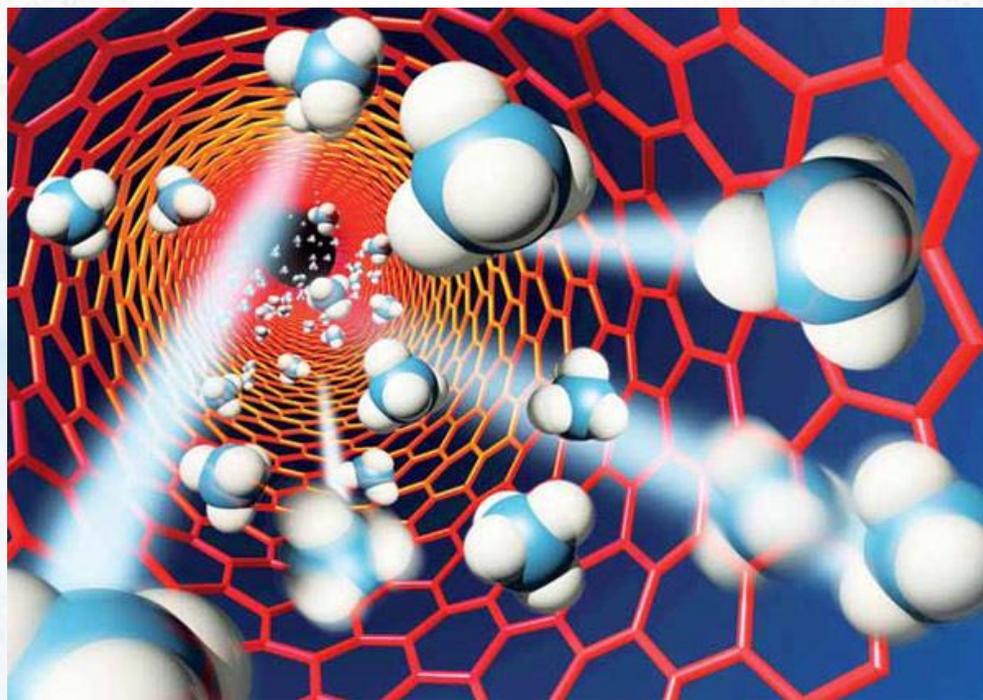
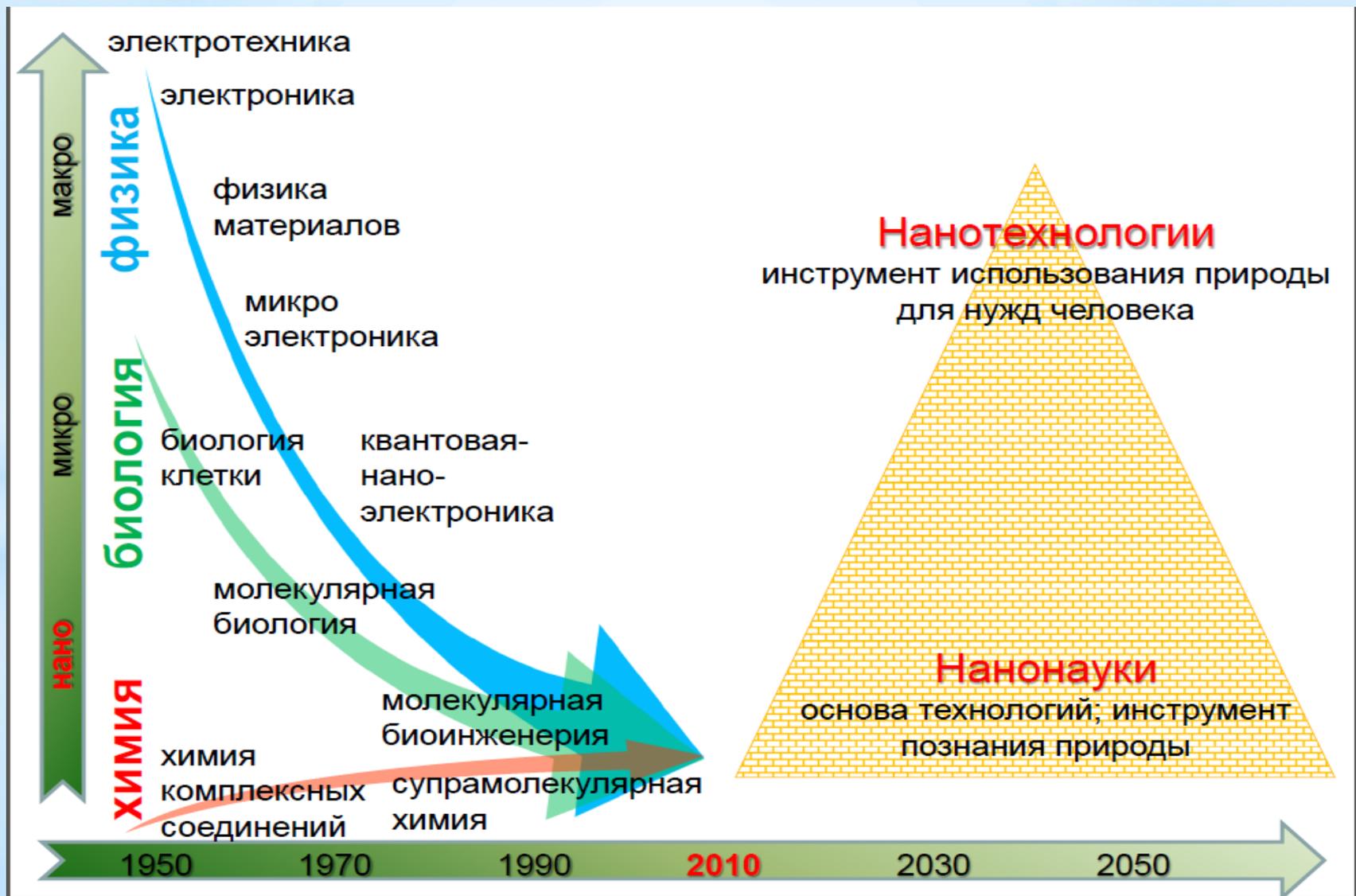


# НАНО (ПРОСТО О СЛОЖНОМ)



# Развитие современных наук



Процесс развития современных наук в конце XX и начале XXI веков

# Шестой технологический уклад

авиа-, судо-, автомобиле-, приборо-, станкостроение,  
солнечная энергетика, электроника, электротехника,  
ядерная промышленность и ядерная энергетика



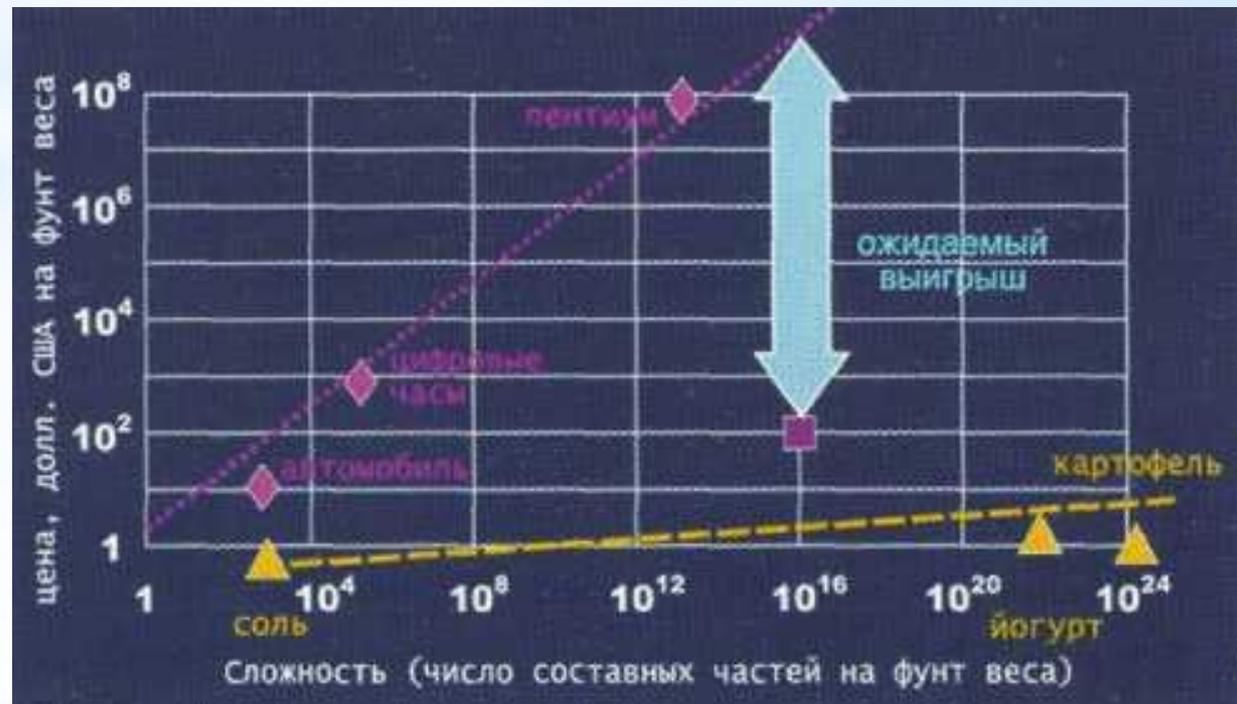
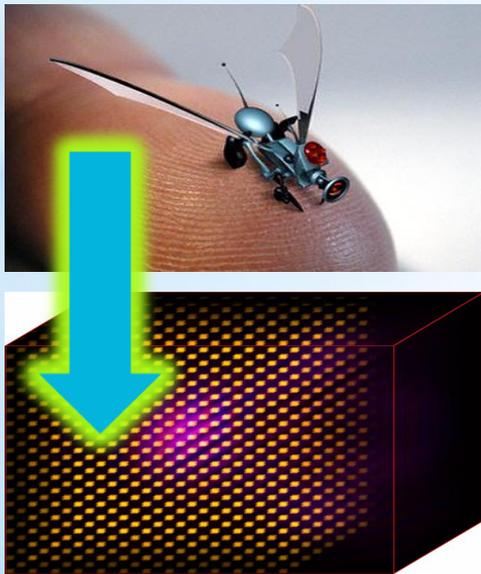
Телекоммуникации, образование, химико-металлургический комплекс, ракетно-космический комплекс, растениеводство, здравоохранение

*Несущие отрасли*

Структура нового технологического уклада

# Особенности шестого (нанотехнологического) уклада

Происходит смена парадигмы развития технологической науки. Раньше развитие технологий шло «сверху вниз» - в сторону миниатюризации создаваемых предметов. Нанотехнологии, наоборот, оперируют с уровня атомов, складывая из них, как из кубиков, нужные материалы и системы с заданными свойствами (атомно-молекулярное конструирование). При переходе к нанотехнологиям по методу «снизу вверх» на принципах «самосборки» возможно существенное удешевление продуктов и соответствующее ускорение развития экономики.



Удешевление продуктов при переходе к нанотехнологиям по методу «снизу-вверх» на принципах «самосборки»

# Известные нам миры

МАКРО



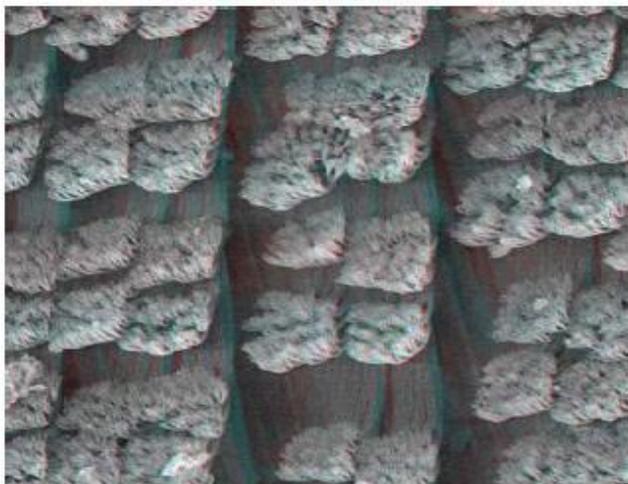
МЕЗО



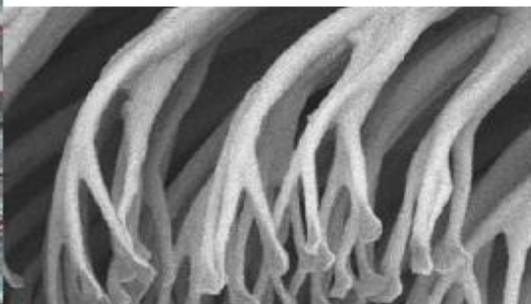
МИКРО



СУБ-МИКРО

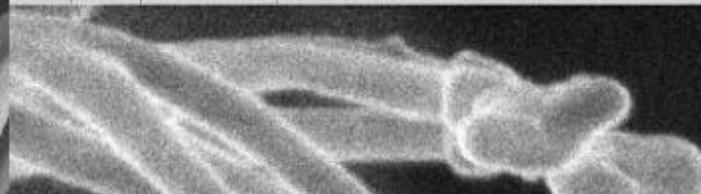


НАНО



НАНО

spot mag 500 nm  
2.0 150 000 x FEI nova 600 NanoSEM



Наномир

Микромир

Макромир

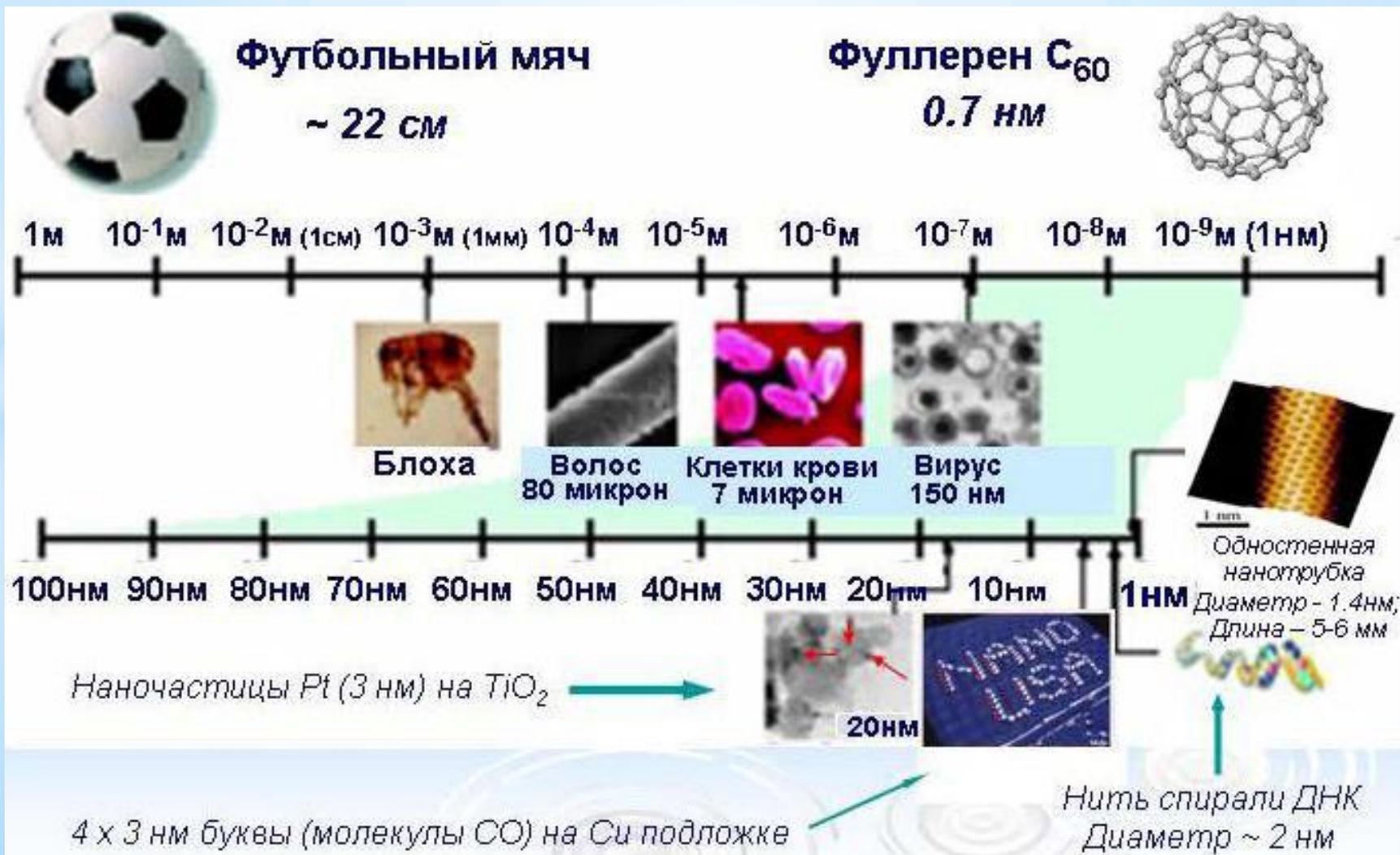
Мегамир

Гигамир

# Термины и определения

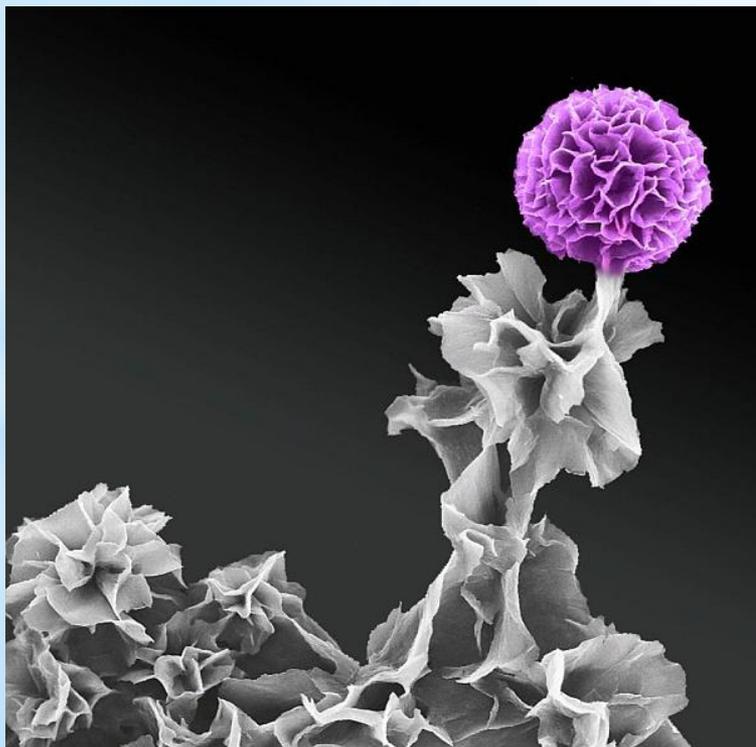
**НАНО** (от греч. *nános* - карлик) для образования наименований дольных единиц, по размеру равных одной миллиардной доле исходной единицы.

Обозначения: русское н, международное п. Пример: 1 нм (нанометр) =  $10^{-9}$  м.

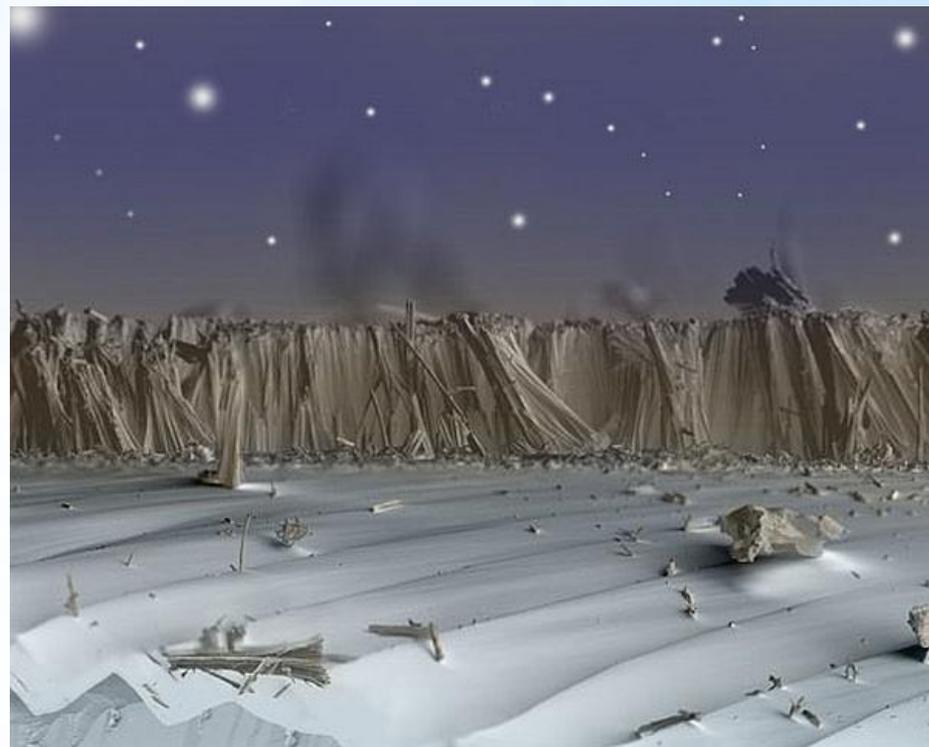


# Термины и определения

**Наномир** - мир, элементы которого меньше атома на 25 порядков. Знание свойств наномира помогло определить формы элементарных частиц, описать микромир законами классической науки, преобразовать в электричество внутреннюю энергию структуры наномира.



Изображение допированных анилиновых олигомеров, полученное сканирующим электронным микроскопом. Собранные вместе листья в верхнем правом углу напоминают цветок, а остальные - листву и стебли.  
(Фото Yang Hui Ying, Singapore University of Technology and Design.)



Смесь трёх изображений набора науглероженной кремниевой нанопроволоки, полученных сканирующим электронным микроскопом, с разным фокусным расстоянием.  
Три изображения совместили и раскрасили в «Фотошопе».  
(Фото John Alper, University of California, Berkeley.)

# Термины и определения



Научные основы и объекты нанонауки и нанотехнологии

# Термины и определения

**Нанонаука** (*наука о наносистемах и наноструктурах*) - изучение феномена и манипуляции материалов на атомном, молекулярном и макромолекулярном уровнях, при которых свойства материалов значительно изменяются по сравнению с их свойствами на более крупном уровне.

**Нанотехнология** - это изучение явлений и манипуляция веществом на атомном, молекулярном и макромолекулярном масштабах, где его свойства значительно отличаются от тех, что наблюдаются на больших шкалах. Это конструирование, характеристика, производство и применение структур, приборов и систем путем контроля формы и размера на нанометровой шкале.

## Основные виды нанотехнологий

Наноматериалы	Нанопроизводство
Наномедицина	Нанотоксикология
Нанoeлектроника	Нанoeкология
Молекулярная электроника	Нанобиология
Органическая электроника	Квантовые компьютеры
Нанofотоника	Нанoeнергетика
Нанобиотехнология	Наноправление
Нанofабрикация	Нанороботы
Нанометрология	Нановооружение

# Термины и определения

## Общие определения нанотехнологий

Организация-автор	Определение
VII Рамочная программа ЕС (2007–2013)	Получение новых знаний о феноменах, свойства которых зависят от интерфейса и размера; управление свойствами материалов на наноуровне для получения новых возможностей их практического применения; интеграция технологий на наноуровне; способность к самосборке; наномоторы; машины и системы; методы и инструменты для описания и манипулирования на наноуровне; химические технологии нанометровой точности для производства базовых материалов и компонентов; эффект в отношении безопасности человека, здравоохранения и охраны окружающей среды; метрология, мониторинг и считывание, номенклатура и стандарты; исследование новых концепций и подходов для практического применения в различных отраслях, включая интеграцию и конвергенцию с новыми технологиями.
Рабочий план Международной организации по стандартизации (ISO) от 23/04/2007	1) Понимание механизмов управления материей и процессами на наношкале (как правило, но не исключительно, менее 100 нанометров по одному или нескольким измерениям), где феномены, связанные со столь малыми размерами, обычно открывают новые возможности практического применения. 2) Использование свойств материалов, проявляющихся на наношкале и отличных от свойств отдельных атомов, молекул и объемных веществ, для создания улучшенных материалов, устройств и систем, основанных на этих новых свойствах.
Европейское патентное ведомство (ЕПО)	Термин «нанотехнология» покрывает объекты, контролируемый геометрический размер хотя бы одного из функциональных компонентов которых в одном или нескольких измерениях не превышает 100 нанометров, сохраняя присущие им на этом уровне физические, химические, биологические эффекты. Он покрывает также оборудование и методы контролируемого анализа, манипуляции, обработки, производства или измерения с точностью менее 100 нанометров.
США: Национальная нанотехнологическая инициатива (2001–н.в.)	Нанотехнология – это понимание и управление материей на уровне примерно от 1 до 100 нанометров, когда уникальные явления создают возможности для необычного применения. Нанотехнология охватывает естественные, технические науки и технологию нанометровой шкалы, включая получение изображений, измерение, моделирование и манипулирование материей на этом уровне.
Япония: Второй общий план по науке и технологиям (2001–2005)	Нанотехнология – междисциплинарная область науки и техники, включающая информационные технологии, науки об окружающей среде, о жизни, материалах и др. Она служит для управления и использования атомов и молекул размером порядка нанометра (1/1.000.000.000), что дает возможность обнаруживать новые функции благодаря уникальным свойствам материалов, проявляющимся на наноуровне. В результате появляется возможность создания технологических инноваций в различных областях.

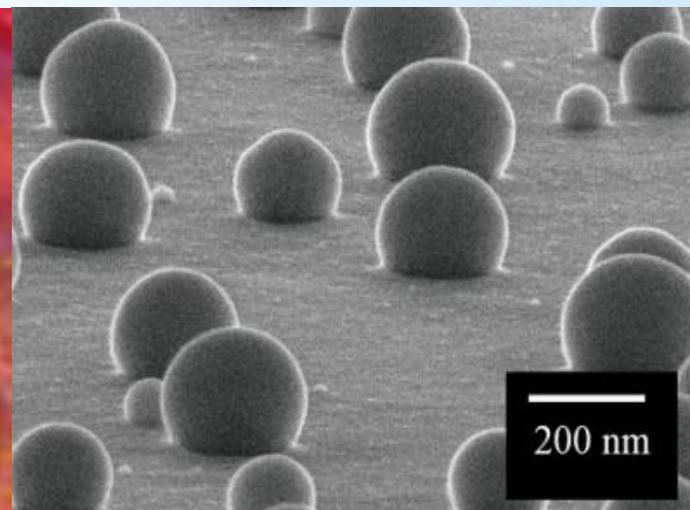
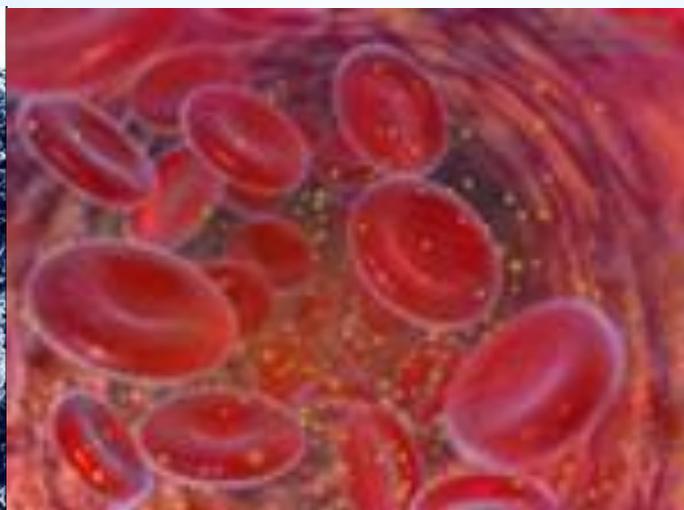
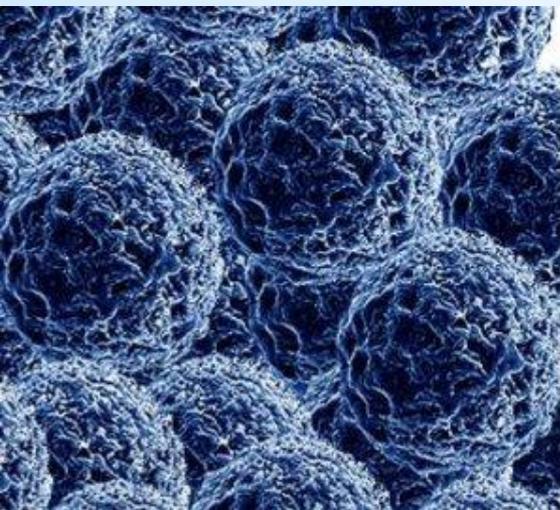
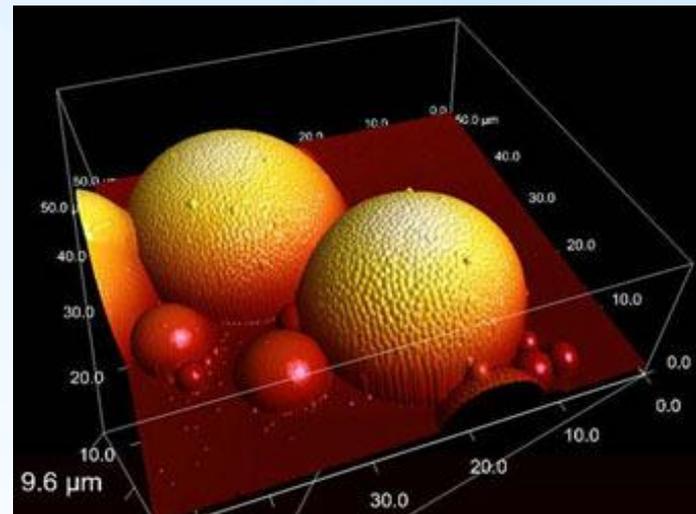
# Термины и определения

## Классификация нанотехнологий по степени сложности нанобъектов и их применению

Класс нанобъектов	Сферы применения
Нанопорошки, наночастицы в растворе	Краски, косметические кремы
Нанотрубки, нанопроволоки	Углеродные нанотрубки
Простые слои и покрытия нанометрической толщины	Алмазные пленки на разнообразных поверхностях, многослойные покрытия в молекулярной электронике, защитные покрытия
Трехмерные слоистые структуры	Магнитные запоминающие устройства
Трехмерные периодические и случайные образования	Кристаллизованные белки, трехмерные устройства молекулярной записи информации
Линейные цепочки	Информационные молекулы ДНК и др.
Поверхностные структуры с незначительной глубиной	Новейшие микроэлектронные устройства, наномеханические устройства
Многослойные покрытия, получаемые различными методиками	Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VSCSEL)
Развитые трехмерные структуры, не обладающие способностью к самовоспроизведению или саморепликации	Манипуляции с ДНК, биомолекулярные компьютеры, наномашины
Развитые трехмерные структуры, обладающие способностью к самовоспроизведению	Самовоспроизводящиеся нанороботы

# Термины и определения

**Нанообъекты (наночастицы)** - объекты (частицы) с характерным размером в 1–100 нанометров хотя бы по одному измерению которая может содержать от десятка до  $10^6$  атомов, связанных вместе. Особый класс составляют органические наночастицы как естественного, так и искусственного происхождения.



**Искусственная наночастица** (*engineered nanoparticle*) – наночастица, созданная в результате синтеза, диспергирования объемного материала (например, липосома).

**Природная наночастица** (*naturally occurring nanoparticle*) – наночастица, возникшая в результате естественных процессов в живой или неживой природе.

**Наночастицы** оксидов алюминия, титана, железа, цинка, циркония используются для формирования объемных оксидных керамик и покрытий, в полировочных составах, в косметических составах

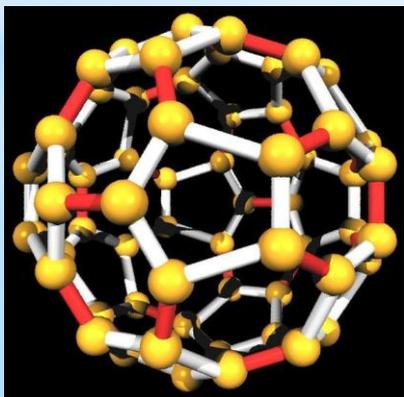
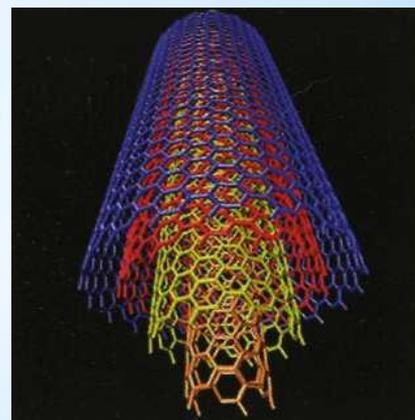
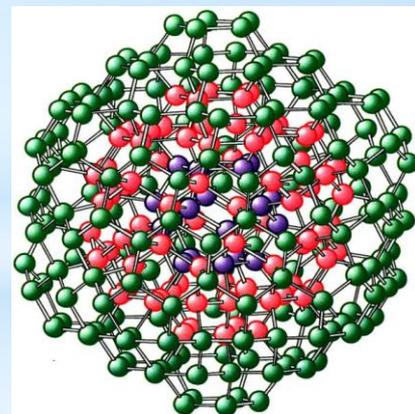
# Термины и определения

**Наноструктура** - естественный или искусственный (созданный средствами нанотехнологий) материальный объект, имеющий, по крайней мере, по одному из измерений с линейным размером от 1 до 100 нм. Такая структура содержит строго упорядоченные наночастицы и также зачастую проявляет необычные свойства. Иногда тщательно очищенные наночастицы могут самовыстраиваться в определенные структуры. Определяющую роль в развитии и становлении нанотехнологий сыграло открытие в 1985-1991 гг. новой формы существования углерода в природе - *фуллеренов* и *углеродных нанотрубок*.

**Нанокластер** (*nanocluster*) - кластер (группа близкорасположенных, тесно связанных друг с другом атомов, молекул, ионов, ультрадисперсных частиц), размер которого лежит в нанодиапазоне от 1 до 100 нм.

**Молекула фуллерена  $C_{60}$** . Изомер  $C_{60}$  получил название «Бакминстерфуллерен» в честь известного архитектора по имени R. Buckminster Fuller, создавшего сооружения, куполообразный каркас которых сконструирован из пентагонов и гексагонов.

**Углеродные нанотрубки** - протяжённые цилиндрические структуры из атомов углерода диаметром от 1 до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких микрон. Они обладают особой прочностью и упругостью. При использовании определенных методов получения нанотрубок они создаются малодефектными, с заранее заданной структурой и направлением роста.



# Термины и определения



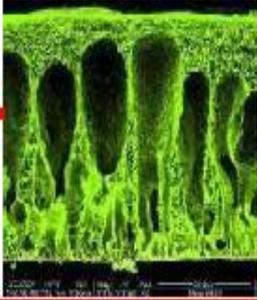
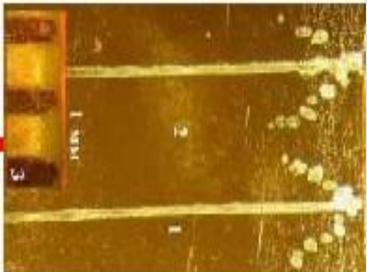
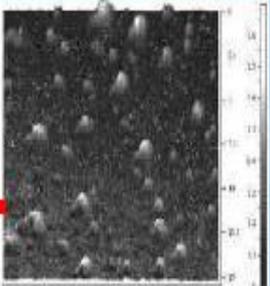
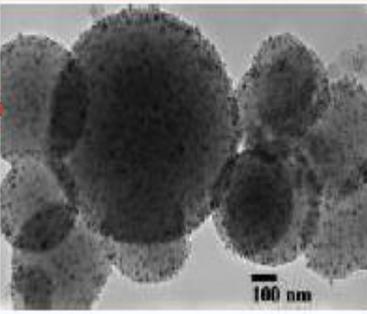
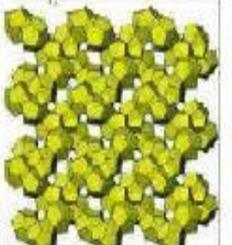
**Факторы, определяющие многообразие наноструктур**

# Термины и определения

**Классификация наноструктур** может осуществляться на основе линейных размеров частицы по направлениям тех координатных осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ :

- *объемные трехмерные (3D) структуры* - это нанокластеры;
- *плоские двумерные (2D) объекты* - это нанопленки;
- *линейные одномерные (1D) структуры* - нанонити и нанопроволоки;
- *нульмерные (0D) объекты* - наноточки, или квантовые точки.
- *пористые структуры* - нанотрубки, нанопористые материалы (цеолиты).
- *дендримеры* - ветвистые структуры.

**На основе наноструктур создаются наноматериалы.**

- Объемные (3D) наноструктурированные материалы: металлы и сплавы с ультрамикрочернистой структурой, нанокерамика 
- Наноструктурированные планарные материалы 2D: пленки и покрытия, нанопечатная литография, самособирающиеся монослои 
- Наноструктурированные (1D) материалы: нанотрубки, нановолокна, наноагрегаты и нанопроволоки 
- Нанодисперсные (0D) материалы: нанопорошки, нанокристаллы, квантовые точки 
- Нанокompозиты: наноструктурированные наночастицы в керамической, металлической или полимерной матрице 
- Супрамолекулярные материалы 

# Термины и определения

**Наноматериалы** - материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками.



Классификация наноматериалов

# Термины и определения

**Наносистемная техника** - полностью или частично созданные на основе наноматериалов и нанотехнологий функционально законченные системы и устройства, характеристики которых кардинальным образом отличаются от показателей систем и устройств аналогичного назначения, созданных по традиционным технологиям.

**Наноустройства** - устройства на нанометровом уровне, играющие в настоящее время важную роль в микроэлектронике и оптоэлектронике, а также при взаимодействии с биотехнологическими методами, цель которых - имитировать действие биологических систем, такие как клеточные моторы.

**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, т.е. самовоспроизводству, называются репликаторами.

**Наноинструменты** - инструменты и методы синтеза наноматериалов, манипулирования атомами и формирования структур устройств, а также, что очень важно, измерение и характеристика материалов и устройств на нанометровом уровне.

**Наноассемблер** (*нано* -  $10^{-9}$  и англ. *assembler* - сборщик) - разрабатываемое устройство наноразмеров, способное собирать из отдельных *атомов* или *молекул* сколь угодно сложные конструкции по вводимому в них плану. Наноассемблер можно будет запрограммировать как репликатор: устройство, способное производить свои собственные копии. Более простым, чем наноассемблер, устройством может быть фабрикатор, способный создавать наноконструкции под внешним управлением.

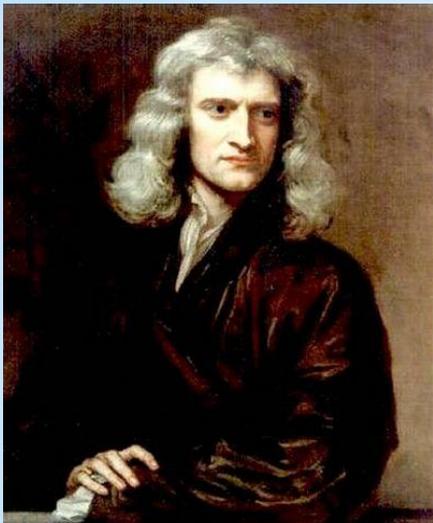
# Первые нанотехнологи

**Левкипп** (др. - греч. Λεύκιπλος) из Абдеры или Милета (V век до н.э.) - древнегреческий философ, один из основоположников атомистики, учитель Демокрита.

**Демокрит Абдерский** (др. – греч. Δημόκριτος; ок. 460 до н.э., Абдеры - ок. 370 до н.э.) - великий древнегреческий философ, ученик Левкиппа, один из основателей атомистики и материалистической философии.

**Исаак Ньютон** (или **Ньюто́н**) (25.12.1642 - 20.03.1727 гг по юлианскому календарю) – английский физик, математик, механик и астроном, один из создателей классической физики.

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».



# Нанотехнологии в древности

## Чандарская плита (50 млн. лет назад)



По мнению учёных, **чандарская плита, найденная в 1999** году в деревне **Чандар Башкирии**, была изготовлена с помощью **нанотехнологий**. В плите обнаружено сочетание элементов, которых в природе не существует. Первый 14 - сантиметровый серо-зелёный слой плиты - чистый, без кварца (песка) **доломит** - осадочная порода (жаростойкая и устойчивая к радиации), которой в чистом виде в природе нет. Доломит укреплен вторым слоем толщиной 1,5 - 2 см из материала, похожего на диопсидовое стекло с такой же микроструктурой, как у титановых сплавов высочайшей твёрдости, для изготовления которых сейчас применяют нанотехнологии. На этот слой нанесено изображение «**рельефной карты**». Третий слой в 1 миллиметр - **белый фарфор**.



## Корундовый инструмент (4500-6000 лет назад)

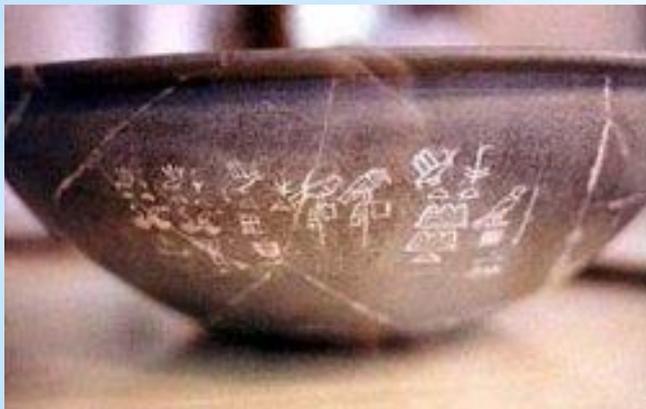
Такой инструмент встречается в разных местах земного шара. Корундовый топор из древнекитайских захоронениях близ Шанхая, возраст которого археологи оценивают в **4500-6000** лет, отполированный (что само по себе огромная по технической сложности задача). Ученые также сообщали о находках мелкого режущего инструмента из корунда в Камбейском заливе (Индия), принадлежащего цивилизации, которая там существовала до 3 тыс. до нашей эры и затонула

# Нанотехнологии в древности

## Древний Египет

Загадочные пилы были в Древнем Египте уже в 2600-2100 годах до нашей эры - с их помощью резали гранит и базальт (*твёрдость которых по шкале Мосса составляет 7 единиц*).

И с помощью подобного большим пилам, но более мелкого инструмента из корунда в древнем Египте резали тонкие надписи и рисунки на твёрдых материалах вроде диорита (*твёрдость по шкале Мосса 6*).



Чаша из диорита



Диск Сабу



Палермский камень - обломок (43,5 на 25 см) плиты из диорита с высеченным на нём текстом древнеегипетских анналов

**И, наконец, для работы нужны были хотя бы примитивные станки, которые создавали вращательный момент.**

**Нечто такое существовало.**

# Нанотехнологии в древности



## Цветное стекло Древнего Египта

Еще одним примером древних нанотехнологий являются цветные стекла, окрашенные наночастицами металлов, технология получения которых была известна еще в Древнем Египте.



## Чаша Ликурга Древнего Рима

Чаша (IV век до н.э.) с изображением царя эдонов Ликурга, которого Дионис порастил безумием, меняет свой цвет в зависимости от того, где находится источник света: снаружи или внутри. Матовая зеленая чаша становится красной, если ее осветить изнутри. Чаша состоит из обычного натриево-известково-кварцевого стекла, в нем есть около 1% золота и серебра, а также 0,5% марганца. Учёные обнаружили с помощью электронного микроскопа и рентгенограмм частицы золота и серебра размером от **50 до 100 нанометров**. Именно они «отвечают» за необычную окраску кубка.

## Витражи храмов Средневековой Европы

Исследования показали, что добавки **наночастиц золота** и других металлов делали цветным стёкла витражей храмов средневековой Европы.

Учёные полагают, что витражи были не только произведениями искусства, но и фотокаталитическими очистителями воздуха, удаляющими органические загрязнения. Катализаторами служили **наночастицы золота**.



## Кремлевские звезды

Эта технология дожила до наших дней, войдя в основу окраски кремлёвских звезд. Рубиновое стекло в буквальном смысле является золотым, поскольку представляет собой **наночастицы золота**, «растворённые» в высококачественном стекле.



# Нанотехнологии в Средние Века

## Дамасская сталь

С XII по XVIII века ближневосточные кузнецы также практиковали некоторые виды нанотехнологий. Используя стальные слитки из Индии, дамасские кузнецы ковали лезвия, которые были острее и долговечнее, чем западные ножи, особенно у крестоносцев. Технологический процесс получения этих весьма ценных лезвий держался в строжайшем секрете и передавался только от учителя к ученику. В 2006 году ученые, используя высокое разрешение просвечивающего электронного микроскопа, обнаружили следы углеродных нанотрубок и нанопроводов в дамасских стальных лезвиях. Они предположили, что эти нанопровода, инкапсулированные в углеродных нанотрубках, были ответственны за легендарную остроту и долговечность дамасской стали.



## Глазурь на керамике Деруты

Гончары из итальянской провинции Умбрия в XV – XVI столетиях использовали нанотехнологии в промышленных масштабах. Цветная глазурь на керамике, которой славились мастера города Дерута, своим блеском обязана мельчайшим металлическим гранулам.

Среди образцов керамики Деруты имеются предметы, покрытые радужной или металлической глазурью. Некоторые сверкают золотым блеском, другие переливаются, меняя свой цвет под разными углами. Это происходит благодаря наличию в краске крошечных частичек металла размером от  $5 \cdot 10^{-9}$  до  $10^{-7}$  метра - наночастиц.

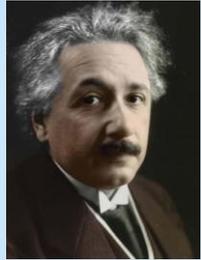


## Кассиев пурпур

Широкую гамму цветов, от фиолетового до жёлтого, можно наблюдать в «Кассиевом пурпуре», представляющем собой наночастицы золота, распределенные равномерно в геле оловянной кислоты и названном так по имени гамбургского стекловара Андреаса Кассия (XVII век).



# Возникновение и развитие нанонауки



В **1905** году швейцарский физик Альберт Эйнштейн опубликовал научную работу, в которой показал, что молекула сахара имеет размер порядка 1 нм.

В **20-е** годы XX века российский физик **Г.А. Гамов** провел первые теоретические исследования, положившие начало разработке инструментального обеспечения нанотехнологий.



В **40-х** годах XX века **В.К. Зворыкин** и **Дж. Хиллиер** разработали сканирующий электронный микроскоп, ставший прообразом нового поколения устройств, которые в последствии позволили заглянуть в мир нанобъектов.

В феврале **1960** года была опубликована знаменитая лекция «Там внизу много места» одного из крупнейших физиков XX века, профессора Калифорнийского технологического института **Ричарда Фейнмана**, основная мысль которой о том, что в будущем человечество сможет создавать объекты, собирая их «атом за атомом».



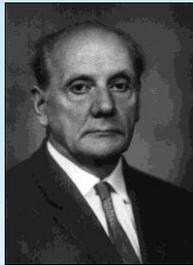
В **1964** году, спустя шесть лет после изобретения интегральной схемы, **Гордон Эрл Мур**, один из основателей американской корпорации Intel, выдвинул предположение о том, что число транзисторов на кристалле будет удваиваться каждые два года. Это наблюдение получило название первого закона Мура.

# Возникновение и развитие нанонауки



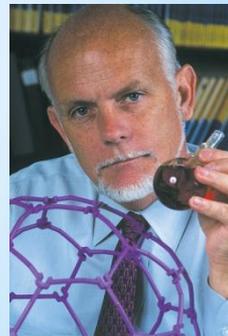
В **1968** году сотрудник научного отделения исследований полупроводников американской компании Bell **Альфред И Чо** разработал теоретические основы нанообработки поверхностей которая получила название «молекулярно-лучевая эпитаксия».

В **1973** году советские ученые **Д.А. Бочвар** и **Е.Г. Гальперн** сделали первые теоретические квантово-химические расчеты наномолекулы фуллерена и доказали ее стабильность. Мировая наука вплотную подошла к началу решения прикладных задач в области нанотехнологий.



Многие ученые в мире в той или иной степени работали с объектами наноуровня, но термин "*нанотехнология*" впервые (в **1974** году) предложил японский физик **Норио Танигучи (Norio Taniguchi)** из Токийского университета. Нанотехнология, по Н. Танигучи - это технология объектов, включающая процесс разделения, сборки и изменения материалов путем воздействия на них одним атомом или одной молекулой.

Накопленные знания в области нанотехнологий позволили по-новому взглянуть на ряд уникальных природных явлений. Так, в **1975** году немецкие ботаники **В. Бартлотт** и **К. Найнуйс** обнаружили и запатентовали явление самоочистки поверхностей некоторых растений, а также тот факт, что этот феномен протекает в наноструктурированных поверхностных областях.



# Возникновение и развитие нанонауки

Современный вид идеи нанотехнологии начали приобретать в **80-е годы XX века** в результате исследований **Э. Дрекслера**, работавшего в лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института.

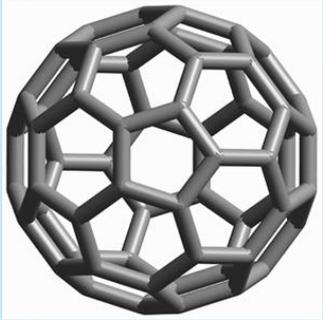
Дрекслер выдвинул концепцию универсальных *молекулярных роботов*, работающих по заданной программе и собирающих любые объекты (в том числе и себе подобные) из подручных молекул. Все это также сначала воспринималось как научная фантастика. Ученый уже тогда довольно точно предсказал немало грядущих достижений нанотехнологии, которые с 1989 года сбываются, со значительным опережением даже его прогнозов.

Исследования по совершенствованию инструментального обеспечения нанотехнологий вышли на новый уровень. Весной **1981** года немецкие физики **К. Бинниг** и **Э. Руска**, а также швейцарец **Г. Рорер** из Цюрихской лаборатории компании IBM испытали *туннельный микроскоп*. Сканирующий туннельный микроскоп позволил построить трехмерную картину расположения атомов на поверхностях проводящих материалов.

С помощью такого микроскопа стало возможным "захватить" атом с токопроводящей поверхности и поместить его в нужное место, то есть манипулировать атомами, а следовательно, непосредственно собирать из них любое вещество.



# Возникновение и развитие нанонауки



В **1985** году коллектив ученых в составе английского астрофизика **Х. Крото**, американских химиков **Р. Керла**, **Д. Хита** и **Ш. О'Брайена** под руководством **Р. Смолли** получил новый класс соединений - *фуллерены* - и исследовал их свойства. В результате взрыва графитовой мишени лазерным пучком и исследования спектров паров графита была обнаружена молекула фуллерена C<sub>60</sub>. Грани 60-атомного фуллерена - это 20 почти идеальных правильных шестиугольников и 12 пятиугольников. Позднее удалось получить фуллерены из 76, 78, 84, 90 и даже из нескольких сотен атомов углерода. В том же году те же физики **Р. Керл**, **Х. Крото** и **Р. Смэйли** создали технологию, позволяющую точно измерять предметы диаметром в один нанометр.

В **1986** году **Г. Бинниг** разработал *сканирующий атомно-силовой микроскоп*. Такой микроскоп, в отличие от туннельного, может взаимодействовать с любыми объектами, а не только с токопроводящими материалами.



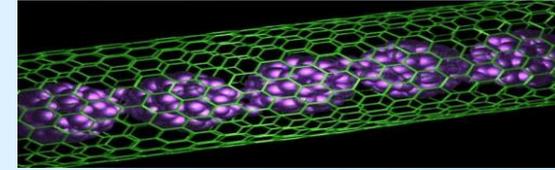
Компания **НТ-МДТ** организована в **1990** году в г. Зеленоград - центре Российской микроэлектроники, с целью применить накопленные опыт и знания в области нанотехнологий для обеспечения исследователей приборами, способными решать широкий спектр задач в области нанометровых размеров.



# Возникновение и развитие нанонауки



В **1991** году японский исследователь **С. Ииджима** из компании NEC открыл *углеродные нанотрубки*.

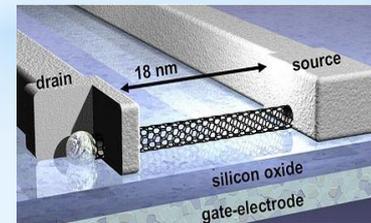


В **1992** году **Э. Дрекслер** на научном уровне рассмотрел задачи практического применения молекулярных нанотехнологий в новом научно-практическом направлении, которое следует *назвать "практическая нанотехнология"*.



В **1994** году стали появляться первые коммерческие материалы на основе наночастиц - *нанопорошки, нанопокрyтия, нанохимические препараты* и т.д. Началось бурное развитие прикладной нанотехнологии.

В **1998** году голландский физик **Сез Деккер** создал *нанотранзистор* способный пропускать ток величиной более 15 мкА, при приложенном напряжении всего 0,4 В (в обычных транзисторах - 0,7 В). Наблюдаемая плотность тока была в несколько десятков раз выше, чем у кремниевых транзисторов.



В **1999** году американские физики **Джеймс Тури** и **Марк Рид** определили, что отдельная молекула способна вести себя также как молекулярные цепочки.

В **2000** году Администрация США поддержала создание Национальной инициативы в области нанотехнологии (*National Nanotechnology Initiative*). Нанотехнологические исследования получили государственное финансирование, первый транш в \$ 500 млн.

# Возникновение и развитие нанонауки



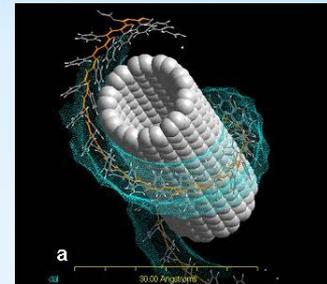
В **2000** году российский физик **Ж. Алфёров** получил Нобелевскую премию за разработку *полупроводниковых гетероструктур* и *создание быстрых опто- и микроэлектронных компонентов*.

В **2001** году **Марк Ратнер**, автор книги «*Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи*» считает, что нанотехнологии стали частью жизни человечества именно в 2001 году. Тогда произошли два знаковых события: влиятельный научный журнал *Science* назвал нанотехнологии - «прорывом года», а влиятельный бизнес-журнал *Forbes* - «новой многообещающей идеей».



В **2003** году за открытие *акваноринов* **П. Эгр** получил Нобелевскую премию по химии, совместно с **Р. Маккинноном**, удостоившимся награды за изучение структуры и механизмов работы калиевых каналов.

В **2004** году **С. Деккер** соединил *углеродную трубку с ДНК*, впервые получив единый наномеханизм и открыв дорогу развитию бионанотехнологиям.



**26 апреля 2007** года в послании Федеральному собранию президент России **В. Путин** обозначил *нанотехнологии* в качестве одного из наиболее приоритетных направлений развития науки и техники и предложил учредить *Российскую корпорацию нанотехнологий*.

# Возможности и опасности нанотехнологий

## НАНОТРУБКИ

### ВОЗМОЖНОСТИ

- В 100 раз прочнее стали и в 6 раз легче её
- Броня, бронежилеты, системы защиты
- Космический лифт: 36 000 км  
геостационарная орбита, канат – 100 000 км.

### РИСКИ

- Утилизация «абсолютных» материалов
- Загрязнение ближнего космоса
- Новый виток гонки вооружений
- Формирование нового технологического уклада нанонервенства

## МОДИФИКАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

### ВОЗМОЖНОСТИ

- продление жизни (120-150 лет)
- радикальное продление жизни (300-500 лет)
- нанороботы, чистящие кровеносную систему
- укрепление костей и зубов  
с помощью алмазов
- индивидуальные лекарства
- изменение механизма биосинтеза
- наделение сверхспособностями
- новые органы чувств
- респиранты, переносящие в 20 раз больше кислорода

### ОПАСНОСТИ

- новое неравенство (короткоживущие против долгоживущих)
- проклятие вечности - людей нечем занять
- распад человечества на несколько рас
- неясная взаимосвязь различных способностей человека  
(проклятие Люцифера)

# Нанореволюция в военном деле

- Микродатчики, имплантируемые в организм структуры, роботы – андройды
- Прогноз С. Мецца – микросистемные технологии + нанотехнологии (МЦТ)
- Наноассемблеры – путь к принципиально новым системам вооружений
- Системы искусственного интеллекта, угроза появления «серой слизи»
- Создание наноспутников и наступление эпохи сетевых войн
- Прогноз Б. Джоя – «Почему будущее не нуждается в нас?»
- Генетика + нанотехнологии + робототехника (JNR)
- Прогноз Л. Хэмли: мокрые и сухие нанотехнологии – военное применение через 20 лет
- Боевые животные после имплантации в их организмы датчиков и управляющих систем
- Биологическое оружие триггерного действия
- Создание клопов - или муравьев - роботов
- Прогноз Дрекслера: машины уничтожения
- Вывод гонки вооружений на наноуровень
- Биороботы в оборонной сфере
- Проект «наблюдающей пыли»
- Микробиологические войны
- Сценарий Джеремиа 1995 г.
- Боевые насекомые

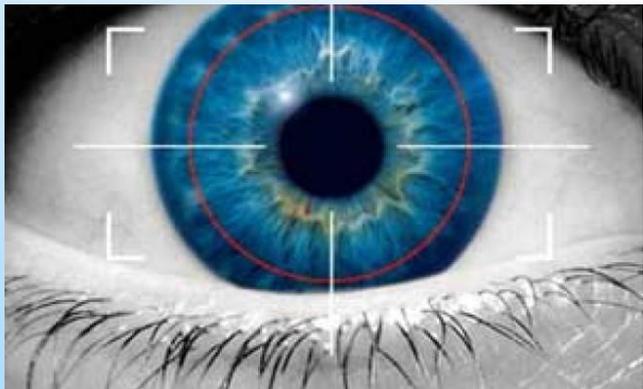


**Вероятность выживания  
человечества - 30%**

# Системы тотального контроля и наблюдения

## Возможности

- Контроль за инфраструктурой (мониторинг целостности)
- Контроль за передвижениями
- Контроль за состоянием организма
- Контроль за психикой и сознанием
- Контроль общества в целом
- Радикальное повышение безопасности
- Многократное повышение наблюдаемости и управляемости социальных процессов



## Риски

- Манипулирование обществом в личных целях
- Сверхзависимость от программных средств
- Возможность перехода от сообщества людей к сообществу программ
- Деградация социальных структур
- Злоупотребление информацией
- Новые виды преступлений



# Двухнедельная революция

- Принципиально новые устройства могут быть созданы в маленькой лаборатории. Стоимость новых форм живого – \$ 200 тысяч
- Плотность записи информации  $10^{15}/\text{см}^2$  (сейчас  $10^8/\text{см}^2$ )
- Принципиально новые растения, животные, другие формы жизни
- Наноассемблеры позволяют производить все желательные вещества очень быстро
- Универсальные анализаторы. Постоянный мониторинг состояния организма
- Распад цивилизаций (все можно произвести на месте)
- Возможность редактировать геном (евгеника)



# Наномечты и нано надежды

## Наномечты

- Компьютерное бессмертие
- Предотвращение старения
- Самовоспроизводящиеся структуры
- Модификация биохимии
- Мобильные нанороботы
- Искусственные органы
- Имплантация в мозг
- Работа в космосе
- Универсальные молекулярные ассемблеры



## Нано надежды

- Выращивать наноструктуры, наноматериалы, нанообъекты «снизу вверх»
- Первый ключ к нанотехнологиям:
  - *самоорганизация*
  - *самоформирование*
  - *самосборка*
- Второй ключ - междисциплинарность
- Третий ключ - активный мониторинг и сопровождение



*«Своящиеся цветы Пандоры»* – наночетвы, созданные исследователями университета Висконсина, США



*«Наноцветок»* - нитрид индия, синтезированный на кристалле сульфида цинка, ширина "лепестков" – несколько сотен нанометров, толщина – пара десятков. Создан исследователями Национального университета Тайваня.



*«Подсолнечное поле»* - создано исследователями Китайского университета Гонконга. В середине «цветка» нановолокна оксида кремния толщиной порядка 10 нм.

# Источники

**Попова Е.А.** Урок-лекция «Что такое «нанотехнологии» -

<http://www.informio.ru/publications/id174/Urok-lekcija-CHto-takoe-nanotehnologii>

**Костин Г.А.** Программа элективного курса «Нанотехнологии» -

<http://www.schoolnano.ru/node/1243>

**Богданов К.Ю.** Что могут нанотехнологии (курс лекций) - <http://kbogdanov1.narod.ru/>

**Нанотехнологии. Азбука для всех.** Под ред. Третьякова Ю.Д. - М.: Физматлит, 2008. - 368 с.

**Глазьев С.Ю., Харитонов В.В.** и др. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике: монография – М.: Тривант, 2009. – 256 с.

**Гудилин Е.А.** и др. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества. Под ред. Ю.Д. Третьякова – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 171 с.

**Хартманн У.** Очарование нанотехнологии – М.: Бином. Лаборатория знаний. 2008. – 173 с.

# Документальные фильмы о нанотехнологиях

**Путешествие в Наномир** (Центрнаучфильм, 1994) -

[http://www.youtube.com/watch?v=NselSHvJ\\_bE](http://www.youtube.com/watch?v=NselSHvJ_bE)

**2057 - Планета Земля через 50 лет** (Discovery) -

[http://www.youtube.com/watch?v=bwJ00L\\_AS30](http://www.youtube.com/watch?v=bwJ00L_AS30)

**Популярная наука с Всеволодом Твердисловом** (гость программы Г.Г. Малинецкий, тема передачи - Боевые роботы против коррупции) -

<http://www.youtube.com/watch?v=aQ26f11QvN4>

**Наука будущего: Мир нанотехнологий** (Киностудия «Центр национального фильма», 2009) - <http://video.yandex.ru/users/arni-raj/view/767/>

**Богатство наномира** (лекция подготовленная Ю.Д. Третьяковым и Е.А. Гудилиным в 2009 году) - [http://www.youtube.com/watch?v=\\_gGkMDah0kU](http://www.youtube.com/watch?v=_gGkMDah0kU)

Научно-познавательный кабельный спутниковый телеканал "**Nano TV**" (NANOtech) - <http://www.youtube.com/watch?v=3-OgbxJUonk>

NANOtech. Часть 1. **Что такое нано?** -

<http://www.youtube.com/watch?v=UCJQ8EA3tc>

Нам и не снилось № 20. "**Господство машин**" (19.06.2013) -

<http://www.youtube.com/watch?v=22Tq6qqFyB4>

# Художественные фильмы с элементами нанотехнологий

Бегущий по лезвию бритвы, Пятый элемент, День, когда Земля остановилась, Терминатор, Агент Коди Бэнкс, Бросок кобры, Внешние пределы, Трансформеры, Я, робот, Кровь триединства

