

## БЕЗКУЛОНОВСКИЕ ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ ТРАНСАТОМОВ. ЭНЕРГИЯ ЗВЕЗД И НУКЛЕОСИНТЕЗ

Мышинский Г.В.

Объединенный институт ядерных исследований, <http://www.jinr.ru/>

Дубна 141980, Московская область, Российская Федерация

Поступила 13.04.2018

Представлена действительным членом РАЕН Корниловой А.А.

Обменная кулоновская энергия двух заряженных частиц, спаренных в ортобозон ( $S = \uparrow\uparrow, 1, 2, \dots$ ), имеет характер притяжения и в первом порядке теории возмущения она полностью компенсирует энергию их кулоновского отталкивания. Для сильновзаимодействующих тождественных частиц, в том числе атомных ядер, этот факт приводит к запуску ядерных реакций без кулоновского барьера. Тем самым объясняется возможность низкоэнергетических ядерных реакций. Как следствие, имеется альтернативный термоядерному синтезу механизм получения энергии в звездах, и есть процесс нуклеосинтеза, альтернативный взрыву сверхновых.

*Ключевые слова:* квантовая физика, обменное взаимодействие, спиновый Бозе-конденсат, реакции ядерного синтеза, низкоэнергетические ядерные реакции, астрофизика, нуклеосинтез, атомная–ядерная наука в конденсированной среде.

PACS: 36.10.-K; 32.10.-F; 76.30.-V; 03.75.MN; 03.75.NT; 42.55.VC; 25.60.PJ; 26.20.CD; 26.20.FJ

### Содержание

1. Введение (35)
  2. Обменное взаимодействие электронов в атоме гелия (36)
  3. Обменное взаимодействие электронов в трансатоме гелия (37)
  4. Обменное взаимодействие электронов в молекуле водорода (39)
  5. Взаимодействие атомов водорода в сильном магнитном поле. Образование трансмолекулы водорода (40)
  6. Ядерные реакции без кулоновского барьера (42)
  7. Эксперименты (45)
  8. Энергия звезд и нуклеосинтез (49)
  9. Заключение (50)
- Литература (51)

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Трансатомом называется атом, обладающий электронным Бозе-конденсатом [1-3]. В трансатоме электроны, необязательно все, находятся в спаренном состоянии. В отличие от сверхпроводников  $S = 0$ , электроны в трансатоме спариваются в ортобозон  $S = 1$ . Такое спаривание двух электронов осуществляется в сильном магнитном поле [1], благодаря, во-первых, обменному взаимодействию электронов, имеющему характер притяжения, и,

во-вторых, возникновению коррелированных осцилляций электронов около своих орбиталей, порождающих для них новое квантовое число  $n_b$ . В ортобозоне электроны имеют противоположные по знаку осцилляционные квантовые числа  $n_b^1 = -n_b^2$ ,  $n_b = 1, 2, 3, \dots$ . Поэтому принцип Паули для них выполняется. Траектории движения электронов представляют собой вложенные друг в друга замкнутые спирали, расположенные на поверхности тороида.

В настоящей статье рассматривается образование в сильном магнитном поле легких, с зарядом ядра  $Z < 6$  трансатомов и их взаимодействие. Взаимодействие тождественных трансатомов приводит не только к созданию трансмолекул, но и к осуществлению низкоэнергетических ядерных реакций.

В связанных системах: в атомах и молекулах, согласно принципу Паули, электроны не могут находиться в одном и том же квантовом состоянии. Для двух электронов в атоме гелия и молекуле водорода это условие выражается в том, что их полная волновая функция должна быть антисимметричной функцией, и она должна оставаться таковой после перестановки электронов. Симметричная волновая функция

не может быть использована для описания двух электронов.

Полную волновую функцию двух электронов обычно представляют произведением спиновой волновой функции электронов на волновую функцию их пространственного движения. Спиновая волновая функция электрона может принимать два значения: с положительной проекцией спина на выделенное направление  $S^+$  и с отрицательной проекцией спина на выделенное направление  $S^-$ . Спиновая функция двух электронов может быть представлена произведением спиновых функций отдельных электронов или комбинацией их произведения. Из-за тождественности электронов их общая спиновая функция при перестановке электронов должна обладать определенной симметрией: быть симметричной или антисимметричной. Симметричные спиновые волновые функции описывают триплетное состояние двух электронов ( $S = 1, m_s = +1, 0, -1$ ), а антисимметричные спиновые волновые функции описывают синглетное состояние ( $S = 0$ ).

Волновая функция пространственного движения двух электронов должна удовлетворять тем же требованиям, что и спиновая функция двух электронов. Если обозначить  $\Psi_a(1)$  волновой функцией пространственного движения первого электрона, находящегося в состоянии  $a$ , и  $\Psi_b(2)$  волновой функцией пространственного движения второго электрона, находящегося в состоянии  $b$ , то симметричная  $\Psi^+(1,2)$  и антисимметричная  $\Psi^-(1,2)$  волновые функции могут быть представлены в виде:

$$\Psi^+(1,2) = \Psi_a(1)\Psi_b(2) + \Psi_a(2)\Psi_b(1), \quad (1a)$$

$$\Psi^-(1,2) = \Psi_a(1)\Psi_b(2) - \Psi_a(2)\Psi_b(1). \quad (1b)$$

Поскольку полная волновая функция двух электронов должна быть антисимметричной функцией, а произведение симметричной функции на антисимметричную функцию есть антисимметричная функция, то приемлемыми являются только следующие комбинации [4]:

$$[\Psi_a(1)\Psi_b(2) + \Psi_a(2)\Psi_b(1)] \times [S^+(1)S^-(2) - S^+(2)S^-(1)]; \quad (2)$$

$$[\Psi_a(1)\Psi_b(2) - \Psi_a(2)\Psi_b(1)] \times [S^+(1)S^+(2)]; \quad (3a)$$

$$[\Psi_a(1)\Psi_b(2) - \Psi_a(2)\Psi_b(1)] \times [S^-(1)S^-(2)]; \quad (3b)$$

$$[\Psi_a(1)\Psi_b(2) - \Psi_a(2)\Psi_b(1)] \times [S^+(1)S^-(2) + S^+(2)S^-(1)]; \quad (3c).$$

Волновые функции двух электронов  $\Psi_a$  и  $\Psi_b$  написаны без учета их взаимодействия и

отвечают собственным значениям энергии  $E_a$  и  $E_b$ . Они хорошо известны из теории водородоподобных атомов. Энергия системы в этом случае равна  $E = E_a + E_b$ . Взаимодействие электронов учитывается с помощью теории возмущений.

## 2. ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В АТОМЕ ГЕЛИЯ

В атоме гелия энергия возмущения между электронами равна [4]:

$$V = k \cdot e^2 / r_{1,2}, \quad (4)$$

где  $r_{1,2}$  – расстояние между электронами,  $k = (4\pi\epsilon_0)^{-1} = 8.99 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$  ( $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$  – электрическая постоянная),  $e = 1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  – заряд электрона.

Первая поправка к энергии системы вычисляется следующим образом:

$$\Delta E^{(1)} = \frac{\int \psi^*(1,2) [k \cdot e^2 / r_{12}] \psi(1,2) dV_1 dV_2}{\int \psi^*(1,2) \psi(1,2) dV_1 dV_2}, \quad (5)$$

где  $dV_1 = dx_1 dy_1 dz_1$ ,  $dV_2 = dx_2 dy_2 dz_2$ , а  $\psi(1,2)$  – соответствует волновым функциям (2 и 3). Интеграл в знаменателе – это нормировочный интеграл. Поскольку энергия возмущения  $V$  не зависит от спиновых переменных, то при их усреднении в числителе и знаменателе появляются одинаковые множители, которые сокращаются. В итоге  $\psi(1,2)$  соответствует частям волновых функций (2 и 3), зависящим только от координат. Следовательно,

$$\begin{aligned} \psi^*(1,2)\psi(1,2) &= \psi_a^*(1)\psi_b^*(2)\psi_a(1)\psi_b(2) + \\ &+ \psi_a^*(2)\psi_b^*(1)\psi_a(2)\psi_b(1) \pm \\ &\pm [\psi_a^*(1)\psi_b^*(2)\psi_a(2)\psi_b(1) + \\ &+ \psi_a(1)\psi_b(2)\psi_a^*(2)\psi_b^*(1)]. \end{aligned} \quad (6)$$

Интегралы от первых двух членов (6) равны друг другу. В числителе (5) они равны, поскольку взаимодействие электронов симметрично относительно их координат. Введем обозначения  $C$  и  $A$ :

$$C = \int |\psi_a(1)|^2 [k \cdot e^2 / r_{12}] |\psi_b(2)|^2 dV_1 dV_2. \quad (7)$$

Интеграл  $C$  ответственен за обычную, среднюю кулоновскую энергию взаимодействия между электронными облаками.

Интеграл  $A$  (8) от членов в квадратных скобках (6) – это обменный интеграл, возникающий

благодаря тождественности электронов. Эта энергия называется обменной [5].

$$A = \frac{1}{2} \int [\psi_a^*(1)\psi_b^*(2)\psi_a(2)\psi_b(1) + \psi_a(1)\psi_b(2)\psi_a^*(2)\psi_b^*(1)] \times [k \cdot e^2 / r_{12}] dV_1 dV_2. \quad (8)$$

Таким образом, поправку к энергии можно представить в виде:

$$\Delta E^{(1)} = C \pm A, a \neq b, \quad (9a)$$

$$\Delta E^{(1)} = C + A, a = b. \quad (9b)$$

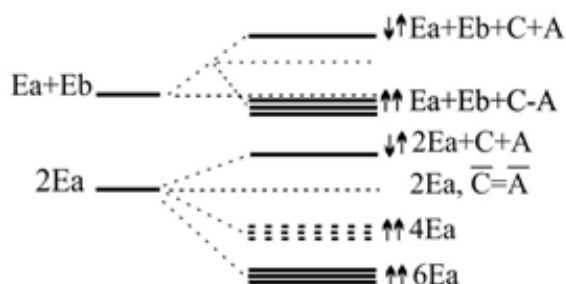
**ПАРАГЕЛИЙ.** Знак плюс относится к синглетному состоянию, когда спины электронов направлены противоположно друг другу ( $S = 0$ ), состояния:  $E_a + E_b + C + A$  и  $2E_a + C + A$  (**рис. 1**). Основное состояние парагелия  $2E_a + C + A$ ,  $1^1S_0$  имеет энергию 79.0 эВ, первое возбужденное состояние парагелия  $E_a + E_b + C + A$ ,  $2^1S_0 - 58.4$  эВ.

**ОРТОГЕЛИЙ.** Знак минус (9a) относится к триплетному состоянию, когда спины параллельны ( $S = 1$ ), состояние  $E_a + E_b + C - A$ . Основное состояние ортогелия  $E_a + E_b + C - A$ ,  $2^3S_1$  имеет энергию 59.2 эВ. Энергия состояния  $2E_a = 2 \cdot 54.4 = 108.8$  эВ – удвоенная энергия ионизации иона гелия  $He^+$ .

При выводе соотношения (9b) учитывается, что при  $a = b$  интегралы (7) и (8) равны. Величина  $C$  имеет положительное значение, так же как и  $A$ , поскольку основной вклад в интеграл (8) дают те области интегрирования, в которых  $r_{1,2}$  близка к нулю, т.е. когда координаты электронов совпадают, или, другими словами, когда волновые функции электронов перекрываются. Чем больше волновые функции электронов перекрываются, тем больше значение обменной энергии.

### 3. ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В ТРАНСАТОМЕ ГЕЛИЯ

Волновые функции электронов перекрываются максимально в случае спаривания электронов



**Рис. 1.** Схема энергетических уровней атома гелия [4] и трансгелия с учетом взаимодействия электронов.

в ортобозон  $S = 1$ . Такое спаривание двух электронов осуществляется, когда атом находится в сильном магнитном поле [1]. Движение двух электронов в ортобозоне жестко коррелированы, при этом спины электронов параллельны друг другу  $S = 1$  и оба электрона находятся в одном энергетическом состоянии  $a = b$ ,  $E_a(1) = E_a(2)$ . В работе [1] показано, что в сильном магнитном поле спаривание электронов с параллельными спинами становится возможным благодаря, во-первых, обменному взаимодействию электронов, имеющему характер притяжения, и, во-вторых, возникновению осцилляций электронов около своих орбиталей [6]. Вследствие таких осцилляций у электронов появляется дополнительная степень свободы движения. Новая степень свободы движения электронов порождает для них новое квантовое число  $n_b$ . Благодаря обменному взаимодействию у двух электронов возникают коррелированные осцилляции. Квантовые числа осцилляций у спаренных электронов равны друг другу по модулю, но противоположны по знаку  $n_b^1 = -n_b^2$ ,  $n_b = 1, 2, 3, \dots$ . Поэтому принцип Паули для них выполняется. Примечательно, что осцилляционные квантовые числа определены у спаренных электронов только друг для друга. Частота осцилляций  $\omega_b$  связана с частотой вращения электрона на орбитали  $\omega_0 = E_\theta / \hbar$  и частотой прецессии его орбитального момента  $\omega_\ell$  следующим соотношением [6,7]:

$$\omega_b = n_b \sqrt{\omega_0^2 + \omega_\ell^2}. \quad (10)$$

Осцилляции электронов осуществляются как в продольном, так и в поперечном магнитному полю  $\mathbf{B}$  направлениях. Поскольку электроны в паре осциллируют в противофазе  $n_b^1 = -n_b^2$ , такое движение позволяет двум электронам в одинаковых энергетических состояниях находиться в непересекающихся пространственных областях. Траектории движения электронов можно представить, как вложенные друг в друга замкнутые спирали, расположенные на поверхности тороида [1].

Осцилляционное движение электронов можно рассматривать как независимое от их орбитального движения вокруг ядра. Поэтому волновую функцию пространственного

движения спаренных электронов можно представить, как их произведение  $\{\Psi_a(1)\Psi_a(2) + \Psi_a(2)\Psi_a(1)\} \times \{\Psi_a[1,2] - \Psi_a[2,1]\}$ , где  $\{\Psi_a[1,2] - \Psi_a[2,1]\}$  – антисимметричная волновая функция осцилляционного движения спаренных электронов, а  $\{\Psi_a(1)\Psi_a(2) + \Psi_a(2)\Psi_a(1)\}$  – симметричная волновая функция орбитального движения электронов вокруг ядра. Очевидно, что  $\Psi_a(1)\Psi_a(2) = \Psi_a(2)\Psi_a(1)$ . Функция  $\Psi_a[1,2]$  отличается от  $\Psi_a[2,1]$  направлением осцилляций спаренных электронов, т.е. движением по тороидальной поверхности по часовой стрелки или против. В итоге, полную волновую функцию двух коррелированных электронов с учетом симметричной спиновой части можно записать:

$$\begin{aligned} & \Psi_a(1)\Psi_a(2) \times \{\Psi_a[1,2] - \Psi_a[2,1]\} \times [S^+(1)S^+(2)]; \\ & \Psi_a(1)\Psi_a(2) \times \{\Psi_a[1,2] - \Psi_a[2,1]\} \times [S^-(1)S^-(2)]; \\ & \Psi_a(1)\Psi_a(2) \times \{\Psi_a[1,2] - \Psi_a[2,1]\} \times [S^+(1)S^-(2) + S^-(1)S^+(2)]. \end{aligned}$$

Применим к полной волновой функции процедуры (5), (6) и введем обозначения  $\bar{C}$  и  $\bar{A}$

$$\bar{C} = \int |\psi_a(1)|^2 |\psi_a(2)|^2 \{|\psi_a[1,2]|^2 + |\psi_a[2,1]|^2\} \times [k \cdot e^2 / r_{1,2}] dV_1 dV_2, \quad (11)$$

$$\bar{A} = \int |\psi_a(1)|^2 |\psi_a(2)|^2 \{\psi_a^*[1,2]\psi_a[2,1] + \psi_a[1,2]\psi_a^*[2,1]\} \times [k \cdot e^2 / r_{1,2}] dV_1 dV_2. \quad (12)$$

Поправка к энергии  $\Delta E_{(1)}$  записывается в виде:

$$\Delta E_{(1)} = \bar{C} - \bar{A}. \quad (13)$$

Очевидно, что  $|\psi_a[1,2]|^2 = |\psi_a[2,1]|^2$ . Представим волновую функцию осциллирующих спаренных электронов  $\Psi_a[1,2]$  как произведение волновых функций каждого отдельного электрона  $\Psi_a[1,2] = \Psi_a[1]\Psi_a[2]$ . Тогда  $\psi_a^*[1,2]\psi_a[2,1] = \psi_a[1,2]\psi_a^*[2,1]$  и они равны  $|\psi_a[1,2]|^2$ . Ясно, что интегралы (11) и (12) равны, т.е.  $\bar{C} = \bar{A}$ . Следовательно, в первом порядке теории возмущения в ортобозоне обменная энергия между электронами полностью компенсирует энергию их кулоновского отталкивания и  $\Delta E_{(1)} = 0$  (13), состояние  $2E_a$  (рис. 1).

Таким образом, физическая интерпретация обменной энергии, как энергии взаимодействия по закону Кулона двух электронов, каждый из которых находится одновременно в разных состояниях  $\Psi_a$  и  $\Psi_b$ , приводит к выводу: когда состояния двух электронов полностью совпадают  $\Psi_a \equiv \Psi_b$ , т.е. один электрон становится

тождественен второму, в итоге тождественен самому себе, тогда электроны перестают взаимодействовать. В нашем случае ситуацию спасает то, что, хотя электроны находятся в одном и том же энергетическом состоянии  $H\Psi_a = E_a\Psi_a = E_a\Psi_b = H\Psi_b$ , но они пребывают в непересекающихся пространственных областях. Поэтому, электроны продолжают взаимодействовать друг с другом.

Энергия осцилляционного движения электрона согласно (10) равна  $E_B = \hbar\omega_B = \hbar \cdot n_b \cdot \sqrt{\omega_0^2 + \omega_\ell^2}$ . В  $S$ -состоянии орбитальный момент равен нулю  $\omega_\ell = 0$ , а при  $n_b = 1$ ,  $E_B = \hbar\omega_0$ . В этом состоянии энергия осцилляций электрона совпадает с энергией его орбитального движения  $E_B = E_a$ . Таким образом, электронный уровень спаренных электронов опускается по энергии в два раза ниже уровня  $2E_a$  (108.8 эВ), состояние  $4E_a$  (рис. 1). На этом уровне изменятся частоты орбитального и осцилляционного движения электронов, что повлечет дальнейшее понижение уровней электронов. Представляя итерацию в виде геометрической прогрессии со знаменателем  $1/2$ , получим, что уровень спаренных электронов опустится еще на значение  $2E_a$ . Таким образом, энергия спаренных электронов в трансатоме гелия составит  $6E_a = 3 \cdot 108.8 = 326.4$  эВ или  $163.2$  эВ для каждого электрона (рис. 1).

Согласно формуле для энергии связи электрона [8]

$$E_e = k \cdot Z \cdot e^2 / 2R_{\text{Гне}} \quad (14)$$

радиус атома трансгелия уменьшится в три раза по сравнению с состоянием  $2E_a = 108.8$  эВ и составит  $R_{\text{Гне}} = 8.83 \cdot 10^{-12}$  м. Вектор магнитной индукции, создаваемый магнитными моментами электронов  $\mu_e$ , в центре атома, в области ядра равен  $B_0^{\text{He}} = 3.46 \cdot 10^4$  Тл.

Отметим, что в статье [2] при расчетах магнитных полей трансатомов, энергия осцилляционного движения электронов не учитывалась. Надо делать поправки на энергию осцилляций электронов и радиус их орбиталей (14) в три раза и, соответственно, на увеличение вектора магнитной индукции в центре трансатомов в 27 раз. Это справедливо для легких элементов с  $Z \leq 16$ . Для более тяжелых атомов наступает ограничение на

уменьшение радиуса орбиталей ортобозонов, связанное с минимально допустимым расстоянием  $a_z$  между соседними электронами, расположенными на одной орбитали, и равное  $a_z \sim 10^{-12}$  м. Значения вектора магнитной индукции для ядер  $Z > 16$  при этом будут увеличиваться, но уже не в 27 раз. Атомные ядра в сверхсильных полях трансатомов преобразуются в Трансядра [1, 2].

#### 4. ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В МОЛЕКУЛЕ ВОДОРОДА

В отличие от гелия в молекуле водорода электроны взаимодействуют не только между собой (4), но с соседними ядрами – протонами. В качестве невозмущенных состояний принимают основное состояние двух невзаимодействующих атомов водорода  $\Psi_a(1) = \Psi_{100}(r_1)$  и  $\Psi_b(2) = \Psi_{100}(r_2)$ , а в качестве невозмущенных функций их комбинации (1a) и (1b). Для молекулы водорода энергия возмущения равна [4]:

$$V' = k \cdot \left( \frac{e^2}{R} + \frac{e^2}{r_{12}} - \frac{e^2}{r_{1b}} - \frac{e^2}{r_{2a}} \right) \quad (15a)$$

для невозмущенной волновой функции  $\Psi_a(1)\Psi_b(2)$ ,

$$V'' = k \cdot \left( \frac{e^2}{R} + \frac{e^2}{r_{12}} - \frac{e^2}{r_{2b}} - \frac{e^2}{r_{1a}} \right) \quad (15b)$$

для невозмущенной волновой функции  $\Psi_a(2)\Psi_b(1)$ , где  $k \cdot e^2/R$  – энергия взаимодействия двух протонов на расстоянии  $R$ ,  $k \cdot e^2/r_{1,2}$  – энергия взаимодействия между электронами,  $-k \cdot e^2/r_{1b}$  – энергия взаимодействия электрона 1 с протоном  $b$ ,  $-k \cdot e^2/r_{2a}$  – энергия взаимодействия электрона 2 с протоном  $a$ . Энергии взаимодействия электрона 1 с протоном  $a$   $-k \cdot e^2/r_{1a}$  и энергия взаимодействия электрона 2 с протоном  $b$   $-k \cdot e^2/r_{2b}$  учтены в невозмущенных функциях.

Рассматривая энергию взаимодействия, как первую поправку к энергии системы, запишем:

$$\Delta E(R) = \frac{\int \hat{V} \psi^*(1,2)\psi(1,2)dV_1dV_2}{\int \psi^*(1,2)\psi(1,2)dV_1dV_2}.$$

Учитывая (15a) и (15b), числитель расписывается следующим образом:

$$\begin{aligned} & \int \hat{V} \psi^*(1,2)\psi(1,2)dV_1dV_2 = \\ & = \int V' \psi_a^2(1)\psi_b^2(2)dV_1dV_2 + \\ & + \int V'' \psi_a^2(2)\psi_b^2(1)dV_1dV_2 \pm \\ & \pm 2 \int \hat{V} \psi_a(1)\psi_b(2)\psi_a(2)\psi_b(1)dV_1dV_2. \end{aligned}$$

Для последнего, смешанного члена интеграла его значения одинаковы для  $V'$  и  $V''$ .

Если ввести обозначения  $\vec{C}$ ,  $\vec{A}$  и  $\vec{S}$ :

$$\vec{C} = k \cdot e^2 \int \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r_{12}} - \frac{1}{r_{1b}} - \frac{1}{r_{2a}} \right) \psi_a^2(1)\psi_b^2(2)dV_1dV_2,$$

$$\vec{A} = k \cdot e^2 \int \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r_{12}} - \frac{1}{r_{1b}} - \frac{1}{r_{2a}} \right) \times \psi_a(1)\psi_b(1)\psi_a(2)\psi_b(2)dV_1dV_2,$$

$$\vec{S} = \int \psi_a(1)\psi_b(2)\psi_a(2)\psi_b(1)dV_1dV_2,$$

то поправки к энергии можно представить в виде:

$$E^+(R) = (\vec{C} + \vec{A}) / (1 + \vec{S}) \quad (16)$$

для симметричной координатной функции и, соответственно, антисимметричной спиновой функции и

$$E^-(R) = (\vec{C} - \vec{A}) / (1 - \vec{S})$$

для антисимметричной координатной функции и симметричной спиновой функции.

При расстояниях  $R$  порядка боровского радиуса электрона  $R_H$  перекрытие волновых функций электронов значительно и поэтому их обменная плотность велика. Величина обменного интеграла  $\vec{A}$  на этих расстояниях определяется притяжением электронов к протонам, т.е. членами  $-k \cdot e^2/r_{1b}$  и  $-k \cdot e^2/r_{2a}$ , делая, тем самым, значение интеграла  $\vec{A}$  отрицательным. На малых расстояниях  $R$  взаимодействие между атомами водорода определяется отталкиванием протонов, как в

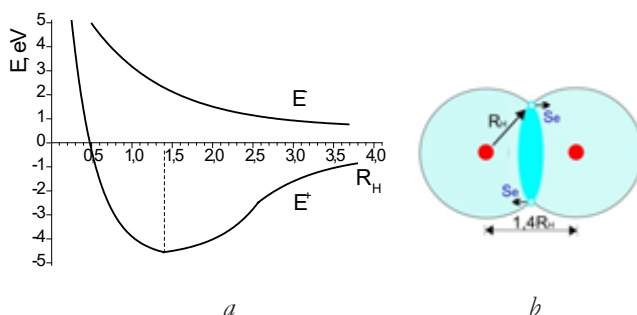


Рис. 2. Изменение потенциальной энергии  $E^-$  и  $E^+$  молекулы водорода.

случае  $E^+(R)$ , так и в случае  $E^-(R)$ . При ядерных расстояниях между протонами, молекула водорода превращается в атом “гелия”.

На средних расстояниях атомы водорода с параллельными спинами электронов отталкиваются  $E^-(R)$ , а с антипараллельными спинами притягиваются  $E^+(R)$ . На рис. 2а представлены изменения потенциальных энергий  $E^+(R)$  и  $E^-(R)$  в зависимости от расстояния между протонами. В случае  $E^+(R)$  образуется молекула водорода, в которой общая пара электронов в равной мере принадлежит обоим атомам водорода (рис. 2b),  $S_e$  – спины электронов. Из экспериментальных данных следует, что равновесное расстояние между протонами в молекуле водорода равно  $1.4R_H$ , где  $R_H = 5.3 \cdot 10^{-11}$  м – боровский радиус электрона, а энергия ее диссоциации равна 4.5 эВ (35000 К). Условно можно считать, что находящиеся между протонами в молекуле водорода электроны тоже расположены на расстоянии  $1.4R_H$  за счет их кулоновского отталкивания (рис. 2b).

## 5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТОМОВ ВОДОРОДА В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ. ОБРАЗОВАНИЕ ТРАНСМОЛЕКУЛЫ ВОДОРОДА

Рассмотрим взаимодействие двух атомов водорода в сильном магнитном поле  $\mathbf{B}$  (диапазон 20-100 Тл). В магнитном поле основной электронный уровень в атоме водорода расщепится на два уровня с разнонаправленными спинами электронов. Величина расщепления основного состояния составит  $\Delta E = 2\mu_e \cdot B$ , что соответствует значениям  $(0.23 - 1.2) \cdot 10^{-2}$  эВ, где  $\mu_e = 9.29 \cdot 10^{-24}$  Дж/Тл =  $5.79 \cdot 10^{-5}$  эВ/Тл – магнитный момент электрона. Эти значения расщепления меньше, чем тепловая энергия 0.025 эВ при температуре 300К. Поэтому при температурах более 300К расщепившиеся уровни будут заселены электронами равномерно, половина атомов водорода будут иметь электронный спин, направленный параллельно магнитному полю, а другая половина атомов водорода будут иметь электронный спин, направленный против магнитного поля. Атомы водорода с разнонаправленными спинами электронов будут притягивать друг друга, а атомы с параллельными спинами будут отталкиваться.

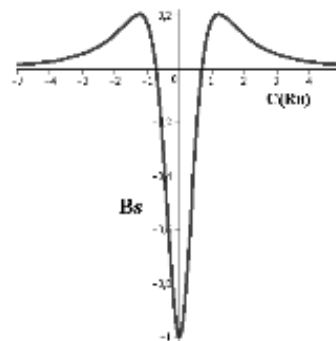


Рис. 3. Зависимость значения вектора магнитной индукции  $\mathbf{B}_S$  вдоль оси  $C(R_H)$ .

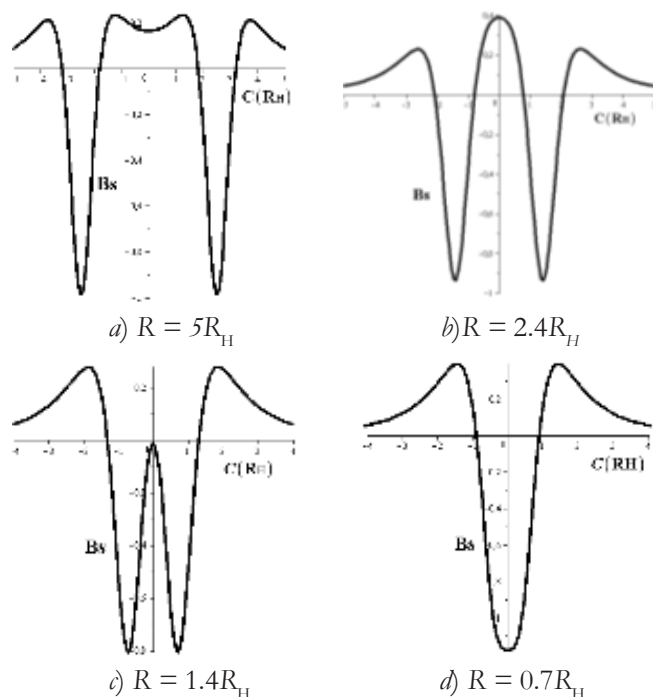
Кроме того, в сильном магнитном поле атомные электроны под действием других зарядов будут осциллировать около своих орбиталей [1, 6].

Магнитные моменты электронов  $\mu_e$ , ориентированные как по полю, так и против магнитного поля  $\mathbf{B}$ , создают вокруг атомов собственные магнитные поля  $\mathbf{B}_S$ , равные [9]:

$$\mathbf{B}_S = \mu_0 \frac{3\mathbf{n}(\mu_e \cdot \mathbf{n}) - \mu_e}{r^3}, \quad (17)$$

где  $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6}$  Гн/м магнитная постоянная;  $r$  – расстояние от электрона до точки, в которой вычисляется поле  $\mathbf{B}_S$ ;  $\mathbf{n}$  – единичный вектор в направлении  $r$ . На рис. 3 представлена рассчитанная зависимость величины вектора магнитной индукции  $\mathbf{B}_S$  в относительных единицах вдоль оси  $C(R_H)$ , проходящей через центр атома и параллельной внешнему магнитному полю  $\mathbf{B}$  [2]. Ось  $C(R_H)$  дана в единицах боровского радиуса электрона  $R_H$ . Отрицательные значения  $\mathbf{B}_S$  означают, что в центральной области атома магнитное поле направлено в сторону противоположную направлению магнитного момента электрона. Второй, положительный максимум находится на расстоянии  $1.22R_H$  от протона, а на расстоянии  $0.71R_H$  магнитное поле равно нулю.

Расчет показал, что магнитные поля атома водорода имеют значения в центре  $B_S^0 = 79$  Тл, а на расстоянии  $1.2 \cdot R_H$  от центра вдоль оси  $C(R_H)$ , в положительном максимуме (рис. 3)  $B_S^{R_H} = 16$  Тл [10]. Магнитное взаимодействие между атомами водорода  $\mu_e B_S^R$  имеет характер притяжения для атомов с параллельными спинами электронов и имеет характер отталкивания с разнонаправленными спинами электронов.  $B_S^R$  – магнитное поле, создаваемое



**Рис. 4.** Суммы магнитных полей вдоль оси  $C(R_H)$  от двух атомов водорода в зависимости от расстояния между ядрами  $R$ .

магнитным моментом электрона  $\mu_e$  первого атома водорода на орбитали электрона ( $R_H$ ) второго атома водорода. На **рис. 4a-d** представлены суммы магнитных полей вдоль оси  $C(R_H)$  от двух соосных атомов водорода с параллельными спинами электронов в зависимости от расстояния между протонами  $R$ . На расстояниях  $R \leq 0.7 \cdot R_H$  (рис. 4d) протоны находятся в одной "магнитной яме", создаваемой двумя электронами. Энергия магнитного взаимодействия между электронами атомов водорода  $E_\mu = 2\mu_e \cdot B_S^R$  меньше, чем их обменная энергия и меньше, чем энергия между расщепившимися уровнями.

При сближении атомов водорода, согласно их относительной скорости  $W(t)$ , магнитное поле  $B_S^R$  начинает для них зависеть от времени  $B_S^R(W(t))$  (рис. 4). Следовательно, в атоме водорода под действием поля  $B_S^R(t)$  становится возможным изменение направления спина электрона, т.е. переход электрона с верхнего расщепленного уровня на нижний уровень. Этот переход сопровождается выделением энергии. Обратный переход запрещен, поскольку он идет с поглощением энергии, которую необходимо откуда-то взять.

Предположим, что два атома водорода сближаются друг с другом за счет теплового движения вдоль оси, параллельной направлению

сильного магнитного поля  $\mathbf{B}$ . И пусть электроны находятся на расщепленных уровнях  $E_a(1)$  и  $E_b(2)$  с разнонаправленными спинами. За счет обменного взаимодействия атомы будут притягивать друг друга.

С уменьшением расстояния между атомами водорода под действием кулоновского взаимодействия электроны в атомах начнут осциллировать около своих орбиталей. При этом осцилляции электрона в одном атоме будут синхронизироваться с осцилляциями электрона во втором атоме. Такая синхронизация, связанная с уменьшением кулоновского взаимодействия между электронами, приводит к тому, что квантовые числа их осцилляций будут равны друг другу  $n_b^1 = n_b^2$ . В конце концов, их квантовые числа станут равными единице  $n_b^1 = n_b^2 = 1$ . Поскольку электроны находятся на разных уровнях  $\omega_{01} \neq \omega_{02}$ , частоты их осцилляций будут отличаться друг от друга  $\omega_{B1} \neq \omega_{B2}$  (10). В этом случае моменты импульсов двух электронов друг для друга не определены и их осцилляционная волновая функция не обладает определенной симметрией [1].

В переменном магнитном поле  $B_S^R(t)$  может произойти переход электрона с верхнего расщепленного уровня на нижний уровень. Такой переход приведет к тому, что электроны будут иметь параллельные спины  $S = 1$ ; они будут находиться в одинаковых энергетических состояниях  $E_a(1) = E_a(2)$   $\omega_{01} = \omega_{02}$ , следовательно,  $\omega_{B1} = \omega_{B2}$  и квантовые числа осцилляций электронов будут равны друг другу по модулю и противоположны по знаку  $n_b^1 = -n_b^2$ . Следовательно, полная волновая функция электронной пары останется антисимметричной, поскольку она состоит из произведения: симметричной орбитальной координатной функции, антисимметричной осцилляционной координатной функции (независимой от орбитальной функции) и симметричной спиновой функции. Каждый электрон в паре приобретает дополнительное квантовое число: один  $n_b^1$  и другой  $-n_b^2$  (1 и -1). Следовательно, электроны остаются антисимметричными. Дальнейшее сближение, приведет к спариванию электронов – образуется ортобозон. Как в трансгелии (глава 3), у спаренных электронов обменное

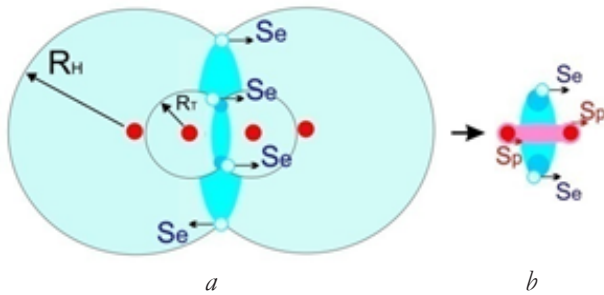


Рис. 5. Переход молекулы водорода в трансмолекулу водорода "H<sub>2</sub>".

взаимодействие  $\bar{A}$  полностью компенсирует их кулоновское отталкивание  $\bar{C}$ . Кроме того, ортобозон из энергетического состояния с радиусом  $R_H$  перейдет в низколежащее состояние с радиусом  $R_T$  (рис. 5а). По аналогии с трансатомом гелия радиус  $R_T$  ( $1.76 \cdot 10^{-11}$  м) может быть в три раза меньше  $R_H$ . Соответственно, расстояние между электронами будет  $2.46 \cdot 10^{-11}$  м ( $1.4 \cdot R_T$ ), а энергия связи каждого электрона  $\sim 116$  эВ (14). Сближение электронов приведет к соответствующему сближению протонов. Таким образом, образуется трансмолекула водорода "H<sub>2</sub>" (рис. 5b).

К такому же эффекту, может привести столкновение атомов с параллельными спинами электронов. Но для этого кинетическая энергия атомов должна быть больше, чем энергия их отталкивания за счет обменного взаимодействия электронов, до момента возникновения коррелированных осцилляций электронов.

Процесс образования трансмолекулы водорода может происходить по-другому. Сначала, благодаря возникшей осцилляции электрона в атоме водорода, образуется трансатом водорода "H". При этом испускается фотон с энергией  $2 \cdot 13.6 = 27.2$  эВ. Далее два трансатома водорода создадут трансмолекулу водорода.

В сильном и сверхсильном переменных магнитных полях молекула водорода сама может превратиться в трансмолекулу водорода.

### 6. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ БЕЗ КУЛОНОВСКОГО БАРЬЕРА

Протоны и другие трансядра в центрах трансатомов и трансмолекул [1-3] находятся в электромагнитной яме. Электростатические силы тороида электронного бозонного конденсата создают в его центре потенциальную яму с минимумом энергии взаимодействия

Бозе-электронов с трансядрами. Отклонение трансядер от центра тороида вызывает возрастание кулоновских сил, стремящихся вернуть трансядра обратно. В центре тороида магнитная яма имеет максимальное значение вектора магнитной индукции  $B_S^0$ . Следовательно, в центре тороида энергия взаимодействия с магнитными моментами трансядер будет максимальной. Магнитное взаимодействие притягивает трансядра к центру. Поскольку Бозе-электроны в трансатоме распределены по поверхности тороида, размеры поперечного сечения которого сравнимы с радиусом орбитали ортобозонов, то дно потенциальных ям, как электростатической, так и магнитной, будут иметь параболический вид, как изображено на рис. 4d. Для главного квантового числа  $n = 1$  радиус  $R_z$  орбитали электрона  $R_z \cdot m_e \cdot V_e = \hbar$  равен длине его волны  $\lambda = \hbar / m_e V_e$ .

В атоме водорода протон вращается вместе с электроном вокруг их общего центра масс. Возникающие в сильном магнитном поле осцилляции электрона вызывают соответствующие осцилляции в движении протона около своей орбитали. В трансмолекуле водорода в электростатической потенциальной яме два протона будут вращаться вокруг центра трансмолекулы и осциллировать благодаря магнитному полю, создаваемому электронным ортобозоном. При расстоянии между спаренными электронами в трансмолекуле водорода, равном  $2.46 \cdot 10^{-11}$  м, вектор магнитной индукции в центре "магнитной ямы" будет иметь значение  $\sim 10^4$  Тл. В таком сверхсильном и неоднородном магнитном поле протоны будут иметь параллельные спины ( $S_p = 1/2$ ). Как электроны, протоны в трансмолекуле водорода образуют связанное состояние – ортобозон  $S = 1$

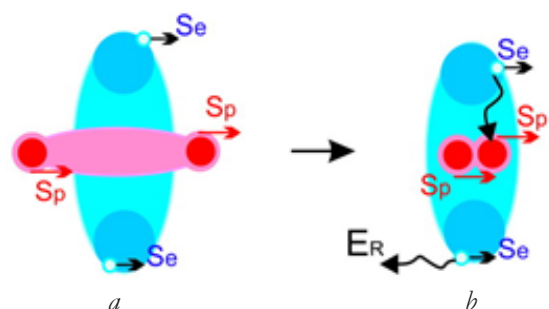


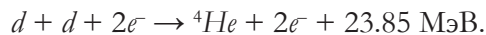
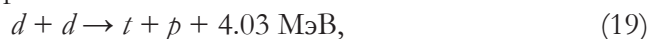
Рис. 6. Преобразование трансмолекулы водорода в трансмолекулу "гелия".



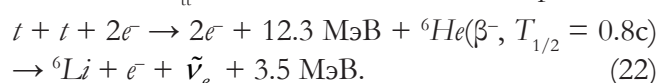
за счет собственного обменного взаимодействия и собственных коррелированных осцилляций (рис. 6а, раздел 3). Так же, как у электронов, обменное взаимодействие протонов в первом порядке теории возмущения полностью компенсирует их кулоновское отталкивание. Это приведет к сближению протонов до ядерных расстояний, образованию трансмолекулы "гелия-pp" (рис. 6б) и к началу безкулоновской ядерной реакции.

**ИЗОТОПЫ ВОДОРОДА.** Если время жизни трансмолекулы "гелия-pp"  $\tau_{pp} \gg 2 \cdot 10^{-18} \text{ с } (\hbar / (2 \cdot 163 \text{ эВ}))$ , то реакция  $p + p \rightarrow d + \nu_e + e^+ + 0.42 \text{ МэВ}$  должна быть подавлена. Тогда наиболее вероятная реакция слияния двух протонов с образованием дейтрона  $d$  – это реакция с участием спаренных электронов, каждый из которых расположен уже на уровне с энергией 163.2 эВ ( $R_{He} = 8.84 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ ) и вектором магнитной индукции в центре трансмолекулы "гелия"  $B_0^{He} = 3.5 \cdot 10^4 \text{ Тл}$ :  
 $p + p + 2e^- \rightarrow d + \nu_e + e^- + 1.44 \text{ МэВ.}$  (18)

Реакция записана с участием двух спаренных электронов, поскольку выделяющуюся в ней энергию удобнее реализовать за счет энергии отдачи  $E_R$  второго коррелированного электрона (рис. 6б). По этой причине спектр электронов может быть похож на спектр, как при бета-распаде. Очевидно, что тождественные атомы других изотопов водорода: дейтерия  $D$  и трития  $T$ , в сильном магнитном поле так же могут образовывать трансмолекулы "гелия-dd" и "гелия-tt". А тождественные ядра дейтронов, обладающие спином 1, и тритонов  $t$  со спином 1/2, могут вступить в безкулоновские ядерные реакции синтеза:



Последняя реакция с участием электронов, если  $\tau_{dd} \gg 2 \cdot 10^{-18} \text{ с}$ , может иметь значительный выход, сравнимый с реакциями (19, 20), но не с реакцией  $d + d \rightarrow {}^4\text{He} + \gamma + 23.85 \text{ МэВ}$ , имеющей выход  $\sim 10^{-7}$ . Если  $\tau_{tt} \gg 2 \cdot 10^{-18} \text{ с}$ , то возможна реакция:



**ИЗОТОПЫ ГЕЛИЯ.** У парагелия электронные уровни в сильном магнитном поле

расщепятся на два уровня с разнонаправленными спинами электронов. Перекрестные обменные взаимодействия между притягивающимися разнонаправленными спинами электронов, и между отталкивающимися параллельными спинами электронов будут компенсировать друг друга. Поэтому, чтобы началась ядерная реакция, кинетическая энергия сталкивающихся атомов парагелия должна быть такой, чтобы на атомных орбиталях возникли коррелированные осцилляции электронов.

Ортогелий имеет атомный спин  $S = 1$ . Радиус орбитали  $R_1$  первого электрона ортогелия равен  $3.1 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ , радиус орбитали  $R_2$  второго электрона равен  $8.76 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ . Энергия ионизации ортогелия равна 4.8 эВ, парагелия – 24.6 эВ. В сильном магнитном поле уровень внешнего электрона  $2^3S_1$  расщепится на три уровня с проекциями спина  $-1, 0, +1$ .

Так же, как в случае водорода, в ортогелии:

- расщепившиеся уровни будут заселены электронами равномерно;
- атомы ортогелия с разнонаправленными спинами электронов будут притягиваться друг к другу, а атомы с параллельными спинами будут отталкиваться;
- в случае притяжения атомов ортогелия, с уменьшением расстояния между ними под действием кулоновского взаимодействия внутренние и внешние электроны в них начнут синхронно осциллировать около своих орбиталей;
- под действием переменного магнитного поля  $B_S^R(t)$  будут происходить переходы электронов с расщепленных верхних уровней  $(+1, 0)$  на нижний уровень  $(-1)$ .

Спины внутреннего и внешнего электронов ортогелия всегда параллельны, поэтому их взаимодействия как со спинами электронов другого ортогелия, так и внутри атома, всегда синхронны. Поэтому, после создания электронных ортобозонов внешний ортобозон опустится на уровень внутреннего ортобозона. Таким образом, образуются Бозе-конденсат и трансмолекула бериллия "Be". Следовательно, произойдет сближение ядер и, в случае  ${}^3\text{He}$  – спин ядра  $I = 1/2$ , начнется безкулоновская ядерная реакция  
 ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2p + 12.86 \text{ МэВ.}$

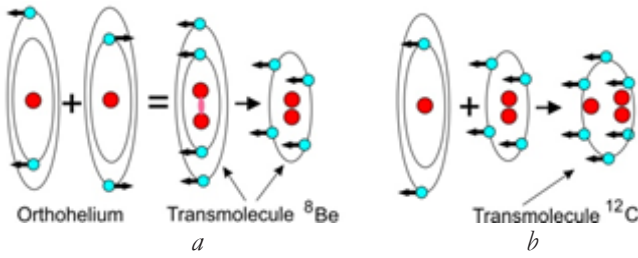


Рис. 7. Формирование трансмолекул  ${}^8\text{Be}$  и  ${}^{12}\text{C}$ .

Атом ортогелия, по сравнению с атомом водорода, обладает существенным магнитным полем. Расчет (17) показал, что магнитные поля атома ортогелия имеют значения в центре  $B_S^0(\text{He}) = 410 \text{ Тл}$ , а на расстоянии  $1.2 \cdot R_2$  от центра вдоль оси  $C(R_{II})$ , в положительном максимуме (рис. 3)  $B_S^R \sim 70 \text{ Тл}$ . Поэтому, как показал эксперимент [10], безкулоновские ядерные реакции в ортогелии могут идти благодаря собственным магнитным полям.

В случае другого изотопа гелия –  ${}^4\text{He}$  парная безкулоновская ядерная реакция невозможна по энергетическим причинам  $Q < 0$ . Однако, два ортогелия  ${}^4\text{He}$  образуют устойчивую трансмолекулу бериллия  ${}^8\text{Be}$  (рис. 7а). Радиус трансмолекулы  ${}^8\text{Be}$  составит  $R_{\text{Be}} = 4.4 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ , а магнитные поля: в центре  $B_S^0(\text{Be}) = 5.4 \cdot 10^5 \text{ Тл}$  и на расстоянии  $1.2 \cdot R_{\text{Be}}$  от центра  $B_S^R(\text{Be}) = 1.1 \cdot 10^5 \text{ Тл}$ .

В отсутствие сильного (сверхсильного) магнитного поля, несмотря на то, что ядра  ${}^4\text{He}$  являются бозонами  $I = 0$ , они не могут из-за кулоновского отталкивания образовать ядерную молекулу. Ситуация меняется, когда два ядра гелия находятся в сверхсильном магнитном поле. В магнитном поле из-за его взаимодействия с магнитными моментами протонов и нейтронов ядерные уровни в гелии расщепляются  $\Delta E_{(p,n)} = \pm \mu_{(p,n)} B_S^0$ ,  $\mu_p = 8.79 \cdot 10^{-8} \text{ эВ/Тл}$ ,  $\mu_n = -6.02 \cdot 10^{-8} \text{ эВ/Тл}$  (рис. 8). Поскольку, у протона магнитный момент параллелен спину  $S_p$ ,

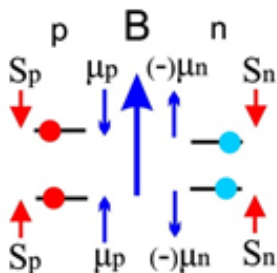


Рис. 8. Возникновение механического момента у ядра  ${}^4\text{He}$  в сверхсильном магнитном поле.

а у нейтрона магнитный момент антипараллелен спину  $S_n$  и имеет отрицательное значение, на внешнем уровне ядра гелия создается отличный от нуля механический момент  $S_p \downarrow \downarrow S_n$ , некомпенсированный механическим моментом  $S_p \uparrow \uparrow S_n$  внутреннего уровня. Этот механический момент, каким бы малым он ни был, порождает обменное взаимодействие между двумя ядрами гелия, которое создает трансмолекулу  ${}^8\text{Be}$ . Напоминаем, спаренные тождественные, заряженные частицы (атомные электроны, протоны, атомные ядра) должны находиться в одинаковых энергетических состояниях, что требует одинаковой направленности и равенства их спинов  $\uparrow \uparrow$ . Абсолютные значения спинов значения не имеют. В сильном (сверхсильном) магнитном поле все четно-четные ядра со спином равным нулю ( $I = 0$ ) приобретают механический момент  $I \neq 0$  и перестают быть бозонами.

В сверхсильном переменном магнитном поле трансмолекулы  ${}^8\text{Be}$  атом ортогелия, а возможно, и парагелия, могут преобразоваться в атомы трангелия и создать устойчивую трансмолекулу углерода  ${}^{12}\text{C}$ . Она состоит из трех ядер  ${}^4\text{He}$ : двух спаренных ядер гелия и одного неспаренного  ${}^4\text{He}$  (рис. 7б). Радиус трансмолекулы  ${}^{12}\text{C}$   $R_C = 3.0 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ , а магнитные поля: в центре  $B_0(C) = 2.6 \cdot 10^6 \text{ Тл}$  и на расстоянии  $1.2 \cdot R_C$  от центра  $B_S^R(C) = 5.2 \cdot 10^5 \text{ Тл}$ . В последующем трансмолекулы  ${}^8\text{Be}$  и  ${}^{12}\text{C}$ , благодаря собственным сверхсильным магнитным полям, будут притягиваться друг к другу и вступать в обменное взаимодействие своими электронными Бозе-конденсатами. Вследствие этого будут образовываться многоядерные трансмолекулы  $n \cdot {}^4\text{He}$  с гелиевым Бозе-конденсатом. Создание таких трансмолекул приводит к многоядерным реакциям, с испусканием протонов, нейтронов, альфа-частиц и тяжелых фрагментов [10]:

$$n \cdot {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{4n-1}_{2n-1}\text{B} + p + Q,$$

$$n \cdot {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{4n-1}_{2n}\text{B} + n + Q,$$

$$n \cdot {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{4(n-1)}_{2(n-1)}\text{A} + {}^4_2\text{He} + Q,$$

где  $Q$  – энергия, выделяющаяся в результате реакции.

ЭЛЕМЕНТЫ С  $Z > 2$ . Литий и бор нечетные элементы. Атомные ядра их стабильных изотопов имеют ненулевые спины  $I({}^6_3\text{Li}) = 1$ ,

$I({}_3^7\text{Li}) = 3/2$ ,  $I({}_5^{10}\text{B}) = 3$ ,  $I({}_5^{11}\text{B}) = 3/2$ . Поэтому тождественные трансядра этих элементов могут вступать в безкулоновские ядерные реакции наподобие изотопов водорода. Атомное ядро стабильного бериллия имеет спин  $I({}_4^9\text{Be}) = 3/2$ , однако это четный элемент. Но поскольку структура электронных уровней  ${}_4\text{Be}$  имеет состояние с параллельными спинами электронов  $3^3S_1$ , аналогичное состоянию в ортогелии  $2^3S_1$ , то трансядра  ${}_4^9\text{Be}$  будут вступать в безкулоновские ядерные реакции.

Электронные состояния химических элементов с  $Z \geq 6$  имеют орбитальные моменты отличные от нуля  $p, d, \dots (\ell \neq 0)$ . Поэтому, в сильном магнитном поле, благодаря внутреннему электронному магнитному резонансу, атомы этих элементов будут преобразовываться в трансатомы, обладающие электронным Бозе-конденсатом [1]. Следовательно, после образования трансмолекул тождественные трансядра химических элементов с  $Z \geq 6$  будут вступать в безкулоновские ядерные реакции.

Трансатомы, благодаря магнитному и обменному притяжениям их электронных Бозе-конденсатов, образуют биядерные и многоядерные трансмолекулы. Трансмолекулы находятся в области гигантского неоднородного и анизотропного магнитного поля (рис. 3). Следовательно, пространство, в котором движутся трансядра в трансмолекуле, является неоднородным и анизотропным. Таким образом, при взаимодействии трансядер не сохраняются интегралы движения: нарушается закон сохранения импульса, закон сохранения момента импульса (спина) и закон сохранения энергии [2]. В итоге, в ядерной трансмолекуле автоматически происходят безрадиационные, низкоэнергетические многоядерные реакции (НЭЯР или реакции трансмутации).

### 7. ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Ниже приводятся несколько экспериментов, находящихся свое объяснение в рамках процессов безкулоновских низкоэнергетических ядерных реакций. Надеюсь, другие многочисленные эксперименты также будут объяснены предложенным механизмом.

• Вачаевым А.В. и Ивановым Н.И. были выполнены эксперименты по трансмутации

элементов в электролитоде в жидких средах [11]. Установка состояла из двух трубчатых электродов внутренним диаметром от 6 до 50 мм, расположенных друг напротив друга на расстоянии 1-1.5 их диаметра. Между электродами, внутри которых двигалась жидкость, создавался специфический электрический разряд – плазмоид. Электроды находились внутри катушки, создающей магнитное поле. Плазмоид поджигался импульсным разрядом дополнительных электродов, расположенных поперек струи жидкости, между трубчатыми электродами. Плазмоид представлял собой электропроводящую плазменную пленку, образующую многомерную фигуру типа гиперболоида вращения с пережимом диаметром 0.1-0.2 мм. Разряд протекал практически бесшумно с минимальным выделением теплоты и газовой фазы. Значение тока через трубчатые электроды менялось в пределах 0.1-100 А, но в большинстве случаев ток был 20-40 А. Установка после формирования стабильного плазмоида могла работать автономно, без внешнего источника питания, и сама вырабатывала электроэнергию.

В результате работы установки, в ней возникал устойчивый процесс преобразования исходного материала среды в новые элементы и их соединения, в газообразном, жидком (растворенном в среде) и твердом состоянии. В экспериментах на вход установки подавались различные жидкие среды: вода (дистиллированная, питьевая, речная), водно-рудные смеси, стоки различных производств, водно-углеродные, фенольные и бензолные смеси. Все работы проводились в режиме с

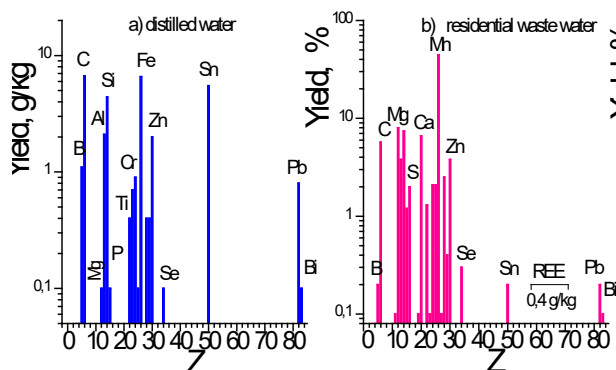


Рис. 9. Выход элементов при обработке в электролитоде дистиллированной воды и бытовых стоков.

Таблица 1.  
Содержание в воде дейтерия и трития после обработки разных вод

	Дистилл.	Питьевая	Речная
$D_2O$ , мг/л	0.06	0.112	0.05
$T_2O$ , мг/л	0.05	0.001	0.00

максимальным выходом твердой фазы, в среднем до 300 г/л. На рис. 9 в качестве примера изображены выходы посторонних элементов для случаев обработки дистиллированной воды и бытовых стоков, РЕЕ – это редкоземельные элементы.

Примечательно, что в продуктах трансмутации были обнаружены изотопы водорода и гелия: дейтерий ( $D$ ) и тритий ( $T$ ),  $^3He$  и  $^4He$ . В табл. 1 приведены концентрации  $D_2O$  и  $T_2O$ , обнаруженные в установке после обработки дистиллированной, питьевой и речной вод. Дейтерий и тритий были зарегистрированы в воде после обработки других смесей и стоков. Например, после обработки смесей воды с разными металлическими рудами,  $D_2O + T_2O$  обнаружены в концентрации в диапазоне (0.11-0.18)%. После обработки водо-фенольных и водо-бензольных стоков молекулы  $D_2O$  зарегистрированы в диапазоне (0.018-0.60)%, а  $T_2O$  в диапазоне ( $10^{-3}$ - $10^{-4}$ )%.

Исследование углеродной фазы, после обработки фенольных стоков, показало, что до 50% всей массы графитизировано и имеет вид сажистых ленточно-слоистых плотных структур, в которых содержится  $H_2$  (до 14-16%),  $^3He$  (до 0.1%) и  $^4He$  (до 0.1%). Аналогичные результаты были получены и при анализе твердой фазы при обработке бензольных стоков. Атомно-адсорбционный анализ показал, что жидкая фаза после обработки как фенольных, так и бензольных стоков состоит преимущественно из гидратов вида  $Me \cdot nH_2O$ , газогидратов вида  $H_2 \cdot 3H_2O$ ,  $D_2 \cdot 6H_2O$  и следов  $T_2 \cdot 18H_2O$ . Во всех опытах отмечено образование соединений с изотопами гелия  $^3He \cdot 4H_2O$  до 0.19%,  $^4He \cdot 8H_2O$  до 0.84% и  $^5He \cdot 16H_2O$  (?) до 0.05%. Жидкая фаза, по сравнению с твердой, имеет в 2.5 раза увеличенную концентрацию гелиевых и в 1.8 раза водородных газогидратов. Обрабатывались также и мазутные суспензии в соотношении с водой, равном 1/10. Анализы

твердой и жидкой фаз после обработки показали примерно те же результаты, какие были получены при обработке фенольных и бензольных стоков. Исключение составило содержание газогидратов изотопов водорода и гелия, которое в среднем оказалось следующим:  $H$  – 0.06%,  $H_2$  – до 6.1%,  $D$  – 0.24%,  $T$  – 0.07%,  $^4H$  – 0.001% (?),  $^3He$  – 0.1%,  $^4He$  – 0.5%.

Следует предположить, что в плазмоиде возникают локальные области – "капсулы" с сильным магнитным полем внутри [3]. В этих "капсулах" протекают низкоэнергетические многоядерные реакции. Поскольку в продуктах реакций в больших количествах обнаружены  $^3He$  и  $^4He$ , вероятно, "капсулы" – это устойчивые образования и внутри них имеют место или многопротонные реакции, или каскад  $N$  реакций  $N_1 \cdot (p + p + e^- \rightarrow \nu_e + d) \rightarrow N_2 \cdot (d + d) \rightarrow t, ^3He, ^4He \rightarrow N_3 \cdot (t + t); N_4(^3He + ^3He); N_5(n \cdot ^4He) \dots$

● В многочисленных работах, выполненных Дидьком А.Ю., Вишневым Р. и др. в ЛЯР ОИЯИ, проводились многочасовые облучения тормозными гамма квантами с максимальной энергией  $E_{max} = 10$  МэВ и  $E_{max} = 23$  МэВ металлических образцов в атмосфере газообразного дейтерия, водорода и гелия при давлениях сотни-тысячи бар [12-16]. При таких давлениях плотность атомов газов сравнима с плотностью атомов в твердом теле и жидкостях. Далее употребляется термин – конденсированный газ. Такие же исследования были выполнены в камерах с конденсированными чистыми газами: водородом, дейтерием, гелием и ксеноном [14-16] при облучении их гамма квантами с  $E_{max} = 10$  МэВ. Во всех экспериментах после окончания облучений в реакционных камерах были обнаружены твердотельные структуры, содержащие "посторонние" химические элементы, отсутствующие в камерах до начала облучений. Диапазон "посторонних" элементов

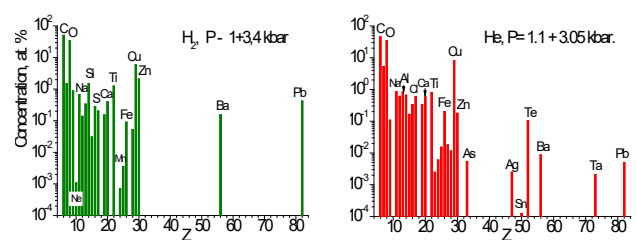


Рис. 10. Концентрации элементов в экспериментах с  $H_2$  и  $He$ .

простирается от водорода до висмута. Были обнаружены изотопы радиоактивных элементов. На **рис. 10** представлены концентрации элементов, усредненные по 28 измерениям в двух экспериментах с чистым водородом при давлениях 1 и 3.4 кбар и по 28 измерениям в двух экспериментах с чистым гелием при давлениях 1.1 и 3.05 кбар. Твердотельные структуры и "посторонние" химические элементы не образуются при облучении образцов металлов без газов, в том числе, при облучении палладия с дейтерием давлением 60 бар.

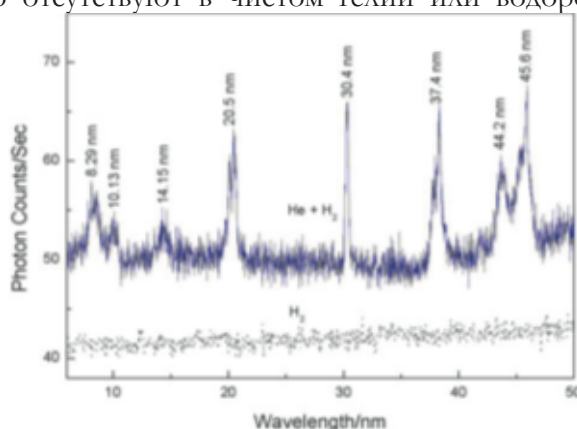
Наиболее впечатляющим результатом в эксперименте с гелием при давлении 1.1 кбар было обнаружение во внутренней части реакционной камеры тонких, цилиндрических, черных фольг значительных размеров. Фольги преимущественно состояли из углерода. Для объяснения появления синтезированных элементов в статье [10] был предложен новый механизм: многоядерные реакции. Эти реакции протекают благодаря созданию ядерных молекул, которые состоят из нескольких ядер гелия  $n \cdot {}^4_2\text{He}$  (глава 6). Ядерные молекулы создаются, посредством слияния нескольких атомов ортогелия, образовавшихся в результате ионизации гамма излучением атомов гелия с последующей рекомбинацией ионов гелия и электронов.

Для других газов: водорода, дейтерия, ксенона, как впрочем, и для гелия, следует предположить, что в результате их ионизации в конденсированной среде возникают "капсулы" с сильным магнитным полем внутри, что приводит к низкоэнергетическим многоядерным реакциям.

● В этой же статье [10] предлагалось попытаться зарегистрировать методами оптической спектроскопии нечетные трансмолекулы, используя электрический разряд в смеси гелия с водородом при давлении в несколько бар. Например, в случае присоединения протона к трансмолекуле  ${}^8\text{Be}$  образуется трансмолекула "бора  ${}^9\text{B}$ ", а соединение протона с трансмолекулой  ${}^{12}\text{C}$  образует трансмолекулу "азота  ${}^{13}\text{N}$ ". Такие трансмолекулы являются водородоподобными атомами с тяжелыми многоядерными образованиями в центре. Внешний электрон в нечетных трансмолекулах движется по орбитали в сильном магнитном поле, которое создается

спаренными электронами. По этой причине внешние электронные орбитали у трансмолекул  ${}^9\text{B}$  и  ${}^{13}\text{N}$  смещаются относительно орбиталей атома водорода в соответствии с поправками для приведенных масс в постоянной Ридберга и расщепляются на два подуровня. С учетом поправки в значении магнитного поля (увеличение в 27 раз, глава 3), связанной с энергией осцилляционного движения электронов, расщепление уровня на орбитали  $n = 2$  (серия Бальмера) составит  $(0.8-1.1) \cdot 10^{-2}$  эВ. В соответствии с этими значениями, и учитывая, что внешний электрон в нечетных трансмолекулах движется в сильном, но неоднородном магнитном поле, расщепление уровней может наблюдаться как значительное уширение линий переходов [17]. Линии электронных переходов в атоме водорода, находящегося в сильном и сверхсильном магнитных полях ортогелия и трансмолекулы  ${}^8\text{Be}$ , также уширяются.

В работе Миллса Р. и Рея П. по экстремальной ультрафиолетовой спектроскопии гелий-водородной плазмы [17], кроме значительного уширения линий водорода в серии Бальмера, наблюдались новые эмиссионные линии, имеющие энергию выше  $27.2 \text{ эВ} = 2 \cdot 13.6 \text{ эВ}$  – удвоенная энергия ионизации атома водорода (**рис. 11, Табл. 2**). Эти линии были зарегистрированы при микроволновом разряде в смеси гелия с 2-мя % водорода при комнатной температуре и при давлениях от 20 до 1 тор. Они появляются только в смеси гелия с водородом, но отсутствуют в чистом гелии или водороде



**Рис. 11.** Коротковолновый спектр в  $\text{He} + \text{H}_2$  и  $\text{H}_2$  плазмах [17].

**Таблица 2.**  
 Энергия линий в спектре  $\text{He} + \text{H}_2$ .

$\lambda$ , nm	8.29	10.13	14.15	20.5	30.4	37.4	44.2	45.6
E, eV	149.6	122.4	87.6	60.5	40.8	33.16	28.05	27.2

и в смесях водорода с другими благородными газами.

Поскольку в гелиевой плазме производятся атомы ортогелия, то в ней могут образоваться трансатомы  $He$  и трансмолекулы бериллия  ${}^{8}Be$ . В сильном магнитном поле ортогелия  $B_S^R \sim 70$  Тл и в сверхсильных магнитных полях трансгелия  $B_S^R(He) \sim 7 \cdot 10^3$  Тл и трансмолекулы  ${}^{8}Be$   $B_S^R(Be) \sim 10^5$  Тл, два атома водорода  $2H$  или молекула водорода  $H_2$  могут образовать трансмолекулу "гелия-pp" (рис. 6в). Она имеет спаренные в ортобозон электроны с нижним энергетическим уровнем 326.4 эВ или 163.2 эВ для каждого электрона.

Переход электронного ортобозона из состояния двух атомов водорода  $2H$  ( $2 \cdot 13.6$  эВ) или молекулы водорода  $H_2$  ( $2 \cdot 13.6 + 4.5 = 31.7$  эВ) на нижний уровень 326.4 эВ может происходить или прямо, или каскадом. При каждом переходе ортобозон будет излучать два фотона. Поэтому, при прямом переходе из состояния атомов  $2H$  на нижний уровень будут излучаться фотоны  $(326.4 - 27.2)/2 = 149.6$  эВ, а при прямом переходе из состояния молекулы  $H_2$  фотоны  $(326.4 - 31.7)/2 = 147.4$  эВ или 8.41 нм (рис. 12а). При переходе через уровень трансмолекулы водорода " $H_2$ " из состояний  $2H$  и  $H_2$  фотоны могут излучиться последовательно, парами с энергиями 87.6 эВ и 60.5 эВ, дающие в сумме 148.1 эВ. В главе 5 уровень трансмолекулы водорода грубо оценен в 116 эВ. Экспериментально, энергия этого уровня составляет или 102.7 эВ ( $R_{TH} = 1.4 \cdot 10^{-11}$  м), или 75.6 эВ ( $R_{TH} = 1.9 \cdot 10^{-11}$  м).

Это различие неудивительно, поскольку конфигурация спаренных в ортобозон электронов представляет тороид (рис. 6а), а не перекрывающиеся электронные сферы (рис. 5а).

Осциллирующий электрон атома водорода из основного состояния излучит фотон с энергией  $2 \cdot 13.6 = 27.2$  эВ, а при рекомбинации электрона с ионом  $H^+ - 3 \cdot 13.6 = 40.8$  эВ (рис. 12б). При этом образуются трансатомы водорода " $H$ ". При переходе из состояния двух трансатомов водорода  $2"H$  ( $2 \cdot 40.8 = 81.6$  эВ) на нижний уровень трансмолекулы "гелия" будут излучаться фотоны  $(326.4 - 81.6)/2 = 122.4$  эВ. При рекомбинации электрона с молекулярным ионом водорода  $H_2^+$  ( $13.6 + 2.6 = 16.2$  эВ) с образованием двух трансатомов водорода  $2"H$  будут излучаться фотоны  $(81.6 - 16.2)/2 = 32.7$  эВ (37.9 нм). Учитывая, что в сверхсильном магнитном поле, например: трансгелия  $B_S^R(He) \sim 7 \cdot 10^3$  Тл, основное состояние атома водорода расщепится на два уровня с энергией между ними  $\Delta E = 2\mu_e B_S^R \sim 0.8$  эВ, то в спектре будут наблюдаться два широких пика 27.2 и 28 эВ (рис. 11, Табл. 2).

Поскольку электронный ортобозон находится в сверхсильном магнитном поле и его спин  $S = 1$ , то линии его переходов будут уширены и будут иметь триплетную  $m_s = +1, 0, -1$  и сверхтонкую  $I \neq 0$  структуры.

Очевидно, что образование трансмолекулы "гелия" приведет к ядерной реакции с получением дейтрона  $d$  (18). Следовательно, в объеме разряда появятся атомы дейтерия. Если в смеси с гелием поменять водород на дейтерий или тритий, то в микроволновом разряде будут производиться нейтроны по реакциям (20, 21) и  ${}^6Li$  (671 нм, красный свет) по реакции (22).

Только гелий, а именно, ортогелий с собственным сильным магнитным полем является каталитическим элементом, создающим в смеси с водородом условия для образования трансмолекулы водорода-"гелия" и реализации реакции ядерного слияния двух протонов и электрона. Другие инертные газы не создают сильных магнитных полей.

● Нельзя исключить, что в экспериментах [18], проводимых в пятидесятые годы прошлого века под руководством Курчатова И.В. и исследующих

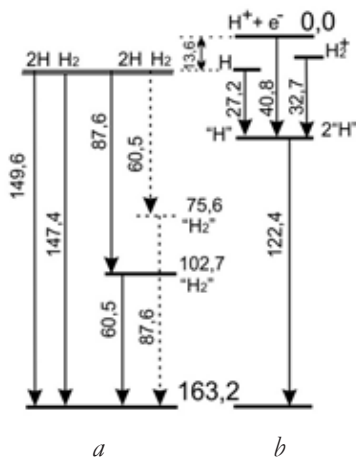


Рис. 12. Схема переходов электрона в трансмолекуле водорода-"гелия" в  $He + H_2$  плазме.

возможность запуска термоядерных реакций в газовой среде водорода, дейтерия, гелия и их смеси, появление нейтронов и мощного рентгеновского излучения в диапазоне энергий 300-400 кэВ связано с безкулоновскими многоядерными процессами.

Компания Lockheed Martin в лице McCuire T.J. 15 февраля 2018 года получила патент: "Инкапсулирующие магнитные поля для удержания плазмы" [19]. Компания подала этот патент 2 апреля 2013 года. В октябре 2014 года в корпорации заявили, что предварительные результаты исследований свидетельствуют о возможности создания реакторов, работающих на слиянии легких ядер, мощностью около 100 мегаватт и размерами, сравнимыми с грузовиком, что примерно в десять раз меньше существующих установок по термоядерному синтезу. Тогда ученые, занимающиеся исследованиями в области управляемого термоядерного синтеза, назвали сообщение Lockheed Martin ошибочным, поскольку в таком объеме невозможно создать и удерживать высокотемпературную плазму. Поэтому вполне вероятно, что в реакторе LM протекают не термоядерные реакции, а реакции слияния легких ядер на основе безкулоновских ядерных реакций.

**8. ЭНЕРГИЯ ЗВЕЗД И НУКЛЕОСИНТЕЗ**

Принимая во внимание все эксперименты по НЭЯР, следует предположить, что в результате ионизации слабо возбужденной конденсированной среды в ней возникают локальные, устойчивые, электронно-ионные образования – "капсулы" с сильным магнитным полем внутри. В этих "капсулах"

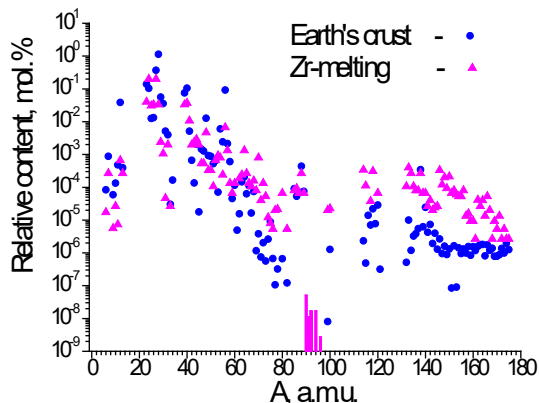


Рис. 13. Сравнение массовых распределений в случае плавки  ${}_{40}\text{Zr}$  с распространённостью элементов в Земной коре [20, 22].

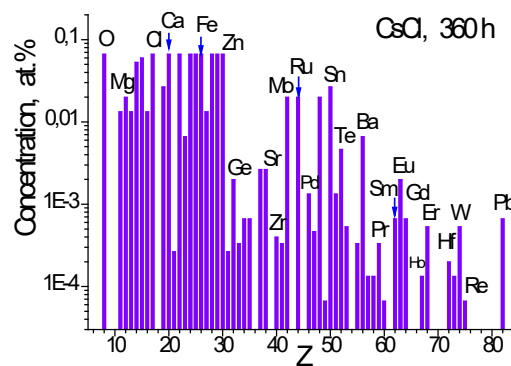


Рис. 14. Ультразвуковая кавитация раствора  ${}_{55}\text{Cs}, {}_{17}\text{Cl}$  [21, 24].

происходят низкоэнергетические ядерные реакции. Необходимо понять физическую природу и механизм возникновения "капсул" в конденсированной среде. Реакции НЭЯР, а именно: реакции трансмутации [2], преимущественно происходят в расплавах, в растворах и в плотных газах, т.е. на свободных атомах. Условия, при которых образуются "капсулы", значительно мягче, чем условия при термоядерных процессах. Поэтому звезды и Солнце – это, вероятно, не термоядерные реакторы. А получение энергии методом термоядерного синтеза не является природоподобной, эффективной технологией.

В опытах Солина М.И. [11, 20], Кладова А.Ф. [21], Дидыка А.Ю.[15-16] и многих других экспериментах по НЭЯР, которые продолжались значительное время, от нескольких часов до нескольких дней, в продуктах реакций производились "практически все" элементы таблицы Д.И.Менделеева. На рис. 13 представлено сравнение массовых распределений в случае трансмутации циркония  ${}_{40}\text{Zr}$  [20] с распространённостью элементов в Земной коре. Для ориентации изотопы циркония выделены

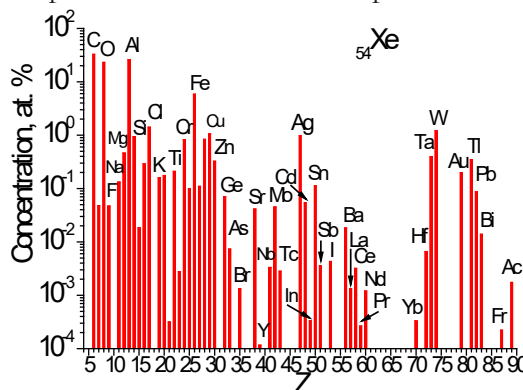


Рис. 15. Концентрации химических элементов в экспериментах с  ${}_{54}\text{Xe}$  [15, 16].

линиями, в соответствие с их относительным содержанием. На **рис. 14** приведен выход химических элементов в эксперименте [21] по ультразвуковой кавитации раствора соли  $CsCl$  в течение 360 часов. На **рис. 15** даны концентрации химических элементов, усредненные по трем экспериментам по облучению тормозными гамма квантами конденсированного ксенона  ${}_{54}Xe$  при давлениях 250, 270 и 550 бар в течение от 43 до 72 часов. Очевидно, чтобы получать химические элементы, в том числе сверхтяжелые, совсем не обязательно взрывать сверхновые звезды [22-24]. По-видимому, нуклеосинтез также происходит благодаря реакциям низкоэнергетической трансмутации.

## 9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статьях [24, 25] указывалось, что имеются три теоретических запрета на явление низкоэнергетической трансмутации химических элементов:

- невозможность пройти кулоновский барьер;
- предельно малые вероятности слабых процессов;
- малые вероятности многоатомных столкновений.

Обменное взаимодействие между электронами в атоме, находящемся в сильном магнитном поле, приводит к их спариванию с образованием ортобозонов со спином равным единице  $S = 1$ . Электронные ортобозоны образуют Бозе-конденсат, превращая тем самым атом в трансатом. Так как магнитные моменты электронов в Бозе-конденсате направлены в одну сторону, то они создают внутри и вокруг трансатома гигантское неоднородное и анизотропное магнитное поле.

Внутреннее магнитное поле преобразует атомные ядра в трансядра.

Внешнее магнитное поле и электронный Бозе-конденсат трансатомов позволяет им притягиваться друг к другу, создавая тем самым многоядерные молекулы — трансмолекулы. Таким образом, снимается третий запрет на малые вероятности "многоатомных столкновений".

Обменная кулоновская энергия спаренных электронов имеет характер притяжения и в первом порядке теории возмущения

она полностью компенсирует энергию их кулоновского отталкивания. Осцилляции спаренных электронов в трансатоме втрое увеличивают их энергию связи, но втрое уменьшают радиус их орбиталей. Поэтому электроны в Бозе-конденсате находятся на орбитали, расположенной наиболее близко к трансядру. Волновые функции электронов в трансатомах и трансмолекулах значительно перекрываются с волновыми функциями трансядер.

Это свойство трансатомов и трансмолекул в реакциях низкоэнергетической трансмутации позволяет преодолеть второй запрет на малые вероятности слабых процессов, ответственных за превращения протонов в нейтроны и наоборот.

Сверхсильное внутреннее магнитное поле трансмолекул, состоящих из тождественных трансядер, позволяет последним, благодаря обменному взаимодействию, образовать ортобозон. Поскольку обменная энергия тождественных трансядер компенсирует их кулоновское отталкивание, то они могут вступать в ядерные взаимодействия. Трансядра в трансмолекуле движутся в неоднородном и анизотропном пространстве, создаваемом сверхсильным магнитным полем. Таким образом, при взаимодействии трансядер не сохраняются интегралы движения: нарушается закон сохранения импульса, закон сохранения момента импульса (спина) и закон сохранения энергии. Вследствие этого в ядерной трансмолекуле автоматически происходят безрадиационные, низкоэнергетические реакции трансмутации.

Таким образом, снимается главный запрет на осуществление реакций трансмутаций — невозможность пройти кулоновский барьер.

Многочисленные и разнообразные, простые и сложные эксперименты по низкоэнергетической трансмутации химических элементов демонстрируют очевидность этих процессов. Дальнейшее исследование низкоэнергетических ядерных реакций и их применение создают основу для новой научной и технологической революций.



ЛИТЕРАТУРА

1. Мышинский ГВ. Атом в сильном магнитном поле. Превращение атомов в трансатомы. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии (РЭНСИТ)*, 2017, 9(2):147-160.
2. Мышинский ГВ. Магнитные поля трансатомов. Спиновый-нуклидный-электронный конденсат. *Журнал Формирующихся Направлений Науки (ЖФНН)*, 2017, № 15-16(5):6-25. <http://www.unconv-science.org/>.
3. Мышинский ГВ. Трансатомы – трансядра, и их свойства. *Материалы 18-й Российской конференции по холодной трансмутации ядер химических элементов (РКХТЯ)*, М., 2012, с. 94-106
4. Матвеев АН. *Атомная физика*. М., Высш. шк., 1989, 439 с.
5. Heisenberg W. Über die Spektra von Atomsystemen mit zwei Elektronen. *Z. Phys.*, 1926, 39(7):499-518.
6. Fock VA. Bemerkung zur Quantelung des harmonischen Oszillators im Magnetfeld. *Z. Phys.*, 1928, 47:446-448.
7. Heiss WD, Nazmitdinov RG. Orbital magnetism in small quantum dots with closed shells. *Pis'ma v ZhETF*, 1998, 68(12):870-875.
8. Ландау ЛД, Лифшиц ЕМ. *Квантовая механика. Нерелятивистская теория*. Москва, Наука, 1974, 752 с.
9. Ландау ЛД, Лифшиц ЕМ. *Теория поля*. М., Наука, 1973, 138 с.
10. Мышинский ГВ. Многоядерные реакции в конденсированном гелии. *РЭНСИТ*, 2017, 9(1):94-105.
11. Балакирев ВФ, Крымский ВВ, Болотов БВ. и др. *Взаимопревращение химических элементов*. Под ред. Балакирева ВФ. Екатеринбург, УрО РАН, 2003. 64 с.
12. Didyk AYu, Wisniewski R. Nuclear reactions, induced by gamma quanta, in palladium saturated with deuterium surrounded by dense deuterium gas. *Euro. Phys. Lett.*, 2012, 99(22001):1-6.
13. Didyk AYu, Wisniewski R, Wilczynska-Kitowska T. The carbon-based structures synthesized through nuclear reactions in helium at 1.1 kbar pressure under irradiation with braking  $\gamma$ -rays of 10 MeV threshold energy. *Euro. Phys. Lett.*, 2015, 109(22001):1-6.
14. Дидык АЮ. Ядерные реакции синтеза и деления химических элементов и образование новых структур в плотных газах  $H_2$ ,  $D_2$  и He при облучении 10 МэВ-ными  $\gamma$ -квантами. *Физика и химия обработки материалов*, 2015, 2:5-19.
15. Вишневский Р, Мышинский ГВ, Гульбекян ГТ, Вилчиньска-Китовска Т, Семин ВА. Синтез химических элементов и твердотельных структур при облучении гамма квантами конденсированных газов. *ЖФНН*, 2017, 17-18(5):6-15.
16. Дидык АЮ, Вишневский Р, Мышинский ГВ, Семин ВА, Вилчиньска-Китовска Т. Синтез твердотельных структур и химических элементов при облучении тормозными  $\gamma$ -квантами с  $E_{max} = 10$  МэВ конденсированного дейтерия давлением 2.2 кбар. *Препринт P15-2018-3*, Дубна, ОИЯИ, 2018, 19 с.
17. Mills R, Ray P. Extreme ultraviolet spectroscopy of helium-hydrogen plasma. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2003, 36:1535-1542.
18. Курчатов ИВ. О возможности создания термоядерных реакций в газовом разряде. *УФН*, 1956, 59(4):603-618.
19. Lockheed Martin Corporation. McCuire TJ. Encapsulating magnetic fields for plasma confinement. *Patent US2018/0047462 A1*, feb.15, 2018.
20. Солин МИ. Экспериментальные факты спонтанного зарождения конденсата солитонных зарядов с образованием продуктов ядерного синтеза в жидком цирконии. *Физическая мысль России*, 2001, 1:43-58.
21. Кладов АФ. Кавитационная деструкция материи. <http://roslo.narod.ru/rao/rao1.htm>
22. Мышинский ГВ, Кузнецов ВД, Пеньков ФМ. К вопросу о механизме синтеза химических элементов при облучении конденсированных газов тормозными гамма квантами. *ЖФНН*, 2017, 17-18(5):45-57.
23. Mishinsky GV, Kuznetsov VD. Element distribution in the products of low energy transmutation. Nucleosynthesis. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, 2008, 33(3-4):331-356; *Материалы 14-й РКХТЯ*, М., 2008, с.79-97.

24. Мышинский ГВ, Кузнецов ВД, Пеньков ФМ. Низкоэнергетическая трансмутация атомных ядер химических элементов. Распределение по элементам в продуктах трансмутации. Нуклеосинтез. *ЖФНН*, 2017, 17-18(5):61-81.
25. Kuznetsov VD, Mishinsky GV, Penkov FM, Arbuzov VI, Zhemenik VI. Low energy transmutation of atomic nuclei of chemical elements. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, 2003, 28(2):173-214.

**Мышинский Геннадий Владимирович**

*Научный сотрудник*

Объединенный институт ядерных исследований,  
6, ул. Жолио-Кюри, Дубна 141980, Московская обл., Россия  
[mysh@jinr.ru](mailto:mysh@jinr.ru).

## NON-COULOMB NUCLEAR REACTIONS OF TRANSATOMS. STELLAR ENERGY AND NUCLEOSYNTHESIS

**Gennady V. Mishinsky**

Joint Institute for Nuclear Research, <http://www.jinr.ru/>

6, str. Joliot Curie, Dubna 141980, Moscow Region, Russian Federation

[mysh@jinr.ru](mailto:mysh@jinr.ru)

*Abstract.* The exchange Coulomb energy of two charged particles paired in orthoboson ( $S = \uparrow\uparrow, 1, 2, \dots$ ) has the character of attraction and it completely compensates, in the first order of perturbation theory, the energy of their Coulomb repulsion. For strongly interacting identical particles, including atomic nuclei, this fact leads to the launch of nuclear reactions without Coulomb barrier. This explains the feasibility of low energy nuclear reactions. Consequently, there is a stellar energy source as an alternative to thermonuclear fusion, and there is a process of nucleosynthesis as an alternative to the explosion of supernovae.

*Keywords:* quantum physics, exchange interaction, spin Bose–Einstein condensate, nuclear fusion, low energy nuclear reactions, stellar energy source, nucleosynthesis, atomic-nuclear science in condensed matter

**PACS:** 36.10.-k; 32.10.-f; 76.30.-v; 03.75.Mn; 03.75.Nt; 42.55.Vc; 25.60.Pj; 26.20.Cd; 26.20.Fj

*Bibliography* – 25 references

*Received* 13.04.2018

*RENSIT*, 2018, 10(1):35-52

**DOI:** 10.17725/rensit.2018.10.035