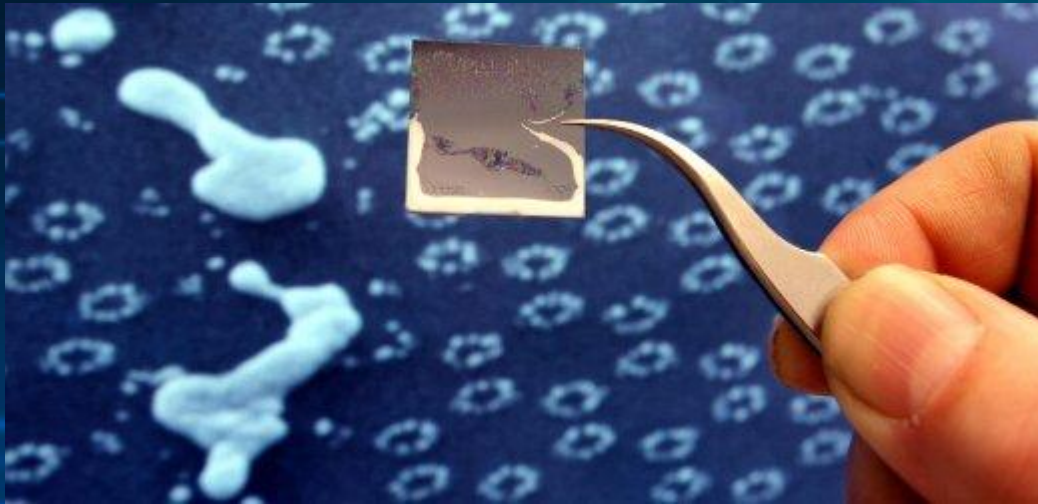
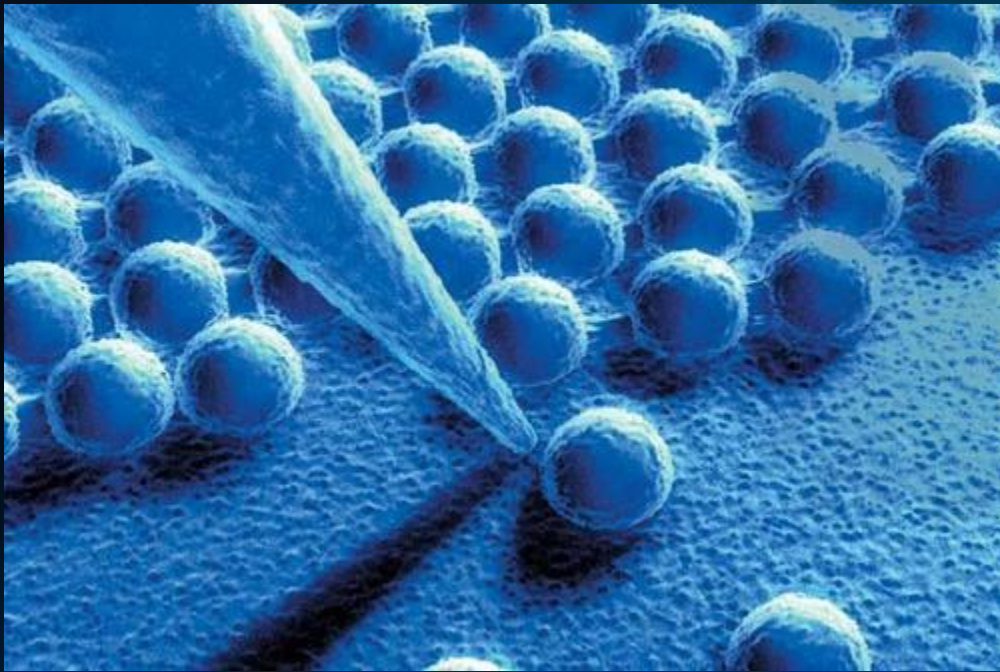


# Нанотехнологии

**Борозённая Вероника,  
ученица 101 группы ПТЛ**

- **Нанотехнология** — междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами. Нанотехнология, нанонаука, это наука и технология коллоидных систем, это коллоидная химия, коллоидная физика, молекулярная биология, вся микроэлектроника, принципиальное отличие коллоидных систем к которым относятся: облака, кровь человека, молекулы ДНК и белков, транзисторы, из которых собираются микропроцессоры, в том что поверхность таких частиц или огромных молекул в миллионы раз превосходит объем самих частиц, такие частицы занимают промежуточное положение между истинными гомогенными растворами, сплавами, и обычными объектами макромира как то стол, книга, песок. Поведение таких систем сильно отличается от поведения истинных растворов и расплавов и от объектов макромира благодаря высокоразвитой поверхности, как правило такие эффекты начинают играть значительную роль когда размер частиц лежит в диапазоне 1-100 нанометров, отсюда пришло замещение слова коллоидная физика, химия, биология на нанонауку и нанотехнологии, подразумевая размер объектов о которых идет речь.





# Определения и терминология

- Есть мнение, что в мире нет на сегодняшний день стандарта, что такое нанотехнологии, что такое нанопродукция. В Еврокомиссии создана специальная группа, которой дали два года на то, чтобы разработать классификацию нанопродукции. Среди подходов к определению понятия «нанотехнологии» имеются следующие:
  1. В Техническом комитете ISO/TK 229 под нанотехнологиями подразумевается следующее:
    - знание и управление процессами, как правило, в масштабе 1 нм, но не исключающее масштаб менее 100 нм, в одном или более измерениях, когда ввод в действие размерного эффекта (явления) приводит к возможности новых применений;
    - использование свойств объектов и материалов в нанометровом масштабе, которые отличаются от свойств свободных атомов или молекул, а также от объемных свойств вещества, состоящего из этих атомов или молекул, для создания более совершенных материалов, приборов, систем, реализующих эти свойства.
  2. Согласно «Концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года» (2004 г.) нанотехнология определяется как совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, хотя бы в одном измерении, и в результате этого получившие *принципиально новые качества*, позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.



- Практический аспект нанотехнологий включает в себя производство устройств и их компонентов, необходимых для создания, обработки и манипуляции атомами, молекулами и наночастицами. Подразумевается, что не обязательно объект должен обладать хоть одним линейным размером менее 100 нм — это могут быть макрообъекты, атомарная структура которых контролируемо создаётся с разрешением на уровне отдельных атомов, либо же содержащие в себе нанообъекты. В более широком смысле этот термин охватывает также методы диагностики, характеристики и исследований таких объектов.
- Нанотехнологии качественно отличаются от традиционных дисциплин, поскольку на таких масштабах привычные, макроскопические технологии обращения с материей часто неприменимы, а микроскопические явления, пренебрежительно слабые на привычных масштабах, становятся намного значительнее: свойства и взаимодействия отдельных атомов и молекул или агрегатов молекул (например, силы Ван-дер-Ваальса), квантовые эффекты.
- Нанотехнология и в особенности молекулярная технология — новые, очень мало исследованные дисциплины. Основные открытия, предсказываемые в этой области, пока не сделаны. Тем не менее, проводимые исследования уже дают практические результаты. Использование в нанотехнологии передовых научных достижений позволяет относить её к высоким технологиям.
- Развитие современной электроники идёт по пути уменьшения размеров устройств. С другой стороны, классические методы производства подходят к своему естественному экономическому и технологическому барьеру, когда размер устройства уменьшается ненамного, зато экономические затраты возрастают экспоненциально. Нанотехнология — следующий логический шаг развития электроники и других наукоёмких производств.

# История

- Многие источники, в первую очередь англоязычные, первое упоминание методов, которые впоследствии будут названы нанотехнологией, связывают с известным выступлением Ричарда Фейнмана «*В том мире полно места*» (англ. «*There's Plenty of Room at the Bottom*»), сделанным им в 1959 году в Калифорнийском технологическом институте на ежегодной встрече Американского физического общества. Ричард Фейнман предположил, что возможно механически перемещать одиночные атомы, при помощи манипулятора соответствующего размера, по крайней мере, такой процесс не противоречил бы известным на сегодняшний день физическим законам.
- Этот манипулятор он предложил делать следующим способом. Необходимо построить механизм, создававший бы свою копию, только на порядок меньшую. Созданный меньший механизм должен опять создать свою копию, опять на порядок меньшую и так до тех пор, пока размеры механизма не будут соизмеримы с размерами порядка одного атома. При этом необходимо будет делать изменения в устройстве этого механизма, так как силы гравитации, действующие в макромире, будут оказывать все меньшее влияние, а силы межмолекулярных взаимодействий и Ван-дер-Ваальсовы силы будут все больше влиять на работу механизма. Последний этап — полученный механизм соберёт свою копию из отдельных атомов. Принципиально число таких копий неограниченно, можно будет за короткое время создать произвольное число таких машин. Эти машины смогут таким же способом, поатомной сборкой, собирать макровещи. Это позволит сделать вещи на порядок дешевле — таким роботам (нанороботам) нужно будет дать только необходимое количество молекул и энергию, и написать программу для сборки необходимых предметов. До сих пор никто не смог опровергнуть эту возможность, но и никому пока не удалось создать такие механизмы.



- В ходе теоретического исследования данной возможности, появились гипотетические сценарии конца света, которые предполагают, что нанороботы поглотят всю биомассу Земли, выполняя свою программу саморазмножения (так называемая «серая слизь» или «серая жижа»).
- Первые предположения о возможности исследования объектов на атомном уровне можно встретить в книге «Opticks» Исаака Ньютона, вышедшей в 1704 году. В книге Ньютон выражает надежду, что микроскопы будущего когда-нибудь смогут исследовать «тайны корпускул».
- Впервые термин «нанотехнология» употребил Норио Танигути в 1974 году. Он назвал этим термином производство изделий размером несколько нанометров. В 1980-х годах этот термин использовал Эрик К. Дрекслер в своих книгах: «*Машины создания: грядёт эра нанотехнологии*» («*Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*») и «*Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation*». Центральное место в его исследованиях играли математические расчёты, с помощью которых можно было проанализировать работу устройства размерами в несколько нанометров.



Фундаментальные  
положения нанотеории



# Сканирующая зондовая микроскопия

- Одним из методов, используемых для изучения нанообъектов, является сканирующая зондовая микроскопия. В рамках сканирующей зондовой микроскопии реализованы как не оптические, так и оптические методики.
- Исследования свойств поверхности с помощью сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) проводятся на воздухе при атмосферном давлении, в вакууме и даже в жидкости. Различные СЗМ методики позволяют изучать как проводящие, так и не проводящие объекты. Кроме того, СЗМ поддерживает совмещение с другими методами исследования, например с классической оптической микроскопией и спектральными методами.
- С помощью сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) можно не только увидеть отдельные атомы, но также избирательно воздействовать на них, в частности, перемещать атомы по поверхности. Учёным уже удалось создать двумерные наноструктуры на поверхности, используя данный метод. Например, в исследовательском центре компании IBM, последовательно перемещая атомы ксенона на поверхности монокристалла никеля, сотрудники смогли выложить три буквы логотипа компании, используя 35 атомов ксенона.
- При выполнении подобных манипуляций возникает ряд технических трудностей. В частности, требуется создание условий сверхвысокого вакуума ( $10^{-11}$  тор), необходимо охлаждать подложку и микроскоп до сверхнизких температур (4—10 К), поверхность подложки должна быть атомарно чистой и атомарно гладкой, для чего применяются специальные методы её приготовления. Охлаждение подложки производится с целью уменьшения поверхностной диффузии осаждаемых атомов, охлаждение микроскопа позволяет избавиться от термодрейфа.
- Однако, в большинстве случаев нет необходимости манипулировать отдельными атомами или наночастицами и достаточно обычных лабораторных условий для изучения интересующих объектов.

# Наночастицы

- Современная тенденция к миниатюризации показала, что вещество может иметь совершенно новые свойства, если взять очень маленькую частицу этого вещества. Частицы размерами от 1 до 100 нанометров обычно называют «наночастицами». Так, например, оказалось, что наночастицы некоторых материалов имеют очень хорошие каталитические и адсорбционные свойства. Другие материалы показывают удивительные оптические свойства, например, сверхтонкие пленки органических материалов применяют для производства солнечных батарей. Такие батареи, хоть и обладают сравнительно низкой квантовой эффективностью, зато более дешёвы и могут быть механически гибкими. Удаётся добиться взаимодействия искусственных наночастиц с природными объектами наноразмеров — белками, нуклеиновыми кислотами и др. Тщательно очищенные наночастицы могут самовыстраиваться в определённые структуры. Такая структура содержит строго упорядоченные наночастицы и также зачастую проявляет необычные свойства.
- Нанообъекты делятся на 3 основных класса: трёхмерные частицы, получаемые взрывом проводников, плазменным синтезом, восстановлением тонких плёнок и т. д.; двумерные объекты — плёнки, получаемые методами молекулярного наслаивания, CVD, ALD, методом ионного наслаивания и т. д.; одномерные объекты — висеры, эти объекты получают методом молекулярного наслаивания, введением веществ в цилиндрические микропоры и т. д. Также существуют нанокомпозиты — материалы, полученные введением наночастиц в какие-либо матрицы. На данный момент обширное применение получил только метод микролитографии, позволяющий получать на поверхности матриц плоские островковые объекты размером от 50 нм, применяется он в электронике; метод CVD и ALD в основном применяется для создания микронных плёнок. Прочие методы в основном используются в научных целях. В особенности следует отметить методы ионного и молекулярного наслаивания, поскольку с их помощью возможно создание реальных монослоёв.
- Особый класс составляют органические наночастицы как естественного, так и искусственного происхождения.

# Самоорганизация наночастиц

- Одним из важнейших вопросов, стоящих перед нанотехнологией — как заставить молекулы группироваться определённым способом, самоорганизовываться, чтобы в итоге получить новые материалы или устройства. Этой проблемой занимается раздел химии — супрамолекулярная химия. Она изучает не отдельные молекулы, а взаимодействия между молекулами, которые способны упорядочить молекулы определённым способом, создавая новые вещества и материалы. Обнадёживает то, что в природе действительно существуют подобные системы и осуществляются подобные процессы. Так, известны биополимеры, способные организовываться в особые структуры. Один из примеров — белки, которые не только могут сворачиваться в глобулярную форму, но и образовывать комплексы — структуры, включающие несколько молекул белков. Уже сейчас существует метод синтеза, использующий специфические свойства молекулы ДНК. Берётся комплементарная ДНК (кДНК), к одному из концов подсоединяется молекула А или Б. Имеем 2 вещества: ----А и ----Б, где ---- — условное изображение одинарной молекулы ДНК. Теперь, если смешать эти 2 вещества, между двумя одинарными цепочками ДНК образуются водородные связи, которые притянут молекулы А и Б друг к другу. Условно изобразим полученное соединение: ====АБ. Молекула ДНК может быть легко удалена после окончания процесса.



# Проблема образования агломератов

- Частицы размерами порядка нанометров или наночастицы, как их называют в научных кругах, имеют одно свойство, которое очень мешает их использованию. Они могут образовывать агломераты, то есть слипаться друг с другом. Так как наночастицы многообещающи в отраслях производства керамики, металлургии, эту проблему необходимо решать. Одно из возможных решений — использование веществ — дисперсантов, таких как цитрат аммония (водный раствор), имидазолин, олеиновый спирт (нерастворимых в воде). Их можно добавлять в среду, содержащую наночастицы. Подробнее это рассмотрено в источнике «Organic Additives And Ceramic Processing», D. J. Shanefield, Kluwer Academic Publ., Boston (англ.).



Новейшие достижения

# Наноматериалы

- Материалы, разработанные на основе наночастиц с уникальными характеристиками, вытекающими из микроскопических размеров их составляющих.
- Углеродные нанотрубки — протяжённые цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и обычно заканчивающиеся полусферической головкой.
- Фуллерены — молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода (другие — алмаз, карбин и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.
- Графен — монослой атомов углерода, полученный в октябре 2004 года в Манчестерском университете (The University Of Manchester). Графен можно использовать, как детектор молекул (NO<sub>2</sub>), позволяющий детектировать приход и уход единичных молекул. Графен обладает высокой подвижностью при комнатной температуре, благодаря чему как только решат проблему формирования запрещённой зоны в этом полуметалле, обсуждают графен как перспективный материал, который заменит кремний в интегральных микросхемах.
- Нанокристаллы
- Аэрогель
- Наноаккумуляторы — в начале 2005 года компания Altair Nanotechnologies (США) объявила о создании инновационного нанотехнологического материала для электродов литий-ионных аккумуляторов. Аккумуляторы с Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> электродами имеют время зарядки 10-15 минут. В феврале 2006 года компания начала производство аккумуляторов на своём заводе в Индиане. В марте 2006 Altairnano и компания Boshart Engineering заключили соглашение о совместном создании электромобиля. В мае 2006 успешно завершились испытания автомобильных наноаккумуляторов. В июле 2006 Altair Nanotechnologies получила первый заказ на поставку литий-ионных аккумуляторов для электромобилей.
- Самоочищающиеся поверхности на основе эффекта лотоса



# Наномедицина и химическая промышленность

- Направление в современной медицине, основанное на использовании уникальных свойств наноматериалов и нанообъектов для отслеживания, конструирования и изменения биологических систем человека на наномолекулярном уровне.
- ДНК-нанотехнологии — используют специфические основы молекул ДНК и нуклеиновых кислот для создания на их основе четко заданных структур.
- Промышленный синтез молекул лекарств и фармакологических препаратов четко определенной формы (бис-пептиды).

# Компьютеры и микроэлектроника

- Центральные процессоры — 15 октября 2007 года компания Intel заявила о разработке нового прототипа процессора, содержащего наименьший структурный элемент размерами примерно 45 нм. В дальнейшем компания намерена достичь размеров структурных элементов до 5 нм. Основной конкурент Intel, компания AMD, также давно использует для производства своих процессоров нанотехнологические процессы, разработанные совместно с компанией IBM. Характерным отличием от разработок Intel является применение дополнительного изолирующего слоя SOI, препятствующего утечке тока за счет дополнительной изоляции структур, формирующих транзистор. Уже существуют рабочие образцы процессоров с транзисторами размером 32 нм и опытные образцы на 22 нм.
- Жёсткие диски — в 2007 году Питер Грюнберг и Альберт Ферт получили Нобелевскую премию по физике за открытие GMR-эффекта, позволяющего производить запись данных на жестких дисках с атомарной плотностью информации.

- Сканирующий зондовый микроскоп — микроскоп высокого разрешения, основанный на взаимодействии иглы кантилевера (зонда) с поверхностью исследуемого образца. Обычно под взаимодействием понимается притяжение или отталкивание кантилевера от поверхности из-за сил Ван-дер-Ваальса. Но при использовании специальных кантилеверов можно изучать электрические и магнитные свойства поверхности. СЗМ может исследовать как проводящие, так и непроводящие поверхности даже через слой жидкости, что позволяет работать с органическими молекулами (ДНК). Пространственное разрешение сканирующих зондовых микроскопов зависит от характеристик используемых зондов. Разрешение достигает атомарного по горизонтали и существенно превышает его по вертикали.
- Антенна-осциллятор — 9 февраля 2005 года в лаборатории Бостонского университета была получена антенна-осциллятор размерами порядка 1 мкм. Это устройство насчитывает 5000 миллионов атомов и способно осциллировать с частотой 1,49 гигагерц, что позволяет передавать с её помощью огромные объёмы информации.
- Плазмоны — коллективные колебания свободных электронов в металле. Характерной особенностью возбуждения плазмонов можно считать так называемый плазмонный резонанс, впервые предсказанный Ми в начале XX века. Длина волны плазмонного резонанса, например, для сферической частицы серебра диаметром 50 нм составляет примерно 400 нм, что указывает на возможность регистрации наночастиц далеко за границами дифракционного предела (длина волны излучения много больше размеров частицы). В начале 2000-го года, благодаря быстрому прогрессу в технологии изготовления частиц наноразмеров, был дан толчок к развитию новой области нанотехнологии — наноплазмонике. Оказалось возможным передавать электромагнитное излучение вдоль цепочки металлических наночастиц с помощью возбуждения плазмонных колебаний.



# Робототехника

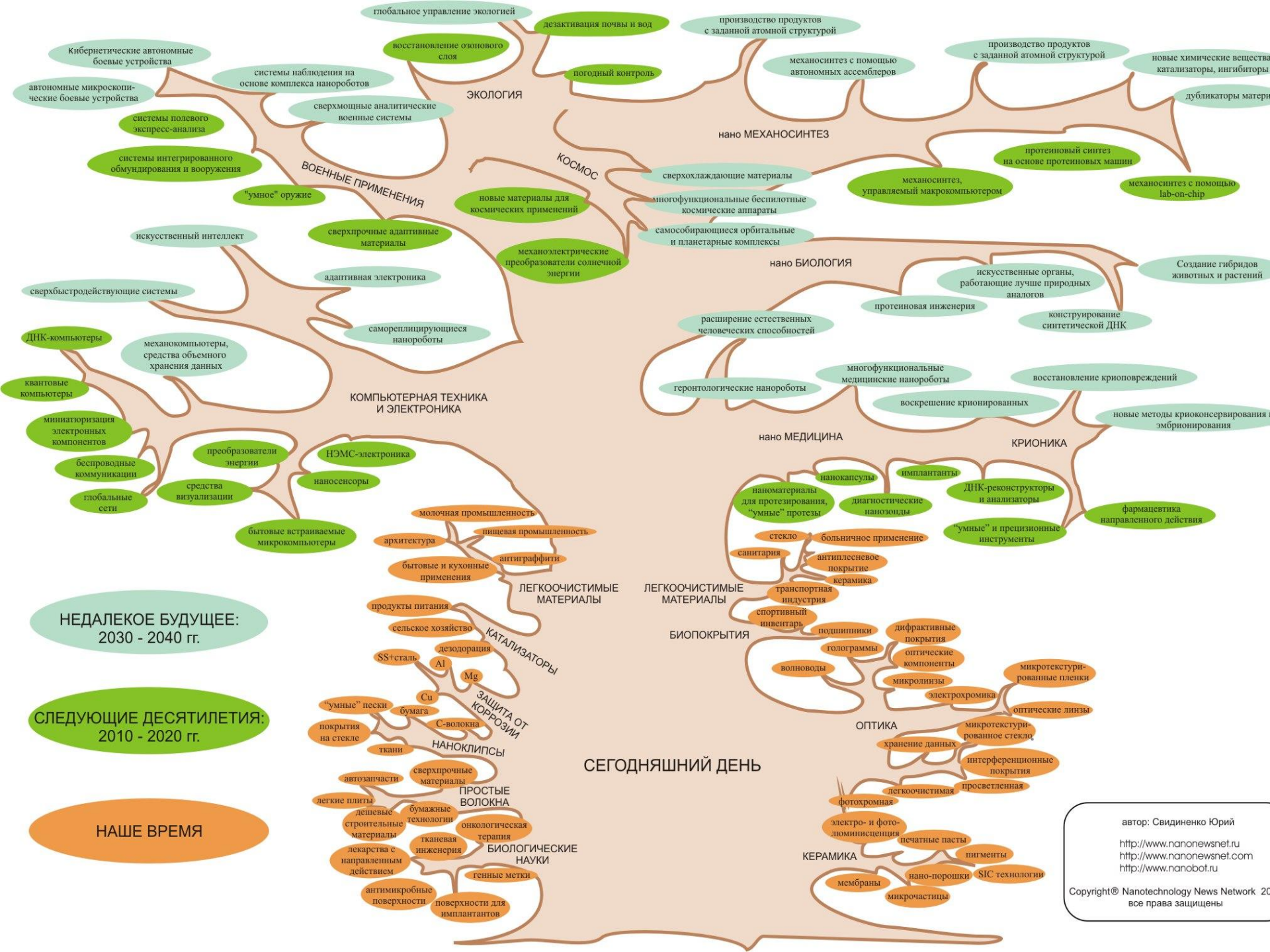
- Молекулярные роторы — синтетические наноразмерные двигатели, способные генерировать крутящий момент при приложении к ним достаточного количества энергии.
- Нанороботы — роботы, созданные из наноматериалов и размером сопоставимые с молекулой, обладающие функциями движения, обработки и передачи информации, исполнения программ. Нанороботы, способные к созданию своих копий, то есть самовоспроизводству, называются репликаторами. Возможность создания нанороботов рассмотрел в своей книге «Машины создания» американский учёный Эрик Дрекслер. Вопросы разработки нанороботов и их компонентов рассматриваются на профильных международных конференциях.
- Молекулярные пропеллеры — наноразмерные молекулы в форме винта, способные совершать вращательные движения благодаря своей специальной форме, аналогичной форме макроскопического винта.
- С 2006 года в рамках проекта RoboCup (чемпионат по футболу среди роботов) появилась номинация «Nanogram Competition», в которой игровое поле представляет из себя квадрат со стороной 2,5 мм. Максимальный размер игрока ограничен 300 мкм.

# Концептуальные устройства

- Nokia Morph — проект сотового телефона будущего, созданный совместно научно-исследовательским подразделением Nokia и Кембриджским университетом на основе использования нанотехнологических материалов.







НЕДАЛЕКОЕ БУДУЩЕЕ:  
2030 - 2040 гг.

СЛЕДУЮЩИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ:  
2010 - 2020 гг.

НАШЕ ВРЕМЯ

автор: Свидиненко Юрий  
<http://www.nanonewsnet.ru>  
<http://www.nanonewsnet.com>  
<http://www.nanobot.ru>  
 Copyright© Nanotechnology News Network 20...  
 все права защищены



# Нанотехнологии и общественность

- Прогресс в области нанотехнологий вызвал определенный общественный резонанс.
- Отношение общества к нанотехнологиям изучалось ВЦИОМ и европейской службой «Евробарометр».
- Ряд исследователей указывают на то, что негативное отношение к нанотехнологии у неспециалистов может быть связано с религиозностью, а также из-за опасений, связанных с токсичностью наноматериалов. Особо это актуально для широко разрекламированного коллоидного серебра, свойства и безопасность которого находятся под большим вопросом.

# Реакция мирового сообщества на развитие нанотехнологий

- С 2005 года функционирует организованная CRN международная рабочая группа, изучающая социальные последствия развития нанотехнологий.
- В октябре 2006 года Международным Советом по нанотехнологиям выпущена обзорная статья, в которой, в частности, говорилось о необходимости ограничения распространения информации по нанотехнологическим исследованиям в целях безопасности.
- Организация «Гринпис» требует полного запрета исследований в области нанотехнологий.
- Тема последствий развития нанотехнологий становится объектом философских исследований. Так, о перспективах развития нанотехнологий говорилось на прошедшей в 2007 году международной футурологической конференции Transvision, организованной WTA.

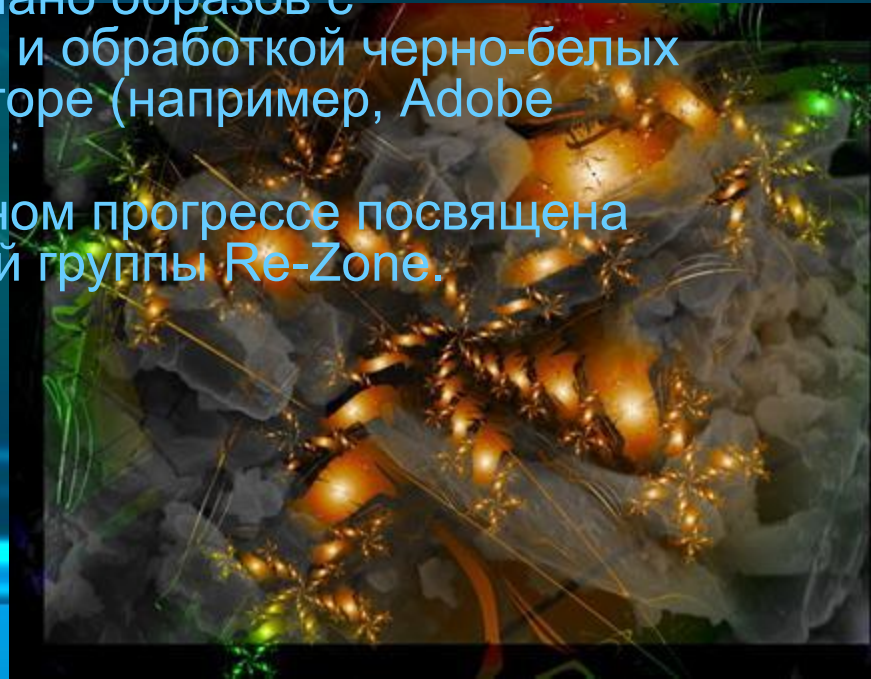
# Реакция российского общества на развитие нанотехнологий

- По сообщениям СМИ, представители Российского трансгуманистического движения акцентировали внимание на развитии нанотехнологического производства на круглом столе «Влияние науки на политическую ситуацию в России. Взгляд в будущее», состоявшегося **21 марта 2007 года** в Государственной Думе РФ.
- **26 апреля 2007 года** президент России Владимир Путин в послании Федеральному Собранию назвал нанотехнологии «наиболее приоритетным направлением развития науки и техники». По мнению Путина, для большинства россиян нанотехнологии сегодня — «некая абстракция вроде атомной энергии в 30-е годы».
- Затем о необходимости развития нанотехнологий заявляет ряд российских общественных организаций.
- **8 октября 2008 года** было создано «Нанотехнологическое общество России», в задачи которого входит «просвещение российского общества в области нанотехнологий и формирование благоприятного общественного мнения в пользу нанотехнологического развития страны»
- **6 октября 2009 года** президент Дмитрий Медведев на открытии Международного форума по нанотехнологиям в Москве заявил: «Главное, чтобы не произошло по известному сценарию — мировая экономика начинает расти, экспортный потенциал возрастает, и никакие нанотехнологии не нужны и можно дальше продавать энергоносители. Этот сценарий был бы для нашей страны просто губительным. Все мы должны сделать так, чтобы нанотехнологии стали одной из мощнейших отраслей экономики. Именно к такому сценарию развития я вас призываю», — подчеркнул Д. Медведев, обращаясь к участникам форума. При этом президент особо отметил, что «пока эта (государственная) поддержка (бизнеса) носит безалаберный характер, пока мы не смогли ухватить суть этой работы, надо наладить эту работу». Д. Медведев также подчеркнул, что Роснано до **2015** года на эти цели будет выделено 318 млрд рублей. Д. Медведев предложил Минобрнауки увеличить количество специальностей в связи с развитием потребности в квалифицированных кадрах для нанотехнологий, а также создать госзаказ на инновации и открыть «зеленый коридор» для экспорта высокотехнологичных товаров.



# Нанотехнологии в искусстве

- Ряд произведений американской художницы Наташи Вита-Мор касается нанотехнологической тематики.
- В современном искусстве возникло новое направление "наноарт" (наноискусство) (англ. nanoart) - это вид искусства, связанный с созданием художником скульптур (композиций) микро- и нано-размеров ( $10^{-6}$  и  $10^{-9}$  м, соответственно) под действием химических или физических процессов обработки материалов, фотографированием полученных нано образов с помощью электронного микроскопа и обработкой черно-белых фотографий в графическом редакторе (например, Adobe Photoshop).
- Нанороботам и их роли в социальном прогрессе посвящена композиция «Nanobots» российской группы Re-Zone.





# Нанотехнологии в фантастике

- В широко известном произведении русского писателя Н. Лескова «Левша» (1881 год) есть любопытный фрагмент:
- *Если бы, — говорит, — был лучше микроскоп, который в пять миллионов увеличивает, так вы изволили бы, — говорит, — увидеть, что на каждой подковинке мастерово имя выставлено: какой русский мастер ту подковку делал*
- Увеличение в 5 000 000 раз обеспечивают современные электронные и атомно-силовые микроскопы, считающиеся основными инструментами нанотехнологий. Таким образом, литературного героя Левшу можно считать первым в истории «нанотехнологом».
- Изложенные Фейнманом в лекции 1959 г. «Там внизу много места» идеи о способах создания и применения наноманипуляторов совпадают практически текстуально с фантастическим рассказом известного советского писателя Бориса Житкова «Микроруки», опубликованным в 1931.
- Некоторые отрицательные последствия неконтролируемого развития нанотехнологий описаны в произведениях М. Крайтона («Рой»), С. Лема («Осмотр на месте» и «Мир на Земле»), С. Лукьяненко («Нечего делить»), С. Кинг («Серая дрянь»).
- Главный герой романа «Трансчеловек» Ю. Никитина — руководитель нанотехнологической корпорации и первый человек, испытавший на себе действие медицинских нанороботов.
- В научно-фантастическом сериале «Звёздные врата: Атлантида» упоминается раса «репликаторов», возникшая в результате неудавшегося опыта Древних с использованием и описанием различных вариантов применения нанотехнологий. В фильме «День, когда Земля остановилась» с Киану Ривзом в главной роли, инопланетная цивилизация выносит человечеству смертный приговор и чуть было не уничтожает все на планете при помощи самовоспроизводящихся нанорепликантов-жуков, пожирающих все на своем пути.

# Тест по теме

**1) Какая из следующих наук не имеет дело с нанотехнологиями?**

1. Физика
2. Химия
3. Биология
4. История

**2) Какой размер у наночастиц?**

1.  $10^{-3}$
2.  $10^{-6}$
3.  $10^{-9}$
4.  $10^{-12}$



### **3) Применение нанотехнологий:**

1. Анализ общества
2. Составление карт
3. Интернет
4. Создание различных устройств

### **4) Какие объекты могут быть созданы при помощи нанотехнологий:**

1. Макрообъекты
2. Нанообъекты
3. Атомарные объекты
4. Верно всё вышеперечисленное.

**5) Первые предположения физиков о нанотехнологиях произошли на:**

1. Конец XX века
2. Начало XVIII века
3. Начало XXI века

**6) Что НЕ относится к фундаментальной нанонауке?**

1. Зондовая микроскопия
2. Наночастицы
3. Нанороботы

**7) В чем заключаются причины « - » отношения к нанонауке?**

1. Токсичность
2. Религиозность
3. Боязнь нового
4. Верно все вышеперечисленное

**8) Какую сторону нашей жизни НЕ затронули нанотехнологии:**

1. Живопись
2. Литература
3. Общественные науки
4. Естественные науки

**9) Награждаются ли Нобелевской премией разработки по нанотехнологиям?**

1. Да
2. Нет



# И на сладкое...

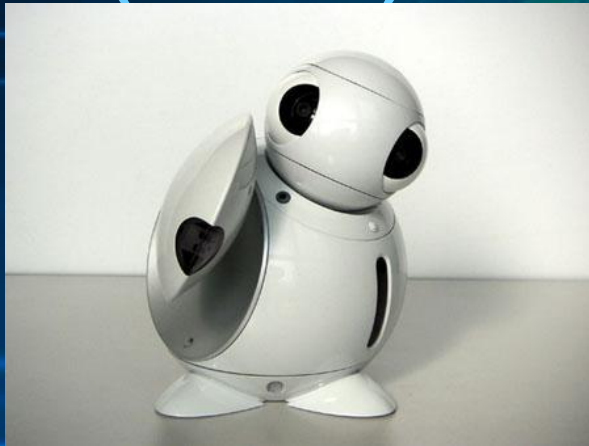
Танец милого наноробота ^.^

Ну... может, и не нано, но он всё равно  
очень милый)))

<(^\_^<)

<(^\_^)>

(>^\_^)>



^The End^