

Бомовское расщепление уравнения Шредингера: запутанные и разделимые состояния ансамбля многих частиц

В.И. Сбитнев¹

(Получена 24 января 2008; изменена 28 марта 2008; опубликована 15 апреля 2008)

Рассматривается ансамбль N взаимодействующих частиц. Уравнение Шредингера, описывающее эволюцию этого ансамбля, посредством Бомовского представления комплексной волновой функции через произведение двух функций, расщепляется на два уравнения для действительных функций. Первое уравнение, модифицированное уравнение Гамильтона-Якоби, описывает действие J . Второе уравнение является уравнением баланса энтропии S . Квантовый корректор, производный от энтропии, модифицирует кинетическую и потенциальную энергию ансамбля N взаимодействующих частиц. Высказывается гипотеза, в заключении, что ансамбль взаимодействующих ионов, находящихся в квантовом запутанном состоянии, может представлять основу шаровой молнии – наиболее загадочного макроскопического явления.

"Во многих курсах стремятся "вывести" уравнение Шредингера. На самом деле это уравнение ниоткуда не выводится, а образует основу новой теории. Поэтому мы предпочитаем постулировать его, ограничившись приведенными выше доводами в пользу такого постулата".

Д.И. Блохинцев. Сборник "Философские вопросы современной физики". АН СССР, 1952.

Введение

Уравнение Шредингера, описывающее эволюцию волновой функции ансамбля многих частиц, не обладающих спином, имеет вид

$$i\hbar \frac{\partial \psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \nabla_n^2 \psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) + U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N) \psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t). \quad (1)$$

Здесь полагается, что массы всех частиц одинаковы, и поэтому не пишется индекс n у массы m . Потенциальная энергия в уравнении записана в общей форме. Более конкретно, при рассмотрении разделимых (сепарабельных) состояний, она будет представлена как

$$U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N) = \sum_{l=1}^N \sum_{k \neq l}^N u(\mathbf{r}_k - \mathbf{r}_l). \quad (2)$$

Здесь $u(\mathbf{r}_l - \mathbf{r}_k)$ описывает взаимодействие l -то и k -то частиц². Взаимодействие частицы с самой собой исключается, $k \neq l$.

Здесь и далее применяются операторы градиента ∇_n и лапласиана ∇_n^2

¹ valery.sbitnev@gmail.com, Санкт-Петербургский Институт Ядерной Физики, РАН.

² Здесь пока не учитывается взаимодействие с электромагнитным полем.

$$\nabla_n = \left\{ \frac{\partial}{\partial x_n} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y_n} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z_n} \mathbf{k} \right\}, \quad \nabla_n^2 = \frac{\partial^2}{\partial x_n^2} + \frac{\partial^2}{\partial y_n^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_n^2},$$

действующие исключительно на вектор $\mathbf{r}_n = (x_n, y_n, z_n)$, $n = 1, 2, \mathbf{L}, N$. Волновая функция $\mathcal{Y}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$, можно видеть, представляется сложной функцией координат $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N$ и времени t . Интеграл по всему пространству от произведения волновой функции на комплексно-сопряженную функцию равняется единице:

$$\int_V \mathcal{Y}^*(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) \cdot \mathcal{Y}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) d\mathbf{r}_1 d\mathbf{r}_2 \mathbf{L} d\mathbf{r}_N = 1. \quad (3)$$

Этим утверждается, что все N частиц представлены только в пределах объема V . Данная волновая функция описывает *запутанные* (неразделимые) состояния [Wikipedia, 2008(b)]. Это значит, что изменение положения какой-нибудь n -ной частицы сказывается мгновенно на состояниях всех остальных частиц. Противоположной ситуацией являются *разделимые* (сепарабельные) состояния. Здесь волновая функция представляется прямым произведением N частичных волновых функций $\mathcal{Y}(\mathbf{r}_1, t)$, $\mathcal{Y}(\mathbf{r}_2, t)$, \mathbf{L} , $\mathcal{Y}(\mathbf{r}_N, t)$, а именно:

$$\mathcal{Y}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) = \mathcal{Y}(\mathbf{r}_1, t) \cdot \mathcal{Y}(\mathbf{r}_2, t) \cdot \mathbf{K} \cdot \mathcal{Y}(\mathbf{r}_N, t) \quad (4)$$

Нормировочный интеграл (3) сводится к произведению независимых интегралов

$$\int_{V_1} \mathcal{Y}^*(\mathbf{r}_1, t) \mathcal{Y}(\mathbf{r}_1, t) d\mathbf{r}_1 \cdot \int_{V_2} \mathcal{Y}^*(\mathbf{r}_2, t) \mathcal{Y}(\mathbf{r}_2, t) d\mathbf{r}_2 \cdot \mathbf{K} \cdot \int_{V_N} \mathcal{Y}^*(\mathbf{r}_N, t) \mathcal{Y}(\mathbf{r}_N, t) d\mathbf{r}_N = 1. \quad (5)$$

Каждый по отдельности интеграл в этом выражении равен единице. Иными словами, поведение каждой частицы в ансамбле описывается своей собственной волновой функцией, независимой от состояний других волновых функций. И только благодаря потенциалу $U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N)$ обеспечивается связь частиц в едином ансамбле. Эта связь поддерживается квантами, обеспечивающими данное взаимодействие. Обмен квантами не превышает скорости света, в отличие от запутанных состояний, при которых квантовая информация оказывается в нужном месте и в нужное время мгновенно и на гигантских расстояниях [Доронин, 2004, 2007]. Этот парадокс, впервые описанный Эйнштейном, Подольским, Розеном [1935] (ЕПР парадокс) в мысленном эксперименте с разнесением в пространстве двух спинов, изначально приведенных в некоторое запутанное состояние - в настоящий момент неоднократно подтверждается экспериментально.

Здесь имеет место парадоксальная ситуация – запутанное состояние представляется как принципиальная неразложимость волновой функции $\mathcal{Y}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ на множители $\mathcal{Y}(\mathbf{r}_1, t)$, $\mathcal{Y}(\mathbf{r}_2, t)$, \mathbf{L} , $\mathcal{Y}(\mathbf{r}_N, t)$. Этот *математически декларируемый факт*, совместно с триумфальными результатами, которые дает уравнение Шредингера, не перестают создавать дискомфорт в восприятии квантовой реальности. Начиная с создателей квантовой механики, предлагается ряд феноменологических картин квантового мира, пытающихся заполнить брешь в этом вопросе. Критические обзоры квантовых картин мира содержатся в работах [Каминский, 2004, 2005; Werbos, 2008]. Мы не будем останавливаться на этом вопросе, но займемся Бомовским расщеплением уравнения Шредингера на два уравнения – модифицированное уравнение Гамильтона-Якоби и уравнение непрерывности плотности вероятности [Bohm, 1952]. Бом показал, в основе уравнения Шредингера, описывающего нерелятивистскую квантовую реальность, лежат уравнения из классической реальности. Оба уравнения являются легко узнаваемыми в

классической механике [Ланцош, 1965]. Первое уравнение – это уравнение Гамильтона-Якоби, слегка модифицированное квантовым корректором³, и уравнение непрерывности плотности вероятности или эквивалентное ему уравнение баланса квантовой.

В данной работе будет показано, что в случае запутанности квантовая энтропия не разлагается на сумму энтропий, отнесенных к состояниям отдельных частиц. В отличие, например, от разделимых состояний, где квантовая энтропия уже представляется арифметической суммой частных энтропий. Возможны смешанные состояния, когда весь ансамбль разбивается на кластеры, в пределах которых имеет место запутанность, но сами кластеры находятся в разделимых состояниях по отношению друг к другу. Такие объекты могут принимать промежуточное положение между квантовой и классической реальностями. Шаровые молнии, возможно, представляют такие объекты.

Бомовское расщепление уравнения Шредингера

Давайте представим волновую функцию $y(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ в форме произведения двух функций, одна из которых включает мнимую единицу [Wikipedia, 2008(a)]

$$y(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) = \sqrt{r(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)} \cdot \exp\{iJ(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)/\hbar\} \quad (6)$$

Плотность вероятности $r(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ и действие $J(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ являются реальными функциями своих аргументов. Мнимая единица i содержится только как множитель в аргументе экспоненты. Подставляя эту функцию в уравнение Шредингера, получаем выражение, аналогичное представленному выражению в [Сбитнев, 2008]

$$\begin{aligned} & \underbrace{-\frac{\partial J}{\partial t}}_{(a)} \cdot y + \underbrace{i\hbar \frac{1}{2r} \frac{\partial r}{\partial t}}_{(b)} \cdot y = \frac{1}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n J)^2 \cdot y + \underbrace{U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N)}_{(a)} \cdot y \\ & \underbrace{-\frac{i\hbar}{2m} \sum_{n=1}^N \nabla_n^2 J}_{(b)} \cdot y - \underbrace{\frac{i\hbar}{2m} \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{r} \nabla_n r\right)}_{(b)} (\nabla_n J) \cdot y \\ & \underbrace{-\frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{2r} \nabla_n^2 r\right)}_{(c)} \cdot y + \underbrace{\frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{2r} \nabla_n r\right)^2}_{(c)} \cdot y. \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь фигурными скобками (a), (b) и (c) отмечены члены, содержащие, в качестве множителей, степенные коэффициенты $(i\hbar)^0 = 1$, $(i\hbar)^1 = i\hbar$ и $(i\hbar)^2 = -\hbar^2$, соответственно. Собираем теперь вместе реальные члены, охваченные скобками (a) и (c). Отдельно собираем мнимые члены, охваченные скобками (b). В результате получаем уравнения:

$$(a)+(c): \quad -\frac{\partial J}{\partial t} = \frac{1}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n J)^2 + U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N) + Q(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t), \quad (8)$$

³ Здесь и далее применяется термин *квантовый корректор* [Сбитнев, 2008], вместо *квантового потенциала*, название изначально данное Бомом [Bohm, 1952].

$$(b): \quad -\frac{\partial \mathbf{r}}{\partial t} = \sum_{n=1}^N \nabla_n \cdot (\mathbf{r} \nabla_n J / m). \quad (9)$$

В первом уравнении член $Q(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ представляет квантовый корректор⁴

$$Q(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) = \frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \left(\left(\frac{\nabla_n \mathbf{r}}{2r} \right)^2 - \frac{\nabla_n^2 \mathbf{r}}{2r} \right). \quad (10)$$

Давайте теперь, выразим квантовый корректор через функцию

$$S(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) = -\ln(\sqrt{r(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)}) = -\frac{1}{2} \ln(r(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)) \quad (11)$$

Эта функция имеет смысл энтропии, описывающей степень хаоса и порядка квантовой сущности - носителя r . Так как $r^{-1} \nabla r = \nabla \ln(r)$, выполним в выражении (10) операции, которые подробно расписаны в [Сбитнев, 2008]. В результате получаем

$$Q(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n S)^2 + \frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \nabla_n^2 S. \quad (12)$$

Первый член, схваченный скобкой (a), корректирует кинетическую энергию ансамбля частиц. Второй член, схваченный скобкой (b), корректирует потенциальную энергию. Подставляя вычисленный выше член в уравнение (8), получаем модифицированное квантовым корректором (12) уравнение Гамильтона-Якоби

$$-\frac{\partial J}{\partial t} = \frac{1}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n J)^2 - \frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n S)^2 + U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N) + \frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \nabla_n^2 S. \quad (13)$$

Член, схваченный скобкой (a), представляет модифицированную кинетическую энергию. Член, схваченный скобкой (b), есть модифицированная потенциальная энергия. Квантовые модификаторы окрашены в сиреневый цвет. Также расписывая уравнение непрерывности плотности вероятности (9) через функцию энтропии (11), получаем уравнение баланса энтропии

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \sum_{n=1}^N (\mathbf{v}_n \cdot \nabla_n S) + \frac{1}{m} \sum_{n=1}^N \nabla_n^2 J = 0. \quad (14)$$

Здесь $\mathbf{v}_n(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) = \nabla_n J(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) / m$ есть скорость n -ой частицы, которая, можно видеть, зависит от положения $\{\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N\}$ других частиц ансамбля.

⁴ Вместо термина *квантовый потенциал* здесь и далее будем использоваться термин *квантовый корректор* [Сбитнев, 2008]. Смысл такой подмены будет ясен из дальнейшего изложения.

Обсуждение формул (13) и (14) – запутанность и разделимость

При выводе модифицированного уравнения Гамильтона-Якоби (13) и уравнения баланса энтропии (14) мы отталкивались от волновой функции (6), которая представляет запутанное состояние ансамбля N частиц. Это означает, что, любое нарушение положения n -той частицы, приводит к моментальной реакции всех частиц ансамбля, благодаря запутанной плотности распределения $r(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$. На самом деле, так как

$$\int_V r(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) d\mathbf{r}_1 d\mathbf{r}_2 \mathbf{L} d\mathbf{r}_N = 1, \quad (15)$$

то возмущение $r(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ в каком-либо одном месте, компенсируется возмущением в других местах так, что равенство (15) сохраняется. Это аналогично выстраиванию уровня жидкости в сообщающихся сосудах. Отличие заключается в том, что в данном случае мы имеем дело со сверхпроводящим бозе-конденсатом, представляющим вакуумом.

В запутанном состоянии энтропия $S(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ определяется через положения всех частиц, находящихся в окрестности точек $\{\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N\}$. Траектория, описываемая уравнением (13), лежит в $3N$ -мерном конфигурационном пространстве. Фазовым пространством является $6N$ -мерное пространство положений и импульсов. В уравнении (13), можно видеть, лапласиан энтропии корректирует потенциальную энергию, а градиент энтропии корректирует кинетическую энергию запутанного состояния ансамбля частиц. Данный кинетический член допускает следующее представление

$$\frac{1}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n J)^2 - \frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n S)^2 = \frac{1}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n J + \hbar \nabla_n S)(\nabla_n J - \hbar \nabla_n S). \quad (16)$$

Расслоение импульса $(\nabla_n J + \hbar \nabla_n S)$ и $(\nabla_n J - \hbar \nabla_n S)$ для каждой частицы, $n = 1, 2, \mathbf{L}, N$, индуцированное градиентом энтропии, случается вне зависимости от того, в каком месте произошло возмущение. Такая операция в чем-то аналогична инициации муарового паттерна⁵, см., например, **Рис.1**. Незначительный сдвиг решеток может вызвать заметный муаров эффект, распространяющийся на все пространство, заполненное решетками.

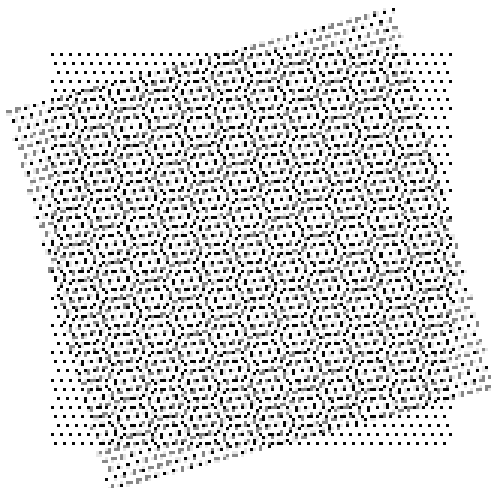


Рисунок 1

Муаровый паттерн, составленный из двух шестигранных решеток, которые повернуты по отношению друг к другу примерно на 15.5° . Видно мгновенное возникновение укрупненных шестигранных структур, заполняющих все пространство, [Vakulenko, 2000].

⁵ Подвижный, живой, муар можно наблюдать на сайте <http://www.mathematik.com/Moire/>.

Если носителем квантовых сущностей является вакуум, представляющий сверхтекучий бозе-конденсат (сверхжесткая конструкция), такой муар-эффект может передаваться на значительные расстояния, практически мгновенно. Здесь приходится спекулировать такими понятиями как *расстояние* и *мгновенность*, заимствованных из нашего мира [Доронин, 2007], за неимением более корректных категорий. Принципиальный вопрос заключается в том, можем ли мы оперировать временем и расстоянием в приложении к сущности, ответственной за такую передачу (ЭПР эффект)? Каминский [2005], например, указывает на различие *фундаментального и субъективного пространства-времени*.

В свою очередь, в разделенных состояниях волновая функция $y(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ представляется как произведение N частичных волновых функций (4). А следовательно, представление (6) сводится к N частичным представлениям вида

$$y(\mathbf{r}_n, t) = \sqrt{r(\mathbf{r}_n, t)} \cdot \exp\{iJ(\mathbf{r}_n, t)/\hbar\}, \quad n = 1, 2, \mathbf{L}, N. \quad (17)$$

Отсюда следует, что действие $J(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ и энтропия $S(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t)$ представляются суммами N частичных действий и энтропий

$$J(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) = \sum_{n=1}^N J_n(\mathbf{r}_n, t), \quad S(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N, t) = \sum_{n=1}^N S_n(\mathbf{r}_n, t) \quad (18)$$

Подставляя эти суммы в уравнения (13) и (14), получаем следующую систему уравнений

$$-\frac{\partial}{\partial t} \sum_{n=1}^N J_n = \frac{1}{2m} \sum_{n=1}^N \left(\nabla_n \sum_{k=1}^N J_k \right)^2 - \frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \left(\nabla_n \sum_{k=1}^N S_k \right)^2 + \sum_{n=1}^N \sum_{k \neq n}^N u(\mathbf{r}_n - \mathbf{r}_k) + \frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \nabla_n^2 \sum_{k=1}^N S_k, \quad (13)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \sum_{n=1}^N S_n + \sum_{n=1}^N \left(\mathbf{v}_n \cdot \nabla_n \sum_{k=1}^N S_k \right) + \sum_{n=1}^N (\nabla_n \mathbf{v}_n) = 0. \quad (14)$$

Здесь обобщенное представление потенциала $U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N)$ заменено более конкретным его выражением, показанным в (2). Выше выписанные две системы уравнений допускают разложение до $2N$ уравнений для функций $J_n(\mathbf{r}_n, t)$ и $S_n(\mathbf{r}_n, t)$ разделенных состояний

$$-\frac{\partial J_n(\mathbf{r}_n, t)}{\partial t} = \frac{1}{2m} \left(\nabla_n J_n(\mathbf{r}_n, t) \right)^2 - \frac{\hbar^2}{2m} \left(\nabla_n S_n(\mathbf{r}_n, t) \right)^2 + \sum_{k \neq n}^N u(\mathbf{r}_n - \mathbf{r}_k) + \frac{\hbar^2}{2m} \nabla_n^2 S_n(\mathbf{r}_n, t), \quad (19)$$

$$\frac{\partial S_n(\mathbf{r}_n, t)}{\partial t} + (\mathbf{v}_n(\mathbf{r}_n, t) \cdot \nabla_n S_n(\mathbf{r}_n, t)) + \frac{1}{m} \nabla_n^2 J_n(\mathbf{r}_n, t) = 0, \quad n = 1, 2, \mathbf{L}, N. \quad (20)$$

Первое уравнение является модифицированным уравнением Гамильтона-Якоби для n -ой частицы, взаимодействующей через потенциалы $u(\mathbf{r}_n - \mathbf{r}_k)$ со всеми частицами ансамбля. Второе уравнение представляет уравнение баланса квантовой энтропии n -ой частицы. В разделенном состоянии существуют N уравнений, описывающих пучок, состоящий из N траекторий в 3-мерном конфигурационном пространстве. Скорость n -ной частицы, $\mathbf{v}_n(\mathbf{r}_n, t) = \nabla_n J_n(\mathbf{r}_n, t)/m$, определяется только по сдвигам самой частицы, $\mathbf{v}_n(\mathbf{r}_n, t) = \partial \mathbf{r}_n / \partial t$.

Возможна ситуация разделения волновой функции $y(\mathbf{r}_1^{\mathbf{f}}, \mathbf{r}_2^{\mathbf{f}}, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N^{\mathbf{f}}, t)$ на произведение конечного числа функций, каждая из которых описывает запутанные состояния конечного числа частиц, т.е., ансамбль частиц, $n = 1, 2, \mathbf{L}, N$, разбивается на ряд кластеров

$$\{k_1 = 1, 2, \mathbf{L}, K_1\}, \{k_2 = K_1 + 1, K_1 + 2, \mathbf{L}, K_1 + K_2\}, \mathbf{L}, \left\{ k_l = \sum_{j=0}^{l-1} K_j + 1, \sum_{j=0}^{l-1} K_j + 2, \mathbf{L}, \sum_{j=0}^{l-1} K_j + K_l \right\}$$

Здесь $N = K_1 + K_2 + \mathbf{L} + K_l$, $K_0 = 0$. В пределах каждого кластера частицы пребывают в запутанном состоянии - каждый кластер является целостным объектом с мгновенной передачей квантовой информации в пределах кластера. Кластеры являются распутанными - обмен возмущениями между ними не превышает скорость света.

Заключение: шаровая молния как запутанный квантовый плазмод

Квантовый корректор (12), разлагающийся на кинетическую и потенциальную энергии,

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N (\nabla_n S)^2 \quad \text{и} \quad \frac{\hbar^2}{2m} \sum_{n=1}^N \nabla_n^2 S,$$

содержит множитель $\hbar^2 / 2m$. Здесь $\hbar^2 \approx 1.1 \times 10^{-68} [\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{sec}]^2$ и $m \approx 1.67 \times 10^{-27} [\text{kg}]$ есть масса протона⁶. Их отношение есть $\hbar^2 / 2m \approx 3.3 \times 10^{-42} [\text{kg}][\text{m}^2 / \text{sec}]^2$. Эта величина довольно маленькая. Что касается числа частиц N , замечено, что средняя плотность вещества в ШМ (шаровая молния) на 4-5 порядков ниже плотности материала, представляющего его [Смирнов, 1993]. Допустим в таком случае, что число частиц N в ансамбле на четыре порядка меньше количества атомов в одном моле (число Авогадро): $N \approx 6 \times 10^{23-4} [\text{mol}^{-1}]$. В этом случае произведение $\hbar^2 / 2m$ и N дает результат⁷ $(\hbar^2 / 2m) \cdot N \approx 2 \times 10^{-22} [\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{sec}^2]$. Этот фактор меньше электростатической энергией, в которой главным действующим игроком является кулон $\approx -1.6 \times 10^{-19} [\text{Coulomb}]$. Однако, в этих оценках еще не участвуют градиент $\nabla_n S$ и лапласиан $\nabla_n^2 S$. Они могут внести решающий вклад. Это возможно в том и только том случае, если энтропия $S(\mathbf{r}_1^{\mathbf{f}}, \mathbf{r}_2^{\mathbf{f}}, \mathbf{L}, \mathbf{r}_N^{\mathbf{f}}, t)$ имеет резкие перепады при сдвигах $r_k, k = 1, 2, \mathbf{L}, N$. Следовательно, носителем энтропии должна быть фрактальная среда. Так как энтропия оценивает степень хаоса в пространстве состояний, эта фрактальность относится к вакантным местам, занимаемым частицами. Иными словами, некоторые места частица не посещает, в принципе. И рядом же есть места, где вероятность обнаружения частицы очень высока. Появление фрактальности не противоречит теореме Лиувилля [Ланцош, 1965]. Пример, иллюстрирующий появление фрактального множества, есть преобразование пекаря [Андриашин, 2003]: взяв ансамбль точек внутри некоторой области и проделав произвольное количество преобразований пекаря⁸, мы обнаружим тоже самое количество точек внутри некоторой другой области (форма её при этом очень сильно изменится и станет крайне замысловатой). Здесь выполняется теорема Лиувилля - сохраняется объём в фазовом пространстве.

⁶ Здесь для оценок берется масса протона, так как массы ионов кратны этой массе.

⁷ Данный результат соответствует размерности энергии, поскольку размерность лапласиана есть $[\text{m}^{-2}]$.

⁸ Представь, как пекарь раскатывает тесто, перекладывает его, снова раскатывает, и так далее.

В случае фрактальной среды, производные от энтропии могут дать еще один-два порядка в общий вклад, при умножении на выше приведенную оценку. Это давало бы состояние вещества, находящегося в квантовом запутанном состоянии, но занимающего при этом макроскопический объем - фрактальная фаза вещества. Вопрос в том, как и при каких условиях можно воспроизвести такую ситуацию? Возможно, природа имеет ответ на этот вопрос - это шаровые молнии [Смирнов, 1990, 1993]. Такие ситуации могут возникать в условиях сильных электрических разрядов, как, например, при грозах.

Уравнения Гамильтона-Якоби, вместе с уравнением непрерывности, в состоянии описать довольно сложные явления природы [Ланцош, 1965; Corben and Stehle, 1994], начиная от ламинарных течений, с переходом к уравнениям Навье-Стокса, турбулентных течений, вплоть до формирования вихревых потоков в теле торнадо, см. **Рис.2**.



Рисунок 2

Торнадо. Вихревые диссипативные структуры представляют предмет изучения классической механики и теории динамических систем. Фотография взята из публикации "Свойства шаровой молнии по свидетельству очевидцев" [Крнев, 2006].

Торнадо, как правило, сопровождается грозовыми явлениями, разрядами молний, и не редко появлением шаровых молний. В публикации "Свойства шаровой молнии по свидетельству очевидцев" [Крнев, 2006] приводится большой набор показаний:

- "Л прямо через оконное стекло летит огненная стрела. Точнее она была похожа на палку толщиной 2-4 см и длиной около 40 см. Цвет этой "стрелы" был оранжевый, и светилась она, как лампочка в 75 Вт. Ощущения тепла не было. Длилось все это 1-2 сек. В стекле отверстия не осталось. Летела "стрела" так, словно стекла не было совсем." (Показание 17 на стр. 4).
- "Л Подлетев к окну, шар, не замедляя своего движения и не меняя формы, прошел сквозь стекло, словно стекла не было. (В стекле я никакого отверстия не обнаружила)." (Показание 21 на стр. 5).
- "Во время сильной грозы в комнату прямо через оконное стекло медленно прошел сверкающий шарик диаметром 4-5 см. Проходя сквозь стекло, он своей формы не менял и прошел так, словно стекла не было. Все это длилось секунд 5-7. В стекле, через которое дважды прошел шарик, следов не оказалось." (Показание 22 на стр. 6).

Это только малая часть показаний, взятых из данной публикации. Важно, что во всех этих независимых наблюдениях, констатируется факт прохождения шаровой молнии через плотную преграду⁹, по нашим понятиям, без каких-либо ее повреждений. Это очень сильно напоминает ситуацию туннелирования через потенциальный барьер. В частности, в статье [Щербак, 2003] приводится 13 существенных свойств, присущих ШМ.

Крнев полагает [2002], что рождение плазмоида шаровой молнии связано с синтезом низкочастотного вещества (солитона), возникающего при столкновении квантов СВЧ-энергии. По мнению Крнева, низкочастотное вещество образуется из гамма-квантов электромагнитных волн с

⁹ Тот факт, что преградой является стекло, позволяет наблюдателю видеть объект по ту сторону преграды.

длинами волн, больших чем $\lambda_e = hc/2E_e \approx 1.213 \times 10^{-12} \text{ м}$. Здесь c - скорость света, h - постоянная Планка, а $E_e = 0.511 \text{ MeV}$ - энергия электрона. При длинах волн, меньших чем λ_e , образуется высокочастотное вещество. Другой довольно интересной моделью ШМ является модель, изложенная в работах [Щербак, 2003; 2008]. В данной модели ШМ, предлагается электромагнитный солитон, который представляется как релятивистский магнитный ротатор (РМР), проявляющий, как показано в работе, признаки элементарных частиц. В этом ключе было бы заманчивым рассмотреть поведение ансамбля N частиц в поле РМР.

Что касается наблюдений шаровых молний (плазмоидов) в лабораторных условиях, к настоящему времени существует обширный эмпирический материал генерации ШМ [Манькин и Шапаронов, 1991; Егоров и Степанов, 2002; Егоров *и др.*, 2004; Шабанов, 2002; Щербак, 2003; Буров, 2008; Chukanov, 2003, 2005; Allan, 2006; Weiss, 2002]. Фотография, см. **Рис.3**, показывает шаровой плазмоид, зависший над лабораторным столом. Данная серия экспериментов проводится в Петербургском институте ядерной физики (под Гатчиной) группой, представленной Егоровым, Степановым и Шабановым.



Рисунок 3

Шаровой светящийся плазмоид, полученный в лабораторных условиях в Петербургском институте ядерной физики под Гатчиной. Справа сидит один из участников этого эксперимента Геннадий Шабанов. Фотография захвачена на сайте www.nanoworld.org.ru, [Шестопапов, 2007].

Гипотезы возможной организации ШМ апеллируют, главным образом к плазме. Холодная гидратированная плазма [Стаханов, 1996] удерживается в компактной форме благодаря электромагнитному полю, создаваемому ионами плазмы. С другой стороны Кренев [2002], Щербак [2008] и Чуканов [2003] последовательно отстаивают точку зрения, что ШМ представляет собой квантовый макроскопический объект. Возможно, синтез всех точек зрения поможет отразить истинную природу ШМ. В этом ключе, данная статья дает намек, что основой организации ШМ, стабилизирующий ее состояние, может представляться ансамбль ионов, находящихся в *квантовом запутанном состоянии*.

Тепловые флуктуации представляют одну из основных причин разрушения запутанного состояния. Однако электромагнитные поля, существующие внутри ШМ, могут частично угнетать вклад тепловых флуктуаций. Замечено, что температура среды в сильном магнитном поле ниже, чем вне его, Щербак [2008].

Благодарности

Автор благодарит О. Мрачковского (г. Гатчина) за комментарий, данный к фотографии, представленной на **Рис. 3**.

Литература

- Allan, S.D., [2006] "Chukanov Quantum Free Energy Moving," *PESN News*, http://pesn.com/2006/02/16/9600236_Chukanov_to_Europe/, (2)
- Bohm, D., [1952] "A suggested interpretation of the quantum theory in terms of "Hidden Variables"" *Physical Review*, **85**, 166-193.
- Chukanov, K. B., [2003] "What is Ball Lightning? A Synopsis by Kiril Chukanov," in: http://freeenergynews.com/Directory/Chukanov/ball_lightning_intro.htm
- Chukanov, K.B., [2005] "Quantum Energy Extraction ," in: *ExtraOrdinary Technology Conference*, (7), 11.
- Corben, H.C. and Stehle. P, [1994] *Classical mechanics*, (Diver Publ., Inc. N.Y.)
- Einstein, A., Podolsky, B. and Rosen, N., [1935] "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?," *Phys. Rev.*, **47**(10), 777-780.
- Vakulenko, A., [2000] "Removing Moire Patterns," in: <http://www.oberonplace.com/dtp/moire/index.htm>
- Weiss, P., [2002] "Anatomy of a Lightning Ball," *Science News*, <http://www.sciencenews.org/articles/20020209/bob8.asp> , **161**(6), 87.
- Werbos, P.J., [2008] "Bell's Theorem, Many Worlds and Backwards-Time Physics: Not Just a Matter of Interpretation," in: <http://arxiv.org/find/all/1/au:+werbos/0/1/0/all/0/1/0801.1234.pdf>, pp. 1-15.
- Wikipedia, [2008(a)] "Bohm interpretation," in: http://en.wikipedia.org/wiki/Bohm_interpretation
- Wikipedia, [2008(b)] "Quantum entanglement," in: http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_entanglement
- Андриашин, Э., [2003] "Хаос, необратимость времени и брюссельская интерпретация квантовой механики. Концепция И. Пригожина," in: <http://andriashin.temator.ru/cont/1926/1.html> ,(9)
- Буров, В.Ф., [2008] "О плазмоидах, шаровой молнии, НЛЮ," in: <http://www.sinor.ru/~bukren/plazm.htm>
- Доронин, С.И., [2004] "Мера квантовой запутанности чистых состояний," *Квантовая Магия*, **1**(1), 1123-1137.
- Доронин, С.И., [2007] *Квантовая магия*, («Весь», Санкт-Петербург, <http://www.ppole.ru/doronin/>)
- Егоров, А.И. и Степанов, С.И., [2002] "Долгоживущие плазмоиды - аналоги шаровой молнии, возникающие во влажном воздухе," *ЖТФ*, **72**(12), 102-104.
- Егоров, А.И., Степанов, С.И. и Шабанов, Г.Д., [2004] "Демонстрация шаровой молнии в лаборатории," *УФН*, **174**(1), 107-109.
- Каминский, А.В., [2004] *Алгоритмическая модель мира*, (http://www.vusnet.ru/biblio/archive/kaminskiy_algorithm/)
- Каминский, А.В., [2005] "Скрытое пространство-время в физике," *Квантовая магия*, **2**(1), 1101-1125.
- Крнев, Г.А., [2002] "Пятое измерение?," in: http://www.sinor.ru/~bukren/kr_st1_1.htm ,(1)
- Крнев, Г.А., [2006] "Свойства шаровой молнии по свидетельству очевидцев," in: http://www.sinor.ru/~bukren4/nab_shmi.htm ,(3)
- Ланцош, К., [1965] *Вариационные принципы механики*, (Мир, М.)
- Манькин, Э.А. и Шапаронов, И.М., [1991] "Шаровая молния," in: *Лабораторный аналог шаровой молнии черного цвета*, ред. проф. Смирнов Б., (ИВТАН, М.), 3.
- Сбитнев, В.И., [2008] "Бомовское расщепление уравнения Шредингера на два уравнения, описывающих эволюцию реальных функций," *Квантовая Магия*, **5**(1), 1101-1111.
- Смирнов, Б.М., [1990] "Физика шаровой молнии," *УФН*, **160**(4), 1-45.

Смирнов, Б.М., [1993] "Излучательные процессы с участием фрактальных структур," *УФН*, 163(7), 51-63.

Стаханов, И.П., [1996] *О физической природе шаровой молнии*, (Научный мир, М.)

Шабанов, Г.Д., [2002] "Оптические свойства долгоживущих светящихся образований," *Письма в ЖТФ*, 28(4), 81-86.

Шестоपालов, А., [2007] "Шаровая молния," in:

<http://www.nanoworld.org.ru/forum/viewtopic.php?pid=23859> (1)

Щербак, В.С., [2003] "Трудно объяснимые свойства шаровой молнии," in:

<http://www.scherbakv.narod.ru/>

Щербак, В.С., [2008] *Энергия шаровой молнии*,

(<http://www.scherbakv.narod.ru/>)