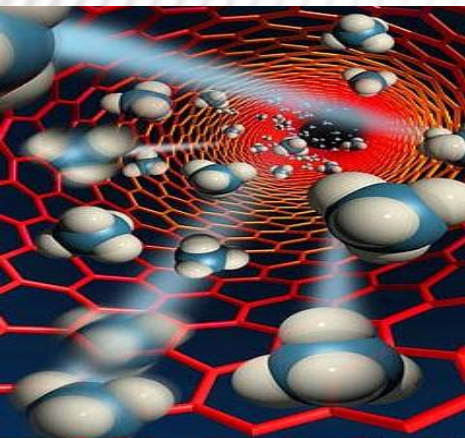




ФГБОУ ВПО «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ



НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
22.03.01 «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
МАТЕРИАЛОВ»

**ВЫПУСКАЮЩАЯ КАФЕДРА:
КАФЕДРА ФИЗИКИ ИМЕНИ
ПРОФЕССОРА В. М. ФИНКЕЛЯ
([HTTP://WWW.SIBSIU.RU/KF](http://www.sibsiu.ru/kf))**



**Заведующий кафедрой
Заслуженный деятель науки РФ,
Почетный работник высшего
профессионального образования,
доктор физико – математических наук,
профессор
Громов Виктор Евгеньевич**

КАФЕДРА ФИЗИКИ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА В.М. ФИНКЕЛЯ

“Подготовка самых востребованных специалистов XXI века для производства, науки, образования и бизнеса!”



**Создана научная школа
«прочность и пластичность материалов
в условиях внешних энергетических
воздействий»
(руководитель д.ф.-м.н.,
профессор Громов В. Е.)**



**На кафедре физики работают
высококвалифицированные
специалисты,
имеющие ученые степени и
звания:
4 доктора и 16 кандидатов
наук**



Квалификация: бакалавр техники и технологий

Обучение на базе среднего и среднего профессионального образования
Срок обучения - 4 года

Вступительные испытания

Физика, ЕГЭ

Математика, ЕГЭ

Русский язык, ЕГЭ





АРТУР КЛАРК

(англ. писатель – фантаст,
футуролог, ученый,
изобретатель, создатель
культового научно-
фантастического фильма
«Космическая одиссея
2001» (1968 г.)

«2040 год – будет усовершенствован «Универсальный репликатор», основанный на
НАНОТЕХНОЛОГИЯХ:
может быть создан объект любой сложности при наличии сырья и информационной матрицы.

Бриллианты и деликатесная еда могут быть сделаны в буквальном смысле из грязи.

В результате за ненадобностью исчезнут промышленность и сельское хозяйство, в вместе с
ними и недавнее изобретение человеческой цивилизации – работа.

После чего последует взрывное развитие искусств, развлечений, образования»

«Мир задыхается от благоденствия. В каждом доме стоит комбайн,
который превращает любой подручный материал: грязь, мусор в еду,
драгоценности или даже произведения искусства. Проблемы здоровья не
существует: внутри человека работают микроскопические роботы-врачи,
исцеляющие на атомарном уровне. Преступности нет: микророботы
полицейские следят за разрухой в умах: они там работают. Нарушить
закон теперь не может прийти в голову. Массовое потребление
обслуживает новое поколение копировальных аппаратов. Дома,
автомобили, мебель просто копируются. Расходный материал —
картриджи с необходимыми атомами».

«Это благоденствие наступит уже
через 500 лет».



Станислав Лем
(польский
писатель –
фантаст,
футуролог)
1921 – 2006 г.г.

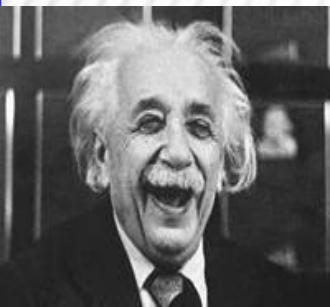
«Уважаемые господа! Практически всё, что необходимо
современному человеку для жизни и деятельности может быть
изготовлено из атомов
и молекул, всё от продуктов питания до ядерных
электростанций дадут нам
молекулярные нанороботы.
Из грязи, оставшейся на коврике, после того как
вы вытерли ноги».



Жорес Иванович Алферов
Советский и российский
физик,
Лауреат Нобелевской
премии мира по физике
2000 г.

исторические вехи становления нанотехнологий

V век до н.э., Греческий философ Демокрит (отец нанотехнологий): впервые использовал слово «атом» для описания самой малой частицы вещества



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

1931 г., немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска: создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты



1968 год, Альфред Чо и Джон Артур: сотрудники научного подразделения американской компании Bell, разработали теоретические основы нанотехнологии при обработке поверхностей



исторические вехи становления нанотехнологий

1974 г., японский физик Норио Танигучи: ввел в научный оборот слово «нанотехнологии», которым предложил называть механизмы размером менее одного 1 мкм



1981 г., швейцарские физики Герд Бинниг и Генрих Рорер: сканирующий туннельный микроскоп прибор, позволяющий осуществлять воздействие на вещество на атомарном уровне.

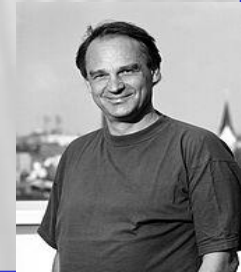
Нобелевская премия мира по физике за создание туннельного микроскоп (1986 г.)



1985 год., американские физики Роберт Керл, Хэррольд Крото, Ричард Смэйли: создали технологию, позволяющую точно измерять предметы диаметром в один нанометр



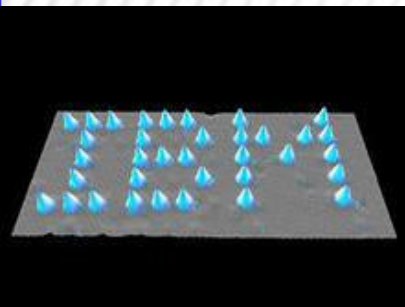
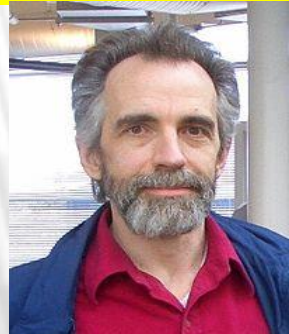
1986 г., американские физики Герд Биннинг, Кельвин Куэйт и Кристофер Гербер : создан сканирующий атомно - силовой микроскоп, позволяющий осуществлять взаимодействие с любыми материалами, а не только с проводящими



исторические вехи становления нанотехнологий

1986 г., американский футуролог Эрик Дрекслер: опубликовал книгу, в которой предсказывал, что нанотехнология в скором времени начнет активно развиваться.

Нанотехнология стала известна широкой публике



1989 г., Дональд Эйглер, сотрудник компании ИВМ, выложил название своей фирмы 35 – ю атомами ксенона



1993 г., в США начали присуждать **Фейнмановскую премию**, которая названа в честь физика Ричарда Фейнмана, который в 1959 году произнес пророческую речь о том в лекции **«Там, внизу, ещё много места»** ("There is plenty of space on the bottom"), что многие научные проблемы будут решены лишь тогда, когда ученые научатся работать на атомарном уровне.

В 1965 году Фейнману была присуждена **Нобелевская премия по физике** «За исследования в сфере квантовой электродинамики» (ныне это одна из областей нанонауки)



исторические вехи становления нанотехнологий

1998 г., голландский физик Сеез Деккер: создал нанотранзистор на основе нанотехнологий



1999 г., американские физики Джеймс Тур и Марк Рид: определили, что отдельная молекула способна вести себя так же, как молекулярные цепочки

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

В 2002 г. сумма ассигнований была увеличена до \$ 604 млн.

В 2003 г. “Инициатива” запросила \$ 710 млн.

В 2004 г. правительство США приняло решение увеличить финансирование научных исследований до \$ 3,7 млрд.

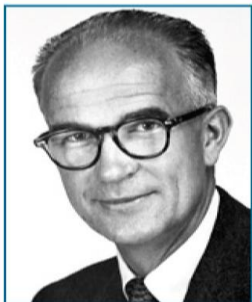
В целом, мировые инвестиции в нано в 2004 году составили около \$ 12 млрд.

КТО ЕСТЬ КТО В НАНОНАУКЕ ?

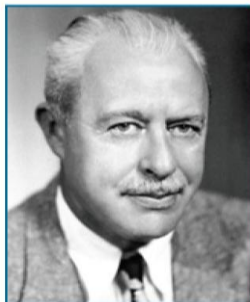
«Любой ученый мечтает получить Нобелевскую премию – ведь получая ее, он являет миру торжество разума»



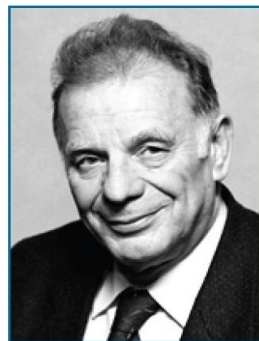
Джон Бардин
(Bardeen, John)
США, University of Illinois
(1908–1991)



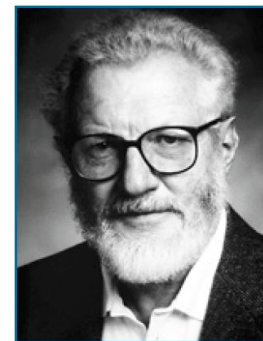
Уильям Шокли
(Shockley, William Bradford)
США, Semiconductor Laboratory
of Beckman Instruments, Inc.
(1910–1989)



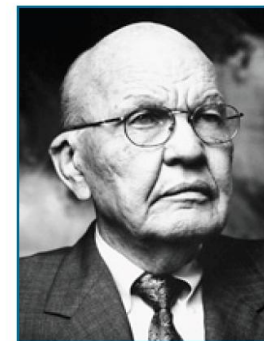
Уолтер Браттейн
(Brattain, Walter Houser)
США, Bell Telephone
Laboratories
(1902–1987)



Ж.И. Алферов
Россия, Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
(р. 1930)



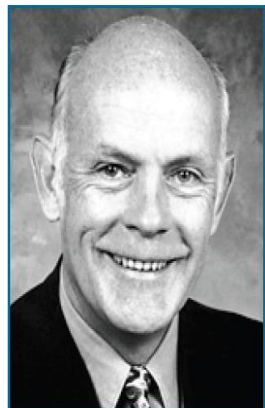
Герберт Кремер
(Kroemer, Herbert)
Германия, Univ. California
(р. 1928)



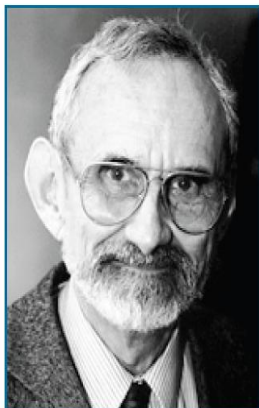
Джек Килби
(Kilby, Jack Saint-Clair)
США, Texas Instruments
(1923–2005)

Нобелевская премия мира по физике (1956 г.) за открытие транзисторного эффекта и создание первого полупроводникового транзистора, что привело к возникновению микроэлектроники

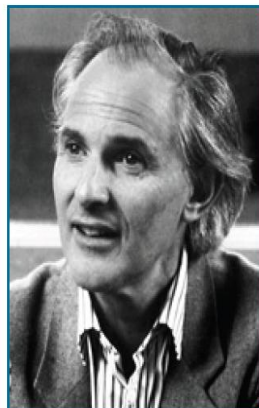
Премия по физике 2000 г. за достижения в электронике, разработку полупроводниковых гетероструктур и создание быстрых опто- и микроэлектронных компонентов, за разработку идеологии и технологии создания микрочипов.



Ричард Смоли
(Smalley, Richard)
США, Rice University
(р. 1933)



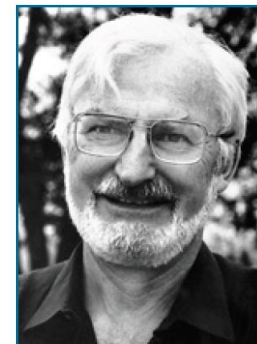
Роберт Керл
(Kerl, Robert)
США, Rice University
(1943–2005)



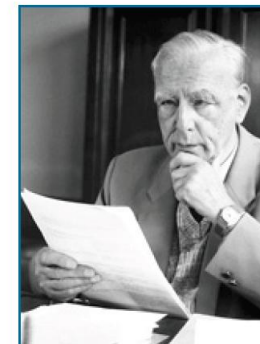
Гарольд Крото
(Kroto, Gerald)
Великобритания, University of
Sussex (р. 1939)



Герд Бинниг
(Binnig, Gerd)
ФРГ, IBM Zurich Research
Laboratory
(р. 1947)



Генрих Рорер
(Rohrer, Heinrich)
Швейцария, IBM Zurich
Research Laboratory
(р. 1933)



Эрнст Руска
(Ruska, Ernst)
ФРГ, Fritz-Haber Institute
(1906–1988)

Премия по физике 1986 г. за создание сканирующего туннельного микроскопа, основанного на сканировании поверхности твердого тела атомно-острой иглой.

Премия по физике 1986 г. за фундаментальные работы по электронной оптике и создание первого электронного микроскопа.

Нобелевская премия по химии 1996 г. за открытие фуллеренов.

Что означает приставка «НАНО» ?

Приставка «НАНО» (от греч. «nannos» – карлик, гномик, множитель приставки 10^{-9} м) прочно вошла в современный научно-технический лексикон.

Что же означают современные термины:

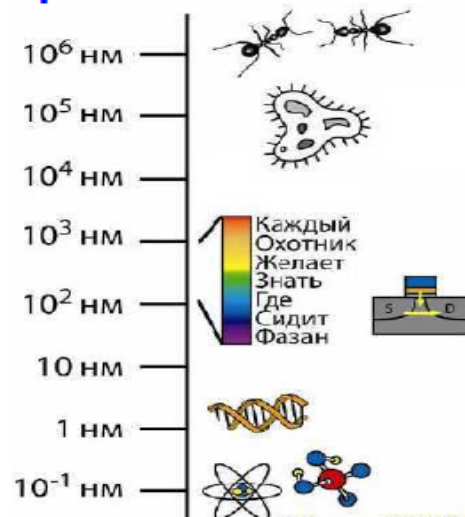
«наномир», «нанонаука», «нанотехнологии», «нанотехника»,
«наноматериалы», «нанозлектроника»,
«нанобиотехнология», «нанокерамика», «наномедицина».

В фокусе нанотехнологий находятся так называемые нанобъекты размером приблизительно от 1 до 100 нм.



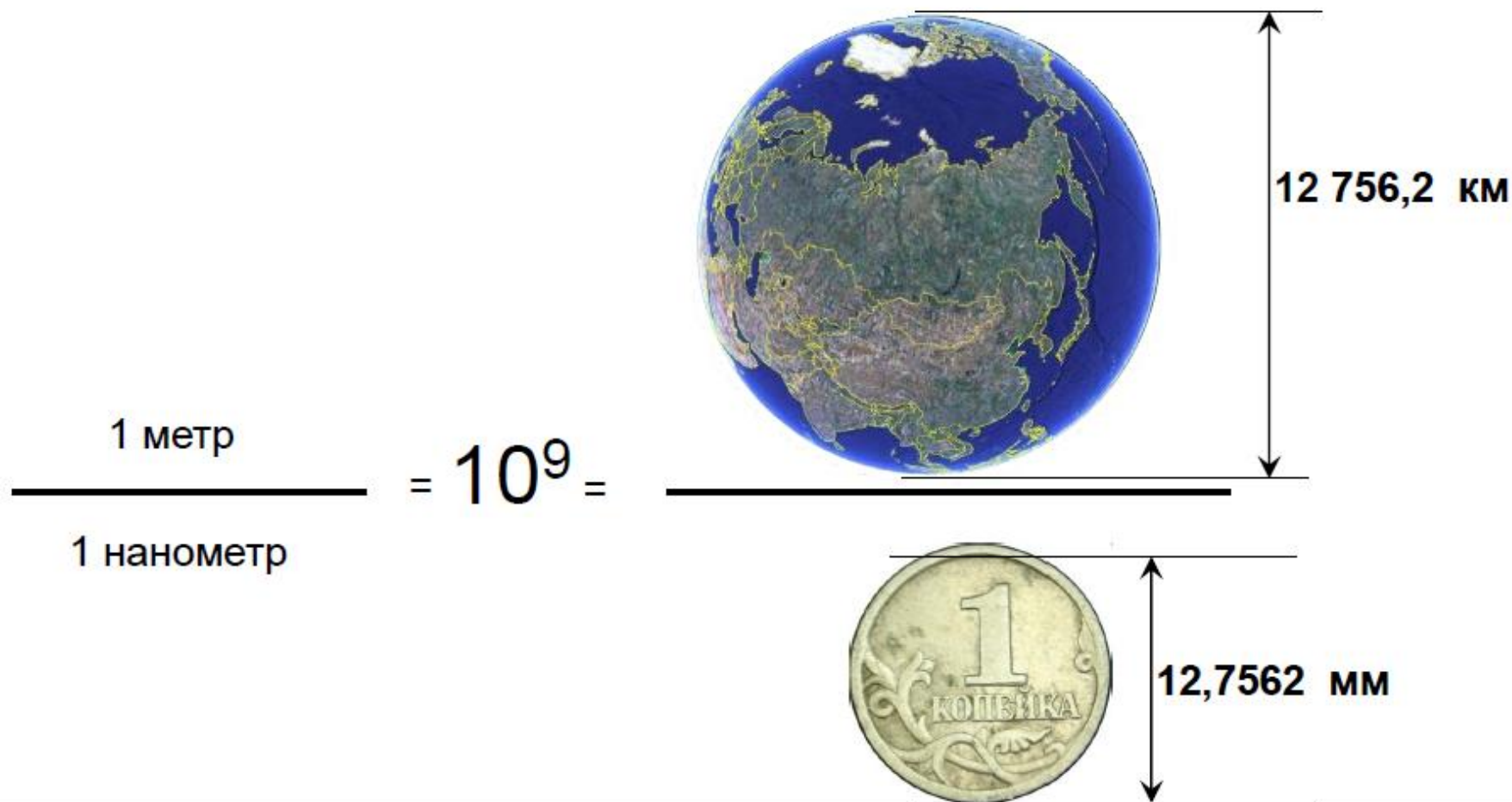
«Пятое измерение»?

- Размер по одному из измерений < 100 нм
- Новые свойства по сравнению с объемным телом
- Высокая реакционная способность
- Квантовые и туннельные эффекты
- Самоорганизация и самосборка
- Специфическое взаимодействие с живыми системами



«Если при уменьшении объема какого-либо вещества по одной, двум или трем координатам до размеров нанометрового масштаба возникает новое качество, или это качество возникает в композиции из таких объектов, то эти образования следует отнести к наноматериалам, а технологии их получения и дальнейшую работу с ними - к нанотехнологиям.»

Ж.И. Алферов. «Микросистемная техника» №8, 2003, стр. 3 – 13



Масштаб макро-, микро- и нанообъектов

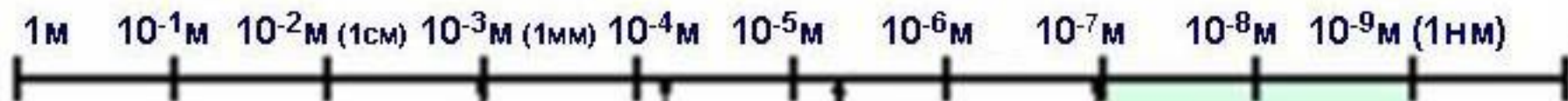


Футбольный мяч

~ 22 см

Фуллерен C₆₀

0.7 нм



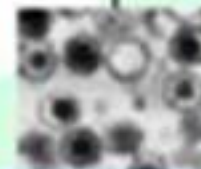
Блоха



Волос
80 микрон



Клетки крови
7 микрон



Вирус
150 нм



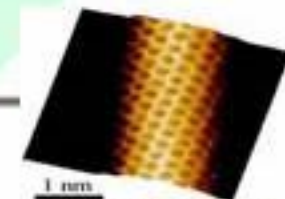
Наночастицы Pt (3 нм) на TiO₂



20 нм



4 x 3 нм буквы (молекулы CO) на Si подложке



1 мкм
Одностенная нанотрубка
Диаметр - 1.4 нм;
Длина - 5-6 мм



Нить спирали ДНК
Диаметр ~ 2 нм



*«Какое счастье, что вокруг
Живут привольно и просторно
Слова и запах, цвет и звук,
Фактура, линия и форма».
Игорь Губерман, советский и
израильский поэт*

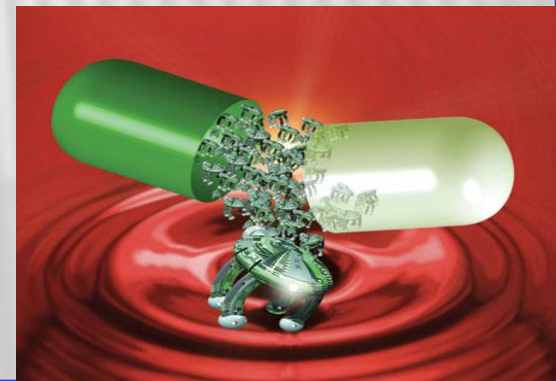
Нанотехнология – впервые термин предложен **японским профессором Норио Танигучи (1974 г.)** – прецизионная механическая обработка изделий с субмикронной точностью для быстрой миниатюризации твердотельной электроники



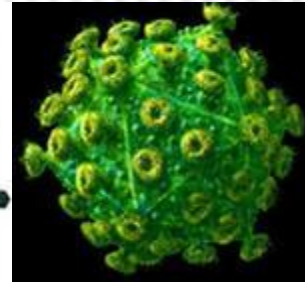
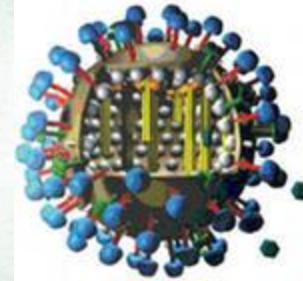
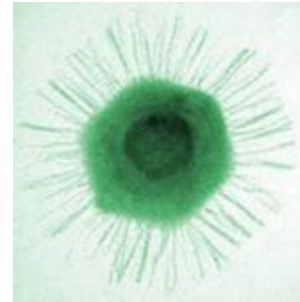
Нанотехнология – совокупность технологий, методов и процессов, связанных с манипуляцией с веществом на молекулярном (атомном) уровне и технологий создания систем, имеющих, по крайней мере, по одному из измерений, линейный размер менее 100 нм



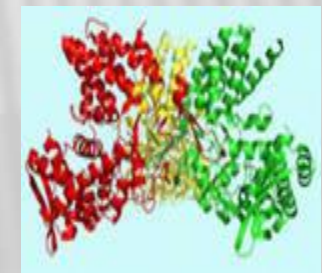
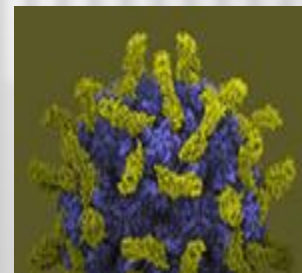
Нанотехнология – совокупность фундаментальных и прикладных исследований и разработок, направленных на познание специфики поведения вещества и управление его свойствами в интервале его характерных размеров примерно от 1 до 100 нм, где уникальные явления позволяют реализовать инновационные приложения

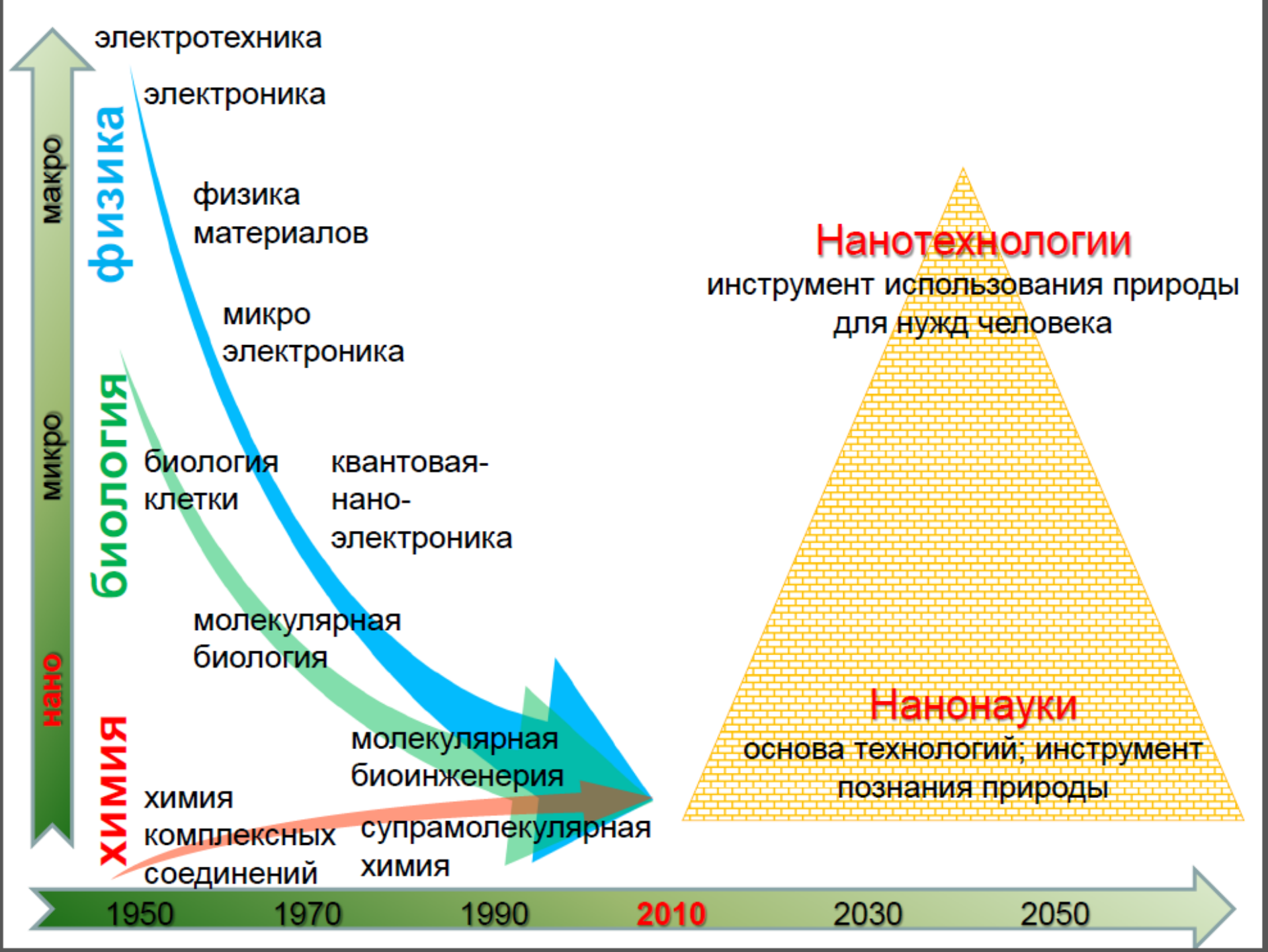


НАНОМИР представлен объектами и структурами, размер которых составляет $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м} = 10^{-6} \text{ мм} = 10^{-3} \text{ мкм}$.



Для **белков** и **вирусов**, имеющих нанометровые размеры, человек — это **гигантский Гулливер** !





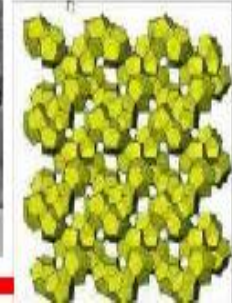
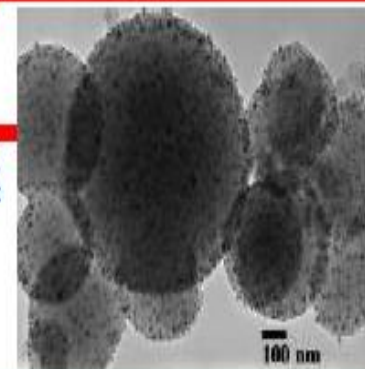
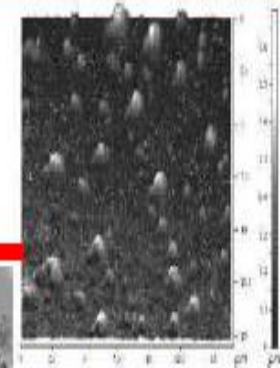
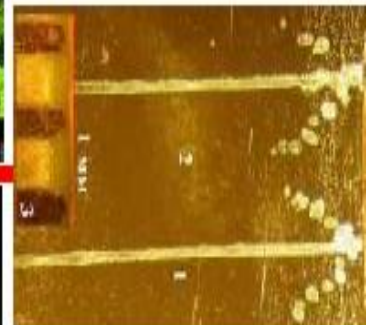
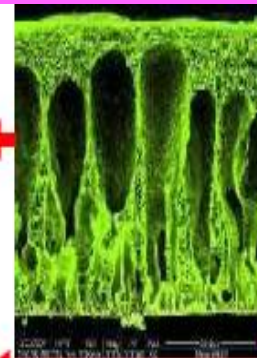
Объекты микромира, хотя бы один из линейных размеров которых не превышает 100 нм, принято относить к **НАНОСТРУКТУРАМ**. На их основе создают **НАНОМАТЕРИАЛЫ**

Классификация наноструктур может осуществляться на основе линейных размеров частицы по направлениям тех самых 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.



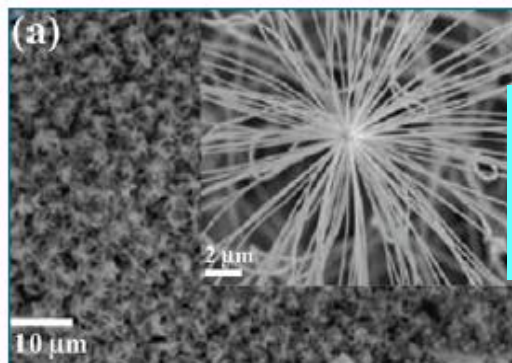
- **Объемные (3D) наноструктурированные материалы:** металлы и сплавы с ультрамикрозернистой структурой, нанокерамика
- **Наноструктурированные планарные материалы (2D):** пленки и покрытия, нанопечатная литография, самособирающиеся монослои
- **Наноструктурированные (1D) материалы:** нанотрубки, нановолокна,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



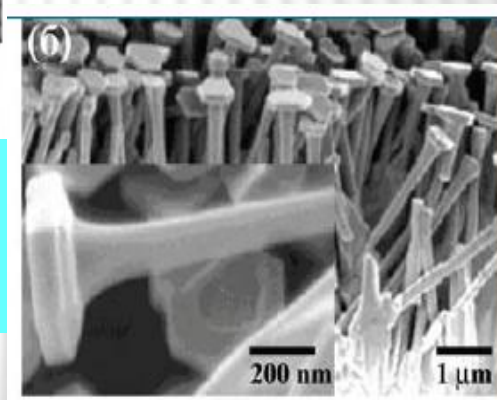
МНОГООБРАЗИЕ НАНОСТРУКТУР

«Не верь глазам своим».
К. Прутков

«НАНОРОЗА» – лепесточки
гидроксида магния

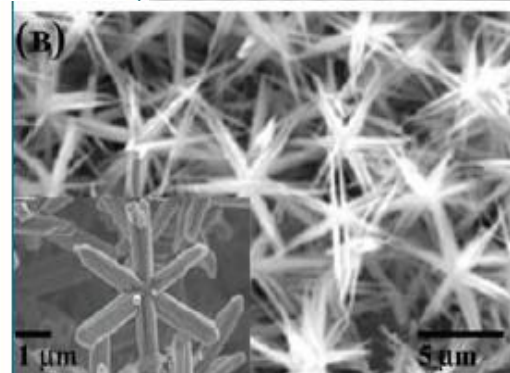


«НАНОЦВЕТЫ» – лепесточки
диоксида кремния, выращенного из
SiC и C на кремниевой подложке



«НАНОГВОЗДИ»

из оксида цинка, полученного при осаждении
паров оксида цинка в присутствии In_2O_3

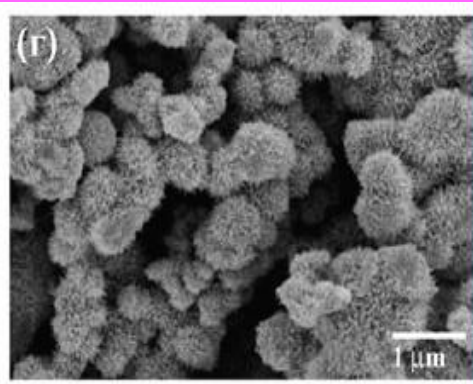


**«НАНОСНЕЖИНКИ» и
«НАНОЗВЕЗДОЧКИ»** –
лепесточки из диоксида марганца

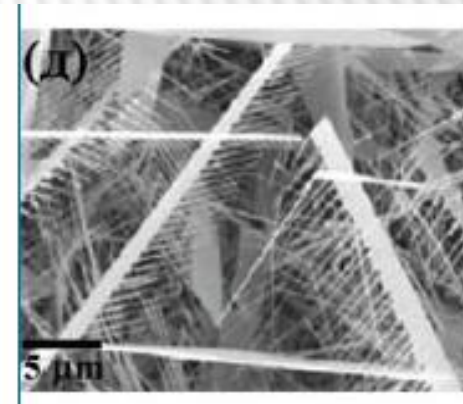
МНОГООБРАЗИЕ НАНОСТРУКТУР

«Не верь глазам своим».
К. Прутков

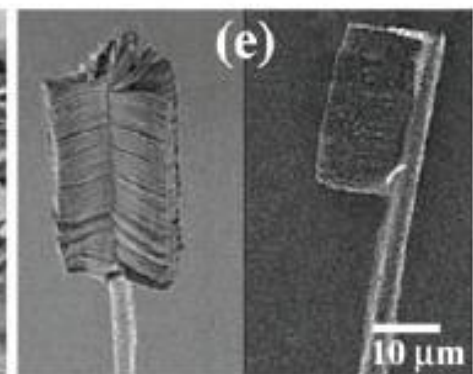
«НАНОДУВАНЧИКИ» –
структуры состава VOOH



«НАНОРАСЧЕСКА» – структура из
оксида цинка в смеси с угольным
порошком



«НАНОМЕТЛА» и **«НАНОЩЕТКА»** - получены выращиванием
нанотрубок на нитях силицида углерода из горячего газа.
Ручки покрыты тончайшим слоем золота, исключая
появление щетинок



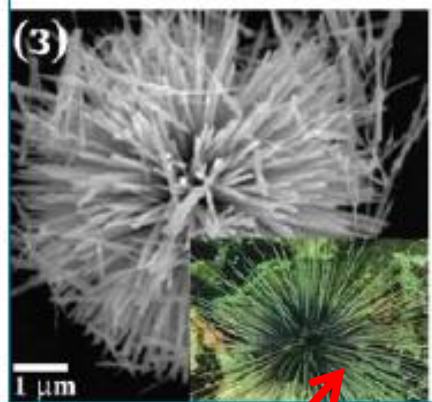
НАНОСТРУКТУРА «РЫБЬЯ КОСТЬ» –
синтезирована при нагревании смеси
порошков MgO и Co на кремниевой
подложке



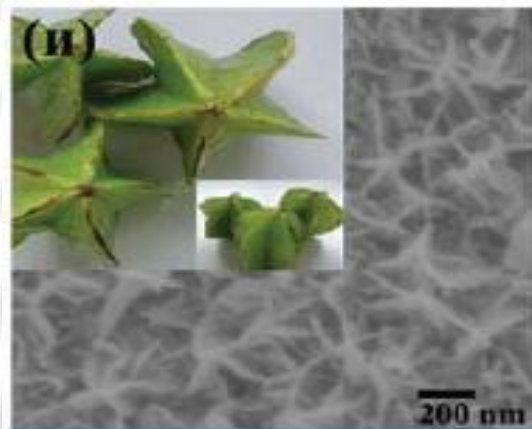
МНОГООБРАЗИЕ НАНОСТРУКТУР

«Не верь глазам своим».
К. Прутков

«МОРСКОЙ НАНОЁЖ» –
наноструктура MnO_2
(получен гидротермальным методом из
додецилсульфата натрия)

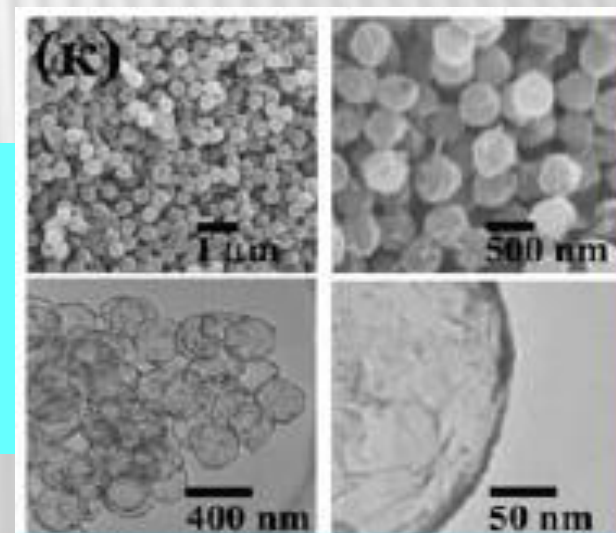


настоящий
морской ёж



«НАНОПЛЕНКА» – наноструктура из
диоксида марганца, полученная
электрохимическим методом,
изображающая *карамболу (фрукт)*

«НАНОРАКУШКИ» - получены
наращиванием коллоидных наночешуек
 MnO_2 на наносферах поливинилхлорида с
последующим отжигом полученного
композиата

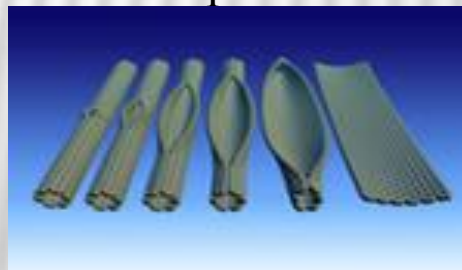
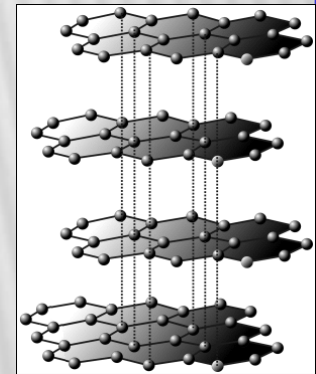
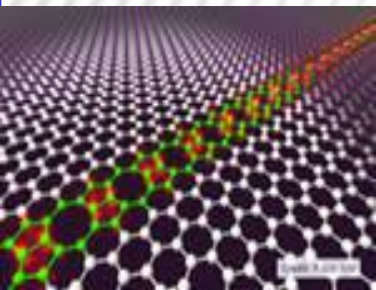
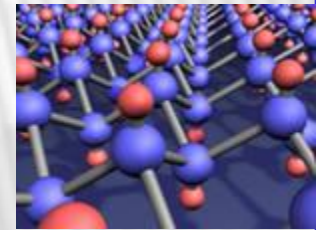
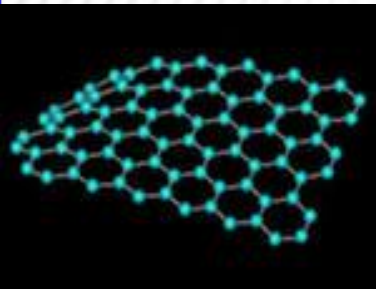


СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Графен (graphen) – слой атомов углерода, соединенных в гексагональную двумерную кристаллическую решетку (плоскость графита, отделенного от объемного кристалла); высокая тепло- и электропроводность, жесткость; будущее наноэлектроники.

2010 г. – Нобелевская премия мира по физике – А. Гейм, К. Новоселов «За передовые опыты с двумерным материалом – графеном».

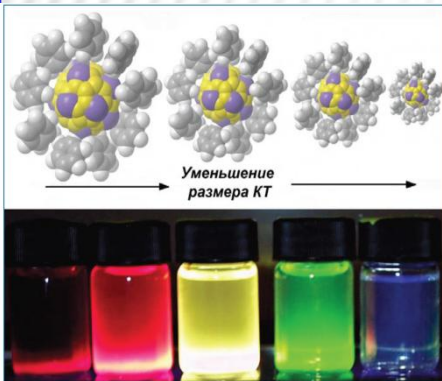
Применение: возможная замена кремния в интегральных микросхемах, новый класс графеновой наноэлектроники с базовой толщиной транзисторов до 10 нм, в качестве очень чувствительного сенсора размером 1 мкм × 1 мкм для обнаружения отдельных молекул химических веществ, присоединённых к поверхности плёнки



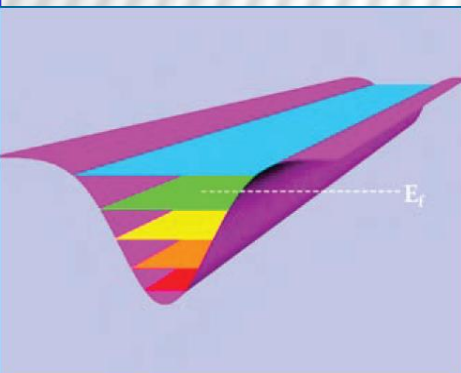
СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



У – транзистор (**У** – transistor) – полевой транзистор, созданный на основе нанотрубки

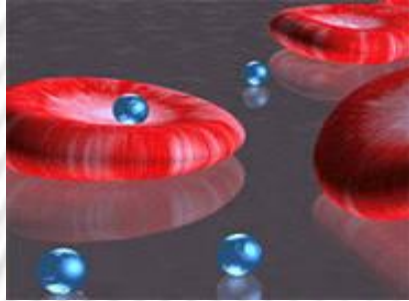


Квантовая точка (quantum dot, QD) – структура, у которой во всех трех направлениях (x, y, z) размеры составляют несколько межатомных расстояний (нуль- или трехмерная структура)



Квантовая яма (quantum well) – квантовая структура, имеющая размерность локализации, равную 1

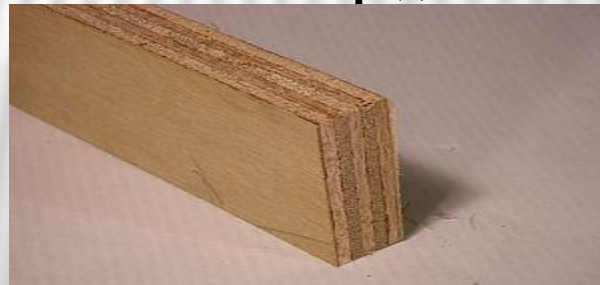
СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



Клоттоцит (в наномедицине, clottocyte) – искусственный аналог тромбоцита (один из элементов крови животных и человека, участвующий в ее свертывании)



Композиционный материал (композит, composite material) – неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические свойства (прочность, жесткость) материала, и матрицу (основу), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов) и защиту от механических повреждений и агрессивной химической среды



МЕТАМАТЕРИАЛЫ

Какими свойствами будет обладать материал, полученный при смешивании железных опилок и ваты?

Вспомним сказки, в которых колдуны и волшебники смешивают мухоморы, лягушечьи лапки и крылья летучих мышей...

Волшебные свойства этих снадобий не свойственны отдельным ингредиентам!

Все это - прототипы **МЕТАМАТЕРИАЛОВ!**

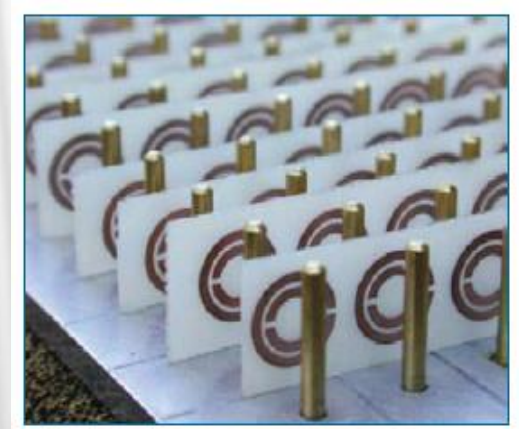
МАТЕРИАЛЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ($\epsilon < 0$ и $\mu < 0$; $n = \sqrt{\epsilon\mu} < 0$) !

Природные материалы с $\epsilon < 0$ хорошо известны – это любой металл при частотах ниже плазменной частоты

Материал с $\mu < 0$ – может быть получен для проводящего кольца с зазором.

Если поместить кольцо с зазором в переменное магнитное поле, то в кольце возникнет электрический ток, а на месте зазора дуговой разряд.

Впервые объединить обе системы ($\epsilon < 0$ и $\mu < 0$; $n = \sqrt{\epsilon\mu} < 0$) удалось в *2000 г. америк. Дэвиду Смуту* и был создан **МЕТАМАТЕРИАЛ**.



- развитие метеорологии и океанографии,
- средства всепогодной навигации,
- устройства дистанционной диагностики качества деталей,
- системы безопасности, обнаруживающие оружие под одеждой



Согласно современной терминологии, Баба-Яга не ворожит, а синтезирует метаматериал

КОСТЮМ – «НЕВИДИМКА» И УМНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ



Кадр из фильма «Хищник» с участием А. Шварценеггера

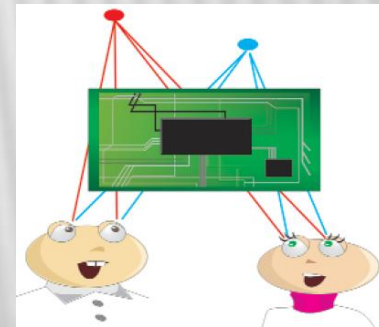


Первый образец костюма - невидимки

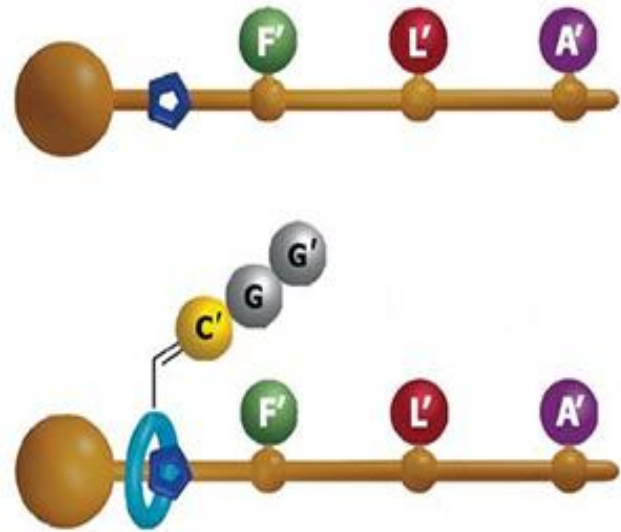
Принцип работы костюма – невидимки:

это наноматериал, в который встроены миниатюрные видеодатчики и светоизлучающие элементы.

Каждый датчик, принимающий изображение из какой - либо точки, например, со спины, посылает видеосигнал на процессор, который перенаправляет его на соответствующий участок “экрана” спереди. При этом процессор моделирует траекторию луча таким образом, как если бы между принимающим датчиком и светоизлучающим элементом ничего не было. Это позволяет наблюдателю видеть предметы, которые фактически находятся за обладателем костюма.

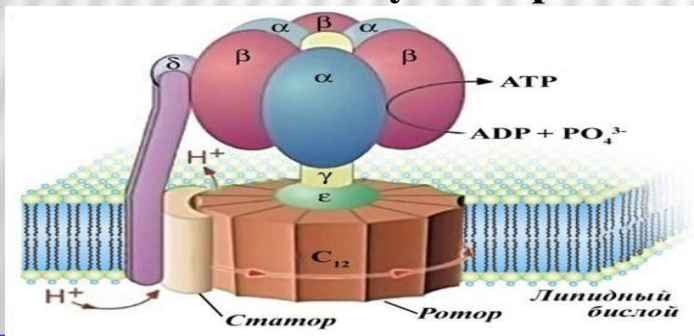
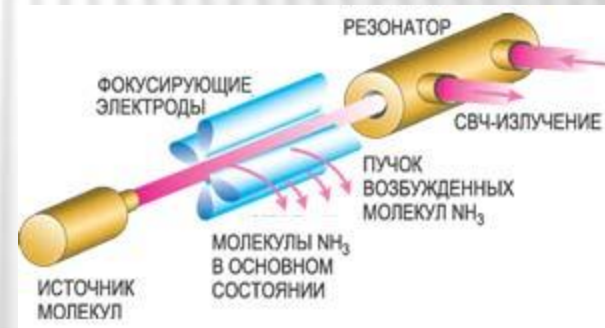


СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



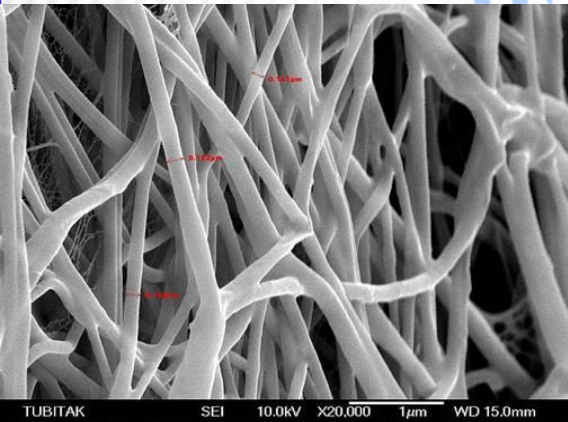
Молекулярная машина (molecular machine) – химически или биологически синтезированная молекула (совокупность молекул), способная совершать полезную работу (в термодинамическом смысле); часто проектируются на основе **ротаксанов** — класса соединений, состоящих из молекулы гантелевидной формы («стержня») и «надетой» на неё циклической молекулы («кольца»); является аналогом **рибосомы** – молекулярным ансамблем для синтеза белка

Молекулярный генератор (молекулярная машина, molecular generator) – преобразует поступательное и вращательное движение в химическую энергию



Молекулярный мотор (molecular motor) – молекулярная машина, способная совершать поступательное и вращательное движение

СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



Нановолокно (nanofibre) – нанобъект, два внешних размера которых лежат в нанодиапазоне (от 20 нм до 150 нм), а третий размер их значительно превосходит (не менее, чем в 3 раза); хорошо впитывает и удерживает влагу



Наногель (в наномедицине, nanogel) – наноразмерный гель для инкапсуляции или высвобождения лекарственных препаратов, применяемый как система доставки лекарств. Наночастицы геля в виде инсулина, оказавшись в организме, могут реагировать на концентрацию глюкозы и автоматически секретировать необходимое количество инсулина, чтобы поддержать физиологический уровень глюкозы. Лечение сахарного диабета

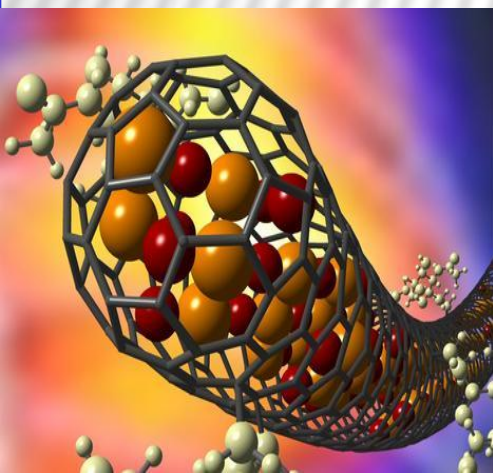
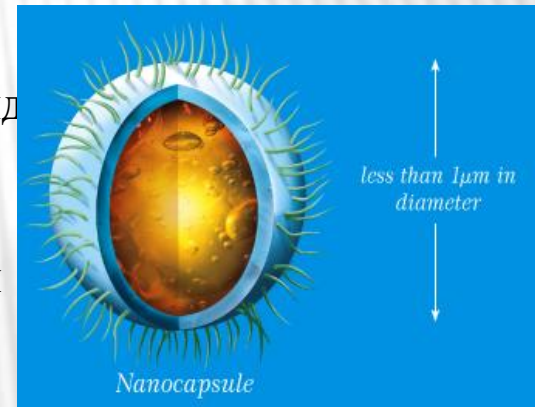


СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



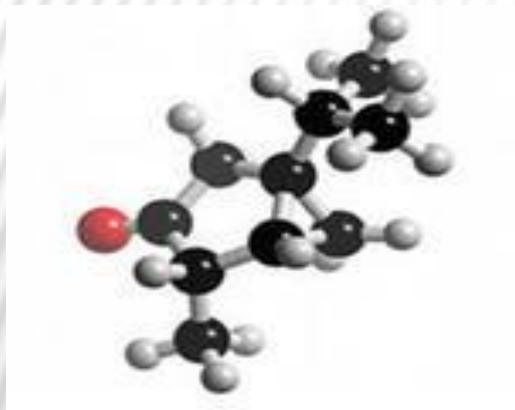
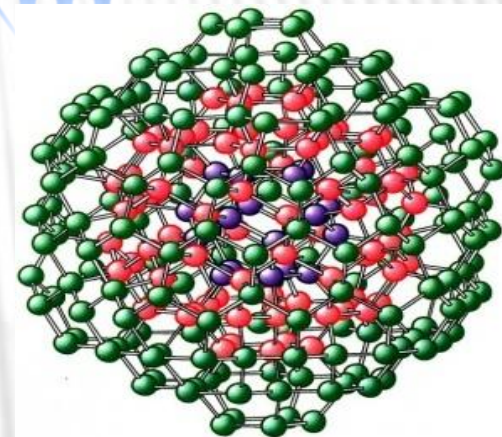
Нанокапсула (в наномедицине, nanocapsule) – носитель, имеющий вид сферической частицы, включающий полое или твердое ядро, предназначенный для транспортировки аналитического, терапевтического или окрашивающего агента.

Применяют для контролируемого введения инкапсулированных биологически активных веществ: лекарственных препаратов (в том числе нерастворимых в воде или нестабильных), пептидов и белков (имеющих функции гормонов и цитокинов), а также генетических конструкций, несущих гены ферментов, гормонов и цитокинов.



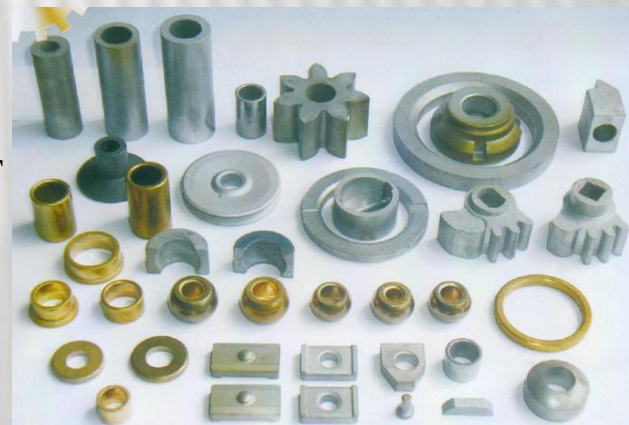
СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

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



Молекула (molecule) – микрочастица, образованная из двух или более атомов и способная к самостоятельному существованию (наименьшая (по массе и размерам) частица вещества, определяющая его основные свойства

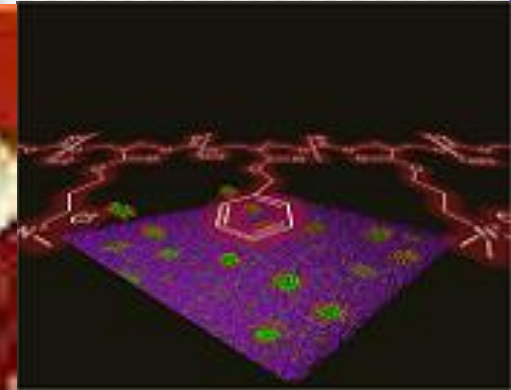
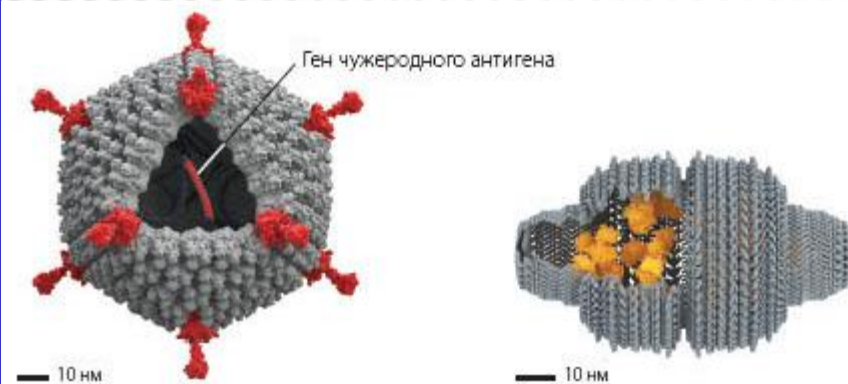
Наноматериал (nanomaterial) – материал, имеющий геометрические или структурные особенности, по крайней мере, один из внешних размеров которых лежит в нанодиапазоне от 1 нм до 100 нм (нанокристаллические материалы, дисперсные наноматериалы, материалы с нанопорами, металлы, керамика)



СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

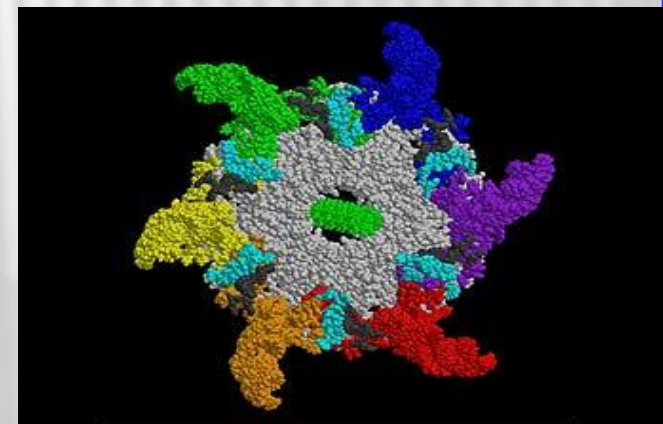
Нанолечение (nanodrug) – лекарство, представляющее собой нанобъект, активность которого и способ доставки к целевой ткани (органу) определяется свойствами этого нанобъекта.

Атакуют раковые клетки изнутри, а не снаружи, борется с инфекционными болезнями и т.д.

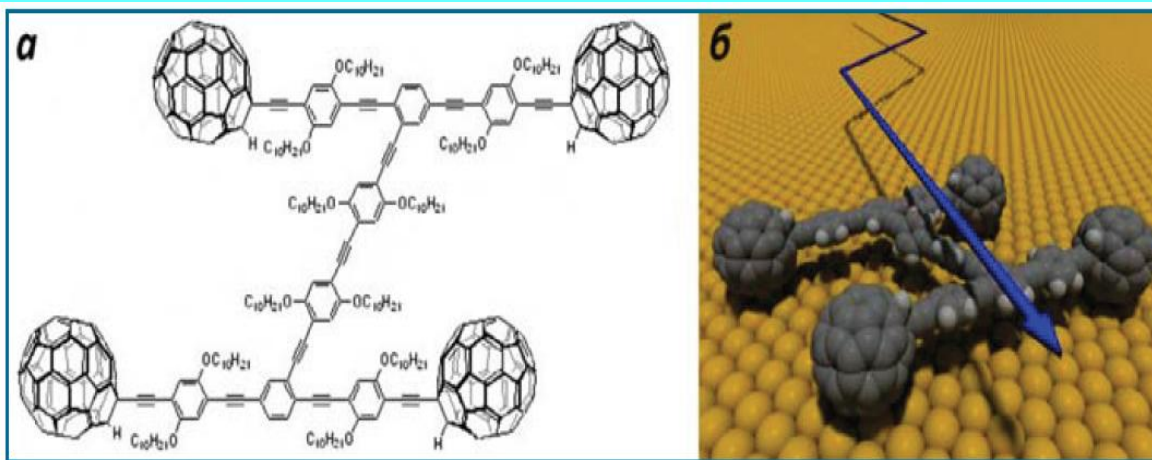


Наномотор (nanomotor) – нанобъект, имеющий возможность превращать химическую энергию в механическое движение.

Сверхминиатюрные вращающиеся механизмы используют туннельный эффект - квантовомеханическое явление, которое, предположительно, ответственно и за работу природных наномоторов у бактерий и одноклеточных животных



НАНОМАШИНЫ



Создание америк. профессора
Джеймса Тура

Размер *наноавтомобиля*
3 – 4 нм !!!

Наноавтомобиль – это большая органическая молекула, состоящая из 300 атомов трех видов (кислород, углерод, водород), передвигающаяся под действием температуры или света по поверхности золота, нагреваемого до *200 градусов Цельсия*.

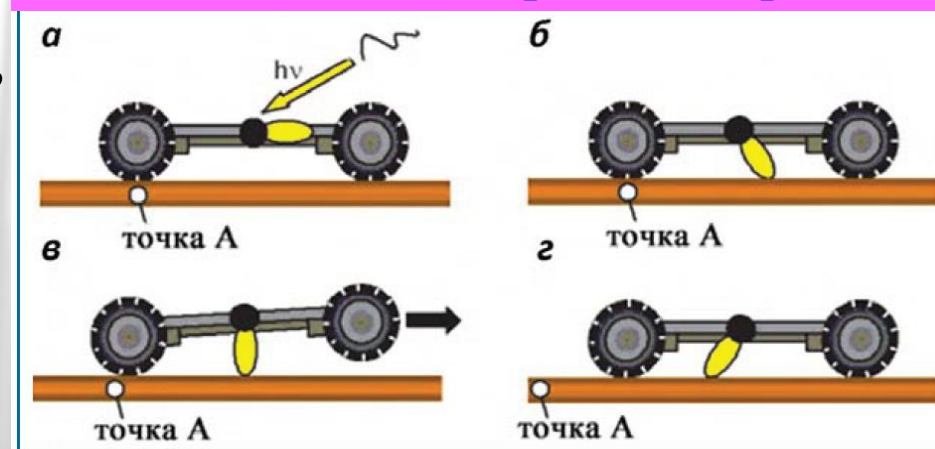
Колеса наноавтомобиля – молекулы *фуллерена*, связанные химическими связями с каркасом машины.

Им было сложно управлять из – за «пробок» на «автодроме».

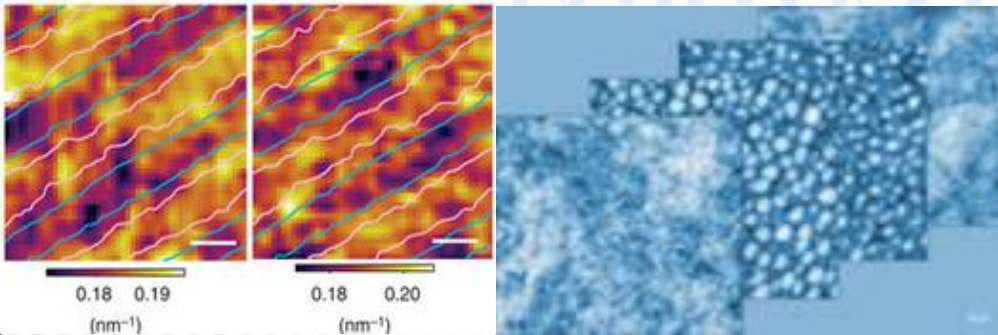
Наноактюатор (молекулярный мотор), установленный в центре рамы, с лопастью, которая вращается под действием света (длина волны 365 нм).

Однако он не работал в присутствии фуллеренов, которые заменили на молекулы *p – карбонаров*, содержащие С, Н, В.

Модель голл. инженера Бена Феринга



СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



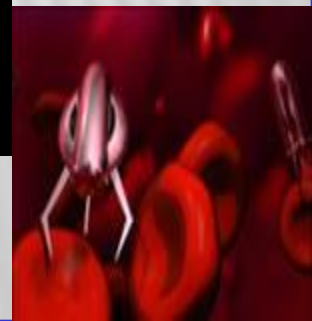
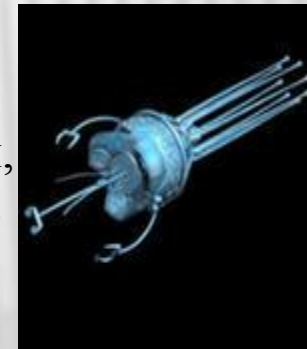
Нанорельеф (nanorelief) – рельеф поверхности твердого тела (или поверхности раздела фаз), отклонения от идеальной поверхности которого лежат в диапазоне от 1 нм до 100 нм.

Могут быть получены при помощи СЭМ

Наноробот (нанобиотехнологии, репликатор, nanorobot) – устройство, размеры которого лежат в нанодиапазоне, предназначенное для манипулирования нанообъектами, прежде всего биологическими молекулами, клетками и др. Обладает функциями движения, обработки и передачи информации, исполнения программ.

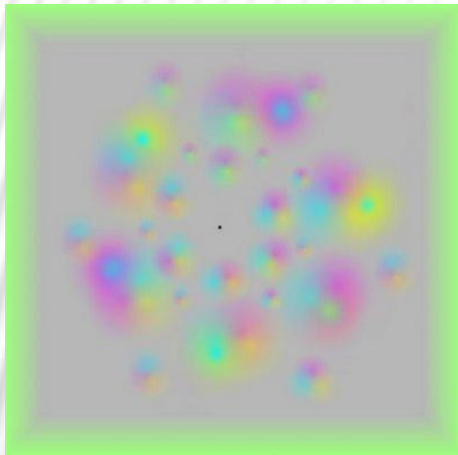
Первое полезное применение нанороботов, если они появятся, планируется в медицинских технологиях, где они могут быть использованы для выявления и уничтожения раковых клеток.

Также они могут обнаруживать токсичные химические вещества в окружающей среде и измерять уровень их концентрации.



СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

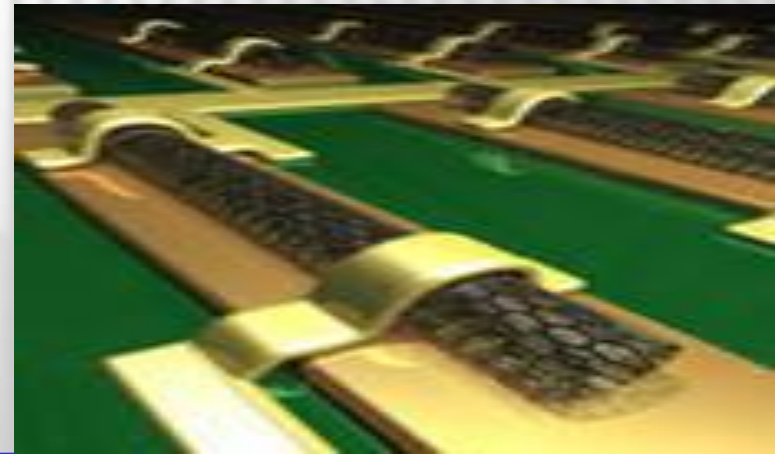
Наноткань (nanofabric) – ткань макроскопических размеров, в которой вместо нитей использованы нановолокна



Нанотранзистор (nanotransistor) – наноэлектронный прибор, имеющий три электрода и предназначенный для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов



Наноточка (nanodot) – нанообъект, размеры которого в каждом из трех измерений не превышают 100 нм



СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

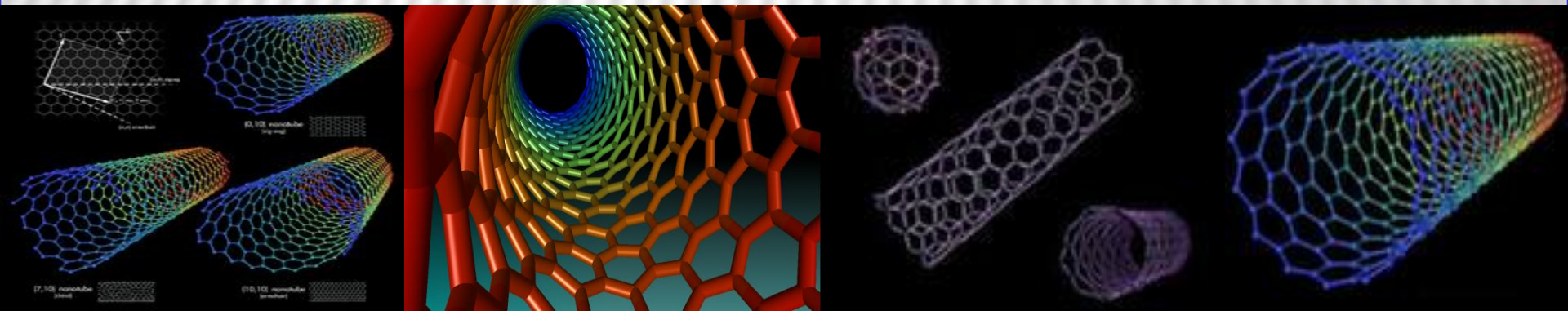
Углеродная нанотрубка (carbon nanotube) – нанотрубка (нить), состоящая из углерода – углеродная каркасная структура цилиндрической формы диаметром до единиц нм (что в 50 – 100 тыс. раз тоньше человеческого волоса) и длиной, много большей диаметра.

Нанотрубки прочнее стали в 50 – 100 раз, плотность меньше в 6 раз, нить из нанотрубок диаметром 1 мм может выдержать груз в 20 тонн, что в миллиарды раз больше ее собственной массы !!!

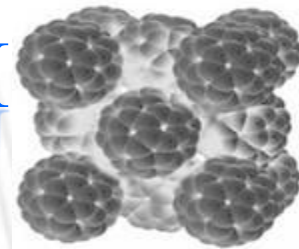
Однослойные нанотрубки – образована сворачивание плоскости графита (графена), состоящей из правильных шестиугольников в цилиндрическую поверхность.

Многослойные нанотрубки – имеют структуру типа вложенных цилиндров различного диаметра (свиток).

Применение: сверхпрочные нити, композитные материалы, нановесы, транзисторы, нанопровода, прозрачные проводящие поверхности, топливные элементы, капсулы для активных молекул, хранение металлов и газов, нанопипетки, плоские прозрачные громкоговорители, космический лифт (нанотрубки, теоретически, могут держать огромный вес — до тонны на квадратный миллиметр), создание искусственной мышцы, которая в **85 раз** сильнее человеческой, нити из парафина и углеродных трубок могут поглощать тепловую и световую энергию и преобразовывать ее в механическую



СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



Фуллерен (fulleren) – аллотропная молекулярная форма углерода (алмаз, графит, карбин), в которой атомы расположены в вершинах правильных шести- и пятиугольников, покрывающих поверхность сферы или сфероида.

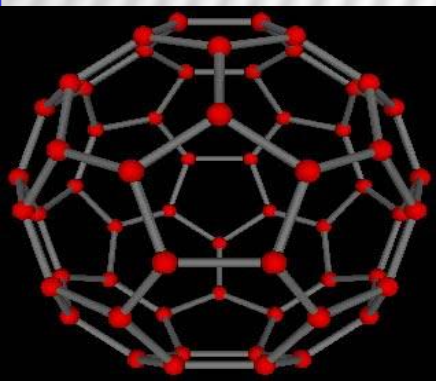
Могут содержать 28, 32, 50, 60, 70, 76 и т.д. атомов углерода.

Молекула с 60 атомами углерода обладает наиболее высокой симметрией и наибольшей стабильностью.

1996 г. Р. Керл, Х. Крото, Р. Смелли –

Нобелевская премия по химии «За открытие фуллеренов».

Применение: аккумуляторы и электрические батареи, в которых так или иначе используются добавки фуллеренов, основой которых являются литиевые катоды, содержащие фуллерены, в качестве добавок для получения искусственных алмазов методом высокого давления, в фармации для создания новых лекарств, в качестве полупроводников, диоды, транзисторы, фотоэлементы, легирование твердого C_{60} небольшим количеством щелочного металла приводит к образованию материала с металлической проводимостью, который при низких температурах переходит в сверхпроводники.



Нобелевская премия по химии 1996 г.



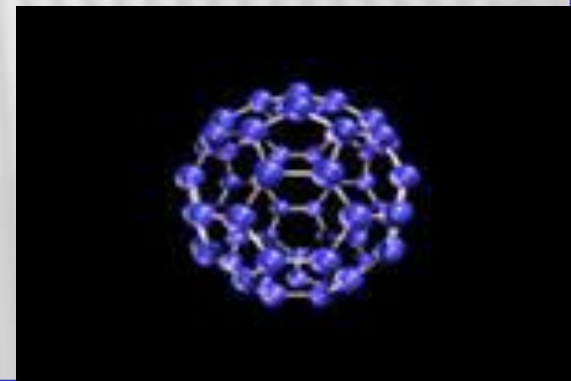
Richard E. Smalley



Harold W. Kroto



Robert F. Curl

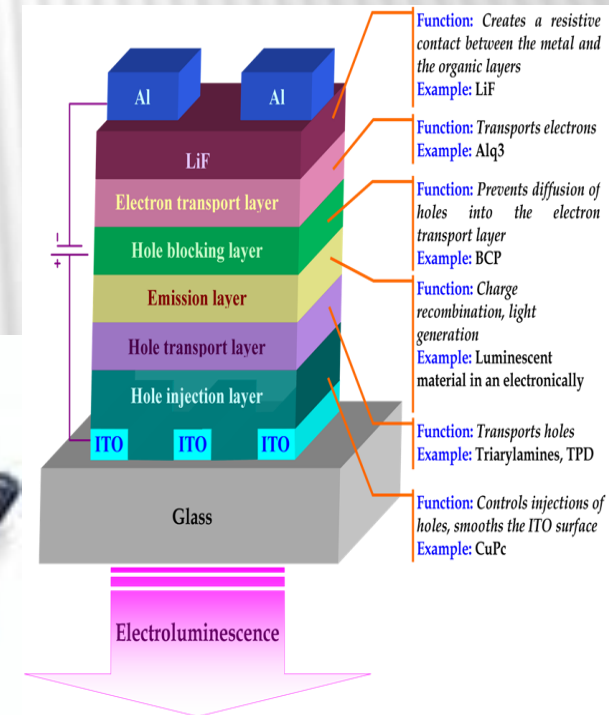
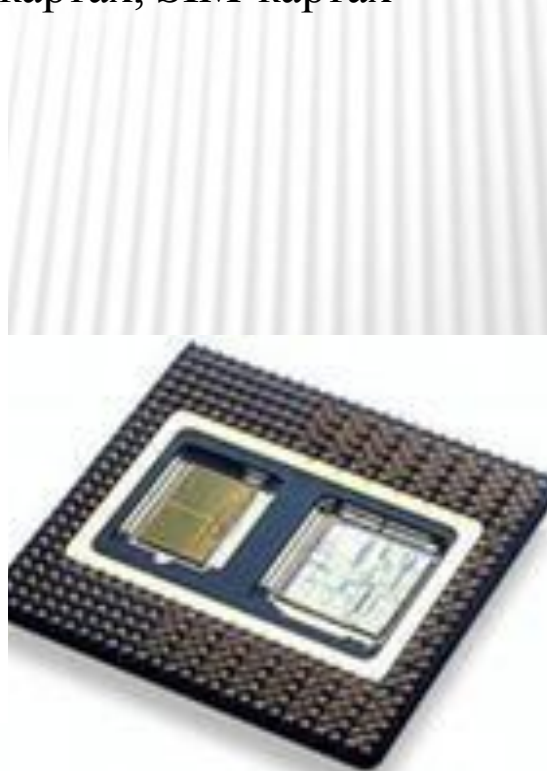
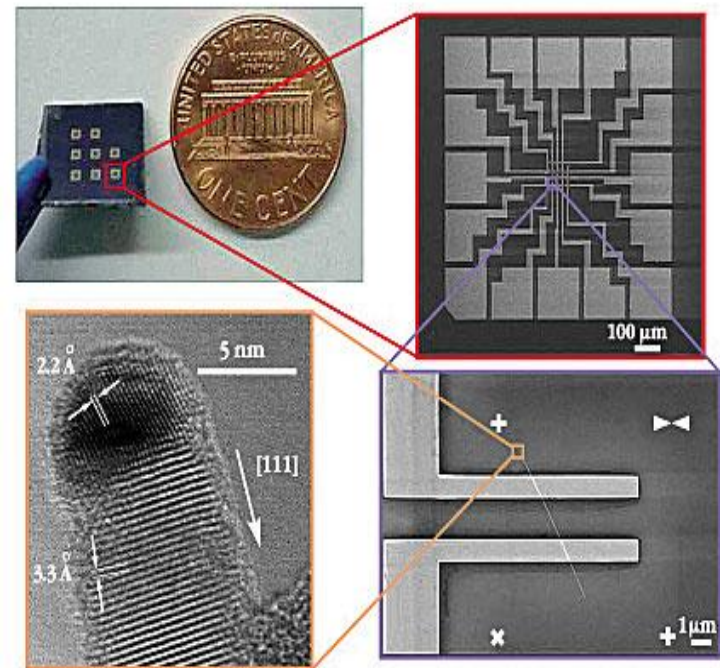


СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Наночип (nanochip) – интегрированная электронная, фотонная или жидкостная функциональная система с наномасштабными особенностями, формируемая на подложке.

Эффективность преобразования или передачи энергии.

Используется в электронной начинке навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и биометрических паспортов, промышленной электронике, банковских и социальных картах, SIM-картах

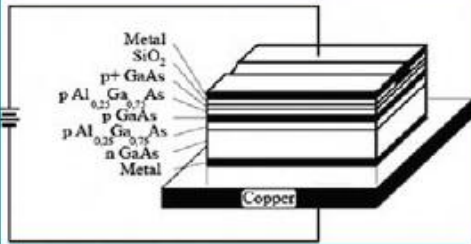


ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ

Термин в физике полупроводников, который означает *выращенный на подложке слоистый пирог из различных полупроводников.*

Контакт двух различных по химическому составу полупроводников (два разных по цвету коржа в пироге) называется *гетеропереходом.*

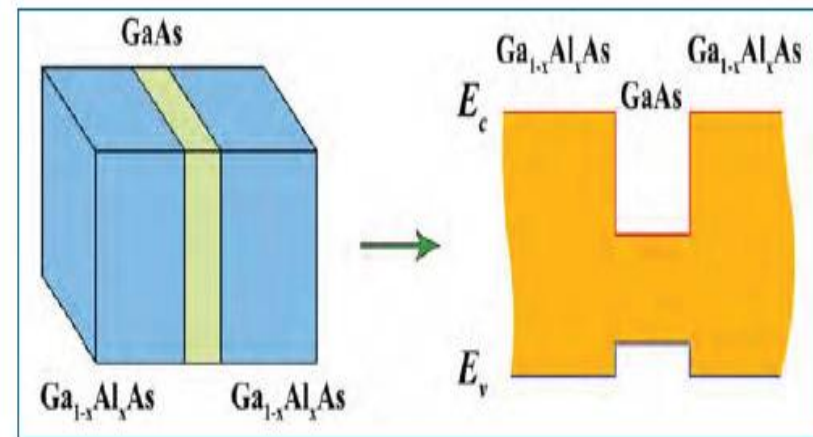
Гетероструктура – полупроводниковая структура с несколькими гетеропереходами (*многослойный пирог*).



Если привести в тесный контакт два различных по химическому составу полупроводника, которые отличаются шириной запрещенных зон, постоянной кристаллической решетки, то схематично зонная диаграмма будет напоминать «ЯМУ», *заполненную носителями заряда (электронами и дырками).*

Впервые *Ж. Алферовым и Г. Кремером* на базе многослойных гетероструктур были разработаны *быстрые опто- и микроэлектронные компоненты (прежде всего GaAs / AlGaAs).*

Применимы в электронных устройствах с повышенным быстродействием и информационной емкостью (лазер в проигрывателе компакт – дисков).



НАНОКЛЕЙ И ЭФФЕКТ ГЕККОНА

Если самым обычным клеем смазать и затем соединить между собой две поверхности, то они слипнутся.

Этот эффект из *нанотехнологий!*

Интересные решения подсказала ПРИРОДА: при создании материалов на основе углеродных нанотрубок, имитирующих поверхность лапок геккона.



Геккон – рептилия, которая может бегать по потолку или висеть вниз головой, прицепившись к ветке дерева всего лишь одним пальцем !

Кончики пальцев геккона покрыты миллионами микроскопических щеточек, состоящих из крошечных эластичных волосков, притягивающихся к поверхности силами Ван – дер – Ваальса.

Не за горами создание *человека – наука.*

Углеродные нанотрубки по форме и размерам похожи на волоски геккона.

С помощью *углеродных нанотрубок*, введенных в эпоксидную смолу, позволяет увеличить ее твердость и теплопроводность.

Добавление *наночастиц оксида железа* в канцелярский клей позволит создать моментально затвердевающий клей.

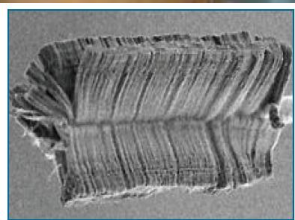
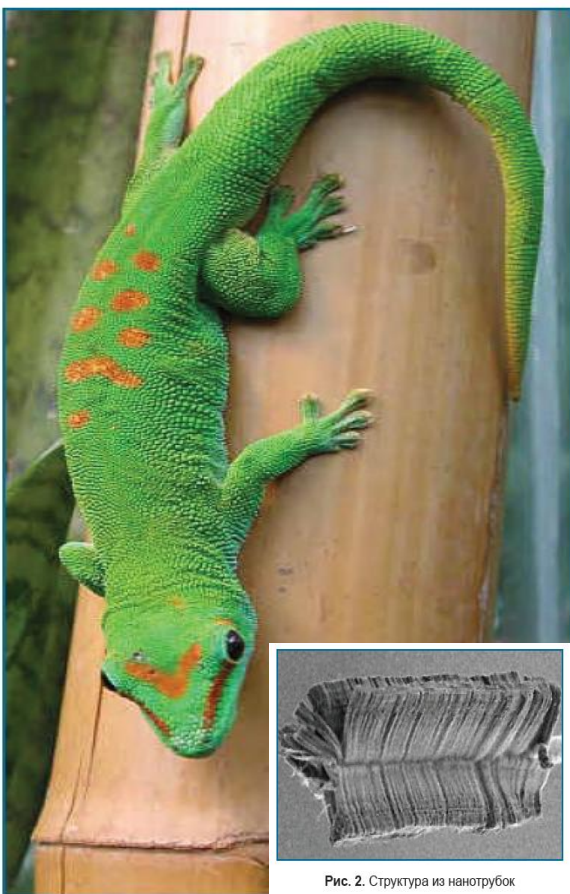


Рис. 2. Структура из нанотрубок

Рис. 1. Фельзума мадагаскарская – один из видов дневных гекконов

ЭФФЕКТ ЛОТОСА



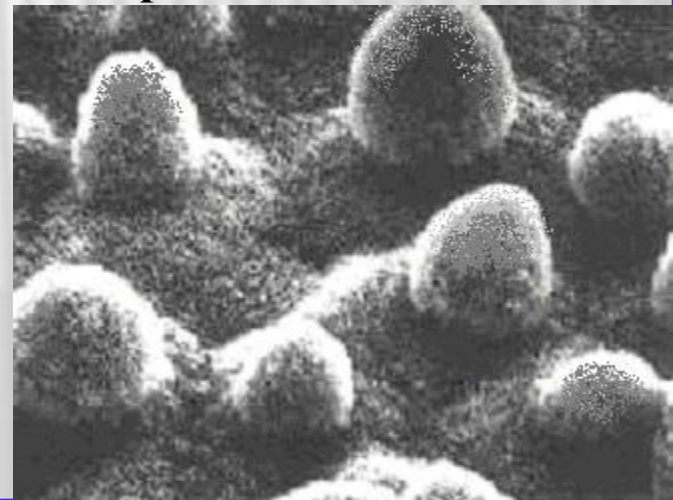
Это явление самоочистки листьев и цветов некоторых растений, которое основано на особом *наноструктурированном строении* их поверхности.

Данный феномен был запатентован учеными, открывшими его в семидесятых годах XX века – **Вильгельмом Бартхлоттом и Кристофом Найдуйсом.**

Способность к самоочищению относится не только к неорганическим загрязнениям (пыль, сажа, например), но и к загрязнениям биологическим (водоросли, микроорганизмы, споры, бактерии и пр.).

Другие примеры: *кактус, тюльпан, камыш, капуста* также обладают этим свойством, а еще некоторые насекомые, в частности, их крылья.

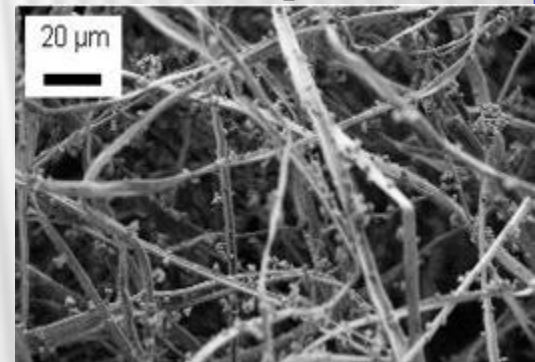
Благодаря точным микроскопам удалось раскрыть его природу. Оказалось, все дело в кутине – воскообразном веществе, состоящем из высших жирных кислот и эфиров. Это вещество располагается на поверхности листьев и цветков в виде своеобразных «шипов», которые и являют собой специфическую *наноструктуру.*



ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ Aqua Vallis И ПРОДУКТЫ НА ЕГО ОСНОВЕ



Это новый фильтровальный материал на основе *нановолокон*, который позволяет удалять из водных сред *вирусы и бактерии, эндотоксины*, разные виды частиц: *неорганические и органические коллоиды* (тяжелых металлов, гуминовой кислоты), *органические красители, микроорганизмы*, размер которых во много раз меньше среднего размера пор фильтра (*0,03 мкм*).



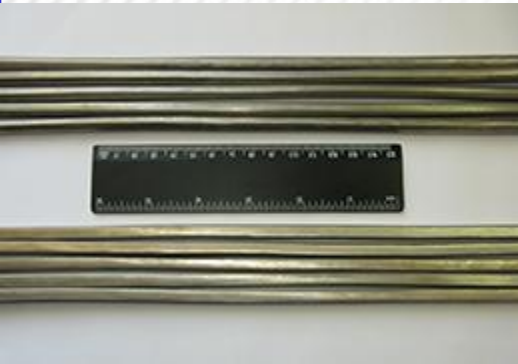
Принцип действия основан на сочетании удаления любых патогенных микроорганизмов (вирусов, бактерий) с помощью сорбции и фильтрации и высокой скорости потока жидкости (0,2 - 1,0 см/с).



Применение:

- *производство водоочистителей и картриджей для систем водоподготовки;*
- *доочистка водопроводной воды от микробиологических загрязнений;*
- *системы различной производительности для получения воды общелабораторной, аналитической и реагентной степени чистоты;*
- *для фильтрации растворов в медицинских учреждениях;*
- *ультрафильтрация для микроэлектронной и химической индустрии.*

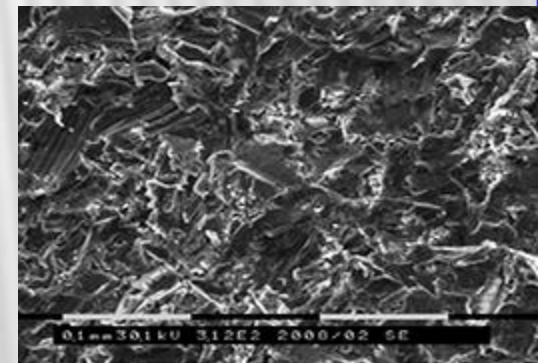
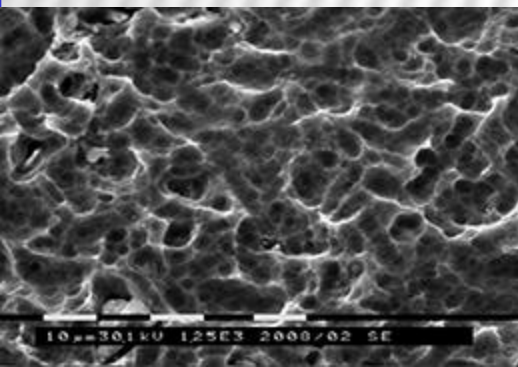
наноструктурный и субмикроструктурный титан медицинского назначения



Технология позволяет получать *наноструктурное и субмикроструктурное состояние* в титане с применением широко используемого промышленного оборудования (прессы, штампы, прокатные станы и т.п.).

Наноструктурный и субмикроструктурный титан не содержит токсичных для организма химических элементов, биосовместим, является прочным и пластичным, усталостная прочность.

Характерный размер зеренной-субзеренной структуры
до 100 нм и менее



Применение:

- производство имплантатов для дентальной имплантологии,
- производство имплантатов для челюстно-лицевой хирургии,
- производство имплантатов для травматологии.

ВИНТОВЫЕ ВНУТРИКОСТНЫЕ ИМПЛАНТАНТЫ ИЗ НАНОСТРУКТУРНОГО ТИТАНА

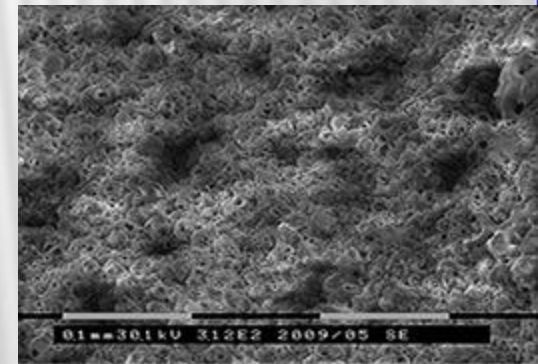
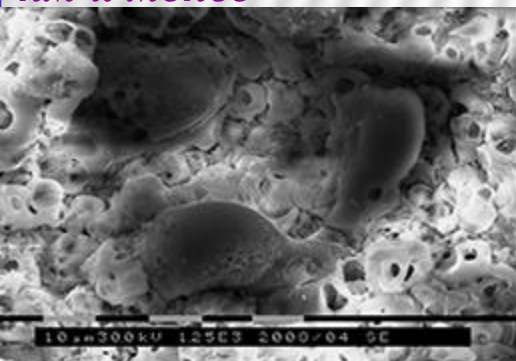


Наноструктура получена методом интенсивной пластической деформации предназначены для внутрикостной имплантации.

Наноструктурный и субмикроструктурный титан не содержит токсичных для организма химических элементов, биосовместим, является прочным и пластичным, коррозионно - стойкий.



Характерный размер зеренной-субзеренной структуры *до 100 нм и менее*



Применение:

- производство имплантатов для дентальной имплантологии,
- производство имплантатов для челюстно-лицевой хирургии,
- производство имплантатов для травматологии.

МАТЕРИАЛ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ (ЭПФ) ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВНУТРИКОСТНОГО ИМПЛАНТАТА



Предназначен для медицины, изготовлен из никелида титана (NiTi) с модифицированным поверхностным слоем, не содержащим никеля. Предназначен для обеспечения высокой коррозионной стойкости и биосовместимости с костными тканями стоматологических имплантатов, устанавливаемых через лунку свежееудаленного зуба.

Указанные свойства достигаются тем, что в результате *имплантации ионов молибдена, кислорода и углерода в поверхностном слое никелида титана* создается барьерный слой из материнской фазы с глобулярной *наноструктурой* (с размерами зерен ~100-200 нм) с большой концентрацией оксидов и карбидов титана и молибдена в виде *дисперсных выделений* (с размерами частиц ~10-20 нм).

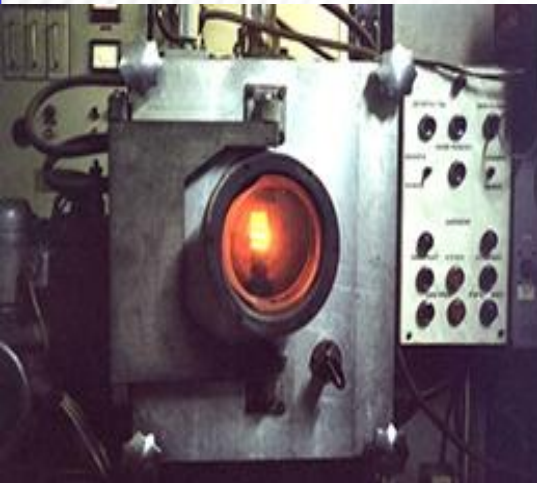


Применение:

- медицина, в том числе, стоматология, ортопедия, сосудисто-сердечная хирургия;
- для обработки деталей из титановых сплавов и никелида титана, предназначенных для длительной эксплуатации в морской и речной воде (судостроение, машиностроение).



НАНОТЕХНОЛОГИЯ И НАНОСТРУКТУРНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ



Разработана технология получения новых высокопрочных и высоковязких керамических материалов с *нанокристаллической структурой*, синтезированных из *нанокристаллических оксидных порошков на основе диоксида циркония, оксида алюминия и их гомогенных смесей*, полученных плазмохимическим способом.



Применение:

- автомобильная, авиакосмическая, нефтегазовая, химическая отрасли, машиностроение;
- для изготовления ножей и фильер для переработки пластмасс, резки химических волокон;
- для изготовления лезвий бытовых ножниц и медицинских скальпелей;
- для изготовления фильер протяжки проволоки, форсунок распылительных камер;
- для изготовления втулок клапанов, различного рода уплотнений;
- для изготовления износо-, коррозионно- и термостойких деталей (втулки клапанов, уплотнения, сопла, штуцеры, фильеры, крыльчатки)

ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ С НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ



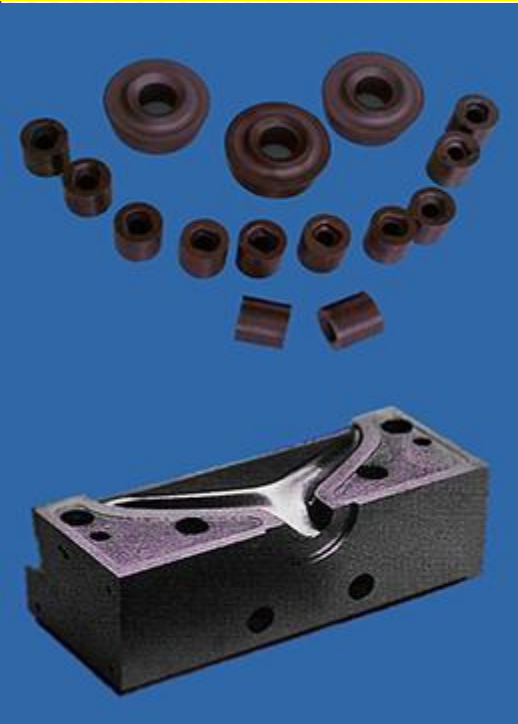
Наноструктура в крупногабаритных заготовках титановых сплавов получена путем механотермической обработки с использованием методов интенсивной пластической деформации.

Применение:

- медицина, авиакосмическая промышленность, машиностроение;
- для изготовления высокопрочных изделий и элементов конструкций медицинского и технического назначения;
- волноводы высокоамплитудных акустических (ультразвуковых) систем различного назначения



ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ И ВАКУУМНАЯ УСТАНОВКА «КВАНТ»



Технология основана на создании *нанокompозитов* или *наноламинатов* на основе нитридов, карбидов, боридов или оксидов переходных металлов в поверхностном слое деталей. *Технология* позволяет получать самоупрочняемые при нагреве *наноструктурные покрытия*.

Установка оснащена двумя магнетронными распылителями металлов, ионным источником для предварительной поверхностной обработки подложек потоком ионов и сопровождения процесса осаждения ионной бомбардировкой, а также независимым резистивным нагревателем подложек.

Применение:

- *режущий инструмент*: для высокоскоростной обработки материалов, для обработки без смазочно-охлаждающей жидкости, для обработки упрочненных материалов;

- *пресс-формы* для формования лекарственных таблеток;

- *детали авиакосмической и автомобильной техники нефтехимического машиностроения*



Приоритетное направление развития науки,
технологий и техники в РФ:
ИНДУСТРИЯ НАНОСИСТЕМ.

Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. N 899

В перечень «критических» («ключевых») технологий РФ включены:

**нано-, био-, информационные, когнитивные технологии;
технологии наноустройств, микросистемной техники,
энергоэффективного производства, преобразования энергии на
органическом топливе и др.**

Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. N 899

В перечень направлений подготовки (специальностей) в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития

российской экономики включены:

150100 Материаловедение и технологии материалов

152100 Наноматериалы

152200 Наноинженерия

Распоряжение Правительства РФ

от 3 ноября 2011 г. N 1944-р

**Ожидаемые результаты реализации
ПРОГРАММЫ
развития nanoиндустрии в РФ до 2015 года**

доля исследователей, проводящих исследования в области nanoиндустрии, в общей численности исследователей

до 39 лет - 50%

доля отечественной продукции nanoиндустрии в общем объеме продукции nanoиндустрии, реализованной на мировом рынке высоких технологий - около 3,0 %

около 3,0 %

объем финансирования формирования производственно-технологической инфраструктуры nanoиндустрии составит

180 млрд. рублей

объем продаж российской продукции nanoиндустрии составит около

900 млрд. рублей

объем рынка нанопродукции возрастет

до 1,2-1,5 трлн. долларов США

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ РОССИИ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

конструкционные материалы

функциональные материалы

наноструктурированные материалы

наноструктурированные покрытия

нанопорошки

наноматериалы и нанотехнологии для энергетики и энергосбережения

наноматериалы и устройства наноэлектроники и нанофотоники

наноструктурные цветные металлы и сплавы с особыми свойствами и характеристиками

нанотехнологии химической и физической модификации полимеров

эластомеры, новые типы герметиков, резин, клеев, огне- и теплозащитных материалов, лакокрасочных покрытий, смазочные композиции

высокопрочные, хладо- и коррозионностойкие наноструктурные стали для магистральных нефтегазопроводов высокого давления

композиционные материалы, армированные, в том числе, высокопрочными наночастицами тугоплавких соединений Al_2O_3 , SiC , ZrO_2

наноструктурные магнитные материалы

аморфные металлы и сплавы

новые термопластичные нанокomпозиционные материалы с улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами

дисперсно-упрочненные наночастицами жаропрочные стали

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ РОССИИ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

нанокристаллическая керамика для костной хирургии

высоконагруженный крепежный материал для авиационной техники

режущий инструмент из наноалмазного порошка для строительства

лекарственные препараты (в частности, препарат «Фосфоглив» для лечения вирусных гепатитов В и С)

многофункциональные фильтрационные установки на основе наноструктурных пористых материалов (для атомной, аэрокосмической, медицинской, биологической, пищевой, химической и электронной промышленности)

химически стойкие мембраны для химической, атомной, нефтеперерабатывающей промышленности и выделения ценных (или токсичных) компонентов из жидких технологических сред

гетероструктурная СВЧ-электроника, основанная на использовании наноразмерных гетероструктур (средств связи, сотовая цифровая телефония, высокоскоростной Интернет, спутниковая и оптоволоконная связь, цифровое ТВ, беспроводные системы связи широкополосного доступа, современные электронные средства вооружения (бортовые и наземные радиолокаторы, средства радиоэлектронной борьбы)

сверхпроводящие наноструктурные провода и кабели для атомной техники, а также наноструктурные электротехнически провода, сочетающие высокую прочность и электропроводность

внутрикостные имплантанты с биоактивными нанокерамическими покрытиями, способствующими быстрому вживлению и закреплению костной ткани в поверхности имплантатов

наноструктурные высокотемпературные сверхпроводящие материалы

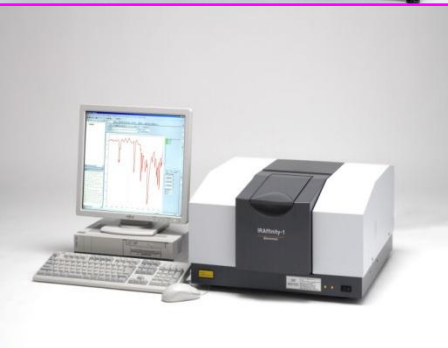
полупроводниковые лазеры (применяются в волоконно-оптических и космических линиях связи, медицине и технологическом оборудовании)

особо высокопрочный крепеж (болты, винты и гайки диаметром от 6 до 14 мм) из новой мартенситной стали с наноразмерной структурой



**Последовательный
рентгенофлуоресцентный
волнодисперсионный
спектрометр
Shimadzu XRF-1800**

**Рентгеновский
дифрактометр Shimadzu
XRD-6000**



**ИК – Фурье
спектрофотометр
Shimadzu IRAffinity-1**

**Лазерный анализатор
размеров частиц Mastersizer
2000**



**Оптический
металлографический
микроскоп
OLYMPUS GX-51**



**Прибор для
синхронного
термического
анализа Setaram
LabSys Evo**



**Растровый электронный
микроскоп**

**Атомно-эмиссионный
спектрометр ДФС -71**

