

# ЧЕРЕЗ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКИ К НАНОТЕХНОЛОГИЯМ

**Н**анотехнологиям сегодня необходимы альтернативные и менее ресурсоемкие проекты, которые подготовят базу для их революционного развития. Предлагается принципиально новый подход, на основе которого возможно понимание того, что происходит в природе, начиная с фундаментального уровня ее организации и сокращение сроков между фундаментальными открытиями и их практическим использованием в конкретных приложениях, в том числе в области нанотехнологий.

Суть нанотехнологий — управляемый синтез нанообъектов с заданными характеристиками, функциями и структурой, т.е. организация иерархического перехода от единичного атома к веществу (к макросвойствам).

Именно это и сделано в компьютерной системе с собственными способностями (КСС), в которой реализован динамический энион, т.е. само понятие частицы. По мнению авторов, это понятие наблюдаемо и позволяет исследовать его свойства и конкретные определения в рамках этого понятия, а также организовать иерархический переход частица/тело.

Указанное утверждение основано на доказательстве Фридмана, Майкла Ларсена (Университет штата Индиана) и Чженг-хана Ванга из Microsoft в 2002 году, что топологический квантовый компьютер действительно может моделировать любое вычисление стандартного квантового компьютера, но только приблизительно. Тем не менее, всегда можно найти такую косу [1], которая моделирует требуемое вычисление с любой заданной точностью.

Физика, как правило, ассоциируется с проведением экспериментов двух типов. Первые — это физические эксперименты, вторые — вычислительные эксперименты с использованием математических моделей явлений и процессов.

В обоих случаях существует проблема интерпретации результатов экспериментов. Вопрос интерпретации результатов для макрообъектов достаточно прост. Такие эксперименты обычно направлены на уточнение отдельных характерис-

тик объекта, и исследователь, как правило, знает об объекте больше, чем не знает.

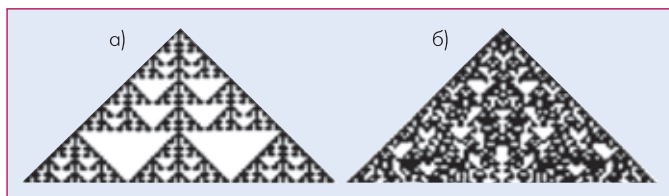
Однако существуют области исследований, когда об изучаемом объекте практически ничего неизвестно. Доступны лишь те данные о них, которые удается получить в результате эксперимента, и уже по результатам обработки этих данных формируется представление об объекте. К этой категории относятся практически все объекты микро-, нано- и более малых миров.

И на первый план выдвигается проблема интерпретации результатов.

Оценить результаты подобных экспериментов исследователь может, используя, как правило, собственные представления, выражающиеся в виде первичных идеальных объектов (ПИО) [2]. На основе ПИО строится теория, в рамках которой отдельные непосредственно измеряемые характеристики соединяются в единое целое.

Прибор в таких экспериментах выступает посредником между исследователем, его представлениями, осуществляемыми на их основе действиями и изучаемым явлением.

Чтобы действия стали эффективными, исследователь должен представлять адекватно, с чем имеет дело. Однако в случае с нанообъектами как раз это и не происходит — часть характеристик может так и оставаться лишь в представлениях. Как правило, это простейшие представления, не требующие специального описания, такие как пространство, время, число, множество и т.п. Часть из них представляется



**Рис. 1** Структура, порожденная в результате эволюции КА, работающего по двум различным из 256 возможных правил

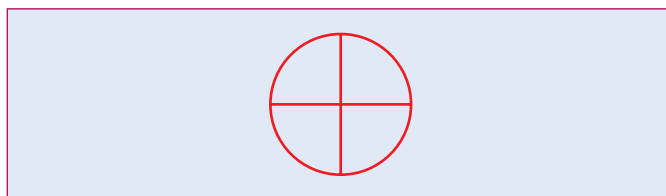
математическими абстракциями, некоторые из которых могут быть формализованы и иметь развитый аппарат для оперирования с ними, а часть лишь декларирована. Кратко рассмотрим современные методы исследования того, что скрыто от непосредственного наблюдения.

Во-первых, это эксперименты на ускорителях или реакторах; во-вторых, — эксперименты с нанообъектами; в-третьих, — эксперименты с уже привычными инструментами, например, томографами, позволяющими наблюдать то, что скрыто от непосредственного наблюдения, но соизмеримо с обыденным представлением человека.

В первом случае проблема понятна, и о ней сами физики высказываются вполне однозначно [3].

В третьем типе экспериментов все проще вследствие того, что наблюдаемые через непрозрачную границу объекты (внутренние органы человеческого тела), хорошо известны по результатам анатомического исследования, и реконструкция их структуры по результатам инструментального наблюдения не вызывает принципиальных трудностей.

Во втором типе экспериментов исследователи не имеют представления о том, что должны увидеть, поскольку нет опыта и сформированных образов, соответствующих исследуемому явлению. Пространственно-временные масштабы "объектов" несоизмеримы с теми, которые исследователь способен видеть, используя свои естественные способности.



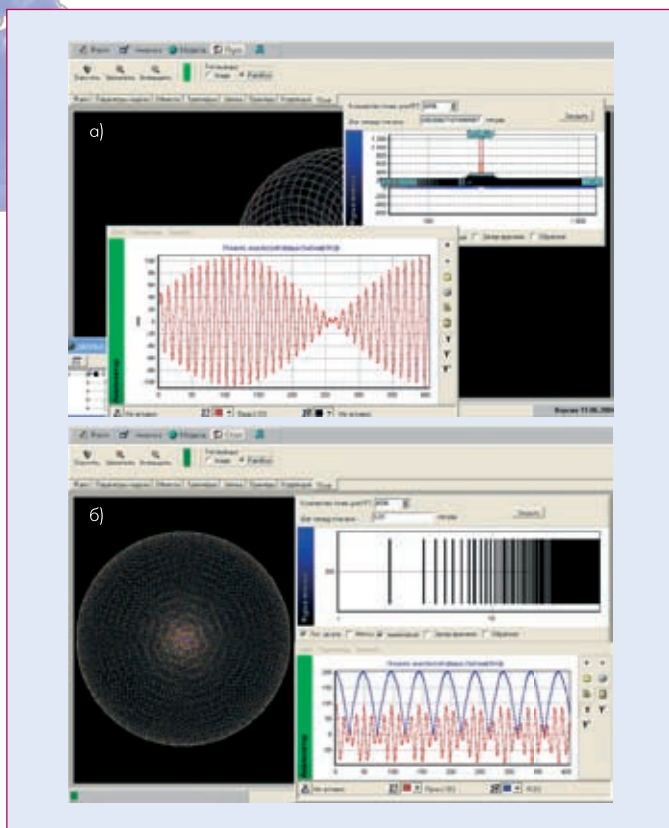
**Рис. 2** Фрагмент процесса существования КСС 2-го уровня сложности. Невозмущенная атомная структура как результат организации специального процесса взаимодействия между двумя субатомными структурами (частицами)

Более того, хотя проблемы интерпретации до конца не сняты, в мезомире, который стал доступен для инструментального исследования совсем недавно, практически нет даже приемлемых математических моделей. Вместе с тем в качестве основы для реализации инструментов, позволяющих исследовать мир на наноуровне, используются в некоторой степени известные физические явления. В связи с этим в наноиндустрии возникают весьма серьезные проблемы интерпретации полученных результатов. Кроме того, при работе с нанообъектами эксперимент одновременно может выступать и в качестве технологии, например, при использовании ядерно-силовой микроскопии, поэтому, создав модели таких экспериментов, получают и модели качественно новых технологий.

На основе определенных представлений создаются компьютерные программы обработки данных, превращающие их в некие образы, которые и рассматриваются в качестве объектов, якобы существующих там, в глубине структуры материи.

Как следствие, существует огромная область, от которой зависит понимание происходящего в наномире и которая называется *моделированием приборов и протекающих в них процессов*. По сути, это моделирование экспериментов, рассматриваемых на общем уровне как взаимодействия и супервзаимодействия\*, элементами которых являются исследова-

\*Элементарное взаимодействие, рассмотренное на уровне его атрибутов, но сторонами которого уже являются взаимодействия.



**Рис.3** Скриншоты эксперимента с КСС 2-го уровня сложности организации с выведением графиков двух различных характеристик взаимодействия (биения, возникающие при взаимодействии двух осцилляторов) и спектров, полученных по данным снимаемым с нее: а) частоты показаны маркерами, в которых выводятся их значения; б) эти же частоты показаны линиями

тель, явление-посредник и исследуемое явление, причем два из них реализуются на уровне, на порядки отличающемся от того, на котором они доступны для естественных способностей воспринимать их.

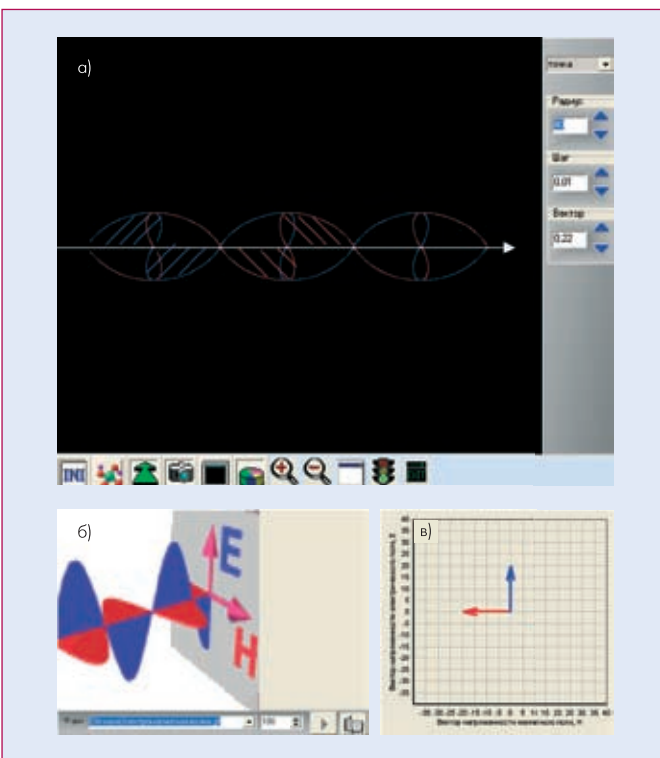
Очевидно, что при нанотехнологических экспериментах необходимо решение проблемы перехода с уровня "физики" на уровень "математики" и наоборот.

### ПРОБЛЕМЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ\*

В интерпретации результатов нуждаются любые известные методы исследования микро- и наномира. Интерпретацию называют также реконструкцией, например трехмерных изображений. Иногда к ним добавляют время или какой-нибудь параметр, например, длину волны флуоресценции, получая пятиразмерные результаты [4].

Правомочен вопрос: на каком основании предполагается, что наномир трехмерен? Да, макромир, который видит индивид, трехмерен. Но есть ли на упрощенном уровне организации материи условия для существования трехмерных объектов в обычном представлении? Скорее всего нет, ведь мир атомов проще, чем мир человека, хотя бы потому, что пос-

\*Интерпретация — одна из фундаментальных функций человеческого сознания, а значит, в вопросе прояснения интерпретирующих способностей сознания кроются огромные резервы в получении достоверной информации о том, что удастся получить из глубин наномира.



**Рис.4** КСС — частица как электромагнитная волна (ЭМВ). Структура получена в результате приложения внешнего возмущения к центру КСС первого уровня организации вдоль горизонтальной оси: а) горизонтальная осевая штриховка добавлена для того, чтобы ярче показать сходство с существующими представлениями об ЭМВ; б) существующие визуализации ЭМВ; в) векторы электрической и магнитной индукции, строящиеся по данным, снимаемым с КСС

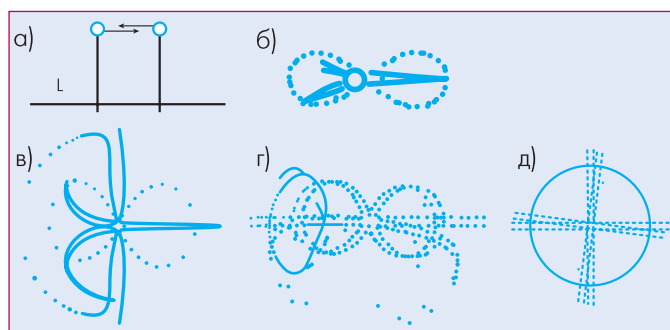
ледний состоит из миллиардов атомов. Но тогда на каком основании предпринимаются попытки реконструировать то, чего, в принципе, не должно быть, и при этом еще понять, как там все происходит?

### Научно-технический цикл

Используя суперприборы, наделенные суперпрограммами, исследователь получает красивые картинки из глубин наномира и удивляется необычности увиденных структур. После этого пытается исследовать свойства этого "чуда". Получив



**Рис.5** Полное совмещение центров КСС первого уровня сложности организации. Прямоугольником выделена область взаимодействия, которая привела к активизации работ на теватроне (рис.7)



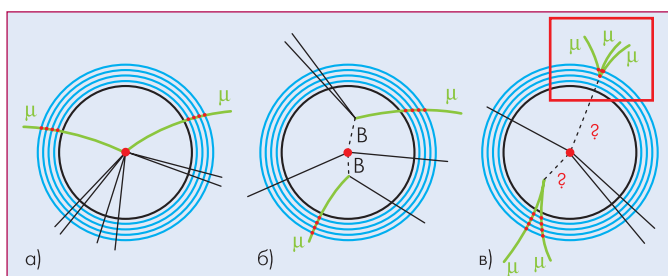
**Рис. 6** Частицы до взаимодействия (а); начальная стадия взаимодействия (б); развивающаяся стадия (в); одна из развитых стадий взаимодействия (г), полное совмещение (д)

свойства, начинает придумывать: каким образом их можно использовать? Обнаружив некоторые полезные свойства, пытается понять, а как такое получается, чтобы ответить на вопрос: как управлять процессом их получения. Научившись управлять воздействием на объекты, исследователь получает воспроизводимость результатов действий. Наконец, на такой основе он пытается построить то, что называется технологией производства. Если это не удастся, исследователь снова обращается к модификации приборов. И цикл повторяется. Это нормальный эволюционный процесс развития [5].

Существует ли альтернативный путь такому дорогостоящему и длительному циклу? Такой путь – понимание механизмов, лежащих в основе формирования самих этих представлений, и умение корректно и с учетом пространственно-временного масштабирования переходить с одного уровня организации на другой, имеющий новое качество.

Проблема не обязательно должна быть привязана к некоторому уровню на метрической шкале. По мнению ряда авторов, механизм количественно-качественных переходов структуры, скользящей по иерархии организации материи, не изменяется при переходе по этой шкале. Именно используя такие представления, некоторые исследователи [6] предлагают использовать живые клетки для массового производства сложных структур и устройств по молекулярной технологии.

В конечном счете, важна структура и механизмы ее построения, а из чего она сформирована – не столь важно. Такой подход известен как кибернетический. В связи с этим проблему легко сформулировать в общесистемных терминах или в терминах части и целого, субатомных частиц и атомов.



**Рис. 7** Займствовано из статьи [8]. Прямоугольником показана область, вызвавшая интерес к полученным на теватроне данным (см. рис. 4)

Существует ряд вопросов, ответы на которые необходимо получить. Самая большая проблема – нет однозначного ответа, что понимается под частицами, когда речь идет именно о них. Что такое частица на уровне понятия? *Частица – это часть чего-то целого или целое? Если часть целого, то может ли она рассматриваться отдельно от него? Если частица – единичное целое, но другого качества, как из частиц получается новое целое, обладающее новым качеством?*

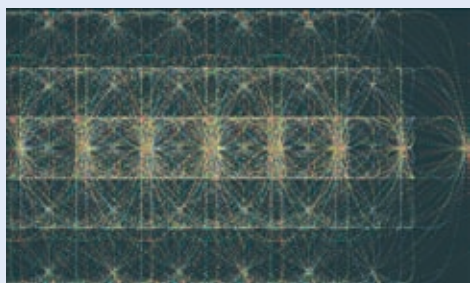
Один из выдающихся ученых нашего времени С. Вольфрам, высказал мысль о том, что миром управляют простые правила [7].

Разработанная еще в 1988 году компьютерная система, обладающая своими собственными способностями (КСС), по механизму реализации аналогична нашим способностям, и является именно системой, в которой реализуются такие правила. Ее построение не сводится к написанию программы, а состоит в реализации динамически существующей способности как таковой, в основе которой лежит взаимодействие. С. Вольфрам не удалось, используя простые правила, получить узнаваемые математические и физические абстракции. КСС же не только порождает узнаваемые и поддающиеся интерпретации структуры, но и производит в процессе своего существования и реагирования на внешние возмущения не только логические, но и арифметические операции, позволяющие получать количественные результаты. Именно это отличает ее от систем и подходов, предлагаемых в работе [8]. Для сравнения результатов работы клеточных автоматов (КА) и КСС приведены некоторые фрагменты работы КА и существования КСС. Вот как выглядит фрагмент эволюции одного из КА (рис. 1).

В рамках КСС реализуется количественно-качественный переход с образованием нового уровня организации, и таким образом решается известная проблема целостности, т.е. соотношения частей и целого. В связи с этим в КСС рассматриваются различные уровни организации, начиная с первого, и имеют место обозначения КСС 1-го уровня организации, КСС 2-го уровня организации и т.д. На рис. 2 приведен фрагмент процесса существования и становления в пространстве и времени КСС 2-го уровня сложности организации. Это результат, к которому приводит названное в работе специальным, взаимодействие, не имеющее до сих пор полного математического описания. Как правило, такое взаимодействие называют смешанным или запутанным состоянием, которое, однако, не сводится к произведению или какой-то другой математической операции. Именно это состояние планируется использовать для построения квантовых компьютеров.

КСС в результате организации экспериментов с ней позволяет получать измерительные данные. Эта возможность позволяет снять проблему экспериментальной проверки теоретических построений в физике. Для подтверждения того факта, что полученная динамическая структура является





**Рис.8** Формирование и существование кристаллической структуры, полученной в рамках разработанной КСС. (Явно видны признаки кристаллической структуры, узлы кристаллической решетки и периодическую структуру)

действительно структурой атомного уровня организации\* с использованием известных математических методов обработки, в частности БПФ, по этим данным был построен линейчатый спектр (рис.3).

Из приведенных фрагментов очевидно, что на основе КА, подобные структуры, которые порождает КСС, получить не удалось. Представление КСС именно со второго уровня организации начато не случайно, так как порождаемые на этом уровне образы гораздо ближе к уже известным в математике и физике. Первый уровень организации существенно беднее, но, тем не менее, он также позволяет продемонстрировать известные явления физики. КСС предполагает совершенно естественное для нее рассмотрение практически всех явлений живой и неживой природы с использованием аппарата способностей. Так, например частицы на языке способностей определяются как способность оставлять свои следы, что не противоречит обыденной интуиции человека, получающего эти следы и обрабатывающего их характеристики (рис.4).

По сути, это иная форма уравнений Максвелла и как раз то, о чем говорил С.Вольфрам [8], отмечая, что КА позволяют отказаться от необходимости составлять и решать дифференциальные уравнения и пересчитывать матрицы. КСС ставит исследователя в условия, когда он может, не выполняя рутинных вычислений, наблюдать решения, будучи уверен в том, что преобразования и вычисления выполнены точно.

Для частиц наиболее чистыми являются эксперименты по их столкновению, наподобие того, который планируют начать в 2009 году на ЛНС. КСС также позволяет организовать подобные столкновения. На рис.6 приведены фрагменты структур, порождаемых в процессе сближения частиц. По сути КСС выступает как информационный коллайдер или ускоритель идеальных частиц [8].

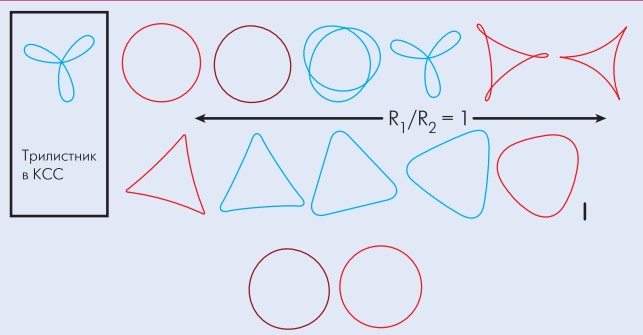
На фрагменте процесса взаимодействия двух частиц показано образование, имеющее в физике название "глобола", которое еще не удавалось получить экспериментально [9, 10].

\*Пространственно-временные отношения смасштабированы к воспринимаемому человеком пространству и времени, однако это масштабирование не приводит к искажению существующей реальной структуры на том уровне, на котором человека еще нет.

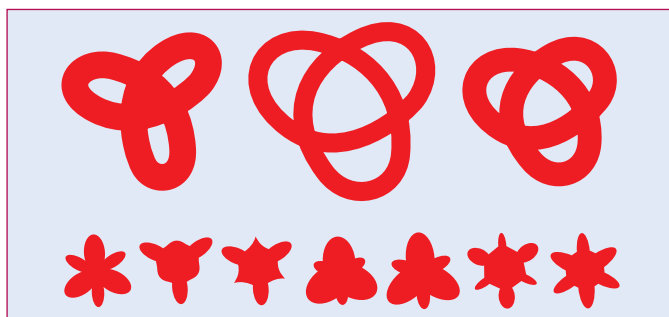
В КСС это явление действительно описывается (рис.5 – маленькая окружность вне общего поля взаимодействия двух частиц). Этот объект "висит в пространстве" рядом с основным процессом взаимодействия (осью пучка). Оно получено в КСС экспериментально. Это означает, что могут быть определены все необходимые для появления этого явления значения параметров. Достаточно перенести их на реальный ускоритель с учетом масштабов. Для того, чтобы продемонстрировать факт, что все структуры, включая и "глобол", порождены самой КСС на рис.6 приведены несколько фрагментов процесса столкновения. (Все структуры получаются по мере уменьшения расстояния между сталкиваемыми частицами. Состояние до столкновения – рис.6а).

Последним наиболее заметным событием в мире частиц и ускорителей явилось обнаружение новых явлений [11] (рис.7).

Не вдаваясь в подробные пояснения приведенных схем, отметим то, что, как правило, остается вне поля зрения исследователей. Известно, что квантово-механические объекты не существуют вне эксперимента, позволяющего их получать и исследовать, или вне аналогичных условий, существующих в природе, т.е. в реально протекающих взаимодействиях со всеми их атрибутами. Поэтому говорить о том, что красные точки на рис.7 являются частицами – не совсем корректно. Все, что изображено, есть ни что иное, как частицы, т.е. не только следы, оставленные в детекторах, но и сам пучок, и детектор, и, конечно, следы являются компонентами частицы, если ее рассматривать на уровне понятия, а не отдельных определений. Вся эта совокупность является генератором частиц, которые могут быть обнаружены в данном эксперименте. Конкретные реализации экспериментов являются лишь отдельными пакетами данных, полученных в условиях, определяемых характеристиками эксперимента. Именно в таком понимании частиц производит свои генерации и КСС. Если посмотреть на фрагменты процесса столкновения (см. рис.5), можно обнаружить струи, порождаемые подобными столкновениями, так удивившие экспериментаторов на теватроне. Все эти структуры существуют в рамках эксперимента на КСС в динамике, что позволяет получать именно статистические данные. Таким образом, КСС при должной количест-



**Рис.9** Пространственно-временные деформации структуры с изменением отношений между характеристиками взаимодействующих сторон



**Рис.10** Эволюция с историей процесса становления структуры трилистника

венной интерпретации способна дать ответы на вопросы, которые возникают у экспериментаторов в ходе интерпретации данных, полученных на теватроне.

Может показаться, что все приведенное выше, не имеет отношения к нанотехнологиям. Ведь там исследуются структуры более высокого уровня организации. В частности, квантовые точки или экситоны (квазичастицы) являются кластерами, состоящими из десятков тысяч атомов. На фрагменте (рис.8) показано формирование и существование кристаллической структуры на основе единственной атомной структуры 5-го уровня организации.

На серии фрагментов процесса существования КСС (рис.9) показано вырождение частицы (нетривиального узла) в два тривиальных узла, но при движении в противоположные стороны от единицы (выбранного начала отсчета).

На рис.10 с использованием фрагментов работы КСС показана известная в стереохимии структура трилистника в эволюции процесса становления.

В данной статье сделана презентация принципиально нового способа генерации и исследования структур, допускающих пространственно-временное масштабирование, т.е. по сути описан переход с одного уровня организации на другой, что необходимо при работе с веществами на среднем между

физическим (частиц и атомов) и химическим (молекул) уровнями, называемый сегодня наноуровнем. В основу этого способа положена идея Р.Фейнмана о компьютерном моделировании физики [12]. В КСС, по сути, и реализована эта идея.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коллинз Г. Узелковый квантовый компьютер. – В мире науки, 2006, №7.
2. Клышко Д.Н., Липкин А.И. О "коллапсе волновой функции", "квантовой теории измерений" и "непонимаемости" квантовой механики". – Электронный журнал "Исследовано в России" <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2000/053.pdf>.
3. Саврин В. Интервью программе НТВ TV\_CH6\_0910\_1859\_KOLAIDER\_T416.mp4.
4. Сканируя нанопространство... Революционная премьера от CARL ZEISS. – Наноиндустрия, 2008, № 3, с.26–28.
5. Шварев А. "Нано-пурга III – Разоблачение мифа о триллионном нанотехнологическом рынке". [www.nanometer.ru/2008/01/24/12012041392196\\_5767.html](http://www.nanometer.ru/2008/01/24/12012041392196_5767.html).
6. Земляникин Р. "Ожившие Нанотехнологии" [news.dirx.ru/?i=8595690](http://news.dirx.ru/?i=8595690).
7. Wolfram С. A New Kind of Science [www.amazon.com/New-Kind-Science-Stephen-Wolfram/dp/1579550088](http://www.amazon.com/New-Kind-Science-Stephen-Wolfram/dp/1579550088).
8. Каминский А.В. Моделирование физики на конечных пространствах. <http://iphysic.narod.ru/com/articles.htm>.
9. Фейнман Р.Ф. 36 КЭД – странная теория света и вещества: / Пер. с англ. – М.: Наука, 1988. – 144 с. – (Б-чка "Квант". Вып. 66.) ISBN 5-02-013883-5.
10. Иванов И. Удивительный мир внутри атомного ядра. Публичная лекция. Фонд "Династия", ч. 1 (93 Mb), ч. 2 (93 Mb), ч. 3 (68 Mb).
11. Иванов И. Детектор CDF обнаружил явление, не поддающееся объяснению в рамках Стандартной модели.
12. Фейнман Р. "Моделирование физики на компьютерах". ([old.rcd.ru/qc/contents/1999-2/pdf/feymod.zip](http://old.rcd.ru/qc/contents/1999-2/pdf/feymod.zip)). International Journal of Theoretical Physics (vol. 21, p. 467–488).