

О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ХОЛОДНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

С.Ю. Карпов, Ю.В. Ковальчук,
В.Е. Мясин, Ю.В. Погорельский

В работах [1, 2] наблюдалась эмиссия нейтронов из палладия и титана, насыщенных дейтерием в процессе электролиза тяжелой воды. Физическая причина этого явления в настоящее время не ясна. В ряде работ (см., например, [3, 4]) показано, что внутрикристаллическое поле палладия не может обеспечить сближение ядер дейтерия на расстояния, при которых туннельное слияние ядер произошло бы с наблюдаемой в эксперименте эффективностью. Не эффективным для сближения оказывается и экранирование кулоновского отталкивания ядер дейтерия валентными электронами палладия, т.к. концентрация электронов оказывается для этого недостаточно велика [5].

В данной работе сделано предположение о механизме наблюдаемого в [1, 2] эффекта. Следствием этого предположения является возможность изменения экспериментальной постановки.

Рассмотрим возможность проникновения протона (или ядра дейтерия) во внутреннюю оболочку тяжелого атома. Этому, очевидно, препятствует нарастающий к центру положительный потенциал. Однако одновременно увеличивается и плотность электронов внутренних оболочек. На расстоянии $\sim \alpha Z^{-1/3}$ от центра атома (α – борковский радиус, Z – заряд тяжелого ядра) электронная плотность $n \sim 0.03 \alpha^{-3} Z^2 \sim 2 \cdot 10^{27} \text{ см}^{-3}$ для $Z \sim 80$. Перераспределение электронной плотности в поле легкого ядра приведет к частичному экранированию кулоновского отталкивания. (Оценка, выполненная в модели Томаса–Ферми, показывает, что кулоновское взаимодействие ядра с тяжелым атомом ослабляется в

$\exp\left\{-\int_0^R q(r) dr\right\}$ раз, где R – расстояние от ядра до центра атома; $q^2(r) = \pi^{-1/2} 2^{5/2} \phi^{1/2}(r)$, $\phi(r)$ – самосогласованный потенциал тяжелого атома. При $R \sim \alpha Z^{-1/3}$ взаимодействие ослабляется на порядок. Такого экранирования еще недостаточно для вхождения легкого ядра внутрь тяжелого атома. Следует, однако, отметить, что приведенная оценка носит лишь иллюстративный характер. Из нее, например, видно, что при увеличении R экранирование быстро растет, а электронная плотность при этом спадает медленно – по степенному закону. В то же время модель Томаса–Ферми при больших R становится неприменимой. Кроме того, в этой модели не учитываются дифракционные эффекты, существенные при больших электронных плотностях [6]. При концентрации электронов $\sim 10^{26} \cdot 10^{27} \text{ см}^{-3}$ два ядра дейтерия благодаря экранированию могут

быть сближены на расстояние по крайней мере в пять раз меньше, чем при $n \sim 10^{23}$. Это может оказаться достаточным для туннельного слияния ядер. Таким образом, можно сделать предположение, что наблюдаемая в [1, 2] эмиссия нейтронов связана со слиянием ядер дейтерия, сблизившихся на малое расстояние внутри электронных оболочек тяжелых атомов.

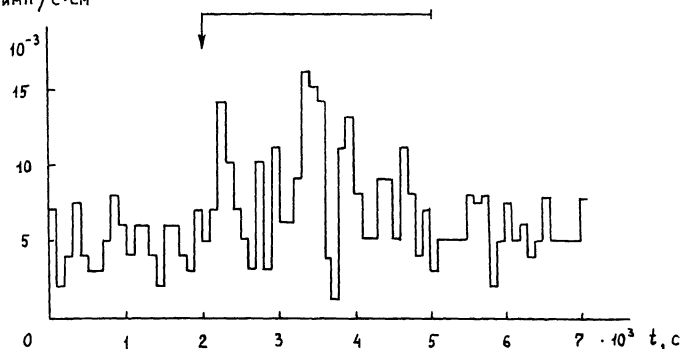
Если это предположение правильно, из него вытекают следующие экспериментальные условия наблюдения холодной реакции слияния (первое из условий, фактически, сформулировано в [1]): присутствие в системе большой концентрации дейтерия, причем в виде положительных ионов, а не нейтральных атомов; присутствие тяжелых элементов, предпочтительно в виде отрицательных ионов; активация ядер дейтерия (тепловая; за счет внешнего воздействия; за счет химической реакции), увеличивающая вероятность проникновения их во внутренние электронные оболочки тяжелых элементов.

С учетом этих требований нами был проведен ряд химических реакций по образованию кислотных растворов электролитов в тяжелой воде. В процессе одной из пяти опробованных реакций датчиком нейтронов был зарегистрирован сигнал, в два раза превышающий уровень фона. Реакция представляла собой растворение HBr (10–15 мл 40% – водного раствора) в насыщенном растворе иодистого калия в D_2O (20 мл, 99.9%); в процессе этой реакции образуется бромистый калий, частично выпадающий из раствора, и происходит обмен между водородом и дейтерием из тяжелой воды.

В экспериментах использовался датчик МКС–01Р, включающий сцинтилляционный детектор быстрых и промежуточных нейтронов БДКН–01Р, сопряженный с фотоэлектронным умножителем. Детектор помещался в центре сферического замедлителя нейтронов (полиэтилен, диаметр 15 см), окруженного кадмиевой оболочкой. Колба с реактивами располагалась на расстоянии 10 см от детектора.

На рис. 1 приведена гистограмма количества импульсов, регистрируемых датчиком нейтронов в единицу времени (интервал накопления – 100 с) до и в процессе протекания химической реакции. Гистограмма получена в результате усреднения данных 16 экспериментов. Первые $2 \cdot 10^3$ с датчик регистрирует фоновый сигнал (его среднее значение совпадает с уровнем фона, полученным в экспериментах без проведения химической реакции). Начало растворения HBr в растворе иодистого калия показано на рис. 1 стрелкой. Регистрация сигнала в процессе химической реакции длилась $3 \cdot 10^3$ с (в течение всего этого времени наблюдалось изменение цвета раствора). После этого колба с раствором убиралась от датчика и в течение $2 \cdot 10^3$ с снова записывался фоновый сигнал. Средний во времени уровень сигнала на интервале от $3 \cdot 10^3$ до $4 \cdot 10^3$ с составлял $9 \cdot 10^3$ имп/с; средний уровень фона – $5 \cdot 10^{-3}$ имп/с.

В контрольных экспериментах та же химическая реакция проводилась с обычной водой. Статистическая обработка данных показала отсутствие превышения сигнала над фоном. Кроме того, у дат-

имп/с·см²

Гистограмма числа импульсов в единицу времени, регистрируемых счетчиком нейтронов до и в ходе химической реакции.

Стрелка - начало химической реакции.

чика выдерживались все отдельные реагенты; среднее значение сигнала при этом также не отличалось от фонового.

Таким образом, в системе, выбранной в соответствии со сформулированными выше условиями, наблюдается холодная ядерная реакция.

Следует отметить, что в работах [7, 8] сообщается о регистрации нейтронов в процессе химических реакций с дейтерийсодержащими компонентами.

Авторы благодарят Е.А. Третьякову за помощь в проведении экспериментов и выражают глубокую признательность И.Х. Шаверу за постоянные консультации по методике регистрации нейтронов.

Авторы благодарны В.Е. Голанту, В.И. Перелю и А.Д. Пилие за полезную дискуссию.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Fleishman M., Pons S., Hawkins M. // J. Electroanal. Chem. 1989. V. 261. P. 301.
- [2] Jones S.E., Palmer E.P., Czirr J.B., Decker D.L., Jensen G.L., Thorne J.M., Taylor S.F., Rafelski J. // Nature. 1989. V. 338. P. 737.
- [3] Sun Z., Tomanek D. // Phys. Rev. Lett. 1989. V. 63. P. 59.
- [4] Nordlander P., Norskov J.K., Besenbacher F., Meyers S.M. // Phys. Rev. B. 1989. V. 40. P. 1990.

- [5] B u r r o u s A. // Phys. Rev. B. 1989. V. 40. P 3405.
- [6] М а р ч Н., Я н г Ц., С а м п а н т х а р С. Проблема многих тел в квантовой механике. М.: Мир, 1969. 496 с.
- [7] А р ж а н н и к о в А.В., К е з е р а ш в и л и Г.Я., М у р а т о в В.В., С и н и ц к и й С.Л. Препринт 89-144 Института ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск, 1989. 9 с.
- [8] А р ж а н н и к о в А.В., К е з е р а ш в и л и Г.Я., С м и р н о в И.И., Я к и м о в а Н.В. / Препринт 89-152 Института ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск, 1989. 13 с.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе АН СССР,
Ленинград

Поступило в Редакцию
8 февраля 1990 г.