

01

© 1990

БИНЕЙТРОННАЯ МОДЕЛЬ ХОЛОДНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА В МЕТАЛЛЕ

В.В. Покропивный, В.В. Огородников

После первых сообщений о фрактоядерном эффекте [1-7] признаки реакций холодного ядерного синтеза (ХЯС) обнаружены не только при разрушении дейтерийсодержащих веществ и электролизе тяжелой воды, но и при имплантации ускоренных ионов дейтерия в дейтерийсодержащие кристаллы [8, 9] и при восстановлении металлов [10]. В тщательных контрольных экспериментах подтверждено небольшое превышение (0.2 нейтрона в час) n - и β -потоков над фоновым значением и установлен верхний предел скорости реакции ХЯС, равный $3 \cdot 10^{-3}$ 1/с [11, 12]. Реакция ХЯС сопровождается эмиссией электронов с энергией 10-100 кэВ [2], указывающей на наличие трития [13]. Попытки объяснения ХЯС, основанные на предположениях: а) усиления вероятности туннельного слияния дейтронов за счет концентрационного сжатия и снижения кулоновского барьера экранированием зонных [14] или основных [15] электронов; б) образования связанных DD состояний [16, 17] не увенчались успехом [17].

В данной работе предложен механизм ХЯС, основанный на гипотезе образования квазистабильных бинейтронов в дейтерийсодержащих металлах [18].

Предположим, что произошла ядерная реакция захвата электрона ядром дейтерия $D(e, \nu)^2n$. Для образовавшегося бинейтрона нет кулоновского барьера и если время жизни его достаточно велико, то за счет столкновения с дейтроном возможна реакция ХЯС по каналам $D(^2n, n)T$ или $D(^2n, e\nu)^4He$. Необходимо предположить также, что сечение этих реакций значительно выше, чем сечение захвата теплового нейтрона дейтроном. Таким образом, эксперименты по ХЯС рассматриваются как косвенные наблюдения бинейтронов.

Эта гипотеза нуждается в обосновании, так как стабильный бинейтрон в свободном состоянии не обнаружен, "...поскольку из опытов по рассеянию нейтронов на протонах известно, что в 1S -состоянии, разрешенном принципом Паули для двух нейтронов, их притяжение недостаточно для образования связанного состояния" [19]. В соответствии с принципом зарядовой симметрии ядерных сил бинейтрон является одной из составляющих изотопического триплета - дейтрона, бинейтрона и бипротона. Атомный вес бинейтрона равен магическому числу 2, что согласно оболочечной модели ядра и в соответствии с эффектом спаривания нуклонов в ядре свидетельствует о его возможной стабильности. Это, а также сам факт

существования стабильных нейтронных звезд указывает на то, что нейтральные ядра или кластеры, в том числе и бинейтрон, могут реально существовать при определенных условиях. Однако, в свободном состоянии они переходят в низкоэнергетические состояния, соответствующие заряженным ядрам. Из этого следует, что для регистрации нейтральных ядер необходимо обеспечить условия их получения и стабилизации. В случае нейтронной звезды эти условия обеспечиваются гравитационным коллапсом, а для бинейтрона в металле необходима высокая плотность и давление электронного газа, поскольку "...ядра с избытком нейтронов стабилизируются присутствием электронов" [20]. В пользу этого предположения свидетельствует тот факт, что "вероятность захвата орбитальных электронов зависит не только от свойств ядра, но и от свойств электронного облака, окружающего ядро" [21]. Она пропорциональна плотности электронов в ядре, которая зависит от химической связи. В гидридах и дейтеридах металлов с высокой концентрацией электронного газа [22] суммарная плотность электронных волновых функций в дейтроне значительно выше, чем в изолированном атоме дейтерия. К тому же, размер дейтрона значительно превышает радиус действия ядерных сил. Выполненный нами термодинамический расчет давления электронного газа в металлах показывает [23], что в палладии $P_e = 41,6$ ГПа и ниобии $P_e = 45,3$ ГПа оно значительно выше, чем у других металлов с кубической решеткой и, видимо, достаточно для непродолжительной стабилизации бинейтрона в металле. Строгое обоснование этих рассуждений сводится к решению кванто-механической задачи о неупругом резонансном рассеянии на дейтроне электрона с энергией ~ 70 кэВ, близкой к энергии виртуального квазидискретного уровня двухнуклонной системы в синглетном или триплетном состоянии с учетом кристаллического поля. Возникающее при этом квазистабильное состояние электрона с дейтроном, связанное небольшим центробежным потенциалом (~ 1 МэВ), можно рассматривать как квазибинейтрон, время жизни которого тем больше, чем ближе его энергия к энергии виртуального состояния двухнуклонной системы. Возможность образования связанных состояний в непрерывном спектре для одноименно-заряженных частиц показана недавно в работе [24]. Таким образом, необходимым условием получения квазистабильного бинейтрона по эндотермической реакции e^- -захвата является высокая энергия и плотность электронов, а также соблюдение указанного условия резонанса.

Источником электронов с такой энергией может быть фрактоядерный эффект [1-4], в котором при разрушении дейтеридов образуются локальные электрические поля напряженностью $\sim 10^9$ В/м, которые, действуя как микроконденсаторы, ускоряют электроны до энергий $\sim 10-100$ кэВ [2], что как раз необходимо для e^- -захвата. При электролизе источником высокоэнергетических электронов может быть процесс нейтрализации катионов-дейтронов на поверхности катода. В момент подхода дейтрона к катоду локальная напряженность электрического поля также составляет $\sim 10^9$ В/м, которая и ускоряет наиболее "горячую" часть электронов до энергий

~100 кэВ. Образовавшиеся бинейтроны стабилизируются высокой плотностью электронов на поверхности катода. Заметим, что при электролизе обычной воды для захвата электронов с образованием нейтронов по реакции ${}^4\text{He}(e, \nu)n$ необходим значительно больший потенциал, поскольку порог нейтронизации протона существенно выше ~0.78 МэВ [20]. Источником высокоэнергетических электронов при бомбардировке дейтеридов металлов на ускорителе [8] является возбуждение электронной подсистемы, а при высоковольтном разряде [9] – ионизация примесей дейтерия в соответствии с эффектом Пеннинга. Расхождения в результатах экспериментов [5, 6, 11, 12] объясняются, по-видимому, отличием энергии электронов от резонансных значений. Таким образом, наша модель позволяет с единых позиций качественно объяснить все эксперименты по наблюдению ХЯС.

Для проверки предложенного механизма необходимо изменять параметры экспериментов по наблюдению ХЯС таким образом, чтобы энергия ускоренных электронов изменялась в пределах 1–100 кэВ. Тогда при определенных значениях, соответствующих энергии виртуальных уровней бинейтрона, скорость реакции синтеза, а вместе с ней поток нейтронов и наработка трития по каналу $D(^2n, n)T$ или наработка гелия по каналу $D(^2n, e\nu){}^4\text{He}$ значительно возрастает. Кроме этого, в соответствии с явлением двухнуклонной радиоактивности нейтронно-избыточных ядер (эффект Гольданского), можно предсказать спонтанное образование бинейтროнов и самопроизвольные реакции ХЯС в кристаллах, содержащих нейтронно-избыточные радиоактивные примеси или матрицу и дейтерий.

В заключение отметим, что если существование квазистабильных бинейтროнов в металлической решетке будет надежно доказано, то это откроет новый вид ядерных реакций с его участием – как синтеза, так и деления атомов решетки или примесей.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К л ю е в В.А., Л и п с о н А.Г., Т о п о р о в Ю.П. и др. // ДАН СССР. 1984. Т. 279. № 2. С. 415–419.
- [2] Х р у с т а л е в Ю.П., С е р д ю к О.М., С а в е н - к о В.И. и др. // Коллоидный журнал. 1986. Т. 48. № 3. С. 520–527.
- [3] К л ю е в В.А., Л и п с о н А.Г., Т о п о р о в Ю.П. и др. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 21. С. 1333–1337.
- [4] Л и п с о н А.Г., С а к о в Д.М., К л ю е в В.А. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. В. 11. С. 588–590.
- [5] F l e i s c h m a n n M., P o n s S. // J. Electroanal. Chem. 1989. V. 261. P. 301–308.
- [6] J o n e s S.E., P a l m e r E.P., C z i r r J.B. et al. // Nature. 1989. V. 338. N 6218. P. 737–740.
- [7] W e n z l H. // Phys. В 1. 1989. V. 45. N 10. P. 408–409.

- [8] Будников А.Т., Зубер В.М., Картамышев Г.А. и др. // Препринт ВНИИМ. Харьков, 1989. № 4. 12 с.
- [9] Косячков А.А., Трилецкий В.С., Черепин В.Т., Чичкань С.М. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. № 12. С. 648-651.
- [10] Аржанников А.В., Кезерашвили Г.Я., Смирнов И.И., Якимова Н.В. // Препринт ИЯФ СО АН СССР. Новосибирск, 1989. № 152. 13 с.
- [11] G a i M., R u g a r i S.L., F r a n c e R.H. et al. // Nature. 1989. V. 340. N 6228. P. 29-34.
- [12] B o t t e r F., B o u c h e z J., C o l l o t J. et al. // Phys. Lett. B. 1989. V. 232. N 4. P. 536-538.
- [13] Липсон А.Г., Клюев В.А., Дерягин Б.В. и др. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. № 19. С. 88-90.
- [14] H e n i s Z., F l e i z e r S., Z i g l e r A. // J. Phys. G. 1989. V. 15. N 10. P. L219-L223.
- [15] Карпов С. Ю., Ковальчук Ю.В., Мячин В.Е., Погорельский Ю.В. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. № 5. С. 91-94.
- [16] Малюта Ю.М., Огородников В.В. // Препринт ИПМ АН УССР. Киев, 1989. № 9. 5 с.
- [17] G o l d a n s k i i V.I., D a l i d s h i k F.I. // Phys. Lett. 1990. V. 234. N 4. P. 465-468.
- [18] Покропивный В.В., Огородников В.В. // Препринт ИПМ АН УССР. Киев, 1990. № 6. 5 с.
- [19] Зельдович Я.Б. // ЖЭТФ. 1960. Т. 38. В. 4. С. 1123-1131.
- [20] Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Релятивистская астрофизика. М.: Наука, 1967. 656 с.
- [21] Блатт Дж., Вайскопф В. Теоретическая ядерная физика. М.: ИЛ. 1954. 858 с.
- [22] Максимов Е.Г., Панкратов О.А. // УФН. 1975. Т. 116. В. 3. С. 385-412.
- [23] Огородников В.В., Покропивный В.В. // Препринт ИПМ АН УССР. Киев, 1990. № 7. 13 с.
- [24] Арбузов Б.А., Боос Э.Э., Саврыкин В.И., Шичанин С.А. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 50. В. 5. С. 236-238.

Институт проблем
материаловедения АН УССР,
Киев

Поступило в Редакцию
3 августа 1990 г.