

**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна**

P15-89-338

К. Д. Толстов

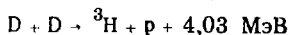
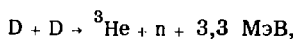
КОММЕНТАРИИ

К "ХОЛОДНОМУ" ТЕРМОЯДЕРНОМУ СИНТЕЗУ

1989

Превратить реакцию слияния ядер дейтерия, описанную в работах ^{1,2}, при обычных температурах в неограниченный источник энергии — это дело техники, и здесь очевидна полная аналогия с тем, что было после открытия выделения энергии при делении ядер урана. Поэтому значение осуществимости этой реакции фундаментально. Ниже приводятся оценки возможности слияния ядер дейтерия при нормальной температуре в легко создаваемых условиях.

Известно явление поглощения газообразного водорода палладием, которое по более ранним источникам составляет до 2000 объемов водорода при нормальных условиях на объем палладия, а по новым данным ^{3,4} — около 900 объемов. Различие, возможно, связано с рассмотрением молекулярного или атомарного состояния и поэтому примем для последнего значение 2000. Тогда в 1 см³ палладия на $7 \cdot 10^{22}$ его атомов поглощается $n = 5,4 \cdot 10^{22}$ атомов дейтерия. Заметим, что в 1 см³ жидкого дейтерия содержится $5 \cdot 10^{22}$ атомов. Далее, примем полную упаковку атомов дейтерия, т.е. $4/3\pi R^3 \cdot 5,4 \cdot 10^{22} = 1 \text{ см}^3$, тогда радиус R объема, приходящегося на один атом, равен $R = 1,64 \cdot 10^{-8}$ см и расстояние между ядрами дейтерия $L = 2R = 3 \cdot 10^{-8}$ см. Предполагая независимое от атомов палладия движение атомов дейтерия, т.е. верхнюю оценку их скорости v из $m v^2/2 = 3/2 kT$ при $T = 293^\circ \text{C}$ получим $v = 1,9 \cdot 10^5$ см/с. Число столкновений $m = v/L = 6,3 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$. Число реакций

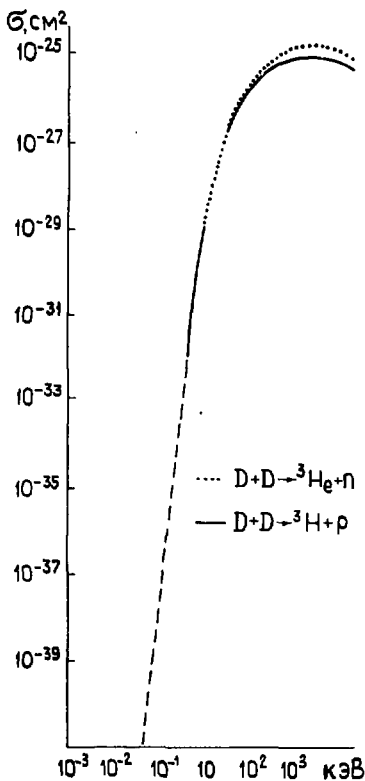


составит в секунду

$$N = n \cdot m \cdot \sigma.$$

Зависимость сечений реакций σ от энергии дейтронов приведена из ^{5/} на рисунке, из которого следует, что если не происходит изменения зависимости σ от энергии при ее уменьшении, то $N \rightarrow 0$.

Оценим условия осуществимости реакций слияния на основе туннельного эффекта. На больших расстояниях потенциальный барьер определен законом Кулона, а с уменьшением расстояния становятся существенными силы ядерного взаимодействия и, таким образом, форма



барьера на всем протяжении неоднозначна. Качественное заключение о расстоянии, на котором ядерные силы начинают превалировать, можно получить из зависимости сечения реакции $D + D \rightarrow {}^3\text{H} + p$, в которой при энергии порядка 1 МэВ выплывает рост сечения с увеличением энергии дейтронов. Кулоновский потенциал в 1 МэВ соответствует расстоянию между двумя единичными зарядами в $1,4 \cdot 10^{-13}$ см, то есть меньшему, чем среднеквадратичный радиус дейтона $1,93 \cdot 10^{-13}$ см.

При сближении дейтронов на расстояние их удвоенного среднеквадратичного радиуса потенциал кулоновского отталкивания равен 370 кэВ.

Таким образом, за максимальную ширину l барьера можно принять расстояние $2 \cdot 10^{-13} < l < 2, \cdot 10^{-8}$ см. Вероятность прохождения через прямоугольный барьер шириной l и высотой u , если кинетическая энергия частицы E , равна $u^2/6$:

$$W = \frac{16 \exp(-2p_2 \cdot l / \hbar)}{\left[1 + \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^2\right] \cdot \left[1 + \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^2\right]}$$

где

$$p_1 = \sqrt{2m_D E}, \quad p_2 = \sqrt{2m_D (u - E)}.$$

При 20°C средняя энергия дейтерия 0,025 эВ, а доля частиц с $E = 0,1$ эВ составляет 0,02. Следовательно, $p_1/p_2 \rightarrow 0$ и знаменатель в формуле равен $1 + u/E = u/E$. W — обратно пропорционально U , а ширина барьера входит к экспоненту, т.е. W в большей мере зависит от ширины барьера.

Если принять условие $n \cdot m \cdot W = 1$ и $E = 0,1$ эВ, то соотношение между высотой и шириной барьера будет иметь следующие значения (см. табл.). Из таблицы следует, что качественно возможна замена кулоновского барьера на прямоугольный при широком варьировании его высоты. (Известная формула для проницаемости W кулоновского барьера при интегрировании до $R_0 = 2 \cdot 10^{-13}$ см, и даже от $R = 10^{-9}$ см, дает $W = 10^{-88}$).

Таблица

Высота барьера, эВ	10^6	$5 \cdot 10^5$	10^5	$5 \cdot 10^4$	10^4	$5 \cdot 10^3$	10^3
Ширина барьера, см	10^{-11}	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$3,5 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-11}$	10^{-10}	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$3,7 \cdot 10^{-10}$

Таким образом, отличную от нуля вероятность проникновения через прямоугольный барьер можно ожидать только при сближении ядер дейтерия на расстояния $\sim 10^{-10}$ см, когда потенциал кулоновского отталкивания ~ 1400 эВ. Конечно, при рассмотрении не были учтены структурные особенности дейтона, его кварковый состав, распределение заряда и соответственно эффекты, с этим, возможно, связанные. Однако большое отличие расстояния между дейтонами в палладии от минимального, при котором возможно прохождение барьера, требует введения неизвестных факторов для объяснения "холодного" синтеза. Возможно, наших знаний для этого не хватает, так же как и для объяснения давно известной шаровой молнии.

Остановимся на данных работы^{1/2/}, в которой есть утверждение о четырехкратном превышении энерговыделения от затрачиваемого при электролизе тяжелой воды с применением палладиевых электродов. Используя данные статьи, имеем: напряжение $3 \div 25$ В, ток в отдельной ячейке в диапазоне $0,01 \div 0,5$ А, число ячеек 8. Беря минимальные значения напряжения и тока, получим затрачиваемую мощность $0,24$ Вт. Следовательно, при четырехкратном выигрыше 1 Вт энерговыделение в реакции $D + D \rightarrow {}^3\text{He} + n$ составляет $3,3$ МэВ, то есть должно выделяться $2 \cdot 10^{13}$ нейтронов в секунду, что неправдоподобно. Сами авторы дают значение $\sim 10^{-23}$ реакций в секунду на пару дейтонов. Возможно, тепловыделение обуславливалось экзотермической реакцией в палладии дейтерия, который выделяется при электролизе.

Остановлюсь на эксперименте, который может служить достаточно простой проверкой роли решетки палладия в "холодном" синтезе, а в случае успеха опыта он будет иметь самостоятельный интерес.

В материале, в котором не диффундирует газообразный водород, создается небольшой герметизируемый объем. Наружу из него выведена тонкая металлическая трубка, соединяемая с резервуаром газообразного дейтерия. Образец материала охлаждается гелием до температуры ожигения дейтерия, поступающего из резервуара. После заполнения объема трубка герметизируется. После отключения охлаждения гелием давление в образце поднимается до 2000 атм, но объем мал и такое давление выдерживает трубка со стенками менее 1 мм. Расстояние между атомами дейтерия в объеме будет практически одинаковым с расстоянием в палладии при поглощении 2000 объемов газообразного атомарного дейтерия.

В заключение автор выражает признательность за дискуссию участникам семинара в ЛВЭ ОИЯИ 26 апреля 1989 г. и Б.Н.Калинкину за критические замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журнал "Эхо планеты", 1989, №15, с.44.
2. Jones S.E. et al. Preprint BU and PHYS. 888-38, 1989.
3. Физический словарь. М.: Энциклопедия, 1988, т.4, с.18.
4. Свойства элементов. Справочник (под ред. М.Е.Бриц), М.: Металлургия, 1985.
5. Таблицы физических величин. Справочник (под ред. И.К.Кикоина), М.: Атомиздат, 1976, с.947.
6. Бом Д. Квантовая теория. М.: Наука, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 мая 1989 года.

Толстов К.Д.

P15-89-338

Комментарии к "холодному" термоядерному синтезу

Рассмотрены некоторые моменты осуществимости "холодного" термоядерного синтеза. Проведено сопоставление опубликованных опытных данных и показано наличие в них противоречий. Предложен вариант дальнейшей экспериментальной проверки.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод автора

Tolstov K.D.

P15-89-338

The Comments of the "Cold" Nuclear Fusion

Some possibilities of the "cold" nuclear fusion have been examined. The juxtaposition of the published data and the presence of the contradictions between them have been presented. The variant of the experiment has been proposed.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989

9 коп.

Редактор Е.К.Аксенова. **Макет** Н.А.Киселевой.

Набор Е.М.Граменицкой, Л.М.Кашежлебовой.

Подписано в печать 26.05.89.

Формат 60x90/16. **Офсетная печать.** Уч.-изд.листов 0,6.

Тираж 330. **Заказ** 42073.

**Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Дубна Московской области.**