

# ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ НАНОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Кондраков И.М.**

*«По уровню научно-исследовательских разработок РФ находится в одинаковых стартовых позициях с ведущими мировыми державами. Анализ организации работ по развитию нанотехнологий в мире приводит к заключению, что, несмотря на широкий фронт проводимых работ в этой области, каждая страна стремится выделить области особого внимания и свои приоритеты». Разработка и успешное освоение новых нанотехнологических возможностей потребует координации работ на государственном уровне и их всестороннего обеспечения (правового, ресурсного, финансово-экономического, кадрового)».<sup>1</sup>*

Однако, при нынешних темпах развития, когда значительно сократилось время, отпущенное на создание новой технологии, без изменения самой технологии решения творческих задач, без обеспечения научных исследований по приоритетным направлениям инструментальной научной методологией, невозможно эффективно решить поставленные выше задачи.

Мир системен и един, поэтому и законы синтеза, функционирования и развития этого мира должны быть едины на всех его иерархических уровнях. Единство мира предполагает и единый взгляд на него, т.е. единую систему взглядов, выражающую определенный способ видения ("точку зрения"), понимания, трактовки предметов и явлений этого мира. Именно такой подход позволит получить полноценную картину мироздания.

Как показано в статье Н.В.Левашова<sup>2</sup>: «Законы природы формируются на уровне макрокосмоса и микрокосмоса. Человек, как живое существо, существует, в так называемом, промежуточном мире — между макро- и микромиром. И в этом промежуточном мире человеку приходится сталкиваться только с проявлением законов природы, а не с ними непосредственно. Как следствие этого, возникает проблема с созданием полноценной картины мироздания». В ряде его трудов показано, что мир развивается по единым для микро-, мезо- и макромира законам<sup>3</sup>, следовательно, это должно относиться и к законам развития того, что человек, как разумное существо, способен сотворить искусственно. Если это так, то независимые исследования в разных областях должны привести к тождественному результату.

Исходя из этого, наш мир условно можно разделить на три уровня: макромир — космос (Вселенная), мезомир — срединный мир и микромир. Соответственно и познание шло тремя путями: «ВНИЗ» в микромир (микрокосмос), т.е. вглубь материи и «ВВЕРХ» — на макроуровень — в макрокосмос, и на мезоуровне (в

---

<sup>1</sup> Бабкин В.И. Государственная значимость нанотехнологий. Конференция «Наноявления при разработке месторождений углеводородного сырья: от наноминералогии и нанохимии к нанотехнологиям», Москва, 18-19 ноября 2008г

<sup>2,3</sup> Левашов Н.В. «Теория Вселенной и объективная реальность». В сб. научн. докл. Ежегодной научно-практ. конф. «Наука, экология и педагогика в технологическом университете», — Минеральные Воды. Изд-во СКФ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. — с. 205, с. 81-90. ISBN 5-903213-02-2.

срединном мире). Человек же сам оставался в срединном мире, где он мог что-то измерить, пощупать, рассмотреть и т.д. как с помощью своих органов чувств, так и с помощью изобретенных им инструментов. Для познания на других уровнях он вынужден изобретать соответствующие инструменты и приборы, усиливающие часть его возможностей. Каждый свой шаг по пути познания он делал, используя самую примитивную технологию решения творческих задач — технологию метода проб и ошибок, постепенно складывая мозаичную картину окружающего мира. В результате анализа различных научных систем установлено, что наука развивается по объективным законам, которые можно познать и использовать для планомерного развития научных, технических и других систем, без надежд на озарение или осенение.<sup>4,5,6</sup>

Таким образом, если вести речь о развитии наших представлений о мире, то история науки показывает, что они развиваются всегда по одному и тому же алгоритму: вначале мир воспринимается однородным, жёстким, затем появляются представления, что он состоит из однородных частей, которые могут соединяться друг с другом жёсткими, затем подвижными, гибкими, изменяющимися во времени и т.д. связями. Далее выясняется, что соединяемые части несколько отличны друг от друга (неоднородны), и это приводит к новому качеству.

Следующий шаг: система настолько «неоднородна», что она переходит в свою противоположность — в антисистему, т.е. представления развиваются по цепочке: однородная система → однородная система из элементов со сдвинутыми характеристиками (физическими, геометрическими и др.) → неоднородная система → антисистема →.<sup>7,8</sup> При этом количественные изменения на каждом из этих уровней переходят в качественные, заключающиеся во внешнем проявлении в виде различных эффектов.

Кроме того, анализ особенностей синтеза и развития систем показывает, что взаимодействующие части относятся друг к другу в определенных отношениях, которые могут быть выражены количественными соотношениями. При этом, взаимодействие неоднородных объектов, приводит к возникновению внутренних противоречий, разрешение которых возможно лишь при гармонизации целого и части или частей между собой. А гармонизация возможна только там, где имеется родство элементов, содержащих различия в сущности.<sup>9</sup> Например, на уровне первичных материй взаимодействие возможно тогда, когда качества и свойства первичных материй совместимы друг с другом. А при синтезе гибридных материй между взаимодействующими частями возникают определенные гармоничные отношения. Гармония – мера разрешения противоречий, поэтому изучение

---

<sup>4</sup> Альтшуллер Г.С. «Творчество как точная наука». Изд-во «Сов. радио», М., 1979.

<sup>5</sup> И.М.Кондраков. Алгоритм открытий? - "Техника и наука", №11 - 1979г.

<sup>6</sup> Kondrakov I.M. «Algoritmizacja rozwiazan zadan odkrywczych» / В сб. «Projektowanie systemy», т.V, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk. Warszawa, 1983, с. 61-75.

<sup>7</sup> Кондраков И.М. Динамизация технических систем. Тез. В сб.: "Методология и методы технического творчества". Новосибирск. СО АН СССР. 1984 г. С. 70-72.

<sup>8</sup> Кондраков И.М. Модель эволюции технических систем. Сб. докл. СКФ БГТУ им. В.Г.Шухова юбилейной научн.-практ.-конф. 12-13.апр. 2004г. «Наука, экология и педагогика в технологическом университете», Минеральные Воды, 2004., с. 18-28.

<sup>9</sup> Коробко В.И., Коробко Г.Н. Золотая пропорция и человек / Издательство Международной Ассоциации строительных вузов. – М., 2002. – 394 с..

метрической стороны гармонии предполагает разделение целого на части и дифференцированность системы. Здесь проявляют себя, так называемые, законы симметрии, золотого сечения, нарушенной симметрии,<sup>10</sup> являющиеся следствием более фундаментальных законов природы и, которые можно использовать для планомерного развития, в частности, нанометрических технологий.

На вопрос физикам-экспериментаторам из лаборатории Ж.Алферова, лауреата Нобелевской премии, из института Иоффе, почему они работают методом проб и ошибок при исследовании наноструктур, ответ был убийственным: «других методик пока нет, мы исследуем еще не познанное». Это было сказано не в середине XX века, а в декабре 2009 г. представителями авангарда науки. У современной науки нет четкой методологии, но не потому, что в ней нет думающих ученых. У ученых нет единого представления об устройстве мира, поэтому каждый трактует мир в меру своего понимания. Даже название нового прикладного направления - «Нанотехнологии» может пониматься двусмысленно. Например, химики давно имеют дело с мелкодисперсными структурами наноразмеров, не называя это нанотехнологиями, потому что нано – это  $10^{-9}$ , а нанотехнологии занимаются объектами от 1 до 100 нм. Но если приставку «нано» мы присоединим к астрономической величине – парсеку ( $3,086 \times 10^{13}$  км), то получим нанопарсек равный  $3,086 \times 10^4$  км, что равно размеру 9 лун, выложенных в цепочку, или половине диаметра Сатурна. Из примера очевидно, что название «нанотехнологии» не соответствует своему содержанию. Правильнее было бы назвать нанотехнологии – **нанометрическими** технологиями, коль они привязаны к нанометрическим размерам синтезируемых систем. **Таким образом, нанометрические технологии** - это область прикладной науки, которая занимается созданием принципиально новых инструментов и материалов сверхмалых размеров, а также изучает свойства различных веществ на атомном и молекулярном уровне.

Правда, еще в древнем Шумере (4 тысячелетие до н.э.) была известна гальваностегия и гальванопластика, где толщина покрытия составляла 5-10 нанометров. Иными словами, вдруг небезызвестный Журден обнаружил, что он разговаривает прозой. Так и физики, биологи, химики и многие другие, с удивлением «обнаружили», что всю жизнь занимались наноразмерными объектами исследований.

В соответствии с рекомендациями 7-й Международной конференции по нанотехнологиям в Висбадене в 2004 г. условно выделяют следующие типы наноматериалов:

- **наночастицы;**
- **нанотрубки и нановолокна;**
- **нанопористые структуры;**
- **нанодисперсии (коллоиды);**
- **наноструктурированные поверхности и пленки;**
- **нанокристаллы и нанокластеры.**

Как было отмечено, нанометрические технологии занимаются синтезом

---

<sup>10</sup> Марутаев М. Гармония мироздания – закон Единого Целого. Ж.Российский колокол. № 3, 2005, с. 136 – 169.

искусственных объектов из атомов или агрегатов из них.<sup>11</sup> Сами же атомы синтезируются в пространстве с определенными качествами из первичных материй, качества которых совместимы с качествами и свойствами самого неоднородного пространства. Именно неоднородность мерности пространства создаёт в нём новое качественное состояние, когда первичные материи (не взаимодействующие друг с другом в однородном пространстве), при наличии скачка мерности на величину  $\Delta L$ , могут взаимодействовать друг с другом, образуя качественно новый вид материи — гибридный. Потом эти гибридные материи, сливаясь друг с другом ([вырождаясь в пространстве](#)), восстанавливают прежнюю мерность пространства, и вновь наступает равновесие, стабильность. Что касается синтеза атомов, то следует учитывать и создавать необходимые для этого условия, т.к. «возникает синтез только таких атомов, собственное влияние которых на своё микропространство соизмеримо с величиной деформации микропространства в области синтеза данных атомов. На деформацию макропространства накладывается деформация микропространства, только с обратным знаком, и они взаимно уравнивают друг друга».<sup>12</sup>

Следовательно, в перспективе возможен и синтез этих искусственных систем из первичных материй, путем деформации пространства и задания ему определенного набора качеств, обеспечивающих синтез заданной структуры искусственного объекта. Практически это уже делается природой на уровне органических молекул, в живых организмах. Например, деформируя пространство в виде заданной голограммы будущего объекта, теоретически можно синтезировать сам объект из первичных материй. Это дело будущего.

Как известно, в настоящее время существуют три способа создания нанообъектов: «*сверху - вниз*», «*снизу - вверх*» и *самосборка*. Технология «снизу – вверх» заключается в том, что сборка создаваемой «конструкции» осуществляется непосредственно из элементов «низшего порядка» (атомов, молекул, структурных фрагментов более сложных образований и т.д.) располагаемых в требуемом порядке. Технология «сверху – вниз» предполагает уменьшение размеров деталей, т.е. постепенным удалением лишних элементов.

[Самосборка](#) – это объединение разных объектов в более сложное образование на основе законов синергетики. Особенно интенсивно в последнее время изучается самосборка сферических коллоидных частиц. С одной стороны, маленькие шарики, плавающие в растворе, являются довольно простым объектом, с другой – посредством определенных воздействий из них можно создавать очень сложные и интересные [структуры](#).

**Однако эти технологии связан с рядом проблем.**

Самый труднопреодолимый и существенный недостаток углеродных нанотрубок (УНТ) это то, что манипулирование ими затруднено из-за очень маленьких размеров элементов и осуществляется в основном методом атомно-силовым микроскопом (АСМ).

---

<sup>11</sup> Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие/ В.В.Старостин; под общ. Ред. Л.Н.Патрикеева. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 431 с.

<sup>12</sup> Левашов Н.В. «Неоднородная Вселенная». Научно-популярное издание: Архангельск, 2006 год. — 396 с., с. 174. ISBN 5-85879-226-X.

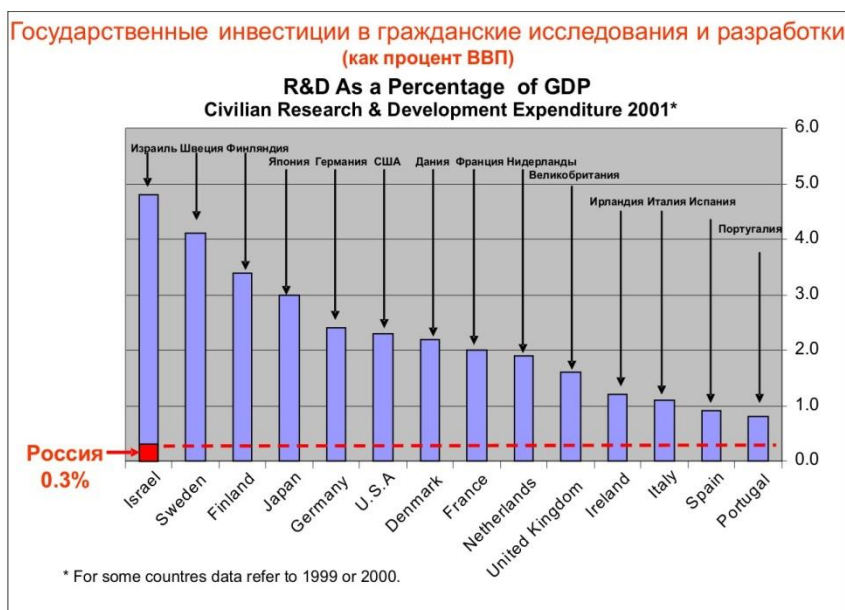
До сих пор исследователям не удалось добиться одновременного регулирования размеров и пространственного положения углеродных нанотрубок, которое требуется для построения на их основе транзисторных цепей.

**Кроме того, невозможность синтезировать нанотрубки четко определенных размеров (хиральности),** характеризующиеся определенными электрическими свойствами. Обычно при синтезе образуются нанотрубки с большим разбросом параметров, что не позволяет использовать их серийно;

**производственно-технологические трудности интеграции нанотрубок в серийные микроэлектронные устройства** – сложности ориентации, обеспечения определенного месторасположения;

**нагрев и значительные потери энергии в местах соединения «металл-нанотрубка»** из-за высокого сопротивления соединения.

Для разработки новых технологий и совершенствования известных необходимы государственные инвестиции, которые в РФ, увы, весьма скромные (рис. 1). Выход здесь опять же видится в разработке и применении новых методологических принципов проведения научных исследований и разработок в области нанометрических технологий, которые позволят значительно сократить затраты на науку.



«Вместе с тем, несмотря на предусматриваемое увеличение объемов, финансирование науки останется на уровне 2003 года - 1,7 % от общей суммы расходов на 2004 год и 0,3 % от ВВП.»

<http://www.moit.gov.il/NR/exeres/E02266E1-6B13-4288-8C1D-760C25FAE226.htm>

[http://www.budgetrf.ru/Publications/2004/Adoption/Federal/ofd/ofd\\_schpalproj27022004/ofd\\_schpalproj27022004000.htm](http://www.budgetrf.ru/Publications/2004/Adoption/Federal/ofd/ofd_schpalproj27022004/ofd_schpalproj27022004000.htm)

*.Рис. 1 Вложения государств в гражданскую науку в процентах от валового внутреннего продукта (ВВП)*

Таким образом, на сегодняшний день по уровню научно-исследовательских разработок РФ находится в одинаковых стартовых позициях с ведущими мировыми державами. При этом реализация активной государственной политики в области нанотехнологий позволит не только поддержать паритет с ведущими государствами в ряде ключевых областей науки и техники и обеспечит необходимый уровень национальной безопасности государства, но и по отдельным направлениям превзойти мировой уровень. Россия обладает заметным



потенциалом интеллектуальной собственности по нанотехнологиям, но еще значительно отстает от передовых стран (рис. 2).<sup>13</sup>



Рис. 2. Количество поданных заявок по нанометрическим технологиям.

Развитие нанотехнологий невозможно без создания адекватных аналитических средств, позволяющих на атомарном уровне изучать элементные взаимодействия, лежащие в основе новейших нанотехнологий, получать информацию о структуре, составах и линейных параметрах нанообъектов и систем на их основе.

*Цель данного исследования состоит в том, чтобы показать возможные рациональные пути развития нанометрических технологий, основываясь на известных объективных закономерностях развития систем.*

К решению проблемы можно подойти со следующих позиций: нанообъекты являются носителями определенных **качеств**, проявляющихся до и после их «сборки», они образуют объекты, подчиняющихся определенным **количественным соотношениям** и являются следствием проявления определенных **законов микромира**.

Используя методику исследования, приведенную в статье<sup>14</sup>, спрогнозируем дальнейшие пути исследования и развития некоторых нанометрических технологий.

1. Определить **состав** исследуемого объекта и на его основе подобрать логически непротиворечивую структуру системы и динамику поведения (развития). Найти ответ на вопрос: из чего состоит объект исследования? Какие при этом составе проявляет свойства? Например, если в качестве объекта взять атомы, то выстраивая их в виде определенной структуры, можно получить новое качество. Атомы можно расположить в **точке** (пример — квантовые точки),

<sup>13</sup> Бабкин В.И. Государственная значимость нанотехнологий. Доклад в ГД РФ Конференция «Наноявления при разработке месторождений углеводородного сырья: от наноминералогии и нанохимии к нанотехнологиям», Москва, 18-19 ноября 2008г

<sup>14</sup> Кондраков И.М. Пятая революция в науке. [www.levashov.info](http://www.levashov.info).

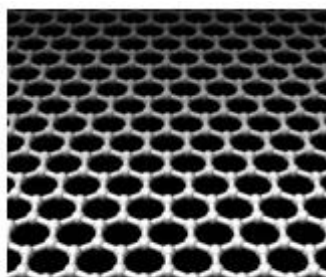
**выстроить в линию** (пример – нанопроволоки), **расположить в виде плоскости** (Графен), **собрать в объем** с определенной структурой (пример - дендримеры). И каждый раз будут проявляться определенные качества и свойства.

**Пример:** Открыт эффект квантовой проводимости у углеродных нанотрубок: при диаметре нанотрубок от 1,4 до 50 нм и длине – от 1 до 5 мкм сопротивление ВСЕХ нанотрубок составляло около 12,9 кОм.

2. После определения **состава** объекта найти адекватную ему структуру и закончить этот этап формированием концепции о **структуре объекта**. Найти ответ на вопрос: как устроить объект исследования, чтобы получить заданное качество?

Составить новую структуру, изучить и сравнить разные структуры.

**Пример:** Графен – это одиночный плоский лист, состоящий из атомов углерода, связанных между собой и образующих решётку, каждая ячейка которой напоминает пчелиную соту (рис. 3).

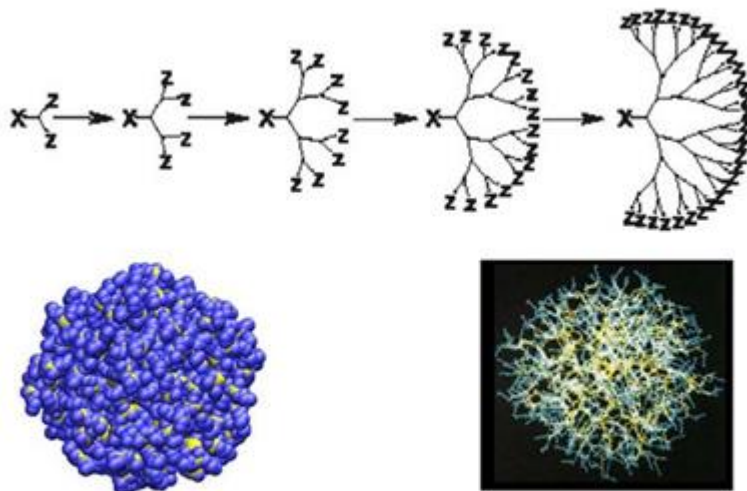


**Рис. 3. Графен**

**Пример:** Дендримеры (древообразные полимеры) – наноструктуры размером от 1 до 10 нм, образующиеся при соединении молекул, обладающих ветвящейся структурой. Синтез дендримеров – это одна из нанотехнологий, тесно соприкасающихся с химией – химией полимеров. Как и все полимеры, дендримеры состоят из мономеров, но молекулы этих мономеров имеют ветвистую структуру. Дендример становится похожим на дерево с шарообразной кроной, если в процессе роста полимерной молекулы не происходит соединения растущих ветвей (подобно тому, как ветви одного дерева, или кроны рядом стоящих деревьев не срастаются). На рис. 4 показано, как могут образовываться такие дендримеры, похожие на шарообразные структуры.

Внутри дендримера могут образовываться полости, заполненные веществом, в присутствии которого дендримеры были образованы. Если дендример синтезирован в растворе, содержащем какой-либо лекарственный препарат, то этот дендример становится нанокапсулой с данным лекарственным препаратом. Заполняя полости дендримеров необходимыми веществами, можно, например, с помощью сканирующего зондового микроскопа собирать из различных дендримеров наноэлектронные схемы. При этом дендример, заполненный медью, мог бы служить проводником и т.п.

3. Выявить правила гармонии системы, её устройства и функционирования: как должны соотноситься друг к другу целое и части или части между собой, чтобы система обладала целостностью и выполняла заданную функцию. Выявить механизм адаптации (гармонии) системы и её **динамику**. Найти ответы на вопросы: Как происходит функционирование (работа) системы с данной структурой и данным составом, по каким правилам и с какой динамикой? Что заставляет её быть такой? Почему именно так?



**Рис. 4. Сборка дендримера из ветвистой молекулы Z-X-Z (верх) и различные виды дендримеров (внизу)**

Гармония связана с «золотым сечением», следовательно здесь должна учитываться законы симметрии, нарушенной симметрии и «золотого сечения, а также тенденции перехода развития систем с макро- на микроуровень.

Примечание: В случае синтеза искусственных систем с заданной функцией, необходимо сформулировать функцию цели или главную полезную функцию этой системы.

**Пример:** Фуллерены представляют собой устойчивые многоатомные кластеры углерода с числом атомов от нескольких десятков до сотен. Как известно, углерод представляет собой достаточно устойчивое соединение протонов и нейтронов. Наличие внешних связей дает возможность молекуле углерода образовывать соединения типа алмаза или графита. Однако на микроуровне углерод способен создавать кластеры, число атомов углерода в которых будет не произвольным, а подчиняться определенной закономерности, исходящей из неоднородности свойств углерода по разным направлениям. Поэтому число атомов в кластере, в зависимости от типа решетки будет: **32, 44, 50, 58, 60, 70, 72, 78, 80, 82, 84** и т.д.

Молекулы самого симметричного и наиболее изученного фуллерена, состоящего из 60 атомов углерода ( $C_{60}$ ), образуют **многогранник**, состоящий из 20 шестиугольников и 12 пятиугольников и напоминающий футбольный мяч (рис. 26). Диаметр фуллерена  $C_{60}$ , составляет около 1 нм.





Рис. 5. Схематическое изображение фуллерена  $C_{60}$

4. Выявить пути **эволюции** системы: как, развивая систему, сохранить ее целостность и гармонию, реализовать заданную функцию. Найти ответы на вопросы: Как развивается система и что ею движет? Почему одна система сменяет другую? Какова цель этого **развития**? Кому это нужно?

Примечание: В случае синтеза искусственных систем с заданной функцией, перенести закономерности развития систем на этом этапе на соответствующую искусственную систему.

В процессе изучения природного мира, человек, используя полученные знания, создал **искусственный мир** — мир **технических систем (ТС)**, роль которого — усилить возможности человека. Но при исследовании природного и искусственного мира человек использует одни и те же подходы, т.е. одну и ту же методологию.

*Говоря о нанометрических технологиях, в которых технические системы будут формироваться из отдельных атомов и агрегатов нанометрических размеров, следует помнить, что это те же системы, но сформированные на микроуровне. При этом законы формирования систем будут аналогичны законам формирования систем на макроуровне. Например, если нужно осуществить хотя бы одну полезную функцию над заданным фокальным объектом, необходимо построить с ним временную систему с Вещественно- Полевым и Функционально совместимым звеном ( $\Pi \rightarrow O$ ).*

$$O_1 \Rightarrow \Pi \rightarrow O \Rightarrow Q_1 \Rightarrow R \rightarrow Q_1 \Rightarrow R_2 \quad \text{или} \quad \begin{array}{c} \Pi \\ \triangle \\ O \quad O_1 \end{array}$$

Где  $\Pi$  – поле (источник энергии) воздействующее или связывающее объекты  $O$  и  $O_1$ . Объект  $O$  выполняет часто функцию «инструмента» по отношению к объекту  $O_1$ .

Практически вся техника предназначена для выполнения заранее заданной главной полезной функции (ГПФ). Причём, как правило, внедряется та техника, у которой выше ГПФ. Повышения ГПФ искусственных систем (ИС), их развитие идёт по пути последовательного использования свойств всех уровней иерархии системы, усложнения внутренней организации системы и т.д. Иначе говоря, по

пути вычерпывания всех ресурсов развития ИС, идеализации её состава и структуры — когда части системы с более высокой организацией берут на себя функции частей с более низкой организацией, как бы «поглощая» их в себя. В идеальной системе нет «лишних» элементов: всё работает на ГПФ системы.

Но системный эффект может быть значительнее, если объединить разнородные элементы, вплоть до элементов с противоположными функциями. Увеличение степени **неоднородности** — один из источников интенсивного развития системы. Кроме того, это один из фундаментальных принципов развития систем<sup>19</sup>.

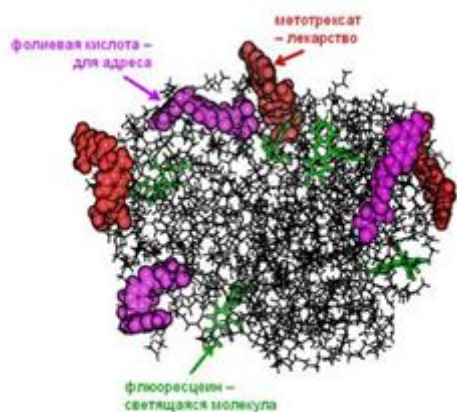
Если вести речь, например, о технике, в которой используются законы природы и их следствия, она работает, благодаря проявлению механизма неоднородности в любой цепочке технической системы, по которой протекают потоки энергии, вещества или информации. Анализ эволюции технических систем (занимающих разные ниши в техносфере), проведённый в начале 90-х годов, показал, что они, проходя четыре этапа развития, приведенные выше, развиваются преимущественно по нескольким **рациональным путям вычерпывания ресурсов развития: на уровне системы, надсистемы и вещества.**<sup>15</sup> Эти пути развития ТС ещё раз подтверждают, что **принцип неоднородности** является универсальным принципом эволюции природных и искусственных систем.

**Можно выделить следующие рациональные пути вычерпывания ресурсов развития:**

**А. на уровне вещества, как системы:**

- **вычерпывание собственных ресурсов:**

- *вещество в виде кластера обрастает себе подобными системами, увеличиваясь в размерах до появления нового качества; Например, способ получения высокооктанового бензина путем использования мочевины и др.*



**Рис. 7.**

- *вещество в общем виде остается без изменения, но постепенно «обрастая» дополнительными веществами, выполняющими требуемые функции, превращается в вещество-композит; Например, к наноструктуре добавляются отдельные атомы или системы атомов. Появляются новые свойства, например, дендримеры.*

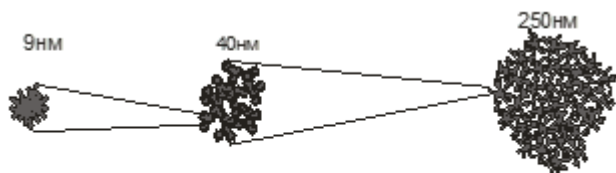
Дендример, к внешней оболочке которого прикреплены молекулы фолиевой кислоты (фиолетовые), прилипает только к раковым клеткам. Светящиеся молекулы флюоресцеина (зелёные) позволяют обнаружить эти клетки, молекулы метотрексата (красные) убивают раковые

<sup>15</sup> Кондраков И.М. «Адаптация искусственных систем к окружающей среде». «Образование, наука, производство в технологическом университете»: Сб. научн. докл № 5 Юбилейной научно-практической конференции в технологическом университете. Минеральные Воды: СКФ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008, с.56-63. ISBN 978-5-903213-07-8.

клетки. Это даёт возможность избирательно убивать только раковые клетки. Внутри дендримера могут образовываться полости, заполненные веществом, в присутствии которого дендримеры были образованы. Заполняя полости дендримеров необходимыми веществами, можно, например, с помощью сканирующего зондового микроскопа собирать из различных дендримеров нанoeлектронные схемы. При этом дендример, заполненный медью, мог бы служить проводником и т.п.

Взято из <http://www.med.umich.edu/opm/newspage/2005/nanoparticles.htm>.

*- по линии использования свойств веществ, выполняющих функцию системы моно-вещество → би-вещество → поли-вещество → сложное-вещество → «сворачивающееся» в идеальное вещество →... При этом наносистемы дополнительно развиваются по линии: «сплошное» нановещество → нановещество с одной полостью → нановещество с двумя и более полостями → нановещество со многими полостями – пористое нановещество, заполненное другими веществами, выполняющим определенную функцию.*

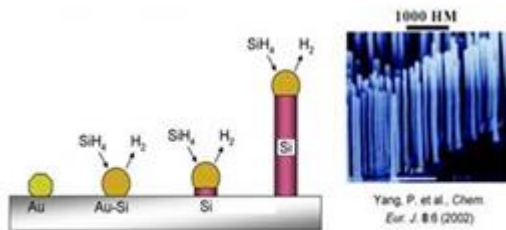


**Рис. 8.**

Дендримеры (Рис. 8.): переход количественных изменений в качественные. Заполняя полости дендримеров необходимыми веществами, можно, например, с помощью сканирующего зондового микроскопа собирать из различных дендримеров нанoeлектронные схемы. При этом дендример, заполненный медью, мог бы служить проводником и т.п.

**Пример:** Нанопроволоками называют проволоки с диаметром порядка нанометра, изготовленные из металла, полупроводника или диэлектрика. Длина нанопроволок часто может превышать их диаметр в 1000 и более раз. Поэтому нанопроволоки часто называют одномерными структурами, а их чрезвычайно малый диаметр (около 100 размеров атома) даёт возможность проявляться различным квантово-механическим эффектам. Это объясняет, почему нанопроволоки иногда называют «квантовыми проволоками».

В природе нанопроволок не существует. В лабораториях нанопроволоки чаще всего получают методом эпитаксии, когда кристаллизация вещества происходит только в одном направлении. Например, нанопроволоку из кремния можно вырастить так, как это показано на рисунке (слева).



**Рис. 9**

Слева – получение кремниевой нанопроволоки (розовая) методом эпитаксии с помощью золотой наночастицы в атмосфере  $\text{SiH}_4$ . Справа – «лес» из  $\text{ZnO}$  нанопроволок, полученных методом эпитаксии. Взято из работы Yang et al. (Chem. Eur. J., v.8, p.6, 2002) (рис. 9.).

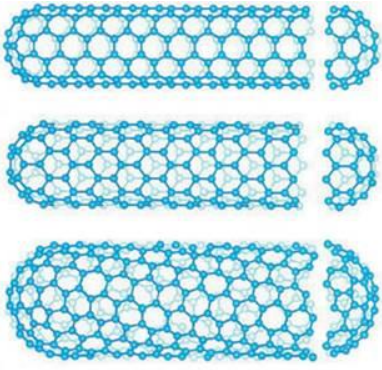
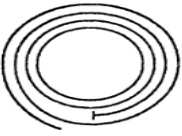
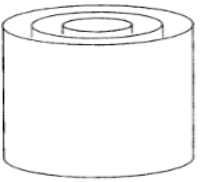
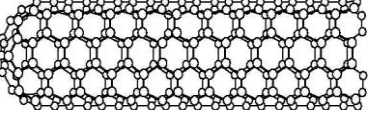
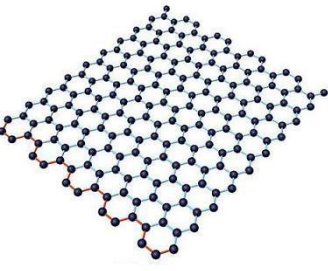
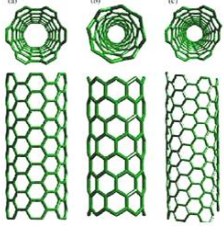
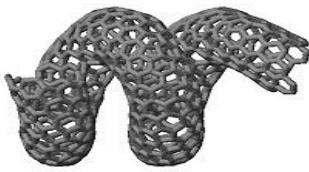
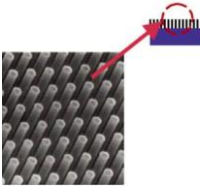
Наночастицу золота помещают в атмосферу газа силана ( $\text{SiH}_4$ ), и эта наночастица становится катализатором реакции распада силана на водород и жидкий кремний. Жидкий кремний скатывается с наночастицы и кристаллизуется под ней. Если концентрация силана вокруг наночастицы поддерживается неизменной, то процесс эпитаксии продолжается, и всё новые слои жидкого кремния кристаллизуются на его уже затвердевших слоях. В результате, нанопроволока из кремния растёт, приподнимая наночастицу золота всё выше и выше. При этом, очевидно, размер наночастицы определяет диаметр нанопроволоки. Справа на рис. 9 показан лес из  $\text{ZnO}$  нанопроволок, полученных аналогичным образом.

**Пример:** Углеродные нанотрубки – цилиндрические полые углеродные кластеры.

Одностенные(моно-система) и многостенные(полисистема) (см.табл. 1)

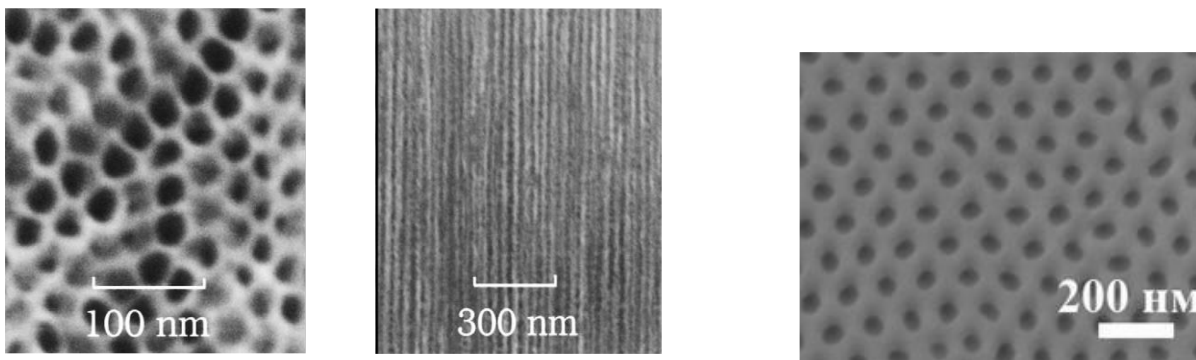
Таблица 1

--	--	--	--

 <p>Минимальный диаметр – 0.7 нм</p>			
			
 <p>Модель спиральной нанотрубки</p>			

**Пример:** Пористые наносистемы. Функциональное назначение - формирование нанопористых слоев металлов, полупроводников и диэлектриков с контролируемой степенью пористости (нано-, микро-, мезо-) и протяженности пор.





Нанопористый кремний

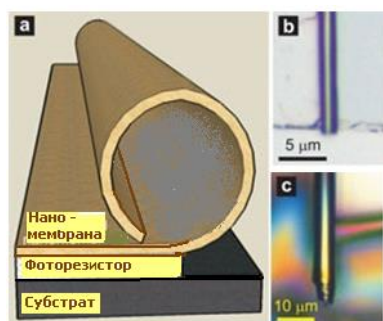
Нанопористый  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Рис. 10. Пористые наносистемы: кремний и  $\text{Al}_2\text{O}_3$

*- по линии объединения с альтернативными веществами-системами с измененными характеристиками, увеличивающими степень неоднородности синтезированной системы с последующей идеализацией и сворачиванием системы в идеальное вещество; Здесь, кроме всего проявляется системный эффект, качества, которого нет ни у одного из элементов, составляющих систему.*

*- по линии вычерпывания ресурсов развития на уровне подсистем вещества за счет использования свойств его внутренней организации. (способ получения высокооктанового бензина за счет использования структуры мочевины, которая затягивает вовнутрь молекулу бензина).*

**Пример:** Мембраны наноразмера представляют собой большой интерес в качестве фильтрующих элементов, а также в таких областях, как гибкая электроника, сверхчувствительные сенсоры, наномедицинские приложения и биомолекулярные исследования. Многие из таких применений требуют **трехмерной структуры мембран**, например, в форме трубок, колец, винтовых или складчатых поверхностей.



Ученые использовали Принц- технологию для создания самодвижущихся струйных микродвижителей для возможной доставки лекарств в определенные места организма. Такие комплексные микромашинки могут работать автономно, аналогично биологическим микроорганизмам, превращая химическую энергию локальной окружающей среды в кинетическую энергию своего движения.

Рис. 11. а)Схематическая диаграмма, иллюстрирующая процесс сворачивания наномембраны **в трубку на подложке фоторезиста**; изображения свернутых в трубку мембран:

б) *Pt*, в) *Pd/Fe/Pd*, г) *TiO2*. При подборе таких режимов учитывается разница в тепловом расширении, которая контролируется подбором соответствующих

температур. В целях изменения градиента напряжения варьируют температуру подложки в самом начале процесса .

**Пример:** Изготовлен образец каталитического трубчатого струйного двигателя, при этом использован титан-железо-золото-серебряную многослойную мембрану. Внутри микродвигателя *перекись водорода разлагается на воду и кислород в результате каталитической реакции между перекисью водорода и серебром внутренней стенки. Пузырьки кислорода, выходящие из одного из отверстий, вызывают движение микроустройства.*

### В. на уровне надсистемы:

- *исчерпав возможности развития на уровне системы, ее развитие (системы) продолжается на уровне надсистемы, в которую она входит в качестве одной из подсистем со своей Основной Функцией Цели.*

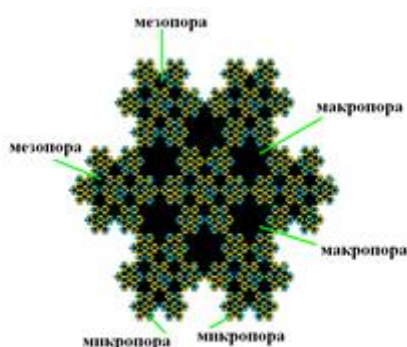


Рис. 12. Пористая наносистема

Другая возможная линия развития нанометрических технологий и систем – это учет **законов симметрии, золотого сечения и нарушенной симметрии.**

Диалектическое противоречие между симметрией и асимметрией является движущей силой саморегуляции.

Гегель писал: «Противоречие - корень всего движения и живучести».

Перефразируя известный философский закон «О Единстве Противоположностей», получим закон «О Единстве Симметрии и Асимметрии». Белорусский философ Э.М.Сороко высказал предположение, что «сочетание симметрии и асимметрии в определенной пропорции и есть гармония»<sup>16</sup> .

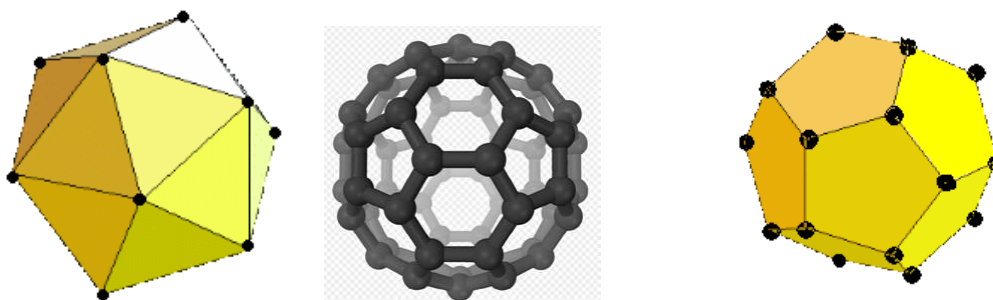
Асимметричность морфологических процессов есть фундаментальный закон живой материи, а числа Фибоначчи, золотое сечение и пентагональная симметрия его количественное отображение. Приведенные выше предположения дают возможность качественно нового подхода к изучению не только живой материи, но и косной. Становится возможным построение реальных математических моделей наносистем и всевозможных самоорганизующихся систем.

Известно, что большинство металлов кристаллизуются либо в плотноупакованную гранецентрированную кубическую (ГЦК) решетку, например, Al, либо в гексагональную плотноупакованную (ГПУ) решетку, например, Mg или Zn. Каждый атом в обеих плотноупакованных решетках имеет соседей. Например, ГЦК наночастица имеет форму 14-гранника – 6 квадратных граней и 8 граней в форме равностороннего треугольника. Если теперь к такой наночастице добавить еще один слой атомов, получим частицу из 55 атомов, а если добавлять еще по слою, получим ряд кластеров с суммарным количеством атомов: **1, 13, 55, 147, 309,**

<sup>16</sup> Сороко Э.М. Структурная гармония систем. - Минск, 1984

561,... Сравним эту цепочку с цепочкой натуральных чисел, которая называется рядом Фибоначчи 0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6765..., особенность которой состоит в том, что эта последовательность постепенно приближается к «золотому сечению» : $A_{n+1}/A_n = 1,618$ .

Если использовать ту же процедуру для построения наночастицы с ГПУ, то получим несколько отличный от предыдущего ряд магических чисел: 1, 13, 57, 153, 321, 581,..



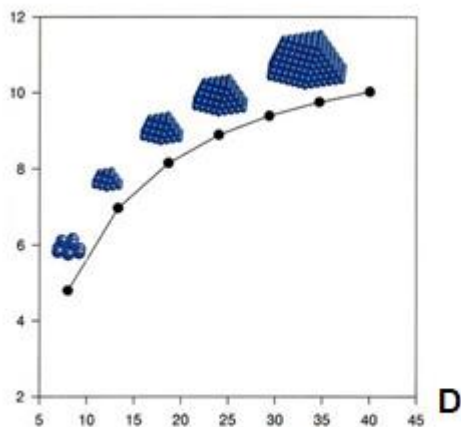
Фуллерены представляют собой устойчивые многоатомные кластеры углерода с числом атомов от нескольких десятков до сотен. Как известно, углерод представляет собой достаточно устойчивое соединение протонов и нейтронов. Наличие внешних связей дает возможность молекуле углерода образовывать соединения типа алмаза или графита. Однако на микроуровне углерод способен создавать кластеры, число атомов углерода в которых будет не произвольным, а подчиняться определенной закономерности, исходящей из неоднородности свойств углерода по разным направлениям. Поэтому число атомов в кластере, в зависимости от типа решетки будет: **32, 44, 50, 58, 60, 70, 72, 78, 80, 82, 84** и т.д.

В связи с тем, что кластеры могут образовываться путем добавления атомных слоев, при этом число атомов будет подчиняться ряду Фибоначчи, который будет приближаться к «золотому сечению» и проявляющиеся эффекты должны быть более устойчивыми. При этом конфигурации атомных кластеров, в которых электроны образуют заполненные оболочки, особенно устойчивы и порождают электронные магические числа: 3, 9, 20, 36, 61,... для ГЦК структур. Этот ряд также постепенно приближается к «золотому сечению», т.е. к более устойчивому состоянию системы.

**Пример:** Минимальная энергия, необходимая для отрыва валентного электрона и перевода его в зону проводимости, зависит не только от заряда атомного ядра и положения электрона в атоме. Чем больше вокруг атомов, тем легче оторвать электрон, ведь ядра соседних атомов тоже притягивают его к себе. Этот же вывод справедлив и для ионизации атомов (см. рис. 42).

Среднее число ближайших соседей

По кристаллической решетке  $N$



**Рис. 13. Диаметр частицы платины в Å.**

Рис. 13. Зависимость среднего числа ближайших соседей по кристаллической решётке (ордината) от диаметра частицы платины в ангстремах (абсцисса).  $1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ нм}$ . Взято из Frenkel с сотр. (J. Phys. Chem., В, v.105:12689, 2001).

На рис. 13. показано, как меняется среднее число ближайших соседей у атома платины при увеличении диаметра частицы. Когда число атомов в частице невелико, значительная их часть

расположена на поверхности, а значит, среднее число ближайших соседей гораздо меньше того, которое соответствует кристаллической решетке платины. При увеличении размеров частицы среднее число ближайших соседей приближается к пределу, соответствующему данной кристаллической решётке. Из рис. 13 следует, что ионизовать (оторвать электрон) атом тяжелее, если он находится в частице малых размеров, т.к. в среднем у такого атома мало ближайших соседей.

Y  
↑

N	n	$\Delta$	$a_2^0 - a_1^0$	$a_3^0 - a_2^0$	$a_4^0 - a_3^0$	$a_5^0 - a_4^0$	$a_6^0 - a_5^0$	$a_7^0 - a_6^0$	$a_8^0 - a_7^0$	$a_9^0 - a_8^0$	$a_{10}^0 - a_9^0$	$a_{11}^0 - a_{10}^0$	
11	3	$\Delta$	1.000	1.286	1.528	1.888	2.334	2.888	3.569	4.412	5.459	6.740	
			4.236	5.235	6.471	8.000	9.886	12.219	15.103	18.667	23.072	28.518	35.248
10	2	$\Delta$	0.500	0.618	0.764	0.944	1.167	1.444	1.784	2.206	2.726	3.370	
			2.118	2.618	3.286	4.000	4.943	6.110	7.532	9.334	11.537	14.260	17.625
9	1	$\Delta$	0.250	0.309	0.382	0.472	0.583	0.722	0.892	1.103	1.363	1.685	
			1.059	1.309	1.618	2.000	2.472	3.055	3.776	4.668	5.769	7.131	8.813
8	0	$\Delta$	0.125	0.154	0.191	0.236	0.291	0.361	0.446	0.551	0.682	0.842	
			0.529	0.654	0.809	1.000	1.236	1.528	1.888	2.334	2.885	3.565	4.407
7	-1	$\Delta$	0.063	0.077	0.095	0.118	0.146	0.181	0.228	0.277	0.341	0.421	
			0.265	0.327	0.404	0.500	0.618	0.763	0.944	1.167	1.442	1.782	2.203
6	-2	$\Delta$	0.031	0.038	0.047	0.059	0.073	0.090	0.111	0.137	0.170	0.210	
			0.132	0.161	0.202	0.250	0.309	0.382	0.472	0.583	0.721	0.891	1.102
5	-3	$\Delta$	0.016	0.019	0.024	0.029	0.036	0.045	0.056	0.068	0.085	0.105	
			0.066	0.082	0.101	0.125	0.154	0.191	0.236	0.292	0.360	0.445	0.550
4	-4	$\Delta$	0.007	0.009	0.013	0.014	0.018	0.023	0.028	0.034	0.043	0.053	
			0.033	0.041	0.050	0.063	0.077	0.095	0.118	0.146	0.180	0.223	0.276
...	-7	$\Delta$	0.001	0.0015	0.0016	0.0017	0.0022	0.003	0.0035	0.0045	0.0055	0.0065	
			0.004	0.005	0.0065	0.0083	0.0095	0.012	0.0145	0.018	0.022	0.028	0.034
0			-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	k
0			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	N

→ X

Фрагмент матрицы русского В семера.



Таким образом, учитывая, что синтез наносистем сопровождается разрешением противоречий, которые возникают на этой стадии, преимущество в плане устойчивости соединений имеют те сочетания взаимодействующих систем, которые имеют совместимые друг с другом по свойствам и качествам элементы и подчиняются законам гармонии, которые количественно отражены в матрице русского Всемера . Это дает еще один ключ к созданию новых нанометрических систем и технологий.

Однако, учитывая, что проявление эффектов усиливается при увеличении неоднородности системы. Например, если увеличивать неоднородность в каком-либо предпочтительном направлении, эффект будет существеннее. Изменение качеств пространства в разных направлениях и взаимодействие их с первичными материями и есть проявление физических эффектов. Это следует и из принципа неоднородности. Исходя из того, что распределение атомов связано с соответствующим распределением мерности<sup>17</sup> в данном месте пространства, то практически все эффекты, возникающие по тем направлениям, по которым существует перепад мерности. Различия в проявлении этих перепадов вызывается только пространственной ориентировкой по отношению к оптической оси кристаллической решётки. Это еще раз подтверждает тождественность природы электрического, магнитного и гравитационного полей. В частности, тождественность магнитного и электрического полей уже используется в технике, например, в генераторах электрического тока.

Именно неоднородность на наноуровне позволяет получить ряд новых физических эффектов, которые могут быть использованы для создания наносистем с особыми свойствами. **Неоднородность пространства** — причина взаимодействия двух и более форм материй, которые в пределах неоднородности меняют свою качественную структуру, т.е. становятся **совместимыми на 100%**, и только тогда они вступают во взаимодействие, синтезируя гибридные материи. Этот принцип совместимости работает практически на всех уровнях организации материи.

**Пример:** Туннельное магнитное сопротивление или туннельное магнитосопротивление (сокр. *ТМС*, [англ. Tunnel magnetoresistance](#), сокр. *TMR*) — квантовомеханический эффект, проявляется при протекании тока между двумя слоями [ферромагнетиков](#) разделенных тонким (около 1 [нм](#)) слоем [диэлектрика](#). При этом общее [сопротивление](#) устройства, [ток](#) в котором протекает из-за [туннельного эффекта](#), зависит от взаимной ориентации полей намагничивания двух магнитных слоев. Сопротивление выше при [перпендикулярной](#) намагниченности слоев. Эффект туннельного магнитного сопротивления похож на

---

<sup>17</sup> Левашов Н.В. «Неоднородная Вселенная». Научно-популярное издание: Архангельск, 2006 год. — 396 с., с. 53. ISBN 5-85879-226-X.

эффект [гигантского магнитного сопротивления](#), но в нем, вместо слоя немагнитного металла используется слой изолирующего туннельного барьера.

Эффект был открыт в 1975 Мишелем Жюлье, использовавшего [железо](#) в качестве ферромагнетика и [германий](#) в качестве диэлектрика. Он проявлялся при температуре 4.2 [К](#), поэтому не привлек к себе внимания, из-за отсутствия практического применения. [1]

При комнатной температуре, действие эффекта было открыто в 1995 году впервые Терунобу Миязаки и независимо от него группой ученых во главе с Джагадишем Мудера, при возобновления интереса к исследованиям в этой области, после открытия [эффекта гигантского магнитного сопротивления](#). В настоящее время на основании эффекта туннельного магнитного сопротивления создана [магниторезистивная оперативная память \(MRAM\)](#), и он также применяется в считывающих головках [жестких дисков](#).

В 2001 году группа Батлера и группа Матона независимо сделали теоретическое предсказание, что при использовании [железа](#) в качестве ферромагнетика и оксида магния в качестве диэлектрика, эффект туннельного магнитного сопротивления может возрасти на несколько тысяч процентов. В 2004 году, группа Перкина и группа Юаса смогли изготовить устройства на основе Fe/MgO/Fe и достичь величины туннельного магнитосопротивления в 200% при комнатной температуре. В 2007 году, устройства на основе туннельного магниторезистивного эффекта с оксидом магния полностью заменили устройства на основе эффекта [гигантского магнитного сопротивления](#) на рынке устройств магнитного хранения информации.

Таким образом, для эффективного развития нанометрических технологий, экономии средств на поиски нового методом проб и ошибок, следует учитывать ряд закономерностей развития систем, на основе которых возможно разработать научную методологию поиска новых технических решений и путей познания окружающего мира, в частности, на уровне наносистем.