



# Нанотехнологии

# Нанотехнологии



- **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 атомарной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами.

# Нанотехнологии



- В практическом аспекте это технологии производства устройств и их компонентов, необходимых для создания, обработки и манипуляции атомами, молекулами и частицами, размеры которых находятся в пределах от 1 до 100 нанометров.
- 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 не намного, зато экономические затраты сильно возрастают.
- Нанотехнология — следующий логический шаг развития электроники и других наукоёмких производств.

# Объекты нанотехнологий

Объекты нанотехнологий, с одной стороны, могут иметь характеристические размеры указанного диапазона:

- наночастицы, нанопорошки (объекты, у которых три характеристических размера находятся в диапазоне до 100 нм)
- нанотрубки, нановолокна (объекты, у которых два характеристических размера находятся в диапазоне до 100 нм)
- наноплёнки (объекты, у которых один характеристический размер находится в диапазоне до 100 нм).

С другой стороны, объектом нанотехнологий могут быть макроскопические объекты, атомарная структура которых контролируемо создаётся с разрешением на уровне отдельных атомов.

# Нанообъекты

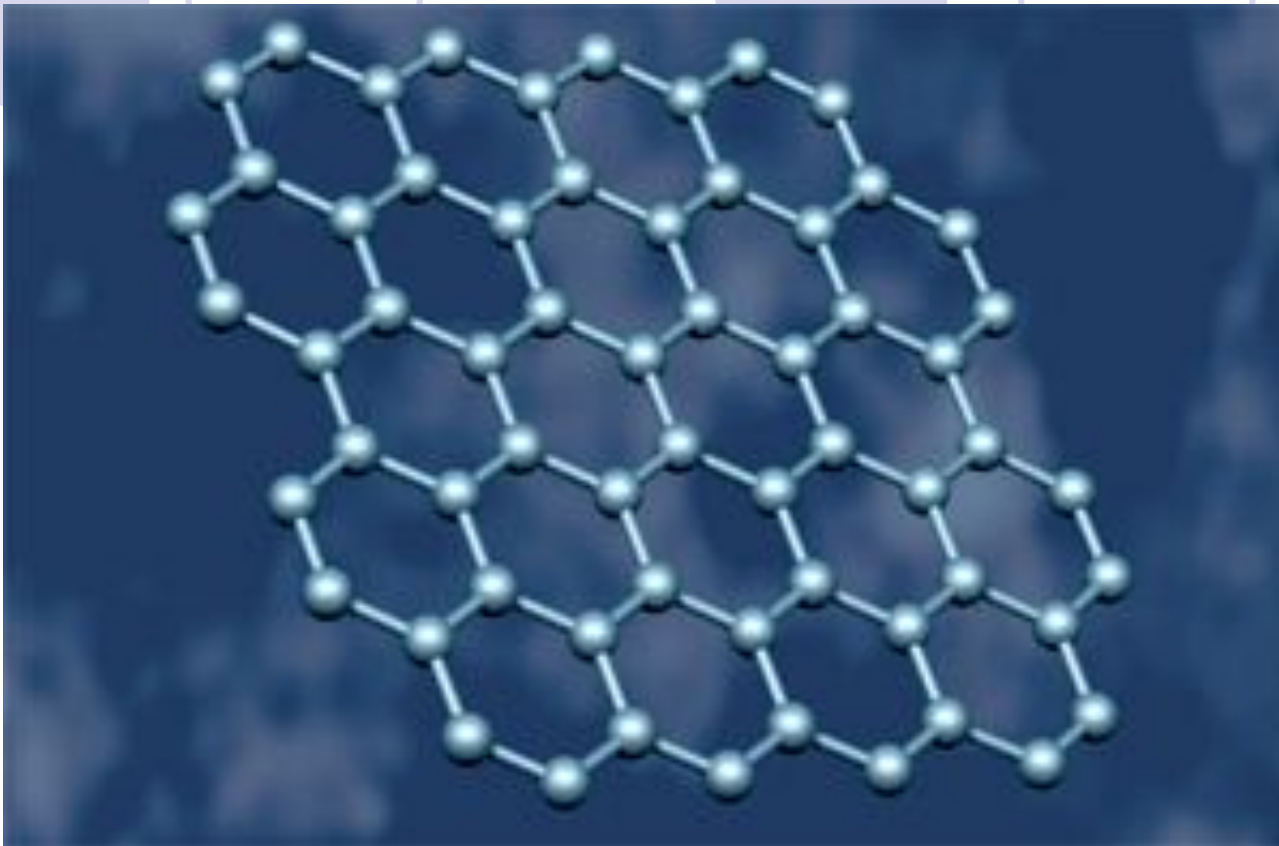


Нанообъекты делятся на 3 основных класса:

- трёхмерные частицы, получаемые взрывом проводников, плазменным синтезом, восстановлением тонких плёнок и т. д.
  - двумерные объекты — плёнки, получаемые методами молекулярного наслаивания, методом ионного наслаивания и т.д.
  - одномерные объекты — получают методом молекулярного наслаивания, введением веществ в цилиндрические микропоры и т. д.
- Также существуют нанокompозиты.

# Самоорганизация наночастиц

- Тщательно очищенные наночастицы могут самовыстраиваться в определенные структуры. Такая структура содержит строго упорядоченные наночастицы и также зачастую проявляет необычные свойства.
- Один из важнейших вопросов, стоящих перед нанотехнологией, — как заставить молекулы группироваться определенным 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, организовываясь определенным способом, могут дать новые вещества.



Схематическое представление молекулы графена

# Графен



- **Графен** – двумерный кристаллический углеродный материал, который удобно представить в виде одного слоя углеродных атомов, образующих слоистую структуру графита.
- Впервые экспериментально получен и описан этот материал был в 2004 году группой российских ученых, часть которых трудится в настоящее время в **Манчестерском университете** под руководством **Константина Новоселова**, а часть – в **Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов** в Черноголовке.





[GlobalScience.ru](http://GlobalScience.ru)

# Графен



- Графен очень прочен и гибок, так как его структура в пересчете на всю площадь образца, имеет очень мало дефектов.
- Графен уникален тем, что благодаря своей двумерной структуре может проявлять как свойства проводника, причем очень хорошего, так и полупроводниковые свойства.
- В настоящее время большинство ученых сходятся во мнении, что углеродные материалы в недалеком будущем придут на смену кремнию в микроэлектронной промышленности.
- Разработка методики его промышленного получения практически сразу приведет к созданию первых интегральных микросхем.

# Графен

По сравнению с кремнием графен имеет лучшую электропроводность и является идеальным материалом для производства чипов.

В графене скорость передвижения электронов по сравнению с другими материалами можно увеличить в 10 раз.

Транзисторы, могут работать при комнатной температуре.



# Графен

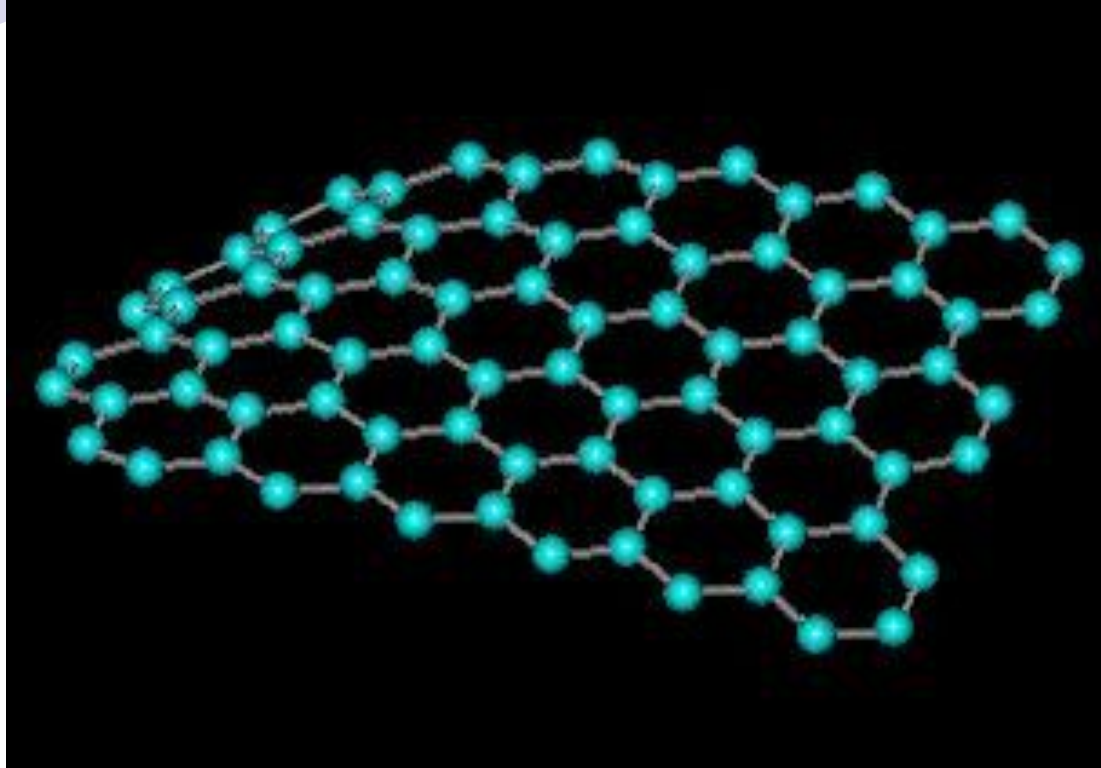
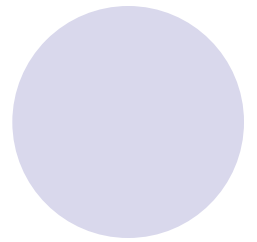
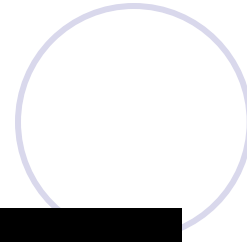
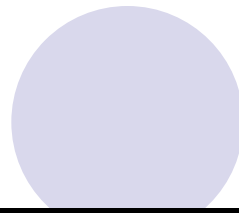
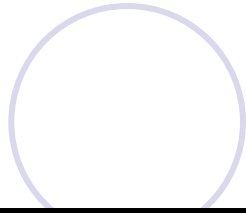
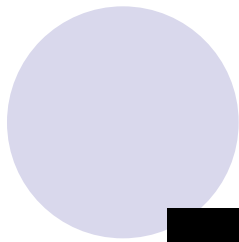


- Компании-производители подходят к так называемому квантовому порогу в изготовлении микрочипов из кремния.
- Использование графена позволяет обратить мешающие в других случаях наноразмерные квантовые эффекты во благо.
- Константин Новосёлов и Андрей Гейм из британского Манчестерского университета, сумели сделать на основе графена одноэлектронный транзистор – потенциальный единичный элемент графеновых микросхем будущего.

# Графен



- Основной из существующих в настоящее время способов получения графена основан на механическом отщеплении или отшелушивании слоёв графита. Он позволяет получать наиболее качественные образцы с высокой подвижностью носителей. Этот метод не предполагает использования масштабного производства, поскольку это ручная процедура.
- Другой известный способ — метод термического разложения подложки карбида кремния гораздо ближе к промышленному производству.
- Поскольку графен впервые был получен только в 2004 году, он ещё недостаточно хорошо изучен и привлекает к себе повышенный интерес.



# Графен

Идеальный графен состоит исключительно из шестиугольных ячеек. Присутствие пяти- и семиугольных ячеек будет приводить к различного рода дефектам.

Наличие пятиугольных ячеек приводит к сворачиванию атомной плоскости в конус. Структура с 12 такими дефектами одновременно известна под названием фуллерен. Присутствие семиугольных ячеек приводит к образованию седловидных искривлений атомной плоскости. Комбинация этих дефектов и нормальных ячеек может приводить к образованию различных форм поверхности.

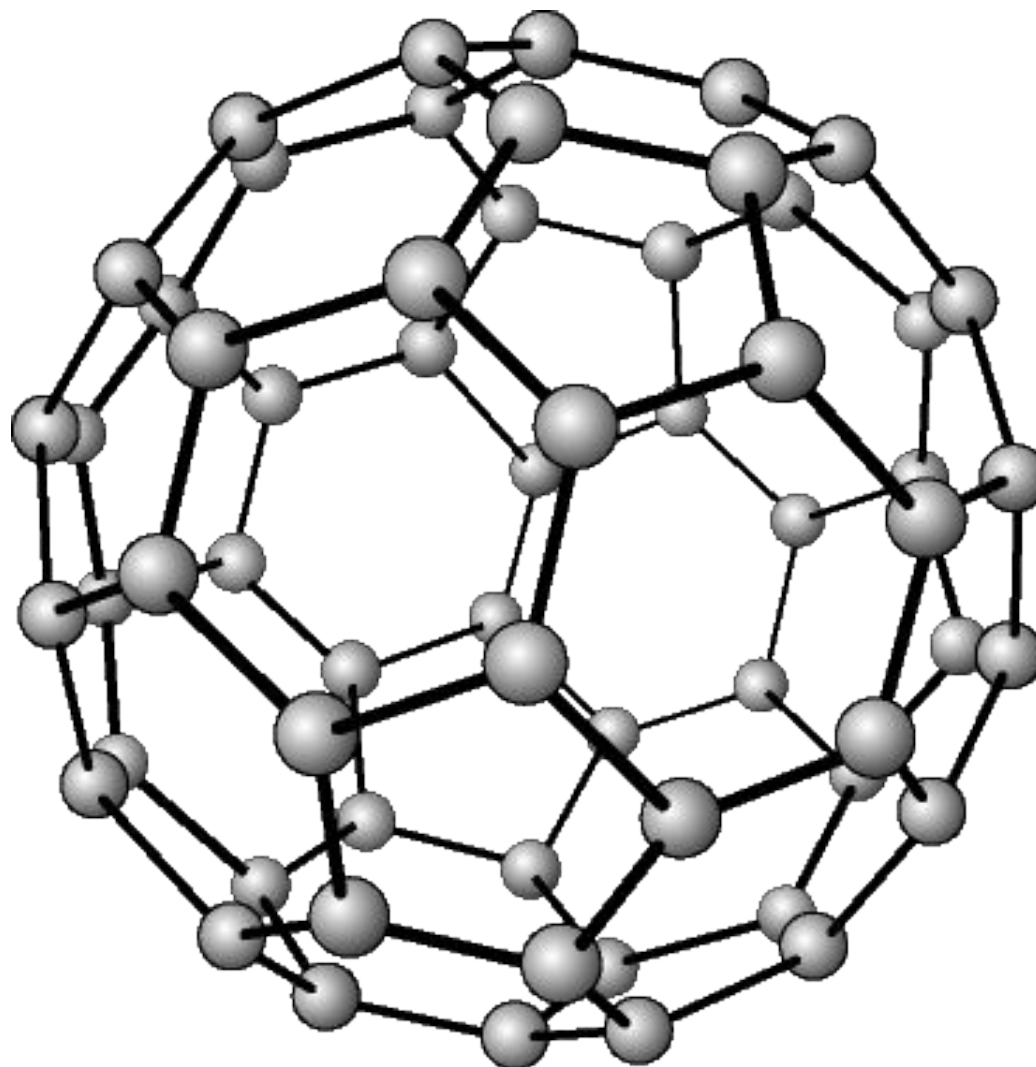
# Фуллерены

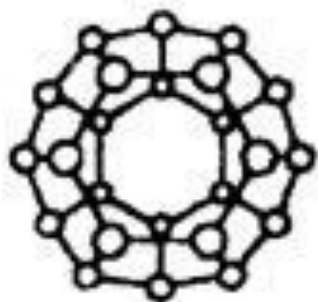
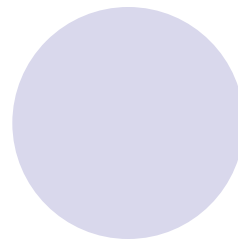
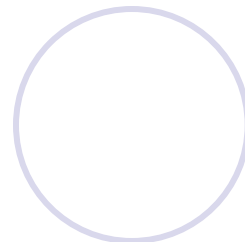
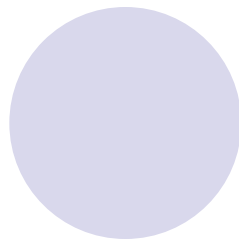
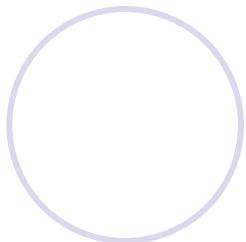
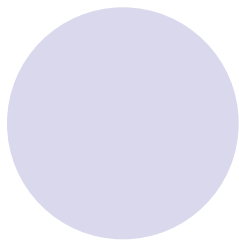


- Фуллерены - группа специфических молекул, состоящих только из атомов углерода, которые образуют каркас из 12 пятиугольников и нескольких шестиугольников.
- Своим названием эти соединения обязаны инженеру и дизайнеру Р.Бакминстеру Фуллеру, чьи геодезические конструкции построены по этому принципу.
- Впервые фуллерены были синтезированы в 1985 при исследовании масс-спектров паров графита, полученных при лазерном облучении твёрдого образца.
- За открытие фуллеренов Крото, Смолли и Керлу в 1996 году была присуждена Нобелевская премия по химии.

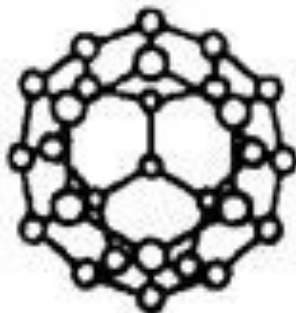


# Фуллерен-60

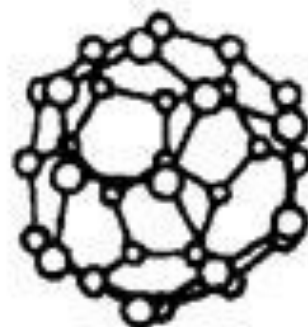




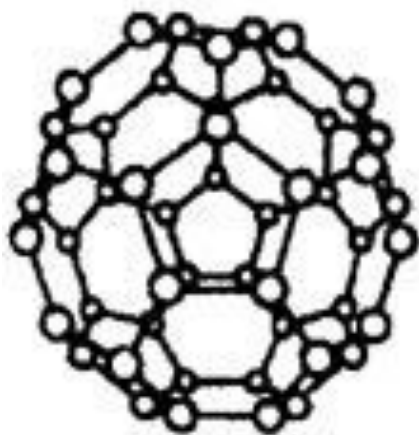
$C_{24}$



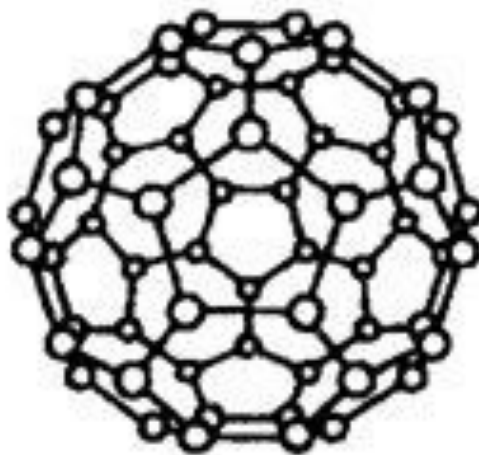
$C_{28}$



$C_{32}$



$C_{50}$



$C_{60}$

# Фуллерены



- Фуллерены в значительном количестве содержатся в саже, образующейся в дуговом разряде на графитовых электродах — их раньше просто не замечали.
- Сейчас фуллерены интенсивно изучают в лабораториях разных стран, пытаются установить условия их образования, структуру, свойства и возможные сферы применения.
- **Главной особенностью фуллеренов** является их повышенная реакционная активность. Они легко захватывают атомы других веществ и образуют материалы с принципиально новыми свойствами. На их основе возникла новая стереохимия углеродов, позволяющая целенаправленно создавать вещества с заданными формами и свойствами.

# Синтез фуллеренов

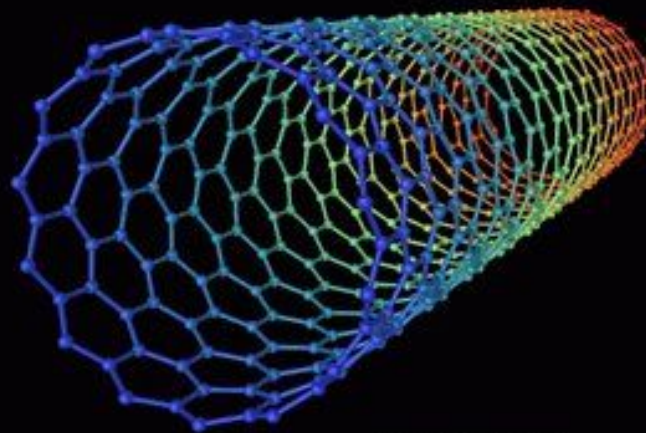
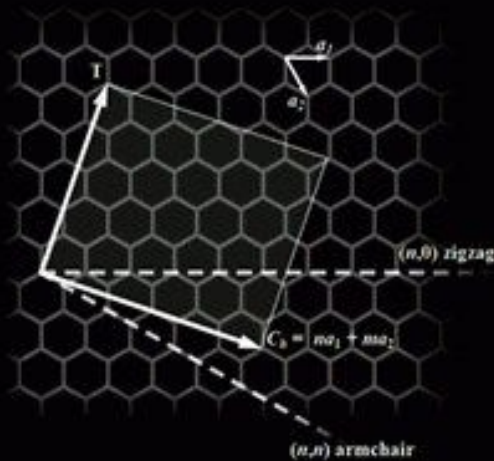


На первых порах все попытки экспериментаторов найти более дешёвые и производительные способы получения граммовых количеств фуллеренов (сжигание углеводородов в пламени, химический синтез и др.) к успеху не привели и метод «дуги» долгое время оставался наиболее продуктивным (производительность около 1 г/час). Впоследствии фирме Мицубиси удалось наладить промышленное производство фуллеренов методом сжигания углеводородов, но такие фуллерены содержат кислород и поэтому дуговой метод по-прежнему остаётся единственным подходящим методом получения чистых фуллеренов.

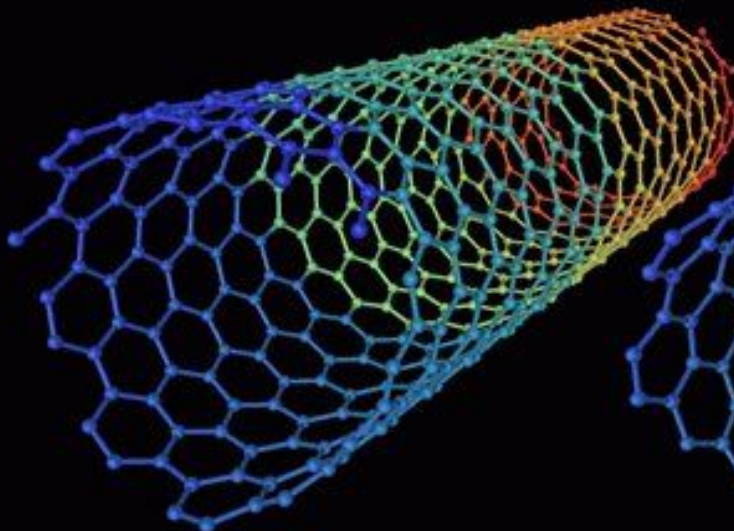
# Углеродные нанотрубки



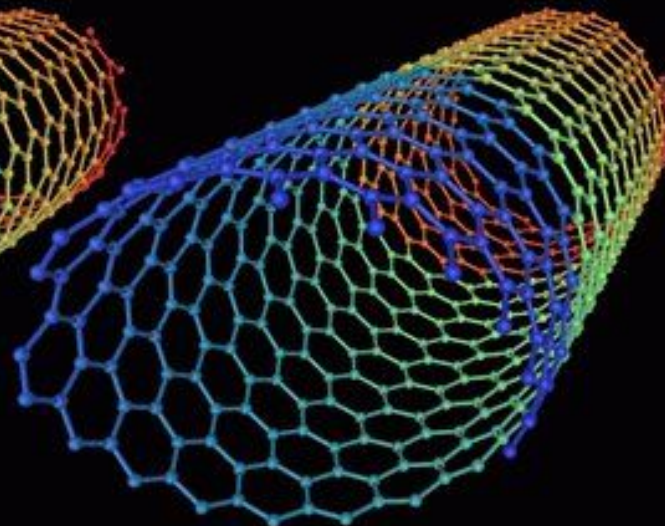
Углеродные нанотрубки - протяжённые структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах, открытые в 1991 году японским исследователем Иджимой.



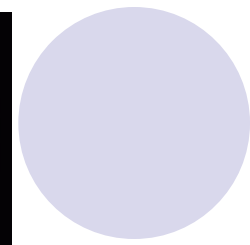
$(0,10)$  nanotube  
(zig-zag)

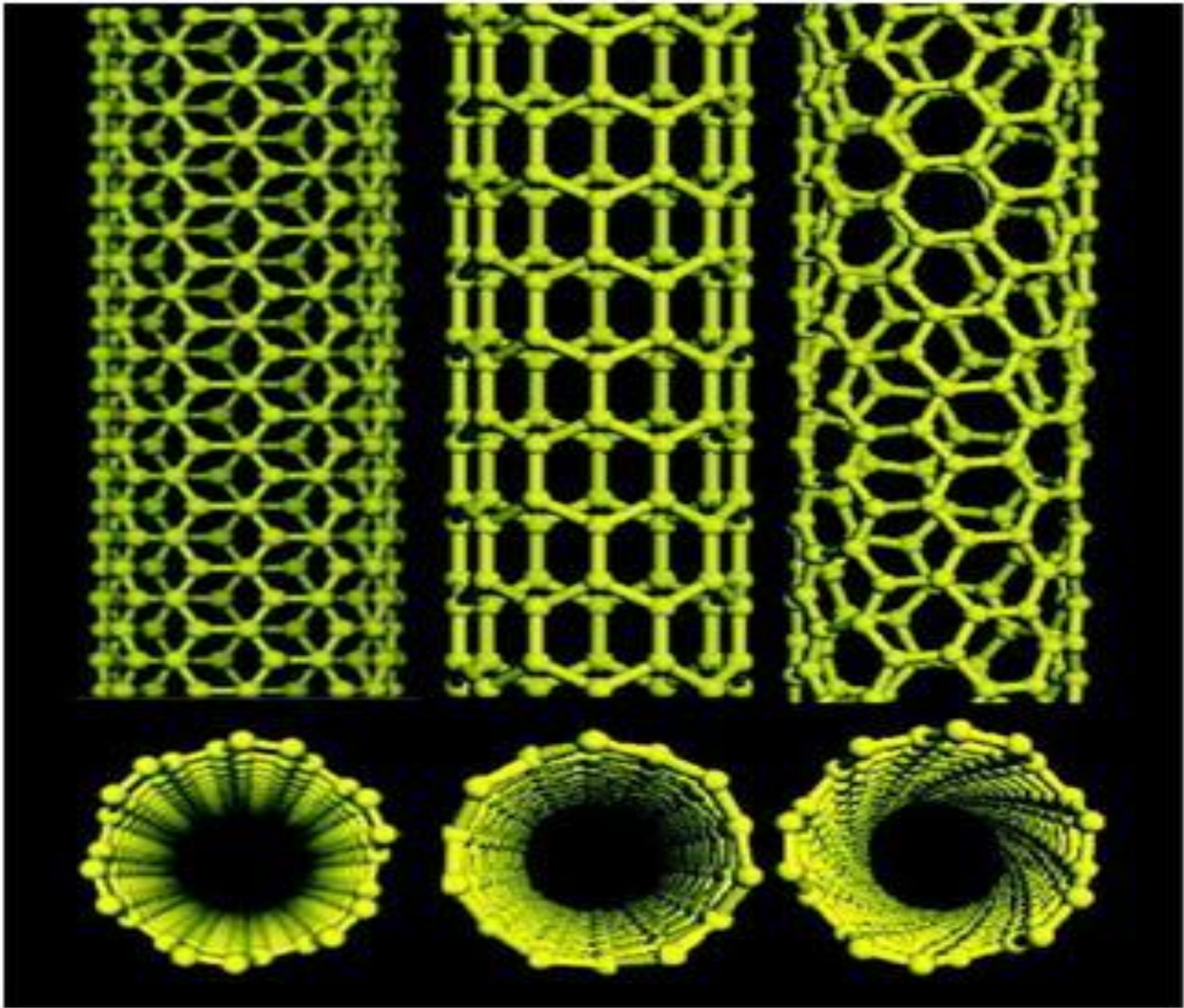


$(7,10)$  nanotube  
(chiral)



$(10,10)$  nanotube  
(armchair)





# Углеродные нанотрубки



Различают *металлические* и *полупроводниковые* нанотрубки. Металлические нанотрубки проводят электрический ток даже при абсолютном нуле температур, в то время как проводимость полупроводниковых трубок равна нулю при абсолютном нуле и возрастает при повышении температуры. Трубка оказывается металлической, если  $(n-m)$ , делённое на 3, даёт целое число.

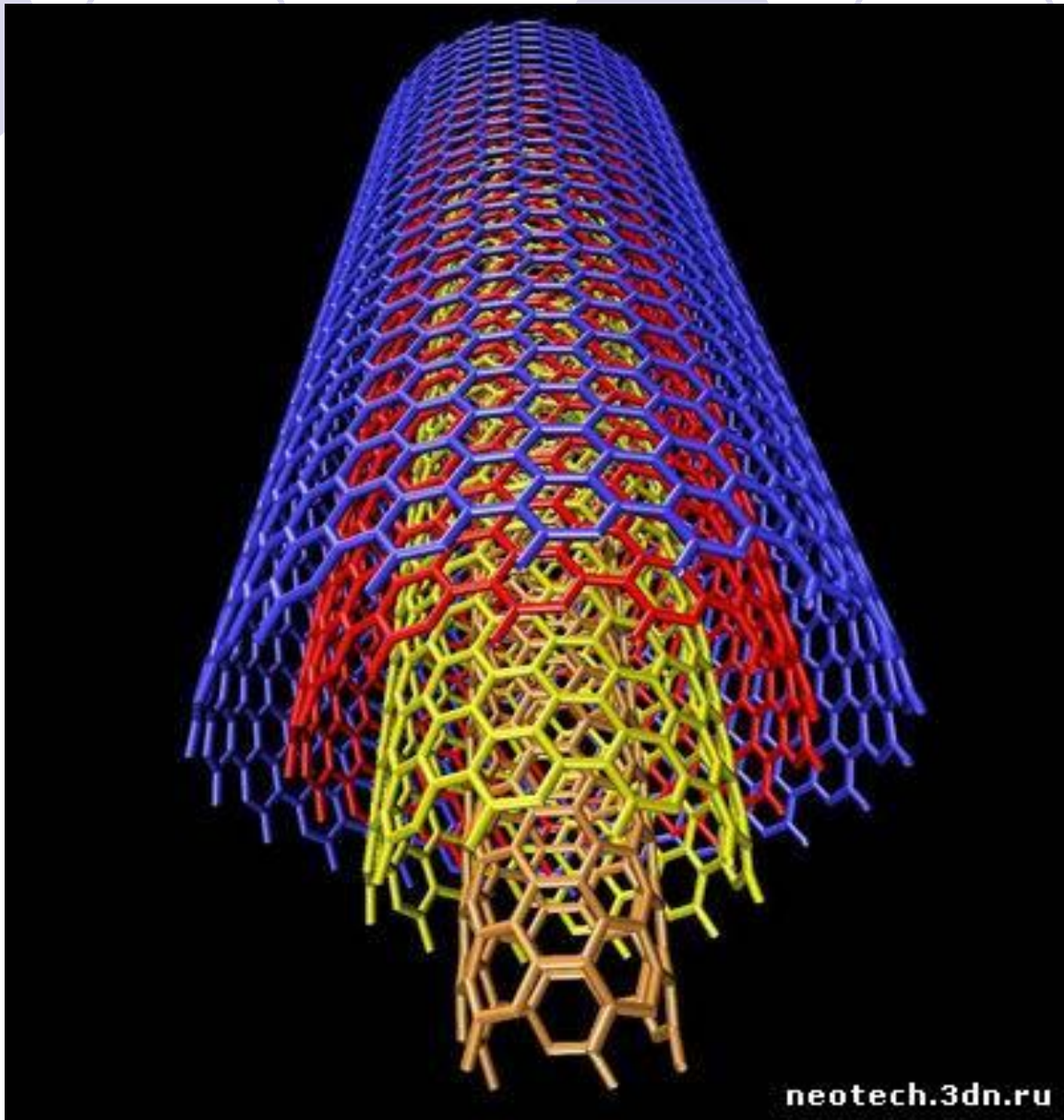


# Углеродные нанотрубки



В реальных условиях трубки нередко получаются многослойными, то есть представляют собой несколько однослойных нанотрубок, вложенных одна в другую (так называемые «матрёшки»).

Нанотрубки могут быть большие и маленькие, однослойные и многослойные, прямые и спиральные.

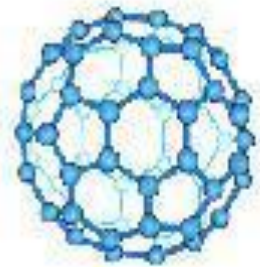


# Углеродные нанотрубки

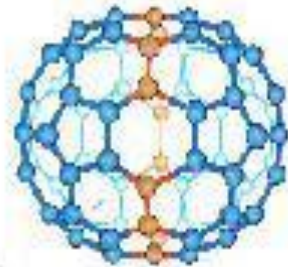


Одно из поразительных связанных с нанотрубками явлений состоит в том, что их свойства целиком зависят от геометрии.

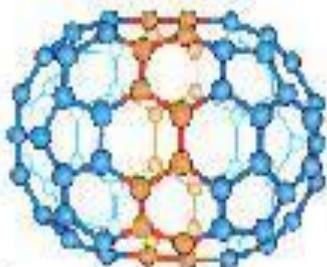
Они могут быть как с открытыми концами (это позволяет заполнять их атомами других веществ), так и с одним закрытым концом. В первом случае нанотрубки, проявляя капиллярный эффект, оказываются способными втягивать в себя расплавленные металлы и другие жидкие вещества, что превращает их в тончайший изолированный провод в оболочке.



$C_{60}$



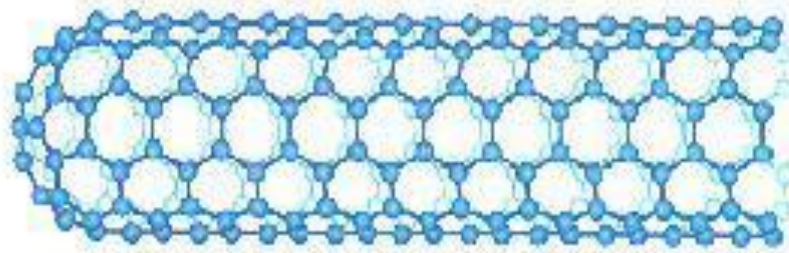
$C_{70}$



$C_{80}$

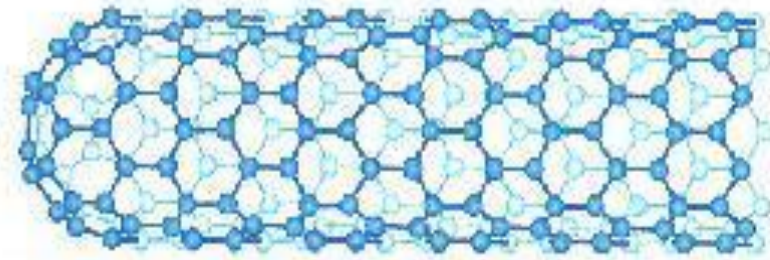
a

(5,5)



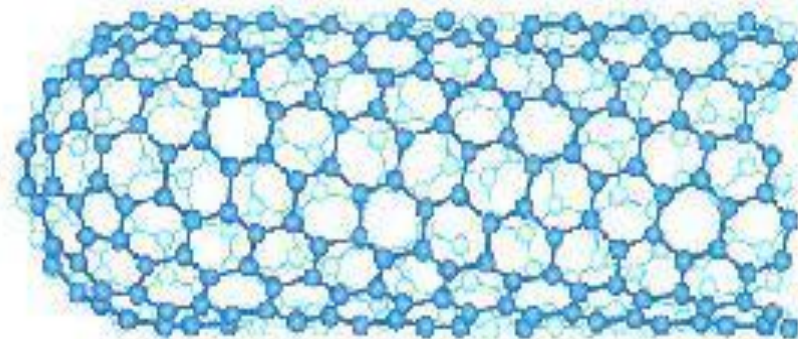
b

(9,0)



c

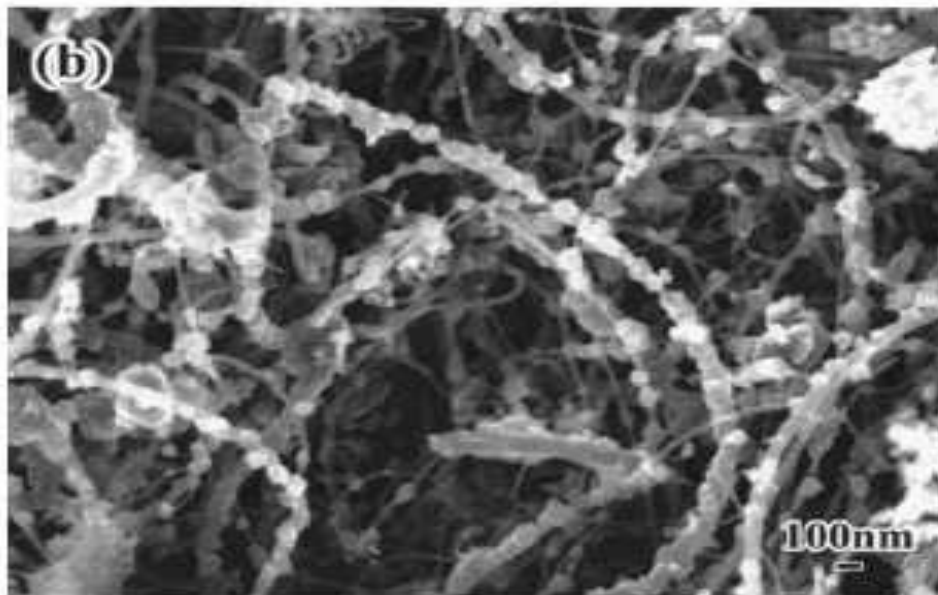
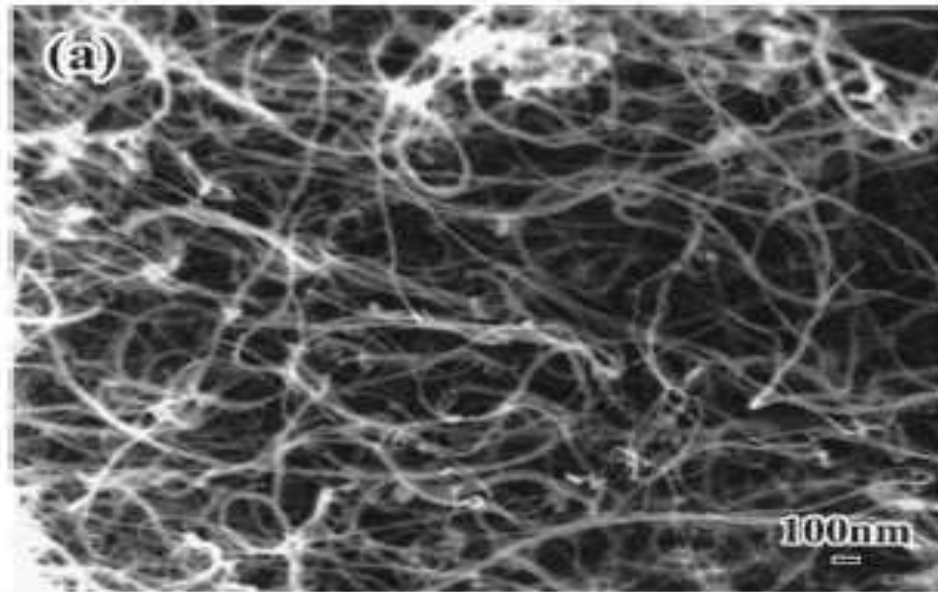
(10,5)



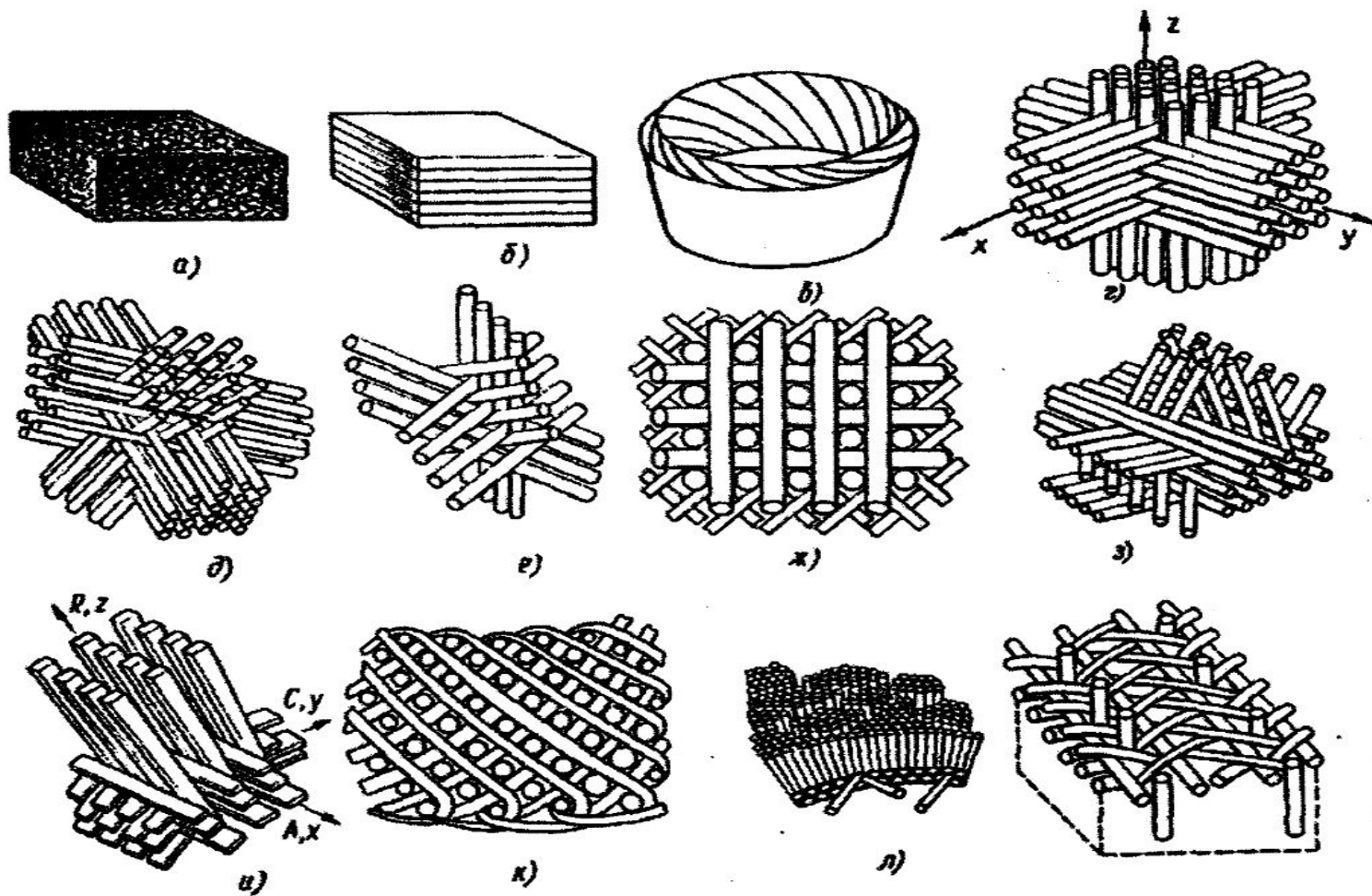
d

# Получение углеродных нанотрубок

- В настоящее время наиболее распространённым является метод термического испарения графитовых электродов в плазме дугового разряда. При горении плазмы происходит интенсивное термическое испарение анода, при этом на торцевой поверхности катода образуется осадок, в котором формируются нанотрубки углерода.
- Образующиеся многочисленные нанотрубки имеют длину порядка 10-20 мкм. Они нарастают на катоде перпендикулярно плоской поверхности его торца и собраны в цилиндрические пучки диаметром около 50 мкм. Пучки нанотрубок регулярно покрывают поверхность катода, образуя сотовую структуру.



# Углерод-углеродные КОМПОЗИЦИОННЫЕ материалы



# Фуллерены-области применения

- Новые **фуллереновые технологии** синтеза алмазов и алмазоподобных соединений сверхвысокой твердости. При этом выход алмазов увеличивается на  $\approx 30\%$ .
- Новые классы полимеров с заданными механическими, оптическими, электрическими, магнитными свойствами для записи и хранения информации.
- Новые классы антифрикционных покрытий и смазок, в том числе, на основе фторсодержащих соединений фуллеренов.
- Новые виды топлив и добавок к топливам.
- Капсулы для безопасного захоронения радиоактивных отходов.
- Новые классы соединений для фармакологии и медицины, в том числе, противовирусные и нейротропные препараты.



# Фуллерены-области применения

- Фуллерены нашли применение в качестве добавок в интумесцентные (вспучивающиеся) огнезащитные краски. За счёт введения фуллеренов краска под воздействием температуры при пожаре вспучивается, образуется достаточно плотный пенококсовый слой, который в несколько раз увеличивает время нагревания до критической температуры защищаемых конструкций.
- Фуллерены и их различные химические производные используются в сочетании с полупроводящими полимерами для изготовления элементов солнечных электрических батарей и аккумуляторов.

# Фуллерены-области применения



- Самолет на солнечных батареях, созданный британскими конструкторами, получивший название "Зефир-6", продержался в воздухе 82 часа и 37 минут. Размах крыльев нового самолета - 18 метров, он сделан из сверхлегких материалов и весит всего 30 кг.
- В планах разработчиков и военных довести длительность полета подобных аппаратов до нескольких месяцев.



# Фуллерены-области применения

Косметическая серия NANOMIC – это революция в области косметики anti-age, содержит фуллерены и коэнзим Q1 в нанокапсулах

- притягивает и нейтрализует свободные радикалы
- действует как эффективный солнцезащитный фильтр
- борется со старением кожи
- разглаживает морщины
- выравнивает цвет кожи
- препятствует процессу окисления кожного сала
- сужает поры
- оказывает противовоспалительное действие
- благотворно воздействует на кожу в течение 40 часов (!)
- восстанавливает клетки кожи

# Зачем медицине нанотехнологии?

Поскольку основной объект воздействия современной медицины – это клетка, а зачастую – макромолекулы, то и инструменты для их починки должны быть того же порядка, что и объект, то есть нанометрового диапазона. Для медицины наноразмеры – это все, что меньше 1 мкм, получается, что это понятие в медицине несколько менее строгое, чем в физике или химии. Важно, чтобы нанообъект проходил через поры капилляров размеров 100-200 нм.



# Сферы применения нанотехнологий в медицине

- Диагностика раковых заболеваний
- Доставка лекарств в клетки
- Лечение опухолей, ВИЧ, нейрохирургия
- Перевязочный наноматериал - своеобразного заменителя антибиотика на поверхности раны.
- Нановещество, способное останавливать кровотечение



# Диагностика заболеваний

- Профессор Гарвардского университета Ч. Либер заявляет, что будущее в медицинской диагностике за наносенсорами, обеспечивающими высокочувствительное и специфичное выявление белков, вирусов или ДНК в биологическом материале за считанные минуты.



# Диагностика заболеваний

- В 2004 г. в лаборатории Либера был создан сенсор на основе нанопроводов, позволяющий выявить даже единичную вирусную частицу. На поверхность нанопроводов наносятся различные белки-рецепторы, способные специфически связываться с биологическими макромолекулами. В результате этого взаимодействия изменяется электрическая проводимость нанопровода, что сигнализирует о выявлении определённой субстанции.



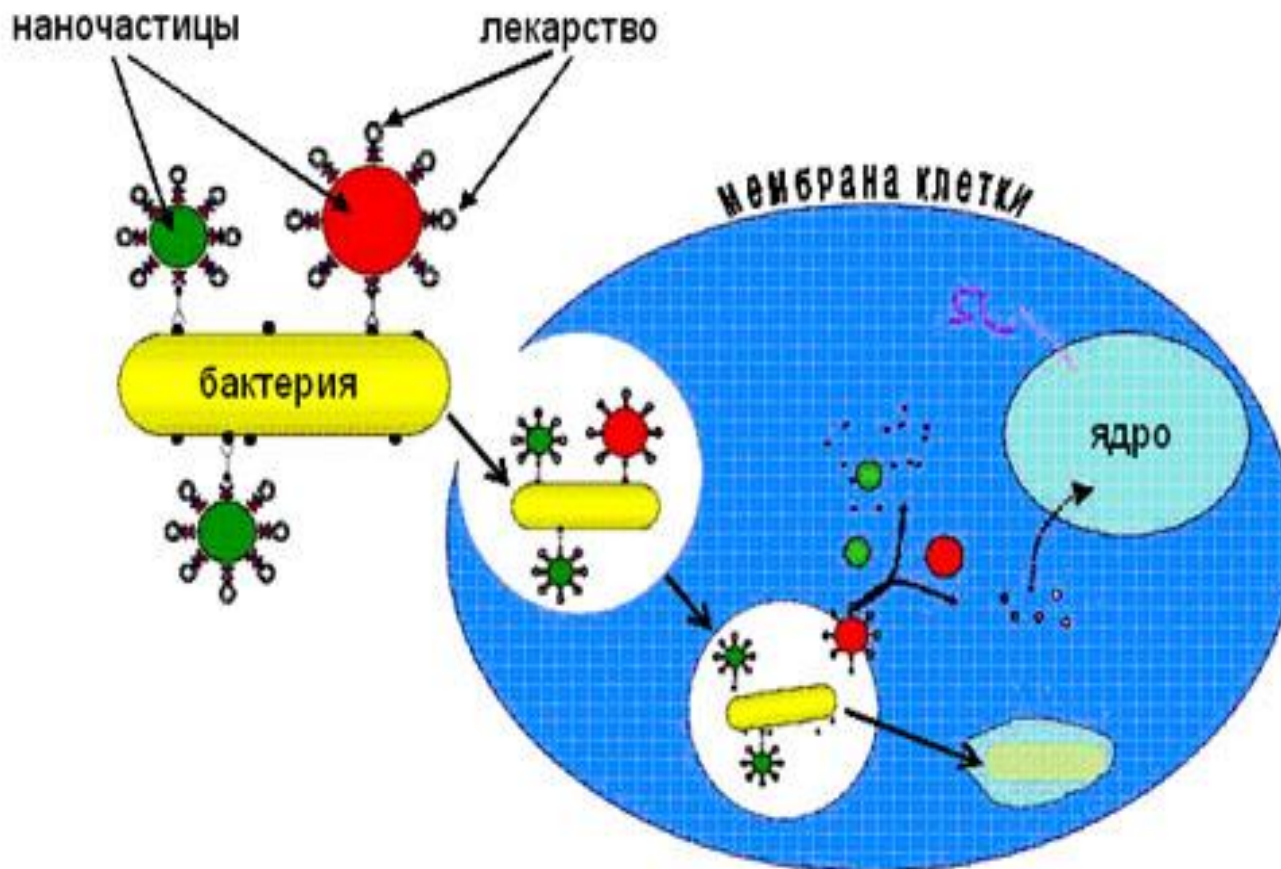


# Доставка лекарств в клетки



Выборочное лечение только больных клеток, при котором лекарство доставляется адресно и очень маленькими порциями. Нанокапсулы с лекарством, способные прилипнуть только к определённым клеткам. Основное препятствие, мешающее использовать нанокапсулы с лекарствами для адресной доставки больным клеткам – наша иммунная система. Применение наноконтейнеров в медицине открывает перед ней новые возможности. Лекарства, упакованные в липосомы, эритроциты, становятся более эффективными и безопасными, точно попадают к органам-мишеням и позволяют снизить дозу и не распознаются организмом как чужеродные тела.

Обычную бактерию тоже можно нагрузить наночастицами с лекарствами, и тогда она сможет работать в качестве транспорта по доставке этих лекарств клеткам.





# Нанороботы

**Нанороботы** – это машины, размером с молекулу, которые могут передвигаться, обрабатывать и передавать информацию, исполнять различные программы. Медицинские нанороботы должны уметь распознавать болезнь, доставлять лекарства и даже делать хирургические операции. При этом лекарство должно доставляться непосредственно к больным органам, избегая здоровых, которым они могут нанести вред.

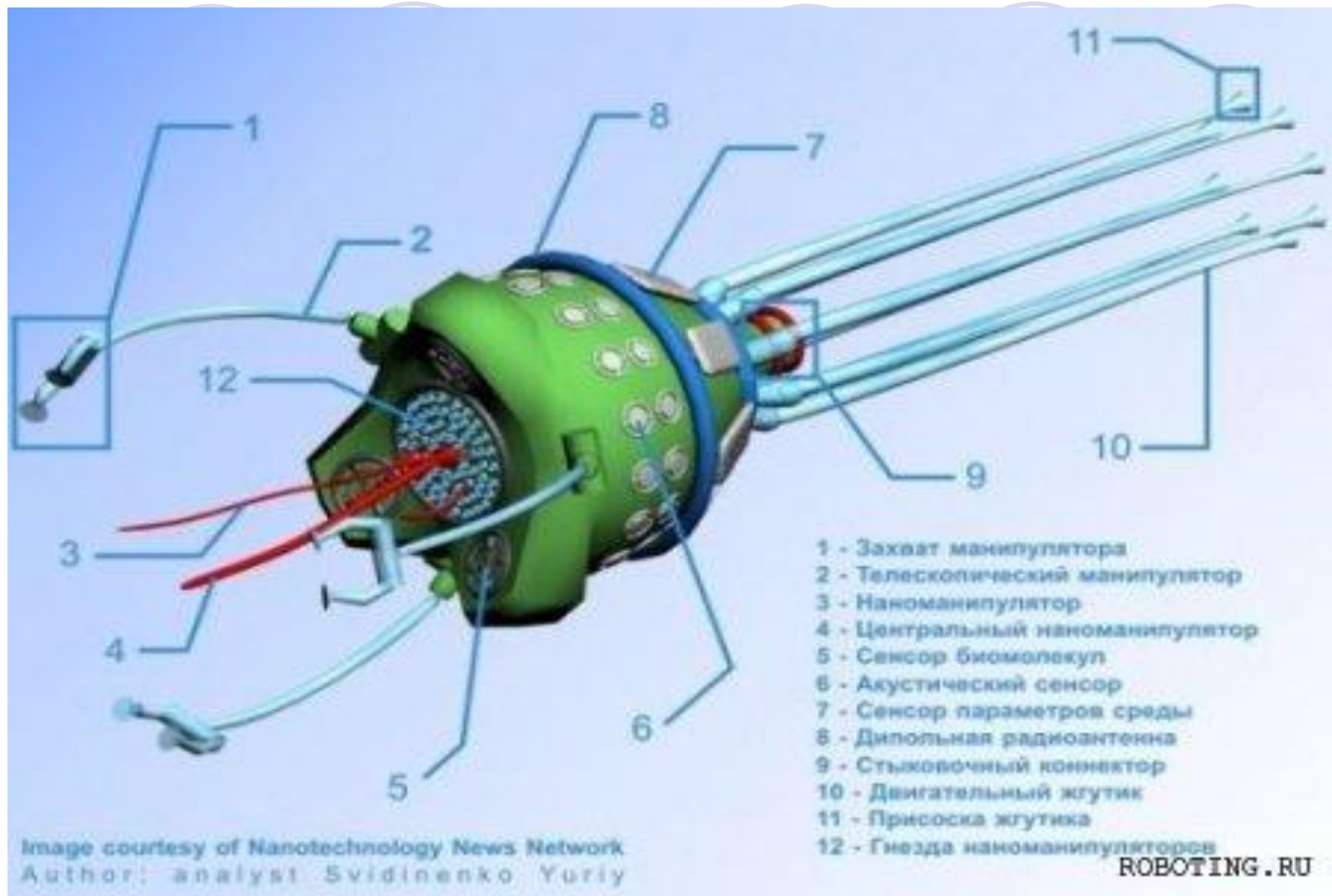
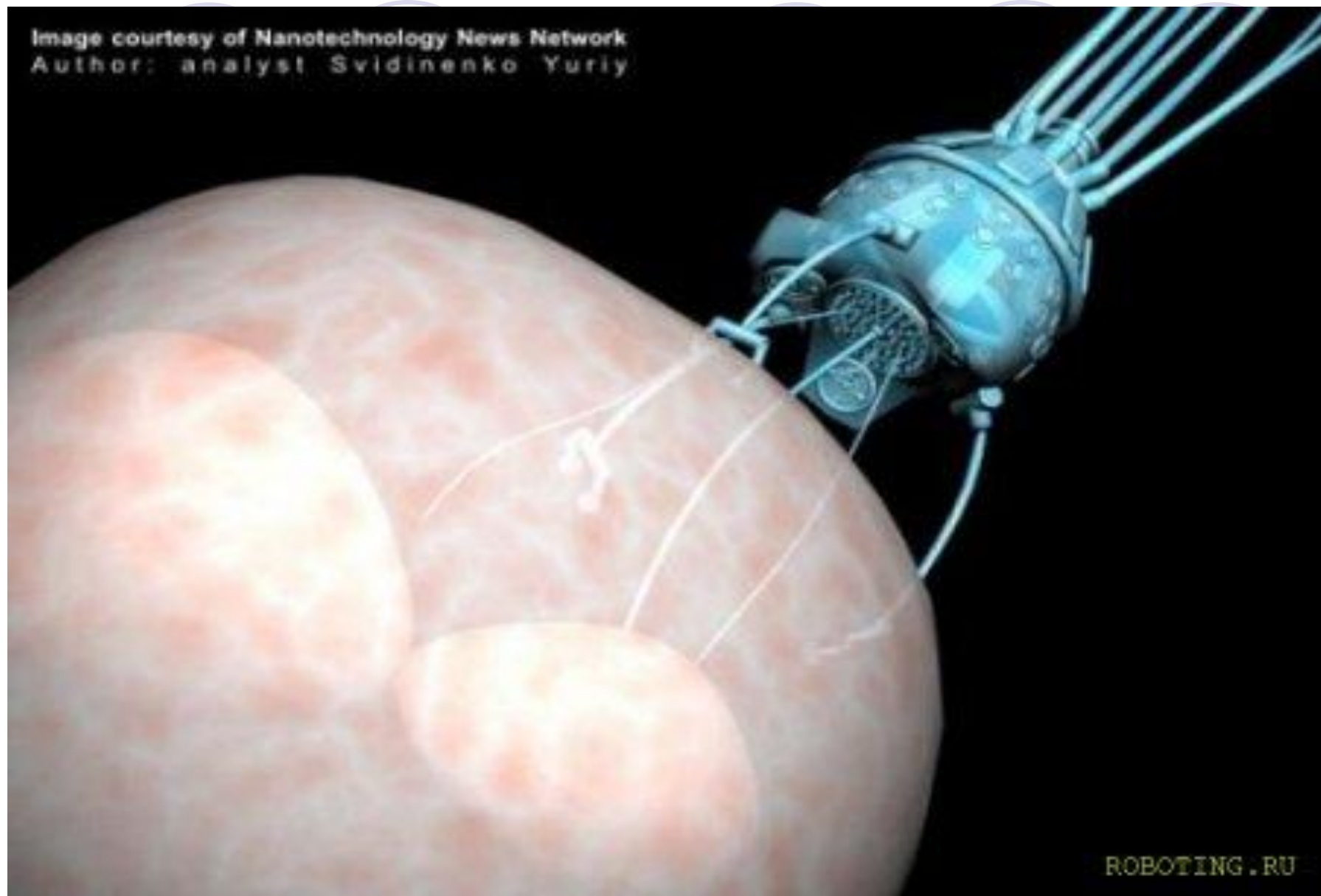


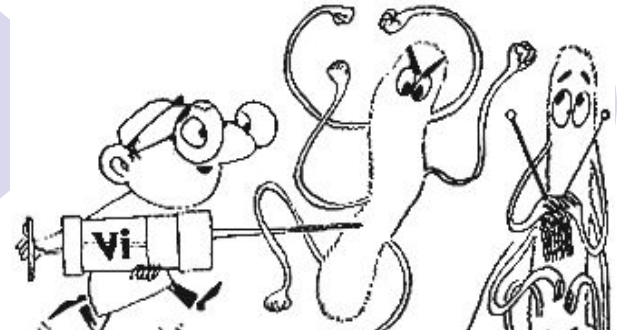
Image courtesy of Nanotechnology News Network  
 Author: analyst Svidinenko Yuriy

Image courtesy of Nanotechnology News Network  
Author: analyst Svidinenko Yuriy



ROBOTING.RU

# Регенерация клеток



Группа исследователей обнаружила, что применение современных нанотехнологий может помогать организму мобилизовать свои собственные функции, такие как восстановление тканей или регенерация тканей и органов. После инъекции определённой дозы таких нановолокон посредством простого укола в повреждённую область, они могут быть локализованы на поверхности тканей, где необходимо запустить определённый биологический процесс, как, например, регенерация или восстановление повреждённых клеток.

# Военные нанотехнологии

- Применение нанотехнологий в военной радиоэлектронике обеспечит глубокий прорыв в развитии техники связи за счет освоения более высоких частотных диапазонов, реализации новых принципов обработки сигналов, снижения энергозатрат, повышения надежности, уменьшения массо-габаритных показателей. и пр. В результате передача цифровых данных будет происходить на сверхвысоких скоростях.
- Применение нанотехнологий позволит создать электрические магистральные кабели на углеродных нанотрубках. Они будут характеризоваться высокой электрической проводимостью и при этом весить на порядок меньше медных.

# Военные нанотехнологии

Военная экипировка будущего поколения:

- Для повышения жесткости костюма солдат будущего к нановолокнам добавляются наночастицы, которые соединяются между собой и упрочняют общую структуру.
- Добавление различных наночастиц к нановолокнам позволит изменить электропроводность. Таким образом, существует возможность создания отдельных проводящих участков костюма, что позволит детектировать удар пули о бронежилет настолько быстро, чтобы успел включиться внешний экзоскелет костюма.



# Военные нанотехнологии

- Все жизненно важные параметры солдата (пульс, кровяное давление, энцефалограмма, температура тела и др.) будут измеряться встроенными в костюм датчиками. Состояние солдата будет выведено как на проектор на шлеме, так и на медицинский компьютер, который будет принимать решения о трансформировании костюма в экзоскелет или броню мгновенно и независимо от солдата. Если, например, солдат ломает ногу, местный экзоскелет позволит захватить ее в искусственные шины, сформированные тканью костюма.
- Каждый солдат будет иметь многоуровневые комплексы, позволяющие использовать весь арсенал современных телекоммуникаций и навигации. Информация будет отражаться на экране, встроенном в защитные очки.

# Военные нанотехнологии

- Ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области создания нанокерамических материалов. В частности, при использовании наноструктур из карбида кремния удалось в три раза повысить жесткость материалов по сравнению с обычными изделиями из этого материала. На их основе выпускаются различные покрытия, в частности NanoTuf, которое состоит из наночастиц в растворе и в несколько раз увеличивает прочность пластика.
- Пентагон ежегодно выделяет компании **Inframat Corp.** около двух миллиардов долларов в год на исследования «нанокраски», которая позволит менять цвет наподобие хамелеона, а также предотвратит коррозию и сможет «затягивать» мелкие повреждения на корпусе машины.

# Военные нанотехнологии

Летающие мини-роботы, так называемые Micro Aerial Vehicles.

- Дистанционно управляемые экземпляры, величиной с самолет, применяются американской армией в качестве боевых машин в Ираке и в Афганистане. Именно при помощи такой фантастической штуки в Пакистане был убит британский подданный Рашид Рауф, которого подозревают в организации террористических актов. Трутни размером с футбольный мяч постоянно применяются, например, для борьбы с организованной преступностью.
- Летательные объекты будущего должны стать намного меньше. Рой или эскадрилья летучих разведчиков должна по замыслу изобретателей как можно более незаметно, издалека наблюдать за подозрительными лицами. Целью создателей является создание робота-шпиона и боевого робота, величиной с комнатную муху.



# Военные нанотехнологии

Ученые, которые занимаются созданием nanoоружия, утверждают, что благодаря потенциалу наносборки и молекулярного конструирования станет возможным создание невидимых видов вооружения, которое будет в десятки раз мощнее обычного оружия. Оно будет напоминать облако пыли, способное взорвать любой объект, в том числе и подземный.

# Нанотехнологии и экология

- Нанотехнология имеет дело с частицами размером от одного нанометра. Проблема в том, что эти частицы могут оказаться вредными для человеческого организма, поскольку свободно проникают через клеточные мембраны.
- **До сих пор нет долгосрочных программ по изучению безопасности наночастиц для человеческого организма.**
- По словам ученых, некоторые наноматериалы способны разрушать мозг у рыб и глубоко проникать в легкие, хотя во многих случаях их влияние на здоровье пока остается неизвестным.
- Наносеребро, к примеру, вполне может вызывать тот же эффект, что и обычное серебро, которое, будучи помещенным в водную среду, приводит к нарушениям репродуктивных функций у некоторых моллюсков.



- **Токсичность нанотрубок**
- Результаты экспериментов, проведённых в последние годы, показали, что длинные многостенные углеродные нанотрубки (МНТ) могут вызвать отклик, аналогичный асбестовым волокнам. У людей, занятых на добыче и переработке асбеста, вероятность возникновения опухолей и рака лёгких в несколько раз больше, чем у основного населения. Канцерогенность волокон разных видов асбеста весьма различна и зависит от диаметра и типа волокон. Благодаря своему малому весу и размерам, углеродные нанотрубки проникают в дыхательные пути вместе с воздухом. В итоге они концентрируются в плевре. Мелкие частицы и короткие нанотрубки выходят через поры в грудной стенке (диаметр 3-8 мкм), а длинные нанотрубки могут задерживаться и со временем вызвать патологические изменения.
- Сравнительные эксперименты по добавке одностенных углеродных нанотрубок (ОНТ) в пищу мышей показали отсутствие заметной реакции последних в случае нанотрубок с длиной порядка микрон. Тогда как использование укороченных ОНТ с длиной 200-500 нм приводило к «впиванию» нанотрубок-игл в стенки желудка.

# Нанотехнологии и экология

- В соответствии с инициативой американского правительства *National Nanotechnology Initiative*, на поддержку исследований в области нанотехнологий только в 2008 году выделен бюджет в размере **1,44 млрд долл.**
- Но лишь 4% из этого бюджета идет на нужды здравоохранения и защиты окружающей среды. Структура финансовых расходов является наглядным свидетельством недостаточной ответственности федерального правительства.
- Необходимо также определить требования к маркировке продуктов, в которых используются нанотехнологии.

# Нанотехнологии и экология

- Ученые из Аризонского университета исследовали использование наноматериалов для производства предметов одежды.
- Ученые взяли шесть пар носков, содержащих наночастицы серебра, которые препятствуют развитию бактерий и появлению запаха в процессе носки, и поместили их в емкости, заполненные дистиллированной водой комнатной температуры. Встряхивая контейнеры в течение часа, ученые затем провели анализ содержавшейся в них воды.
- ***Исследователи установили, что скорость вымывания серебряных наночастиц была различной для разных видов изделий. Ученые опасаются, что наночастицы серебра, попадая при стирке одежды в канализационную систему, а оттуда и в естественные водоемы, могут нанести непоправимый ущерб водной экосистеме.***



# Нанотехнологии и экология

- Результаты исследований действия синтезированных наночастиц на окружающую среду представили учёные на недавно состоявшейся в Швейцарии конференции «**nanoESO**».
- Расширение производства и применения материалов, содержащих наночастицы, вызвало к жизни новую отрасль науки – **наноэкоотоксикологию**.

# Нанотехнологии и экология

- Уже сейчас необходимо разрабатывать эффективные методы обнаружения наночастиц в природных средах (воде, воздухе и почве), разрабатывать методики определения токсичности наноматериалов и нормировать содержание различных наночастиц в окружающей среде, разрабатывать новые методы оценки воздействия на окружающую среду антропогенной деятельности.
- На сегодняшний день способов борьбы с «традиционным» химическим загрязнением, предостаточно, что нельзя сказать о предотвращении загрязнения окружающей среды «наночастицами». Здесь «традиционные» фильтры и системы очистки абсолютно бесполезны.