

IT-байки: про IBM и квадриллионы байт в спичечном коробке

Автор: [Владимир Романченко](#)

Дата: 02/09/2007

Прежде чем перейти непосредственно к теме наших сегодняшних баек, хотелось бы от лица редакции 3DNews поблагодарить наших читателей за повышенный интерес к нашей новой рубрике, и отдельно – за письма с критикой, благодарностями и пожеланиями новых тем будущих публикаций. Мы с удовольствием читаем всё, что присылается в наш адрес, а некоторые ваши письма с тематическими предложениями даже обсуждаются редколлегией на предмет постановки в план публикаций.

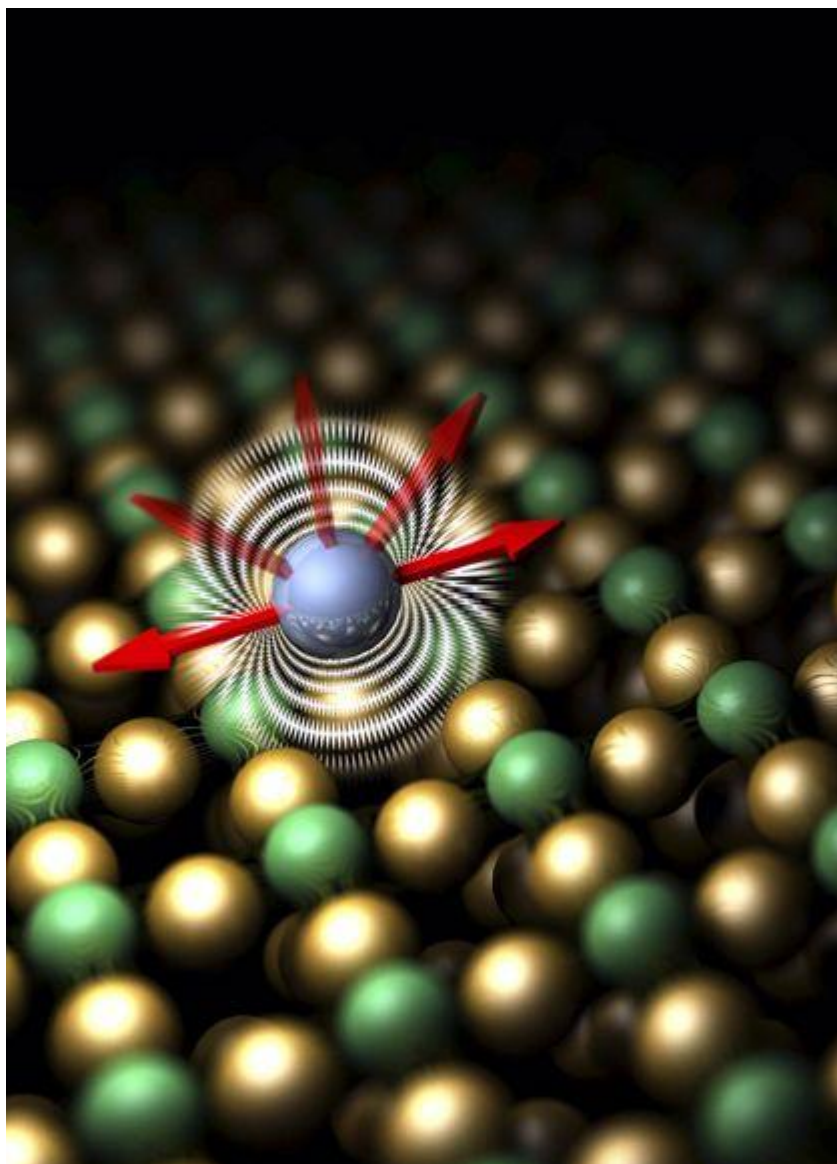
Полагаю, со временем мы обязательно расскажем и о нанороботах будущего, и о графеновых конструкциях, и уж непременно коснёмся ситуации с отечественными нанотехнологиями. Довольно часто мы с удовольствием публикуем так любимые вами экскурсии в историю технологий и компьютерной техники, но, как правило, принцип появления новых тем в рубрике "IT-байки" очень прост: в прессе появляется сообщение о новом прорыве учёных в той или иной области, классической или квантовой физики, химии, биохимии и пр. Мы, пользуясь случаем, поднимаем всю предысторию изобретения и пытаемся заглянуть в его будущее – по такому принципу построено большинство публикаций, именно так была задумана и написана, например, сегодняшняя статья. Так что большинство ваших предложений, так или иначе, не пропадёт.

Сегодня мы вновь коснёмся популярной в последнее время темы нанотехнологий. Однако в этот раз, несмотря на рассказ о сугубо теоретических вещах, исследуемых в научных лабораториях на дальнюю перспективу, речь пойдёт всё же о материях, имеющих непосредственное отношение к будущему компьютерной техники. Точнее, о будущем систем хранения данных, требования к которым по объёму, надёжности и компактности постоянно растут.

На днях на тайваньском онлайн-ресурсе The Digitimes мне на глаза попала интересная аналитическая заметка. На основании внутренних маркетинговых исследований компании Samsung Electronics там приводился прогноз о том, что уже к 2010 году ёмкость флэш-памяти NAND-типа, установленной в ПК, превысит по объёму память типа DRAM. Прогноз, составлен с учётом не только роста популярности флэш-технологий ускорения загрузки приложений – вроде Intel Turbo Memory, AMD HyperFlash или Microsoft ReadyBoost, которым на роду написано набрать популярность уже в 2008 году, но также прогноза ожидаемого роста популярности так называемых "твердотельных" (SSD, Solid State Drives) и гибридных жёстких дисков (HHD, Hybrid Hard Disks), использующих флэш-память NAND-типа. Думаю, об SSD-дисках наслышаны все, многие аналитики и вовсе предрекают смерть классическим винчестерам с магнитными пластинами – как только SSD-накопители существенно подешевеют. Но сегодня речь не об этом, нас эти сообщения интересует лишь в той плоскости: будущее систем хранения данных пока туманно. "Победит" ли всех и вся флэш, будут ли производители традиционных жёстких дисков далее демонстрировать чудеса архитектуры перпендикулярной записи в совокупности с экзотическими магнитными подложками и рекордными головками, придёт ли им всем на смену новое чудо технологий – пока неизвестно.

Некоторую ясность в перспективы систем хранения данных на этой неделе внесла компания IBM. Если быть точным, инженеры IBM практически "похоронили" традиционные способы хранения данных, и, если всё получится так гладко как в пресс-релизе компании, со временем мы сможем забыть и о флэше, и о магнитных дисках. Два новых научных достижения специалистов IBM конкретизировали идею использования нанотехнологий для хранения данных так отчётливо, что дальше уже некуда: предполагается, что для хранения бита информации будет использоваться... отдельно взятая молекула или даже единичный атом!

Суть передовых достижений учёных из IBM можно разбить на две части, что, собственно говоря, и было сделано в релизе компании. В первом сообщении говорится о том, что учёные IBM из исследовательского центра Almaden Research Center (Сан-Хосе, Калифорния) достигли значительного прогресса в исследовании количественных свойств так называемой **магнитной анизотропии** (magnetic anisotropy) отдельно взятого атома. Следует подчеркнуть, что до этого ещё никому не удавалось измерить магнитную анизотропию отдельного атома. Количественные исследования этой фундаментальной величины ведут к далеко идущим технологическим последствиям прикладного плана, а именно – оценке практических возможностей хранить информацию отдельным атомом. Благодаря этим исследованиям в перспективе появляется возможность конструировать "магнитные" хранилища на основе мини-кластеров из атомов, а то и отдельных атомов.



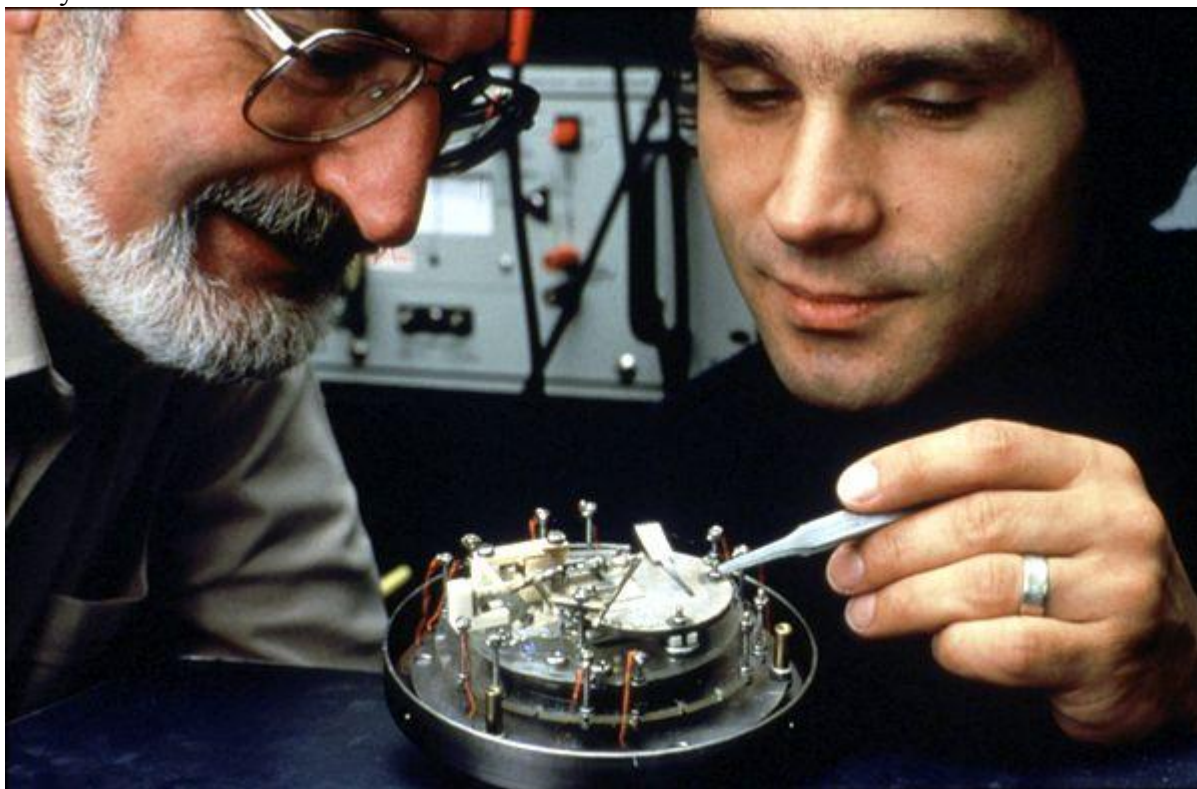
Отдельный атом в качестве ячейки хранения данных:
атом железа с установленной магнитной ориентацией над специальной медной пластиной

В научной публикации под названием *Large Magnetic Anisotropy of a Single Atomic Spin Embedded in a Surface Molecular Network*, учёные из IBM рассказали, что для экспериментов с определением магнитной анизотропии отдельного атома железа использовали сканирующий туннельный микроскоп (STM, Scanning Tunneling Microscope) и специальную медную пластину.

Только представьте себе масштабы этой дерзкой идеи! Хранилище информации, выполненное на базе атомарной нанотехнологии IBM, позволит разместить более 1 квадриллиона (1000 триллионов, или 1 миллиона миллиардов) бит данных – это более 30 тысяч полноформатных фильмов или все те миллионы видеороликов, что размещены нынче на YouTube, в устройстве размером с iPod. Для сравнения: современные магнитные диски традиционных винчестеров используют для хранения данных магнитные структуры из примерно 1 миллиона атомов на каждый бит информации. Разумеется, все эти наивные аналогии с современными портативными плеерами приводятся лишь для демонстрации внушительности масштабов открывающейся перспективы; в действительности же, мы, люди эры традиционных компьютерных устройств, сейчас даже примерно не сможем представить себе электронные устройства с такими гигантскими возможностями хранения информации или даже предсказать открывающиеся возможности. Вот вам навскидку: как

на счёт настенного ЖК телевизора, хранящего в своих недрах в цифровом виде **всю** мировую фильмотеку - от первых роликов братьев Люмьер до наших дней, с максимальным разрешением "картинки"?

Примечательно, что в этот же день на сайте IBM появился интересный пресс-релиз, посвящённый более чем 20-летнему присутствию компании в области разработки... нанотехнологий. Разумеется, учёные из IBM Research, получившие в 1986 году Нобелевскую премию в области физики за изобретение в 1981 году сканирующего туннельного микроскопа (Scanning Tunneling Microscope, STM), вряд ли широко манипулировали столь популярным нынче термином "нанотехнологии". Однако именно изобретение прибора для наблюдения за поведением отдельных атомов стало одним из основополагающих условий возникновения всего нынешнего разнообразия дисциплин, в совокупности называемых "нанотехнологии".



Нобелевские лауреаты Хайнрих Рорер (Heinrich Rohrer, слева) и Герд Бинниг (Gerd Binnig, справа) из IBM Zurich Research Laboratory, изобретатели первого поколения сканирующих туннельных микроскопов (1981)

Следующим вкладом IBM в развитие современных нанотехнологий стало изобретение в 1986 году совместно с учёными Стэнфордского университета (Stanford University) сканирующего атомного зондового микроскопа высокого разрешения - AFM (Atomic Force Microscope). В 1988 году учёным IBM удалось провести наблюдение излучения фотона нанометровой структурой, что позволило приступить к изучению люминесценции и флюоресценции в нано-масштабах.

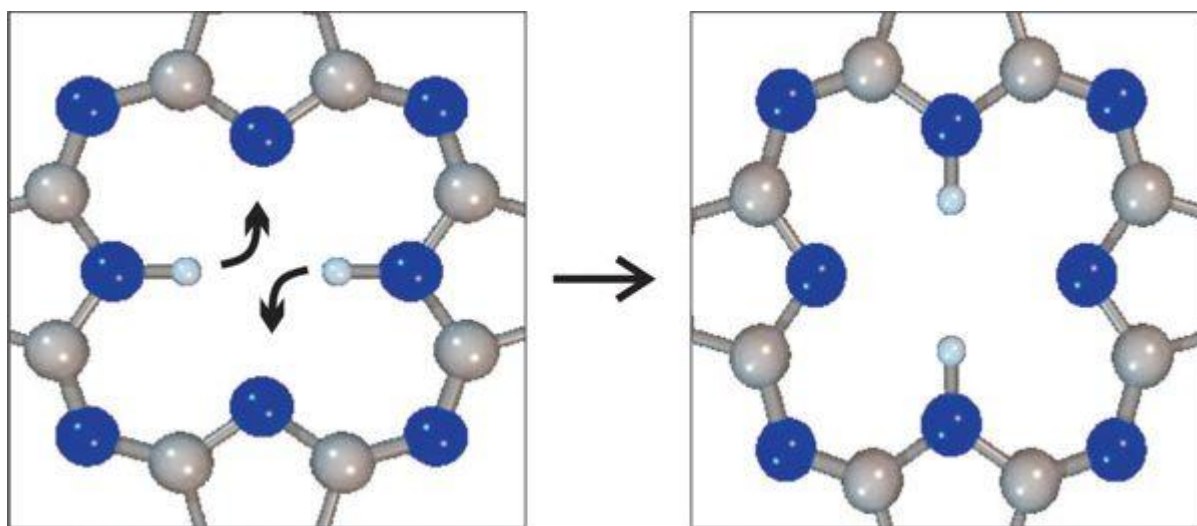
В 1989 году Дону Эйгеру (Don Eigler), учёному из IBM, впервые удалось с помощью STM манипулировать отдельными атомами и составить аббревиатуру "I-B-M" из 35 атомов ксенона, что стало мировым рекордом составления самого миниатюрного корпоративного логотипа.

Далее, в 1991 году, учёные из IBM впервые продемонстрировали возможности использования атома в качестве логического ключа, а в 1993 году учёные из IBM и NEC независимо друг от друга открыли однорядные углеродные нанотрубки и метод их производства с использованием металлических катализаторов. В 1996 году учёным из IBM впервые удалось добиться перемещения и позиционирования отдельных молекул с

помощью STM при комнатной температуре. В том же году были созданы самые крохотные в мире счётчики из 10 атомов, а двумя годами позже было создано "молекулярное колесо", продемонстрировавшее возможности создания наномеханизмов и нанодвигателей.

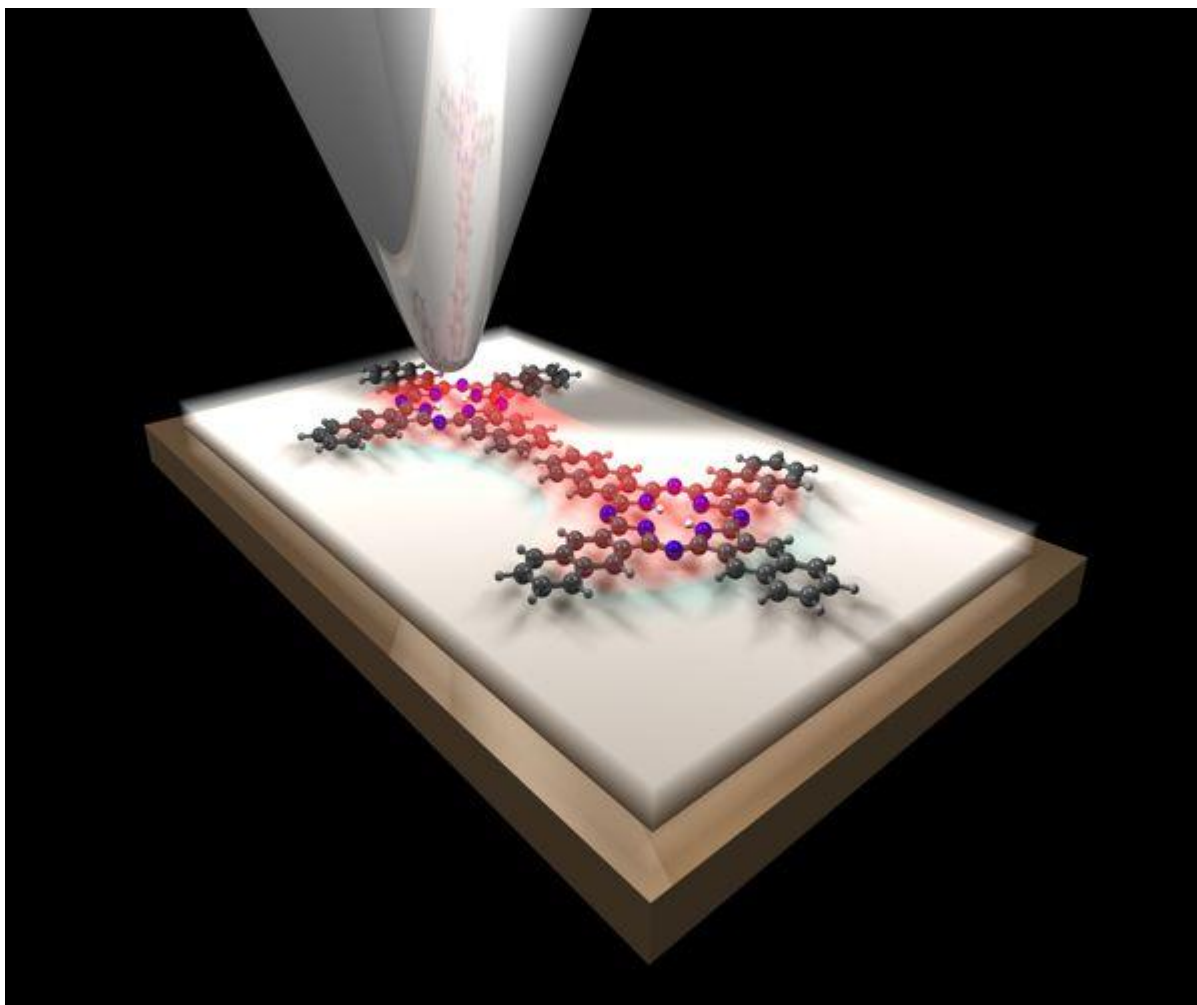
На самом деле в выше упомянутом пресс-релизе опубликовано такое великое количество интересных открытий IBM в области нанотехнологий, что, подозреваю, придётся как-нибудь найти время, чтобы написать об этом отдельную статью, а то и целый цикл – изложенные там увлекательнейшие факты действительно того стоят. Однако в рамках этой публикации важно понять одно: открытия вроде количественного измерения магнитной анизотропии атома с бухты-барахты не делаются, очевидно, что для открытий подобного уровня требуются приличные и стабильные инвестиции, а также годы кропотливых исследований. Это на заметку для тех, кто верит, что с нуля да в чистом поле за год можно выстроить научную школу с устоявшимися традициями.

Однако перейдём ко второму сенсационному заявлению учёных IBM. В публикации под названием *Current-Induced Hydrogen Tautomerization and Conductance Switching of Naphthalocyanine Molecules*, сообщается о практическом создании в цюрихской лаборатории IBM - Zurich Research Lab, первого в мире переключателя на базе единственной молекулы, способного обеспечить идеальные бесперебойные срабатывания без разрушения целостности внешней структуры молекулы. Научная работа описывает возможность отдельной органической молекулы нафталоцианина (naphthalocyanine) "принимать" условные состояния "вкл." или "выкл." с помощью двух атомов водорода. Примечательно, что до этого учёным из IBM уже удавалось продемонстрировать переключение состояний отдельной взятой молекулы, правда, при этом молекула в процессе изменения состояния необратимо изменяла свою форму, делая тем самым несостоятельными соображения о практическом создании каких-либо логических элементов.



Процесс "переключения" в молекуле нафталоцианида

Переключатель, ключ, свич, вентиль – как его не назови, в прикладном смысле суть одна: речь о прототипе **молекулярного транзистора** - базового элемента любых вычислительных систем, только гораздо более миниатюрного, значительно более быстрого и потребляющего энергию на многие порядки меньшую, нежели любые транзисторы в современных процессорах или модулях памяти.



Процесс "переключения" в молекуле нафталоцианида

На этом открытия учёных IBM не ограничиваются: наряду с возможностью отдельной молекулы исполнять роль ключа, исследователи также на практике выяснили возможность использования атомов в составе одной молекулы для перестановки атомов в расположенных поблизости соседних молекулах. То есть, по сути, получился этаким элементарный логический элемент, способный функционировать без разрушения молекулярной структуры.

К сожалению, все эти исследования пока не имеют практического приложения – разве что способны разбудить буйную фантазию наиболее впечатлительных журналистов и сочинителей научной фантастики. Однако подтверждение новых необычных свойств атомов и молекул на практике для научной общественности неоценимо. Разумеется, до появления в рознице первого "нановинчестера" пройдет ещё много времени, однако новые открытия учёных из IBM теперь придадут серьёзный импульс исследованиям в области нанотехнологий, направленных на создание структур для ультракомпактных компонентов атомарного масштаба.

А что же дальше?

В то время как разработка традиционных CMOS-чипов всё чаще сталкивается с естественными ограничениями законов физики нашего мира. Очень скоро принципиальным ограничением технологии может стать такая "досадная мелочь" как длина волны электрона, которая составляет что-то вроде 10 нанометров – этого вполне

достаточно, чтобы сделать невозможным создание полупроводников с атомарными размерами, то есть, порядка 1 ангстрема.

В таких условиях модульная молекулярная логика вполне может стать одним из потенциальных кандидатов на замещение кремниевых технологий. "Одним из" – потому, что учёные к настоящему моменту уже успели придумать множество различных нанотехнологий создания прототипов транзисторных вентилях и логических элементов, и которая из них "пойдёт в серию", сейчас предугадать очень трудно. Впрочем, логика на основе молекулярных модулей – пожалуй, пока что, если так можно выразиться, "самая малогабаритная".

С другой стороны, идея использования молекул в качестве компонентов электроники также пока находится в зачаточном состоянии. Требуются дальнейшие шаги, приближающие нас к практическому использованию открытий ИВМ в реальных устройствах.

В качестве таких шагов учёные из ИВМ наметили измерение анизотропии различных типов атомов при комнатной температуре, с целью поиска стабильных сверхплотных материалов. Такие находки действительно позволят говорить о коммерциализации открытия и возможности массового производства сверхъёмких жёстких дисков. По словам Сайруса Хирджибехедина (Syrgus Hirjibehedin), учёного из ИВМ, *"следующим нашим шагом станет поиск удачной комбинации двух материалов – специфических "магнитных" атомов и специфических же подложек, которые смогут обеспечить стабильное сохранение своей магнитной ориентации, плюс обеспечить возможность быстрого переключения между состояниями"*. И теперь, пожалуй, ключевая фраза: ***"We hope to be able to demonstrate such a stable media material within the next couple of years"***. То есть, подобное сочетание материалов учёные из ИВМ намерены найти в ближайшую пару лет, а это уже не дальняя перспектива, но вполне обозримое будущее технологии!

В последнее время, регулярно зачитываясь сообщениями о новых открытиях в области молекулярной и квантовой физики, прорывах в нанотехнологиях, я уже совсем перестал удивляться вещам, от которых всего лишь несколько лет назад глаза вылезали на лоб от удивления. А теперь – и невидимость, и левитация, и триллионы мегабайт в спичечном коробке, а давеча вот даже писали про идеи использования ДНК в качестве шаблонов для нанолитографии... Удивляют уже даже не очередные чудеса нанотехнологий, а скорость их появления. Что же будет дальше, если даже для меня, начинавшего с перфокарт и 40-мегабайтных винчестеров, все эти новости о нанотехнологиях постепенно становятся нормой?

Огорчает, пожалуй, лишь одно – большинство удивительных сообщений об открытиях в области нанотехнологий, приходит из-за границы, преимущественно из-за океана. Согласитесь, гораздо приятнее было бы почаще узнавать об отечественных открытиях. Как в старые добрые времена: *"мы – спутник, вы – второй, мы – луноход, вы – высадку на Луну"*. Иначе, когда получается *"мы балет, а вы – цветное телевидение"*, в душе почему-то остаётся осадок, что нас где-то "надули"...