

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

## МОДЕЛЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ В ОПЫТЕ ЙОШИРА (ЙОСИАКИ) АРАТА (YOSHIAKI ARATA), ЯПОНИЯ, МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ АТОМОВ ТРИТИЯ И ДЕЙТЕРИЯ А ТАКЖЕ ПРЕДПОЛОЖЕНИЕ О ПРИЧИНЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ЯДРА ТРИТИЯ

*Кузнецов Василий Юрьевич*

*кандидат технических наук*

*г. Красноярск ООО «Центр Печати Красноярск»*

*660025 г.Красноярск пр.Красноярский рабочий 150и оф002*

## MODEL OF LOW-TEMPERATURE NUCLEAR REACTIONS (COLD FUSION) IN THE YOSHIAKI ARATA EXPERIMENT (JAPAN), MODELS OF TRITIUM AND DEUTERIUM NUCLEI COMPOSITION AND A POSSIBLE CAUSE OF TRITIUM NUCLEUS INSTABILITY

*Kuznetsov Vasily Yurievich*

*Candidate of Technical Sciences*

*Krasnoyarsk Printing Centre LLC, office No.002,*

*150-I Prospekt Krasnoyarsky Rabochy Str., 660025, Krasnoyarsk*

*DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2022.2.75.557*

### АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается модель низкотемпературной ядерной реакции между изотопами водорода тритий и дейтерий на основе опыта Йошира (Йосиаки) Арата (Yoshiaki Arata), Япония, рассматривается предполагаемое строение ядер трития и дейтерия, а также выдвигается предположение неустойчивости некоторых ядер на примере ядра трития.

### ABSTRACT

This article examines a model of low-temperature nuclear reactions (cold fusion) between hydrogen isotopes tritium and deuterium based on the Yoshiaki Arata experiment (Japan), examines the supposed composition of tritium and deuterium nuclei and suggests a possible explanation for the instability of some nuclei using the example of tritium nuclei.

**Ключевые слова:** низкотемпературная ядерная реакция, опыт Йошира (Йосиаки) Арата (Yoshiaki Arata), тритий, дейтерий, строение ядра, неустойчивость ядер

**Keywords:** low-temperature nuclear reaction (cold fusion), Yoshiaki Arata experiment, tritium, deuterium, atomic nucleus composition, nuclei instability

Данная работа посвящена объяснению опыта Йошира (Йосиаки) Арата (Yoshiaki Arata) [1].

Использование трития и дейтерия как наиболее легко взаимодействующих в термоядерных реакциях изотопов заставляет рассмотреть их особенности строения, т.к. по сравнению с другими схемами термоядерных реакций это единственно что отличает – составляющие нуклоны элементов во всех схемах термоядерных реакций одинаковы.

В отличие от высокотемпературной плазмы в аппаратах типа «ТОКОМАК» изотопы водорода в опыте [1] не превращаются в плазму, то есть ядра

не теряют свои электрон. Соответственно можно предложить модель контакта радикалов дейтерия и трития которая изложена ниже.

С точки зрения квантовой физики, в которой электрон не принимается за частицу с определённым местоположением, этот опыт не объясним т.к. в соответствии с квантовой физикой электрон не имеет определённого местоположения и представляется в виде электронного (на пример Рис.1 [2]) и температуры никак не соответствуют для прохождения реакции объединения 2 изотопов водорода в ядро гелия.

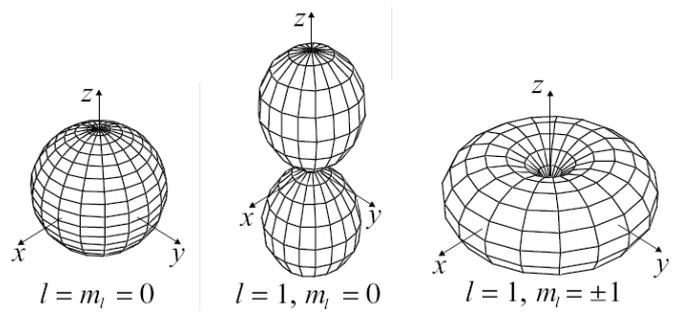


Рисунок 1. Угловое распределение плотности электрона в квантовой физике.

Но если рассматривать электрон как отдельную вещественную частицу будет совершенно иная картина. Принимая во внимание [3], в которой электрону отводится весьма определённое место в пространстве и структуре атома будет совершенно иная картина.

Основываясь на выводах о форме протонов и способе удержания электронов протонами в магнитной ловушке предлагается предлагаются изложенные на рис. 2 и рис. 4 строения атомов трития и дейтерия.

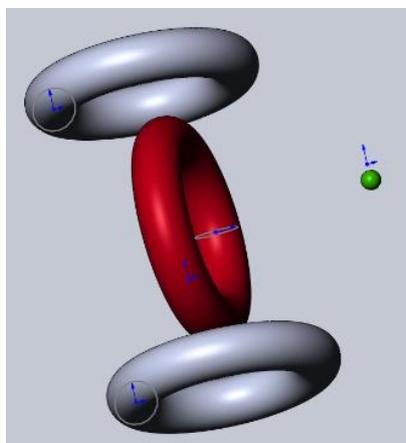


Рисунок 2 Предполагаемое строение атома трития

Можно было бы предложить иное его строение (Рис. 3) но в таком случае нужно признать способность нейтронов удерживать электроны и должны были бы наблюдаться частицы с отрицательным постоянным зарядом поскольку в

данной модели электрон удерживался бы электрически нейтральным нейтроном. По этой причине такое построение трития не считаю возможным.

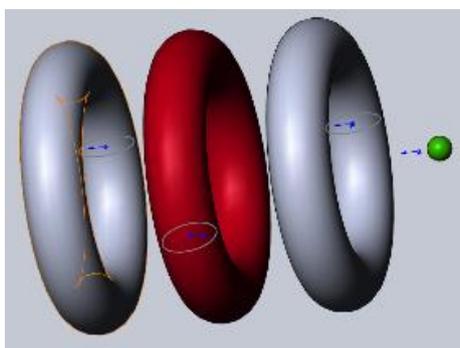


Рисунок 3 Вариант строения атома трития

Сравним предложенное на Рис. 3 строение атома трития с предлагаемым строением атома дейтерия Рис. 4:

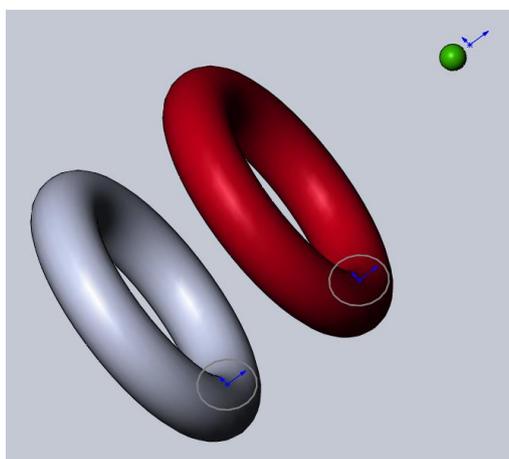


Рисунок 4 Строение атома дейтерия

Основываясь на предполагаемом строении атомов трития и дейтерия и учитывая использование палладия, который хорошо адсорбирует изотопы водорода предполагаю ниже

схему низкотемпературной ядерной реакции дейтерия и трития в опыте **Йошира (Йосиаки) Арата** (Yoshiaki Arata), Япония, которая отображена на рис. 5.

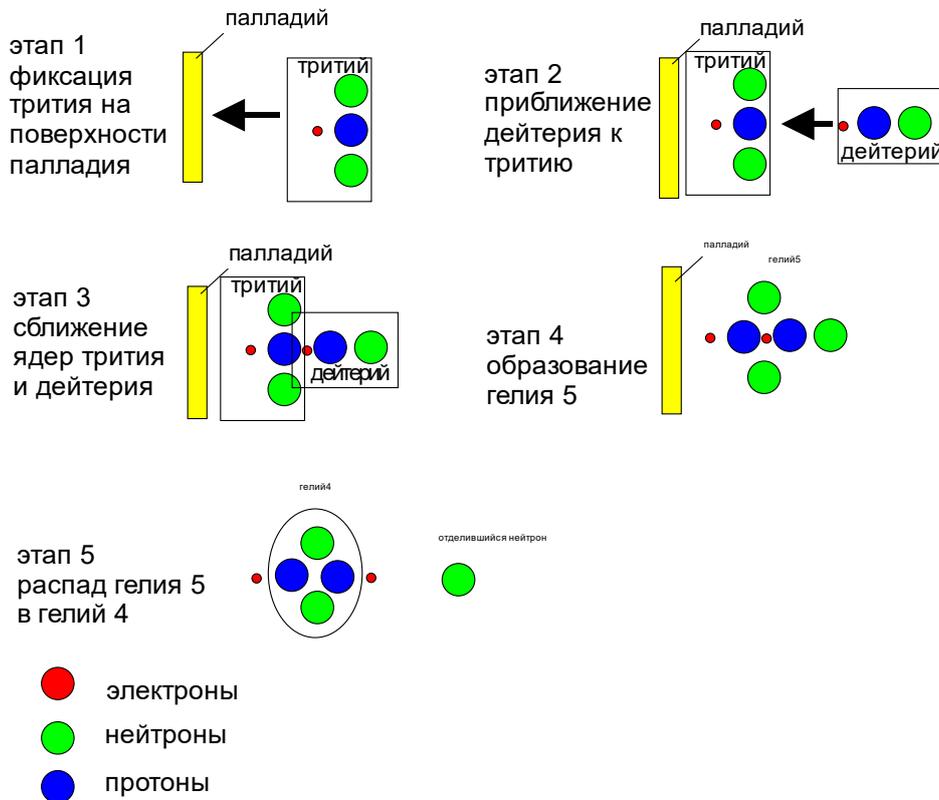


Рис. 5 Предполагаемая схема низкотемпературной ядерной реакции дейтерия и трития в опыте Йошира (Йосиаки) Арата (Yoshiaki Arata), Япония

Тогда имеем схему сил между протонами и электроном, расположенным между протонами, отображённую на Рис. 6.

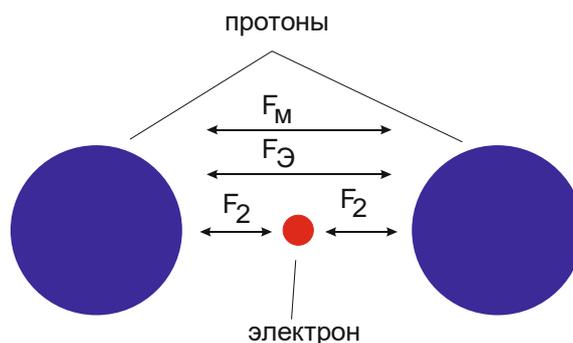


Рисунок 6. Схема сил между электроном и 2 протонами

Примем, что магнитные моменты протонов и электрона направлены в одну сторону и соответственно притягиваются. Введение электрона между протонами изменяет условия асимптотической свободы описанной в [3] и будет способствовать большему сближению протонов. Также в [3] изложено обоснование, что электрон как частица будет находится в определённой области от протона.

Будем считать, что электрон равноудалён от протонов. Тогда к электрону притягивается 2

протона и протоны между собой отталкиваются. Соответственно

$$2F_2 - F_1 = 0 \quad (1)$$

где  $F_2$  - сила Кулона между электроном и протоном,  $F_1$  - сила взаимодействия между протонами.

Очевидно, что поскольку заряды электрона и протона равны будет происходить сближение протонов в любом случае пока не появится дополнительная сила препятствующая взаимодействию между электронами и протонами, или электрон не будет удалён из межпротонного

пространства – такая возможность описана в [3].  
Дополнительной силой препятствующей сближению протонов будет сила взаимодействия между протоном дейтерия и нейтронами трития, но возникновение такого взаимодействия означает превращение изотопов дейтерия и трития в ядро гелия 5.

Рассчитаем на какое минимальное расстояние сблизятся протоны по схеме на Рис. 6 при отсутствии других сил.

Как известно сила притяжения заряженной частицы к равномерно заряженному кругу определяется как

$$F_2 = \frac{q_1 q_2 z}{4\pi\epsilon_0(R^2 + z^2)^{3/2}}$$

где  $q_1$  и  $q_2$  – заряды соответственно круга и частицы над кругом,  $z$  расстояние от частицы до круга,  $R$  – диаметр круга.

Соответственно если пренебречь силами магнитного взаимодействия, которые при условии совпадения направления магнитных полей только усилят это притяжение, будем иметь

$$2 \frac{q_1 q_2 z}{4\pi\epsilon_0(R^2 + z^2)^{3/2}} - \frac{q_1 q_1}{4\pi\epsilon_0(2z)^2} = 0$$

$$8z^3 = (R^2 + z^2)^{3/2}$$

$$4z^2 = R^2 + z^2$$

$$3z^2 = R^2$$

$$z = \sqrt{\frac{R^2}{3}} = 1,732R$$

Нужно учесть, что согласно последним данным [4]  $r_p = 0,831 \cdot 10^{-15}$  м. и тогда  $z = 1,44 \cdot 10^{-15}$  м.

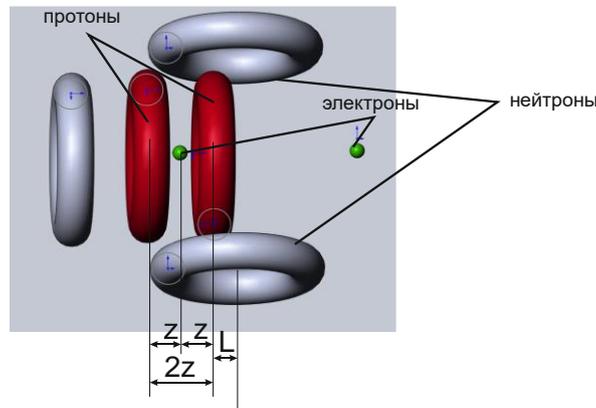


Рисунок 7 Схема сборки ядер трития и дейтерия в ядро гелия в момент сближения протонов

Даже если будет наблюдаться некоторый сдвиг протона трития  $L$  (Рис. 7) от центра ядра, даже если значение  $L$  достигнет значения радиуса протона, то всё равно с учётом рассчитанного значения  $z$  протон ядра дейтерия гарантированно входит в зону развития межуکلонных сил ядром трития.

Согласно [5] нуклон-нуклонное взаимодействие можно описать в рамках

концепции потенциала. Радиальная зависимость  $NN$ -потенциала  $V(r)$  показана на рис. 8. Минимум потенциала при  $r \approx 0,8$  Фм, глубина в этой точке – (70–80) МэВ. При  $r < 0,8$  Фм потенциал возрастает. При  $r > 0,8$  Фм отрицательный потенциал приближается с ростом  $r$  к нулю. Этот участок  $NN$ -потенциала отвечает силам притяжения. Среднее расстояние между нуклонами в ядре около 2 Фм.

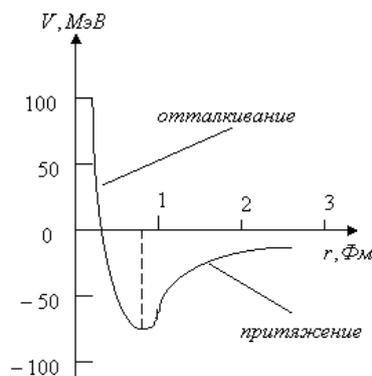


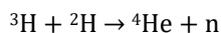
Рисунок 8. Радиальная зависимость нуклон-нуклонного потенциала

Согласно [6] мезонной теории, взаимодействие между нуклонами осуществляется путём обмена мезонами. Ядерные силы характеризуются радиусом действия; он определяется ком-птоновской длиной волны мезонов, к-рыми обмениваются нуклоны, где  $m$  - масса мезона. Наиб. радиус действия имеют силы притяжения, обусловленные обменом я-мезонами. Для них  $l \approx 1,41$  Фм ( $1 \text{ Фм} = 10^{-13} \text{ см}$ ). Это соответствует расстоянию между нуклонами в ядрах. Обмен более тяжёлыми мезонами ( $\rho$ ,  $\omega$  и др.) оказывает влияние на взаимодействие между нуклонами на меньших расстояниях, вызывая, в частности, отталкивание между ними на расстояниях  $\leq 0,4$  Фм.

Согласно [7] на расстояниях больше 0,7 фм сила притяжения между выровненными по спину нуклонами становится максимальной на расстоянии между центром около 0,9 фм. За пределами этого расстояния сила экспоненциально падает, до тех пор, пока расстояние не превышает 2,0 фм, сила незначительна. Нуклоны имеют радиус около 0,8 фм. а малых расстояниях (менее 1,7 фм или около того) сила притяжения ядер сильнее, чем сила отталкивания. **КУЛОНОВСКАЯ СИЛА** между протонами; таким образом он преодолевает отталкивание протонов внутри ядра. Однако кулоновская сила между протонами имеет гораздо больший диапазон, поскольку она изменяется как обратный квадрат разделения зарядов, и кулоновское отталкивание, таким образом, становится единственной значительной силой между протонами, когда их разделение превышает примерно 2–2,5 фм.

Таким образом обеспечивается сближение ядра дейтерия с ядром трития для начала действия межнуклонных сил.

Реакцию термоядерного синтеза с участием дейтерия (дейтерий обозначается символом  $^2\text{H}$ ) и трития (изотоп водорода с одним протоном и двумя нейтронами в ядре, обозначается  $^3\text{H}$ ) обозначают как:



Имеет смысл расширить формулу и записать как



Такое написание реакции синтеза даст иное понимание протекания реакции, а именно что сначала происходит объединение дейтерия и трития в 1 частицу которая потом распадается, а не объединение их в частицу с испусканием нейтрона в процессе объединения, который лишней.

Этот момент важен вследствие зависимости вероятности захвата нейтрона ядрами от энергии нейтрона. Да можно сказать, что водород это не нейтрон, а система нейтрона и протона, но необходимо отметить, что нейтроны при их нейтральности в целом тем не менее взаимодействуют друг с другом, что проявляется в нестабильности такого изотопа водорода как тритий (радиоактивный нестабильный изотоп с периодом полураспада 12,32 года) и тем более квадри и других.

Причиной распада ядра трития исходя из схемы его ядра видится в особенности его строения.

Очевидно что вне природы силы взаимодействия между протоном и нейтроном в случае дейтерия эта связь будет намного прочнее вследствие обеспечения большей площади воздействия между протоном и нейтроном, кроме того сама малая площадь воздействия между нейтронами и протоном в ядре трития представляется источником нестабильности ядер трития. Кроме того, если природа сил взаимодействия между нейтроном и протоном электромагнитная то нестабильность ядру трития также будет добавлять взаимодействие нейтронов ядра трития т.к. представляется, что при общей нейтральности нейтрона [8] (Рис. 9) имеется неравномерность распределения заряда в структуре нейтрона что и обеспечивает взаимодействие между протоном и нейтроном. Соответственно та некая неравномерность на поверхности протона должна иметь отрицательный заряд, соответственно противоположно расположенные нейтроны в ядре трития будут дополнительно отталкиваться. Дополнительный дисбаланс так же будет вводить электрон, удерживаемый полем протонатрития

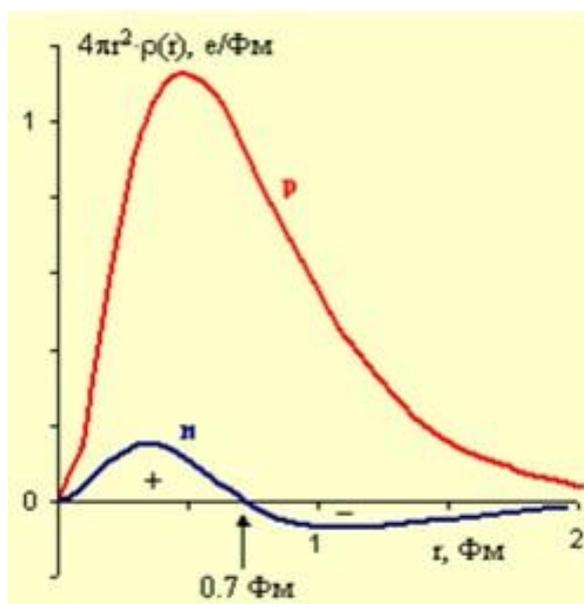


Рисунок 9 Распределение электрического заряда в нейтроне и протоне

Если бы нейтроны не взаимодействовали между собой то не было бы причины ожидать нестабильности трития и других изотопов водорода. Следовательно 5 нейтрон из гелия-5 буквально отстреливается при распаде на гелий-4 и нейтрон из-за взаимодействия с другими нейтронами и это при том, что взаимодействие одиночных нейтронов и протонов стабильно.

Возможность удаления электрона из области между протонами и нейтронами так же было изложено в [3] как проход электрона через протон при определённых условиях, но можно добавить, что при сближении протонов магнитное поле между ними будет возрастать и становится всё более прямолинейным и это и обеспечит уход электрона.

Минимальный угол входа электрона в поле протона с первой орбиты водорода чтобы он был не отражён рассчитан в [3] составляет  $\alpha_0 = 0.00161^{\circ}$ . Рассчитаем, какое расстояние должно быть между протонами чтобы изгиб силовых линий магнитного поля имел такое отклонение от прямолинейности.

По мере сближения протонов электрон будет всё более стабилизироваться на оси взаимодействия протонов и неизбежно выскочит по оси протона.

Как показано в [3] электроны могут удерживаться около протонов с помощью магнитного зеркала формируемого полем протона (силовые линии указаны условно) (рис. 10).

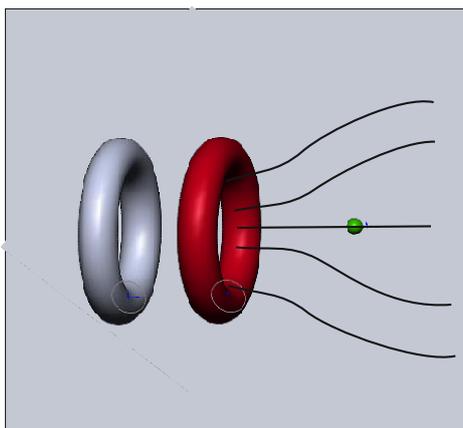


Рисунок 10 Удержание электрона с помощью магнитного зеркала в атоме дейтерия.

На рис. 11 показаны стадии изменения формы магнитного поля между протонами трития и дейтерия по мере их сближения. Как видно сначала

оно образует магнитную ловушку, но затем поле всё более спрямляется и перестанет способным удерживать электрон.

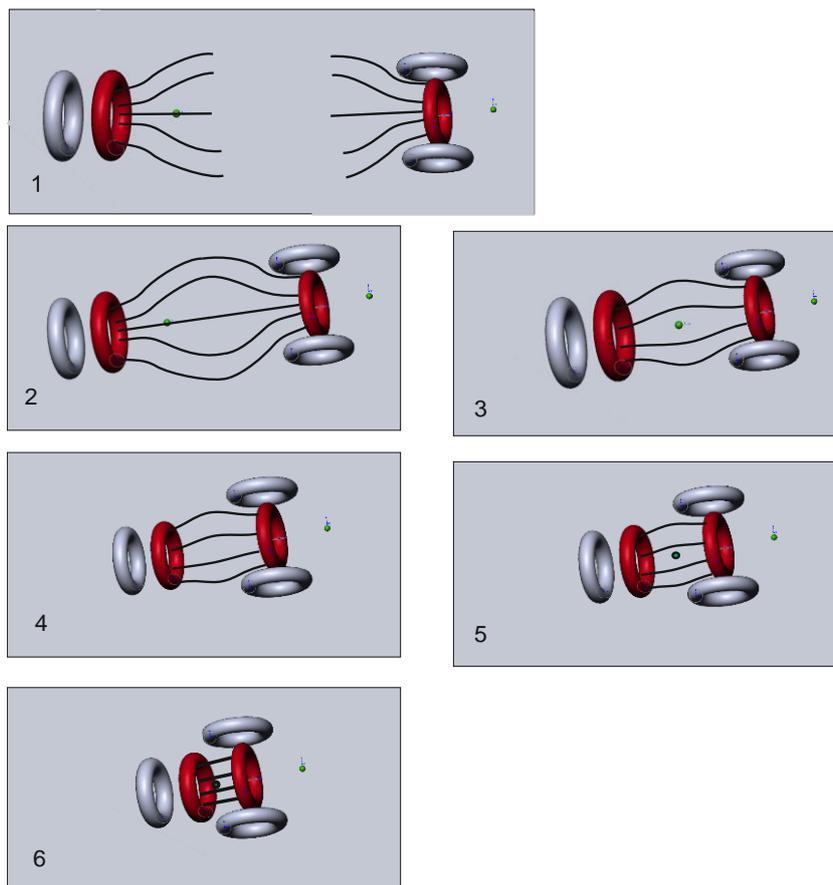


Рисунок 11 Магнитное поле между дейтерием и тритием по мере их сближения.

На основе предположения о механизме распада трития в зависимости от степени взаимодействия протона с протоном, а так же факт распада свободных нейтронов (причём период полураспада свободных нейтронов намного больше чем у трития) можно выдвинуть предположение, что нестабильность ядер связана с уровнем связанности нейтронов протонами – очевидно, что нейтрон в ядре дейтерия связан с протоном сильнее чем нейтроны в ядре трития с протоном.

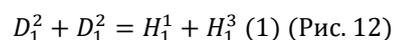
Палладий в такой схеме принимает место катализатора, обеспечивая нужную ориентацию радикалов.

Необходимо заметить, что атомы с большим количеством протонов в ядрах и соответственно окружённые электронами по данной схеме не смогут прореагировать, т.к. электроны будут препятствовать сближению отталкивая атомы друг от друга.

Согласно схеме ядерной реакции такой же процесс должен идти и с заменой дейтерия протием.

• Зададим вопрос – откуда в опыте Йошира (Йосиаки) Арата (Yoshiaki Arata), Япония [1] взялся тритий? Напомню, что открытие изотопа водорода

с массой 3 принадлежит Олифанту, Хартеку и Резерфорду, которые в 1934 г. бомбардировали мишени из  $\text{ND}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{ND}_4)_2\text{SO}_4$  и  $\text{D}_3\text{PO}_4$  дейтронами (Дейтрон состоит из 1 протона и 1 нейтрона) с энергией от 20 000 до 100 000 вольт. При бомбардировке наблюдалась группа протонов с пробегом 14,3 см и группа других заряженных частиц с пробегом 1,6 см в равном количестве с первой. Авторы предположили существование реакции, в результате которой образуется протон и неизвестная до тех пор частица  $\text{H}^3$ :



Наряду с заряженными частицами наблюдались также нейтроны, что заставило авторов предположить вторую параллельную реакцию с образованием нового изотопа гелия с массой 3:  $D_1^2 + D_1^2 = \text{He}_2^3 + n_0^1 \quad (1)$

В дальнейшем частицу  $\text{H}_1^3$  назвали тритием [9].

Чтобы из дейтерия получился дейтрон атому дейтерия соответственно необходимо потерять электрон, который в опыте Йошира (Йосиаки) Арата (Yoshiaki Arata), Япония [1] можно передать палладию, в котором происходит накопление изотопов водорода.

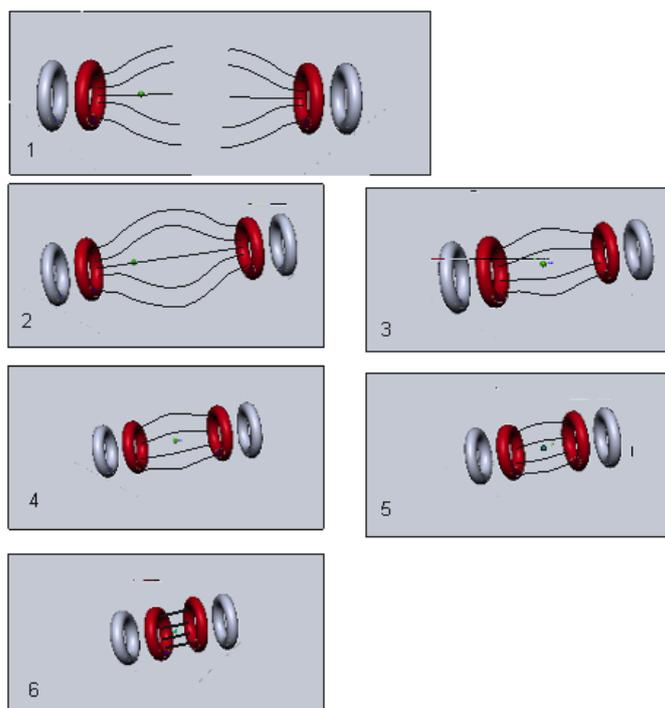


Рисунок 12 Реакция между дейтерием и дейтоном

На рис. 12 соответственно отображены стадии объединения дейтерия с дейтоном:

Стадия 1. Встреча ядра дейтерия с электроном и ядра дейтерия без электрона

Стадии 2 – 5. Сближение под действие сил (1)

Стадия 6. Кратковременное объединение ядер дейтерия которое можно считать неустойчивым ядром гелия<sup>4</sup> которое распадается после выхода электрона из межпротонного пространства на дейтерий, протон и нейтрон.

Нейтрон впоследствии присоединяется к какому либо иному ядру дейтерия с образованием трития. В итоге получается тритий и протий.

Таким образом можно предположить, что в опыте Араты, в ходе которого палладий-циркониевый материал насыщался дейтерием до уровня при котором на 1 атом палладия приходилось 3 атома дейтерия, тритий образовывался непосредственно в установке с последующей ядерной реакцией между тритием и дейтерием.

Следует так же отметить, что атомная реакция атомов трития с атомами дейтерия и протия объясняет ничтожный уровень нахождения трития в природе.

#### Литература:

1. Arata Y., and Zhang Y.-C. Formation of condensed metallic deuterium lattice and nuclear fusion. Proceedings of the Japan Academy. Ser. B: Physical and Biological Sciences. – 2002. – Vol. 78, No.3. P. 57 – 62.

2. Федеральное агентство по образованию И.В. Копытин, А.С. Корнев, Н.Л. Манаков Квантовая теория Курс лекций для вузов Часть 1 3-е издание Воронеж 2009

3. Методы удержания электронов как частиц на орбиталях протонов на основе электромагнитной ловушки и взаимодействия протонов в молекуле водорода, а также формирование принципа паули и асимптотическая свобода во взаимодействии частиц (28-33) DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.2.60.305, Название журнала: Национальная Ассоциация ученых, Выпуск: 60, Том: 2, Страницы в выпуске: 28-33, Кузнецов Василий Юрьевич, кандидат технических наук

4. A small proton charge radius from an electron–proton scattering experiment | Nature <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1721-2>

5. Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова Кафедра общей ядерной физики. Межфакультетский курс Микромир и Вселенная проф. Б.С. Ишханов, 2019

6. Физическая энциклопедия. В 5-ти томах. — М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1988. <http://sbiblio.com/BIBLIO/content.aspx?dictid=125&wordid=902337>

7. Повх, Б .; Rith, К .; Scholz, С .; Цетше, Ф. (2002). *Частицы и ядра: введение в физические концепции*. Берлин: Springer-Verlag. п. 73

8. Ишханов Б. С. История атомного ядра: учебное пособие — М. : Университетская книга, 2011. — 314 с. :

9. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК РАДИОАКТИВНЫЙ ИЗОТОП ВОДОРОДА — ТРИТИЙ Б. В. Айвазов и М. Б. Нейман стр 145 1948 г. Октябрь Т. XXXVI, вып. 2