

ЭНЕРГЕТИКА ЭЛЕКТРОННОГО ЗАХВАТА В АТОМЕ ВОДОРОДА

А.В. Косарев, д.т.н., г.Оренбург

Аннотация

В статье рассмотрена физика электронного захвата в атоме водорода. Водород единственный элемент, в котором в результате электронного захвата рождается свободный нейтрон. Этот процесс становится возможным в условиях насыщенной лёгким водородом поверхности. Рождение свободных нейтронов в физических условиях наводороженной поверхности объясняет всю совокупность НЭЯР от выделения тепла до многообразия новых изотопов и элементов.

Ключевые слова: электронный захват, водород, наводороженная поверхность, спин, температура, бета - распад, полосы частот, осцилляции, резонанс, излучения.

Введение

Всё многообразие данных, полученных в экспериментах с LENR-реакторами на основе насыщенных водородом поверхностных структур, просто объясняются в рамках хорошо изученной нейтронной физики. Это и выделение тепла и возникновение большого количества новых изотопов и элементов. [Росси, Пархомов, Климов, Евдокимов, Савватимова и др.]. Но для этого необходимы свободные нейтроны. Захват ядром нейтрона приводит к появлению нового изотопа данного элемента. Последовательный захват нейтронов данным элементом порождает цепочку всё более тяжёлых изотопов и заканчивается бета - распадом. В результате бета - распада возникает новый элемент с порядковым номером на единицу больше чем у исходного элемента. При этом выделяется тепло. Так как в реакторе изначально имеется множество различных веществ (элементов), то и возникает то многообразие изотопов и элементов, которые фиксируются в экспериментах.

Единственный элемент в котором электронный захват приводит к появлению свободного электрона - это лёгкий водород (ядро состоит из протона). Это принципиальный момент. Но экспериментально этот процесс до сих пор не наблюдался и не описан. Если мы хотим объяснить многообразие данных, полученных в экспериментах с LENR-реакторами использующими насыщенные водородом поверхностные структуры, на основе нейтронной физики, то должны показать механизм возникновения свободных нейтронов в этих реакторах. Ниже мы и попытаемся это сделать.

1. Энергетика электронного захвата в атоме водорода.

Уже в самых первых своих работах мною высказано предположение, что низкоэнергетические ядерные реакции (НЭЯР) в никель - водородных реакторах (эффект Росси) представляют собой нейтронные реакции. [Например, 5]. Отсюда сразу встал вопрос о производстве свободных нейтронов в установках А. Росси и его последователей.

Ядерная физика предлагает несколько каналов образования свободных нейтронов. Это:

- Образование нейтронов в результате воздействия на ядро жёсткого гамма излучения или удары по ядру вещественными частицами высоких энергий. В обоих случаях ядро раскалывается на части, в том числе и с выделением нейтронов.
- Образование свободных нейтронов в реакциях деления трансурановых элементов.
- Образование свободных нейтронов в реакциях синтеза лёгких ядер.

В LENR-реакторах с наводороженными поверхностями этих процессов нет.

В ядерной физике обнаружен и изучен канал образования нейтронов в результате электронного захвата одним из протонов ядра. Альварес в 1937 году экспериментально открыл электронный захват в много электронном атоме, названный К - захватом, так как захват электрона происходил из самой близкой к ядру электронной оболочки. В 1949 году Понтекорво впервые наблюдал электронный захват с L - оболочки. В 1961 году Доган

наблюдал электронный захват с M - оболочки. По современным представлениям электрон захватывается ядром, как правило, с ближайших к нему электронных оболочек K , L и т.д. При этом максимальна вероятность захвата электрона из подслоя s , так как здесь плотность волновой функции орбитального электрона в ядре наибольшая для низко лежащих электронных оболочек. Кроме того, плотность электронов в атоме увеличивается с ростом заряда ядра. Отсюда электронный захват более вероятен для тяжёлых ядер. [1, 4].

Орбитальное движение электрона на своём энергетическом уровне обеспечивается электромагнитным взаимодействием движущегося электрона и ядра. А вот электронный захват орбитального электрона одним из протонов ядра это взаимодействие на уровне элементарных частиц. Взаимодействие осуществляется между конкретным орбитальным электроном и конкретным протоном ядра. Какие силы обеспечивают скачѐк электронного захвата и какие условия обеспечивают взаимодействие между конкретными электроном и протоном?

Рассмотрим все четыре вида сил природы, известных физикам. Гравитационные силы пренебрежимо малы в сравнении с электромагнитными силами, формирующими структуру атома. Ядерные силы короткодействующие, радиус их действия порядка $10^{-14} \text{ м} - 10^{-15} \text{ м}$, а, к примеру, радиус первой боровской орбиты равен $r_0 = 0,52917706 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. Радиус слабого взаимодействия итого меньше. $r_c \approx 2 \cdot 10^{-18} \text{ м}$. [16]. Таким образом обеспечить захват орбитального электрона протоном ядра способны только силы электромагнитной природы.

Видим, что и орбитальное движение электрона вокруг ядра и скачѐк электронного захвата одного из орбитальных электронов одним из протонов ядра обеспечиваются одними и теми же силами. Так какие же условия приводят вдруг к скачку электронного захвата под действием сил электромагнитной природы если до этого данные силы обеспечивали орбитальное движение электрона?

Все элементарные частицы имеют выделенное направление по вектору спина. Это видимо является следствием конфигурации силовых полей частиц на расстояниях сопоставимых с размерами элементарных частиц. Известно спин - спиновое взаимодействие элементарных частиц, зависящее от взаимного направления спинов частиц. Можно предположить, что именно эти спиновые направления и определяют разницу взаимодействия электромагнитных сил между орбитальным электроном и протоном при орбитальном движении электрона и при электронном захвате. Установлено, что бета - распад происходит только за счёт слабых взаимодействий. [14]. Слабое взаимодействие связано со спинами частиц. Бета распад - процесс обратный электронному захвату. Следовательно и электронный захват связан со спиновыми направлениями.

Ещё один важный момент. Силы и энергии приводящие к электронному захвату орбитального электрона одним из протонов ядра присущи системе самого атома, а не привносятся извне. Приведѐм данные из подраздела 1.3 "Электронный захват" диссертационной работы Титова О.А. [11]. Подраздел посвящён теоретическому исследованию электронного захвата орбитальных электронов. $(A, Z) + e^- \rightarrow (A, Z - 1) + \nu_e$. Автор [11] отмечает: "Важная особенность ЭЗ заключается в том, что в нём участвует электрон с атомной оболочки. Соответственно, протекание процесса в значительной мере определяется состояниями исходного и конечного атомов. ... Обсудим теперь распределение энергии при захвате электрона с x - оболочки. Полная энергия E_{ia} распадающегося атома распределяется между дочерним атомом и нейтрино. $E_{ia} = E_{fa} + E_{\nu x}$. Где: E_{ia} и E_{fa} - полные энергии начального и конечного атомов; $E_{\nu x}$ - энергия уносимая нейтрино. ... Энергию нейтрино можно записать в виде:

$E_{\nu x} = E_{ia} - E_{fa} = Q_{EC} - E_x - E_{rearr} - E_R$. (1.37). Где: Q_{EC} - энергетический выход (энерговыведение) реакции; E_x - энергия возбуждения конечного атома; E_{rearr} - дополнительная энергия возбуждения из-за неидеального перекрытия начального и конечного атомных состояний; E_R - энергия отдачи конечного атома. ... Ясно, что захват электрона с x - оболочки возможен при условии $E_{\nu x} \geq 0$. (1.39). Энергия E_{rearr} , входящая в формулу (1.37), обычно составляет 1эВ и далее в работе не учитывается. Энергия отдачи

конечного атома E_R мала (обычно порядка 1 - 10 эВ) и в большинстве случаев ей можно пренебречь. С учётом сказанного, условие (1.39) можно переписать в виде: $Q_{EC} \geq E_x$ (1.40). Энергия E_x для тяжёлых атомов имеет масштаб порядка 10 кэВ. Значение Q_{EC} определяется ядерными энергиями связи и обычно составляет порядка 0.1–1 МэВ. Таким образом, зачастую условие (1.40) заведомо выполняется, и **захват электрона возможен с любой оболочки** (выделено автором данной статьи). Для некоторых изотопов, однако, величина Q_{EC} может оказаться такой, что захват с некоторых внутренних оболочек будет запрещён. [11]. Но если захват электрона в принципе возможен с любой оболочки много электронного атома, то почему он может быть запрещён для атома водорода?

Возражение критиков вызвало моё утверждение, что "На наводороженных поверхностях создаются физические условия для заметного проявления эффекта электронного захвата". Например, в критических замечаниях к [6] Пархомов А.Г. приводит такое возражение: "И в самом деле, если, например, калий 40 может самопроизвольно захватить электрон и превратиться в кальций 40, (подчёркнуто автором данной статьи) почему бы протону не захватить с орбиты электрон и не превратиться в нейтрон? Хорошо известно, как распадается нейтрон: ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1H + e^- + \bar{\nu} + 0,78 \text{ МэВ}$. Захват электрона протоном обратен распаду нейтрона: ${}^1_1H + e^- + 0,78 \text{ МэВ} \rightarrow {}^1_0n + \nu$. Если распад нейтрона на протон и электрон обеспечен внутренними энергетическими ресурсами, то для обратного перехода необходимо извне внести энергию не менее 0,78 МэВ. Трудно представить себе, каким образом поверхностные явления могут дать такую энергию. Насколько я понимаю, для таких явлений характерны энергии порядка эВ. Заметим, что калий 40 может самопроизвольно захватить электрон и превратиться в кальций 40, (подчёркнуто автором данной статьи) именно потому, что такое преобразование энергетически выгодно: ${}^{40}_{19}K + e^- \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + \nu + 1,513 \text{ МэВ}$ ".

Во-первых, в подчёркнутых мною выражениях Александр Георгиевич видимо неправильно изложил свою мысль. При захвате калием 40 электрона возникает аргон. Он это и записал в последней формуле. А превращение калия 40 в кальций 40 возможно лишь при захвате ядром калия 40 нейтрона и последующего бета - распада изотопа калия 40.

Не совсем понятно выражение "такое преобразование энергетически выгодно: ${}^{40}_{19}K + e^- \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + \nu + 1,513 \text{ МэВ}$ ". В работе [11] (см. выше формула (1.40)) показано, что электронный захват в атоме всегда энергетически выгоден. Если Пархомов А.Г. имеет в виду, что $1,513 \text{ МэВ} > 0,78 \text{ МэВ}$, то это ни о чём не говорит. Энергия 1,513 МэВ зафиксирована в эксперименте и является выделившейся из системы атома в реакции электронного захвата. Энергия 0,78 МэВ затрачена на создание связи протон электрон во вновь возникшем нейтроне. Эта энергия осталась в атоме и естественно не регистрируется в эксперименте. Энергетический выход реакции может быть и меньше 0,78 МэВ. Как отмечено в выдержке из [11] (см. выше) значение Q_{EC} определяется ядерными энергиями связи и обычно составляет порядка 0.1–1 МэВ.

Да, энергия затраченная системой атома на создание связи протон - электрон в новом нейтроне ядра равна выделившейся энергии при разрыве этой связи при бета - распаде. Сравним эти энергии, равенство которых диктуется законом сохранения энергии.

Энергия выделяющаяся при бета - распаде нейтрона составляет 0,78 МэВ или $1,2497 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$. Энергию, затраченную на создание нейтрона из свободных протона и электрона, определим через увеличение массы нейтрона в сравнении с суммой масс свободных протона и электрона. $\Delta m = m_n - (m_p + m_e) = 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ кг} - (1,6726485 \cdot 10^{-27} \text{ кг} + 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ кг}) = 0,00139485 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Энергию на создание связанного состояния определим по формуле: $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,00139485 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/сек})^2 = 1,2536 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$. Численные значения величин взяты из [16]. Как видим энергия выделившаяся при распаде нейтрона и энергия затраченная при электронном захвате сопоставимы между собой с допустимой точностью, чего и требует закон сохранения энергии для этих взаимно обратных процессов.

Но это лишь один элемент в системе энергобаланса всех задействованных процессов в системе атома при электронном захвате и при бета - распаде. И совокупности процессов соответствующих электронному захвату и бета - распаду совершенно различны и по

механизмам и по энергетике. И нельзя из этой сложной системы выдёргивать только два процесса. Они не могут характеризовать энергобаланс системы атома в целом. Я уже отмечал в своих работах, что электронный захват и бета - распад для данного атома не являются обратимыми процессами по аналогии с химическими реакциями. При этом нужно иметь ввиду, что для атомной системы и электронный захват и бета - распад являются в обязательном порядке энерговоыгодными. В противном случае самопроизвольно эти процессы протекать не смогут. А эксперименты говорят об обратном. В связи с этим посмотрим на пример приведённый Пархомовым А.Г. Он рассматривает процесс электронного захвата атомом калия с превращением его в аргон и процесс превращения калия в кальций. Оба процесса начинаются с калия, с атомной системы обладающей некоторой совокупной энергией. Именно благодаря этой энергии возможны самопроизвольные, но совершенно различные для атома калия энерговоыгодные процессы электронного захвата и захвата нейтрона с последующим бета - распадом. Эти два процесса приводят к различным атомам и соответственно к различным конечным энергетическим состояниям систем новых атомов. Единственно одинаковой для энергобаланса в этих много компонентных процессах является энергия связи протона и электрона в нейтроне.

Какое отношение к энергобалансу самопроизвольного электронного захвата имеет энергетика поверхностных явлений? Да, поверхностные явления имеют энергетика порядка эВ и это пренебрежимо мало в сравнении с 0,78 МэВ. Но разве подогрев рабочего агента в LENR - реакторах имеет большее значение? Тепловая энергия частиц в 1эВ \approx 11600°К. [Берклиевский курс физики. Т-4, Квантовая физика, стр.403]. 1эВ на порядок выше температуры подогрева в LENR - реакторах.

2. Влияние поверхностного отрицательного заряда на вероятность электронного захвата в атоме водорода.

Экспериментально установлено, что электронный захват протоном ядра происходит наиболее вероятно с К - оболочки в многоуровневом атоме содержащем большое количество протонов. Но нейтрон в этом случае, как уже отмечалось, не свободный. Он остаётся в ядре и не вызывает каскад нейтронных превращений. При этом порядковый номер ядра уменьшается, а не увеличивается как в экспериментах на наводороженных поверхностях. [1, 4, 14]. А вот единственный из всех элементов вариант с электронным захватом в атоме водорода порождает свободный нейтрон и даёт ход нейтронным реакциям. Это, подчёркиваю ещё раз, принципиальный момент. Это видимо и реализуется в физических условиях наводороженных поверхностей. Исходя из этого нами высказано предположение, что в условиях наводороженной поверхности под воздействием поверхностного заряда возникает электронный захват в атоме водорода, приводящий к образованию свободного нейтрона. Начинают работать закономерности нейтронной физики по трансмутации новых изотопов и элементов. Выделению в системе избыточного тепла вследствие бета-распада.

Известно, что вероятность электронного захвата меняется в зависимости от химических связей, давления, внешних электрических и магнитных полей, ионизации". [1, 11]. И я пишу о влиянии поверхностного отрицательного заряда на интенсивность электронного захвата в атоме водорода закрепившегося на поверхности. К энергетике самого электронного захвата этот не имеет отношения. Рассмотрим механизм этого влияния.

В своих публикациях я уже неоднократно писал о вкладе Просвирнова А.А. в теорию никель - водородных реакторов. Он первым акцентировал внимание исследователей на значение поверхностных явлений в физических условиях присущих никель - водородным реакторам и на пороговый характер температуры инициирования НЭЯР в этих условиях. Эти положения для меня стали узловыми точками при изучении НЭЯР в физических условиях наводороженных поверхностей, позволившими обосновать нейтронный характер НЭЯР в никель - водородных реакторах. Возникновение устойчивого водородного слоя на поверхности при наводороживании и влиянии этого слоя на интенсивность НЭЯР в этих условиях подтверждены экспериментально. Анализ показывает, что во всех экспериментах с

никель - водородными реакторами, наводороженность поверхностей главное условие успешных экспериментов. При этом плотность поверхностной наводороженности играет решающую роль для процессов НЭЯР в LENR - реакторах. Рассмотрим эксперименты МакКубри (McKubre). МакКубри изучал зависимость выхода дополнительной энергии в зависимости от насыщенности поверхности палладия дейтерием. Эта зависимость изображена на Рис. 1. [Вебинар Климова-Зателепина от 18.11.2020 года]. Из графика видно, что чем выше насыщенность поверхности тем выше дополнительный выход энергии.

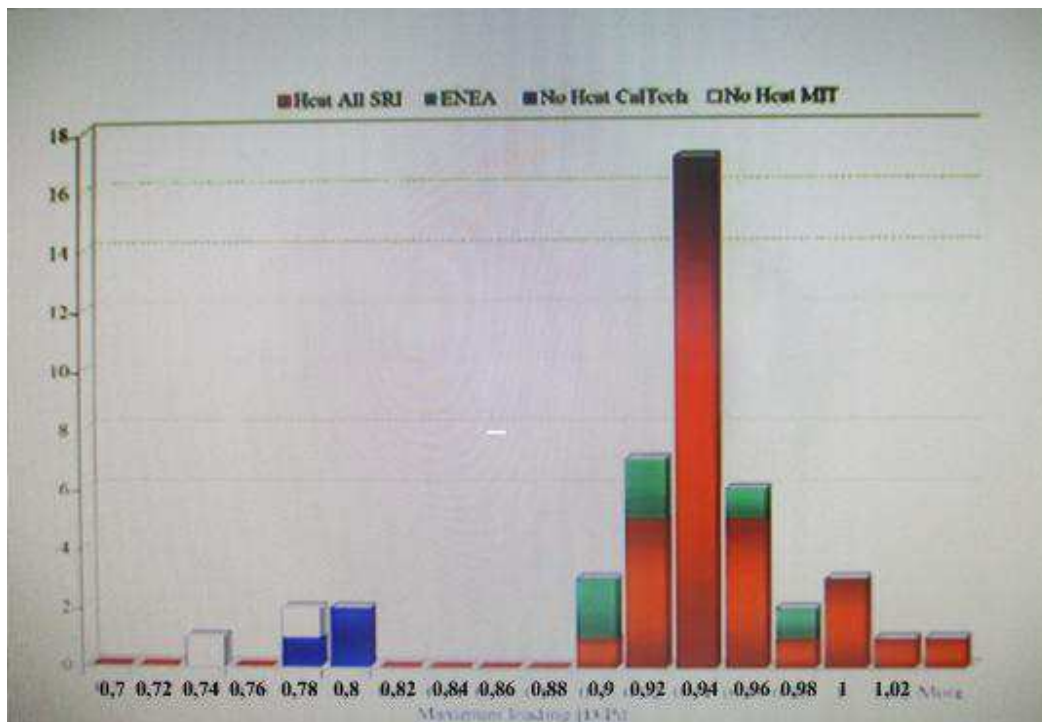


Рис. 1 Максимальное соотношение D/Pd как фактор успеха.

Максимум дополнительного выделения энергии наблюдается при насыщенности в 94%. При дальнейшем увеличении насыщения дополнительное выделение энергии уменьшается, что свидетельствует о снижении интенсивности НЭЯР. Возрастание понятно. Чем выше плотность наводороживания, тем интенсивнее электронный захват и соответственно интенсивнее протекают нейтронные реакции. А с чем связан предел насыщения в 94%. В [6 и др.] мы отмечали, что разогрев никель-водородного агента приводит через усиление колебаний ионов поверхности к усилению колебаний связанных с ними атомов водорода. Что в свою очередь приводит к частой ориентации спинов протона и электрона в атоме водорода по одной линии и в конечном итоге к электронному захвату. Так вот при насыщенности более 94% электроны в атомах водорода, закрепившихся на поверхности палладия (никеля), из-за большой плотности не могут свободно совершать колебания плоскости орбиты. Это затрудняет ориентацию спина протона и электрона в атоме водорода по одной оси и снижает интенсивность электронного захвата.

МакКубри экспериментировал с дейтерием. При этом профессор Климов отмечает, что водород работает не хуже дейтерия. Видимо в опытах МакКубри работал именно легкий изотоп водорода. Дейтерий использованный МакКубри наверняка содержал примеси лёгкого изотопа водорода, который также закреплялся на поверхности палладия. Именно лёгкий водород обеспечивал электронный захват и образование свободных нейтронов. В ядре дейтерия протон совершает помимо спинового вращения ещё и вращение вокруг общего центра масс с нейтроном и в этих условиях ориентация спинов протона и орбитального электрона затруднена. Если бы МакКубри экспериментировал с легким изотопом водорода, то тепловой выход был бы видимо больше.

Второй важный экспериментальный факт озвучил на РКХТЯиШМ - 26 Просвирнов А.А. Он привёл данные по экспериментальным работам ФЭИ, из которых следовало, что в поверхностном слое наводороживаемого никеля концентрация атомов водорода в 100 раз выше чем в глубину объёма. Этот факт также указывает на то, что поверхностные эффекты в никель - водородных реакторах имеют решающее значение. Ещё один экспериментальный факт изложен в [9]. Сотрудники Санкт-Петербургского политехнического университета и Института проблем машиноведения РАН изучали распределение водорода в металлических образцах, возникающее в процессе стандартного тестирования на водородное растрескивание. "Эксперименты ставились на образцах стандартной формы из нержавеющей, трубной, мостовой и атмосферостойкой стали. Был обнаружен поверхностный эффект. Он заключается в том, что в тонком слое металла у поверхности образца возникает аномально высокая концентрация водорода, превышающая внутреннюю концентрацию в сотни раз. Этот поверхностный слой толщиной около 50 мкм создает своеобразный экран, препятствующий проникновению водорода внутрь металла".

2.1. Полосы частот и температурный порог.

Ранее в своих работах я уже писал о важности совпадения спиновых направлений протона атома водорода закрепившегося на поверхности и его орбитального электрона для интенсификации электронного захвата в этих условиях. Чем чаще это происходит тем интенсивнее захват. Более углублённое понимание этого механизма возникло после знакомства с идеями, высказанными Евдокимовым Ю.К. на вебинаре Климова - Зателепина и повторно высказанными мне при переписке.

"Обычный тепловой нагрев реактора снижает выход СОР. Так как полоса равномерного спектра обычного теплового нагрева лежит примерно в диапазоне от 400 нм до 1400 нм. При мощности нагрева 1000 Вт плотность мощности нагрева составит всего 1 Вт/нм. Этого очевидно мало для инициации реакции, так как энергия обычного теплового нагрева неизбежно и нерационально распределяется равномерно почти по всему диапазону спектра. Для раскачки реакции, на мой взгляд, нужны только некоторые локальные (узкополосные) участки спектра. Тогда выход СОР повысится как отношение ширины спектра теплового излучения/ширина локального участка. И это отношение может составить два-три порядка. В пользу этого говорит также то, что при изменении композитного материала "топлива" изменяется порог реакции. Объясняется это тем, что разные добавки в топливо изменяют его спектр поглощения. И соответственно, какие-то участки спектра более эффективно поглощают подводимую тепловую энергию и снижают порог реакции". (Евдокимов Ю.К.).

Рассмотрим высказанное положение: "Для раскачки реакции, на мой взгляд, нужны только некоторые локальные (узкополосные) участки спектра". Это ключ к пониманию процессов НЭЯР в физических условиях насыщенных водородом поверхностей. Когда мы говорим о раскачке чего-либо, связанное с локальными (узкополосными) участками спектра, то имеем ввиду резонансные явления. Резонансные явления возможны если частоты процессов совпадают или кратны друг другу. Возникает вопрос что с чем резонирует, что это за процессы? Во-первых, температурный порог наблюдается только в экспериментах с наводороженными поверхностями. В кавитирующих жидкостях и дейтерированных металлах этого экспериментаторы не отмечают. Следовательно будем рассматривать процессы в реакторах с наводороженными поверхностями. Исходя из устоявшихся знаний ядерной физики возможны три вида ядерных превращений и реакций. Это ядерный синтез лёгких ядер, деление трансурановых ядер и ядерный распад. Синтез не подходит, так как в результате синтеза лёгких ядер элементы тяжелее области железа не возникают. Евдокимов Ю.К. в [2] отмечает, что возникал даже уран. Не подходят и реакции деления, так как трансурановые элементы не применяются в LENR-реакторах. И реакции деления сопровождаются жёстким излучением и выделением большой энергии. Остаются реакции бета и альфа распада. Но альфа распад наблюдается главным образом в области тяжёлых

элементов, а вот бета распад свойственен всем элементам таблицы Менделеева. При бета распаде в ядре возникает новый элемент со следующим порядковым номером. При последовательном бета распаде, в соответствующих условиях, возможно возникновение любых новых элементов и происходит выделение тепла.

Но бета распад происходит при избытке нейтронов в ядре. Захват свободных нейтронов порождает нейтронные реакции и бета распад. Отсюда и возникает вопрос о производстве свободных нейтронов в LENR-реакторах с насыщенными водородом поверхностями рабочего агента?

Рассмотрим физическую ситуацию, изображённую на рисунке - 2.

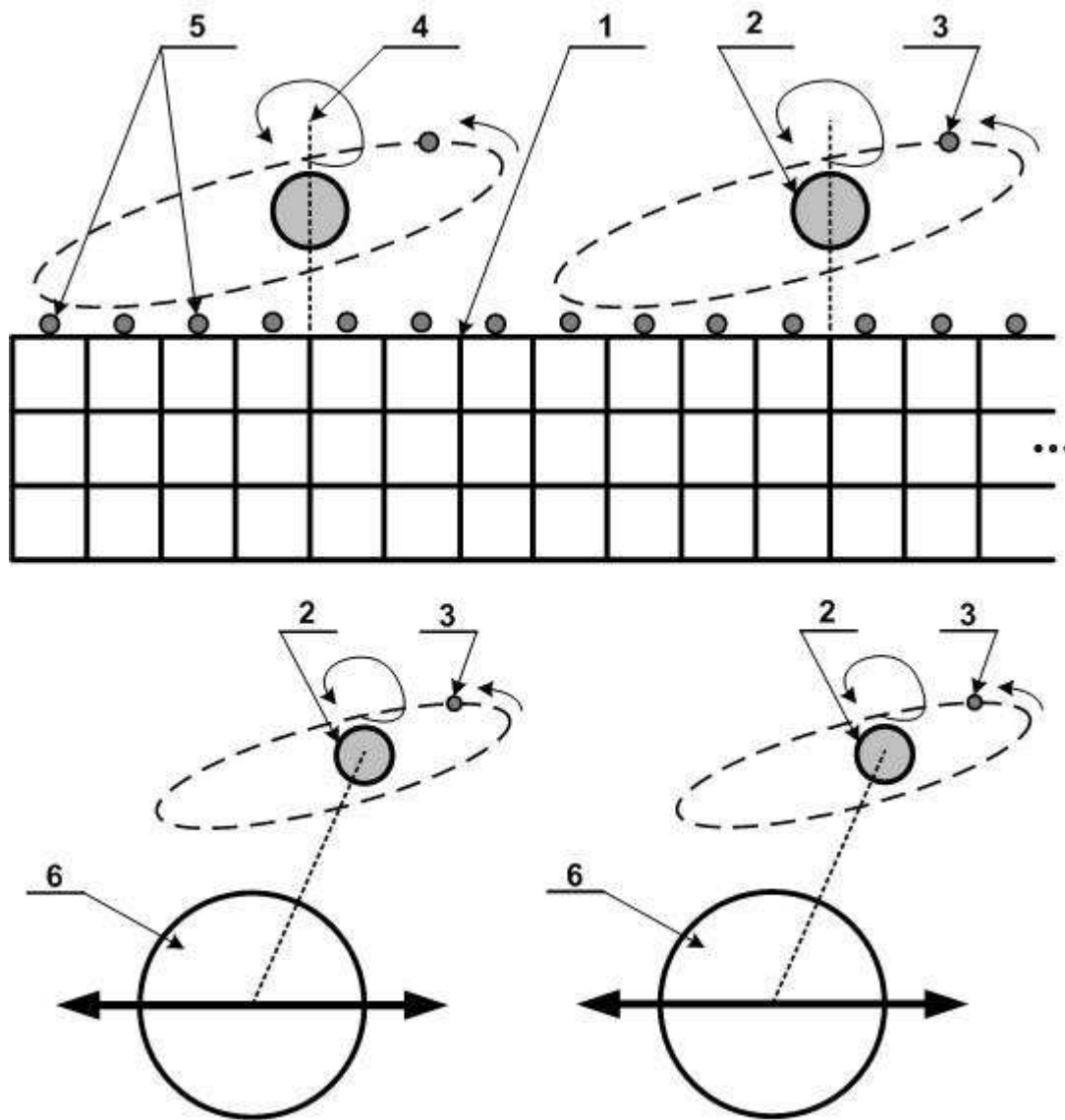


Рис. 2

Здесь показана поверхность никеля (палладия) насыщенная водородом. Цифрами на рисунке обозначены: 1 - поверхность никеля (палладия); 2 - атом (протон) водорода в силу химических связей закрепившийся на поверхности; 3 - электрон, совершающий орбитальное движение на своём энергетическом уровне в атоме водорода, закрепившемся на поверхности никеля (палладия). На рисунке отмечено спиновое движение (вращение) протона вокруг спиновой оси - 4; 5 - электроны формирующие поверхностный отрицательный заряд на поверхности никеля (палладия); 6 - поверхностный ион никеля (палладия), связанный с атомом водорода. Жирными стрелками обозначены осцилляции иона.

Поверхностный заряд никеля не позволяет орбитальному электрону атома водорода двигаться в плоскостях перпендикулярных поверхности. Орбитальный электрон может двигаться только в плоскостях параллельных поверхности и совершать колебательные движения плоскости орбиты возле срединного значения.

В нижней части рисунка изображены приповерхностные ионы никеля (палладия) с закрепившимся в силу химической связи атомом водорода на поверхности.

Ион кристаллической решётки совершает с определённой частотой и амплитудой осцилляции возле положения равновесия. Максимальная частота осцилляций ионов в кристалле имеет порядок 10^{13} рад/сек. Электрон атома водорода, связанный с ионом никеля (палладия) совершает в основном состоянии вращение вокруг протона с частотой порядка 10^{16} рад/сек. Эта частота постоянна и не зависит от температуры. А вот частота осцилляций ионов кристалла в ангармоническом приближении (а только такое приближение согласуется с экспериментом) зависит от амплитуды, а амплитуда в свою очередь зависит от температуры. Таким образом при изменении температуры кристалла (рабочего агента реактора) частоты колебаний ионов изменяются и возникают полосы частот кратные частоте вращения электрона в атоме водорода. Так в связке ион - водород возникает резонансное взаимодействие. Необходимо добавить, что частота осцилляций ионов зависит не только от температуры, но и от массы и объёма ионов. Это приводит к тому, что резонансные полосы у разных наводороженных материалов различны. Что и проявляется в различных пороговых температурах. Это Евдокимов Ю.К. тоже отмечает, говоря о композитах.

А как резонансное взаимодействие осциллирующего иона и вращающегося электрона приводит к электронному захвату в атоме водорода?

Электронный захват, как отмечалось выше, связан со спин - спиновым взаимодействием протона и электрона. Когда спины ориентированы по одной линии, то силы электромагнитного взаимодействия приводят к квантовому скачку, связывающему протон и электрон в нейтрон. Если нет предварительного подогрева активной зоны реактора России, то орбитальный электрон практически не попадает под действие электромагнитных сил по оси спинов протона и электрона. Ось протона ориентирована перпендикулярно поверхности, а орбитальный электрон движется в плоскости параллельной плёнке и их оси параллельны и разнесены в пространстве. А вот при нагревании, связанные с поверхностью атомы водорода (протоны) начинают совершать хаотические колебательные движения вместе с колебаниями ионов поверхности никеля. Ось спина протона так же совершает колебательное движение, осциллирует с частотой связанного с протоном иона кристаллической решётки. Положение плоскости орбиты электрона колеблется возле среднего положения и практически не реагирует на температуру, так как во-первых, подчиняется действию поверхностного заряда, а во-вторых, даже свободные электроны в кристаллах очень слабо реагируют на температуру, подчиняясь статистике Ферми-Дирака. При подогреве до резонансных частот (пороговая температура) ось орбитального электрона начинает часто сближаться по углу со спиновой осью протона, что приводит к резкому увеличению вероятности захвата его протоном. Процесс заканчивается новым связанным состоянием системы протон - электрон в форме нейтрона. Вероятность увеличивается на порядки как и указывает Евдокимов Ю.К. В системе появляется много свободных нейтронов начинают эффективно проявляться закономерности нейтронной физики.

Механизмы этих закономерностей описываются в рамках известных знаний ядерной физики, теплофизики и физики твёрдого тела.

В многоэлектронном ядре при k - захвате нет поверхности, но там много протонов, что увеличивает вероятность ориентации спинов одного из протонов и орбитального электрона по одной оси. И ещё. На вебинаре №3 от 16.12.20г. Климов Анатолий Иванович отметил, говоря о наводороживании: “Дейтерий не работает, работает водород. К этому склоняются все”. Это косвенно говорит в пользу электронного захвата на наводороженных поверхностях. Спаривание протона и электрона в нейтрон происходит в результате спин-спинового взаимодействия. Как отмечалось выше, когда у нас в атоме водорода в качестве ядра

присутствует только протон, то в ядре нет орбитального движения, а только спиновое вращения. Условия для спин - спиновой ориентации в этих условиях более благоприятны, чем в условиях дейтона в качестве ядра. В дейтоне происходит орбитальное вращение протона и нейтрона вокруг общего центра масс. Это затрудняет спин-спиновую ориентацию. По этой причине электронный захват ослабевает и дейтерий не работает.

На вебинарах Климова - Зателепина отмечалась экспериментально установленная зависимость интенсивности НЭЯР в никель - водородных реакторах под воздействием магнитов (Зателепин В.Н и Баранов Д.С., Чижов В.А.). Это известное явление [1, 11] видимо объясняется влиянием магнитного поля на ориентацию спинов в слое водорода наводороженной поверхности и как следствие влияет на электронный захват.

3. Природа слабой интенсивности излучений НЭЯР в физических условиях наводороженных поверхностей.

Самым удивительным, и пока не имеющем убедительного объяснения, является факт слабости ядерных излучений в условиях наводороженных поверхностей.

Я связываю слабость излучений никель - водородных реакторов с малой энергией нейтронов. [6]. Энергии холодных нейтронов недостаточно для возникновения возбуждённого состояния ядра и ядро не излучает жёстких излучений. Такого объяснения придерживаются многие авторы. Так, например, Цыганов Э.Н. в [13] высказывает предположение о том, что "время жизни промежуточного ядра возрастает при уменьшении энергии его возбуждения, так что становится возможным так называемое безрадиационное охлаждение возбуждённого ядра".

Вот выдержки из трудов Бекмана И.Н. "В случае захвата ядром орбитального электрона образуются два продукта: конечное ядро и нейтрино. Распределение энергий между ними является однозначным, и практически вся она уносится нейтрино". "Мгновенно происходящее изменение заряда ядра при бета-распаде влечёт за собой последующую перестройку («встряску») электронных атомных оболочек, возбуждение и ионизацию атомов. Выделяющаяся при этом энергия может быть испущена в виде кванта характеристического рентгеновского излучения". "В результате бета-распада образуются три частицы: конечное ядро и пара лептонов. Энергия, сообщаемая ядру в силу его большой массы, мала, и ею можно пренебречь. Поэтому кинетическая энергия, выделяющаяся при бета-распаде практически целиком уносится парой лептонов, причем распределение энергий между ними может быть любым".

Из этих выдержек следует, что в результате ядерных процессов на наводороженных поверхностях, ядра практически не возбуждаются и соответственно не излучают гамма-кванты. А бета и альфа - частицы быстро теряют энергию при ионизации, что сопровождается рентгеновским излучением.

Трудно согласиться с утверждением Пархомова А.Г., что "При захвате теплового или холодного нейтрона ядро возбуждается ничуть не хуже, чем при захвате быстрого нейтрона. С той лишь разницей, что сечение взаимодействия с веществом у тепловых нейтронов значительно больше, чем у быстрых". (Критических замечаниях к [6] Пархомова А.Г.). Это не совсем так. Гамма-излучение порождается только возбуждёнными ядрами. Да, нейтрон, будь он быстрый, тепловой или ультрахолодный порождает гамма-излучение в реакциях деления тяжёлых (трансурановых) элементов на осколки. В реакциях деления выделяется огромная энергия (например, при делении одного ядра урана-235 выделяется 200 Мэв) и осколки деления сильно возбуждены. Они долго излучают пока не выветят энергию до основного состояния. Но этого нет при бета - распаде. Доказательством тому ядерные батарейки, работающие на бета - распаде.

Но вот другой вопрос поставленный Александром Георгиевичем является принципиально важным и требующим убедительного ответа. "Получение ультрахолодных нейтронов является сложнейшей задачей, которая решается путём замедления нейтронов в жидком водороде или гелии. Непонятно, почему нейтрон, возникающий в веществе при комнатной

или более высокой температуре, будет иметь энергию меньше энергии теплового движения частиц среды. Чтобы захватываться ядрами окружающих элементов, совсем не обязательно нейтронам быть ультрахолодными". (Критических замечаниях к [6] Пархомова А.Г.). Когда мы говорим о холодных (ультрахолодных) нейтронах, то заботимся не о захвате нейтрона ядром, а энергии приносимой в ядро и недостаточной для возбуждения ядра с последующим гамма - излучением. Когда возник на наводороженной поверхности ультрахолодный нейтрон, то благодаря большому сечению захвата он быстро захватывается окружающими ядрами и не успевает достичь равновесного состояния по температуре с окружающим веществом. А вот образование холодных (ультрахолодных) нейтронов при электронном захвате на поверхности необходимо обосновать. Попробуем это сделать. Снова обратимся к рисунку -2.

Колебания поверхностных ионов - б кристалла происходят по трём взаимно перпендикулярным осям. Две оси в плоскости поверхности и третья ось перпендикулярно поверхности. При этом амплитуды колебания по этим направлениям различны и зависят от температуры и свойств решётки кристалла. Эти колебания через электромагнитную связь (пунктирная линия) передаются протонам атомов водорода закрепившимся на поверхности. В системе наводороженной поверхности можно выделить две взаимодействующие, но достаточно автономные подсистемы. Подсистему кристалла и подсистему плёнки водорода закрепившегося на поверхности кристалла. Взаимодействие между подсистемами (передача энергии колебания) осуществляется только через перпендикулярную составляющую амплитуды колебания ионов - б. В водородном слое эта энергия распределяется по трём направлениям колебания атома водорода. При этом, что важно, передача энергии колебания через перпендикулярную составляющую амплитуды колебания поверхностного иона кристалла протону поверхностного водорода затруднена. Это связано с тем, что две другие составляющие амплитуды колебания иона, направленные в плоскости поверхности, через линию связи вызывают качания этой линии (спиновой оси). Искажается направление и эффективность передачи амплитуды и энергии протону от иона. Энергию протону передаёт только проекция вертикальной амплитуды иона на пунктирную линию (линию проходящую через центры масс частиц). Проекция вертикальной амплитуды иона, перпендикулярная пунктирной линии (линии проходящей через центры масс частиц), вызывает колебательное вращение протона водорода. В результате протон поверхностного водорода испытывает лишь покачивание вместе с линией взаимодействия с ионом и практически не воспринимает передачу амплитуды и энергии. Его энергия связана с покачиванием спиновой оси и минимальна. По этой причине при захвате электрона протоном поверхностного атома водорода, возникший свободный нейтрон является холодным. В силу большого сечения захвата соседними ядрами холодный нейтрон не успевает сравнять свою энергию с энергией соответствующей температуре окружающего вещества.

4. Слабое место.

Во всём изложенном выше есть одно существенно слабое место. Мы пришли к заключению, что захват орбитального электрона протоном производится силами электромагнитной природы. При этом производится работа, увеличивающая массу системы в состоянии нейтрона в сравнении с суммарной массой протона и электрона на:

$M_n - (M_p + M_e) = + \Delta m = 0,00139485 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Это соответствует внесённой в связанную систему нейтрона энергии равной $0,78 \text{ Мэв}$. Если же на основании закона Кулона подсчитать работу по перемещению электрона с боровской орбиты атома водорода равную $r_6 = 0,52917706 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ до радиуса слабого взаимодействия $r_c \approx 2 \cdot 10^{-18} \text{ м}$, то получим величину на 7-ь порядков меньше требуемого значения $0,78 \text{ Мэв}$.

Я отдаю себе отчёт в том, что для многих читателей этот факт будет убедительнее всего того, что написано выше. И тем не менее я его привожу по двум причинам. Во-первых, в поисках истины нужно быть честным перед коллегами. Во-вторых, здесь мы вновь сталкиваемся с одним из самых фундаментальных парадоксов современной физики. Этот

парадокс всплывает каждый раз, когда законы обратных квадратов применяются на сверх больших (космологических) или сверх малых (размер ядра и менее) расстояниях. Всегда при этом получаются расхождения на многие порядки. Мне уже приходилось сталкиваться с данной проблемой применительно к закону тяготения Ньютона. Эта экспериментально установленная астрономами проблема для закона тяготения на галактических расстояниях породила понятие тёмной материи. Теперь (на мой взгляд) эта же проблема коснулась и закона Кулона. По моим представлениям и численным опробованиям проблема решается заменой функциональной зависимости обратных квадратов на обратную экспоненту.

Право читателя принимать предложенный мною механизм влияния поверхностного заряда на интенсивность электронного захвата или отмахнуться от него. Скажу лишь, что этот механизм предложен отталкиваясь от многочисленных экспериментальных фактов и известных знаний. И ещё, я назвал этот пункт статьи "слабое место", но это видимо главное звено механизма электронного захвата. И требуется дальнейшая работа по анализу области применимости законов обратных квадратов.

Заключение

Электронный захват как и бета - распад осуществляются за счёт внутренних энергетических ресурсов системы атома. Это подтверждается самопроизвольностью этих процессов и их экзотермическим характером. Температурный порог инициирования НЭЯР в LENR-реакторах связан с резонансным характером взаимодействия между частотой вращения орбитального электрона и температурными осцилляциями протона, связанного с ионом поверхности.

Производство холодных свободных нейтронов в условиях наводороженных поверхностей обусловлено специфичностью взаимодействия ионов поверхности и протонов водородного слоя.

Хочу поблагодарить редакционную коллегию за публикацию в сборнике материалов РКХТЯиШМ - 26, хоть и с чёрной меткой, моей статьи, вызвавшей сомнение. [6]. Это указывает на высокий профессионализм и научную ответственность членов редколлегии, не уподобившимся тем, которые на протяжении десятилетий перекрывают кислород исследованиям НЭЯР.

Литература

1. Бекман И.Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующее излучение. – М.: “ЮРАЙТ”, 2016г., 398с.
2. Евдокимов Ю.К., Нигматуллин Р.Р. и др. Исследование, разработка и создание генератора тепловой энергии на основе холодного ядерного синтеза. Новая энергетика - реальность или фантастика? // Семинар «Методы моделирования», 28.03.2019г. Казанский НИТУ.
Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=tgWqjhNcxbU>
3. Климов А.И. Презентация доклада «Измерение потоков холодных нейтронов и мягкого рентгеновского излучения в плазма - химическом реакторе». // РКХТЯиШМ-26, видео заседаний. 29.09.20г. Утренняя сессия. Режим доступа: <http://lenr.seplm.ru/konferentsii/rkkhtyaishm-26-video-zasedanii>
4. Колтовой Н.А. Книга 12. Часть 2. Холодный ядерный синтез.
Режим доступа: <https://koltovoi.nethouse.ru>
5. Косарев А.В. Эффект Росси - искусственная радиоактивность. // Журнал «Атомная стратегия». Дата публ. 20.09.2019г. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=8778>
6. Косарев А.В. Холодная трансмутация и холодный синтез в свете известных законов ядерной физики. Материалы РКХТЯиШМ-26 «Проблемы холодной трансмутации ядер химических элементов и шаровой молнии». – М.: “ДеЛибри”, 2020г., С. 316 - 336.

7. Пархомов А.Г., Алабин К.А., Андреев С.Н., Забавин С.Н., Соболев А.Г., Тимербулатов Т.Р. Анализ изменений изотропного и элементного состава в высокотемпературных никель-водородных реакторах. // Доклад на 24-й Российской конференции по холодной трансмутации ядер и шаровой молнии РКХТЯиШМ-24 (17-24.09.2017, Сочи-Дагомыс, "Олимпийский"). Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=DAnAp4m5LRI>
8. Пархомов А.Г. Презентация доклада «Новый подход к созданию LENR - реакторов». // РКХТЯиШМ-26. Режим доступа: <http://lenr.seplm.ru/konferentsii/nikitin-ap-prezentatsiya-doklada-eksperimenty-falsifikatsiya-novoi-fiziki>
9. Полянский В. и др. Поверхностный эффект «преградил» путь водороду в металлах. // Журнал Continuum Mechanics and Thermodynamics. Режим доступа: <https://news.rambler.ru/other/43291975-poverhnostnyy-effekt-pregradil-put-vodorodu-v-metallah/>
10. Просвирнов А.А. Эволюция никель - водородных теплогенераторов. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=7403>
11. Титов О.А. Теоретическое исследование электронного захвата в атомах и ионах с приложениями к физике нейтрино. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико - математических наук. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». Москва. 2018 год. Режим доступа: http://www.nrcki.ru/files/pdf/Diss_TOA.pdf
12. Узиков В.А. Промышленная энергоустановка на низкопороговых ядерных реакциях - реальность. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=8330>
13. Цыганов Э.Н. Холодный ядерный синтез. //Ядерная физика, 2012, том 75, №2, с.174 - 180.
14. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. – М.: “Наука”, 1972г., 672с.
15. Вебинар Климова - Зателепина № 11 от 14.04.21г. Доклады Зателепина В.Н., Пархомова А.Г., Чижова В.А. Режим доступа: <http://lenr.seplm.ru/seminary/video-vebinara-klimov-zatelepin-ot-14-aprelya-2021>
16. Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983г. – 945с.