



# Тема 11. Ценностные и правовые регулятивы развития новых технологий и направлений науки.

## Часть 2

---

Вопросы:

1. Нанотехнология и нанонаука: основные направления и перспективы.

# Наноразмеры

«нано»  
означает  
изменение  
масштаба  
в  $10^{-9}$

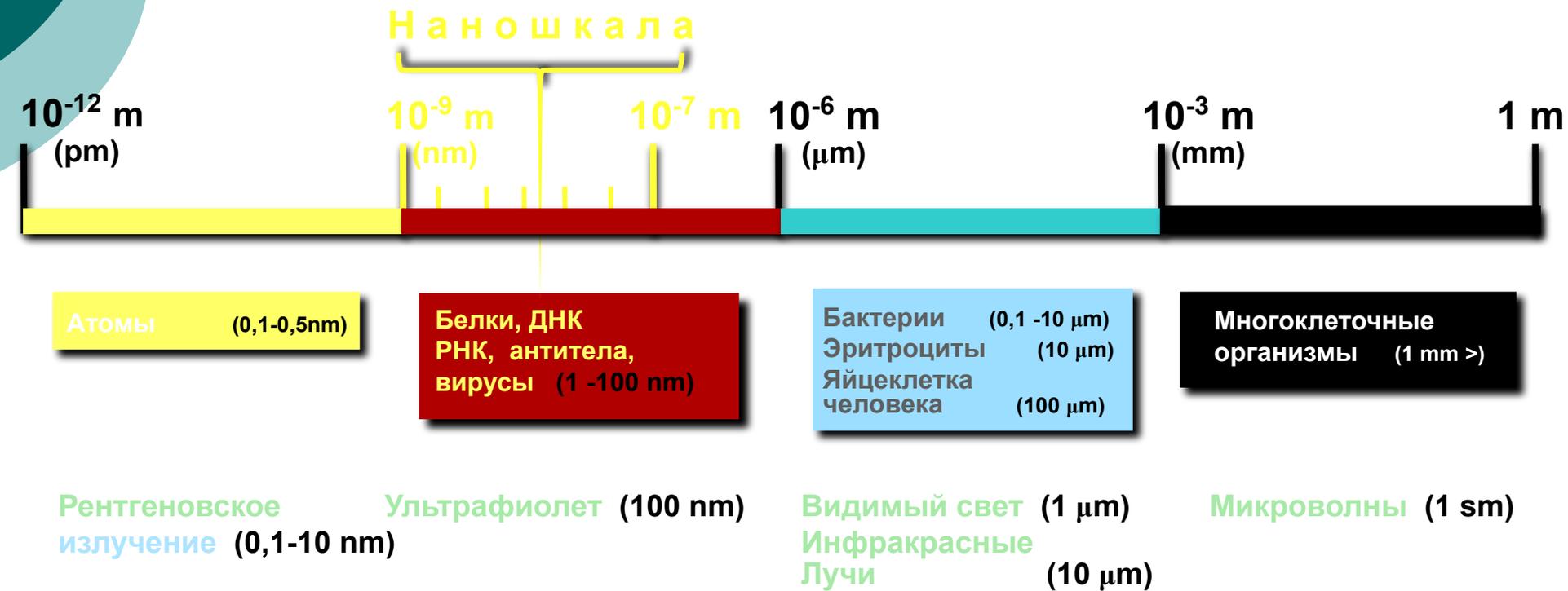
$$1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$$

Увеличение размеров	10 м		Кит	
	1 м		Человек	
	10 см	$10^{-1}$ м	Птичье гнездо	
	1 см	$10^{-2}$ м	Таракан	
	1 мм	$10^{-3}$ м	Муравей; песчинка	
	100 мкм	$10^{-4}$ м	Толщина листа бумаги; яйцеклетка; крупная амеба	
	10 мкм	$10^{-5}$ м	Биоклетка; толщина человеческого волоса	
	1 мкм	$10^{-6}$ м	Эритроцит крови; кишечная палочка	
	100 нм	$10^{-7}$ м	Минимальный размер элементов БИС	
	10 нм	$10^{-8}$ м	Вирус; углеродная нанотрубка	
Уменьшение размеров	1 нм	$10^{-9}$ м	Белковая молекула; диаметр спирали ДНК	
	1 Å	$10^{-10}$ м	Диаметр атома водорода	

**НАНО диапазон**

*Источник: Ежемесячное информационное издание Кэйданрэн (февраль, 2000 г.)*

# Наноразмеры



# Определения

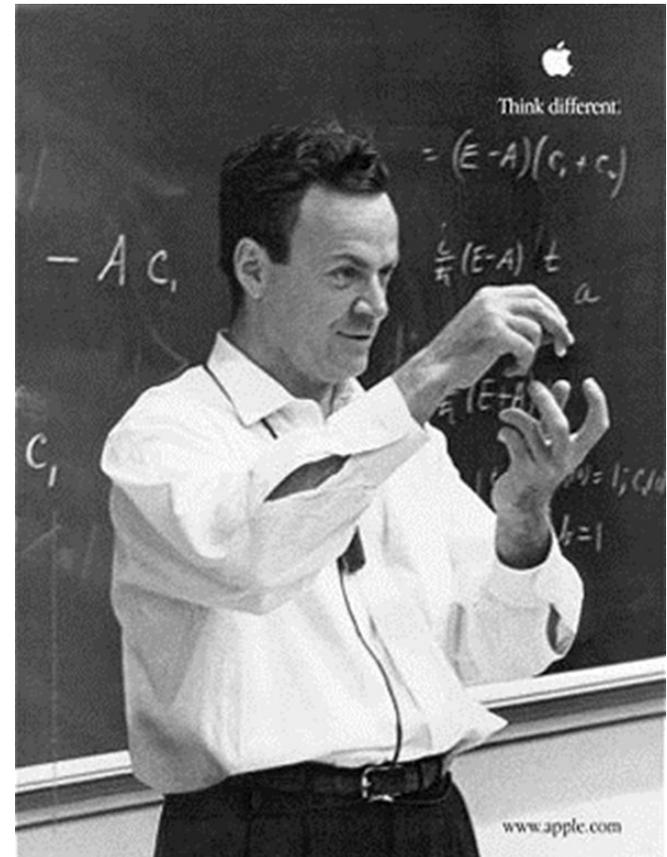
---

**Нанонаука – междисциплинарная наука, относящаяся к фундаментальным физико-химическим исследованиям объектов и процессов с масштабами в несколько нм.**

**Нанотехнология – совокупность прикладных исследований нанонауки и их практических применений в технологии создания объектов, потребительские свойства которых определяются необходимостью контроля и манипулирования отдельными атомами, молекулами, надмолекулярными образованиями.**

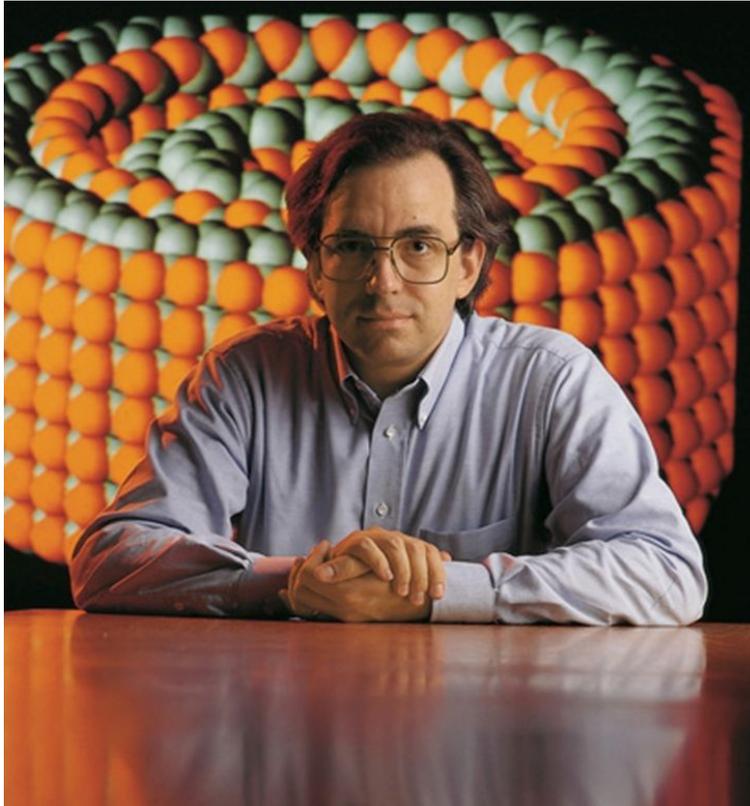
# История

Первое упоминание методов, которые впоследствии будут названы нанотехнологией, связывают с выступлением Ричарда Фейнмана «Там внизу много места»



# История

---



Впервые термин «нанотехнология» употребил Норио Танигути в 1974 году.

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».

# Нанотехнология: хронология

Таблица 3

Краткая хронология основных достижений  
в рассматриваемой области  
(по данным Института «Хитати Сокэн»)

Год	Существенные достижения в области нанотехнологий
1928	Предложена принципиальная схема устройства сканирующего оптического микроскопа ближнего поля
1932	Создание первого просвечивающего электронного микроскопа
1938	Создание первого сканирующего электронного микроскопа
1959	Ричард Ф. Фейнман (США) выдвинул идею создания веществ и объектов методом поштучной «атомарной» сборки
1972	Создано реальное устройство, работающее по принципу микроскопа ближнего поля
1975	Теоретически рассмотрена возможность существования так называемых квантовых линий и квантовых точек
1981	Создание сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)
1985	Создание первого полевого транзистора с высокой подвижностью носителей (НЕМТ) Химики синтезировали первые фуллерены
1986	Эрик К. Дрекслер (США) выдвинул концепцию создания «молекулярных машин» Создание атомно-силового микроскопа (АСМ)
1991	В Японии началась реализация государственной программы по развитию техники манипулирования атомами и молекулами (проект «Атомная Технология»). Получение первых углеродных нанотрубок
1998	Изготовлен элемент памяти электронного запоминающего устройства (с объемом памяти 128 мегабит), работающий при комнатной температуре
2000	США приступили к реализации программы исследований, названной Национальной Нанотехнологической Инициативой (НИИ)

# Перспективы применения нанотехнологии

## Примеры практического применения нанотехнологий



Рис. 2. Прогноз экономических и социальных последствий внедрения нанотехнологий

Нанотехнология междисциплинарная отрасль связанная с химией, физикой, медициной, физическим материаловедением электроникой и многими другими дисциплинами.

# Оптические микроскопы

---

Правило оптической техники (1873 г): минимальные объекты различаемых деталей рассматриваемого объекта не могут быть меньше, чем длина света, используемого для освещения.

Самые короткие длины волн диапазона соответствуют примерно 400 нм, разрешающая способность оптических микроскопов принципиально ограничена половиной этой величины, то есть составляет около 200 нм.



# Электронный микроскоп

---



Просвечивающие электронные микроскопы (ПЭМ): электронный пучок пропускается через тонкие слои исследуемого вещества.

# Электронный микроскоп

---

Сканирующие  
электронные  
микроскопы  
(СЭМ):  
электронный  
пучок  
последовательно  
отражается от  
маленьких  
участков  
поверхности.



# Сканирующее электронно-зондовое микроскопы

---

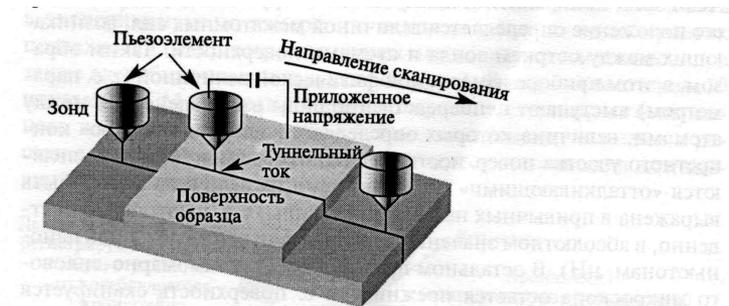
Сканирующее электронно-зондовое микроскопы (СЭЗМ) сканируют поверхность исследуемого образца при помощи зонда или щупа в виде крошечной металлической иголки.



# Сканирующее электронно-зондовое (туннельные) микроскопы

Между зондом и поверхностью приложено электрическое напряжение, в результате чего возникает туннельный эффект.

Туннельный эффект – преодоление микрочастицей потенциального барьера в случае, когда ее полная энергия меньше высоты барьера.



Колебания пьезоэлемента соответствуют величине туннельного тока



Образец получаемых изображений поверхности кремния, на которую нанесен один «ряд» атомов галлия

# Туннельный эффект



Схематическое представление классической и квантовой физической ситуации при возникновении барьера на пути частицы

# Атомарно-силовой микроскоп

В этом приборе измеряемой физической величиной выступают непосредственно силы взаимодействия между атомами, величина которых определяется «шероховатостью» конкретного участка поверхности в точке измерения.

АСМ позволяет получать изображения с очень высокой степенью точности.

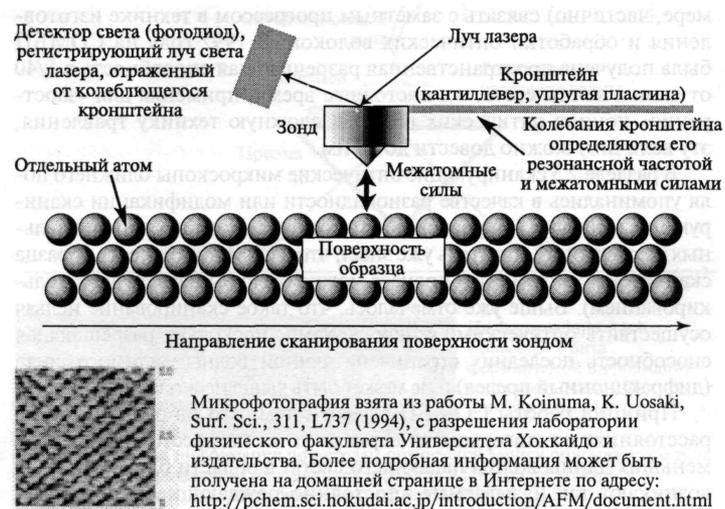


Рис. 10. Принцип работы атомно-силового микроскопа

# Типы наноматериалов

---

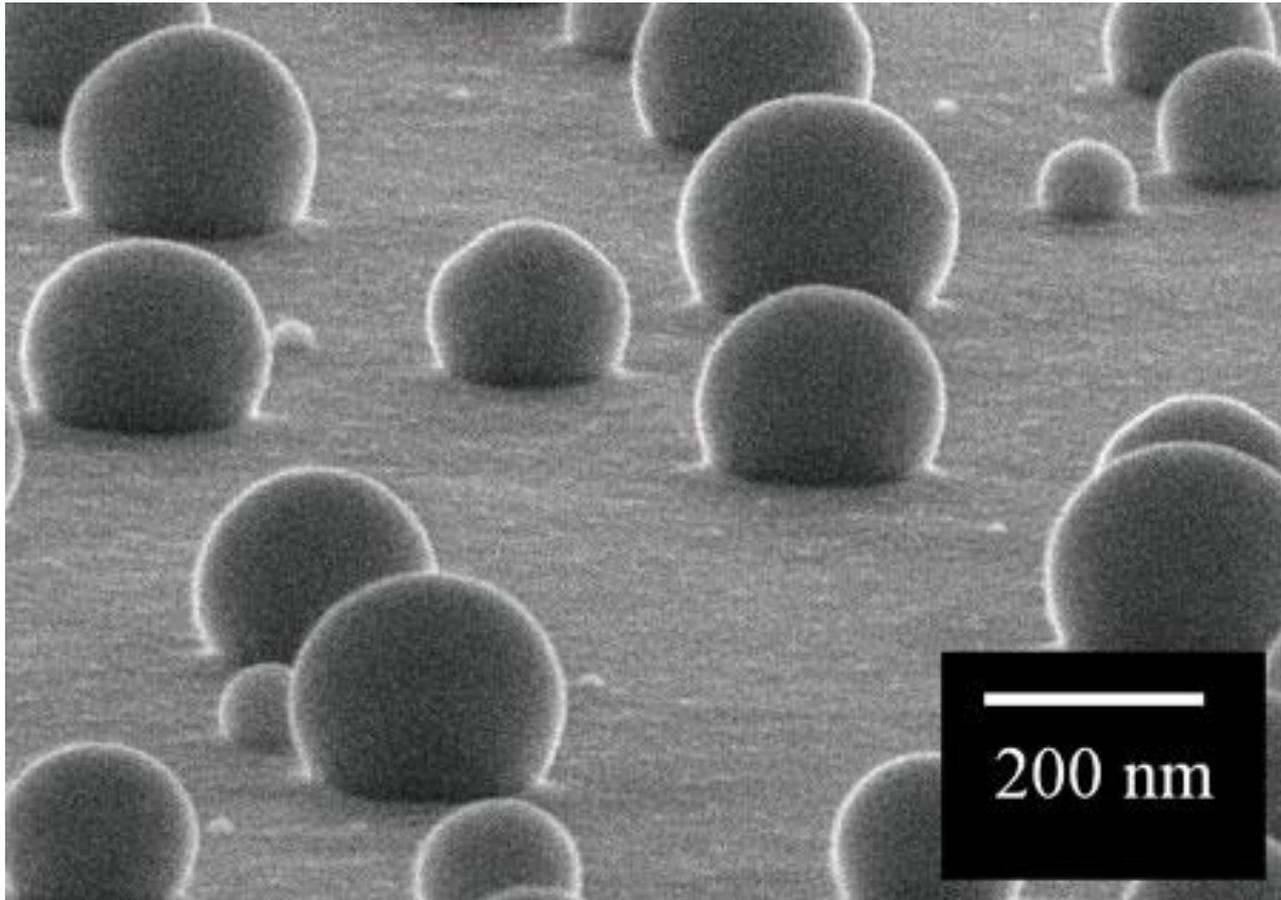
Согласно рекомендациям 7 Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004 год) выделяют следующие типы наноматериалов:

- Нанопористые структуры
- Наночастицы
- Нанотрубки и нановлокна
- Нанодисперсии (коллоиды)
- Наноструктурированные поверхности и пленки
- Нанокристаллы
- Нанокластеры.

# Наночастицы

Частицы размерами от 1 до 100 нанометров.

---



# Свойства наноматериалов

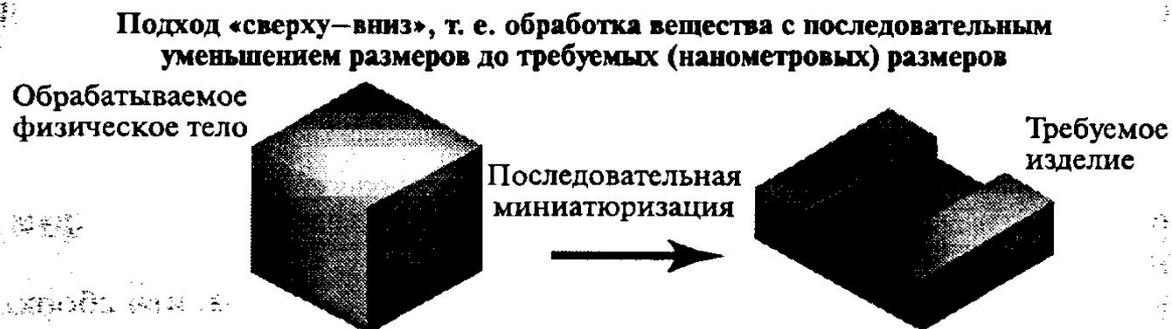
---

Наноматериалы характеризуются несколькими основными свойствами, по сравнению с другими материалами:

- суперминиатюризация;
- большая удельная площадь поверхности, ускоряющая взаимодействие между ними и средой, в которую они помещены;
- нахождение вещества в наноматериала в особом «наноразмерном» состоянии.

# Два главных принципа технологической обработки

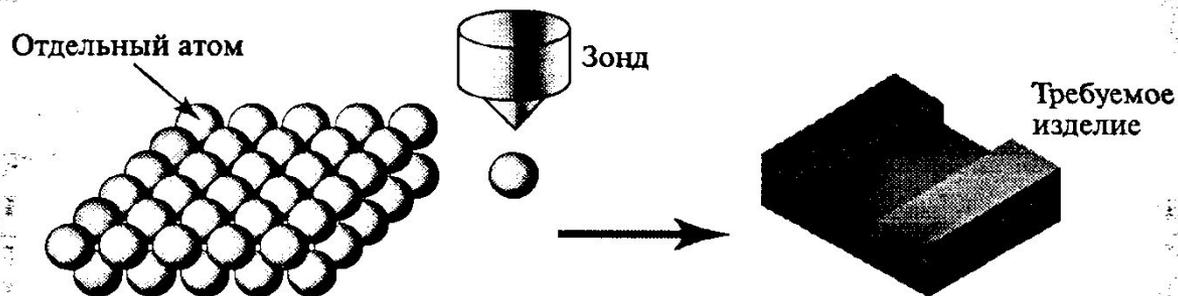
Подход  
«сверху-  
вниз»



Пример подхода: литография в полупроводниковой технике

Подход «снизу–вверх», т. е. получение нанометровых изделий или материалов методами сборки на атомарном уровне

Подход  
«снизу-  
вверх»



Пример подхода: обработка и самосборка элементов поверхности при помощи сканирующего туннельного микроскопа.

По материалам Института «Хитати Сокэн»

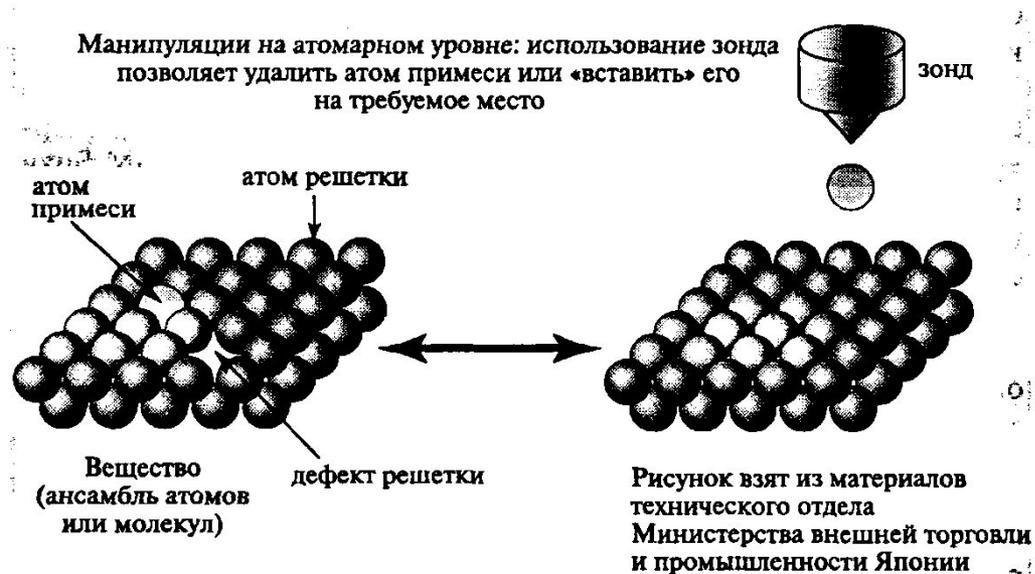
Рис. 4. Два главных нанотехнологических принципа обработки материалов

# Определение:

---

Традиционные методы производства работают с порциями вещества, состоящими из миллиардов и более атомов. Переход от манипуляции с веществом к манипуляции отдельными атомами — это качественный скачок, обеспечивающий беспрецедентную точность и эффективность.

# Пример нанотехнологии «снизу-вверх»



Пример обработки вещества при помощи сканирующего туннельного микроскопа.  
На фотографии изображены самые маленькие буквы на свете  
(надпись из 35 атомов ксенона образует название фирмы IBM)

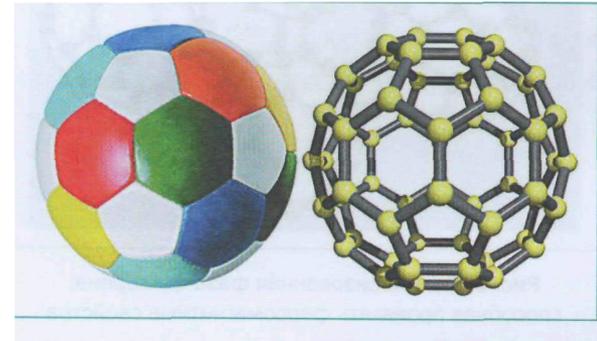


Микрофотография взята из публикации:  
D. M. Eigler, E. K. Schweizer. Nature, 344, 524, 1990.

Рис. 1. Манипуляции на уровне атомов

# Фуллерены

- В 1985 году были экспериментально при исследовании масс-спектров паров графита обнаружены фуллерены – огромные молекулы углерода в виде замкнутых объемных структур, напоминающих по форме футбольный мяч.
- Термин фуллерен происходит от имени Ричарда Букминстера Фуллера, сконструировавшего оригинальный купол павильона США на выставке Монреале в форме сочлененных пентагонов (пятиугольники) и гексагонов.

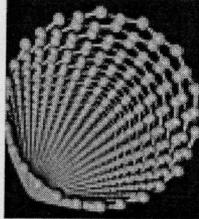


# Пример нанотехнологии «снизу-вверх»

Углеродные нанотрубки представляют собой крошечные цилиндры или цилиндрические образования с диаметром от 0,5 до 10 нм и длиной примерно в 1 мкм. Они являются новой формой углерода, открытой в 1991 году.

Открытие углеродных нанотрубок профессором Сумио Идзисима — важное событие в истории мировой науки!

Научные задачи	Технические проблемы
Модификация полупроводников	Изготовление однослойных углеродных нанотрубок
Получение материалов с высоким магнитным сопротивлением	Организация крупномасштабного промышленного производства
Возможность адсорбции и удержания водорода	
Изменение проводимости металлов	
Получение и организация производства полупроводников, водород-удерживающих материалов и т. п. для конкретных изделий (электроника, топливные элементы и т. д.)	



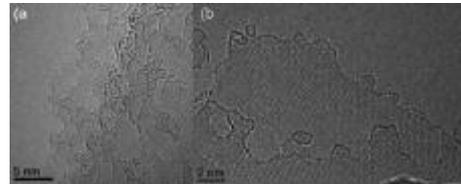
Модельная структура углеродной нанотрубки  
Фотография предоставлена фирмой «Нихон дэнки кабусики кайся»

# Нобелевская премия 2010 года- графен

---

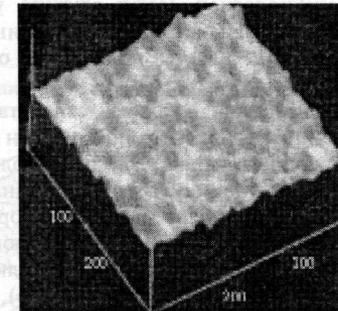
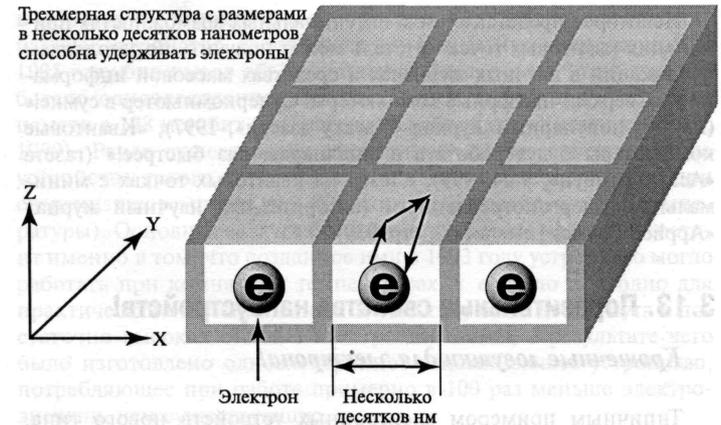
Микрофотография, полученная методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения графена, состоящего из нескольких слоев.

На микрофотографии представлен участок без графена, участок монослойного и бислойного графена.



# Квантовая точка

**Квантовая точка** - искусственно созданная область вещества, в которой можно «хранить» небольшие количества электронов.



Самосборка квантовой точки размером около 10 нм из соединения InAs на поверхности кристалла арсенида галлия (микрофотография получена на атомно-силовом микроскопе):

[http://www.kuee.kyotou.ac.jp/~lab05/Quantum\\_Dots.html](http://www.kuee.kyotou.ac.jp/~lab05/Quantum_Dots.html)

# Нанотехнология в биологии и медицине

---

Причины интереса к применению наносистем в биологии и медицине:

- наносистемы могут перемещаться внутри живых организмов и проникать внутрь клеток;
- наносистемы могут создавать нанокompозиты «наночастица/биологически активная оболочка».

# Нанотехнология в медицине

---

Новые парадигмы в медицине: создание долгосрочных и эффективных систем контроля здоровья, непрерывный контроль за состоянием организма. Реализация идей восстанавливающей медицины. Возникновение медицины «малого» вмешательства.

Измерение содержания различных веществ в организме, лечебные операции при необходимости.

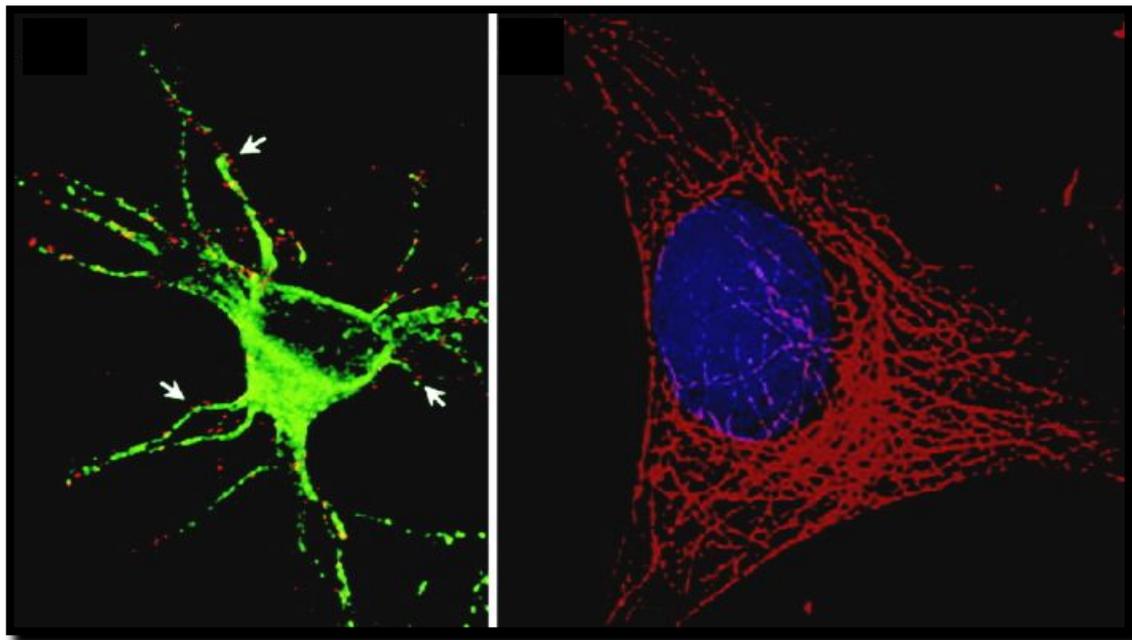
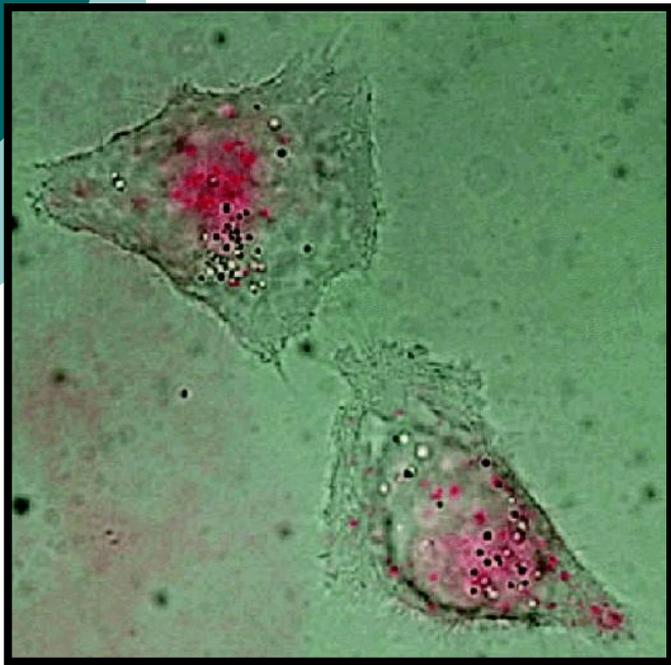
Реализация идей «индивидуальной» медицины.

Разработка лекарственных препаратов с новым механизмом действия .

Производство искусственных тканей и органов, не вызывающих реакцию отторжения

# Мечение живых клеток и визуализация внутриклеточных структур с помощью квантовых точек

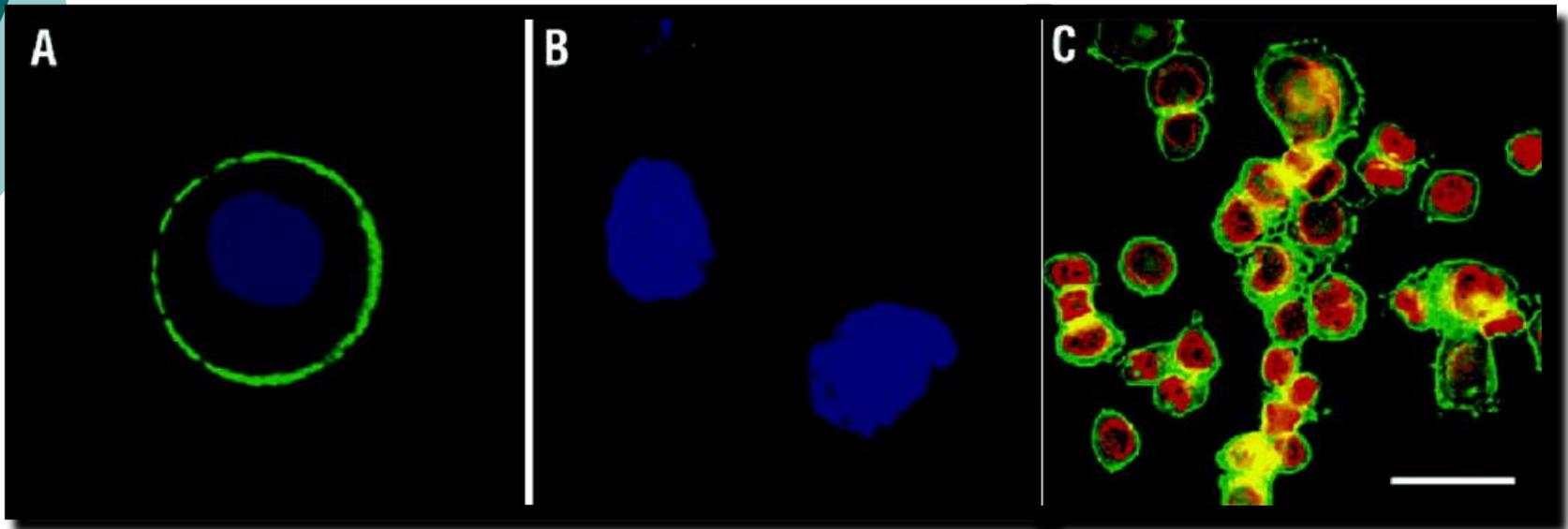
---



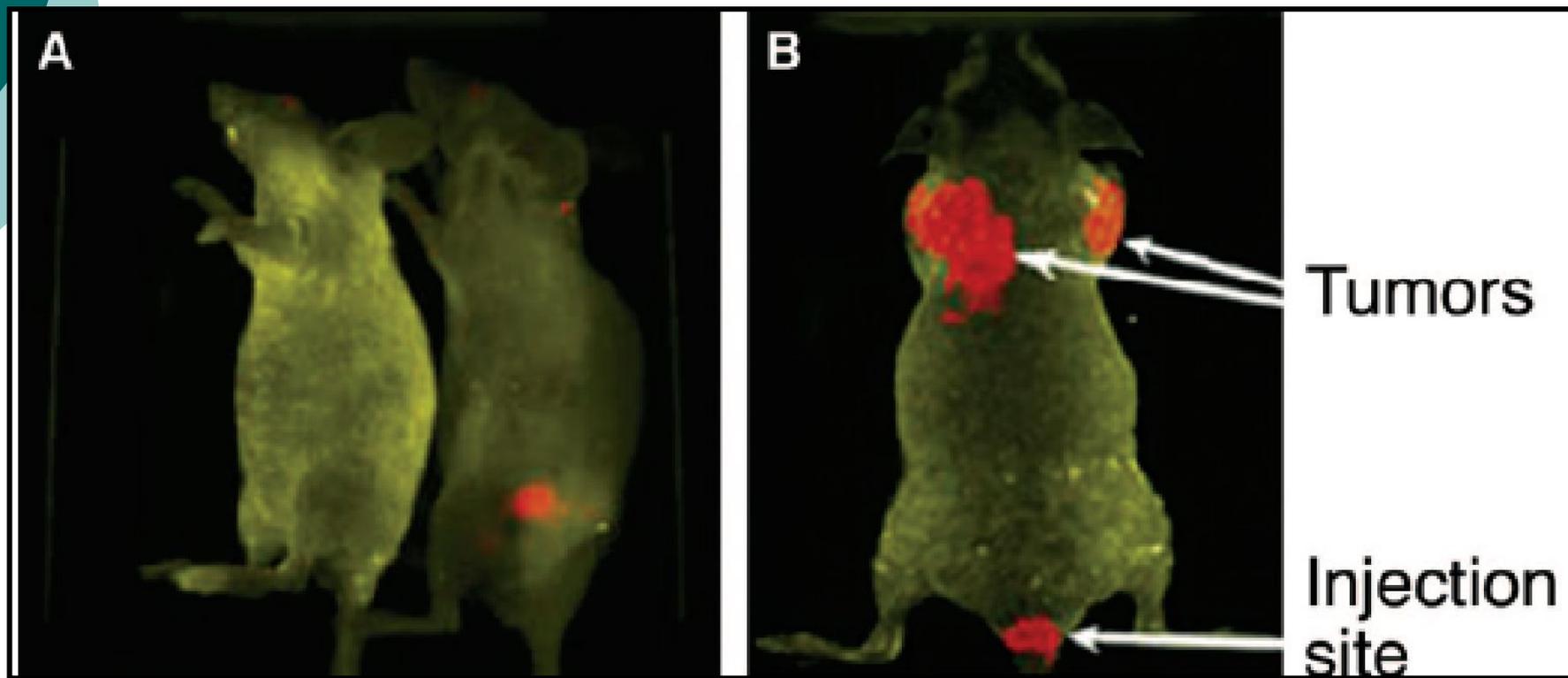
*Dahan M et al., Science 302:442–445, 2003*

# Выявление раковых маркеров на клетках с помощью квантовых точек

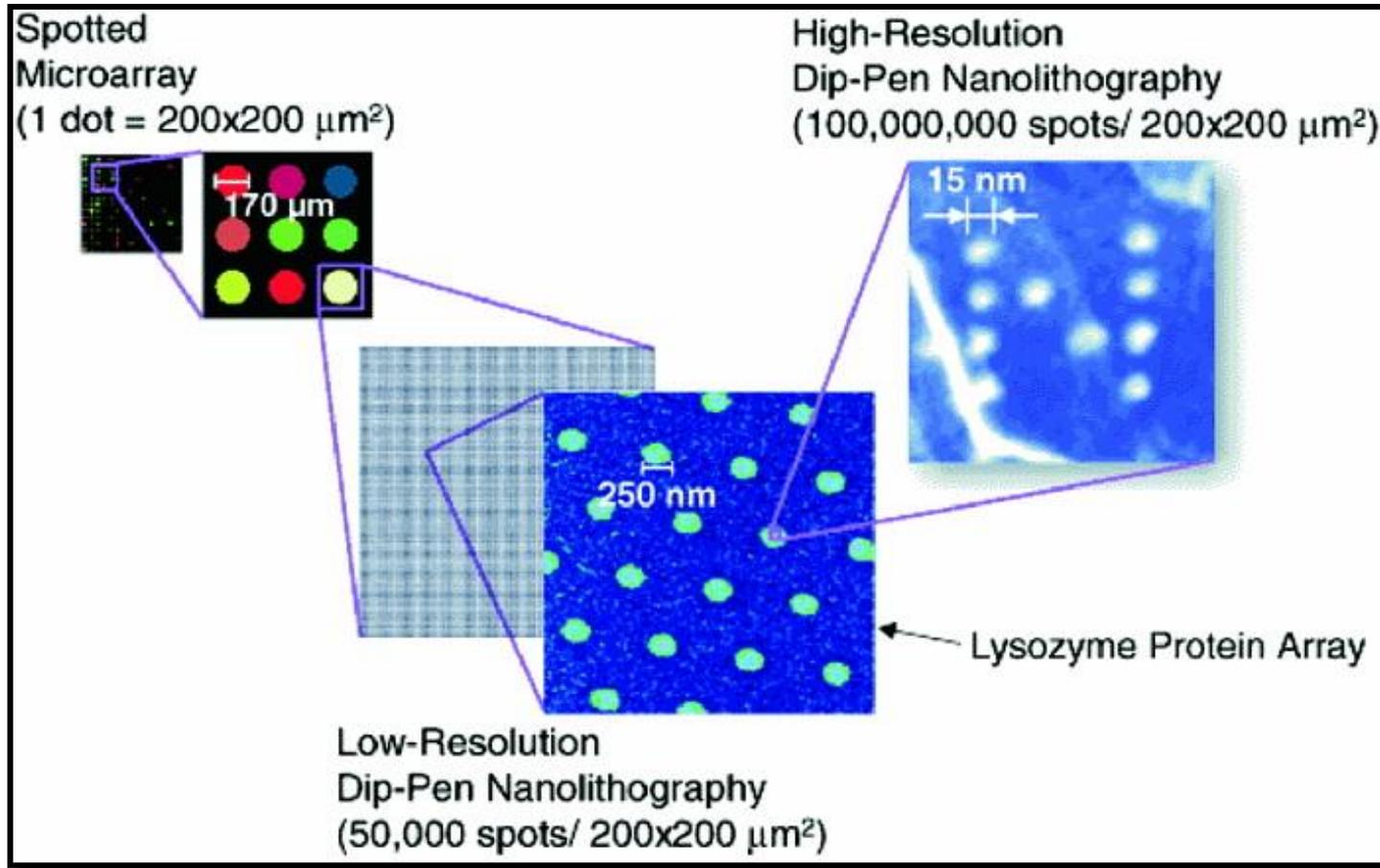
---



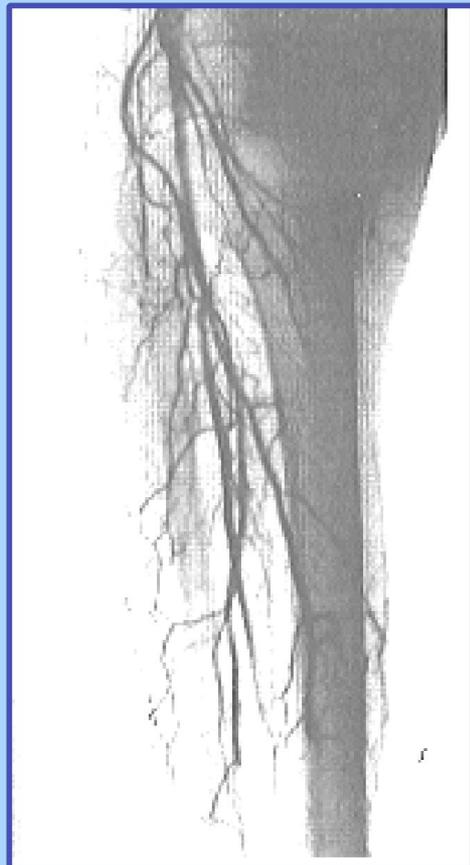
# Наночастицы quantum dots для выявления очагов опухолей



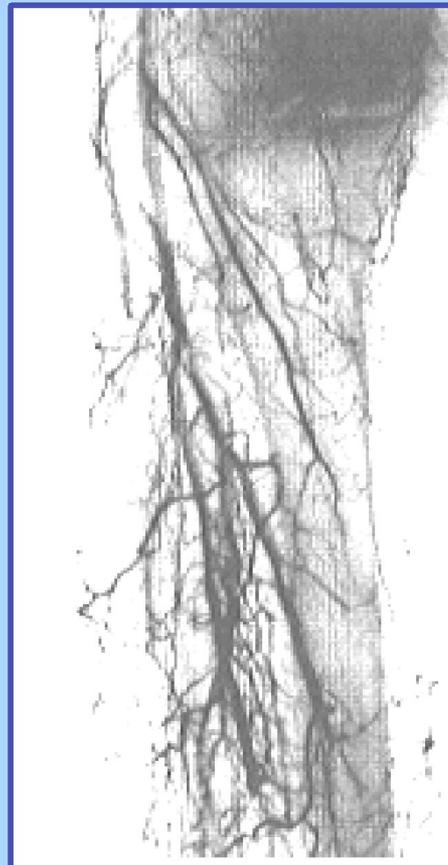
# Наночиповая технология позволяет генерировать 100 миллионов точек на той же площади, которую занимает одна точка в микрочипе



# Образование новых кровеносных сосудов после инъекции гена $phVEGF_{165}$



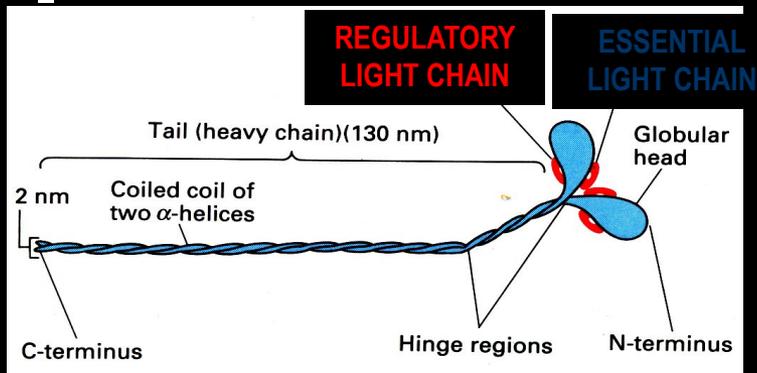
До инъекции



Через 8 недель

# Молекулярные моторы – биосовместимые двигатели для нанороботов

актин



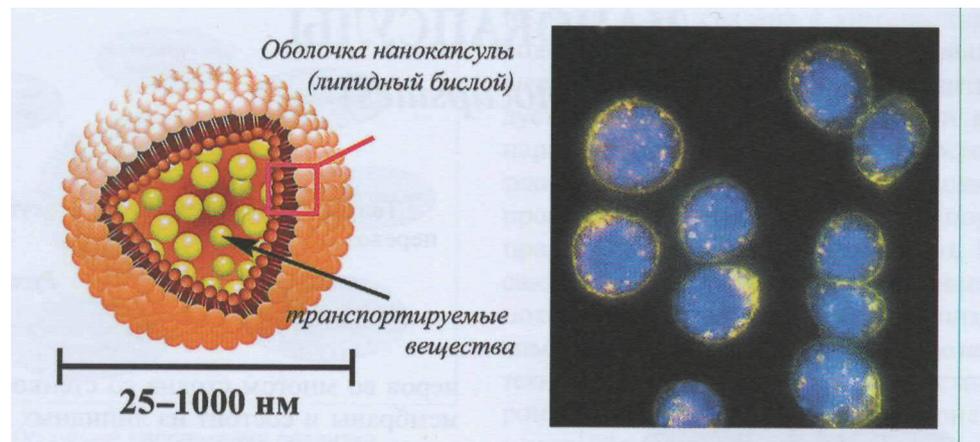
МИОЗИН II



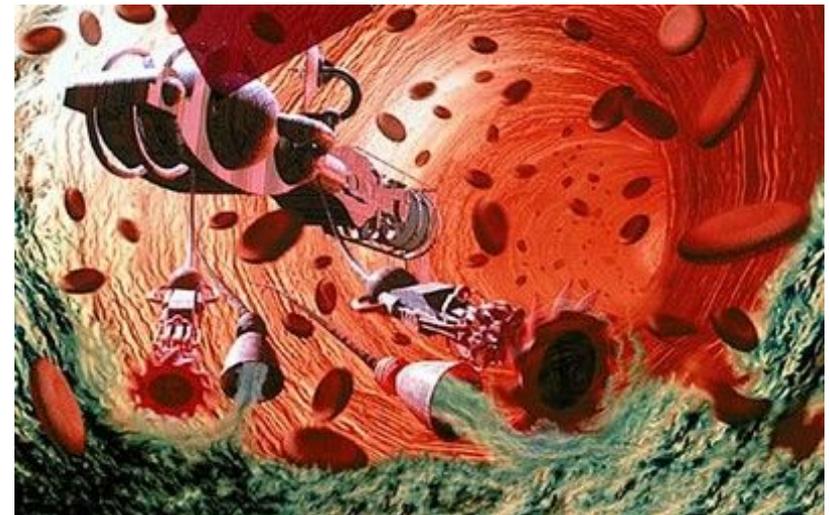
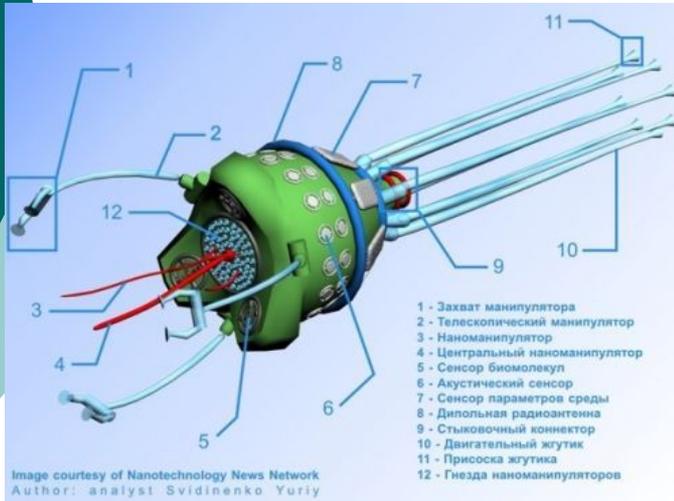
# Нанотехнологии в медицине

---

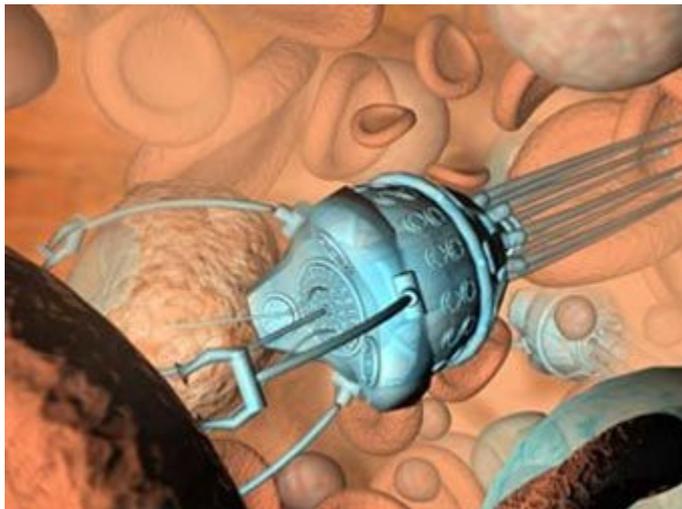
## Структура нанокапсул и микрофотография нанокапсул с захваченными люминесцентными частицами



# Нанороботы



*Julian Baum/Science Photo Library*



# Нанотехнология в информационных технологиях

- Устройства с очень малым энергопотреблением
- «Карманные» суперЭВМ
- Запоминающие устройства нового типа
- Повышение характеристик ЭВМ на три порядка

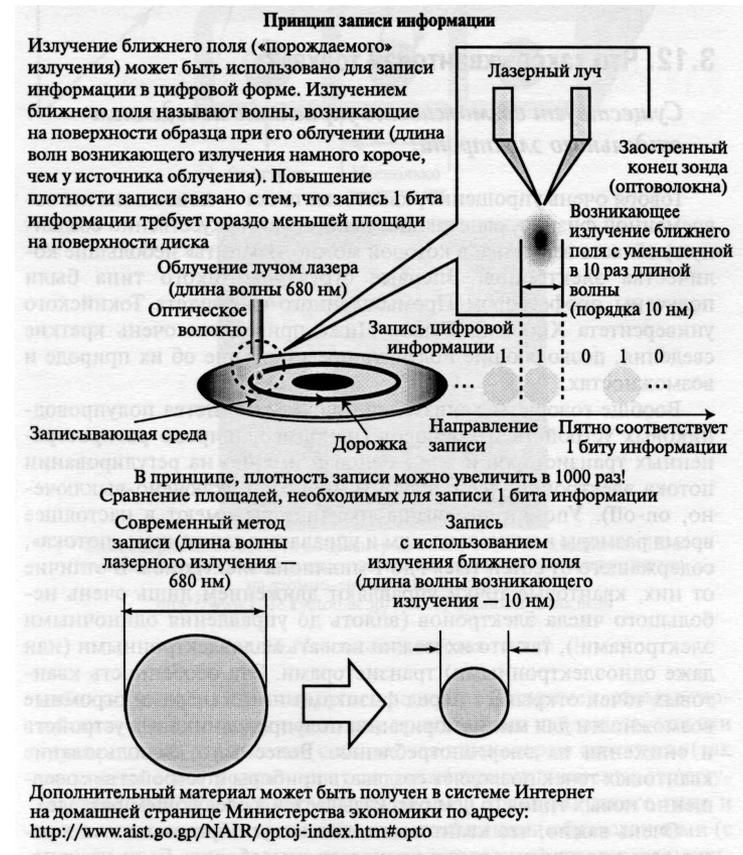


# Нанотехнология в информационных технологиях

Основным элементом записывающей системы является оптическое волокно с отверстием диаметром в несколько десятков нм.

Наконечник такого оптического волокна движается над плоскостью записывающего диска на расстоянии всего 10-20 нм.

При освещении поверхности лазерным лучом на поверхности происходит запись информации.



# Нанотехнология в электронике

Все будущие достижения нанотехнологии немыслимы без наноробототехники.





# Нанотехнологии и проблемы окружающей среды и энергетики

---

- Создание нового типа производств
- Новые возможности контроля за состоянием среды
- Создание альтернативных источников энергии и разработка эффективных методов сохранения и передачи энергии

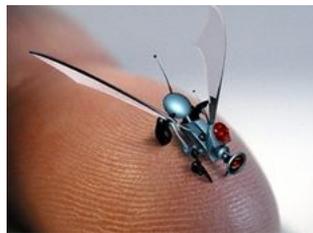
# Нанотехнология в сельском хозяйстве

---

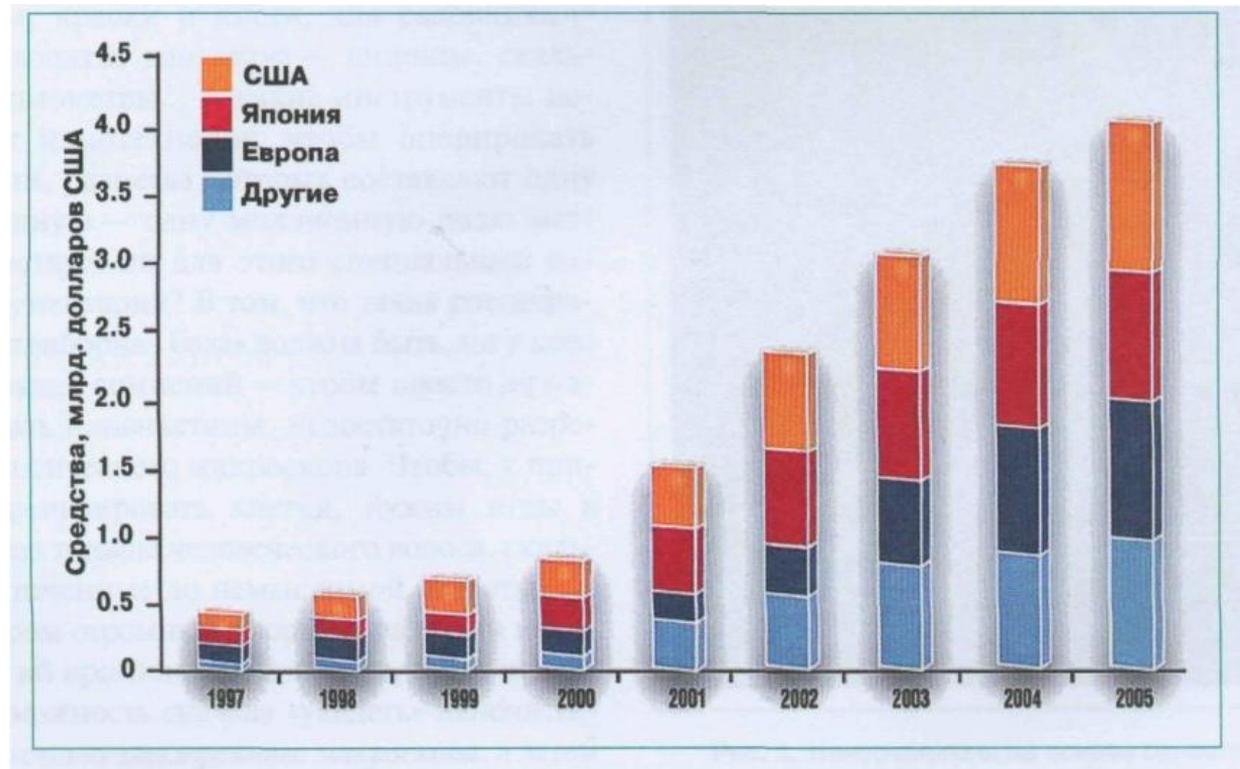
- Решение проблемы нехватки питания
- Создание стабильного и достаточного сельскохозяйственного производства
- Широкое применение техники ДНК-чипов и ДНК-анализа

# Современный нанорынок

Известная косметическая фирма Л'Ореаль уже \_\_\_\_\_ использует в своих продуктах наносомы (нанокапсулы, содержащие внутри полезные вещества и витамины) для лучшей доставки питательных веществ в клетки кожи



# Нанотехнология



Средства, потраченные из бюджетов разных стран на нанотехнологии в 1997-2005 годах

# Потенциальные угрозы развития нанотехнологий

---

- Потенциальная опасность компонентов нанотехнологических производств для окружающей среды
- Опасность взрывного роста числа аллергических реакций.
- Обострение проблемы приватности частной жизни.
- Опасность появления новых оснований для социальной стратификации по степени использования нанотехнологий.

# Науки, появившиеся благодаря нанотехнологиям

---

**Наномедицина**(слежение, исправление, конструирование и контроль над биологическими системами человека на молекулярном уровне, используя наноустройства и наноструктуры)

**Нанoeлектроника**(область электроники, занимающаяся разработкой физических и технологических основ создания интегральных электронных схем с характерными топологическими размерами элементов менее 100 нм.)

**Наноинженерия**(научно-практическая деятельность человека по конструированию, изготовлению и применению наноразмерных объектов или структур, а также объектов или структур, созданных методами нанотехнологий. )

**Наноионика**(свойства, явления, эффекты, механизмы процессов и приложения, связанные с быстрым ионным транспортом в твердотельных наносистемах.)

**Наноробототехника**(прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем(роботов) в области нанотехнологий.)

**Нанохимия**(наука, которая занимается изучением свойств различных наноструктур, а также разработкой новых способов их получения, изучения и модификации)

# Нанотехнология

---

Нанотехнология выступает связующим звеном, объединяющим подходы и методики разных дисциплин. С этим обстоятельством связана основная трудность в развитии и практическом внедрении нанотехнологий – необходимость постоянного сотрудничества и согласования между учеными разных специальностей.