

ЧТО ТАКОЕ «НАНО»?



(x, y) Пространство (z)



(секунда,... тысячелетия) Время (фемтосекунда, ..., миллиарды лет)



5 измерение?

Строение лап геккона ([K. Autumn, et al. *American Scientist*, 2006, 124])

МАКРО



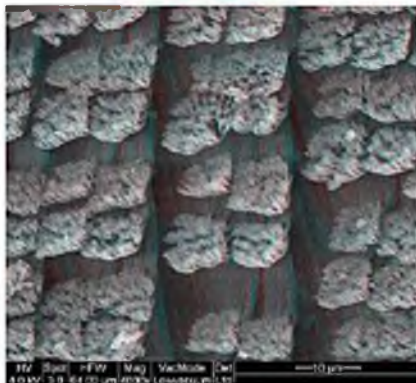
МЕЗО



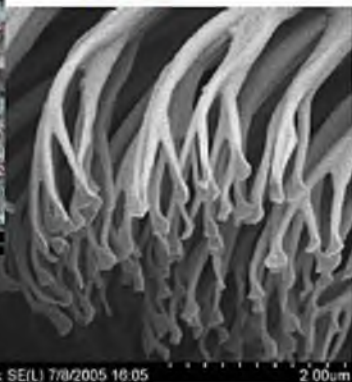
МИКРО



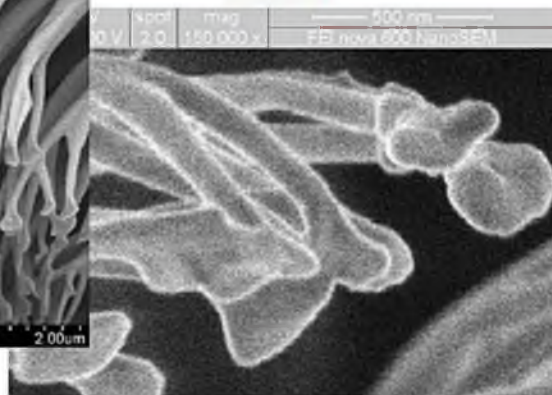
СУБ-МИКРО



НАНО



НАНО



«Пятое измерение»

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	H										He	
2	Li	Be									Ne	
3	Na	Mg									Ar	
4	K	Ca									Kr	
5	Rb	Sr									Xe	
6	Cs	Ba									Rn	
7	Fr	Ra										
8												
9												
10												

ЛАНТАНОИДЫ

АКТИНОИДЫ

?

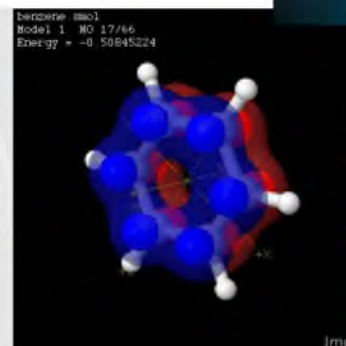
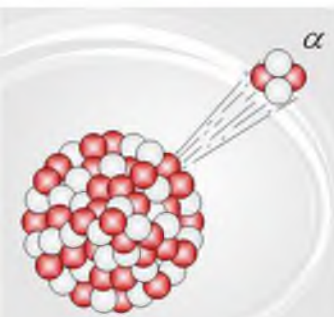


1 Ангстрем
 10^{-10}м

10^{-9}

1 мкм
 10^{-6}м

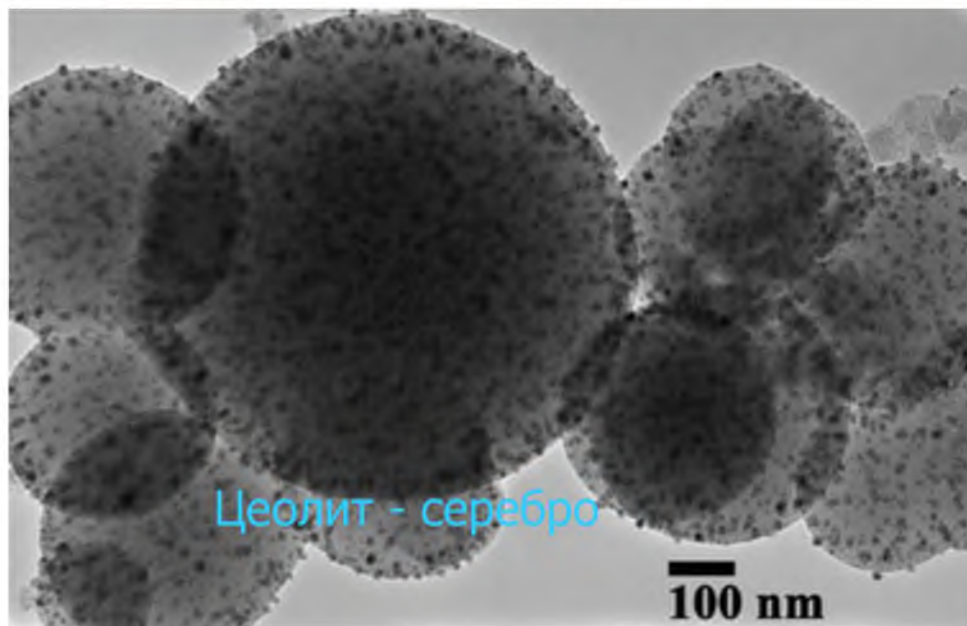
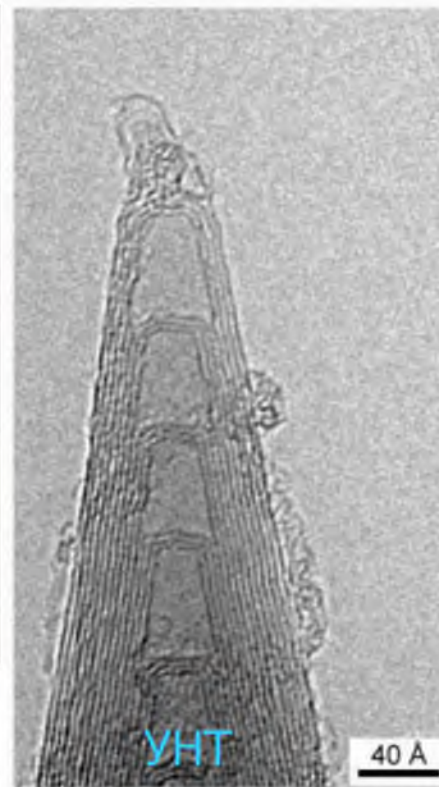
1 мм
 10^{-3}м



?



Просвечивающая ЭМ

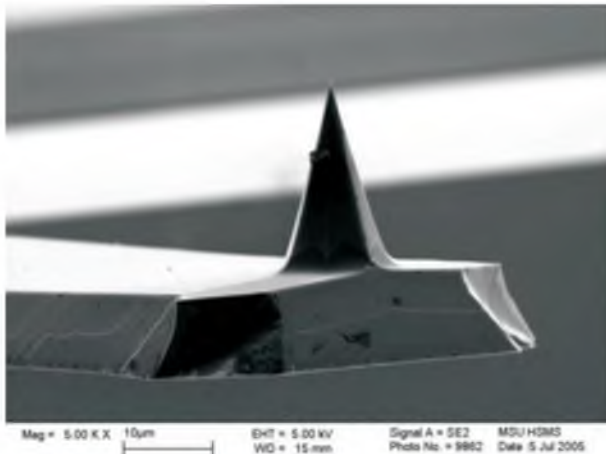


СТМ



Gerd Binnig Heinrich Rohrer

1981 год - создание первого СТМ, получение атомарного разрешения (IBM, Цюрих) - 1986 (Нобелевская премия)

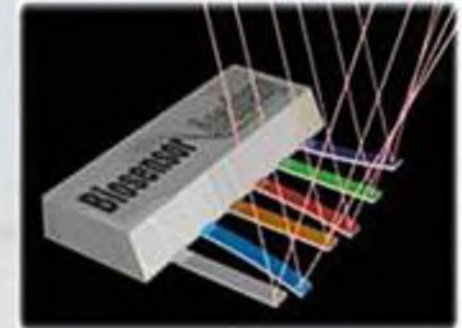


Академия биосенсоров

Атомные Весы

Принцип работы:

- 1) Связывание детектируемого вещества в среде с химически модифицированным кантилевером
- 2) Образование монослойной пленки на кантилевере
- 3) Изгиб кантилевера за счет сил поверхностного натяжения в пленке
- 4) Детектирование изгиба лазерно-оптической системой



НАНОБИОТЕХ



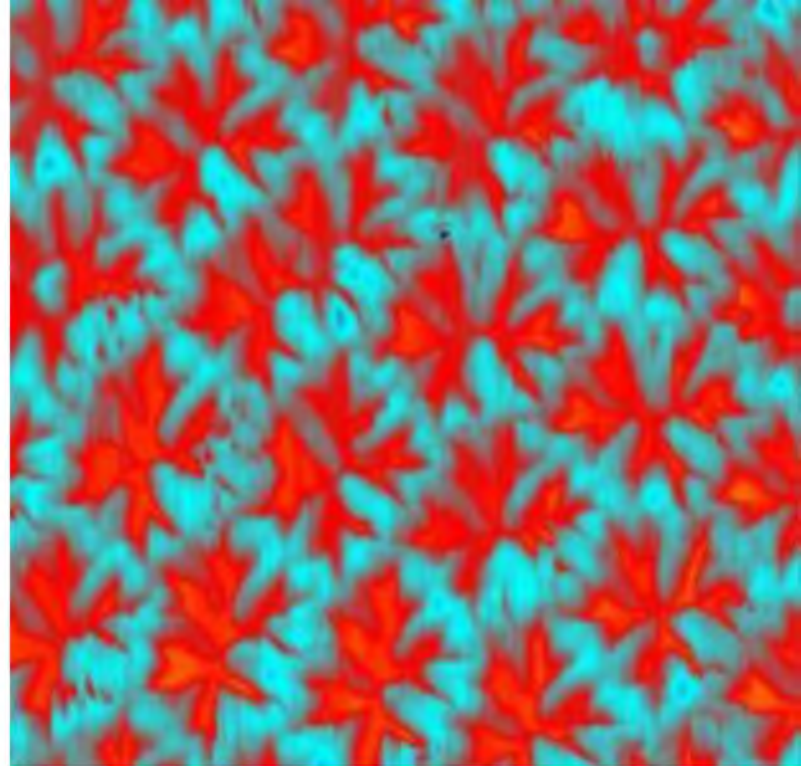
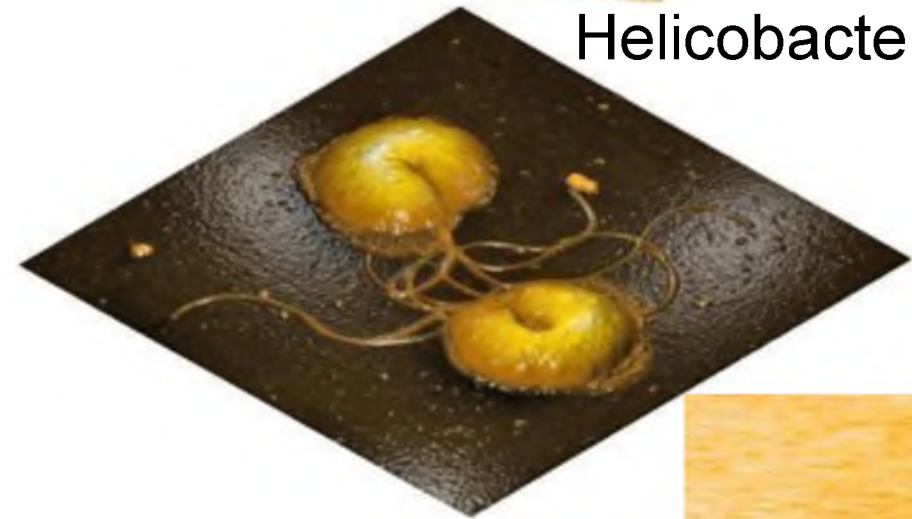
Применение:

- Сверхточное взвешивание частиц в среде (точность 10^{-18} г)
- Изучение свойств монослойных пленок
- Сверхчувствительный анализатор веществ в среде (в биологии, медицине, криминалистике)

Кремний

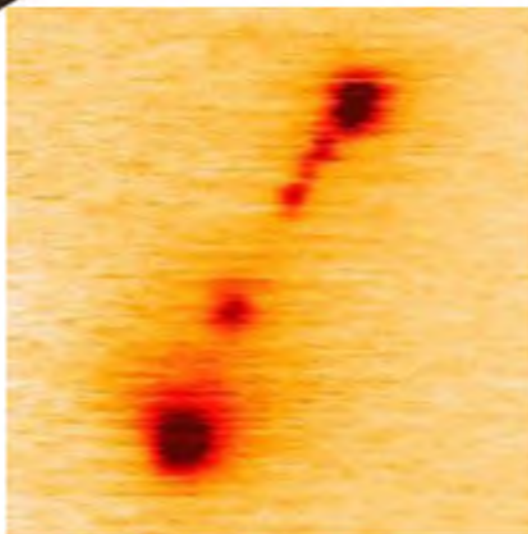


Helicobacter pylori



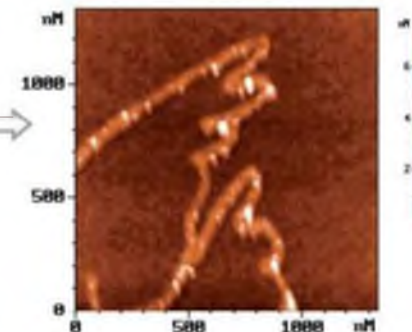
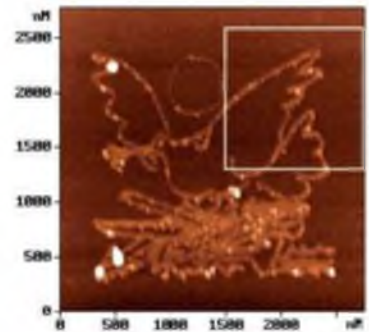
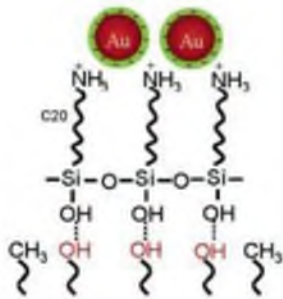
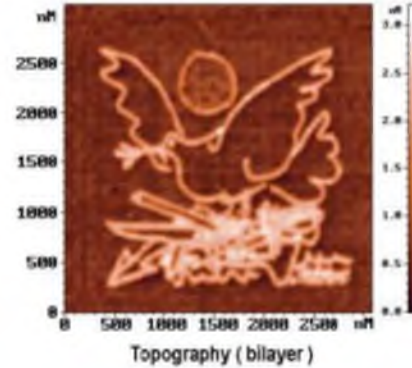
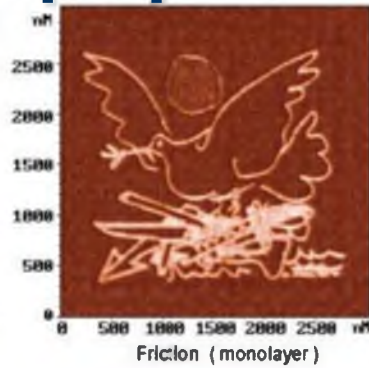
Магнитная пленка

Проводимость
ОУНТ



Нанолитография

World Without Weapons
P. Picasso, 1962



J. Sagiv and R. Maoz, Weizmann Institute, 2004

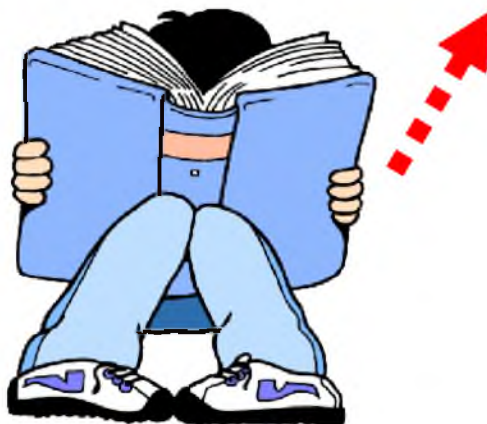
Три наностратегии



Физик: измерить и смоделировать



Химик: увидеть и понять



Биолог: найти в справочнике

Что такое НАНО?

«нано» - «гном, карлик», одна миллиардная метра

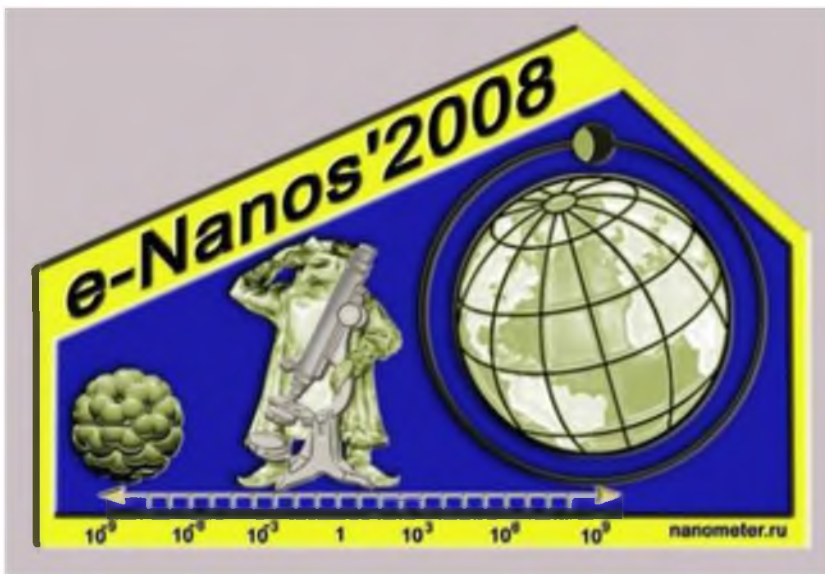


Насколько мал нанометр?



Когда – то, говорят, Чингис-хан приказал каждому из своих воинов принести по камню к его шатру. Приказано-сделано. Выросла гора. А что если каждый человек на земном шаре принесет по одной единственной квантовой точке (диаметр 10 нм, плотность материала 7 г/см³) и положит ее около штаб-квартиры Государственной Корпорации «Роснано» в кучу, то какую массу будет иметь эта куча?

(Ответ: 20 миллиардных долей грамма)



Почему автор эмблемы расположил гнома между фуллереном и Землей? (Ответ: отношение размера гнома к размеру молекулы фуллерена примерно равно отношению размера Луны к размеру гнома)

Мыльные пузыри



0.01 мл = 3.6 м

(при стенке
молекулярной
толщины из 1
капли раствора
получается
пузырь диаметром
3.6 м.)

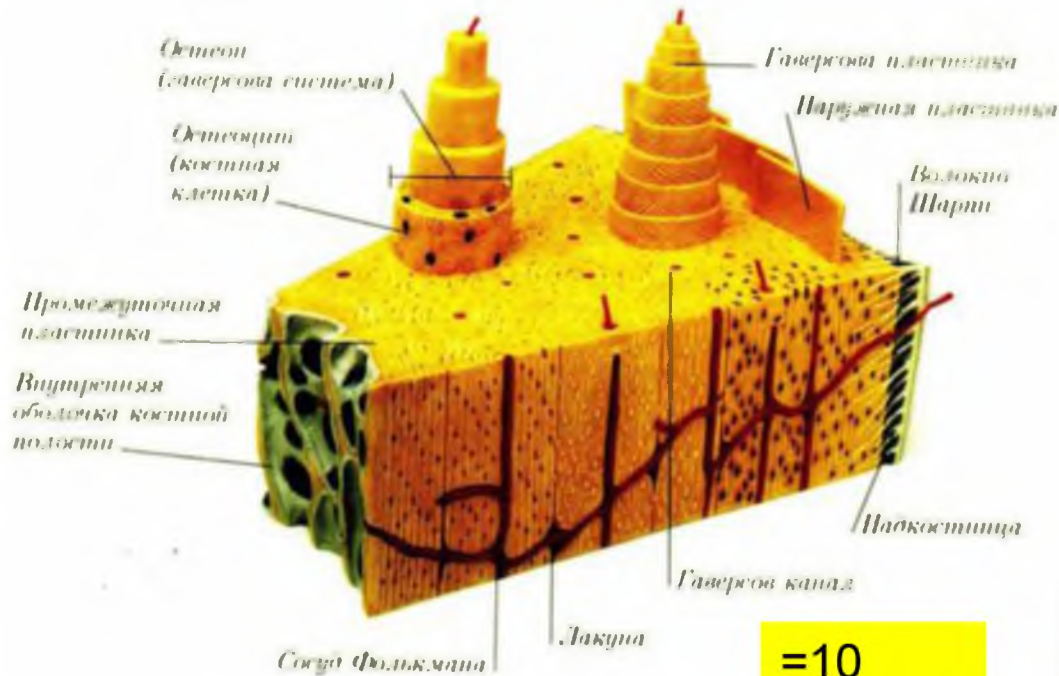
Флэшка

64 Гб = 25 нм



(линейный размер
записывающих
элементов
«флэшки» на
64 Гб составляет
в среднем 25 нм)

Кости



=10



(площадь монослоя чешуек гидроксилapatита из нашего скелета составит десять футбольных полей)



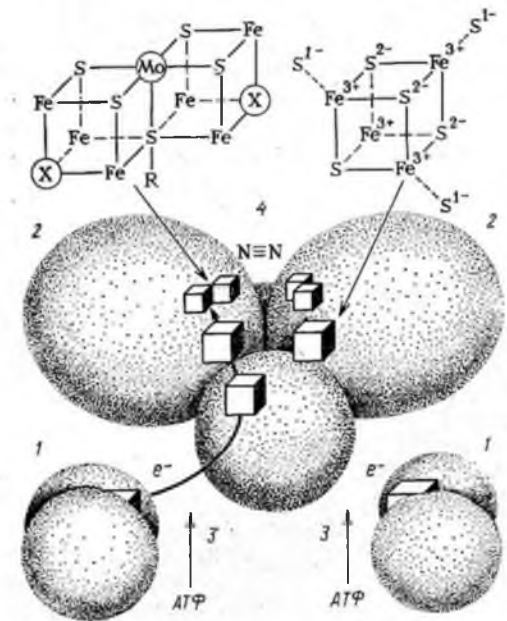
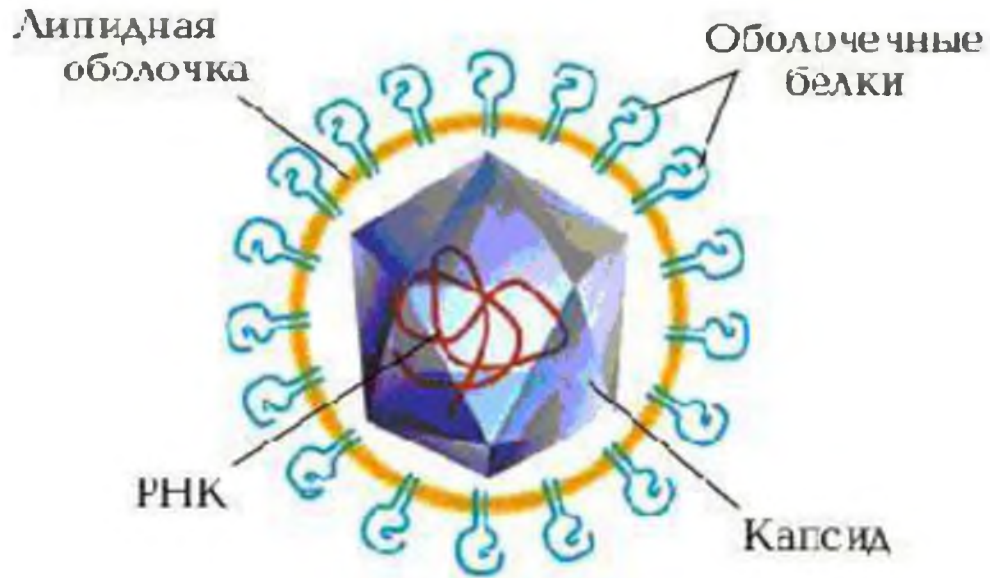
Космический лифт и наноботы (давайте разберемся!)



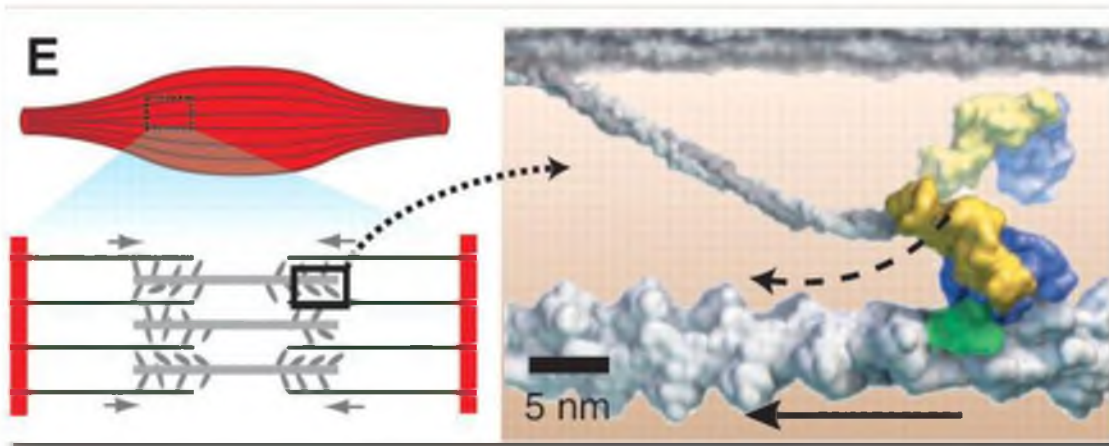
Для того, чтобы сделать трос для «космического лифта» планируется использовать одностенные углеродные нанотрубки, которые являются легким и чрезвычайно прочным материалом. Представьте, что один наноробот массой 0.01 миллиграмма сшивает две одинаковые одностенные углеродные нанотрубки длиной 1 микрон и диаметром 10 нанометров (каждая) за 1 миллисекунду, после чего у него исчерпывается запас энергии, и он «умирает». Затем два таких же наноробота сваривают куски из двух нанотрубок, сделанных предыдущими нанороботами, вместе на всем их протяжении (таким образом, пучок таких нанотрубок будет в два раза длиннее и в два раза толще). И т.д. Процесс прекращается, когда гигантский пучок достигает длины одну тысячу километров. Каков будет диаметр полученного троса? Через какой промежуток времени это произойдет? Какова будет масса погибших в процессе сборки троса нанороботов?

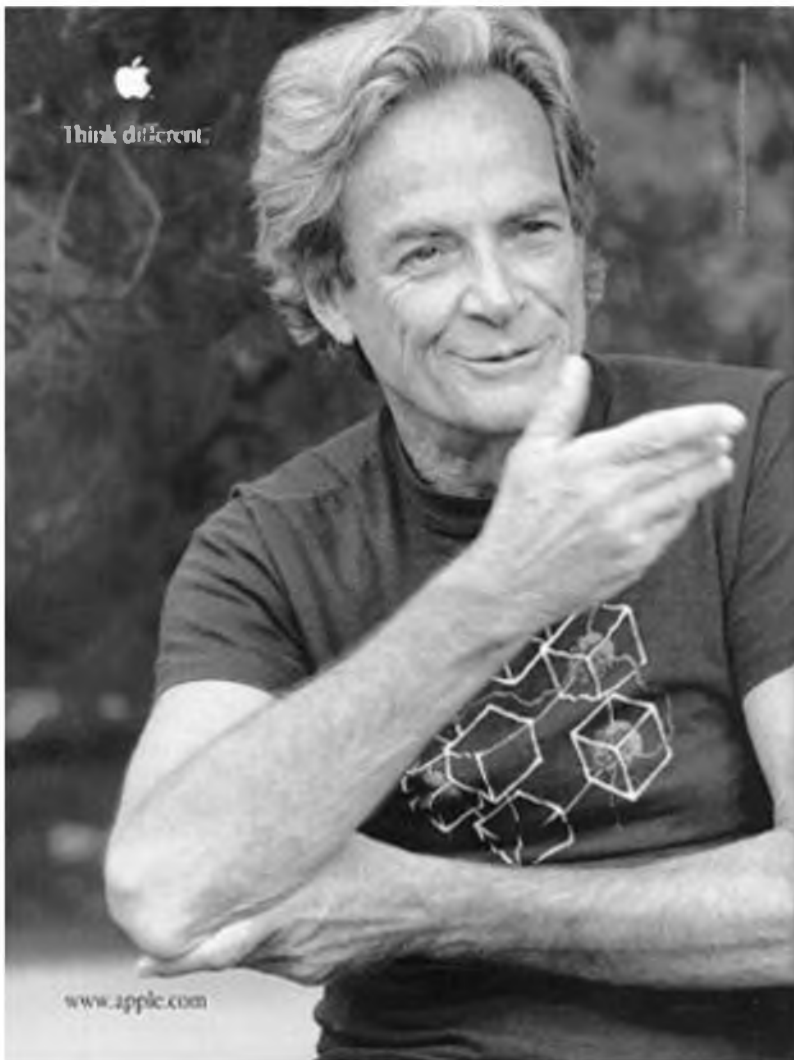
Ответ: диаметр троса 1 см,
10 триллионов тонн наноботов,
40 триллионов лет

Молекулярные машины



Модель фермента нитрогеназы:
1 — Fe-белок; 2 — MoFe-белок; 3 — АТФазный центр; 4 — субстрат-связывающий центр. Вверху — предполагаемая структура Fe_4S_4 -кластеров и MoFe-кофактора.





(Richard Feynman)

29 декабря 1959 г. Нобелевский лауреат **Р.Фейнман** прочитал в Калифорнийском университете свою знаменитую рождественскую лекцию **«Там, внизу, много места»**

Два подхода к созданию наноматериалов: «снизу-вверх» и «сверху-вниз»

Нанотехнологии - совокупность методов и приемов, применяемых при изучении, проектировании, производстве и использовании структур, устройств и систем, включающих целенаправленный контроль и модификацию формы, размера, интеграции и взаимодействия составляющих их наномасштабных элементов (1-100 нм) для получения объектов с новыми химическими, физическими, биологическими свойствами (**ГК «Роснанотех»**).

Термин «нанотехнология»: Норио Танигучи, 1974 г.

Книга «Машины созидания: наступление нанотехнологической эпохи» (нанороботы, «серая слизь» Grey Goo): Э.Дрекслер, 1986 г.

Нобелевская премия за созданный в 1981 г. первый туннельный микроскоп: Г.Биннинг, Х.Роер (лаборатории IBM, Цюрих), 1986 г.

Углеродные нанотрубки: С.Ииджима (Nature), 1991 г.

Нобелевская премия по химии (фуллерены): Р. Смолли, Р. Керл, Х.Крото, 1996 г.

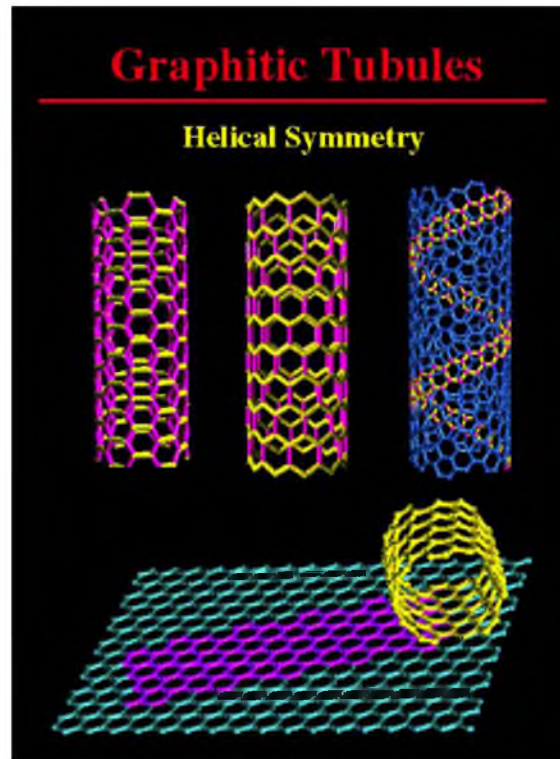
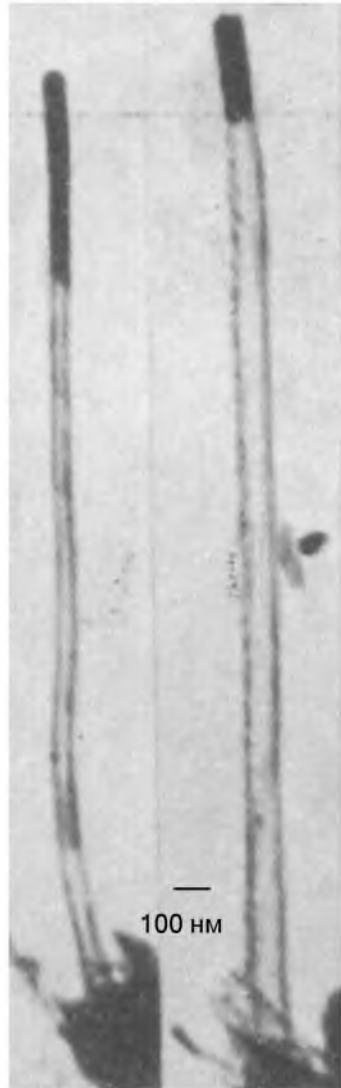
... Все это - существенно рафинированная краткая история нанотехнологий, пришедшая к нам с Запада.

Первоначально возможность существования структуры, состоящей из 60 углеродных атомов (C₆₀-фуллерена), была обоснована теоретически в СССР (Д.А. Бочвар, Е.Н.Гальперин, 1978 г.). В 1952 г. сотрудниками ИФХЭ РАН Л.В.Радушкевичем и В.М. Лукьяновичем была опубликована статья «О структуре углерода, образующегося при термическом разложении окиси углерода на железном контакте» (Журнал физической химии. 1952. Т.26, № 1. С. 88-95).

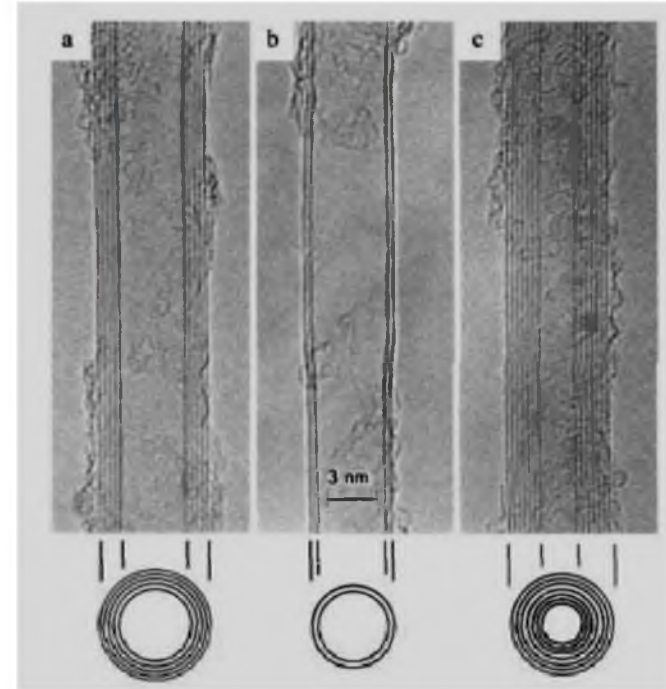
Таким образом, фуллерены были открыты на кончике пера примерно **за 20 лет**, а углеродные нанотрубки – символ нанотехнологий – были получены примерно **за 40 лет** до своего официального рождения (в России).

Первые нанотрубки

Л.В.Радушкевич, В.М.Лушкинович. О
структуре углерода, образующегося
при термическом разложении окиси
углерода на железе ЖФХ (1952)



получены СНТ < 10 нм,
метод CVD (Oberlin, M.
Endo, T. Koyama, J. Cryst.
Growth 32, 335 (1976)).



Академик В.А.Каргин



...сыграл огромную роль в становлении
науки о полимерах

Академик П.А.Ребиндер



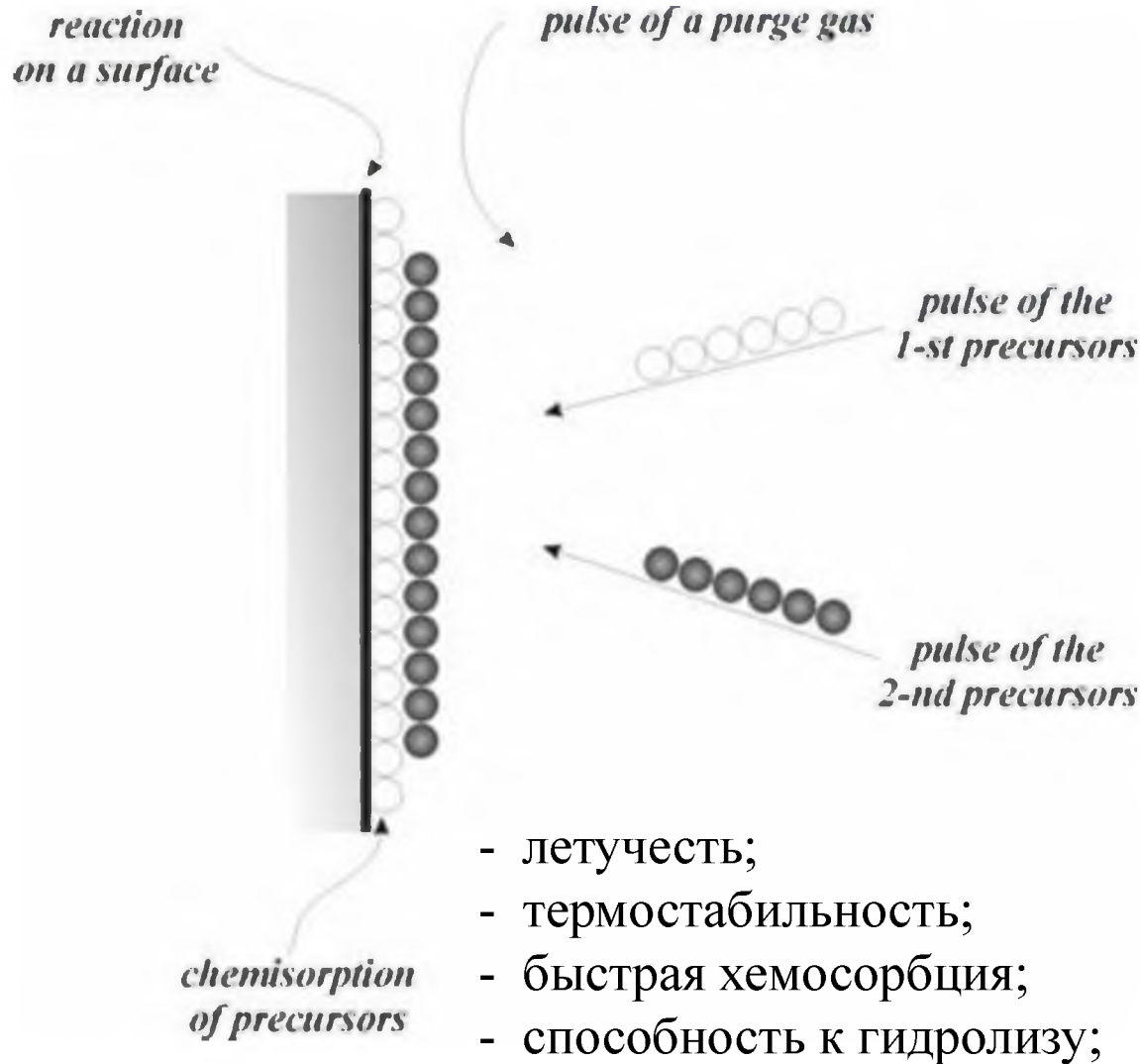
...физико-химия дисперсных систем и
поверхностных явлений

Академик И.В.Тананаев



...понятие о новой «координате»
дисперсности, определяющей
поведение, а также
термодинамические свойства
ультрадисперсных систем

Послойная сборка



Член-корреспондент РАН
В.Б.Алесковский

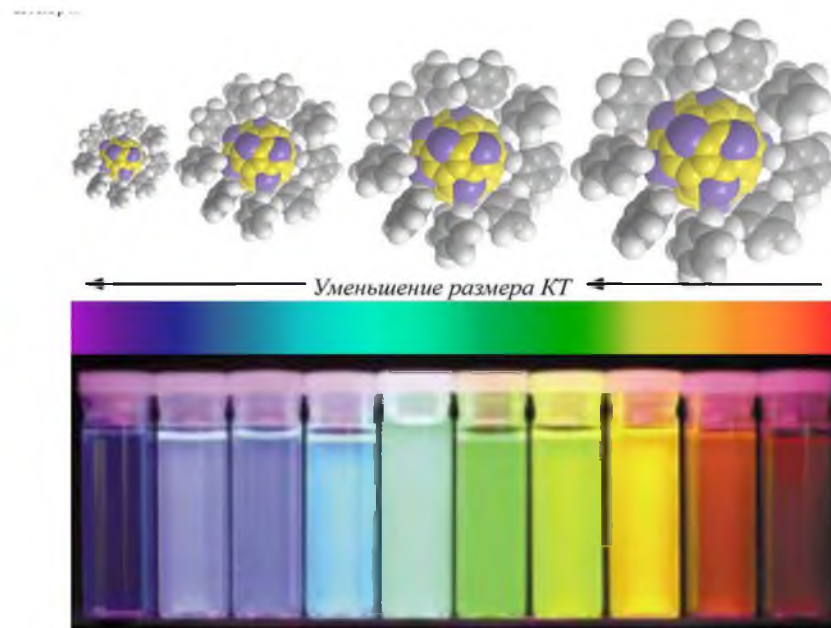
И.Д.Морохов



...атомный проект СССР, ультрадисперсные
металлические сплавы

Академик Ж.И.Алферов

«ИСКУССТВЕННЫЙ АТОМ»

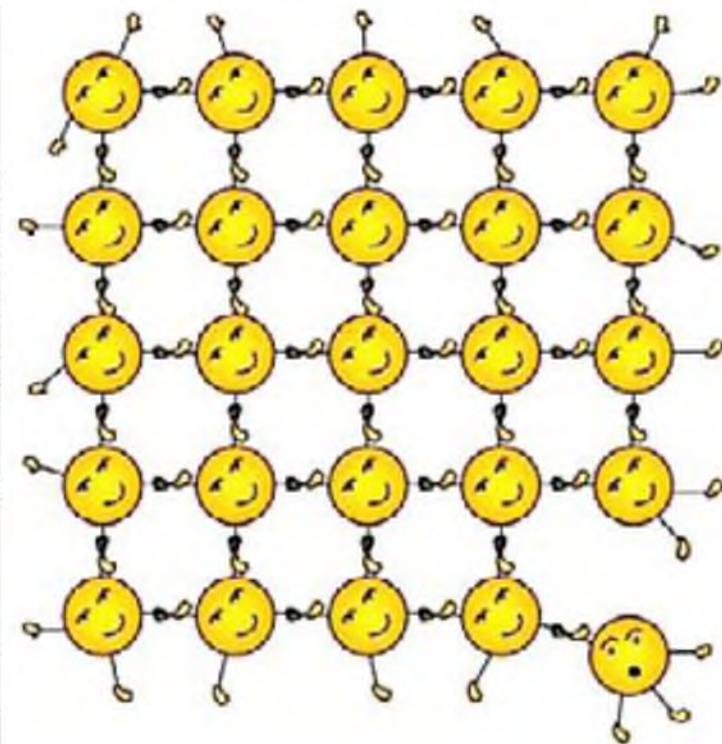
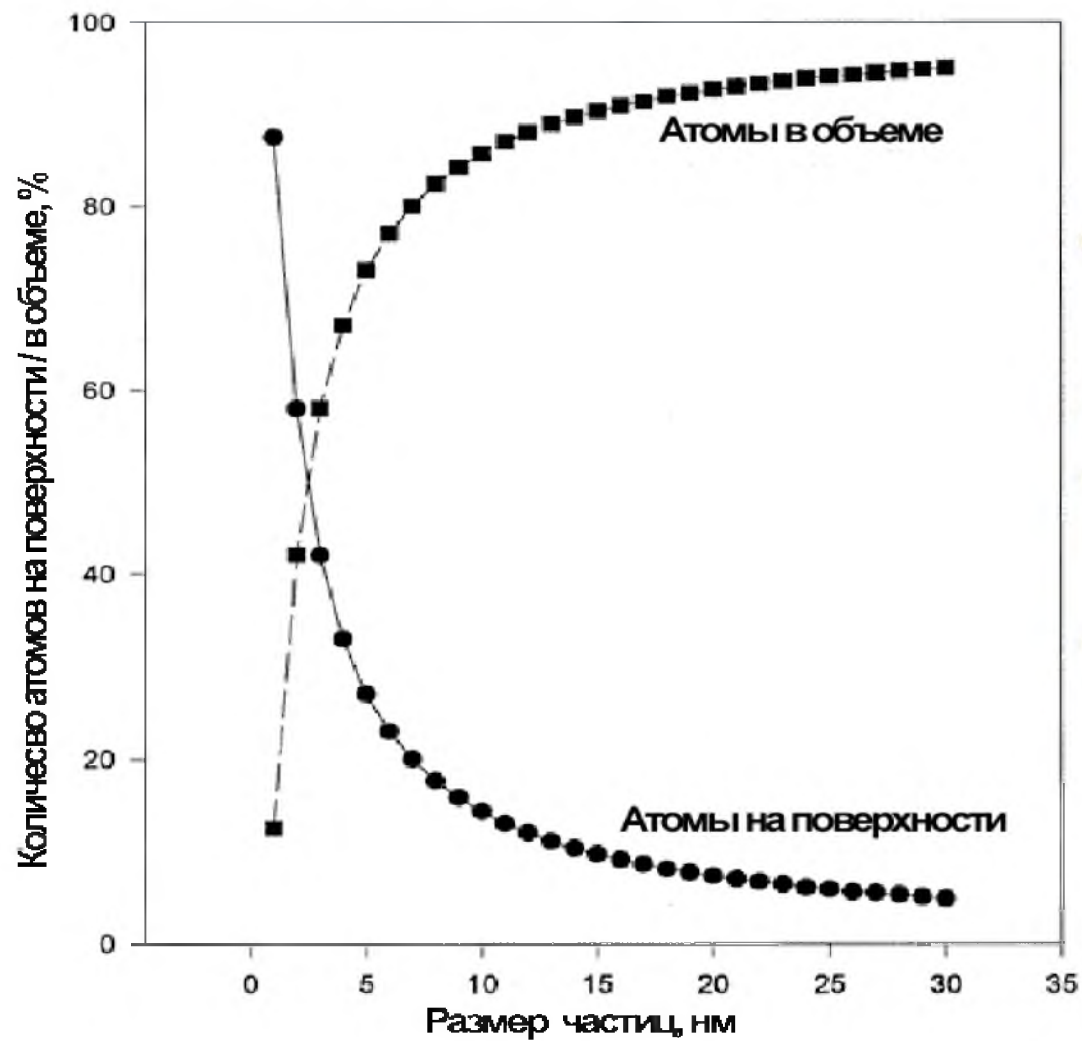


Изменение цвета (полосы испускания) коллоидного раствора частиц CdSe в оболочке ZnSe в зависимости от размера квантовых точек.

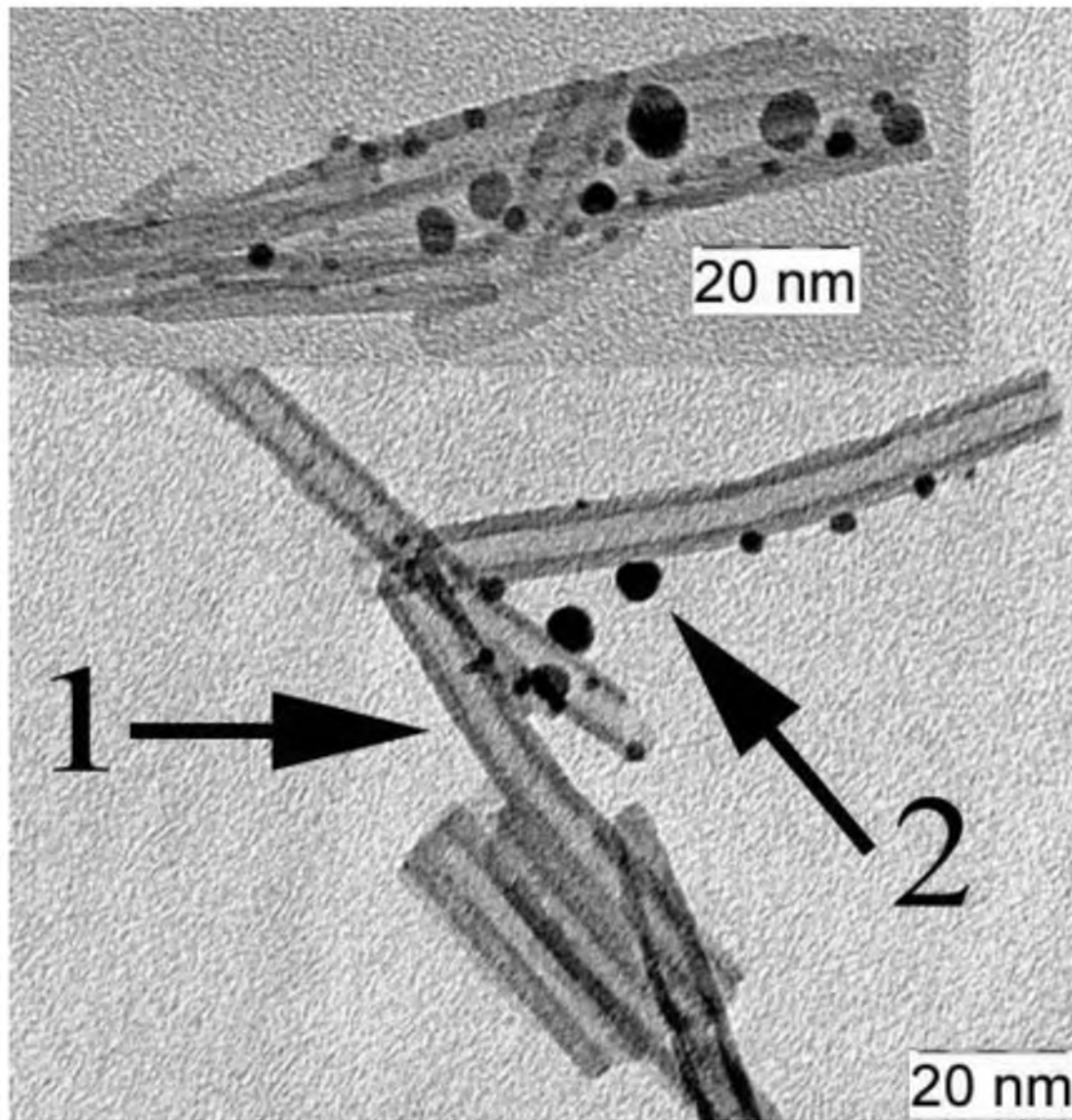
Возможные причины «нанобума»

- Появление принципиально новых методов диагностики наноразмерных объектов (современная электронная микроскопия, туннельная и атомно-силовая микроскопии)
- Осознание того, что наноматериалы обладают специфическими магнитными, электрическими, оптическими и др. (новыми по сравнению с объемным телом) свойствами:
 - Высокая реакционная способность
 - Квантовые и туннельные эффекты
 - Слабые дальнodelствующие связи, самоорганизация
 - Специфическое взаимодействие с живыми системами, биомиметика
- Открыт путь к миниатюризации технических устройств и огромной экономии ресурсов

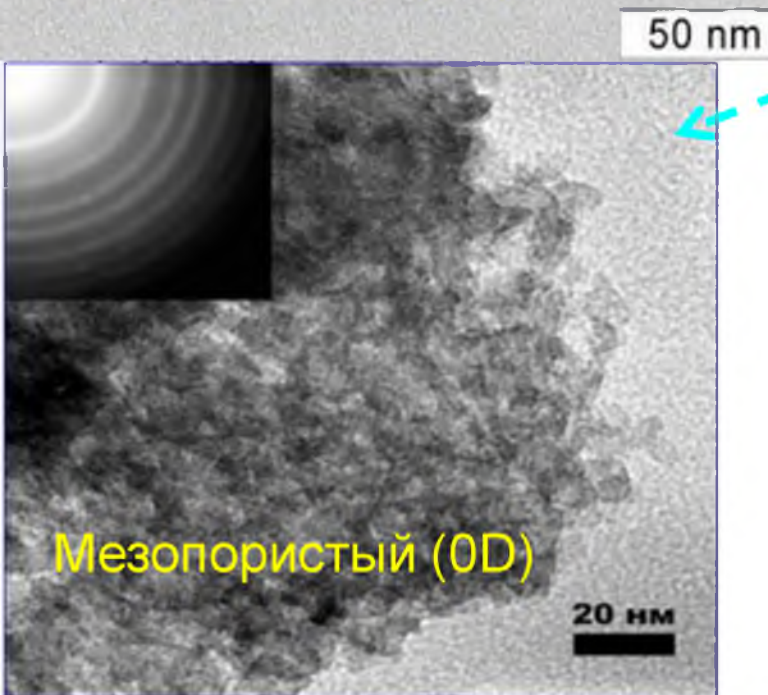
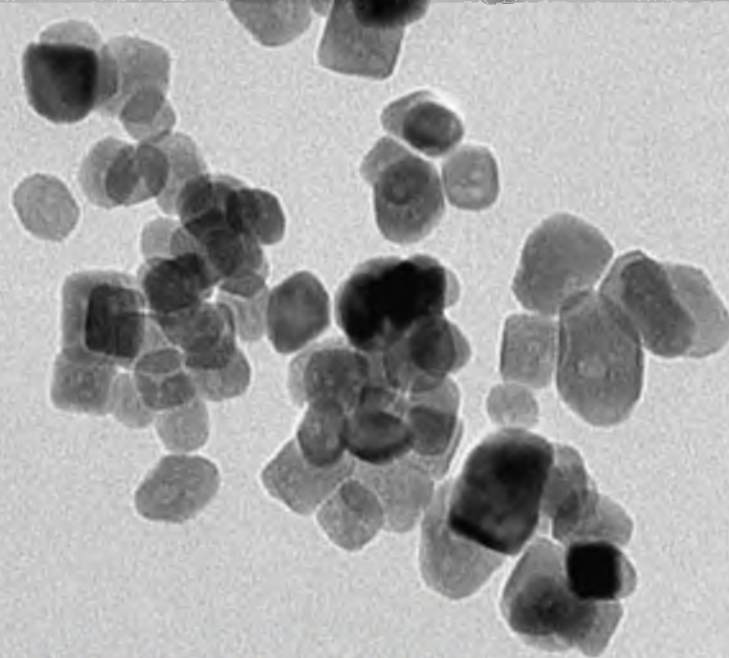
Вклад поверхности



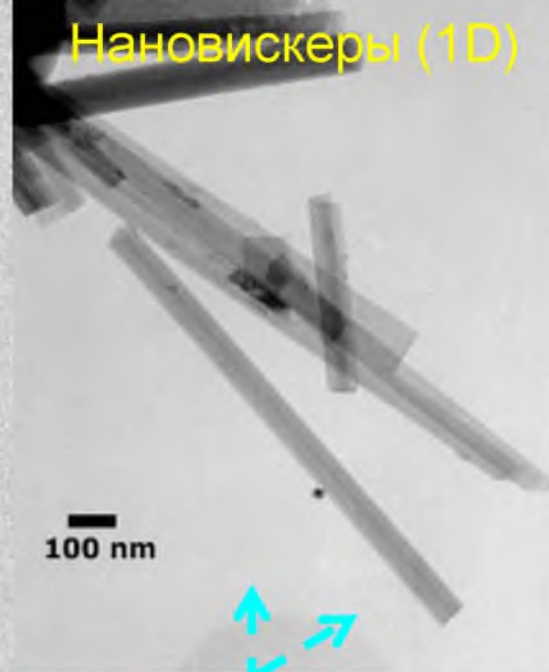
Нанотрубки диоксида титана



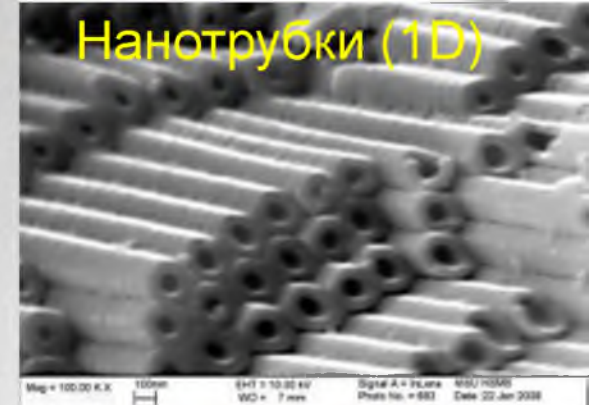
- 1- нанотрубка
- 2 – наночастицы платины



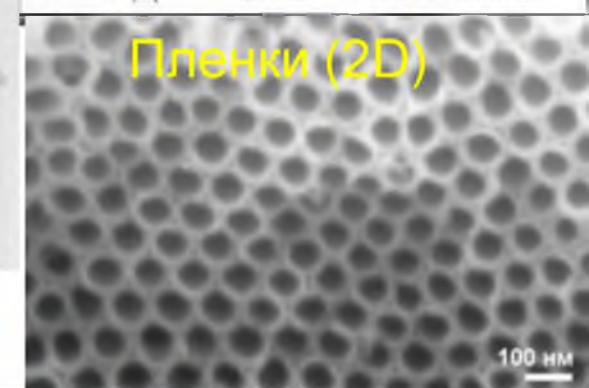
Мезопористый (0D)



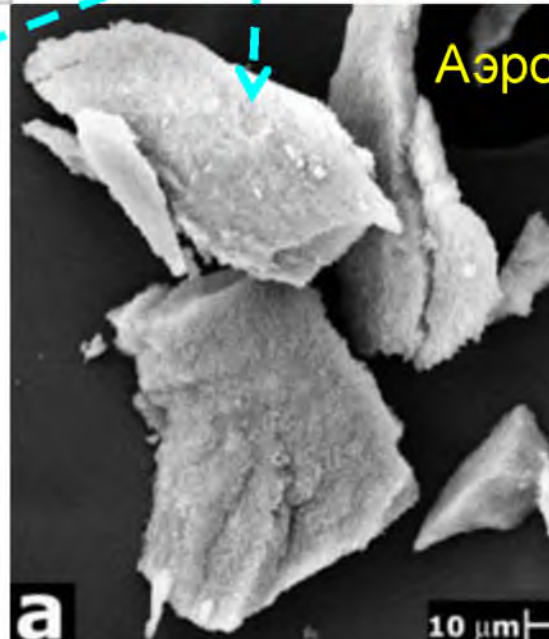
Нановискеры (1D)



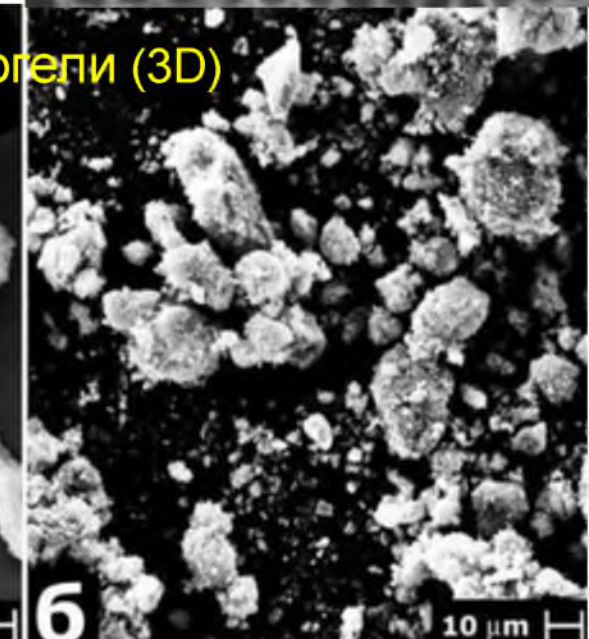
Нанотрубки (1D)



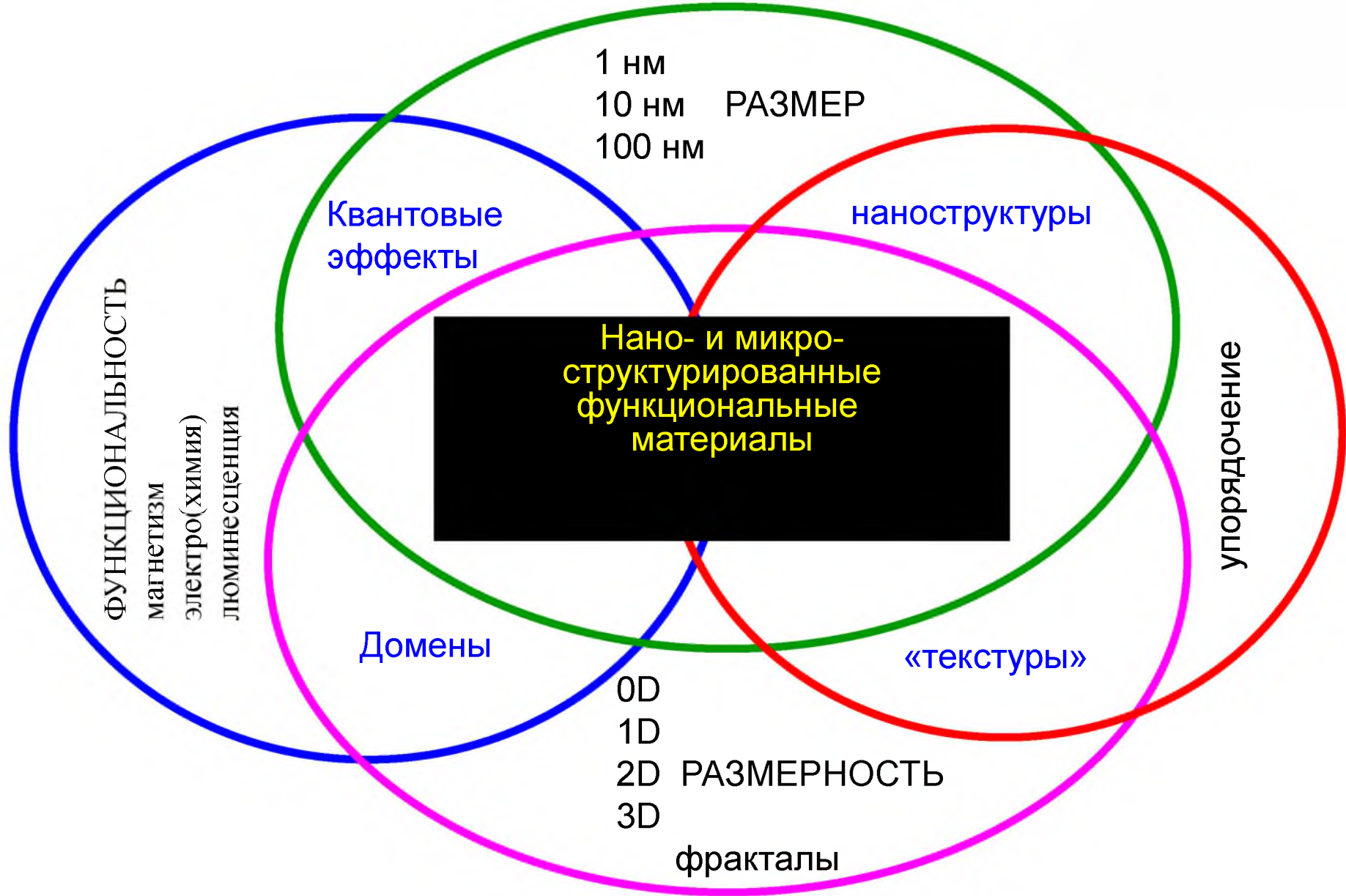
Пленки (2D)

 TiO_2 

Аэрогели (3D)

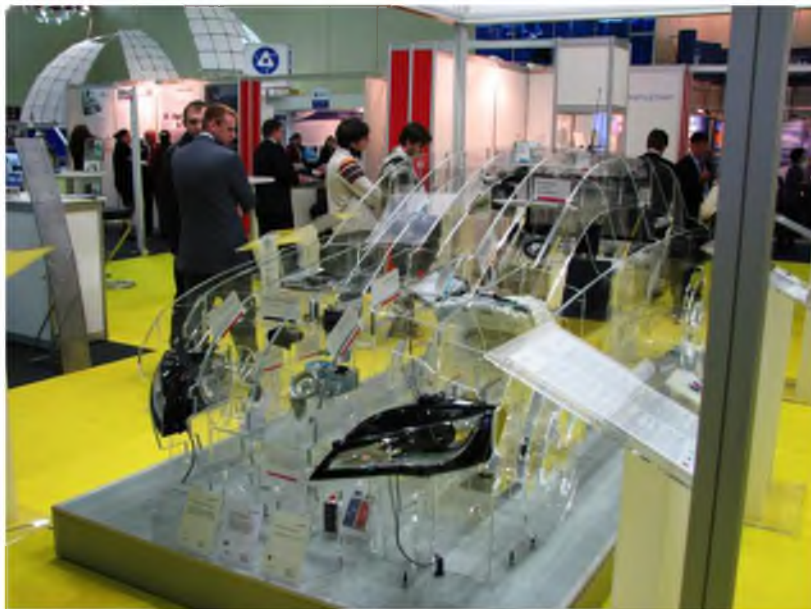


Аэрогели (3D)



«Наноуровень» структуры (1 - 100 нм) существует всегда,
и если он предопределяет свойства материала, то
говорят о наноматериале.

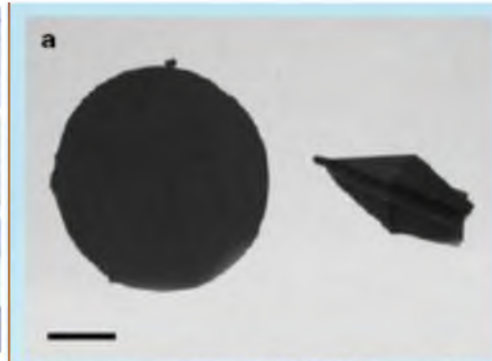
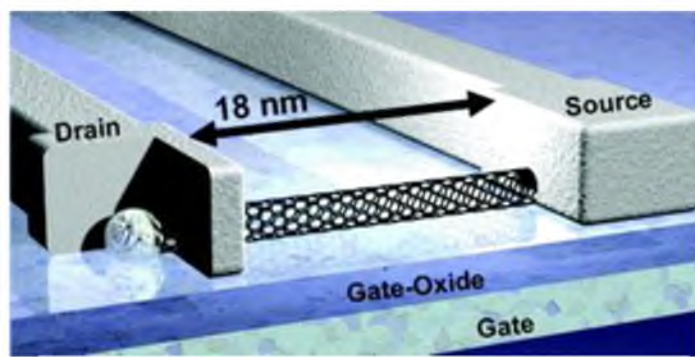
Изобретаем (заново) велосипед



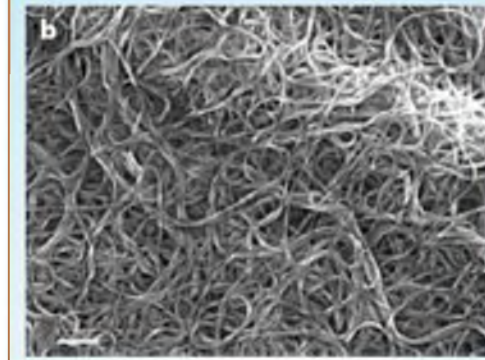
(ВИАМ, академик Е.Н.Каблов)



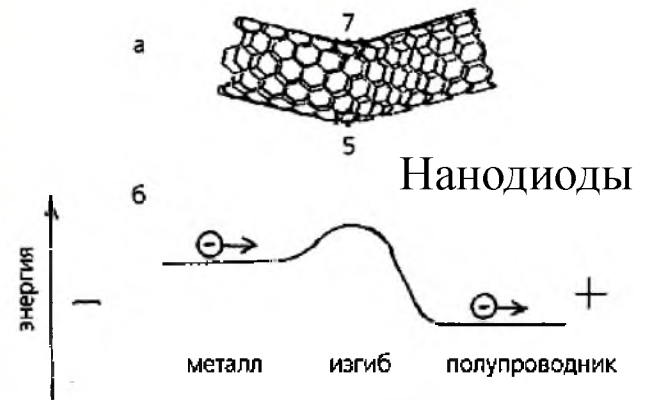
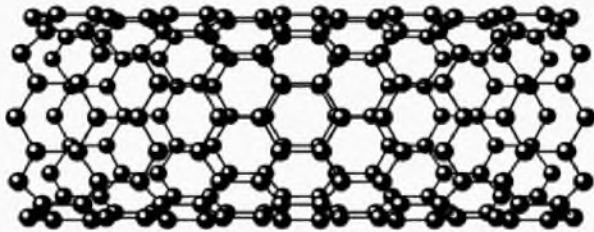
Применение УНТ



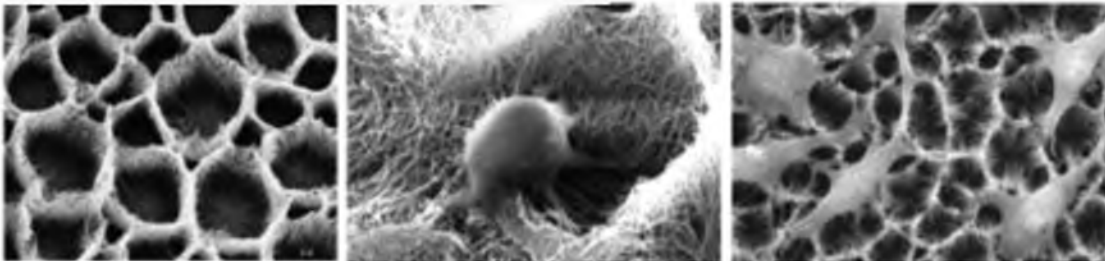
УНТ - дисплеи



«Бумага» из УНТ

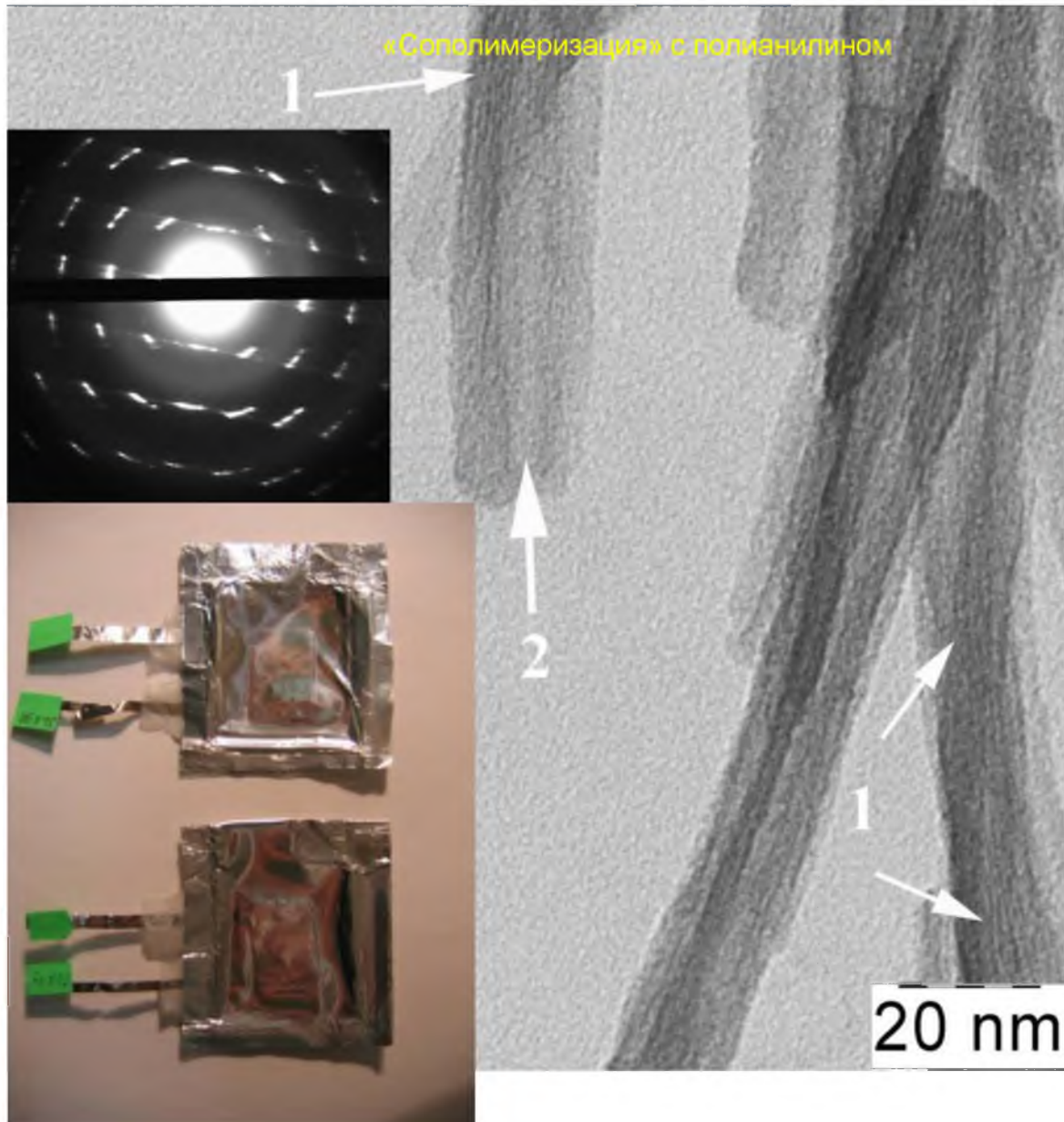


Нанодиоды



Биосовместимые подложки

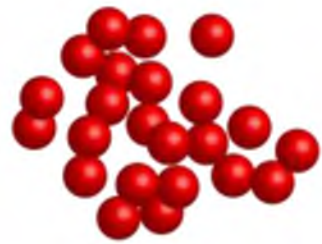
Нанотрубулены и нановискеры VO_x



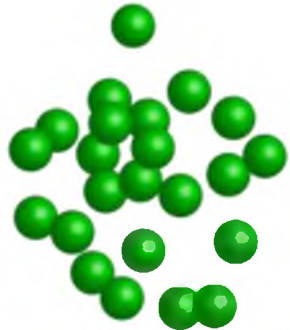
=5



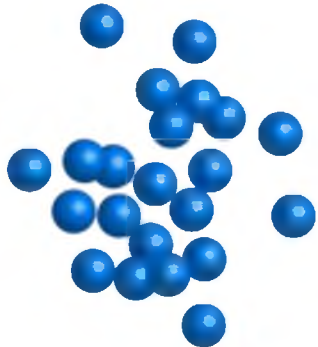
Гибкая электроника



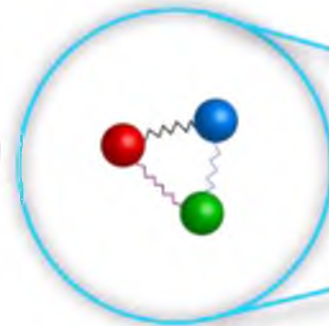
проводники



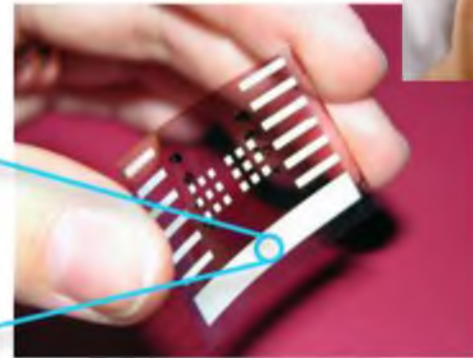
сенсоры



люминесцентные материалы



полифункциональные
нанокомпози́ты



интегральное
устройство



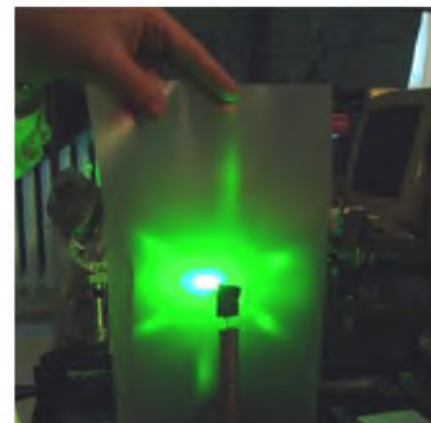
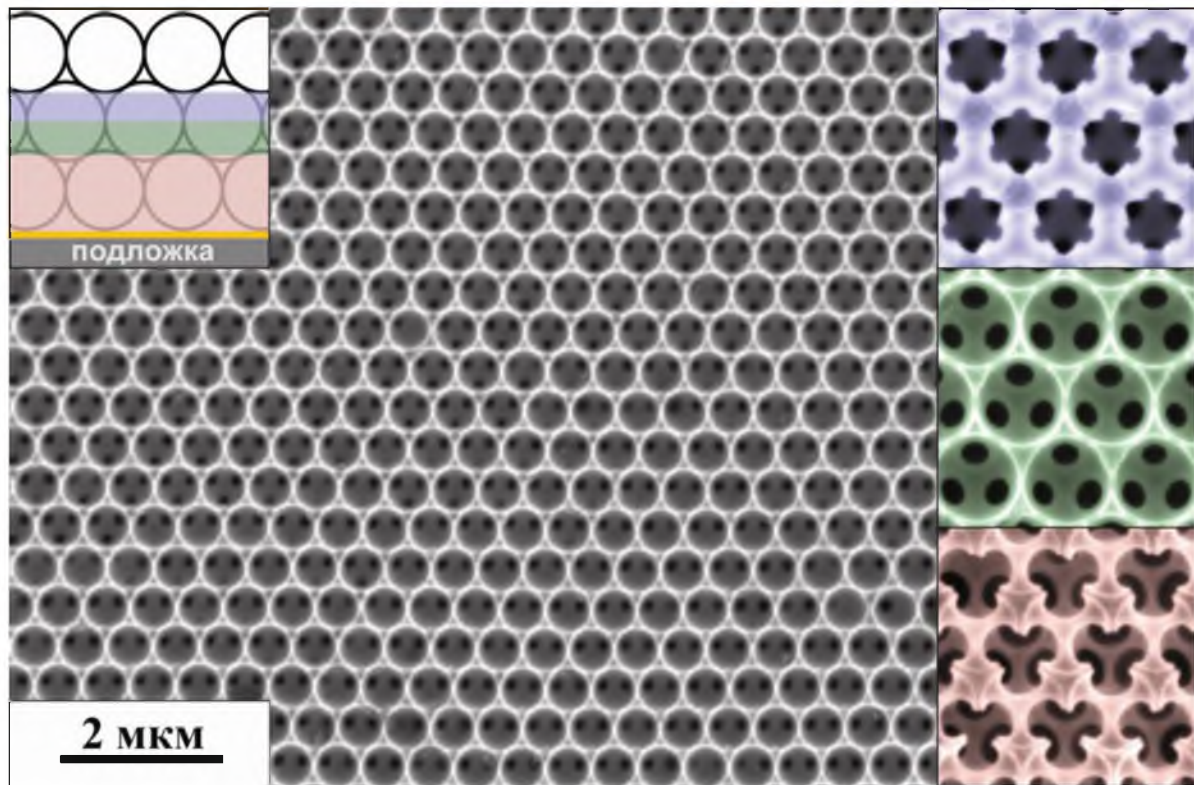
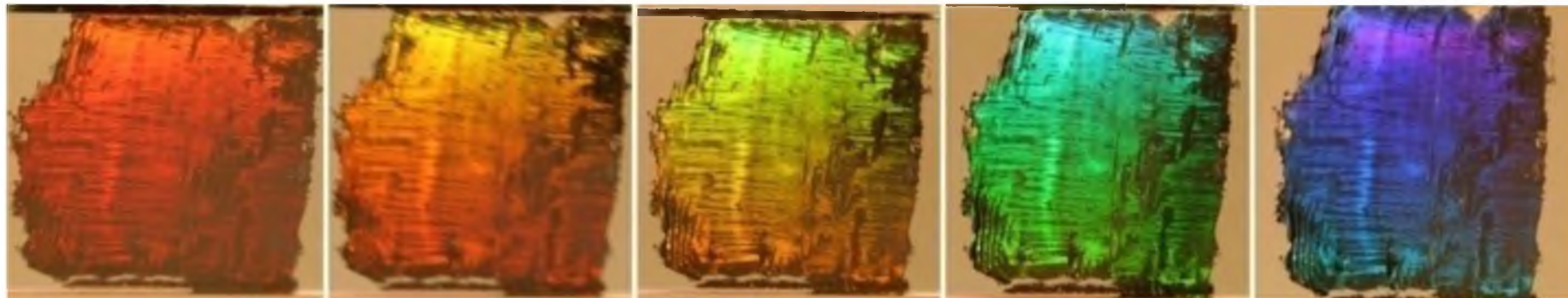
Светодиоды

- миниатюрность
- значительное время эксплуатации (10000 ч.)
- малое потребление энергии
- высокий квантовый выход
- не требуют водяного охлаждения
- излучение в любой области (видимого) спектра

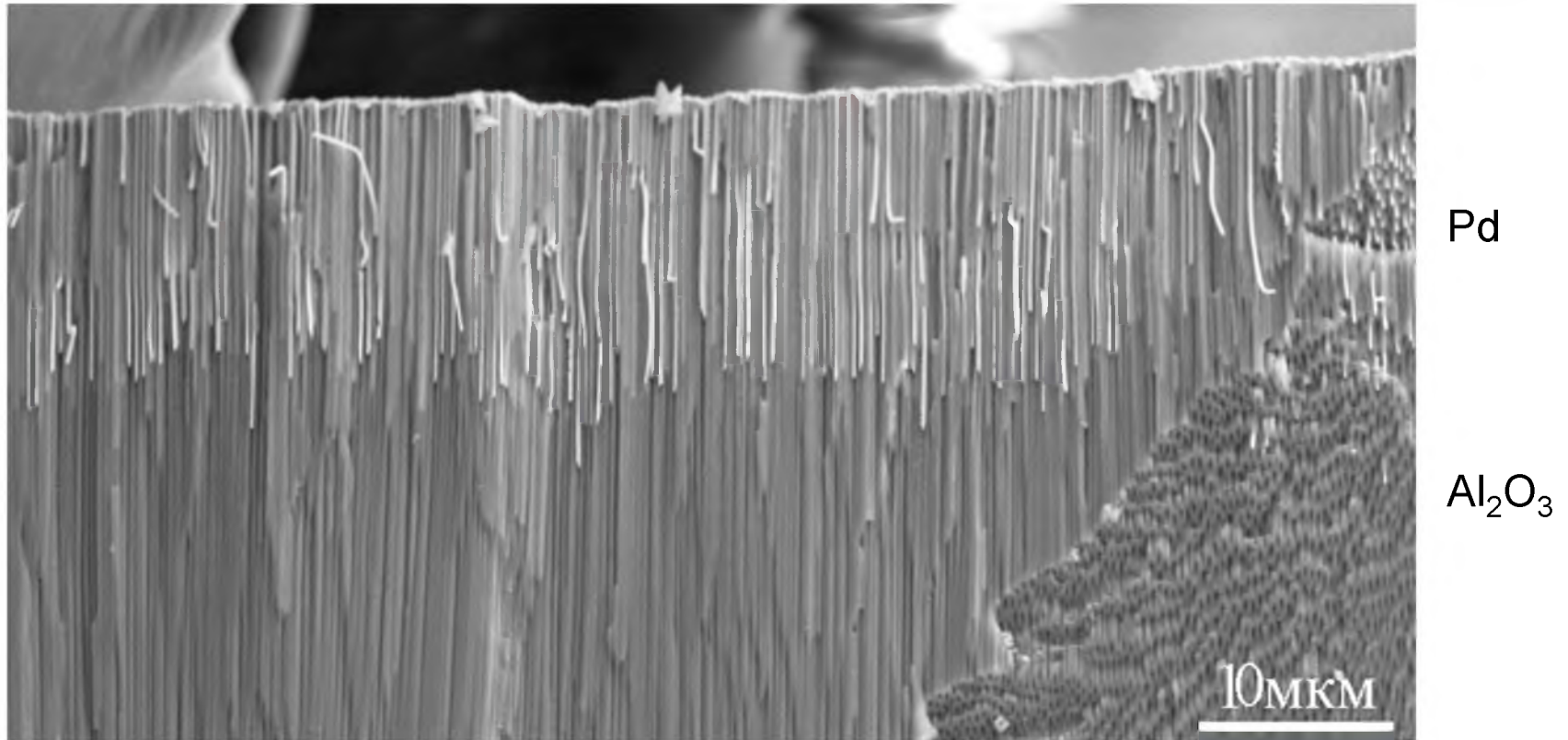


Фонтан, Москва
(площадь Киевского
вокзала) - 2000 гг.

Фотонные кристаллы



Мембранные технологии

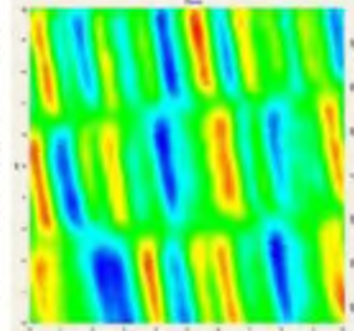
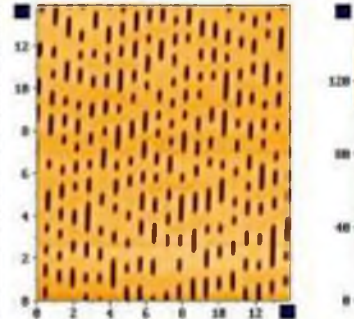
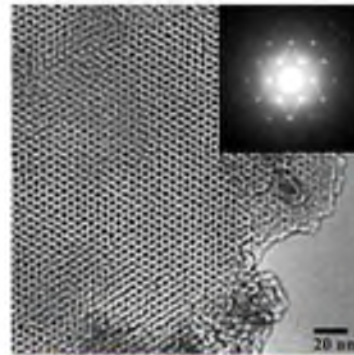
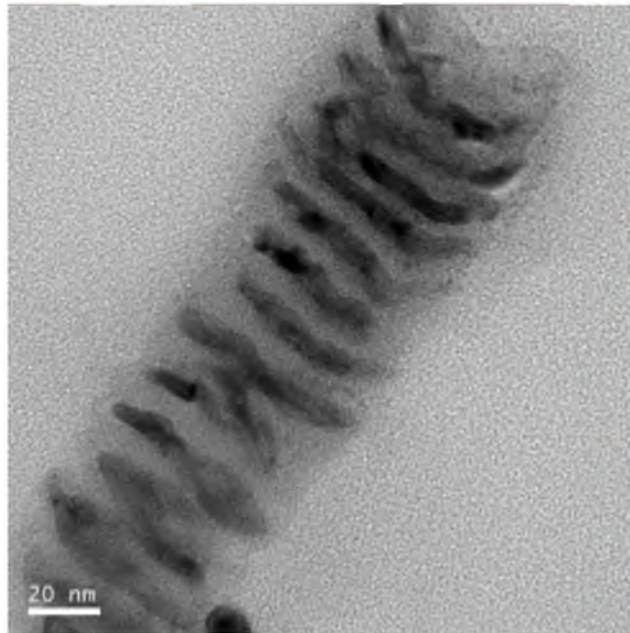


Мембраны Pd/Al₂O₃:
очистка водорода, катализ

Информационные технологии и наноэлектроника

Нанопроволока Fe в мезопористом SiO₂

Сверхвысокая плотность записи информации (1-10 Тбит/кв.дюйм)

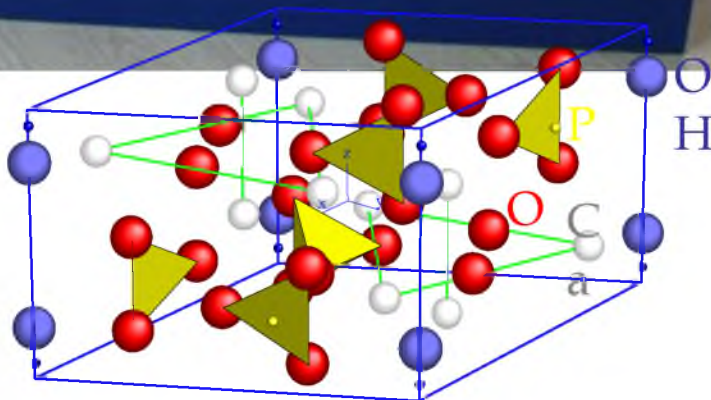
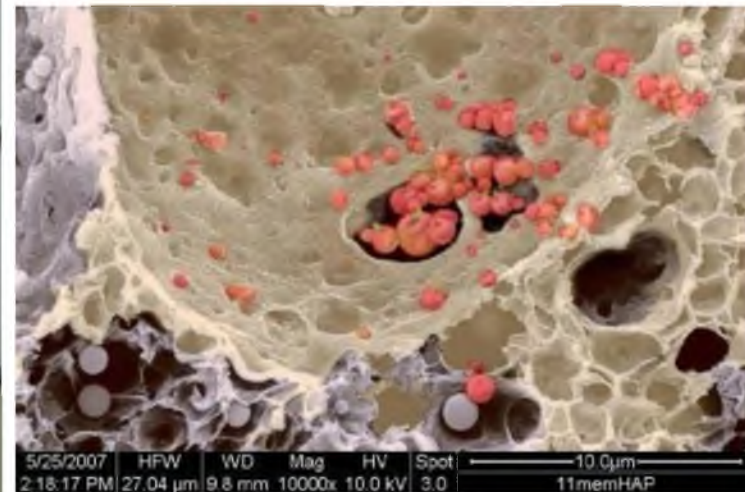
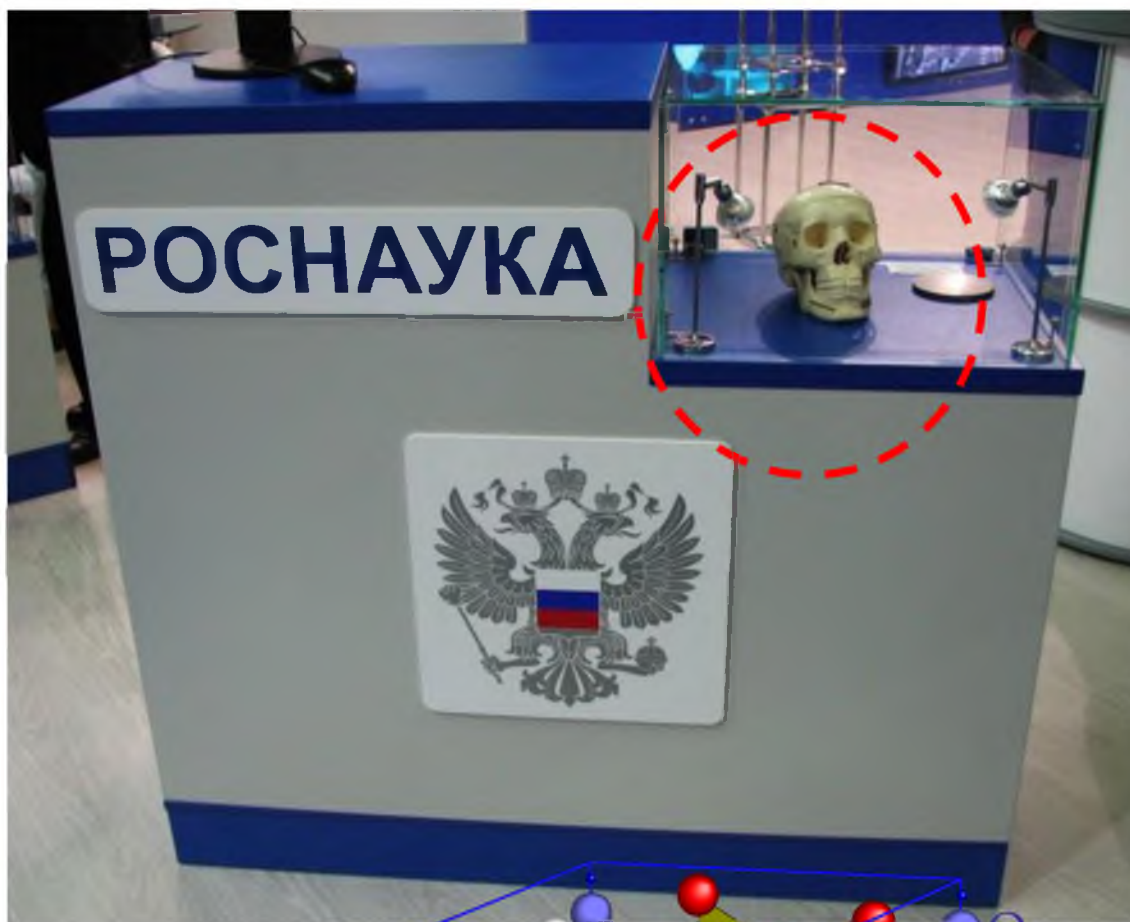


1

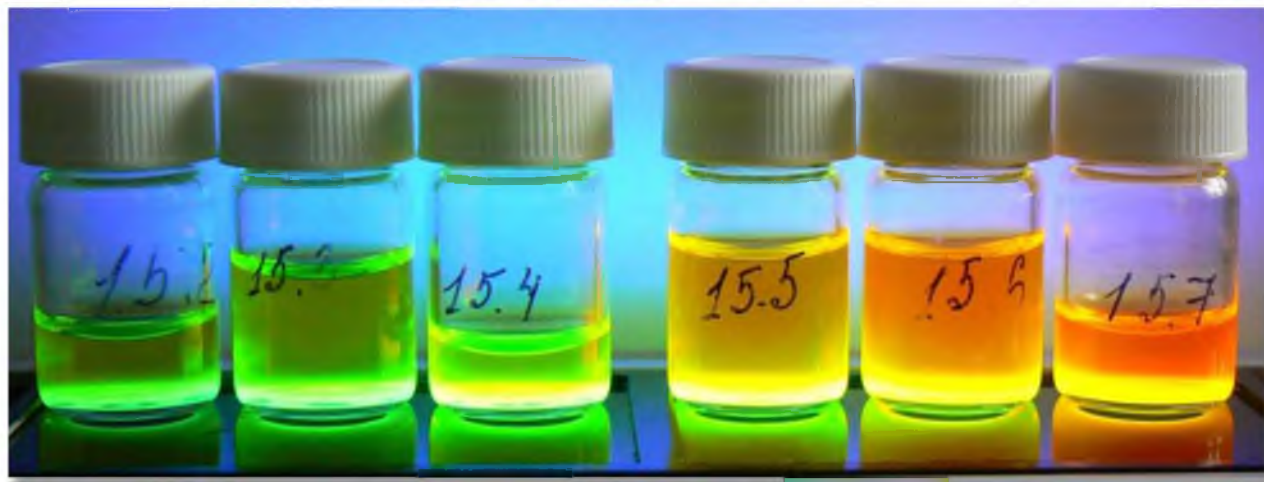
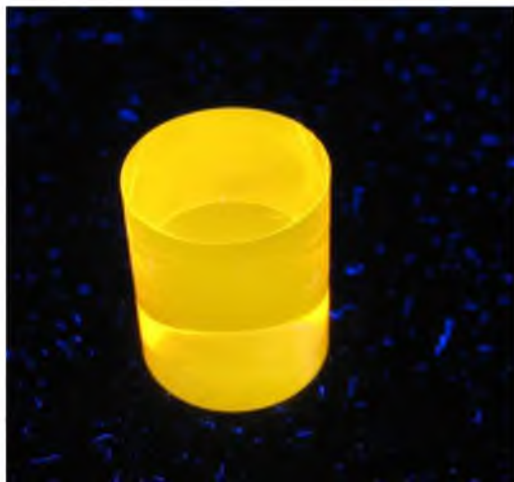
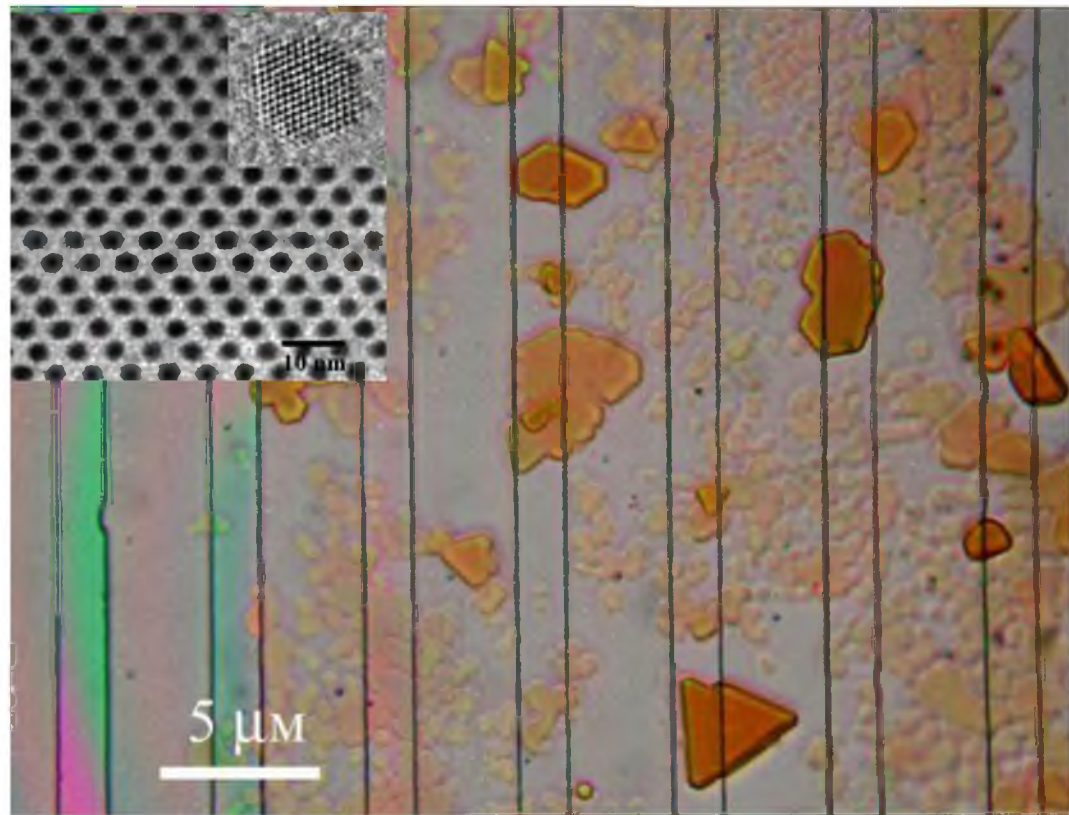


Композитная магнитная нанопроволока

Наномедицина

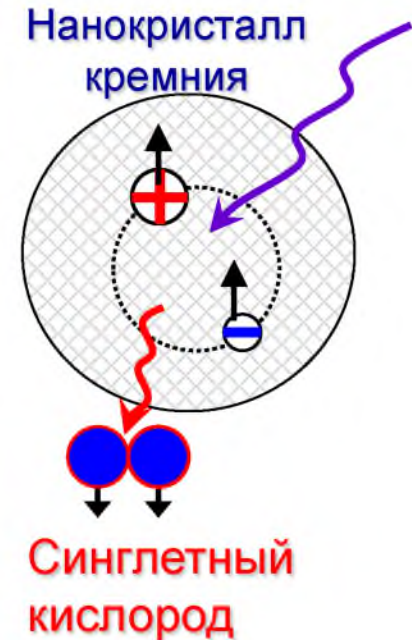


Квантовые точки



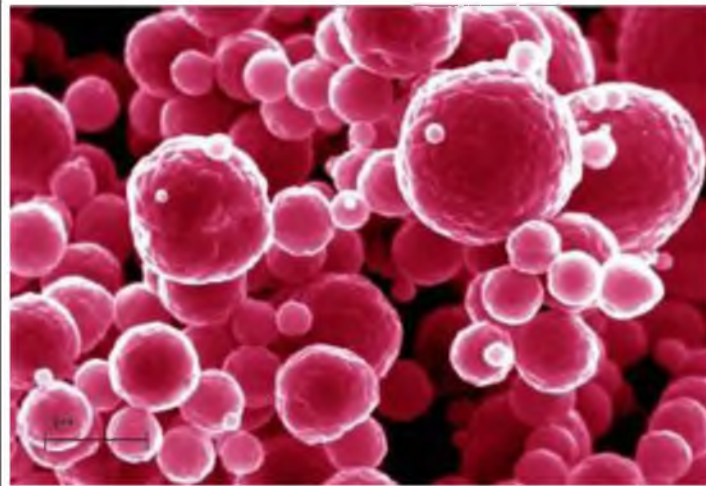
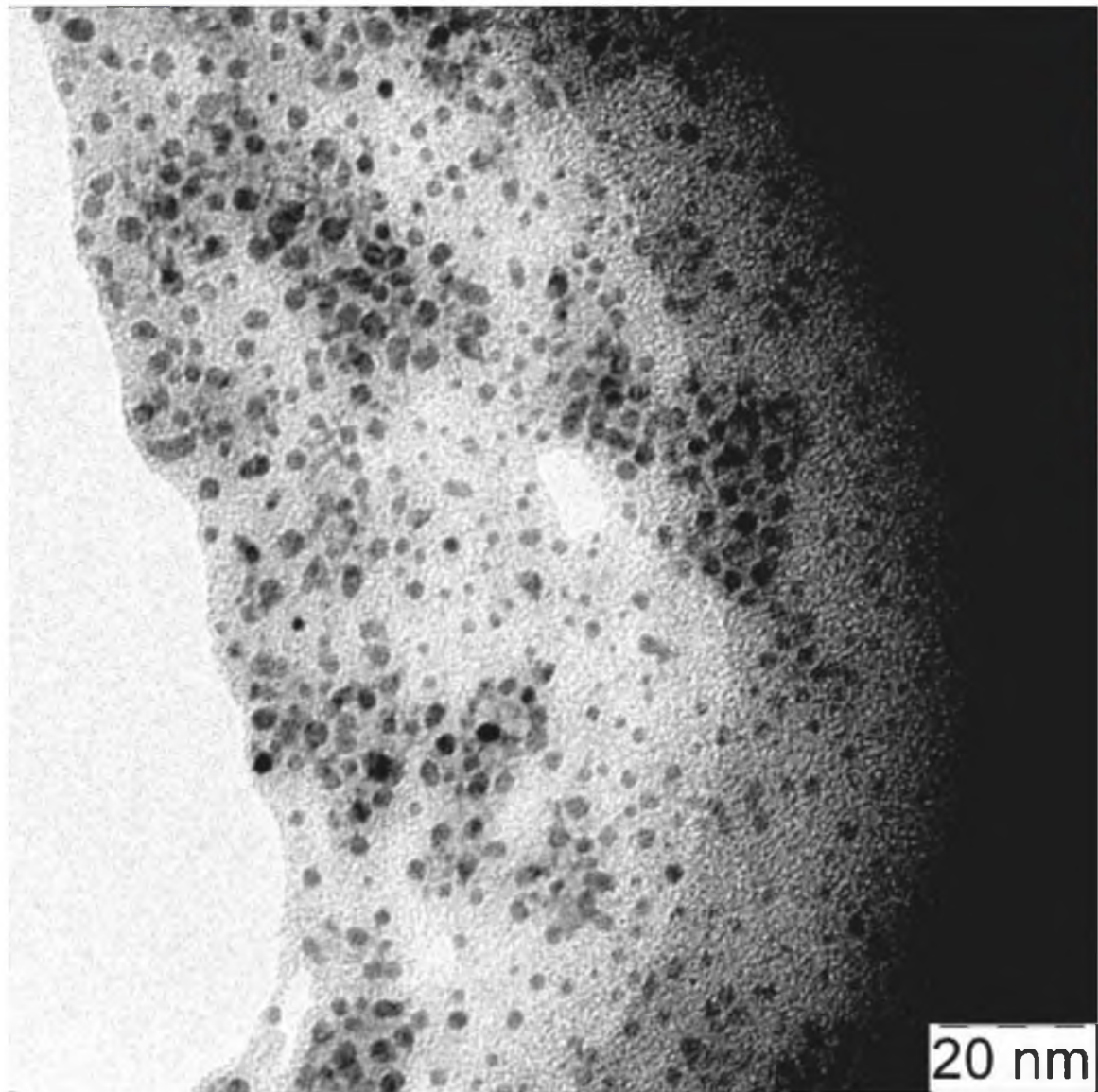
Фотодинамическая терапия

Физфак МГУ и Московский Научно–Исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена



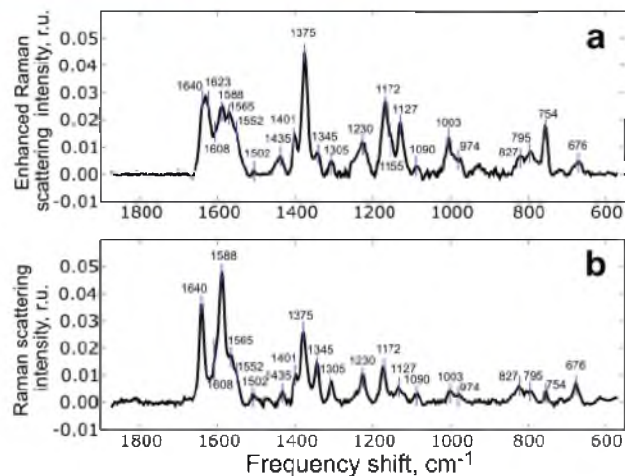
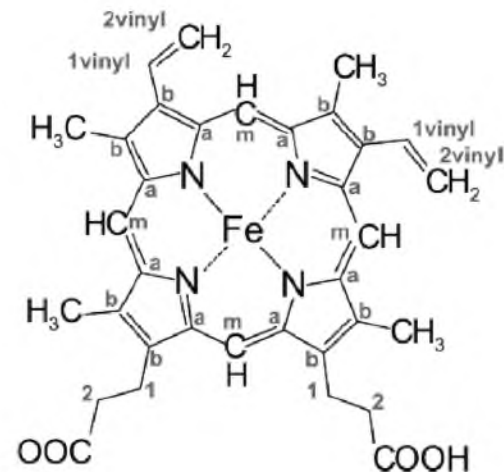
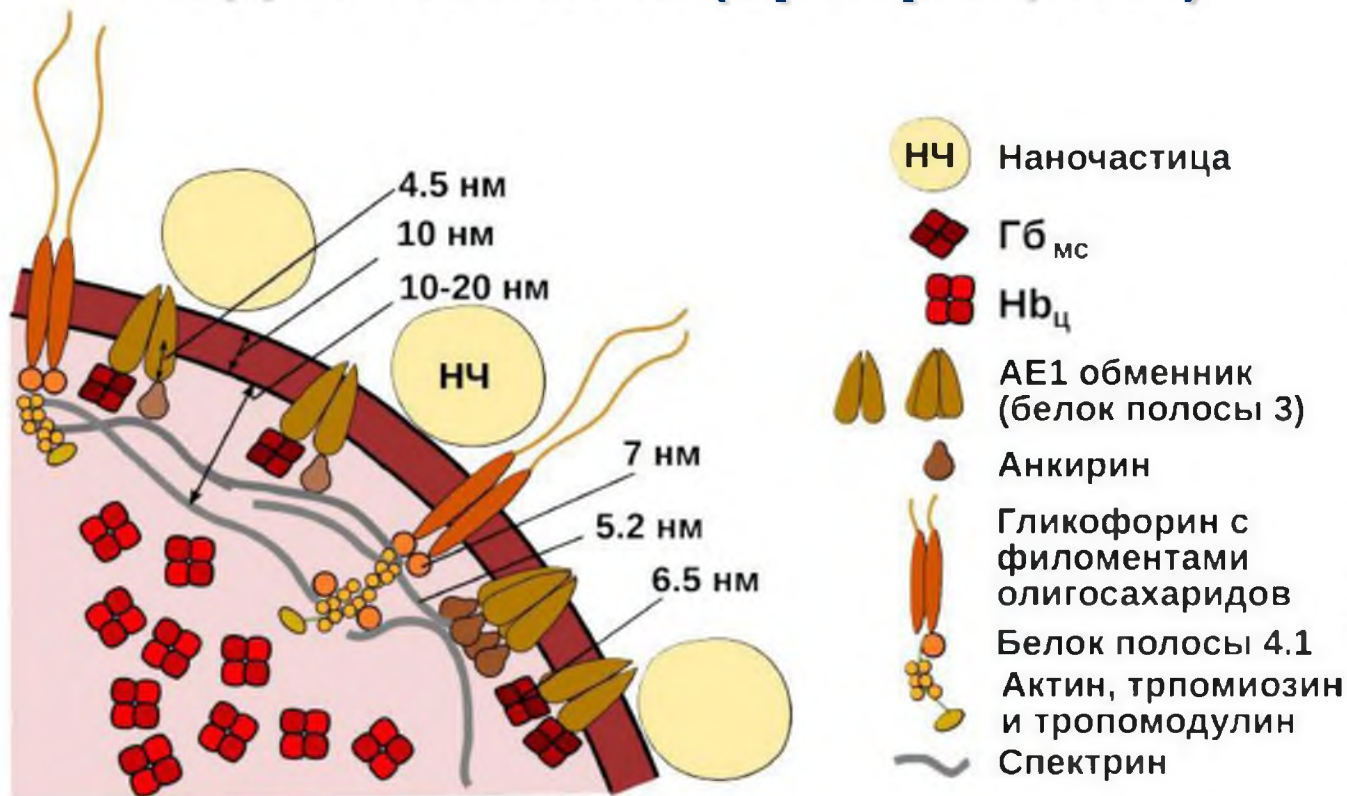
- 1) Препарат может проникать в клетки, но не приводит к заметному некрозу в темновых условиях.
- 2) Активность препарата коррелирует со степенью его проникновения в клетки и наличием освещения, что указывает на протекание внутриклеточных фотохимических реакций.

«Умные» наноматериалы для биологии и медицины

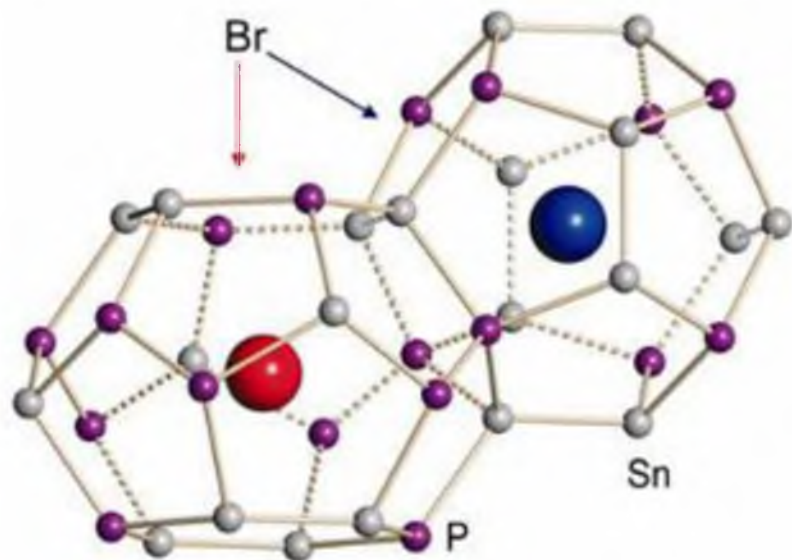
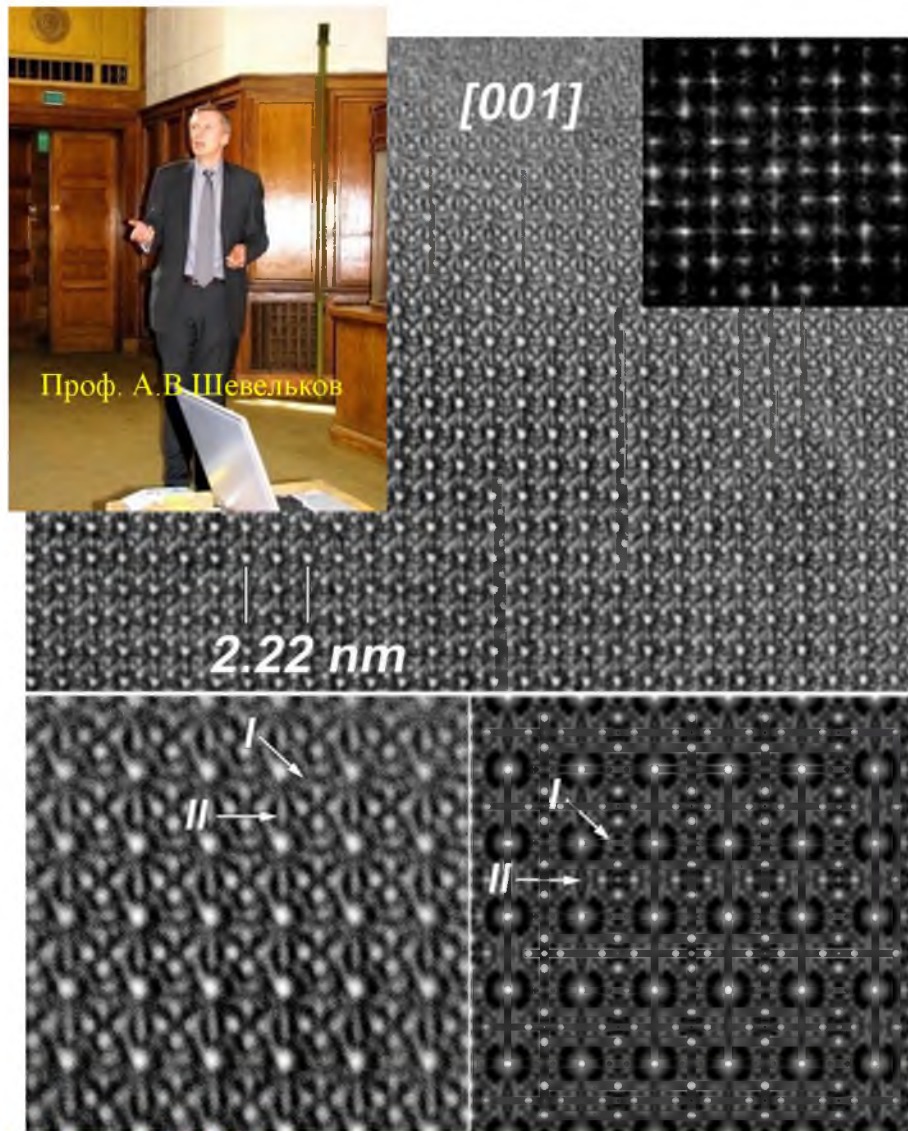


Магнитные наночастицы
оксида железа (III) (пиролиз
аэрозолей, стабилизация
гуминовыми кислотами)

Биодиагностика (эритроциты)

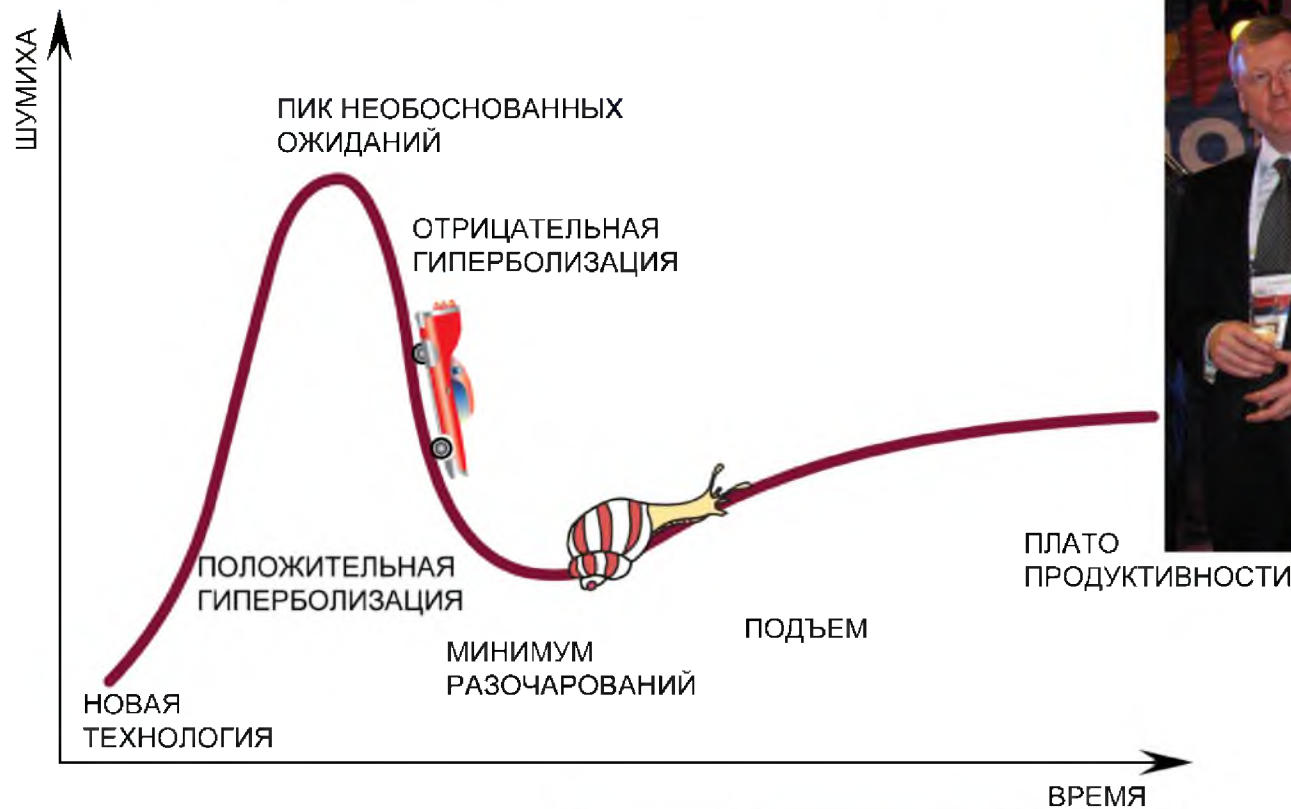


Термоэлектрические материалы



Холодильники без фреона и компрессора – бесшумные и безопасные

Нанотехнологии и общество



Интернет – Олимпиада по нанотехнологиям

Классическая олимпиада

Участники – Задания – Проверка - Победители

Интернет – олимпиада «Нанотехнологии – прорыв
Будущее!» WWW.NANOMETER.RU

Интернет СМИ «Нанометр»

Клуб участников

Самоподготовка

Спектр заданий для всех категорий

Проверка – Апелляция

Очная Школа (лекции, экскурсии, очный

Тур, встречи, общение)



Победители и призеры – Торжественное
закрытие, общественное обсуждение
результатов, разработка учебно-
методических материалов, популяризация -

...



www.nanometer.ru

где-то там Красная площадь

вход
в ГЗ
МГУ

ЦКП физфака

физфак

гостиница

химфак

Ломоносовский пр-т

к метро

«За нанотехнологиями и нанонаукой — будущее, в нашей стране и в мире, поэтому вы находитесь на самом переднем крае научных исследований!» (Ректор МГУ, академик В.А. Садовничий)