

*Светлой памяти моих учителей  
Филатова А.И., Курдюмова С.П., Журавлева В.А.  
Посвящаю*

## **Пинцет и скальпель для нанотехнологий**

Широносов В.Г.

ЗАО Научно-исследовательский центр "ИКАР", [ikar@udm.ru](mailto:ikar@udm.ru) , <http://www.ikar.udm.ru>,  
Учебно-научный центр "Резонансные Технологии" и Студенческое конструкторское бюро "Резонанс"  
Удмуртского государственного университета, [svg@uni.udm.ru](mailto:svg@uni.udm.ru), <http://v4.udsu.ru/science/untsrt>.  
Международный форум по нанотехнологиям, 3-5 декабря 2008, Москва, <http://www.rusnanoforum.ru>

Главное препятствие для реализации нанотехнологий – отсутствие селективного “скальпеля и пинцета” для оперирования частицами с размерами  $10^{-9}$  м и менее, в особенности, молекулами и атомами.

Первое упоминание о нанотехнологиях, связывают с известным выступлением Ричарда Фейнмана на ежегодной встрече Американского физического общества в 1959 году в Калифорнийском технологическом институте – “Там внизу много места” (“There’s Plenty of Room at the Bottom”). Фейнман предложил при помощи соответствующего размера робота механически перемещать одиночные атомы и собирать макровещи. Это позволит сделать вещи на порядок дешевле. Таким нанороботам нужно будет дать только необходимое количество молекул и энергию, и написать программу для сборки необходимых предметов.

Работы, по разработке соответствующего размера робота – “скальпеля и пинцета” для нанотехнологий, ведутся на самом деле давно и имеют почтенную историю. Это обусловлено тем, что данная проблема постоянно возникает при решении различных прикладных задач в физике, химии, биологии, медицине и технике по изучению движения, удержанию и управлению движением клеток, микроорганизмов, частиц, с размерами от микро- до макро-, с учетом их характеристик – зарядов, механических, электрических, магнитных моментов в неоднородных полях.

Решение подобного класса задач, даже в первом приближении, наталкивается на серьезные математические и физические проблемы.

Основная математическая проблема – отсутствие общей теории колебаний и малого параметра для нелинейных систем. В качестве «простой» модельной системы, как правило, рассматривали маятник с вибрирующей точкой подвеса, в качестве малого параметра, выбирали амплитуду колебаний. Данное приближение вызывало многочисленные трудности при физическом и математическом (аналоговом, цифровом, гибридном) моделировании динамики нелинейных систем в области резонанса - появление «странных» особенностей, аттракторов, хаоса. В конечном счете, все это приводило авторов решений к заключению о невозможности динамической устойчивости в зонах параметрического резонанса.

Основная физическая проблема состояла в том, что в области взвешивания частиц, при отсутствии источников поля (электрического, магнитного, гравитационного), существуют единственно особые точки – седловые. Соответственно, в статике, для седловых точек, частица в одном направлении будет втягиваться в область взвешивания, а в другом выталкиваться. Данная проблема устойчивости рассматривалась еще Гильбертом (1600) и Ирншоу (1842). Ими был установлен факт неустойчивости равновесия (статической магнитной конфигурации). Согласно теореме Ирншоу, устойчивое удержание частиц, в статике, просто невозможно.

Но то, что запрещено в статике, может оказаться разрешенным в динамике (в переменных полях, либо при движении самих частиц в неоднородных полях). В частности, Браунбек показал, что нестабильное равновесие в статике может стать устойчивым в динамике, при наличии в системе диамагнитного тела. Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования доказали возможность динамической устойчивости различных физических систем (задачи левитрона, атомарных ловушек, маятник Капицы, Челомея...) вне зон параметрического резонанса. В 1989 году Н.Ф. Рэмси, В. Пауль и Х. Демельт были удостоены

Нобелевской премии за нерезонансное удержание заряженных частиц в электродинамических атомарных ловушках без обратной связи. В дальнейшем, аналогичные работы по удержанию живых систем были выполнены на основе прижизненного исследования динамики клеток в неоднородных электромагнитных полях (1994). По мнению зарубежных экспертов, данное направление означает прорыв в области фундаментальной физики, биофизики и нанотехнологий.

Впервые, возможность управления молекулами, посредством резонансного электромагнитного поля, была продемонстрирована еще в позапрошлом веке теоретически и экспериментально П.Н. Лебедевым [2]. Им же (1890) была выдвинута единая программа “наноработ” по резонансному воздействию полей на молекулы и атомы.

А. И. Филатовым и В.Г. Широносовым в 1974 году теоретически и экспериментально была продемонстрирована возможность резонансного удержания частиц (ферромагнетиков) в неоднородных электромагнитных полях без внешней обратной связи.

Позднее в 1990 году, в Ижевске, был организован Научно-исследовательский центр “Икар” и постановлением ГКНТ СССР (№ 508 от 9 апреля 1991 года) были выделены [3] средства для финансирования приоритетного направления научно-технического прогресса по проекту нанотехнологий - "Новые технологии на основе селективного пространственного удержания тел (от элементарных до макро) без внешней обратной связи в неоднородных полях".

**Основные результаты работ** (в области резонансного воздействия полей на нелинейные физические и биологические системы, 1974...2008, Рис.1-3) [3]:

1. Впервые (1974) теоретически и экспериментально (для макротел) продемонстрирована возможность резонансного удержания тел и частиц (от элементарных до макро) в неоднородных электромагнитных полях без внешней обратной связи. Разработан метод (1988), позволяющий в аналитическом виде, с необходимой степенью точности, находить области динамической устойчивости неустойчивых состояний сложных многокомпонентных нелинейных систем физической природы вне и в условиях резонанса.
2. Решена проблема “ $1/R^3$ ”. Доказана возможность возникновения резонансных микрокластеров (РМ) - устойчивых резонансных состояний движений в системе из двух и более осциллирующих диполей за счет нелинейного параметрического резонанса и сверхкогерентного излучения (СИ) от РМ (<http://www.ikar.udm.ru/sb22.htm>).
3. Экспериментально обнаружен феномен бесконтактной активации жидкостей (БАЗ) при электролизе без диафрагмы (1999), при химических (2002) и биохимических (2004, 2006) реакциях, подтверждающий существование РМ (<http://www.ikar.udm.ru/mis-rt.htm>).
4. Разработаны методы детектирования, визуализации кластерной структуры жидкостей на основе методов: СВЧ – спектроскопии (2002), спектрофотометрии (2004) и УЗИ - Доплер томографии (2007).
5. Разработаны способ и устройства для получения новых конденсированных структурированных сред (жидкостей, твердых веществ) на основе бесконтактной активации жидкостей (патенты RU 2316374, 2299859).
6. Предложены новые высокоэффективные резонансные методы лечения и профилактики на основе БАЗ (<http://www.ikar.udm.ru/pr-1.htm>, <http://www.ikar.udm.ru/sb43-3.htm>).
7. Предложены новые бесконтактные методы экспресс - диагностики заражения крови, жидкостей и регистрации динамики физических, химических и биохимических процессов в водных растворах (2006). Разработан универсальный комплекс “Икар-Тест” и датчики для БАЗ (заявки RU 2007127132, 2007127133).
8. Разработаны и серийно выпускаются установки бесконтактной активации жидкостей, удостоенные престижных международных наград в Швейцарии и Брюсселе ([http://www.ikar.udm.ru/avk\\_com.htm](http://www.ikar.udm.ru/avk_com.htm)).

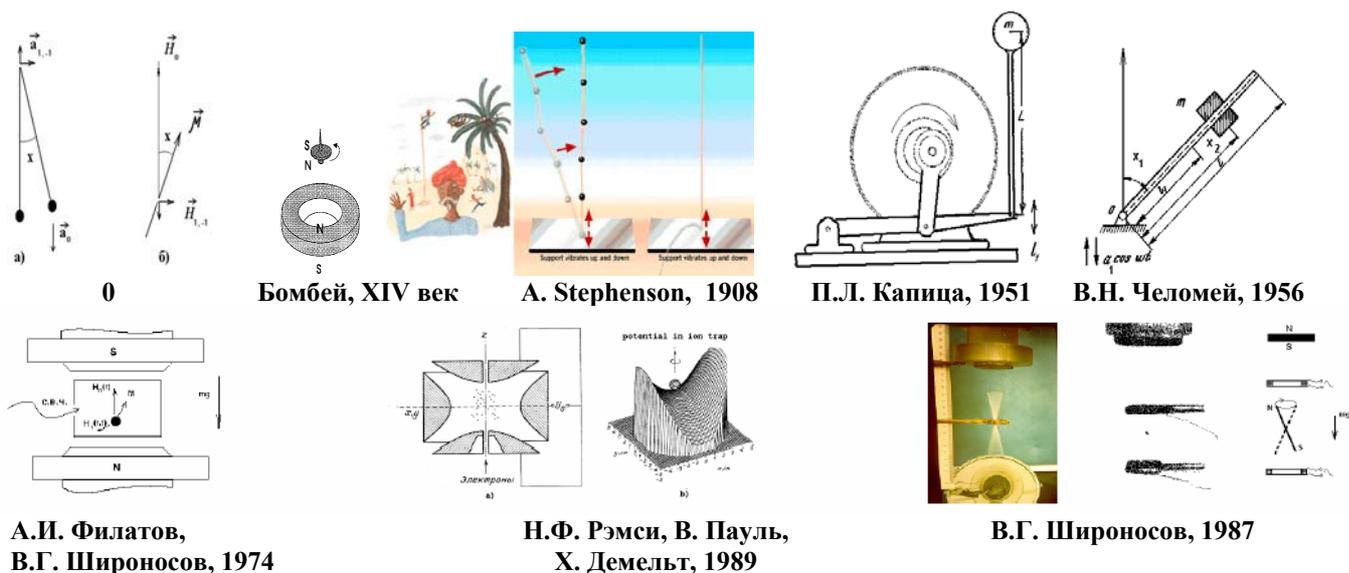


Рис.1. Ловушки для частиц.

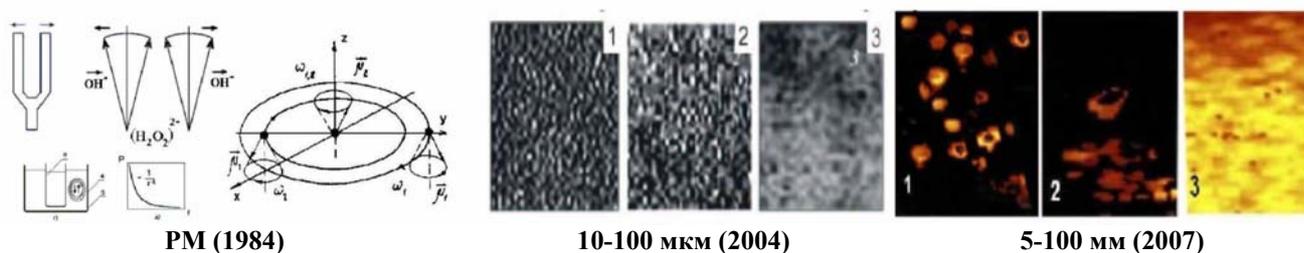


Рис.2. Резонансные кластеры: теория; визуализация кластерной структуры жидкостей на основе методов лазерной интерференции (10-100 мкм) и УЗИ - Доплер томографии (5-100 мм).

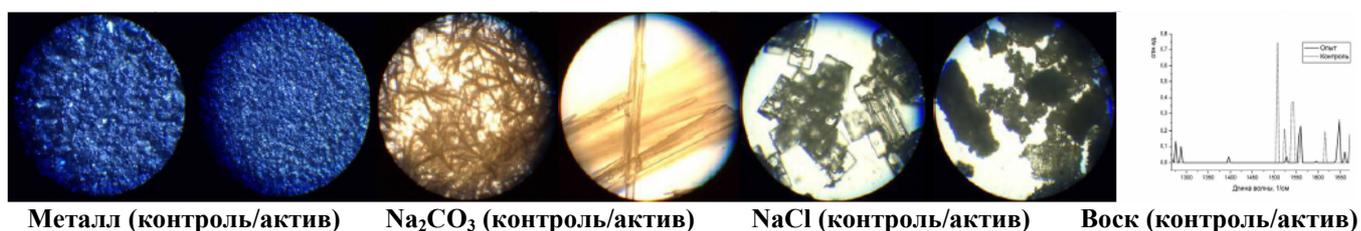


Рис.3. Получение новых твердых веществ на основе бесконтактной активации жидкостей (RU 2316374).

Литература.

1. Широносов В.Г. Резонанс в физике, химии и биологии. Ижевск. Издательский дом "Удмуртский университет", 2001. 92 с. (<http://www.ikar.udm.ru/sb22.htm>)
2. Лебедев П.Н. Экспериментальное исследование пондеромоторного действия волн на резонаторы. Избранные сочинения, под ред. проф. А.К. Тимирязева. М.-Л.: ГИТТЛ. - 1949, 244 с. (<http://www.ikar.udm.ru/sb41-2.htm>)
3. Резонансные нанотехнологии. (<http://www.ikar.udm.ru/pdf/ikar.pdf>)
4. Широносов В.Г., Минаков В.В., Широносов О.В., Широносова Г.И., Иванов В.Б. Приготовление питьевой воды высшего качества: анализ и перспектива. Экология и промышленность России, март 2008, с. 4-7. (<http://www.ikar.udm.ru/sb43-1.htm>)