



ФИЗИКА НЭЯР БЕЗ ЭКЗОТИКИ

А.В. Косарев, д.т.н., г.Оренбург

Цель доклада: кратко изложить физику новых явлений ядерной физики, сведённых сегодня в научное направление - низкоэнергетические ядерные реакции (НЭЯР). Показать, что эти новые явления объяснимы в рамках знаний ядерной физики, устоявшихся к 70-м годам прошлого века.

Введение

К 70-м годам прошлого века была закончена теория атома и атомного ядра в общепризнанном сегодня понимании. В основание этой теории положены многочисленные эксперименты и десятилетия практики. Были выявлены три основных типа ядерных превращений, ядерных реакций. Это синтез, слияние лёгких ядер. Деление тяжёлых трансурановых элементов. И реакции ядерного распада, свойственные практически всем элементам таблицы Менделеева. Все ядерные реакции сопровождались вредными, в том числе интенсивными излучениями. Технологии ядерной отрасли были на грани возможностей, так как зачастую сопровождались чрезвычайно высокими температурами и давлениями. Предъявили жёсткие требования к материаловедению. Всё это и сформировало особое мнение и отношение к ядерной физике и ядерным технологиям. Поэтому сообщение Флейшмана и Понса в 1989 году об открытии ими холодного ядерного синтеза, сулившего изобилие энергии при низких технологических параметрах, да ещё и без вредного излучения, было воспринято профессиональными ядерщиками с недоумением, сменившимся враждебностью. Но уровень развития технологий, экспериментальной и измерительной техники достигли такого развития, что новые, ранее неизвестные явления ядерной физики буквально проглядывали со всех сторон. В том же 1989 году появились сообщения об экспериментах Пиантелли. Затем эксперименты Фоккарди и А.Росси, Корниловой А.А., Вачаева А.В., Фоминского Л. П., Бажутова Ю.Н., Пархомова А.Г., большой группы японских исследователей, Климова А.И., Талейархана Р., Урпина К.В, Ушеренко С.М. и многих других. Отмахнуться от явно новых явлений ядерной физики стало уже невозможным. Но тут проявилась другая крайность. Теперь уже устоявшаяся ядерная физика исследователями холодного ядерного синтеза (ХЯС) не воспринималась как основа для объяснения новых ядерных явлений.

Покажем, что все новые эффекты ядерной физики, выявленные в последнее время (синтез в условиях кавитации (гидродинамической и акустической), синтез в дейтерированных металлах, эффект Ушеренко, нейтронные реакции в условиях наводороженных поверхностей (в том числе биологическая трансмутация)) объяснимы в рамках устоявшихся знаний ядерной физики.

1. НЭЯР с реакциями ядерного синтеза.

Ядерная физика для осуществления реакции синтеза лёгких ядер требует выполнения двух условий: наличие у лёгкого ядра энергии достаточной для преодоления кулоновского барьера и плотности обеспечивающей вероятность попадания высокоэнергетичного лёгкого ядра в сечение сил ядерного взаимодействия. Идея термоядерного синтеза была очевидной для преодоления кулоновского барьера и достаточно быстро воплотилась при создании водородной бомбы. Однако проблема управляемого термоядерного синтеза не решена до сих пор.

1.1. Ядерный синтез в физических условиях кавитации - холодный ядерный синтез.

При холодном ядерном синтезе лёгким ядрам так же нужна соответствующая величина кинетической энергии как и в термоядерном синтезе. Потенциальный барьер кулоновских сил никуда не делся и его необходимо преодолеть для сближения ядер на расстояния, на которых действует сильное взаимодействие. Холодная среда на первый взгляд с очевидностью не может обеспечить лёгкие ядра подобной энергией. Однако это только на первый взгляд. Теплофизика подсказывает возможность осуществления ядерного синтеза и в условиях относительно холодной среды, при этом не противореча требованиям ядерной физики. Рассмотрим график функции Максвелловского распределения по скоростям и энергиям частиц многомолекулярной системы,

изображённый на рисунке - 1. Функция распределения молекул по скоростям и энергиям изображена для разных температур.

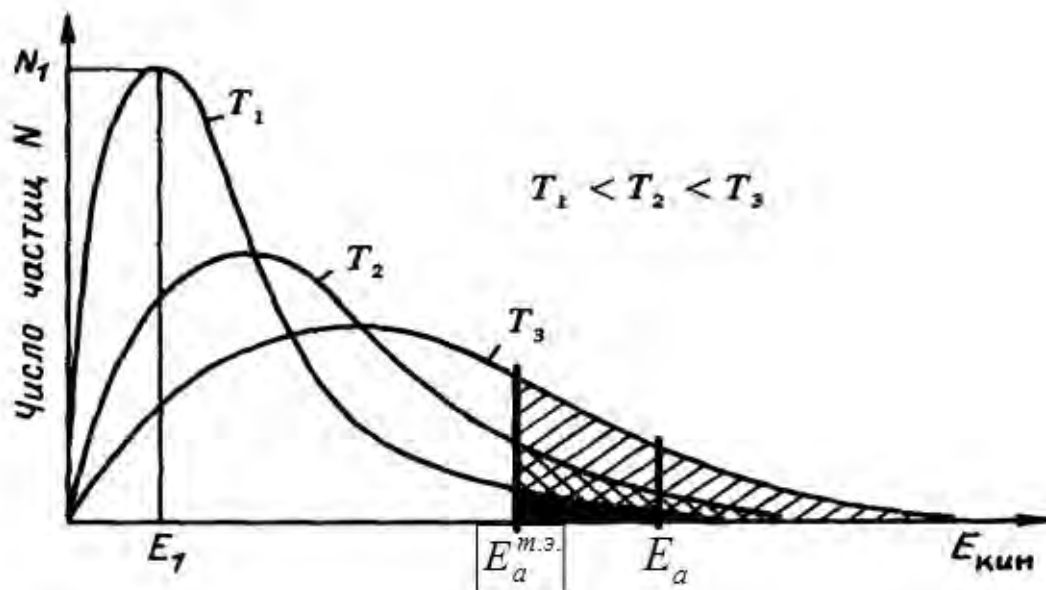


Рис. 1. Распределение Максвелла по энергиям частиц. График распределения по скоростям частиц имеет аналогичный вид.

Функция распределения имеет следующий аналитический вид:

$$f(v) = \frac{dn}{n \cdot dv} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \quad (1)$$

где: n - количество частиц газа в единице объёма, T - температура газа в состоянии равновесия, k - постоянная Больцмана, m - масса частиц газа, v - скорость частиц газа, dn - число частиц скорости которых лежат в интервале от v до $v + dv$.

Из графика на рисунке - 1 видно, что всегда в равновесной термодинамической системе имеется вероятность нахождения частиц обладающих большей скоростью и соответственно кинетической энергией. Концентрация частиц, обладающих энергией для преодоления

кулоновского барьера и превышающих её, находится из формулы: $n_a = n \cdot \int_{v(E_a)}^{\infty} f(v) dv$ (3). В (3)

E_a - кинетическая энергия активации ядерного синтеза, необходимая частице (ядру) для преодоления кулоновского барьера. Для преодоления потенциального барьера сталкивающимся протонам (ядрам водорода) должна быть сообщена энергия $E_a \geq 10 \text{ кэВ}$, что соответствует температуре $\geq 10^8 \text{ }^\circ\text{К}$.

Отсюда следует основная идея механизма холодного ядерного синтеза. **В системе большого числа свободных частиц всегда имеются, с отличной от нуля вероятностью, высокоэнергетичные частицы способные преодолеть кулоновский барьер и инициировать реакцию ядерного синтеза.** Необходимо заметить, что и в горячей (термоядерной) плазме реализуется Максвелловское распределение по скоростям и в реакцию синтеза вступают наиболее быстрые ядра. Даже в горячей плазме имеются частицы со скоростью близкой к нулю и естественно они не участвуют в реакциях синтеза. Эта идея снимает противоречие между холодным ядерным синтезом и термоядерным синтезом.

Теперь остановимся на влиянии туннельного эффекта на реакцию синтеза, который снижает температуру протекания ядерного синтеза как, например в ядре Солнца с $10^8 \text{ }^\circ\text{К}$ до $15 \cdot 10^6 \text{ }^\circ\text{К}$.

Для действия туннельного эффекта быстрой частице необходимо войти в зону сечения сильного взаимодействия и тогда появляется вероятность реакции синтеза уже при энергиях ниже кулоновского барьера. А для вхождения в зону сечения сильного взаимодействия гораздо важнее плотность ядер - мишеней, а не энергия быстрых частиц. Туннельный эффект носит вероятностный характер. В разреженной плазме мала вероятность попадания частиц, в том числе и быстрых, в микросечение реакции. А для частиц с энергией ниже кулоновского барьера ещё и накладывается вероятность туннельного эффекта. Отсюда вероятность туннелирования в разреженной плазме равна произведению вероятностей попадания в микросечение и вероятности туннельного эффекта. Поэтому вероятность туннельного эффекта в разреженной плазме практически равна нулю. В этом и сказывается преимущество для ядерного синтеза в условиях, например кавитирующей воды в сравнении с горячей плазмой в токамаке, имеющей очень низкую плотность. С увеличением плотности туннельный эффект сказывается всё сильнее. Это связано с тем, что если у нас много частиц - мишеней (высока их концентрация) то вероятность макросечения стремится к единице. В плотной среде, в том числе и в плотной плазме, дополнительно вступает в реакцию синтеза относительно большое число частиц способных преодолеть кулоновский барьер благодаря туннельному эффекту.

Дополнительное количество частиц в единице объёма, способных вступить в реакцию синтеза благодаря туннельному эффекту определится из формулы:

$$\Delta n_a = n \cdot \int_{E_1}^{E_2} f(E) dE \quad (4). \text{ Где: } E_1 - \text{ энергия быстрой частицы, при которой вероятность туннельного}$$

эффекта становится существенно отличной от нуля; $E_2 = 10^8$ °К, энергия кулоновского барьера.

Число таких дополнительных частиц велико в сравнении с суммой частиц с энергией $E_a \geq 100 \cdot 10^6$ °К из-за экспоненциального закона распределения по скоростям.

При достижении необходимой величины плотности среды и макросечения реакции синтеза, (как например, в кавитационных пузырьках) каждая быстрая частица попадает в сечение реакции синтеза (в сечение сильного взаимодействия). В кавитационных пузырьках плотность сопоставима с плотностью жидкости, а температура при адиабатном схлопывании пузырьков пара резко повышается до 1000 °С и более.

Какой смысл повышать в токамаке температуру (в ИТЕР ставится задача достичь температуры в $400 \cdot 10^6$ °К) если при низкой плотности вероятность реакции очень низка и отсюда нивелируется действие туннельного эффекта.

1.2. *Ядерный синтез в физических условиях СГП Ушеренко С.М.*

На основании изложенного выше в пункте 1.1. становится понятной физика проявления ядерных эффектов в эффекте СГП Ушеренко С.М. При СГП возникают параметры плотной плазмы с давлением в десятки килобар и с энергией 1 - 2 eV, что соответствует температуре 11000 - 23000°К . Это на порядок выше параметров среды пузырьков в кавитирующей жидкости. Здесь распределение Максвелла и туннельный эффект в совокупности создают даже лучшие физические условия для реакций синтеза чем условия кавитирующей жидкости.

1.3. *Ядерный синтез в физических условиях дейтерированных металлов.*

В дейтерированных металлах действует третий механизм преодоления кулоновского барьера, связанный со снижением кулоновского барьера на много порядков. Этот механизм тоже носит вероятностный характер и вызван флуктуациями свободных электронов проводимости.

Стустики флуктуаций электронов образуют экраны отрицательных потенциалов. Как показывает эксперимент величина их составляет тысячи электрон - вольт. Под влиянием такого экрана кулоновский барьер дейтона в дейтерированных металлах снижается на 40 порядков. В этих физических условиях дейтоны дейтерированных металлов активно вступают в реакцию синтеза.

2. НЭЯР с нейтронными реакциями.

Теперь кратко рассмотрим принципиально иную физику НЭЯР, физику нейтронных реакций в физических условиях наводороженных поверхностей. 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. Но для этого необходимы свободные нейтроны. Свободные нейтроны образуются в результате воздействия на ядро жёсткого гамма излучения или удары по ядру вещественными частицами высоких энергий, в реакциях деления трансурановых элементов, 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 K - 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. В диссертации Титова О.А. («Курчатовский институт». Москва. 2018г.) показано, что системе самого атома присущи энергии, согласно которым **“захват электрона возможен с любой оболочки”** (выделено автором данной статьи). Но если захват электрона в принципе возможен с любой оболочки много электронного атома, то почему он может быть запрещён для атома водорода? Атом водорода - единственный элемент, в котором при электронном захвате рождается свободный нейтрон. Этот принципиальный момент и реализуется в физических условиях наводороженных поверхностей.

Известно, что вероятность электронного захвата меняется в зависимости от химических связей, давления, внешних электрических и магнитных полей, ионизации. 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.). И я пишу о влиянии поверхностного отрицательного заряда на интенсивность электронного захвата в атоме водорода закрепившегося на поверхности.

Просвирнов А.А. 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. Возникновение устойчивого водородного слоя на поверхности при наводороживании подтверждены экспериментально. Анализ показывает, что во всех экспериментах с никель - водородными реакторами, наводороженность поверхностей - главное условие успешных экспериментов. Это экспериментально показал МакКубри, изучая выход дополнительной энергии в зависимости от насыщенности поверхности палладия дейтерием. МакКубри экспериментировал с дейтерием. При этом профессор Климов отмечает, что водород работает не хуже дейтерия. Это подтверждается экспериментами Зателепина В.Н. и Баранова Д.С., Пархомова А.Г., когда в никель - водородных генераторах для наводороживания использовался технический (баллонный) водород.

Однако идеи нейтронных lenr - реакций и рождения свободных нейтронов на наводороженных поверхностях не находят понимания. В среде исследователей процессов в никель - водородных реакторах прочно утвердилось представление о нейтроноподобных частицах, что приводит к игнорированию очевидного. Рассмотрим это на примере доклада профессора Климова А.И.: “Измерение потоков холодных нейтронов и мягкого рентгеновского излучения в плазмо - химическом реакторе”, в котором представлена оригинальная экспериментальная установка и подробные результаты измерений. Экспериментальная установка была оснащена двумя различными типами нейтронных датчиков, которые фиксировали при зажигании плазмы нейтронный поток в $10^5 - 10^6$ нейтрон/сек. При отключении плазмы поток нейтронов быстро спадал. При этом если после отключения плазмы подавалась вода (водяной пар), то ещё несколько секунд наблюдались мелкие всплески нейтронов, которых не было при подаче аргона. Вот эти мелкие всплески профессора Климова А.И. смутили. Он делает вывод, что приборы фиксируют

нейтронный поток и тут же заявляет: “Но мы считаем, что это не совсем нейтронный поток, а neutron like particles” (нейтроноподобные частицы, прим. автора).

Экспериментальная установка Климова А.И. была оснащена также спектрометром, который показал присутствие в экспериментальной установке атомов кислорода и фтора. Как отмечает Климов А.И. “казалось бы просто предположить: кислород + водород (протон) = фтор. Но нет”. Профессор Климов, не желая признать очевидное, т.е. возникновение свободных нейтронов на наводороженных поверхностях никеля как результат электронного захвата в атоме водорода, говорит о k - захвате в некоей 2-х ядерной молекуле, которая образуется на нанокластерах. “Один шаг до холодного синтеза в ядре. В этих молекулах велика вероятность k - захвата и происходят ядерные реакции” - говорит профессор Климов. Но при k - захвате в многоуровневых системах не будет того многообразия эффектов нейтронной физики, которые наблюдаются в опытах А. Росси, А.Г. Пархомова, А.А. Корниловой, с образованием множества новых изотопов, элементов и выделением тепла.

А вот если признать нейтроны фиксируемые двумя видами приборов за реальные **свободные** нейтроны, то образование фтора из кислорода становится естественным в рамках нейтронной физики. ${}_{16}^8O + 3n = {}_{19}^8O \rightarrow \text{бета_распад} = {}_{19}^9F$

Как видим ни какой «экзотики». Всё в рамках хорошо изученной нейтронной физики. На вопрос Баранова Д.С.: “Что это за нейтроны, которые немножко другие?” профессор Климов А.И. ответил: “По форме сигналов безусловно очень похожи на нейтроны, а мелочь идущая в хвосте - это нейтроны или нет нужно убедиться”. Проведя замечательный эксперимент, профессор Климов так и не признаёт нейтронного характера НЭЯР в условиях наводороженных поверхностей.

Но на этом история с производством свободных нейтронов на установке Климова А.И. не закончилась. Уже в этом году датчик из Дубны другого (**уже третьего**) типа по словам Климова А.И. показал зашкаливающую интенсивность нейтронов и альфа частиц. И опять всё сводится к нейтроноподобным частицам.

Такой факт. Пархомов А. Г. сообщает: "... в экспериментах, проведенных в 2011- 2012 г. мною совместно с Ю.Н. Бажутовым, нейтроны возникали. Мы нагревали порошок никеля в водороде при давлении до 90 атмосфер. Нейтроны появлялись при температурах 200-300°C, когда происходило интенсивное поглощение водорода. Быть может, это результат e-захватов. Но при более высоких температурах никаких нейтронов нет. Не образуются они и в никель-водородных реакторах, когда наблюдается избыточное энерговыделение".

Что ещё нужно коллеги, какие ещё эксперименты нужны для доказательства производства свободных нейтронов в LENR-реакторах?

Заключение

Все новые явления ядерной физики, выявленные на сегодня, объяснимы в рамках известных знаний и не требуют новых сущностей.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

1. 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