того, Росси [79] верит, что позитроны происходят от распада получающихся изотопов меди, и они создают аннигиляционное излучение 0.511 MeV, которое поглощается свинцовой защитой, нагревая устройство. Нет никаких доказательств в поддержку этого утверждения.

Описания процесса, предложенные до сих пор, нельзя рассматривать как теорию. Предложенные процессы ни согласуются с тем, что наблюдается, ни являются правдоподобными с учетом требований, описанных в этом руководстве. Прежде всего, NAE не идентифицирована. Во-вторых, трансмутация не может быть источником значительного количества энергии, даже если можно преодолеть кулоновский барьер. Как только ядро Ni трансмутировалось, производство энергии может продолжаться только в этом месте, если другой H или D добавляется к фиксированной цели. Такой процесс будет в конечном итоге производить радиоактивные изотопы, но их до сих пор не нашли. Кроме того, количество энергии, высвобождающееся в каждой реакции трансмутации, мало и требует большой скорости реакции, чтобы объяснить измеренную энергию¹⁵, а также многих активных центров. Объяснить, как такое большое количество центров может сформироваться в обычном материале, это проблема, которая до сих пор не решена.

Глава 6. Предлагаемое объяснение LENR

В предыдущих главах обсуждались требования, которым должна удовлетворять теория, данные, нуждающиеся в объяснении, и недостатки некоторых объяснений. Текущая задача – выдвинуть модель, удовлетворяющую всем этим требованиям и условиям. Основное предположение, принятое ранее, заключается в том, что везде представлена одна и та же NAE, независимо от метода или используемых материалов, хотя она может формироваться разными путями. Кроме того, эта NAE должна быть совместима с известными свойствами твердых материалов. Было выдвинуто несколько примеров правдоподобных NAE, состоящих из Ридберговской материи [306, 307], наноструктур [308-310], алмазоподобных (*diamondoid*) или цеолитовых молекул [311, 312] или трещин [120, 313, 314]. Каждая из них возникает в разных химических окружениях. NAE также может быть там, где могут образовываться гидрино [315]. Механизм, действующий в каждой среде, должен быть совместим с ней. В результате, полная теория должна иметь дело с комбинацией NAE-механизм, а не только с NAE или механизмом поодиночке. Используем главные особенности вероятной NAE, чтобы начать поиск. Целью будет отбросить большинство сред, применяя эти требования, и сфокусироваться на тех, что останутся. Среды, оставшиеся после этого отбора, затем будут проверены на соответствие с предложенными механизмами, чтобы определить, какая комбинация согласуется с большинством наблюдений.

¹⁵ Реакция $Ni^{62}+p = Cu^{63}$ производит 5.6 MeV/событие. Чтобы выработать 1 кВт мощности, эта реакция должна происходить 1015 раз в секунду или производить 8 мг меди в день. Если вырабатывать 10 кВт в течение 6 месяцев, то получится 15 грамм меди, что означает трансмутацию значительной и невероятной доли порошка никеля во время предполагаемого срока службы e-Cat.

Были предложены 4 различных типа сред:

- (1) Нормальное расположения атомов и электронов, которые создают кристаллическую структуру, так называемый массив атомов (*bulk atoms*). Пример такой среды – кубический PdD, как чистый, так и с примесями.
- (2) Необычное расположение атомов, обычно не представленное [в материале]. Разновидностями такого окружения являются ВЕС-структура, Ридберговская материя и конструкция из углеродных нанотрубок.
- (3) Область взаимодействия между 2 различными структурами, имеющими разные энергии или концентрации электронов. Примеры – 2 различные кристаллические структуры, соприкасающиеся поверхностями, или контакт между 2 различными фазами, включая контакт между газом и твердым телом или между жидкостью и твердым телом. Поскольку такая среда будет чувствительна к энергии и концентрации поверхностных электронов, они могут быть увеличены электролитическим воздействием (*electrolytic action*) или лазерным излучением, приложенным к доступной поверхности.
- (4) Отсутствие материала, такое как трещины, щели или пустоты в структурах. Углеродные нанотрубки или трещины напряжения в твердых телах – вероятные примеры. Размеры и форма подобной структуры будет определять ее поведение.

Было выдвинуто предположение об участии частиц наноподобных размеров, но в этом обсуждении они не рассматриваются в качестве особенной среды. Такие наночастицы используются для [объяснения] LENR, по меньшей мере, из-за размера, отличаясь от обычного материала только тем, что они имеют большую площадь поверхности, что создает большую область взаимодействия (*large interface*), и относит их к категории (3). Если их размер действительно маленький (субмикронный), они уже не взаимодействуют как обычный материал, и их относят к категории (2).

Все предложенные варианты местоположения рассматриваются ниже с учетом предыдущих категорий.

- (1) Обычный материал: Как объяснялось в главе 4, если гелий и тритий создаются в правильной решетке, этот процесс должен происходить в несколько микронах от поверхности катода, чтобы их выход из материала был совместим с наблюдениями. Но эта область – не чистый PdD, а сложный сплав со свойствами, весьма отличными от PdD. Следовательно, любая модель, использующая свойства чистого PdD, не согласуется с реальностью. К сожалению, это не единственный недостаток, возникающий при помещении LENR в основной (*bulk*) материал. Как объяснялось в предыдущих главах, электроны в стабильных материалах имеют относительно фиксированную энергию и их отношение друг к другу контролируется тем, как атомы расположены в решетке. Можно ожидать, что любое достаточно значительное, чтобы вызвать LENR, изменение будет конфликтовать с этой ранее существовавшей структурой. Этот вывод основан на том, что известно о поведении металлов в широком диапазоне условий. Почему LENR должен быть исключением, нужно обосновывать лучше, чем было сделано до сих пор.
- (2) Необычный материал: Рост новой структуры должен подчиняться правилам, которые относятся к любому химическому процессу. Новая структура может формироваться только тогда, когда процесс уменьшает энергию Гиббса. Кроме того, скорость образования будет определяться энергией активации, причем если последняя будет достаточно большой, то будет предотвращать формирование за разумное время заметного количества продукта. После того, как материал начал формироваться, его количество будет возрастать с относительно фиксированной скоростью.

Следовательно, скорость, с которой протекает LENR, определяемая количеством активного материала, будет возрастать по мере формирования новых структур. Неограниченное возрастание не наблюдалось. Фактически, быстрое формирование активной структуры, по-видимому, происходит до тех пор, пока не достигается стабильная концентрация, что означает, что другой процесс должен вмешаться, чтобы ограничить образование дополнительных NAE. Тем не менее, неконтролируемая реакция может произойти из-за того, что температура, как ожидается, будет производить положительную обратную связь. Приемлемая теория должна объяснить, как эти процессы работают, этого не было сделано до сих пор.

- (3) Область взаимодействия (*interface*): Величина доступной на поверхности энергии или разность потенциалов, создаваемая в результате контакта 2 материалов, могут быть измерены с помощью работы выхода или сверхпотенциала (*over-potential*), когда используется электролиз. Такие измерения не выявляют наличия достаточной энергии или напряжения, чтобы непосредственно вызвать ядерную реакцию. Можно вообразить сосредоточение энергии от резонансного процесса, но этот процесс страдает от такого же серьезного ограничения, что и (1), т.е. величина локальной энергии должна быть ограничена взаимодействием со многими атомами и электронами среды.
- (4) Трещины: Большинство металлов образуют трещины разных размеров, когда взаимодействуют с водородом, при этом напряжение создается увеличенным размером решетки, а затем ослабляется. Число трещин имеет предел, определяемый обработкой и материалом. Кроме того, в большинстве материалов, если только не проявлять большую осторожность при их получении, содержится фиксированное число маленьких пустот. Трещины и пустоты могут быть местом резонансного процесса, если они имеют подходящий размер, содержат атомы водорода и закрыты на обоих концах. Ранние предположения о том, что трещины являются NAE, были проигнорированы, поскольку формирование трещин в PdD позволяет D₂ покидать электролизный катод, тем самым снижая соотношение D/Pd и скорость LENR. Эта проблема не относится к газозагрузочному методу, и возможно, не ко всем трещинам, образующимся на электроде.

Если учесть все наблюдения и требования, какая черта является общей для них всех? Единственные универсальные особенности – это трещины, щели и структуры типа нанотрубок, как уже было предложено некоторыми людьми [314, 316-318]. Хотя эта среда расположена в обычной химической структуре, можно предложить, что она поддерживает реакции, в которых нет взаимодействия с окружающими атомами и которые не будут ограничены в плотности энергии, навязываемой обычной решеткой. Какой механизм может вызывать в такой среде любой тип ядерной реакции и что будет результатом? Поиск ответа описан в следующем разделе.

6.1. Предполагаемый процесс, вызывающий LENR

Для того, чтобы поиск оказался успешным, нужно следовать за рядом, возможно, сомнительных подсказок, расположенных в правильной логической последовательности. Первая зацепка в этом поиске – это тритий и то, как он может образовываться. Поскольку он, по-видимому, формируется в той же части материала, что и гелий, и при этом не вырабатывается никакого регистрируемого излучения, типичного для термоядерного синтеза, можно предположить, что тритий и гелий происходят от одного общего механизма и NAE. Поскольку процесс термоядерного синтеза исключается, и тритий, по-видимому, вырабатывается, когда оба – и H и D – присутствуют, логично, что источником мог бы быть синтез, включающий H и D. Но из этой реакции получается He³, как впервые предположил Швингер в 1990 [321]. Такое прямое формирование можно исключить, поскольку количество

обнаруженного He^3 совместимо только с тем, что ожидается от распада трития, что означает, что тритий образуется до He^3 . Тритий может образоваться, только если электрон поглощается в реакции синтеза и впоследствии выбрасывается в обычном бета-распаде. Если поглощение электрона идет во всех случаях, независимо от вовлеченных изотопов, тогда можно предсказать реакции, перечисленные в таблице 3.

Таблица 3
Предсказанные ядерные реакции с участием изотопов водорода

$D + D + e = H^4 = He^4 + e$	$Q = < 23.8 \text{ МэВ}$
$D + H + e = T = He^3 + e (18.6 \text{ кэВ})$	$Q = 4.9 \text{ МэВ} (T = \text{тритий} = H^3)$
$H + H + e = D$	$Q = 1.4 \text{ МэВ}$
$D + T + e = H^5 = He^4 + n + e$	$Q = < 18.1 \text{ МэВ}$
$H + T + e = H^4 = He^4 + e$	$Q = < 20.4 \text{ МэВ}$

Во всех случаях, кроме тритиевого, выброс электрона из ядра продукта будет слишком быстрым, чтобы измерить его. Кроме того, как и в случае с тритием, энергия этого бета-распада будет слишком мала для легкой регистрации. Фактически, если бы не медленная скорость распада трития, это предполагаемое добавление электрона нельзя было бы наблюдать, и оно могло бы быть проигнорировано. Принимая эту подсказку, можно представить общий характер реакций синтеза, что делает многие наблюдения более легкими для понимания. Кроме того, можно оценить предполагаемый механизм, поскольку он должен быть в состоянии добавить электрон в правдоподобном процессе во время реакции синтеза.

Перед тем, как перейти к следующей подсказке, давайте посмотрим, может ли предложенный процесс помочь объяснить наблюдаемое поведение. Во-первых, теперь имеет смысл присутствие небольшого числа нейтронов, когда вырабатывается тритий. Когда он накапливается, может произойти реакция $T+D+e$ синтеза, что приводит к очень небольшому, но переменному потоку нейтронов. Поддержку этой реакции обеспечила Мосье-Босс с соавторами [203], использовавшая детекторы CR-39. Во-вторых, ожидаемую энергию от каждой реакции (Q) можно использовать, чтобы объяснить часть поведения¹⁶. Отметим, что энергия от реакции $H+H+e$ синтеза намного меньше, чем от реакции $D+D+e$. Следовательно, второй реакции требуется гораздо больше участков NAE, чтобы получить то же количество регистрируемой мощности по сравнению с тем случаем, когда используется дейтерий, из чего следует, что реакцию $D+D+e$ легче обнаружить. Следовательно, неспособность обнаружить тепло, когда в качестве контрольного теста используется водород, означает только то, что присутствует слишком мало NAE, чтобы выработать достаточно энергии для обнаружения. Таким же образом можно понять утверждения об избыточной мощности, сделанные Флейшманном и Понсом во время их контрольных испытаний с H_2O . Более того, легкая вода, по-видимому, оказывает пагубное влияние, просто уменьшая величину мощности по сравнению с тем случаем, когда используется D_2O , не останавливая полностью LENR. В-третьих, слабое бета-излучение может вызывать тормозное излучение низкой интенсивности, которое иногда находят. Уже одна зацепка открывает окно на широкое представление о процессе и позволяет увидеть некоторые другие зацепки.

¹⁶ Влияние образования нейтрино при добавлении и потере электрона игнорируется. Тем не менее, оно может уменьшить количество измеряемой энергии на некоторое неизвестное значение, поскольку энергия, добавляемая к нейтрино, не преобразуется в измеряемое тепло.

Какие типы механизма и NAE могли бы быть совместимы с выработкой трития? Чтобы не было регистрируемого излучения, энергия, выделяющаяся в ядерной реакции, должна или вовлекать многие атомы, излучающие с одного участка, каждый из которых несет маленькую долю энергии, или энергия должна высвободиться в течение некоторого времени со многими фотонами (рентгеновским излучением) или фононами, рассеивающими энергию на окружающие атомы. Первая возможность требует большого скопления атомов, что слишком неправдоподобно. С другой стороны, резонансный процесс может обеспечить медленное высвобождение энергии. Можно представить, что этот процесс вовлекает ядра водорода (таблица 3) с экранирующим электроном между собой, который оказывается поглощенным в конечном продукте. Очевидно, что отношение между ядром и промежуточным электроном необычно. Синха и Мюленберг [319] предложили структуру, называемую Локон (*Lochon*). Ким и Уорд [320] предположили резонансный процесс между дейтронами в ВЕС, когда он формируется на поверхности наночастицы PdD. Трещина или нанотрубка также могут поддержать резонансный процесс, но, в этом случае, вдоль своей оси. После того, как эта струна из ядер и электронов начинает резонировать, ожидается, что масса содержащихся ядер и размеры этой структуры определяют частоту излучаемых фотонов. В результате фотоны (рентгеновское излучение) будут генерироваться по мере того, как масса превращается в энергию, и расстояние между ядрами приближается к тому, что требуется сильному взаимодействию, чтобы завершить процесс синтеза. Хотя детали этого предполагаемого процесса здесь не рассматриваются, в таблице 3 приведены ожидаемые ядерные продукты, а в следующем разделе есть список проверяемых предсказаний.

Какие доказательства можно привести в поддержку этого предположения? Во-первых, можно ли использовать трещины, образующиеся в материалах? Хорошо известно, что PdD формирует трещины [322, 323]. Титан, другой удачный металл, легко растрескивается при взаимодействии с водородом. Когда этот металл используют в качестве катода при электролизе D₂O, сообщается об избыточной энергии и трансмутации [324-328]. Кроме того, если его термоциклировать в D₂, испускаются нейтроны [329-331], что опять же указывает на активное формирование трещин. Никель при выдерживании в водороде не образует легко трещины, но предполагается, что периодическое изменение температуры или давления в водороде [136, 300] создает некоторое количество трещин на поверхности. Те оксиды, в которых при электромиграции происходит LENR [51, 52, 158], имеют кристаллическую структуру перовскита. Эта структура чувствительна к искажениям, получающимся от небольших изменений в концентрациях атомов, которые могут вызвать небольшие трещины. Небольшой поток водорода, вызванный приложенным напряжением, может передвинуть атомы водорода в эти места. Наблюдалось, что слои палладия, нанесенные на различные материалы так, как это делал Паттерсон [332] и, позже, Майли [229, 291], растрескиваются при взаимодействии с водородом. Челани с соавторами [333] накладывал на проволочки слои, потенциально содержащие трещины. В этом случае создание протекающим током потока усиливало процесс, возможно, делая дейтроны более доступными для предполагаемых трещин. Можно ожидать, что соносинтез [334] вызывает трещины в области коллапса пузыря на металле-мишени. В дополнение к трещинам, формирующимся в результате напряжения, известно, что во всех металлах содержатся дефекты, если не были приложены усилия, чтобы их удалить. Хотя большое число активных трещин будет производить заметную мощность, их маленькое количество в обычном материале может привести к обнаруживаемым количествам LENR, если доступны ионы водорода и были проведены аккуратные измерения. Ожидается, что нанотрубки сложнее сделать, но они могут присутствовать и иногда быть активны.

Иногда наблюдалось другое поведение, согласующееся с идеей, что трещины – это NAE. Размещение пластинки, чувствительной к рентгеновским лучам, около активной электролитической ячейки показало наличие рентгеновского излучения с очень узкой

шириной пучка [220, 335]. Газовый разряд также производит настолько же плотно сфокусированные рентгеновские лучи, которые действуют подобно лазеру [144, 336]. Такое поведение требует излучения только в выделенных направлениях, для чего необходима особая структура. Например, наблюдалось, что небольшие структуры, подобные трещинам, производили лазерное излучение [337]. Неудача в регистрации излучения может быть в том случае, когда большая часть рентгеновского излучения полностью поглощается, или из-за того, что большинство пучков направлено не в сторону детекторов. Когда разные трещины направлены на случайные направления, источник может излучать рассеяно. Следовательно, лазероподобное излучение должно быть редким и наблюдаться только тогда, когда детекторы расположены в подходящем месте или все источники направлены на одно и то же направление.

Исследование Ивamuры с соавторами [338] дает возможность проверить роль трещин в объяснении трансмутации. Как объяснялось ранее, эти ученые размещали слои CaO+Pd на палладии, которые покрывали 40 нанометрами палладия, после чего на поверхности располагали различные элементы. Когда дейтерий диффундировал через этот «бутерброд», размещенные ядра трансмутировали путем добавления дейтронов. Удивительно, что подвергались трансмутации только эти размещенные ядра, но не также присутствовавший на поверхности палладий, чья концентрация была значительно выше. Кроме того, было найдено, что слой CaO имеет большое значение для работы процесса. Это можно объяснить, если трещины от напряжения (*stress-cracks*) формируются в тонком палладиевом слое между CaO и поверхностью, где размещен элемент-мишень. Размещенный материал заполняет отверстия трещин, тем самым герметизируя их и создавая полость, в которой могут накапливаться и резонировать дейтроны. Предполагается, что этот резонансный процесс высвобождает энергию и побуждает дейтроны входить в те ядра, которые размещены в конце полости, т.е. в размещенную мишень. Согласно этой модели, только ядра, присутствующие в этом самом месте, могут трансмутировать. Дальнейшую поддержку [этим идеям] обеспечил Паттерсон, который получил много трещин, покрывая пластиковые шарики слоями Pd и/или Ni. Майли нашел в этих слоях много трансмутировавших элементов.

Утверждение, что ядерные реакции могут происходить в бактериях и других одноклеточных организмах – это вызов для любого объяснения. Очевидно, что химические условия там сильно отличаются от тех, что присутствуют внутри неорганических кристаллов, и механизмы, используемые в случае кристаллических структур, не ожидалось применять в случае живой клетки. С другой стороны, можно предположить, что полости, создаваемые сложными молекулами белка, могут принять форму, в которой может иметь место предполагаемый резонанс, при условии, что ионы водорода имеют доступ к полостям. Хотя пока у этого предположения нет никаких доказательств, оно может быть проверено.

Очевидно, что толщина трещины важна, поскольку известно, что при некоторой величине образуется обычная молекула водорода, которая не способна к синтезу. Трудность в иницировании LENR связана с образованием закрытой трещины точно нужных размеров, которая может заполниться достаточным количеством атомов D или H. Естественно, эти требования будут очень чувствительны к применяемым условиям и обработке.

Ни одно одиночное наблюдение не дает неоспоримых доказательств. Тем не менее, полный анализ всех наблюдений ведет к единственному правдоподобному заключению – трещины или нанотрубки определенного размера и формы – это все, чем является NAE: это не вступает в противоречие с тем, что известно о поведении материалов; обеспечивает правдоподобный механизм работы; ведет ко многим проверяемым предсказаниям, многие из которых согласуются с уже известным поведением. Полное описание механизма,

действующего в трещине, пока остается загадкой. Как только механизм будет найден, можно будет использовать математический анализ для дальнейшего подтверждения модели и создания других предсказаний.

6. II Проверяемые предсказания

Эта модель дает следующие проверяемые предсказания в качестве руководства для будущих исследований.

1. Рентгеновское излучение будет иметь длину волны, частично определяемую длиной трещины, и будет склонно испускаться в противоположных направлениях вдоль оси трещины. Часть этого излучения будет результатом тормозного излучения.
2. Скорость производства трития будет чувствительна к соотношению H/D в NAE.
3. Скорость производства нейтронов будет чувствительна к соотношению D/T в NAE.
4. Производство энергии из обычного водорода приведет в первую очередь к производству дейтерия и затем трития с последующим небольшим, но растущим потоком нейтронов.
5. Диффузия H или D через материал, содержащий подходящую NAE, может вызвать обнаруживаемые LENR, поскольку H или D станут доступны в NAE. Увеличение приложенного давления D₂ или H₂ будет иметь тот же эффект.
6. Лазерный свет будет увеличивать скорость LENR, поскольку энергия будет добавляться к резонансному процессу. Повышение температуры даст тот же самый эффект, но не локализованный.
7. Трансмутациям подвергнутся ядра, расположенные на концах активных трещин или нанотрубок.
8. LENR, в которых используется дейтерий, будут постепенно замедляться по мере того, как активные зоны NAE будут забиваться неподвижным гелием. Этот процесс ограничения жизни реакции будет идти гораздо медленнее, если используется H, поскольку D и T могут выйти из NAE или войти в последующие реакции синтеза. Тем не менее, рост концентрации D будет повышать энергию активации резонанса, тем самым снижая его скорость, и выпускать (*produce*) захваченный гелий.
9. Нет никаких различий между условиями, необходимыми для синтеза с участием чистого D или с участием чистого H. Тем не менее, когда используется H, необходимо больше участков с NAE, чтобы получить заметное количество энергии, чем в случае, когда используется D.
10. Смесь D и H в NAE затрудняет запуск LENR (увеличивается энергии активации), поскольку эта смесь, состоящая из разных масс, разрушает резонанс. Итог – кажущаяся «порча» реакции. Добавление энергии в месте трещины может уменьшить такое негативное влияние.
11. Материал, вырабатывающий значительную мощность, будет саморазогреваться и достигать стабильной температуры, определяемой тем, как эффективно водород может достигать NAE при температуре 39 [градусов]. Чем больше число NAE, тем выше будет предел температуры.
12. Любой металл или сплав, способный катализировать разложение молекулы водорода на ионы, будет поддерживать LENR, как только сформируется NAE.

Итоги

Было сделано 2 предположения: Все реакции LENR происходят в одинаковых средах посредством одинакового механизма, и среда и механизм не должны вступать в противоречие ни с тем, что известно о химическом поведении, ни друг с другом. Отбрасывая все среды, которые противоречат этим предположениям, и определяя единственную среду, общую для всех методов получения LENR, получаем следующие выводы:

1. Для того, чтобы LENR могли происходить, необходима специальная среда, и это не просто материал, такой как PdD или NiH, независимо от его чистоты, размеров или содержания водорода.
2. Закрытая трещина, полость или щель определенного размера и формы – это единственное условие, потенциально общее для всех методов LENR. Эта щель может иметь форму нанотрубки, сделанной из различных материалов, включая углерод.
3. Механизм снижения кулоновского барьеров включает в себя одиночный электрон, который поглощается в процессе синтеза, и на короткое время остается в конечном продукте, после чего испускается в бета-распаде (*as a weak beta*).
4. Процесс синтеза – результат резонанса, который высвобождает получившуюся энергию в виде рентгеновских лучей в течение короткого промежутка времени.
5. Все изотопы водорода могут создавать LENR, которые приводят к синтезу и трансмутации.
6. Тепло в основном вырабатывается в процессе $D+D+e$ синтеза, получающего He^4+e , когда используется дейтерий, и в процессе $H+H+e$ синтеза, получающего стабильный дейтерий, если используется обычный водород. Когда присутствуют оба изотопа, тритий получается из реакции $D+H+e$ синтеза.
7. LENR иногда включает в себя добавление изотопов водорода к тяжелым ядрам, в результате чего происходит трансмутация на активном участке. В этой реакции электрон не поглощается.
8. Иногда создаются радиоактивные изотопы и обнаруживаемое излучение, но не всегда.
9. В твердых материалах могут действовать несколько ядерных механизмов помимо LENR. Они чувствительны к химическим условиям, в том числе и реакции типа термоядерного синтеза, если приложенная энергия небольшая.
10. Успешная теория требует свадьбы физики и химии и непротиворечивых отношений между NAE и механизмом, действующим в NAE.
11. Необоснованный скептицизм и непринятие грамотных наблюдений серьезно препятствуют развитию этого направления и задерживают понимание и применение.

Некоторые из этих выводов сильно отличаются от общепринятых взглядов в этой области и находятся за пределами того, что обычная физика может в настоящее время объяснить и подтвердить. Ваша задача, как изучающих этот предмет, решить, какие предположения и выводы верны, основываясь на прошлых и будущих исследованиях. Эти выводы предлагаются в качестве ориентира для будущих исследований.

Комментарий

Наука была такой успешной потому, что столетия назад были выработаны определенные правила доказательства, так называемый Научный Метод. Эти правила требуют, чтобы многие люди, использующие различные устройства, воспроизводили все необычные наблюдения. Такие повторения ослабляли человеческую склонность обманывать и быть обманутыми. Кроме того, поведение, наблюдаемое в этих различных исследованиях, должно было проявлять схожие черты, т.е. важные величины должны были вести себя одинаково, вне зависимости от используемого оборудования. Изначально иметь объяснение странного поведения НЕ необходимо, хотя рано или поздно открыть объяснение тоже важно. Это хороший метод, и он хорошо служил человечеству, если его честно применяли. Когда эти правила игнорируются, наука испытывает неудачи. Правила можно проигнорировать разными способами, наиболее очевидный из которых – это преждевременное принятие. Некоторые ученые думают, что преждевременное принятие настолько вредно, что они основывают свои карьеры на защите Науки от подобных нарушений. Менее очевидная проблема возникает, когда доказательства отвергаются потому, что ученый не ХОЧЕТ верить результатам, которые вступают в противоречие с любимой теорией. Первоначально холодный синтез отвергли по первой причине. Теперь непринятие основывается на второй. Первое отклонение было обоснованным и согласующимся с Научным Методом. Текущее же непринятие – нет.

Если скептицизм доведен до крайности, то он так же вреден, как и наивное принятие. В настоящее время многие люди уважают скептиков за защиту высоких идеалов науки. К несчастью, скептики часто вызывают гораздо больше вреда, тормозя прогресс, удушая оригинальность и отвращая творческих людей от науки вообще. Хотя можно привести много примеров этого вреда из разных областей науки, продолжающееся непринятие LENR особенно вопиюще из-за его яростного характера и важности открытия. Я прошу тебя, читатель, использовать здравый смысл и занять ответственную позицию в оценке непривычных утверждений, описанных в этом Руководстве. Помни, что новые и странные претензии нельзя ни слепо принимать, ни слепо отвергать, но только исследовать с открытым сознанием. Важные новые идеи всегда противоречат традиционному пониманию. Нельзя отвергать идеи только из-за такого конфликта, до того, как тщательно изучены все возможности.

Скептики часто указывают на неудачи как на способ отвергнуть процесс. На самом деле провал в одной лаборатории редко ставит под сомнение работу в другой, если только они не используют одинаковое оборудование и методы, что случается редко. Неудачи имеют множество причин помимо того, что утверждение может быть ложным.

Благодарности

Мне бы хотелось поблагодарить Джеда Ротвелла и Руби Карат за то, что они применили свои навыки редактирования к одним из самых корявых предложений. Механизм, созданный Брайаном Сканланом, моим многолетним сотрудником по этой области, помог указать, где искать NAE. Без теоретического создания оригинального механизма, сделанного им, поиск NAE был бы значительно сложнее. Дискуссии с Абд ул-Рахманом Ломаксом помогли мне сделать аргументацию и рассуждения более отточенными.

ССЫЛКИ

1. Storms, E.K., *The science of low energy nuclear reaction*. 2007, Singapore: World Scientific. 312.
2. Rothwell, J., *Cold fusion and the future*. 2007: www.LENR.org.
3. Sheldon, E., *An overview of almost 20 years' research on cold fusion*. *Contemp. Phys.*, 2009. **49**(5): p. 375.
4. Krivit, S.B. and N. Winocur, *The rebirth of cold fusion; Real science, real hope, real energy*. 2004, Los Angeles, CA: Pacific Oaks Press.
5. Simon, B., *Undead science: Science studies and the afterlife of cold fusion*. 2002, New Brunswick, NJ: Rutgers University Press. 252.
6. Close, F., *Too hot to handle. The race for cold fusion*. second ed. 1992, New York: Penguin, paperback.
7. Mallove, E., *Fire from ice*. 1991, NY: John Wiley.
8. Peat, F.D., *Cold fusion: The making of a scientific controversy*. 1989, Chicago: Contemporary Books. 188.
9. Park, R., *Voodoo science*. 2000, New York, NY: Oxford University Press. 211 pages.
10. Taubes, G., *Bad science. The short life and weird times of cold fusion*. 1993, NY: Random House. 503.
11. Huizenga, J.R., *Cold fusion: The scientific fiasco of the century*. second ed. 1993, New York: Oxford University Press. 319.
12. Kozima, H., *The science of the cold fusion phenomenon*. 2006: Elsevier Science. 208.
13. Mizuno, T., *Nuclear transmutation: The reality of cold fusion*. 1998, Concord, NH: Infinite Energy Press. 151.
14. Beaudette, C.G., *Excess heat. Why cold fusion research prevailed*. 2000, Concord, NH: Oak Grove Press (Infinite Energy, Distributor). 365 pages.
15. Paneth, F. and K. Peters, *On the transmutation of hydrogen to helium*. *Naturwiss.*, 1926. **43**: p. 956 (in German).
16. Clery, D., *ITER's \$12 billion gamble*. *Science*, 2006. **214**(5797): p. 238.
17. Cho, A., *Bigger contribution to ITER erodes domestic fusion program*. *Science*, 2012. **335**: p. 901-902.
18. Fleischmann, M., S. Pons, and M. Hawkins, *Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium*. *J. Electroanal. Chem.*, 1989. **261**: p. 301-308 and errata in Vol. 263, 187-188.
19. Jones, S.E., et al., *Observation of cold nuclear fusion in condensed matter*. *Nature (London)*, 1989. **338**: p. 737.
20. Jiang, S., J. Liu, and M. Hea, *A possible in-situ 3H and 3He source in Earth's interior: an alternative explanation of origin of 3He in deep Earth*. *Naturwiss.*, 2010. **97**(7): p. 655-662.
21. Storms, E.K., *The status of cold fusion (2010)*. *Naturwissenschaften*, 2010. **97**: p. 861.
22. Santandrea, R.P. and R.G. Behrens, *A review of the thermodynamics and phase relationships in the palladium-hydrogen, palladium-deuterium and palladium-tritium systems*. *High Temperature Materials and Processes*, 1986. **7**: p. 149.
23. Storms, E. *Excess power production from platinum cathodes using the Pons-Fleischmann effect*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 55-61.
24. Warner, J., J. Dash, and S. Frantz. *Electrolysis of D2O with titanium cathodes: enhancement of excess heat and further evidence of possible transmutation*. in *The Ninth International Conference on Cold Fusion*. 2002. Beijing, China: Tsinghua University: Tsinghua University. p. 404.
25. Bush, R.T. and R.D. Eagleton. *Calorimetric studies for several light water electrolytic cells with nickel fibrex cathodes and electrolytes with alkali salts of potassium, rubidium, and cesium*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304. p. 13.
26. Mills, R.L. and P. Kneizys, *Excess heat production by the electrolysis of an aqueous potassium carbonate electrolyte and the implications for cold fusion*. *Fusion Technol.*, 1991. **20**: p. 65.
27. Fleischmann, M. and S. Pons, *Calorimetry of the Pd-D2O system: from simplicity via complications to simplicity*. *Phys. Lett. A*, 1993. **176**: p. 118.
28. Lonchampt, G., et al. *Excess heat measurement with Pons and Fleischmann Type cells*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 202.
29. Mengoli, G., et al., *Calorimetry close to the boiling temperature of the D2O/Pd electrolytic system*. *J. Electroanal. Chem.*, 1998. **444**: p. 155.
30. Bockris, J.O.M., et al., *Triggering of heat and sub-surface changes in Pd-D systems*. *Trans. Fusion Technol.*, 1994. **26**(#4T): p. 267.
31. Letts, D. and D. Cravens. *Laser stimulation of deuterated palladium: past and present*. in *Tenth International Conference on Cold Fusion*. 2003. Cambridge, MA: World Scientific Publishing Co. p. 159.
32. Violante, V., et al. *Progress in excess power production by laser triggering*. in *Condensed Matter Nuclear Science, ICCF-12*. 2005. Yokohama, Japan: World Scientific. p. 55.

33. Nassisi, V., *Transmutation of elements in saturated palladium hydrides by an XeCl excimer laser*. Fusion Technol., 1998. **33**: p. 468.
34. Castellano, *et al.* *Nuclear transmutation in deuterated Pd films irradiated by an UV laser*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 287.
35. Mizuno, T., *et al.*, *Production of heat during plasma electrolysis*. Jpn. J. Appl. Phys. A, 2000. **39**: p. 6055.
36. Ohmori, T. and T. Mizuno, *Nuclear transmutation reaction caused by light water electrolysis on tungsten cathode under incandescent conditions*. Infinite Energy, 1999. **5**(27): p. 34.
37. Ransford, H.E., *Non-Stellar nucleosynthesis: Transition metal production by DC plasma-discharge electrolysis using carbon electrodes in a non-metallic cell*. Infinite Energy, 1999. **4**(23): p. 16.
38. Sundaresan, R. and J.O.M. Bockris, *Anomalous reactions during arcing between carbon rods in water*. Fusion Technol., 1994. **26**: p. 261.
39. Miley, G. and P. Shrestha, *Transmutation reactions and associated low-energy nuclear reactions effects in solids*, in *ACS Symposium Series 998, Low-Energy Nuclear Reactions Sourcebook*, J. Marwan and S.B. Krivit, Editors. 2008, American Chemical Society: Washington, DC. p. 173-218.
40. Lipson, A.G., *et al.* *In-situ charged particles and X-ray detection in Pd thin film-cathodes during electrolysis in Li2SO4/H2O*. in *The 9th International Conference on Cold Fusion, Condensed Matter Nuclear Science*. 2002. Tsinghua Univ., Beijing, China: Tsinghua Univ. Press. p. 218.
41. Storms, E., *Ways to initiate a nuclear reaction in solid environments*. Infinite Energy, 2002. **8**(45): p. 45.
42. Arata, Y. and Y.-C. Zhang, *The basics of nuclear fusion reactor using solid pycnodeuterium as nuclear fuel*. High Temp. Soc, Japan, 2003. **29**: p. 1.
43. Case, L.C. *Catalytic fusion of deuterium into helium-4*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 48.
44. McKubre, M.C.H., *et al.* *The emergence of a coherent explanation for anomalies observed in D/Pd and H/Pd system: evidence for 4He and 3He production*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 3-10.
45. Iwamura, Y., *et al.*, *Observation of Low Energy Nuclear Transmutation Reactions Induced by Deuterium Permeation through Multilayer Pd and CaO thin Film*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2011. **4**: p. 132-144.
46. Liu, B., *et al.* *"Excess heat" induced by deuterium flux in palladium film*. in *Condensed Matter Nuclear Science, ICCF-12*. 2005. Yokohama, Japan: World Scientific. p. 75.
47. Biberian, J.-P. and N. Armanet. *Excess heat during diffusion of deuterium through palladium*. In *International Conference on Condensed Matter Nuclear Science , ICCF-13*. 2007. Sochi, Russia: Tsiolkovsky Moscow Technical University. p. 170.
48. Claytor, T.N., *et al.* *Tritium production from palladium alloys*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 88-93.
49. Dufour, J., *et al.*, *Interaction of palladium/hydrogen and palladium/deuterium to measure the excess energy per atom for each isotope*. Fusion Technol., 1997. **31**: p. 198.
50. Mizuno, T., *et al.*, *Anomalous heat evolution from a solid-state electrolyte under alternating current in hightemperature D2 gas*. Fusion Technol., 1996. **29**: p. 385.
51. Oriani, R.A., *An investigation of anomalous thermal power generation from a proton-conducting oxide*. Fusion Technol., 1996. **30**: p. 281.
52. Biberian, J.-P., *et al.* *Electrolysis of LaAlO3 single crystals and ceramics in a deuteriated atmosphere*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 27.
53. Botta, E., *et al.* *Search for 4He production from Pd/D2 systems in gas phase*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 233-240.
54. Celani, F., *et al.*, *The effect of α phase on H(D)/Pd overloading*. 1998, Laboratori Nazionalidi Frascati.
55. Bartolomeo, C., *et al.* *Alfred Coehn and after: The alpha, beta and gamma of the palladium-hydrogen system*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304. p. 19.
56. Stringham, R. *Sonofusion Produces Tritium That Decays to Helium Three*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 57-60.
57. Jorne, J., *Ultrasonic irradiation of deuterium-loaded palladium particles suspended in heavy water*. Fusion Technol., 1996. **29**: p. 83.
58. Липсон А.Г., *et al.*, *Генерация продуктов ядерного синтеза при комбинированном воздействии кавитации и электролиза на поверхность титана в дейтерированных электролитах*. ЖТФ., 1993. **63**(7): с. 187-196.
59. Petrucci, A., R. Mignani, and F. Cardone. *Comparison Between Piezonuclear Reactions and CMNS Phenomenology*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 246-250.

60. Griggs, J.L. *A brief introduction to the hydrosonic pump and the associated "excess energy" phenomenon*. In *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304. p. 43.
61. Taleyarkhan, R.P., *et al.*, *Evidence for nuclear emissions during acoustic cavitation*. *Science*, 2002. **295**: p. 1868.
62. Toriyabe, Y., E. Yoshida, and J. Kasagi. *Li+D and D+D Fusion Assisted with Acoustic Cavitation*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 257-262.
63. Arzhannikov, A.V. and G.Y. Kezerashvili, *First observation of neutron emission from chemical reactions*. *Phys. Lett.*, 1991. **A156**: p. 514.
64. Beltyukov, I.L., *et al.*, *Laser-induced cold nuclear fusion in Ti-H₂-D₂-T₂ compositions*. *Fusion Technol.*, 1991. **20**: p. 234.
65. Menlove, H.O., *et al.*, *The measurement of neutron emission from Ti plus D₂ gas*. *J. Fusion Energy*, 1990. **9**: p. 215.
66. Scaramuzzi, F. *Survey of gas loading experiments*. in *Second Annual Conference on Cold Fusion, "The Science of Cold Fusion"*. 1991. Como, Italy: Societa Italiana di Fisica, Bologna, Italy. p. 445.
67. Jones, S.E., *et al.* *In quest of a trigger mechanism for neutron emissions from deuterium/solid systems*. In *Anomalous Nuclear Effects in Deuterium/Solid Systems, "AIP Conference Proceedings 228"*. 1990. Brigham Young Univ., Provo, UT: American Institute of Physics, New York. p. 206.
68. Vysotskii, V. and A.A. Kornilova, *Low-energy Nuclear Reactions and Transmutation of Stable and Radioactive Isotopes in Growing Biological Systems*. *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2011. **4**: p. 146-160.
69. Komaki, H. *An Approach to the Probable Mechanism of the Non-Radioactive Biological Cold Fusion or So-Called Kervran Effect (Part 2)*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304. p. 44-1 to 44-12.
70. Kervran, C.L., *Biological transmutation*. 1980: Beekman Publishers, Inc.
71. Vysotskii, V., A.B. Tashyrev, and A.A. Kornilova, *Experimental observation and modeling of Cs-137 isotope deactivation and stable isotope transmutation in biological cells*, in *ACS Symposium Series 998, Low-Energy Nuclear Reactions Sourcebook*, J. Marwan and S.B. Krivit, Editors. 2008, American Chemical Society: Washington, DC. p. 295-309.
72. Reifenschweiler, O., *About the possibility of decreased radioactivity of heavy nuclei*. *Fusion Technol.*, 1997. **31**: p. 291.
73. Tsyganov, E.N., *Cold nuclear fusion*. *Phys. Atomic Nuclei*, 2012. **75**(2): p. 153-159. [версия на русском: Цыганов Э.Н., *Холодный ядерный синтез*, *Ядерная физика*, 2012. **75**(2): с. 174-180.]
74. Huke, A., *et al.* *Evidence for a target-material dependence of the neutron-proton branching ratio in d+d reactions for deuterium energies below 20 keV*. in *11th International Conference on Cold Fusion*. 2004. Marseilles, Franc: World Scientific Co. p. 210.
75. Czernski, K., *et al.*, *The 2H(d,p)3H reaction in metallic media at very low energies*. *Europhys. Lett.*, 2004. **68**: p. 363.
76. Campari, E.G., *et al.* *Ni-H systems*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lericci (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 69.
77. Focardi, S., R. Habel, and F. Piantelli, *Anomalous heat production in Ni-H systems*. *Nuovo Cimento*, 1994. **107A**: p. 163.
78. Focardi, S., *et al.* *Evidence of electromagnetic radiation from Ni-H systems*. in *11th International Conference on Cold Fusion*. 2004. Marseilles, France: World Scientific Co. p. 70.
79. Rossi, A., *Method and apparatus for carrying out nickel and hydrogen exothermal reaction*. 2011: USA.
80. Bush, R.T., *A light water excess heat reaction suggests that 'cold fusion' may be 'alkali-hydrogen fusion'*. *Fusion Technol.*, 1992. **22**: p. 301.
81. Notoya, R. and M. Enyo. *Excess heat production in electrolysis of potassium carbonate solution with nickel electrodes*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan. p. 421.
82. Notoya, R., T. Ohnishi, and Y. Noya, *Nuclear reactions caused by electrolysis in light and heavy water solutions*. *J. New Energy*, 1996. **1**(4): p. 40.
83. Bush, R.T., *Electrolytic stimulated cold nuclear synthesis of strontium from rubidium*. *J. New Energy*, 1996. **1**: p. 28.
84. Savvatimova, I., Y. Kucherov, and A. Karabut, *Cathode material change after deuterium glow discharge experiments*. *Trans. Fusion Technol.*, 1994. **26**(4T): p. 389-394.
85. Sankaranarayanan, T.K., *et al.* *Evidence for tritium generation in self-heated nickel wires subjected to hydrogen gas absorption/desorption cycles*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 173.

86. Czerwinski, A., *Influence of lithium cations on hydrogen and deuterium electrosorption in palladium*. Electrochim. Acta, 1994. **39**: p. 431.
87. Silver, D.S., J. Dash, and P.S. Keefe, *Surface topography of a palladium cathode after electrolysis in heavy water*. Fusion Technol., 1993. **24**: p. 423.
88. Miyamoto, S., *et al.* *Movement of Li during electrolysis of 0.1M-LiOD/D2O solution*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304. p. 28.
89. Lihn, C.J., *et al.*, *The influence of deposits on palladium cathodes in D2O electrolysis*. Fusion Technol., 1993. **24**: p. 324.
90. Storms, E.K. and T.W. Grimshaw, *Judging the Validity of the Fleischmann–Pons Effect*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2010. **3**: p. 9-30.
91. Storms, E.K., *Description of a dual calorimeter*. Infinite Energy, 2000. **6**(34): p. 22.
92. Miles, M.H. and K.B. Johnson. *Improved, open cell, heat conduction, isoperibolic calorimetry*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 496.
93. Miles, M. and M. Fleischmann, *Measurements of Excess Power Effects In Pd/D2O Systems Using a New Isoperibolic Calorimeter*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2011. **4**: p. 45-55.
94. Belzner, A., *et al.*, *Two fast mixed-conductor systems: deuterium and hydrogen in palladium – thermal measurements and experimental considerations*. J. Fusion Energy, 1990. **9**(2): p. 219.
95. McKubre, M.C. and F. Tanzella. *Mass Flow Calorimetry*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington DC. p. 32-46.
96. D'Aulerio, L., *et al.* *Thermal analysis of calorimetric systems*. in *Condensed Matter Nuclear Science, ICCF-12*. 2005. Yokohama, Japan: World Scientific. p. 145.
97. Storms, E.K. *How to make a cheap and effective Seebeck calorimeter*. in *Tenth International Conference on Cold Fusion*. 2003. Cambridge, MA: World Scientific Publishing Co. p. 269.
98. Storms, E., *Description of a Seebeck calorimeter*. 2005: www.LENR.org.
99. Letts, D., *Codeposition Methods: A Search for Enabling Factors*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2011. **4**: p. 81-92.
100. Hansen, W.N. *Report to the Utah State Fusion/Energy Council on the analysis of selected Pons Fleischmann calorimetric data*. in *Second Annual Conference on Cold Fusion, "The Science of Cold Fusion"*. 1991. Como, Italy: Societa Italiana di Fisica, Bologna, Italy. p. 491-527.
101. Wilson, R.H., *et al.*, *Analysis of experiments on the calorimetry of LiOD-D2O electrochemical cells*. J. Electroanal. Chem., 1992. **332**: p. 1.
102. Storms, E., *A critical evaluation of the Pons-Fleischmann effect: Part 1*. Infinite Energy, 2000. **6**(31): p. 10.
103. Miles, M.H., M.A. Imam, and M. Fleischmann, *Calorimetric analysis of a heavy water electrolysis experiment using a Pd-B alloy cathode*. Proc. Electrochem. Soc., 2001. **2001**(23): p. 194.
104. Storms, E., *The nature of the nuclear-active-environment required for low energy nuclear reactions*. Infinite Energy, 2002. **8**(45): p. 32.
105. Brillas, E., *et al.*, *Product analysis from D2O electrolysis with Pd and Ti cathodes*. Electrochim. Acta, 1992. **37**(2): p. 215.
106. Zhang, W.-S. and J. Dash. *Excess heat reproducibility and evidence of anomalous elements after electrolysis in Pd/D2O+H2SO4 electrolytic cells*. in *International Conference on Condensed Matter Nuclear Science , ICCF-13*. 2007. Sochi, Russia: Tsiolkovsky Moscow Technical University. p. 202.
107. McKubre, M.C.H., *et al.* *Excess power observations in electrochemical studies of the D/Pd system; the influence of loading*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan. p. 5.
108. Oya, Y., *et al.* *Material conditions to replicate the generation of excess energy and the emission of excess neutrons*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 285.
109. Storms, E., *My life with cold fusion as a reluctant mistress*. Infinite Energy, 1999. **4**(24): p. 42.
110. McKubre, M.C.H., *et al.* *Concerning reproducibility of excess power production*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 17.
111. Dardik, I. *SuperWaves™ as the Natural Origin of Excess Heat*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 307-311.
112. Miles, M.H. *The extraction of information from an integrating open calorimeter in Fleischmann-Pons effect experiments*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 97.

113. Mosier-Boss, P.A., *et al.*, *Use of CR-39 in Pd/D co-deposition experiments*. Eur. Phys. J. Appl. Phys., 2007. **40**: p. 293-303.
114. Szpak, S., *et al.*, *Thermal behavior of polarized Pd/D electrodes prepared by co-deposition*. Thermochem. Acta, 2004. **410**: p. 101.
115. Lonchamp, G., L. Bonnetain, and P. Hieter. *Reproduction of Fleischmann and Pons experiments*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 113.
116. Miles, M., *et al.* *The elevation of boiling points in H₂O and D₂O electrolytes*. in *The Ninth International Conference on Cold Fusion*. 2002. Tsinghua University, Beijing, China: Tsinghua University Press. p. 246.
117. Zhang, W.-S. *Characteristics of Excess Heat in Pd D₂O+D₂SO₄ Electrolytic Cells Measured by Seebeck Envelope Calorimetry*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 27-32.
118. Storms, E.K., *Measurements of excess heat from a Pons-Fleischmann-type electrolytic cell using palladium sheet*. Fusion Technol., 1993. **23**: p. 230.
119. McKubre, M.C.H., *et al.* *New hydrogen energy research at SRI*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 75.
120. Liaw, B.Y., *et al.*, *Elevated-temperature excess heat production in a Pd + D system*. J. Electroanal. Chem., 1991. **319**: p. 161.
121. Okamoto, H. and S. Nezu, *Measurements of hydrogen loading ratio of Pd anodes polarized in LiH-LiCl-KCl molten salt systems*. Trans. Fusion Technol., 1994. **26**(#4T): p. 59.
122. Yuan, L.J., *et al.* *Neutron monitoring on cold-fusion experiments*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan. p. 461.
123. Tsvetkov, S.A., E.S. Filatov, and V.A. Khokhlov. *Excess heat in molten salts of (LiCl-KCl)+(LiD+LiF) at the titanium anode during electrolysis*. in *Tenth International Conference on Cold Fusion*. 2003. Cambridge, MA: World Scientific Publishing Co. p. 89.
124. Arata, Y. and Y.-C. Zhang, *A new energy caused by "spillover-deuterium"*. Proc. Japan. Acad., 1994. **70 ser. B**: p. 106.
125. Arata, Y. and Y.C. Zhang. *Picnonuclear fusion generated in "lattice-reactor" of metallic deuterium lattice within metal atom-clusters. II Nuclear fusion reacted inside a metal by intense sonoimplantation effect*. in *The 9th International Conference on Cold Fusion, Condensed Matter Nuclear Science*. 2002. Tsinghua Univ., Beijing, China: Tsinghua Univ. Press. p. 5.
126. Clarke, B.W., *et al.*, *Search for ³He and ⁴He in Arata-style palladium cathodes II: Evidence for tritium production*. Fusion Sci. & Technol., 2001. **40**: p. 152-167.
127. Case, L., *COPRODUCTION OF ENERGY AND HELIUM FROM D₂*. 1997: USA.
128. Iwamura, Y., *et al.* *Detection of anomalous elements, X-ray and excess heat induced by continuous diffusion of deuterium through multi-layer cathode (Pd/CaO/Pd)*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 167.
129. Iwamura, Y., T. Itoh, and M. Sakano, *Nuclide transmutation device and nuclide transmutation method*. 2002, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.: U.S.A.
130. Kitamura, A., *et al.* *Search for Nuclear Reaction Products in Gas Phase Experiments – Deuterium Permeation and Absorption –*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 216-220.
131. Yamaguchi, T., *et al.* *Investigation of nuclear transmutation using multilayered CaO/X/Pd samples under deuterium permeation*. in *ICCF-14 International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington, DC: www.LENR.org. p. 195-202.
132. Yamada, H., *et al.* *Producing transmutation elements on multi-layered Pd samples by deuterium permeation*. in *Condensed Matter Nuclear Science, ICCF-12*. 2005. Yokohama, Japan: World Scientific. p. 196.
133. Murase, A., *et al.*, *TOF-SIMS investigation on nuclear transmutation from Sr to Mo with deuterium permeation through multi-layered Pd/CaO*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2012. **6**: p. 34-43.
134. Itoh, T., *et al.* *Observation of nuclear products under vacuum conditions from deuterated palladium with high loading ratio*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 189.
135. Focardi, S., *et al.*, *Large excess heat production in Ni-H systems*. Nuovo Cimento, 1998. **111A**(11): p. 1233.
136. Piantelli, F., *Energy generation and generator by means of anharmonic stimulated fusion*. 2010: World Property Organization.
137. Rossi, A., *Journal of Nuclear Physics*. 2012, <http://www.journal-of-nuclear-physics.com/>.

138. Storms, E.K. and B. Scanlan. *Detection of radiation from LENR*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington, DC: www.LENR.org. p. 261-287.
139. Karabut, A.B. and E.A. Karabut. *Research into Spectra of X-ray Emission from Solid Cathode Medium During and After High Current Glow Discharge Operation*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington DC: www.LENR-CANR.org. p. 362-367.
140. Karabut, A.B. and E.A. Karabut. *Electric and Heat Measurements in High Voltage Electrolysis Cell Experiments*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington DC. p. 168-175.
141. Savvatimova, I. *Creation of more light elements in tungsten irradiated by low-energy deuterium ions*. in *International Conference on Condensed Matter Nuclear Science , ICCF-13*. 2007. Sochi, Russia: Tsiolkovsky Moscow Technical University. p. 505-528.
142. Savvatimova, I.B., *Transmutation of Elements in Low-energy Glow Discharge and the Associated Processes*. *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2012. **6**: p. 181-198.
143. Karabut, A.B. and E.A. Karabut, *Experimental results on Excess Heat Power, Impurity Nuclides and X-ray Production in Experiments with a High-Voltage Electric Discharge System*. *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2012. **6**: p. 199-216.
144. Karabut, A.B., E.A. Karabut, and P.I. Hagelstein, *Spectral and Temporal Characteristics of X-ray Emission from Metal Electrodes in a High-current Glow Discharge*. *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2012. **6**: p. 217-240.
145. Dufour, J., *et al.*, *Hydrogen triggered exothermic reaction in uranium metal*. *Phys. Lett. A*, 2000. **270**: p. 254.
146. Dufour, J., *et al.* *Hydrex catalyzed transmutation of uranium and palladium: experimental part*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 153-158.
147. Wipf, H. and V. Erckman, *On permeation techniques for electrotransport studies on metal-hydrogen systems*. *Scripta Metal.*, 1976. **10**: p. 813.
148. Tamaki, M. and K. Tasaka. *Field formation of the condensed matter fusion by electro-transport of deuterium in palladium*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan. p. 593.
149. Wisniewski, R. and A.J. Rostocki, *Hall effect in the Pd-H system*. *Phys. Rev. B*, 1971. **3**(2): p. 251.
150. Tsuchida, T., *Role of hydrogen atoms in palladium*. *J. Phys. Soc. Japan*, 1963. **18**: p. 1016.
151. Bambakidis, G., R.J. Smith, and D.A. Otterson, *Electrical resistivity versus deuterium concentration in palladium*. *Phys. Rev.*, 1969. **177**(3): p. 1044.
152. McKubre, M.C. and F. Tanzella. *Using resistivity to measure H/Pd and D/Pd loading: Method and significance*. in *Condensed Matter Nuclear Science, ICCF-12*. 2005. Yokohama, Japan: World Scientific. p. 392.
153. Coehn, A., *Z. Elektrochem.*, 1929. **35**: p. 676.
154. Botta, E., *et al.* *Measurement of 4He production from D2 gas-loaded Pd samples*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 29-35.
155. Celani, F., *et al.*, *Deuterium overloading of palladium wires by means of high power microsecond pulsed electrolysis and electromigration: suggestions of a "phase transition" and related excess heat*. *Phys. Lett. A*, 1996. **214**: p. 1.
156. Del Giudice, E., *et al.* *The Fleischmann-Pons effect in a novel electrolytic configuration*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 47.
157. Granite, E. and J. Jorne, *A novel method for studying electrochemically induced cold fusion using a deutronconducting solid electrolyte*. *J. Electroanal. Chem.*, 1991. **317**: p. 285.
158. Mizuno, T., *et al.* *Anomalous heat evolution from SrCeO3-type proton conductors during absorption/desorption in alternate electric field*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304. p. 14.
159. Mizuno, T., *et al.*, *Formation of 197Pt radioisotopes in solid state electrolyte treated by high temperature electrolysis in D2 gas*. *Infinite Energy*, 1995. **1**(4): p. 9.
160. Biberian, J.-P. *Excess heat measurements in ALLaO3 doped with deuterium*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 49.
161. McKubre, M.C.H. *Closing comments summerizing the status and progress of experimental studies*. in *The 9th International Conference on Cold Fusion, Condensed Matter Nuclear Science*. 2002. Tsinghua Univ., Beijing, China: Tsinghua Univ. Press. p. XVIII.
162. Taleyarkhan, R.P., *et al.*, *Recent Advances and Results in Acoustic Inertial Confinement Bubble Nuclear Fusion*, in *Low-Energy Nuclear Reactions Sourcebook Volume 2*, J. Marwan and S. Krivit, Editors. 2009, Oxford University Press.
163. Prevenslik, T.V. *Biological effects of ultrasonic cavitation*. in *5th International Conference on Cold Fusion*.

1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 539.
164. Stringham, R. and R. George, *Cavitation induced micro-fusion solid state production of heat, 3He, and 4He*. 1995.
165. Липсон А.Г., et al., *Наблюдение нейтронов при кавитационном воздействии на дейтерийсодержащие среды*. Письма в ЖТФ., 1990. **16**(19): с. 89-93.
166. Arata, Y. and Y.-C. Zhang. *Sono implantation of hydrogen and deuterium from water into metallic fine powders*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 293.
167. Bazhutov, Y.N. and V.P. Koretsky. *Neutron generation at ultrasonic cavitation of some liquids*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 427.
168. Mallove, E., *Excess heat in cavitation devices: World-wide testing reports*. Infinite Energy, 1995. **1**(3): p. 16.
169. Kornilova, A.A., et al. *Investigation of Radiation Effects at Bubble Cavitation in Running Liquid*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington DC. p. 418-424.
170. Liu, F.-S., Y. Hou, and W.-F. Chen, *Theory of Fusion During Acoustic Cavitation in C3D6O Liquid*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2007. **1**: p. 142.
171. Ohta, T., *On the molecular kinetics of acoustic cavitation and the nuclear emission*. Int. J. Hydrogen Energy, 2003. **28**: p. 437.
172. Kim, Y.E., *Cross section for cold deuterium-deuterium fusion*. Fusion Technol., 1990. **17**: p. 507.
173. Kasagi, J. *Screening potential for nuclear reactions in condensed matter*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington, DC: www.LENR.org. p. 318-325.
174. Bush, B.F., et al., *Helium production during the electrolysis of D2O in cold fusion experiments*. J. Electroanal. Chem., 1991. **304**: p. 271-278.
175. Jones, S.E., *Current issues in cold fusion research: heat, helium, tritium, and energetic particles*. Surf. Coatings Technol., 1992. **51**: p. 283.
176. Jones, S.E. and L.D. Hansen, *Examination of claims of Miles et al in Pons-Fleischmann-Type cold fusion experiments*. J. Phys. Chem., 1995. **99**: p. 6966.
177. Camp, W.J., *Helium detrapping and release from metal tritides*. J. Vac. Sci. Technol., 1977. **14**: p. 514-517.
178. Packham, N.J.C., et al., *Production of tritium from D2O electrolysis at a palladium cathode*. J. Electroanal. Chem., 1989. **270**: p. 451.
179. Storms, E. and C.L. Talcott, *Electrolytic tritium production*. Fusion Technol., 1990. **17**: p. 680.
180. Iyengar, P.K. and M. Srinivasan, *BARC studies in cold fusion*. 1989, BARC, India: Bombay.
181. Das, D. and M.K.S. Ray, *Fusion in condensed matter - a likely scenario*. Fusion Technol., 1993. **24**: p. 115.
182. Storms, E.K. and C. Talcott-Storms, *The effect of hydriding on the physical structure of palladium and on the release of contained tritium*. Fusion Technol., 1991. **20**: p. 246.
183. Cedzynska, K. and F.G. Will, *Closed-system analysis of tritium in palladium*. Fusion Technol., 1992. **22**: p. 156-159.
184. Chien, C.-C., et al., *On an electrode producing massive quantities of tritium and helium*. J. Electroanal. Chem., 1992. **338**: p. 189-212.
185. Taubes, G., *Cold fusion conundrum at Texas A & M*. Science, 1990. **248**: p. 1299.
186. Anderson, D.M. and J.O.M. Bockris, *Cold fusion at Texas A&M*. Science, 1990. **249**: p. 463.
187. Anderson, J., et al., *Letters and response about cold fusion at Texas A&M*. Science, 1990. **249**: p. 463-465.
188. Bockris, J.O.M., *Accountability and academic freedom: The battle concerning research on cold fusion at Texas A&M University*. Accountability in Research, 2000. **8**: p. 103.
189. Claytor, T.N., D.D. Jackson, and D.G. Tuggle, *Tritium production from low voltage deuterium discharge on palladium and other metals*. Infinite Energy, 1996. **2**(7): p. 39.
190. Iyengar, P.K., et al., *Bhabha Atomic Research Centre studies on cold fusion*. Fusion Technol., 1990. **18**: p. 32.
191. Notoya, R., *Alkali-hydrogen cold fusion accompanied by tritium production on nickel*. Trans. Fusion Technol., 1994. **26**(#4T): p. 205-208.
192. Takahashi, A., et al. *Anomalous excess heat by D2O/Pd cell under L-H mode electrolysis*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan. p. 79.
193. Gozzi, D., et al., *Nuclear and thermal effects during electrolytic reduction of deuterium at palladium cathode*. J. Fusion Energy, 1990. **9**(3): p. 241.
194. Jordan, K.C., B.C. Blanke, and W.A. Dudley, *Half-life of tritium*. J. Inorg. Nucl. Chem., 1967. **29**: p. 2129.
195. Corrigan, D.A. and E.W. Schneider, *Tritium separation effects during heavy water electrolysis: implications for reported observations of cold fusion*. J. Electroanal. Chem., 1990. **281**: p. 305.

196. Boucher, G.R., F.E. Collins, and R.L. Matlock, *Separation factors for hydrogen isotopes on palladium*. Fusion Technol., 1993. **24**: p. 200.
197. Yasui, K., *Fractofusion mechanism*. Fusion Technol., 1992. **22**: p. 400.
198. Preparata, G. *Fractofusion revisited*. in *Anomalous Nuclear Effects in Deuterium/Solid Systems, "AIP Conference Proceedings 228"*. 1990. Brigham Young Univ., Provo, UT: American Institute of Physics, New York. p. 840.
199. Carpinteri, A., F. Cardone, and G. Lacidogna, *Piezonuclear Neutrons From Brittle Fracture: Early Results of Mechanical Compression Tests*. Strain, 2009. **45**(4): p. 332-339.
200. Takahashi, A., *et al.*, *Emission of 2.45 MeV and higher energy neutrons from D2O-Pd cell under biased-pulse electrolysis*. J. Nucl. Sci. Technol., 1990. **27**: p. 663.
201. Takahashi, A., *et al.*, *Excess heat and nuclear products by D2O/Pd electrolysis and multibody fusion*. Int. J. Appl. Electromagn. Mater., 1992. **3**: p. 221.
202. Isobe, Y., *et al.*, *Search for multibody nuclear reactions in metal deuteride induced with ion beam and electrolysis methods*. Jpn. J. Appl. Phys., 2002. **41**(3): p. 1546-1556.
203. Mosier-Boss, P.A., *et al.*, *Comparison of Pd/D co-deposition and DT neutron generated triple tracks observed in CR-39 detectors*. Eur. Phys. J. Appl. Phys., 2010. **51**(2): p. 20901-20911.
204. De Ninno, A., *et al.*, *Emission of neutrons as a consequence of titanium-deuterium interaction*. Nuovo Cimento Soc. Ital. Fis. A, 1989. **101**: p. 841.
205. De Ninno, A., *et al.*, *Evidence of emission of neutrons from a titanium-deuterium system*. Europhys. Lett., 1989. **9**(3): p. 221.
206. Menlove, H.O., *et al.* *Measurement of neutron emission from cylinders containing titanium with pressurized deuterium gas*. in *Workshop on Cold Fusion Phenomena*. 1989. Santa Fe, NM, p.
207. Menlove, H.O., *et al.*, *Measurement of neutron emission from Ti and Pd in pressurized D2 gas and D2O electrolysis cells*. J. Fusion Energy, 1990. **9**(4): p. 495.
208. Kaushik, T.C., *et al.*, *Preliminary report on direct measurement of tritium in liquid nitrogen treated TiDx chips*. Indian J. Technol., 1990. **28**: p. 667-673.
209. Keeney, F., *et al.* *Neutron emissions from metal deuterides*. in *Tenth International Conference on Cold Fusion*. 2003. Cambridge, MA: World Scientific Publishing Co. p. 525.
210. Jones, S.E. *Anomalous neutron emission in metal- deuterium systems*. in *Riken Conference on Muon-Catalyzed and Cold Fusion*. 1989. Tokyo, Japan. p.
211. Akimoto, T., *et al.* *Temperature dependency on counting efficiency of NE213 liquid scintillator for low level neutron measurement*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 295.
212. Bruschi, M., U. Marconi, and A. Zoccoli. *The neutron spectrometer of the cold fusion experiment under the Gran Sasso Laboratory*. in *Hadronic Phys., Winter Course 8th 1993*. 1994: World Sci., Singapore. p. 332.
213. Menlove, H.O. and M.C. Miller, *Neutron-burst detectors for cold-fusion experiments*. Nucl. Instr. Methods Phys. Res. A, 1990. **299**: p. 10.
214. Aoyama, T., *et al.*, *Highly reliable low-level neutron detection using 3He proportional counters*. Radioisotopes, 1991. **40**: p. 188.
215. Cisbani, E.M., *et al.*, *A neutron detector for CF experiments*. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A, 2001. **459**: p. 247.
216. Bush, R.T. and R.D. Eagleton. *Experimental studies supporting the transmission resonance model for cold fusion in light water: II. Correlation of X-Ray emission with excess power*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan. p. 409.
217. Mizuno, T. and S. S. *Anomalous Heat Generation during Hydrogenation of Carbon (Phenanthrene)*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington DC. p. 147.
218. Lipson, A.G., A.S. Roussetski, and G. Miley. *Evidence for condensed matter enhanced nuclear reactions in metals with a high hydrogen solubility*. in *International Conference on Condensed Matter Nuclear Science, ICCF-13*. 2007. Sochi, Russia: Tsiolkovsky Moscow Technical University. p. 248.
219. Violante, V., *et al.* *Search for nuclear ashes In electrochemical experiments*. in *Tenth International Conference on Cold Fusion*. 2003. Cambridge, MA: World Scientific Publishing Co. p. 405.
220. Gozzi, D., *et al.*, *Erratum to "X-ray, heat excess and 4He in the D/Pd system"*. J. Electroanal. Chem., 1998. **452**: p. 251-271.
221. Karabut, A.B. *X-ray emission in the high-current glow discharge experiments*. in *The 9th International Conference on Cold Fusion, Condensed Matter Nuclear Science*. 2002. Tsinghua Univ., Beijing, China: Tsinghua Univ. Press. p. 155.

222. Mosier-Boss, P.A., *et al.*, *Review of Twenty Years of LENR Research Using Pd/D Co-deposition*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2011. **4**: p. 173-187.
223. Dong, Z.M., *et al.*, *Studies on Anomalous Phenomena of D/Pd Systems using a Gas-loading Process – A Stride Towards Neutrino Detection*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2011. **4**: p. 119-131.
224. Szpak, S., P.A. Mosier-Boss, and F. Gordon, *Further evidence of nuclear reactions in the Pd/D lattice: emission of charged particles*. Naturwiss., 2009. **94**: p. 515.
225. Lipson, A., *et al.* *harged Particle Emissions and Surface Morphology of Pd/PdO:Dx and TiDx Targets Under Electron Beam Excitation*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 187-196.
226. Kowalski, L., *Comments on Codeposition Electrolysis Results*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2010. **3**: p. 1-3.
227. Srinivasan, M., G. Miley, and E.K. Storms, *Low-energy nuclear reactions: Transmutations*, in *Nuclear Energy Encyclopedia: Science, Technology, and Applications*, S. Krivit, J.H. Lehr, and T.B. Kingery, Editors. 2011, John Wiley & Sons: Hoboken, NJ. p. 503-539.
228. Bockris, J. *History of the discovery of transmutation at Texas A&M University*. in *11th International Conference on Cold Fusion*. 2004. Marseilles, France: World Scientific Co. p. 562.
229. Miley, G.H., *et al.* *Quantitative observations of transmutation products occurring in thin-film coated microspheres during electrolysis*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 629.
230. Miley, G.H., *Possible evidence of anomalous energy effects in H/D-loaded solids-low energy nuclear reactions (LENRS)*. J. New Energy, 1997. **2**(3/4): p. 6.
231. Mizuno, T., *Transmutation reactions in condensed matter*, in *ACS Symposium Series 998, Low-Energy Nuclear Reactions Sourcebook*, J. Marwan and S.B. Krivit, Editors. 2008, American Chemical Society: Washington, DC. p. 271.
232. Bush, R.T. *Evidence for an electrolytically induced shift in the abundance ratio of Sr-88 and Sr-86*. in *International Symposium on Cold Fusion and Advanced Energy Sources*. 1994. Belarusian State University, Minsk, Belarus: Fusion Information Center, Salt Lake City. p. 157.
233. Notoya, R., *Cold fusion arising from hydrogen evolution reaction on active metals in alkali metallic ions' solutions*. Environ. Res. Forum, 1996. **1-2**: p. 127.
234. Ohmori, T., T. Mizuno, and M. Enyo, *Isotopic distributions of heavy metal elements produced during the light water electrolysis on gold electrodes*. J. New Energy, 1996. **1**(3): p. 90.
235. Singh, M., *et al.*, *Verification of the George Oshawa experiment for anomalous production of iron from carbon arc in water*. Fusion Technol., 1994. **26**: p. 266.
236. Jiang, X.L., L.J. Han, and W. Kang. *Anomalous element production induced by carbon arcing under water*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT. p. 172.
237. Ohmori, T. and M. Enyo, *Iron formation in gold and palladium cathodes*. J. New Energy, 1996. **1**(1): p. 15.
238. Ohmori, T., *et al.*, *Transmutation in a gold-light water electrolysis system*. Fusion Technol., 1998. **33**: p. 367.
239. Bush, R.T. and R.D. Eagleton, *Evidence for electrolytically induced transmutation and radioactivity correlated with excess heat in electrolytic cells with light water rubidium salt electrolytes*. Trans. Fusion Technol., 1994. **26**(4T): p. 344.
240. Notoya, R. *Nuclear products of cold Fusion caused by electrolysis in alkali metallic ions solutions*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 531.
241. Savvatimova, I. and A. Karabut. *Nuclear reaction products registration on the cathode after glow discharge*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 213.
242. Yamada, H., *et al.*, *Producing a radioactive source in a deuterated palladium electrode under direct-current glow discharge*. Fusion Technol., 2001. **39**: p. 253.
243. Dash, J., *et al.* *Effects of glow discharge with hydrogen isotope plasmas on radioactivity of uranium*. in *The Ninth International Conference on Cold Fusion*. 2002. Beijing, China: Tsinghua University. p. 77.
244. Dash, J. and D. Chicea. *Changes In the radioactivity, topography, and surface composition of uranium after hydrogen loading by aqueous electrolysis*. in *Tenth International Conference on Cold Fusion*. 2003. Cambridge, MA: World Scientific Publishing Co. p. 463.
245. Kervran, C.L., *Transmutations biologiques, metabolismes aberrants de l'asote, le potassium et le magnesium*. Librairie Maloine S. A, Paris, 1963.
246. Vysotskii, V.I., A.A. Kornilova, and I.I. Samoylenko. *Experimental discovery of phenomenon of low-energy nuclear transformation of isotopes (Mn55=Fe57) in growing biological cultures*. in *Sixth International*

- Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 687-693.
247. Komaki, H., *production de proteines par 29 souches de microorganismes et augmentation du potassium en milieu de culture sodique sans potassium*. *Revue de Pathologie Comparee*, 1967. **67**: p. 213.
248. Komaki, H. *Observations on the biological cold fusion or the biological transformation of elements*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan. p. 555-558.
249. Tanzella, F.L., *et al. Parameters affecting the loading of hydrogen isotopes into palladium cathodes*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 171.
250. Dardik, I., *et al. Report on electrolysis experiments at energetics technologies*. in *International Conference on Condensed Matter Nuclear Science , ICCF-13*. 2007. Sochi, Russia: Tsiolkovsky Moscow Technical University. p. 325.
251. Chicea, D. *Comment on carbon production In deuterium-metal systems*. in *Tenth International Conference on Cold Fusion*. 2003. Cambridge, MA: World Scientific Publishing Co. p. 475.
252. Chen, S.-K., *et al.*, *The microstructure of electrolytically deuterium-loaded palladium rods*. *Fusion Technol.*, 1996. **29**: p. 302.
253. Castagna, E., *et al. Metallurgical characterization of Pd electrodes employed in calorimetric experiments under electrochemical deuterium loading*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington, DC: www.LENR.org. p. 444-450.
254. Szpak, S., P.A. Mosier-Boss, and J.J. Smith, *Deuterium uptake during Pd-D codeposition*. *J. Electroanal. Chem.*, 1994. **379**: p. 121.
255. Rout, R.K., *et al.*, *Copious low energy emissions from palladium loaded with hydrogen or deuterium*. *Indian J. Technol.*, 1991. **29**: p. 571.
256. Савватимова И.Б., Карабут А.Б., *Радиоактивность палладиевых катодов после облучения в тлеющем разряде*. *Поверхность*, 1996(1): с. 76-81.
257. Arata, Y. and Y.C. Zhang, *Helium (4He , 3He) within deuterated Pd-black*. *Proc. Jpn. Acad., Ser. B*, 1997. **73**: p. 1.
258. Kidwell, D.A., *et al. Yes, Virginia there is Heat, but It is Likely of Chemical Origin*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 100-109.
259. Arata, Y., Y.C. Zhang, and X.F. Wang. *Production of Helium and Energy in the "Solid Fusion"*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 72-81.
260. Yamaura, S., *et al. Hydrogen absorption of nanoscale Pd particles embedded in ZrO₂ matrix prepared from Zr-Pd amorphous alloys*. in *14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2008. Washington, DC: www.LENR.org. p.
261. Takahashi, A., *et al. Anomalous Heat Generation in Charging of Pd Powders with High Density Hydrogen Isotopes, (II) Discussions on Experimental Results and Underlying Physics*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 297-302.
262. Iwamura, Y., *et al.*, *Detection of anomalous elements, X-ray and excess heat induced by continuous diffusion of deuterium through multi-layer cathode (Pd/CaO/Pd)*. *Infinite Energy*, 1998. **4**(20): p. 56.
263. Liu, B., *et al.* *"Excess heat" in a gas-loaded D/Pd system with pumping inside palladium tube*. in *8th International Workshop on Anomalies in Hydrogen/Deuterium Loaded Metals*. 2007. Catania, Sicily, Italy: The International Society for Condensed Matter Science. p. 204.
264. Biberian, J.-P. and N. Armanet. *Excess heat production during diffusion of deuterium through palladium tubes*. in *8th International Workshop on Anomalies in Hydrogen/Deuterium Loaded Metals*. 2007. Catania, Sicily, Italy: The International Society for Condensed Matter Science. p. 19.
265. Kozima, H. and S. Watanabe. *Nuclear processes in trapped neutron catalyzed model for cold fusion*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France. p. 347.
266. Fisher, J.C., *Polyneutrons as agents for cold nuclear reactions*. *Fusion Technol.*, 1992. **22**: p. 511.
267. Widom, A. and L. Larsen, *Ultra low momentum neutron catalyzed nuclear reactions on metallic hydride surfaces*. *Eur. Phys. J.*, 2006. **C46**: p. 107.
268. Daddi, L., *Proton-electron reactions as precursors of anomalous nuclear events*. *Fusion Technol.*, 2001. **39**: p. 249.
269. Chatterjee, L., *Electrolysis in thin-film nickel coatings: mimicking supernova physics?* *Fusion Technol.*, 1998. **34**: p. 147.
270. Mills, R.L. and W.R. Good, *Fractional quantum energy levels of hydrogen*. *Fusion Technol.*, 1995. **28**: p. 1697.

271. Dufour, J., *et al.* *The Hydrex concept-effect on heavy nuclei.* in *8th International Conference on Cold Fusion.* 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 431.
272. Dufour, J.J., J.H. Foos, and X.J.C. Dufour, *Formation and properties of hydrex and deutex.* *Infinite Energy*, 1998. **4**(20): p. 53.
273. Liu, F.S., *The phonon mechanism of the cold fusion.* *Mod. Phys. Lett. B*, 1996. **10**: p. 1129.
274. Hagelstein, P.L. *Phonon-exchange models: Some new results.* in *11th International Conference on Cold Fusion.* 2004. Marseilles, France: World Scientific Co. p. 743.
275. Violante, V. and A. De Ninno. *Quantum mechanical description of a lattice ion trap.* in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy.* 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 221.
276. Kalman, P. and T. Keszthelyi, *Attractive d-d interaction via phonon exchange in deuterated Pd.* *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B*, 2005. **240**: p. 781-789.
277. Kucherov, Y. *Slow nuclear excitation model.* in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy.* 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. p. 502.
278. Chubb, S.R. and T.A. Chubb. *Theoretical framework for anomalous heat and 4He in transition metal systems.* in *8th International Conference on Cold Fusion.* 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 385.
279. Bazhutov, Y.N. *Erzion discovery in cosmic rays and its possible great role in nature in framework of Erzion model of cold nuclear transmutation.* in *8th International Conference on Cold Fusion.* 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 269.
280. Matsumoto, T., *'Nattoh' model for cold fusion.* *Fusion Technol.*, 1989. **16**: p. 532.
281. McKibben, J.L., *Evidence for three primordially created particles and can one of them catalyze cold fusion?* 1989.
282. Rafelski, J., *et al.*, *Nuclear reactions catalyzed by a massive negatively charged particle. How Cold Fusion Can Be Catalyzed.* *Fusion Technol.*, 1990. **18**: p. 136.
283. Preparata, G. *Theoretical ideas on cold fusion.* in *The First Annual Conference on Cold Fusion.* 1990. University of Utah Research Park, Salt Lake City, Utah: National Cold Fusion Institute. p. 91.
284. Capek, V., *Tunnelling efficiency and the problem of cold fusion.* *Czech. J. Phys.*, 1989. **B39**: p. 793.
285. Hora, H., G. Miley, and J. Kelly, *Low-energy nuclear reactions of protons in host metals at picometer distance.* *Trans. Am. Nucl. Soc.*, 2000. **83**: p. 357.
286. Hora, H., *et al.*, *Proton-metal reactions in thin films with Boltzmann distribution similar to nuclear astrophysics.* *Fusion Technol.*, 1999. **36**: p. 331.
287. Hora, H., *et al.* *Shrinking of hydrogen atoms in host metals by dielectric effects and Inglis-Teller depression of ionization potentials.* in *The 9th International Conference on Cold Fusion, Condensed Matter Nuclear Science.* 2002. Tsinghua Univ., Beijing, China: Tsinghua Univ. Press. p. 135.
288. Miley, G.H., H. Hora, and Y. X. *Condensed Matter "Cluster" Reactions in LENRs.* in *ICCF-14 International Conference on Condensed Matter Nuclear Science.* 2008. Washington, DC.: <http://lenrcanr.org/acrobat/MileyGHcondensedm.pdf>. p. 451-457.
289. Miley, G.H. *Emerging physics for a breakthrough thin-film electrolytic power unit.* in *Space Technol. Applic. Int. Forum.* 1999. p. 1227.
290. Miley, G., *et al.* *Cluster reactions in low energy nuclear reactions (LENR).* in *8th International Workshop on Anomalies in Hydrogen/Deuterium Loaded Metals.* 2007. Catania, Sicily, Italy: The International Society for Condensed Matter Science. p. 235-251.
291. Miley, G., X. Yang, and H. Hora, *Ultra-High Density Deuteron-cluster Electrode for Low-energy Nuclear Reactions.* *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2011. **4**: p. 256-268.
292. Badiei, S., P.U. Andersson, and L. Holmlid, *Laser-induced variable pulse-power TOF-MS and neutral time-of-flight studies of ultradense deuterium.* *Phys. Scr.*, 2010. **81**(4).
293. Isobe, Y., *et al.* *Search for coherent deuteron fusion by beam and electrolysis experiments.* in *8th International Conference on Cold Fusion.* 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 17-22.
294. Takahashi, A. *Tetrahedral and octahedral resonance fusion under transient condensation of deuterons at lattice focal points.* in *ICCF9, Ninth International Conference on Cold Fusion.* 2002. Beijing, China: Tsinghua University: Tsinghua Univ., China. p. 343.
295. Hagelstein, P.I., *On the connection between K α -X-rays and energetic alpha particles in Fleischmann-Pons experiments.* *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2010. **3**: p. 50-58.

296. Kim, H.Y. *Bose-Einstein Condensation Nuclear Fusion: Theoretical Predictions and Experimental Tests*. In *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 288-296.
297. Kim, Y.E., *Bose-Einstein Condensate Theory of Deuteron Fusion in Metal*. *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2011. **4**: p. 188-201.
298. Cornell, E.A. and C.E. Wieman, *The Bose-Einstein Condensate*. *Sci. Am.*, 1998. **278**(3): p. 40-45.
299. Zwierlein, M.W., *et al.*, *Observation of Bose-Einstein Condensation of Molecules*. *Phys. Rev. Lett.*, 2003. **91**: p. 250401.
300. Campari, E.G., *et al.* *Nuclear reactions in Ni-H systems*. in *6th International Workshop on Anomalies in Hydrogen/Deuterium Loaded Metals*. 2005. Siena, Italy. p.
301. Campari, E.G., *et al.* *Surface analysis of hydrogen-loaded nickel alloys*. in *11th International Conference on Cold Fusion*. 2004. Marseilles, France: World Scientific Co. p. 414.
302. Campari, E.G., *et al.* *Photon and particle emission, heat production and surface transformation in Ni-H system*. in *11th International Conference on Cold Fusion*. 2004. Marseilles, France: World Scientific Co. p. 405.
303. Campari, E.G., *et al.* *Overview of H-Ni systems: Old experiments and new setup*. in *5th Asti Workshop on Anomalies in Hydrogen / Deuterium loaded Metals*. 2004. Asti, Italy. p.
304. Battaglia, A., *et al.*, *Neutron emission in Ni-H systems*. *Nuovo Cimento*, 1999. **112 A**: p. 921.
305. Focardi, S., *et al.* *On the Ni-H system*. in *Asti Workshop on Anomalies in Hydrogen/Deuterium Loaded Metals*. 1997. Villa Riccardi, Italy: Societa Italiana Di Fisica. p. 35.
306. Badieli, S., P.U. Andersson, and L. Holmlid, *Fusion reactions in high-density hydrogen: A fast route to smallscale fusion?* *International J. Hydrogen Energy*, 2009. **34**(1): p. 487.
307. Badieli, S., P.U. Andersson, and L. Holmlid, *Production of ultradense deuterium: A compact future fusion fuel*. *Appl. Phys. Lett.*, 2010. **96**: p. 124103.
308. Arachi, Y., *et al.*, *Structural analysis of nano-sized-Pd/ZrO₂ composite after H(D) absorption*. *Solid State Ionics*, 2006. **177**: p. 1861.
309. Takahashi, A., *et al.* *Deuterium Gas Charging Experiments with Pd Powders for Excess Heat Evolution (II). Discussions on Experimental Results and Underlying Physics*. in *The 9th Meeting of Japan CF-Research Society*. 2009. Shizuoka, Japan: www.lenr.org. p.
310. Celani, F., *et al.* *High temperature deuterium absorption in palladium nano-particles*. in *International Conference on Condensed Matter Nuclear Science , ICCF-13*. 2007. Sochi, Russia: Tsiolkovsky Moscow Technical University. p. 181.
311. Mansoori, G.A., P.L. Barros de Araujo, and E. Silvano de Araujo, *Diamondoid molecules*. 2012: World Scientific, Imperial College Press.
312. Dmitriyeva, O., *et al.* *Deuterium & hydrogen loading into nano-Pd on zeolite and alumina matrices at low pressures*. in *ICCF-16*. 2011. Chennai, India. p.
313. Frisone, F., *Theoretical model of the probability of fusion between deuterons within deformed crystalline lattices with microcracks at room temperature*. *Fusion Sci. & Technol.*, 2001. **40**: p. 139.
314. McIntyre, R. *Proposal for an experiment designed to seek evidence for cold fusion*. in *Tenth International Conference on Cold Fusion*. 2003. Cambridge, MA: World Scientific Publishing Co. p. 611.
315. Mills, R., *The grand unified theory of classical quantum mechanics*. 2006, Ephrata, PA: Cadmus Professional Communications. 1450.
316. Frisone, F. *Probability of deuteron plasmon fusion at room temperature within microcracks of crystalline lattices with deuterium loading*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy. p. 443.
317. Bockris, J.O.M. and P.K. Subramanian, *The equivalent pressure of molecular hydrogen in cavities within metals in terms of the overpotential developed during the evolution of hydrogen*. *Electrochim. Acta*, 1971. **16**: p. 2169.
318. Vigier, J.P. *New hydrogen energies in specially structured dense media: capillary chemistry and capillary fusion*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan. p. 325.
319. Sinha, K.P. and A. Meulenber, *Lochon-mediated low-energy nuclear reactions*. *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2012. **6**: p. 55-63.
320. Kim, Y.E. and T.E. Ward, *Bose-Einstein condensation nuclear fusion: Role of monopole transition*. *J. Cond. Matter Nucl. Sci.*, 2012. **6**: p. 101-107.
321. Schwinger, J., *Cold fusion: a hypothesis*. *Z. Naturforsch.*, 1990. **45A**: p. 756.
322. Storms, E.K., *A study of those properties of palladium that influence excess energy production by the Pons-Fleischmann effect*. *Infinite Energy*, 1996. **2**(8): p. 50.
323. Bockris, J.O.M., D. Hodko, and Z. Minevski, *Fugacity of hydrogen isotopes in metals: degradation, cracking and cold fusion*. *Proc. Electrochem. Soc*, 1992. **1992**: p. 92.

324. Kopecek, R. and J. Dash, *Excess heat and unexpected elements from electrolysis of heavy water with titanium cathodes*. J. New Energy, 1996. **1**(3): p. 46.
325. Klopfenstein, M.F. and J. Dash. *Thermal imaging during electrolysis of heavy water with a Ti cathode*. In *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: Eneco Inc. p. 98.
326. Dash, J. and Q. Wang. *Anomalous Silver on the Cathode Surface after Aqueous Electrolysis*. in *15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*. 2009. Rome, Italy: ENEA, Italy. p. 38-41.
327. Башкиров Ю.А., *et al.*, *Наблюдение выхода нейтронов при электролизе тяжелой воды*. Письма в ЖТФ., 1990. **16**(19): с. 51-55.
328. Липсон А.Г., *et al.*, *Воспроизводимая эмиссия нейтронов при комбинированном воздействии кавитации и электролиза на поверхность титанового катода в электролитах на основе тяжелой воды*. Письма в ЖТФ, 1991. **17**(21): с. 33-37.
329. Izumida, T., *et al.*, *A search for neutron emission from cold nuclear fusion in a titanium-deuterium system*. Fusion Technol., 1990. **18**: p. 641.
330. Jianyu, H., *et al.* *Experimental study on anomalous neutron production in deuterium/solid system*. In *Anomalous Nuclear Effects in Deuterium/Solid Systems, "AIP Conference Proceedings 228"*. 1990. Brigham Young Univ., Provo, UT: American Institute of Physics, New York. p. 193.
331. Bruschi, L., *et al.*, *Search for neutron emission from a deuterium-titanium system"*. Europhys. Lett., 1989. **10**(4): p. 303.
332. Patterson, J.A., *Method for electrolysis of water to form metal hydride*. 1994: US Patent # 5,318,675.
333. Celani, F., *et al.*, *Development of a high temperature hybrid CMNS reactor*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2012. **6**: p. 24-33.
334. Stringham, R., *When bubble cavitation becomes sonofusion*. J. Cond. Matter Nucl. Sci., 2012. **6**: p. 1-12.
335. Szpak, S., P.A. Mosier-Boss, and J.J. Smith, *On the behavior of Pd deposited in the presence of evolving deuterium*. J. Electroanal. Chem., 1991. **302**: p. 255.
336. Karabut, A. *Research into powerful solid X-ray laser (wave length is 0.8-1.2 nm) with excitation of high current glow discharge ions*. in *11th International Conf. on Emerging Nuclear Energy Syst*. 2002. Albuquerque, NM. p. 374.
337. Khajavikhan, M. and Y. Fainman, *Thresholdless Nanoscale Coaxial Lasers*. Nature, 2012.
338. Iwamura, Y., M. Sakano, and T. Itoh, *Elemental analysis of Pd complexes: effects of D2 gas permeation*. Jpn. J. Appl. Phys. A, 2002. **41**(7): p. 4642-4650.