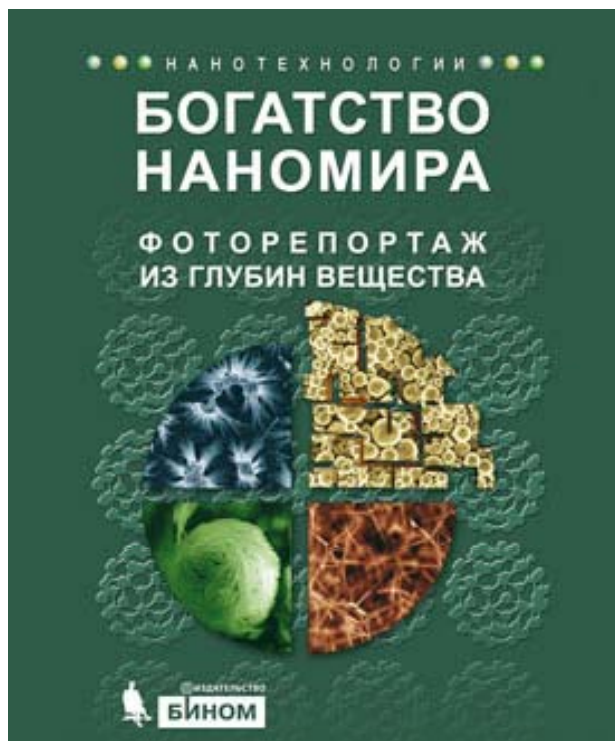


# Богатство наномира

Ю.Д.Третьяков

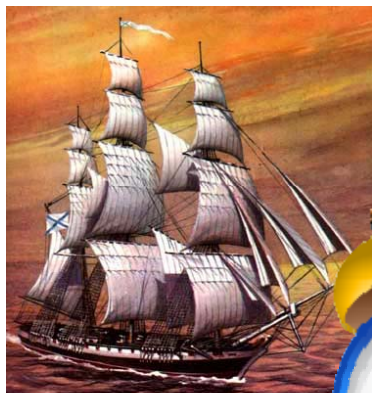
Е.А.Гудилин



ФНМ, химический  
факультет,  
НОЦ по  
нанотехнологиям МГУ

[www.fnm.msu.ru](http://www.fnm.msu.ru)

[www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)



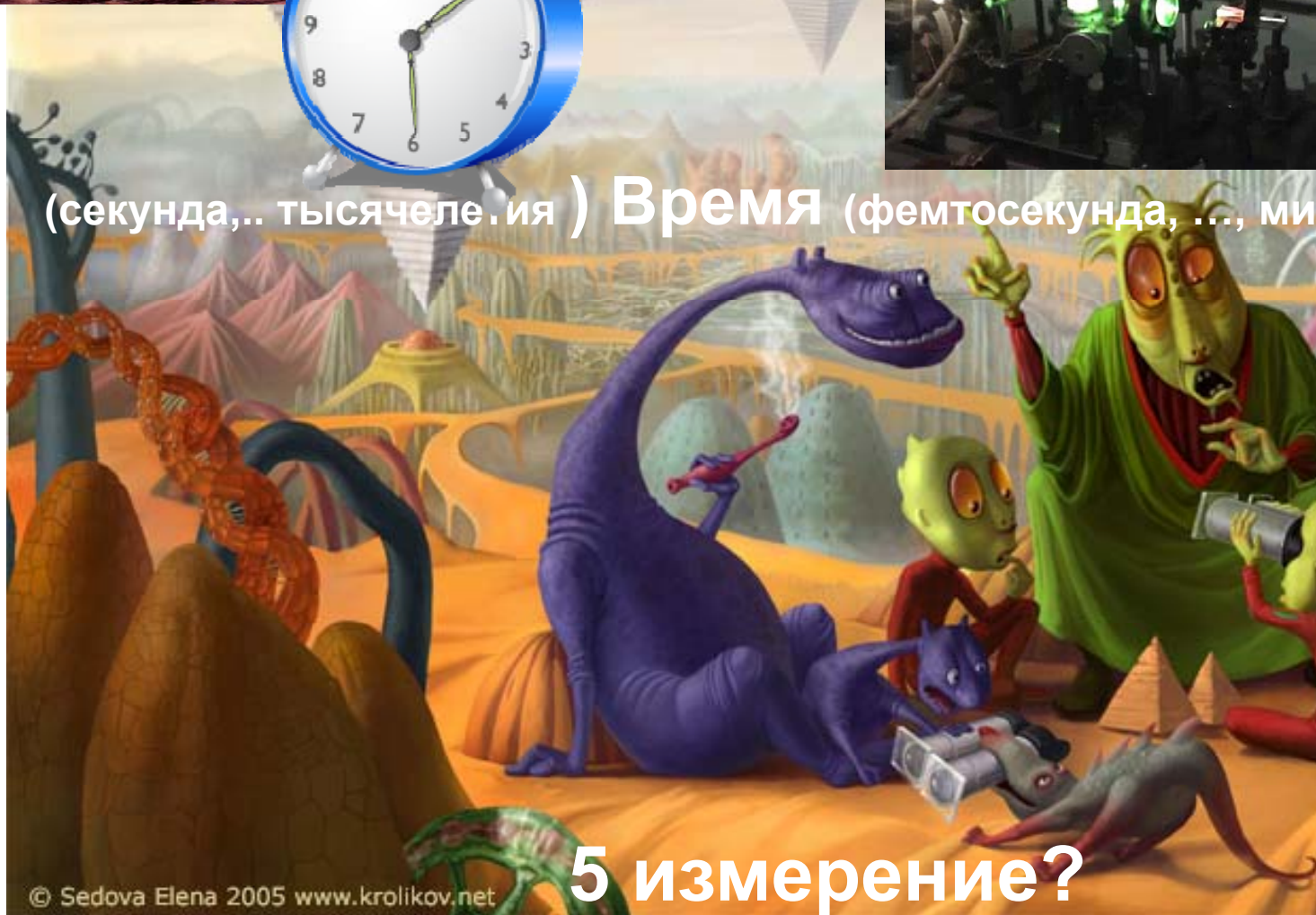
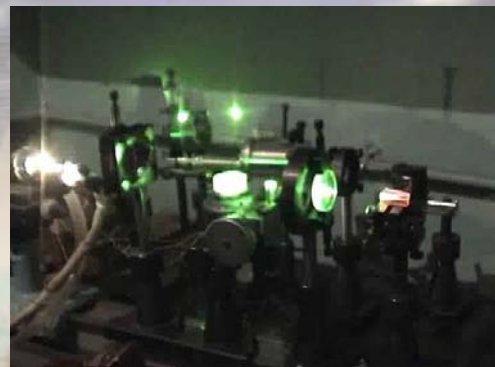
(x, y)

Пространство

(z)



(секунда,.. тысяче.ия ) Время (фемтосекунда, ..., миллиарды лет)



5 измерение?



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

**МАКРО**



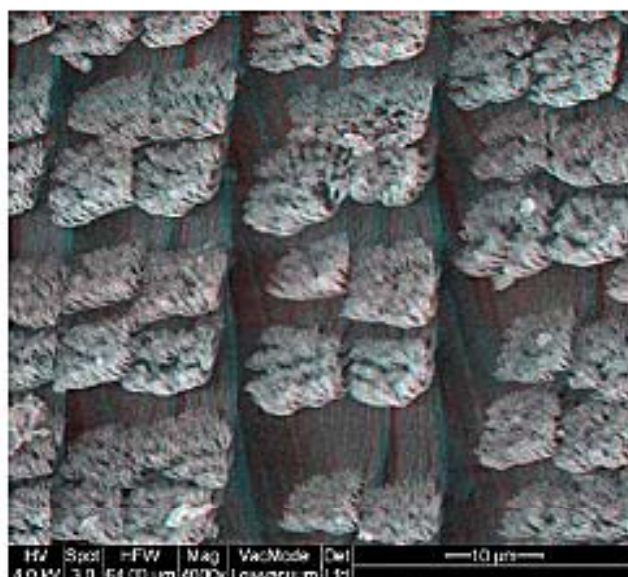
**МЕЗО**



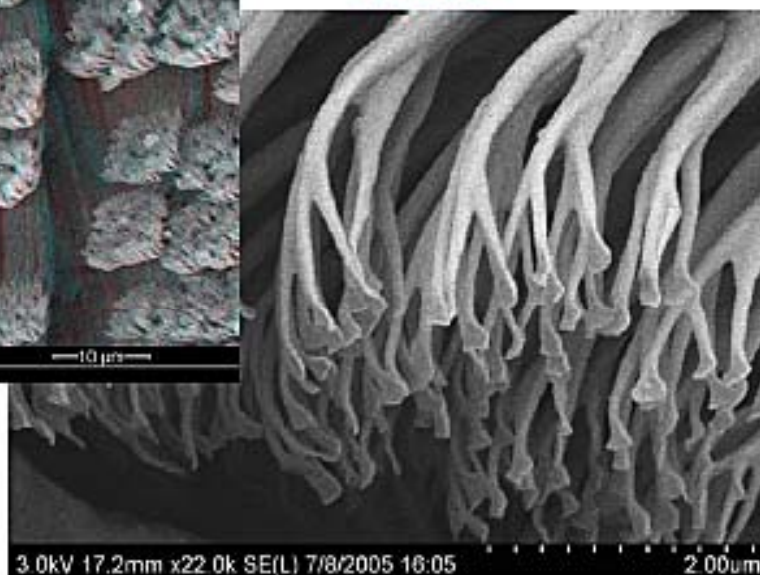
**МИКРО**



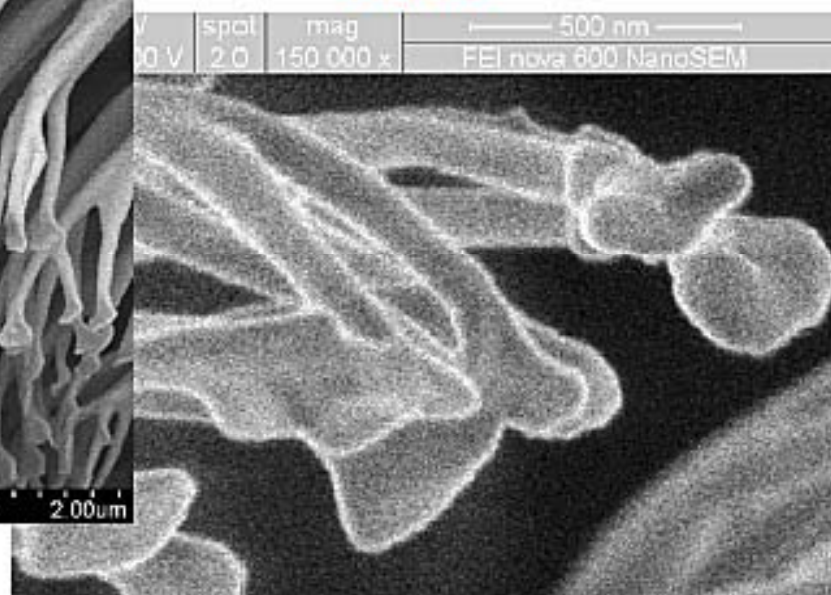
**СУБ-МИКРО**



**НАНО**



**НАНО**





# «Пятое измерение»

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834-1907

Символ элемента  
Порядковый номер

Название элемента  
Относительная атомная масса

Распределение электронов по слоям

s-элементы  
p-элементы  
d-элементы  
f-элементы

Высшие окислы  
Вещные формулы соединений

ЛАНТАНОИДЫ

АКТИНОИДЫ

?

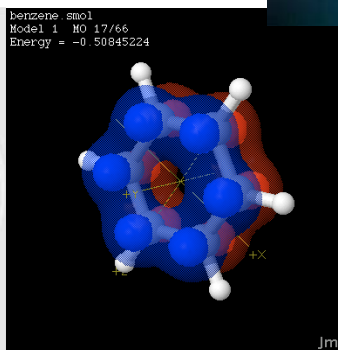
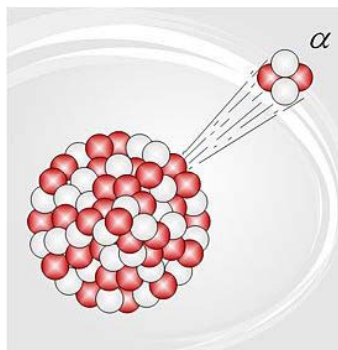


1 Ангстрем  
 $10^{-10}\text{м}$

$10^{-9}$

1 мкм  
 $10^{-6}\text{м}$

1 мм  
 $10^{-3}\text{м}$

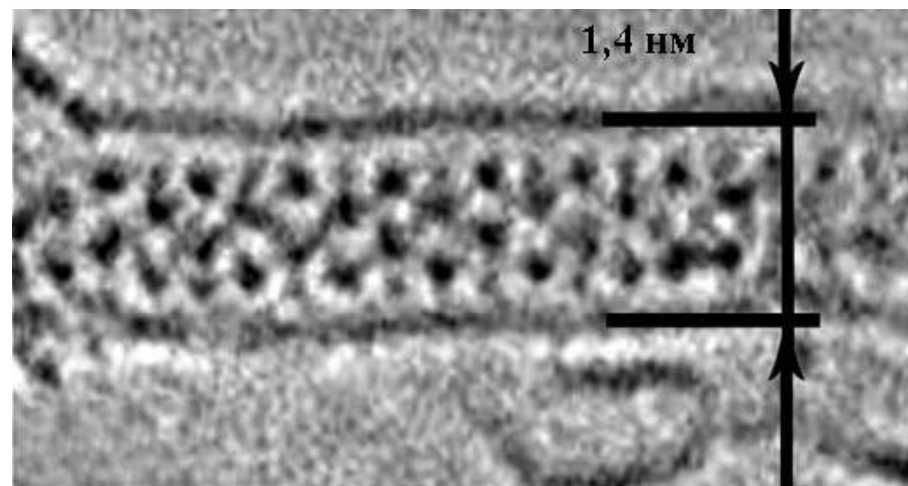
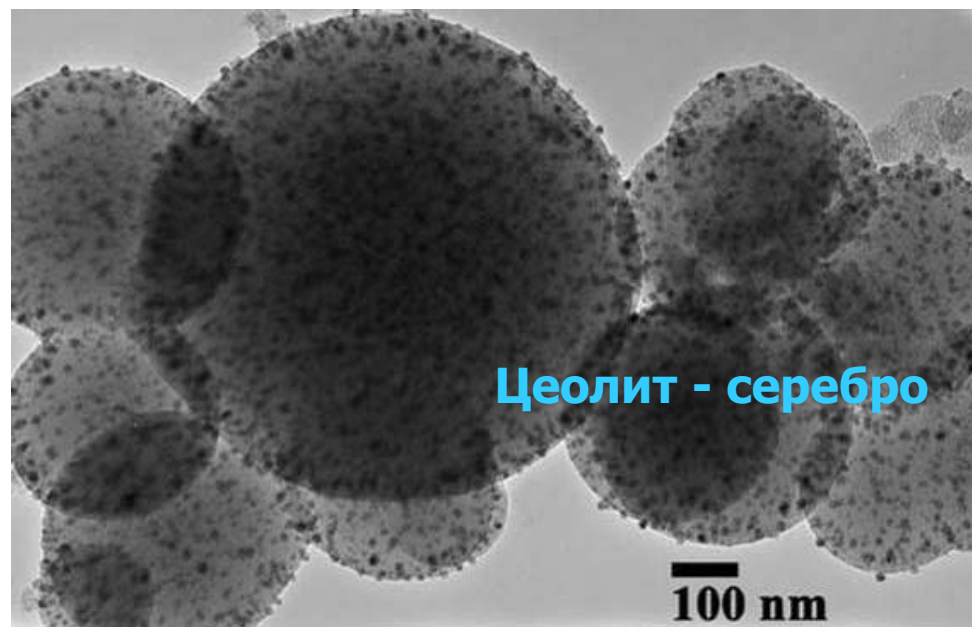
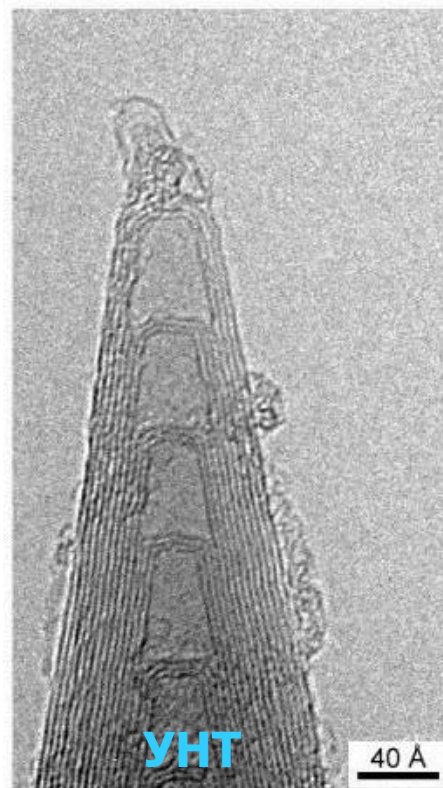


?





# Просвечивающая ЭМ



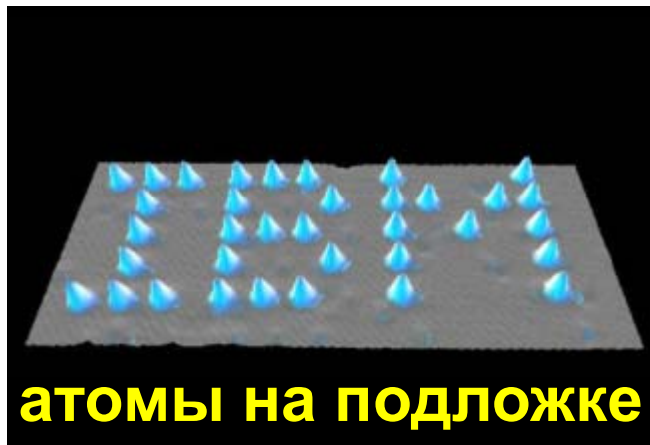


# Сканирующая туннельная микроскопия



Gerd Binnig Heinrich Rohrer

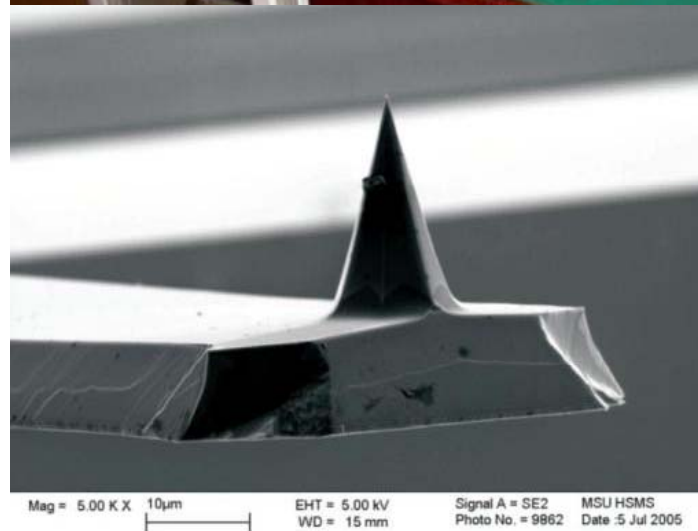
1981 создание первого СТМ, получение атомарного разрешения (IBM, Цюрих) - 1986 (Нобелевская премия)



атомы на подложке



решетка графит



Mag = 5.00 K X 10µm EHT = 5.00 kV Signal A = SE2 MSU HSMS  
WD = 15 mm Photo No. = 9962 Date :5 Jul 2005



# НАНОБИОТЕХ

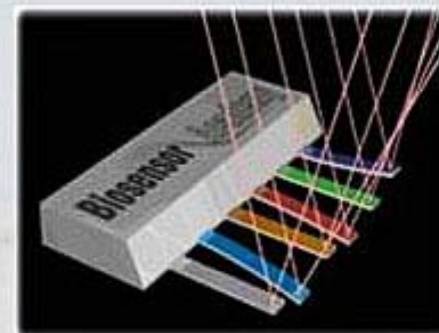


## Академия биосенсоров

### Атомные Весы

#### Принцип работы:

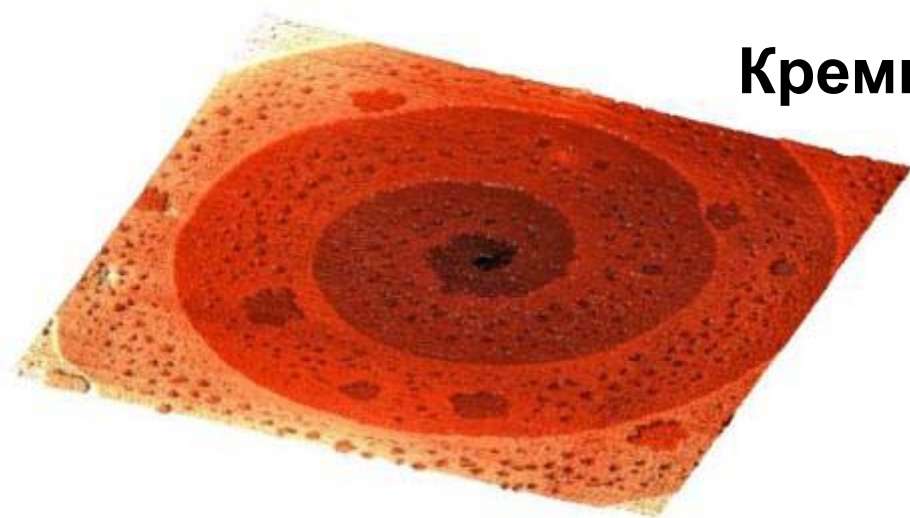
- 1) Связывание детектируемого вещества в среде с химически модифицированным кантилевером
- 2) Образование монослойной пленки на кантилевере
- 3) Изгиб кантилевера за счет сил поверхностного натяжения в пленке
- 4) Детектирование изгиба лазерно-оптической системой



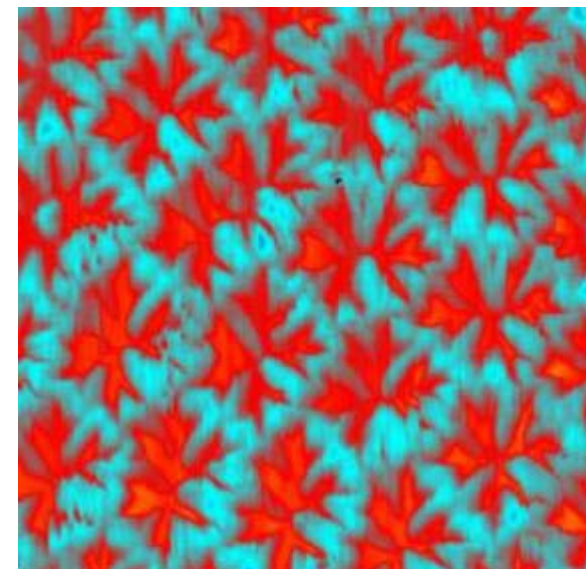
#### Применение:

- Сверхточное взвешивание частиц в среде (точность  $10^{-19}$  г)
- Изучение свойств монослойных пленок
- Сверхчувствительный анализатор веществ в среде (в биологии, медицине, криминалистике)

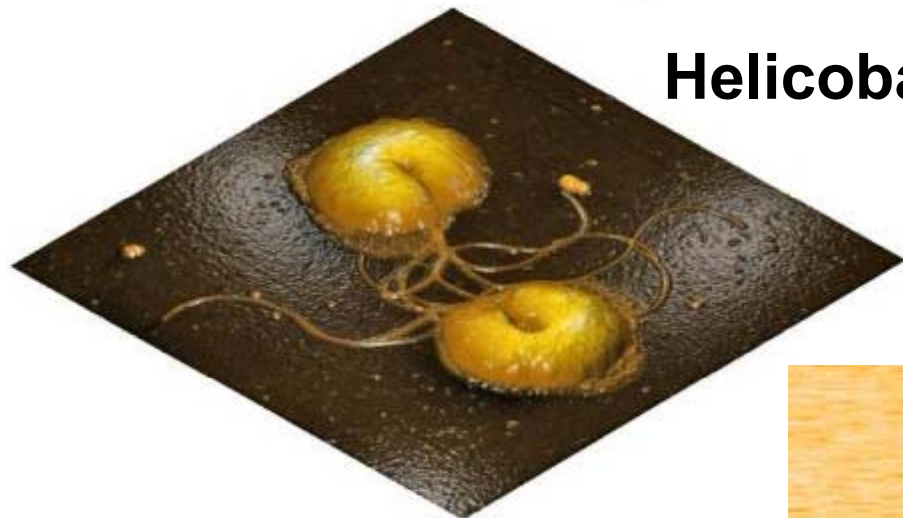




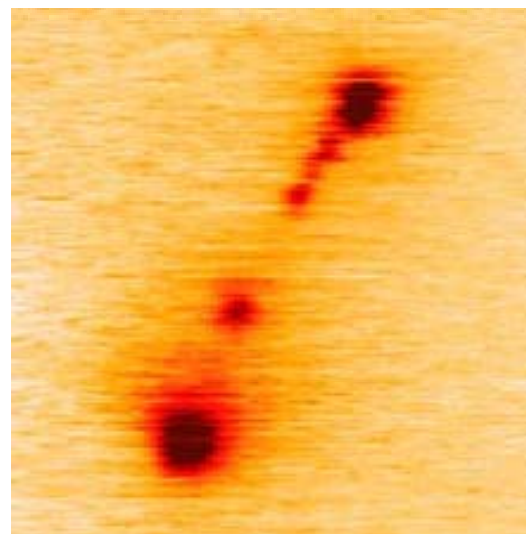
**Кремний**



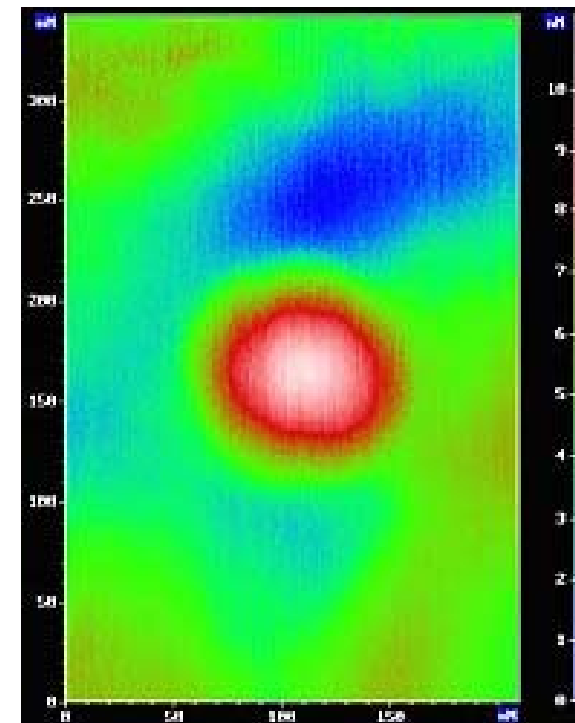
**Магнитная пленка  
наночастица**



**Helicobacter pylori**



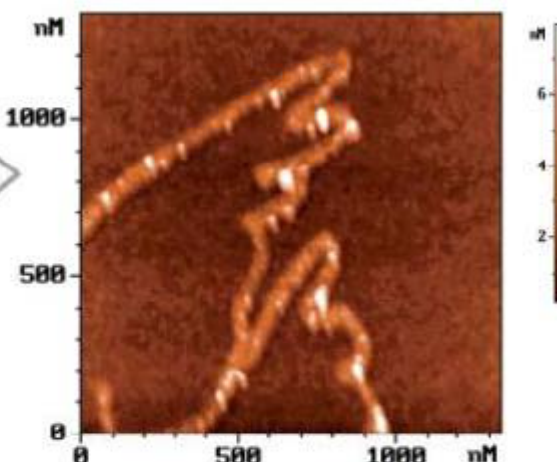
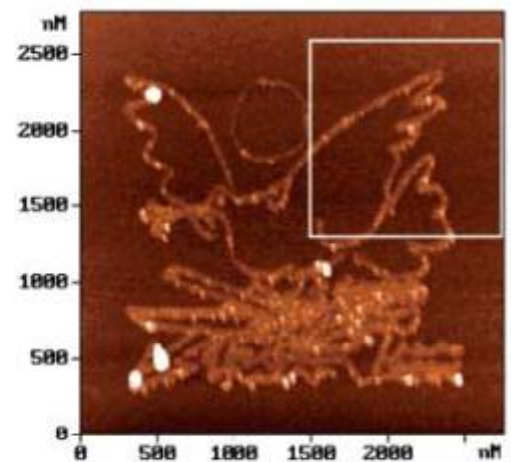
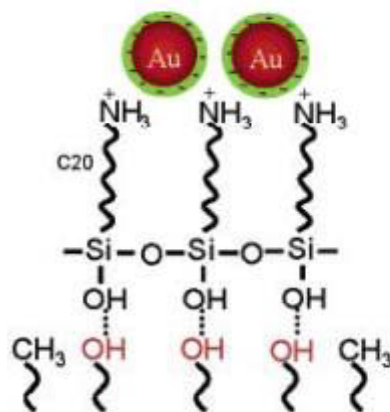
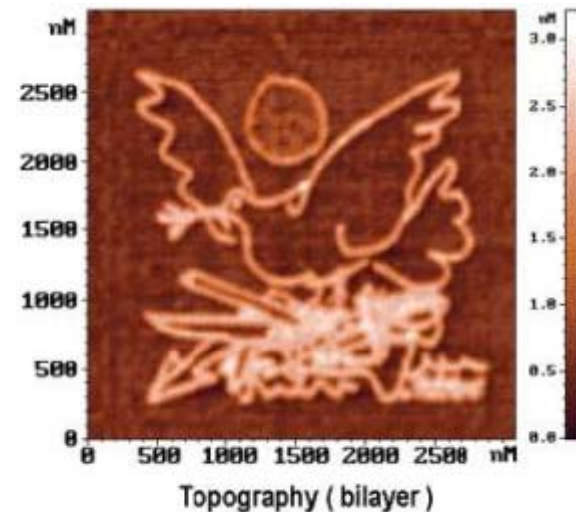
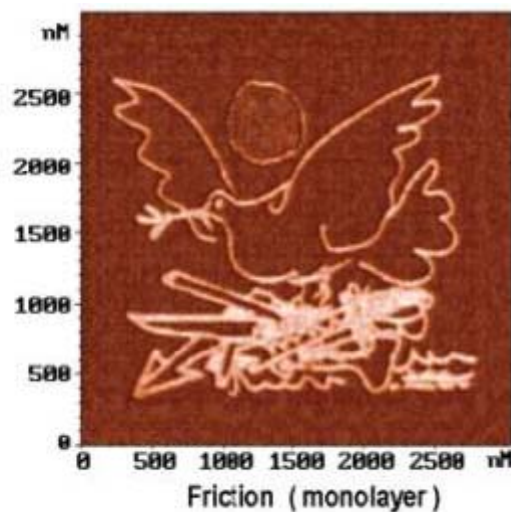
**Проводимость  
ОУНТ**





# Нанолитография

World Without Weapons  
P. Picasso, 1962



Topography (colloidal gold pattern)

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



# Что такое НАНО?

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

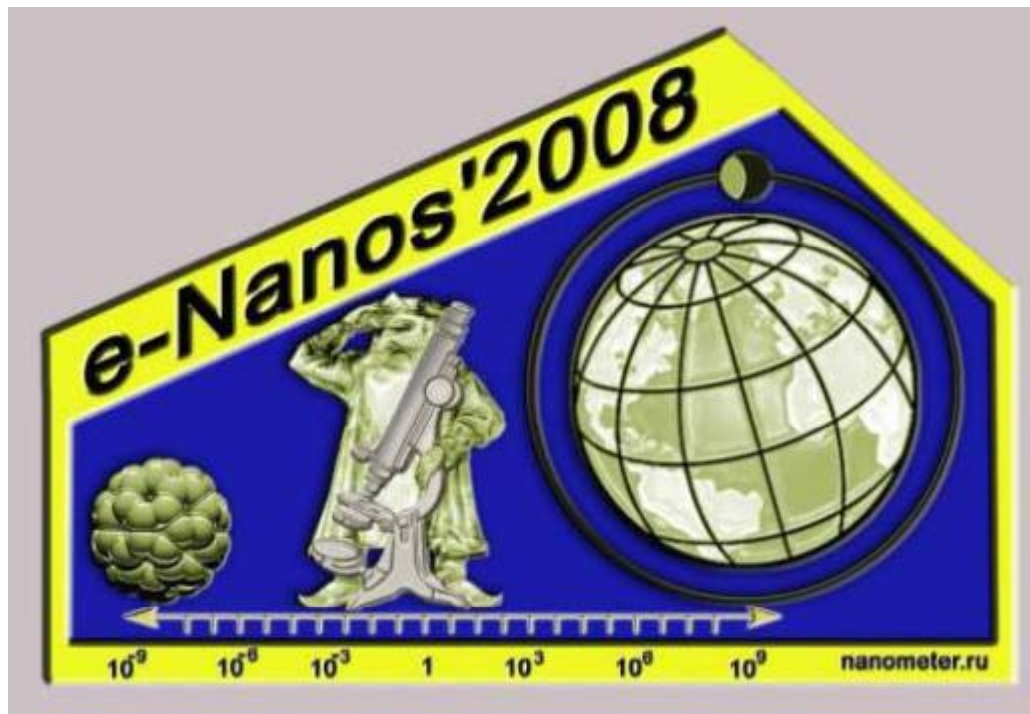


# Насколько мал нанометр?



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/см<sup>3</sup>) 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 Луной? **(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

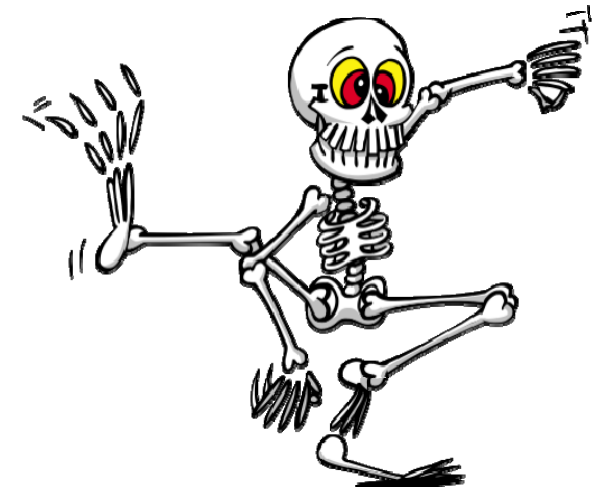
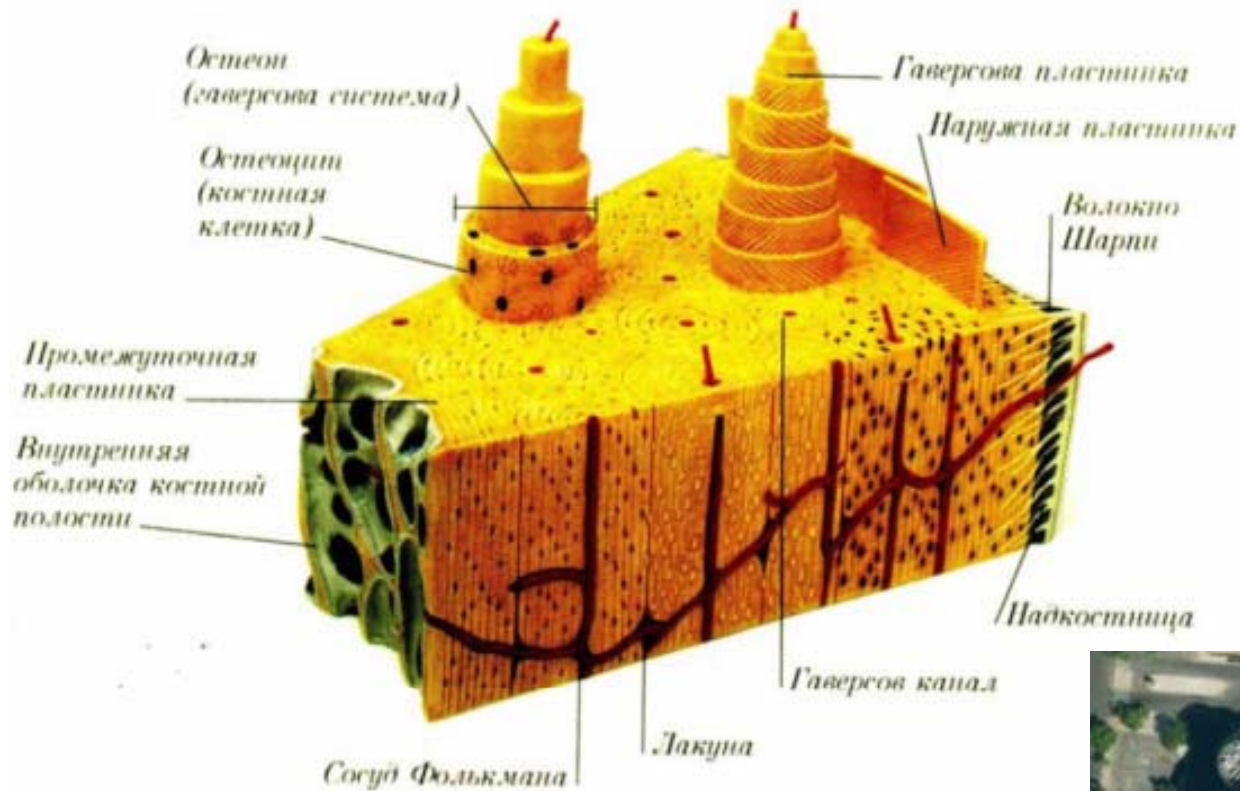
**64 Гб = 25 нм**

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





# Кости



=10

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



# Космический лифт и наноботы

## (давайте разберемся!)

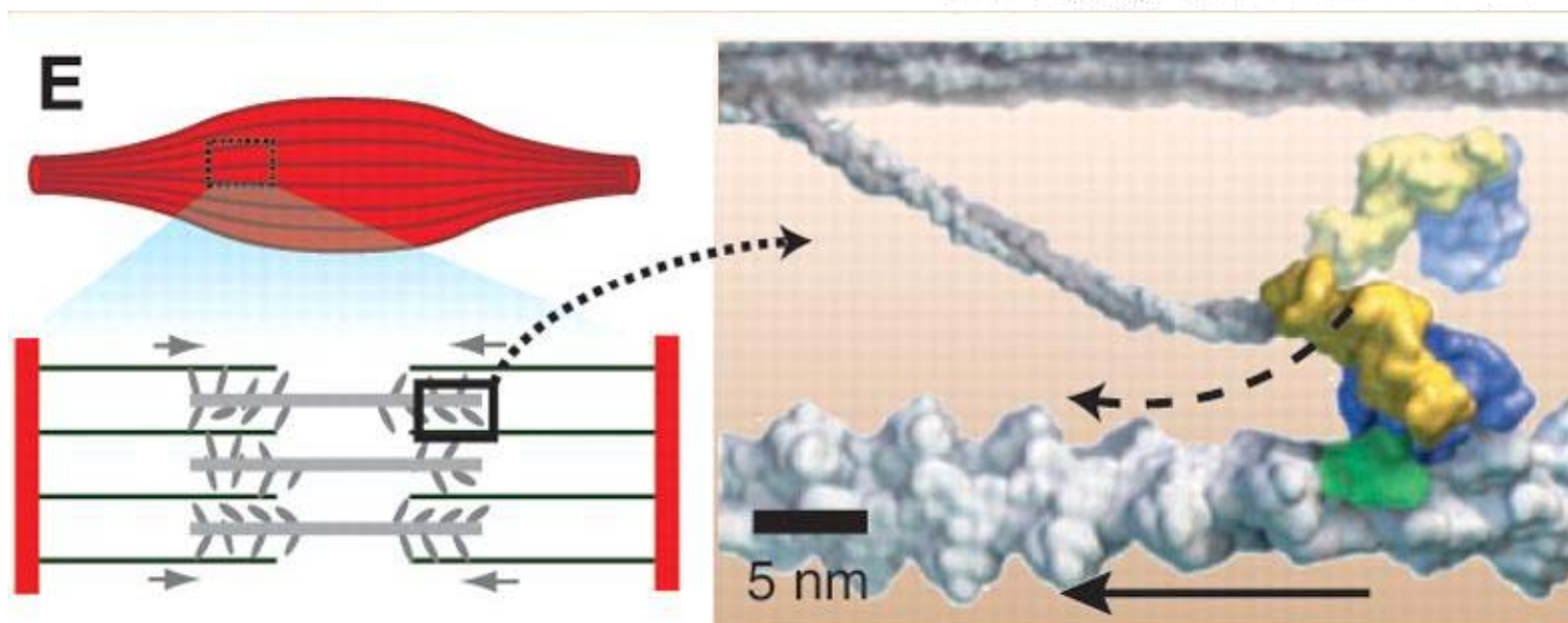
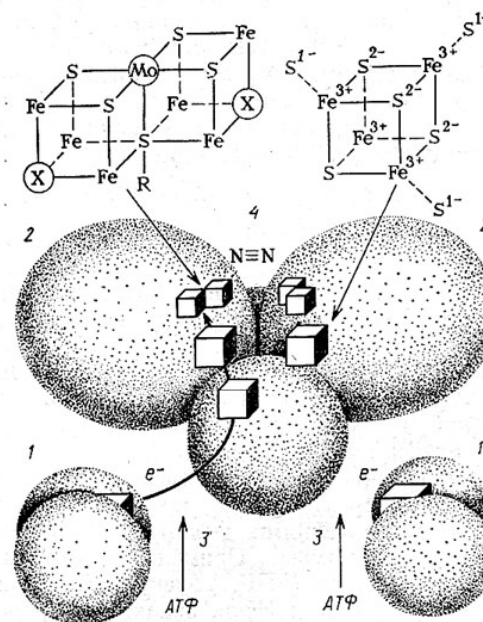
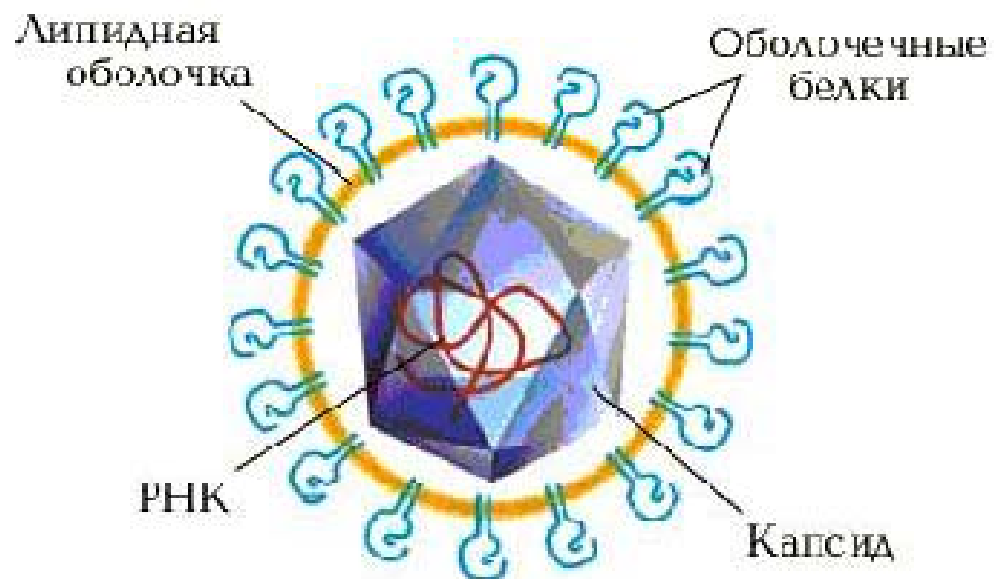


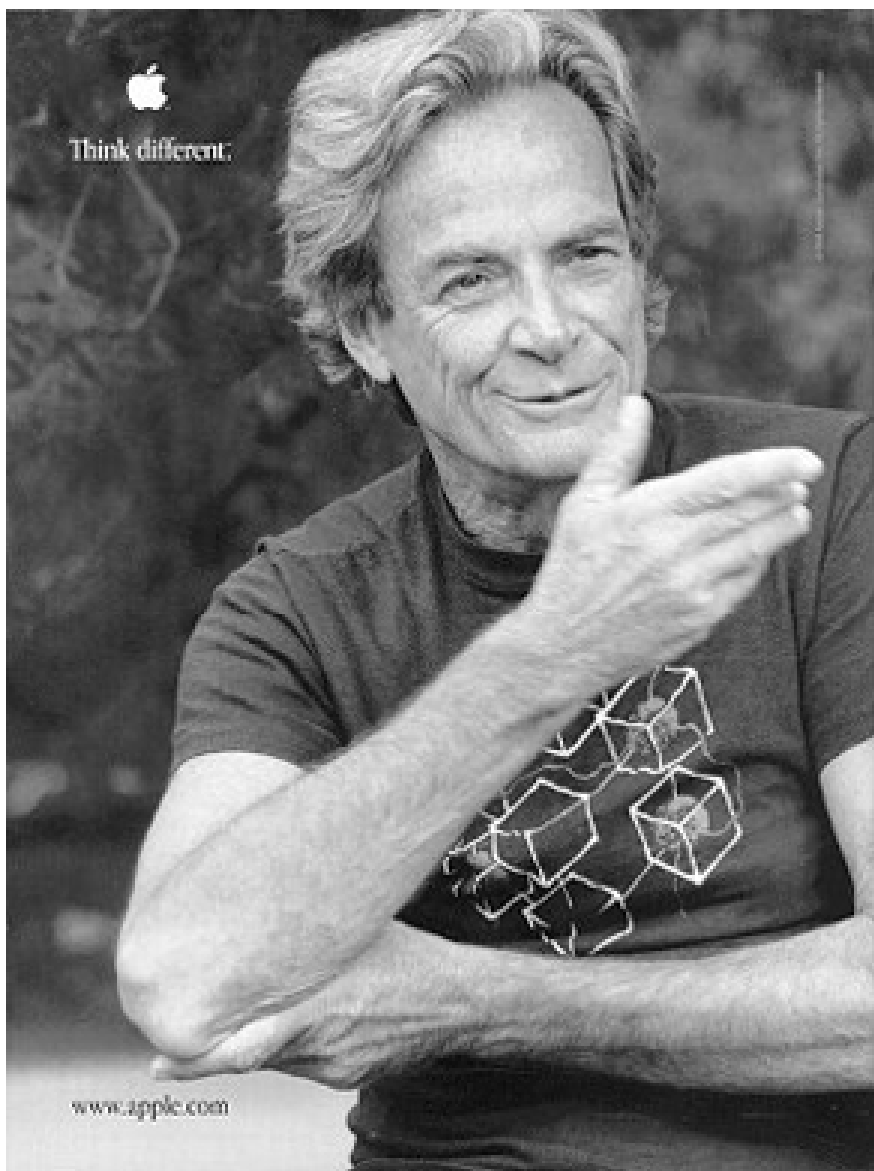
**Ответ: диаметр троса 1 см,  
10 триллионов тонн наноботов,  
40 триллионов лет**

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?



# Молекулярные машины





**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 «Роснано»**).

**Ричард Фейнман (Richard Feynman)**



Сам термин «нанотехнология» предложен Норио Танигучи в **1974 г.** В **1986 г.** вышла книга Э.Дрекслера «Машины созидания: наступление нанотехнологической эпохи» (нанороботы, «серая слизь» Grey Goo). В этом же году Герд Биннинг и Хайнрих Рор (лаборатории IBM, Цюрих) получили Нобелевскую премию за созданный ими в **1981 г.** первый туннельный микроскоп. Признаны наблюдения проф. Ииджимы (Nature, **1991 г.**) многостенных углеродных нанотрубок, найденных продукте дугового разряда между графитовыми электродами. Нобелевская премия по химии за фуллерены была дана в **1996 г.** Ричарду Смолли, Роберту Керлу и Харолду Крото.

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

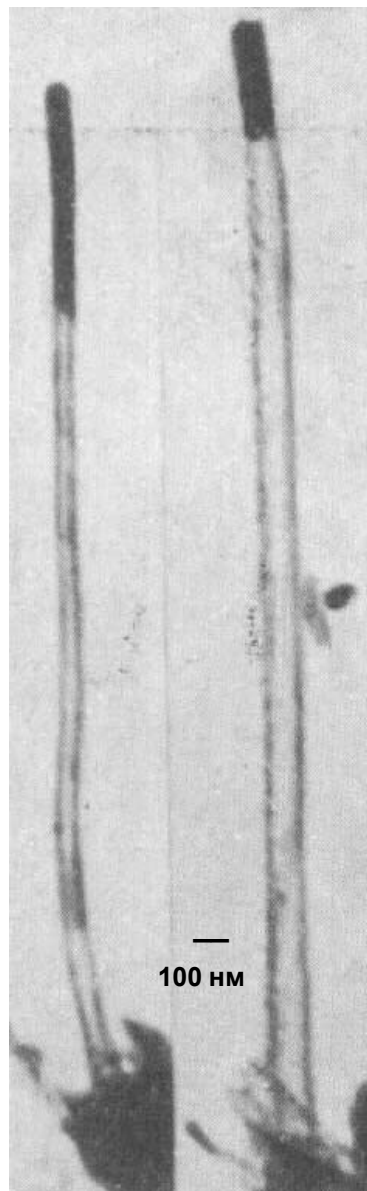
**[http://www.nanometer.ru/2009/11/03/12572229912110/PROP\\_FILE\\_files\\_3/filos3.pdf](http://www.nanometer.ru/2009/11/03/12572229912110/PROP_FILE_files_3/filos3.pdf)**

**Первоначально возможность существования структуры, состоящей из 60 углеродных атомов (C<sub>60</sub>-фуллере́на), 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).**

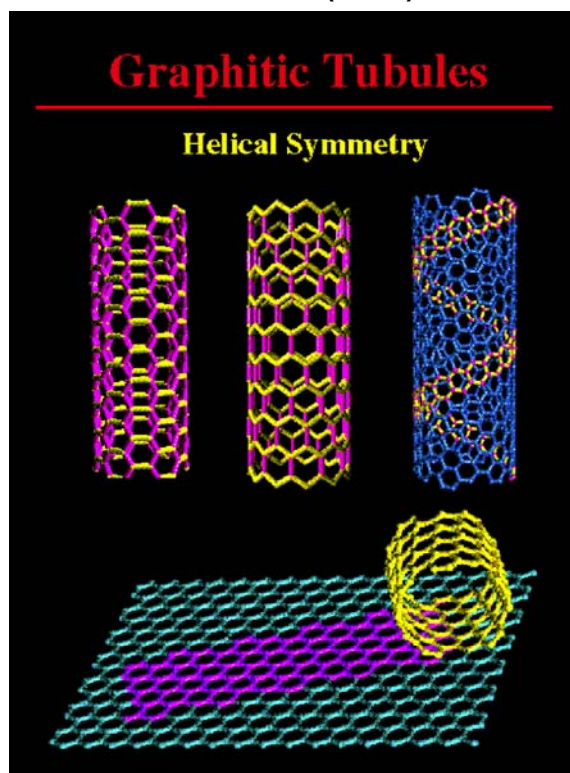
**Таким образом, фуллерены были открыты на кончике пера примерно **за 20 лет**, а углеродные нанотрубки – символ нанотехнологий – были получены примерно **за 40 лет** до своего официального рождения.**



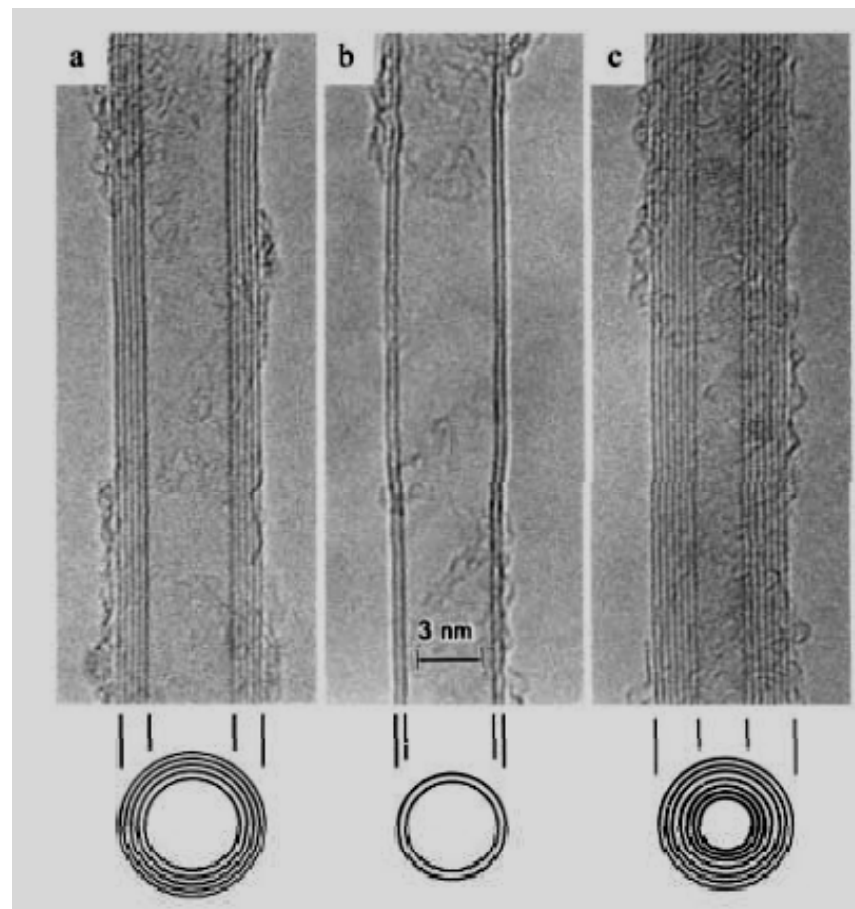
# Первые РЭМ наблюдения углеродных нанотрубок



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

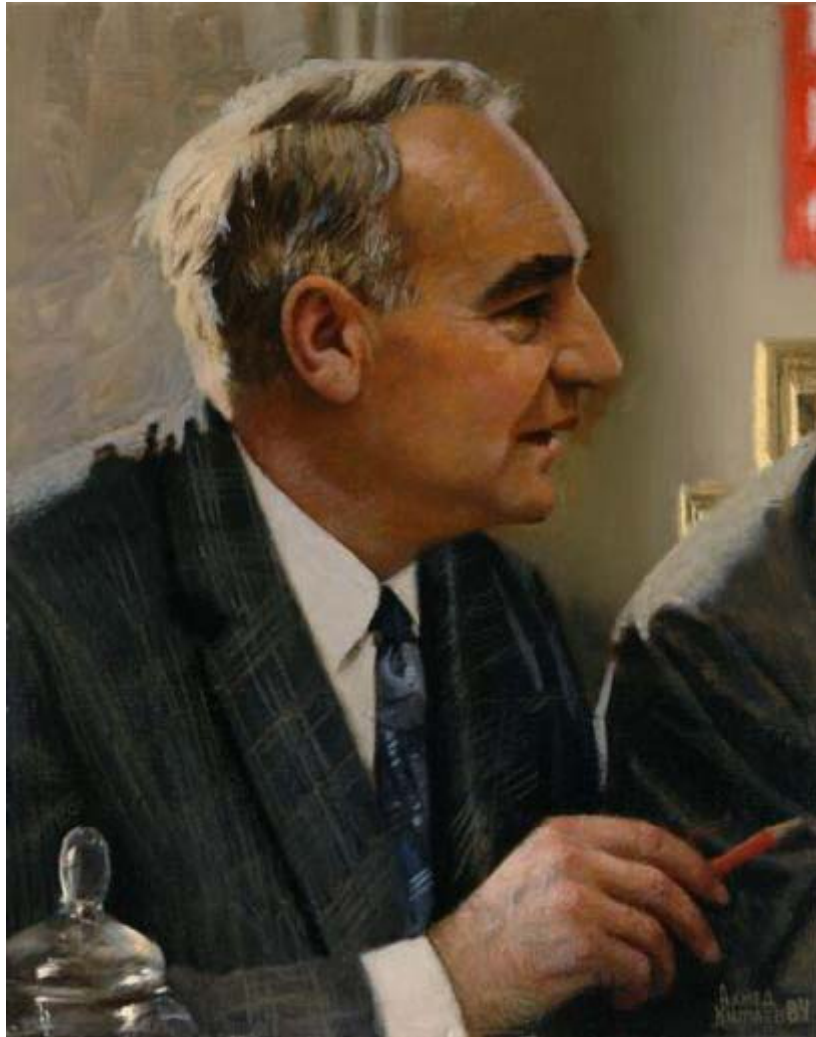


получены СНТ < 10 нм,  
метод CVD (Oberlin, M.  
Endo, T. Koyama. J. Cryst.  
Growth 32, 335 (1976)).



ТЕМ наблюдение J.Iijima (**Nature, 1991**) коаксиальных  
многостенных нанотруб (катод осадок в угл  
дуге) различными внутренними и внутренними  
диаметрами и числом оболочек с различной  
хиральностью

# Академик В.А.Каргин



**...сыграл огромную  
роль в становлении  
науки о полимерах**



# Академик П.А.Ребиндер



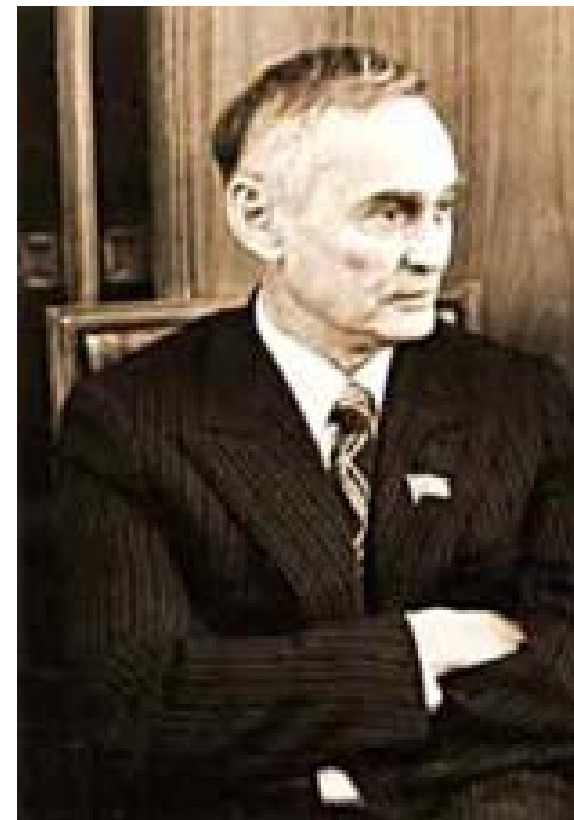
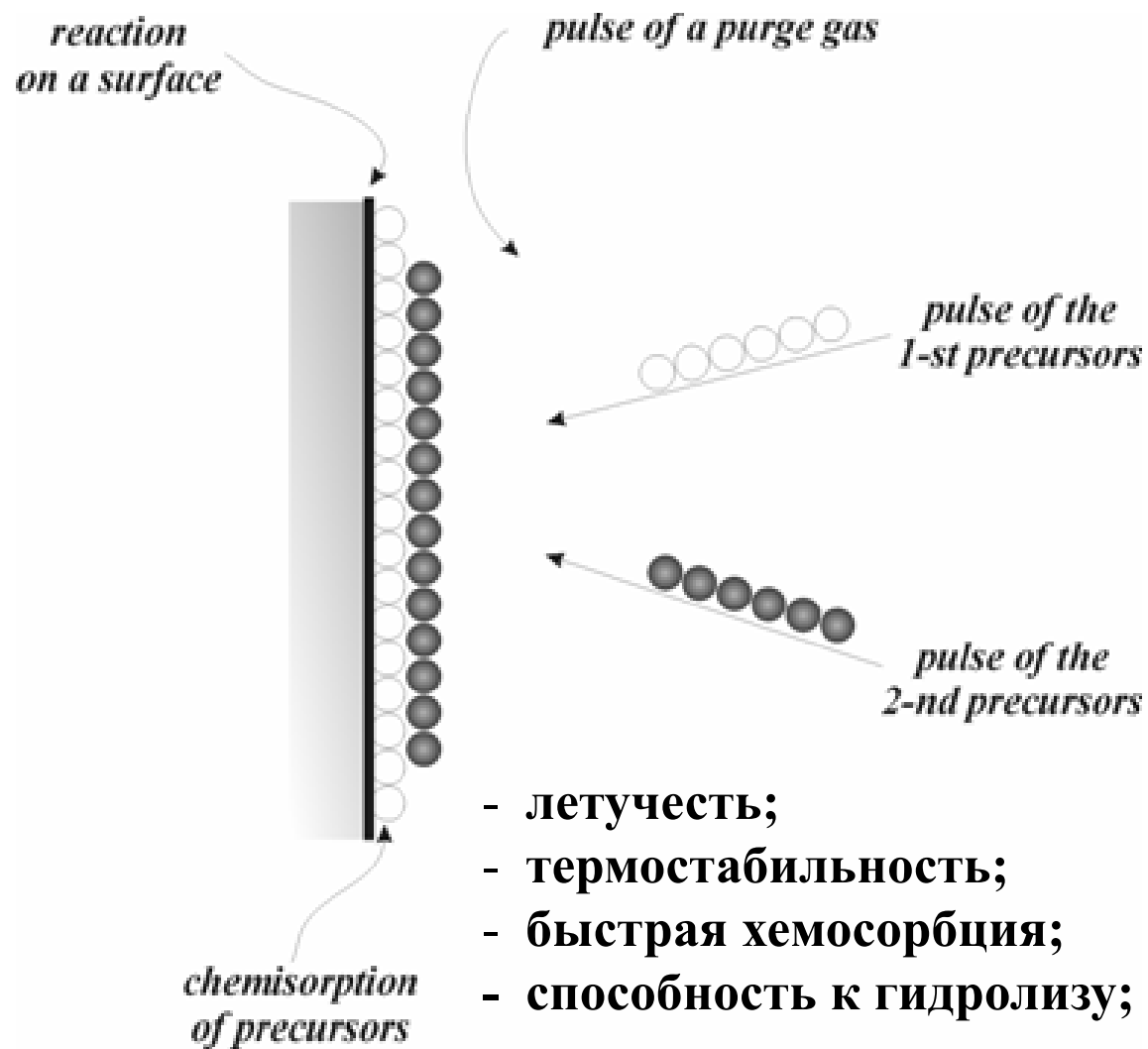
**...физико-химия  
дисперсных систем и  
поверхностных  
явлений**

# 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**



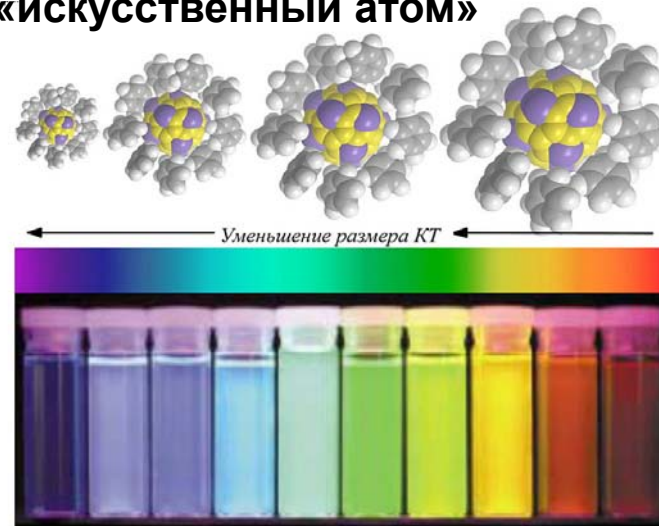
# И.Д.Морохов



**...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.



Древнегреческий амфитеатр

## **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**



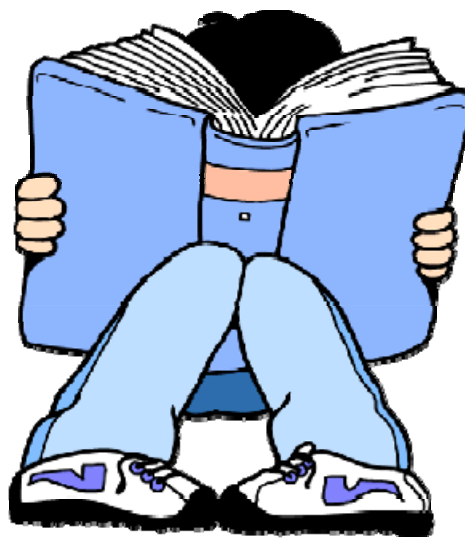
# Три наностратегии



**Физик: измерить и смоделировать**

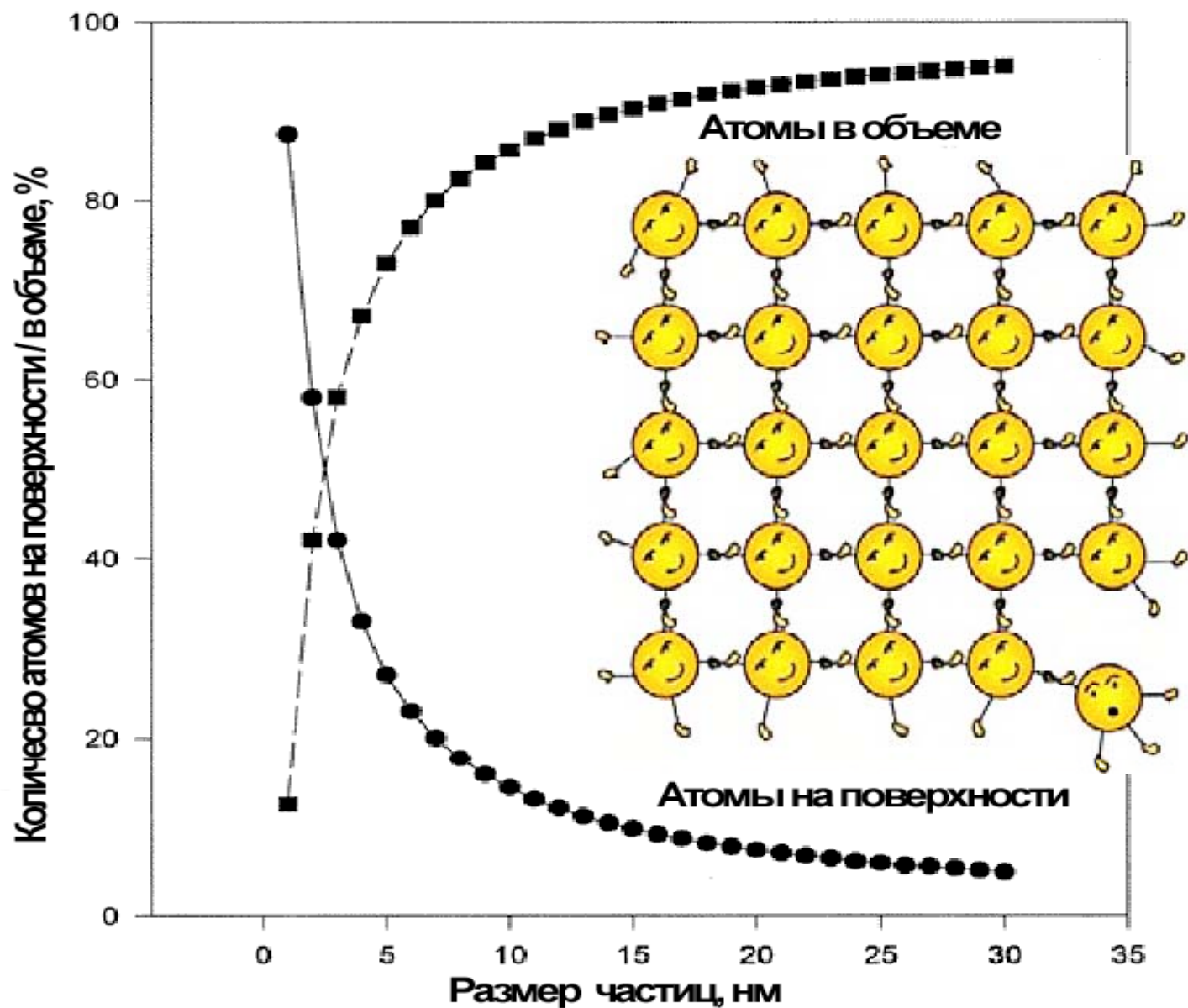


**Химик: увидеть и понять**

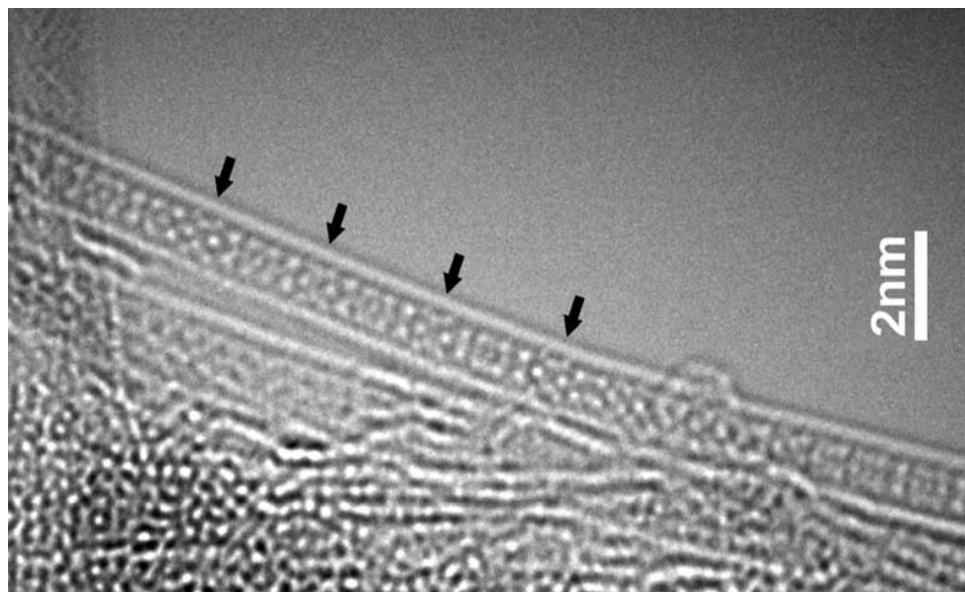


**Биолог: найти в справочнике**

# Вклад поверхности

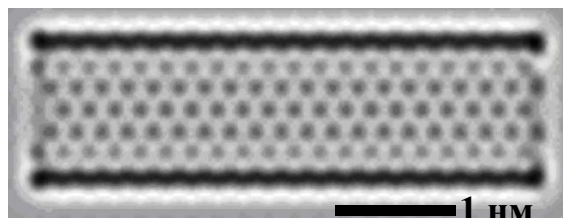
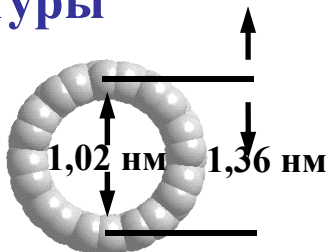
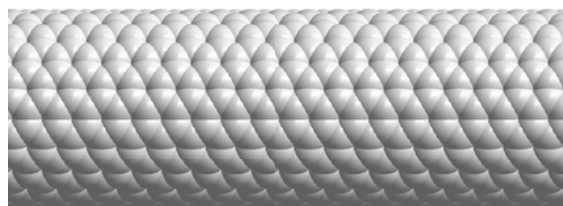


# Нанотрубки

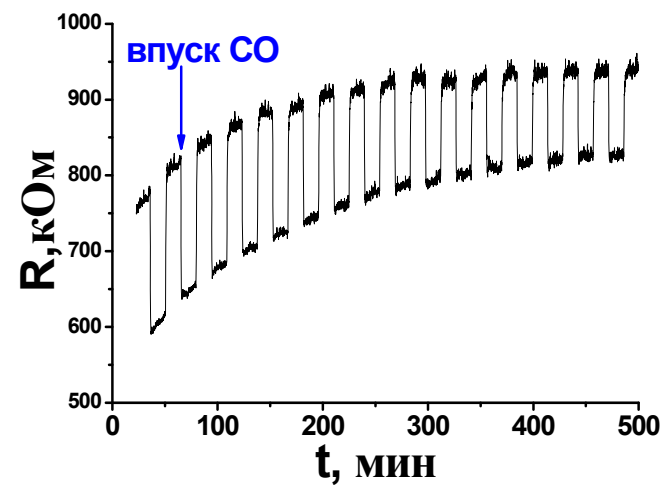
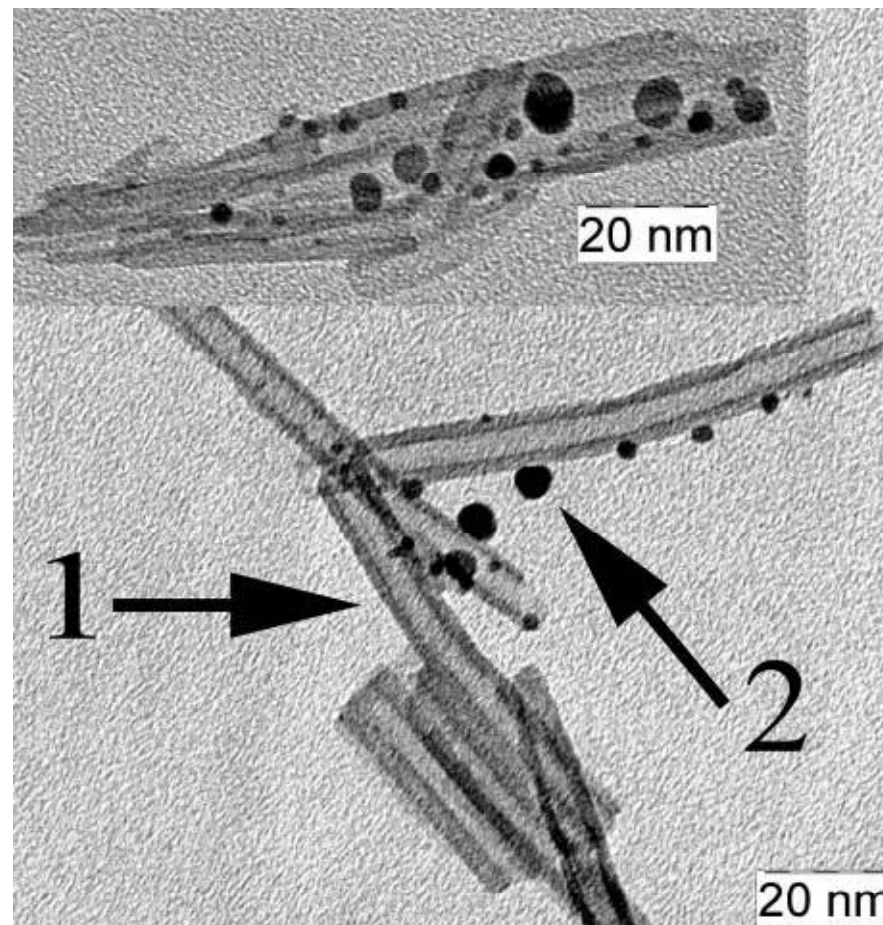


ПЭМ высокого разрешения

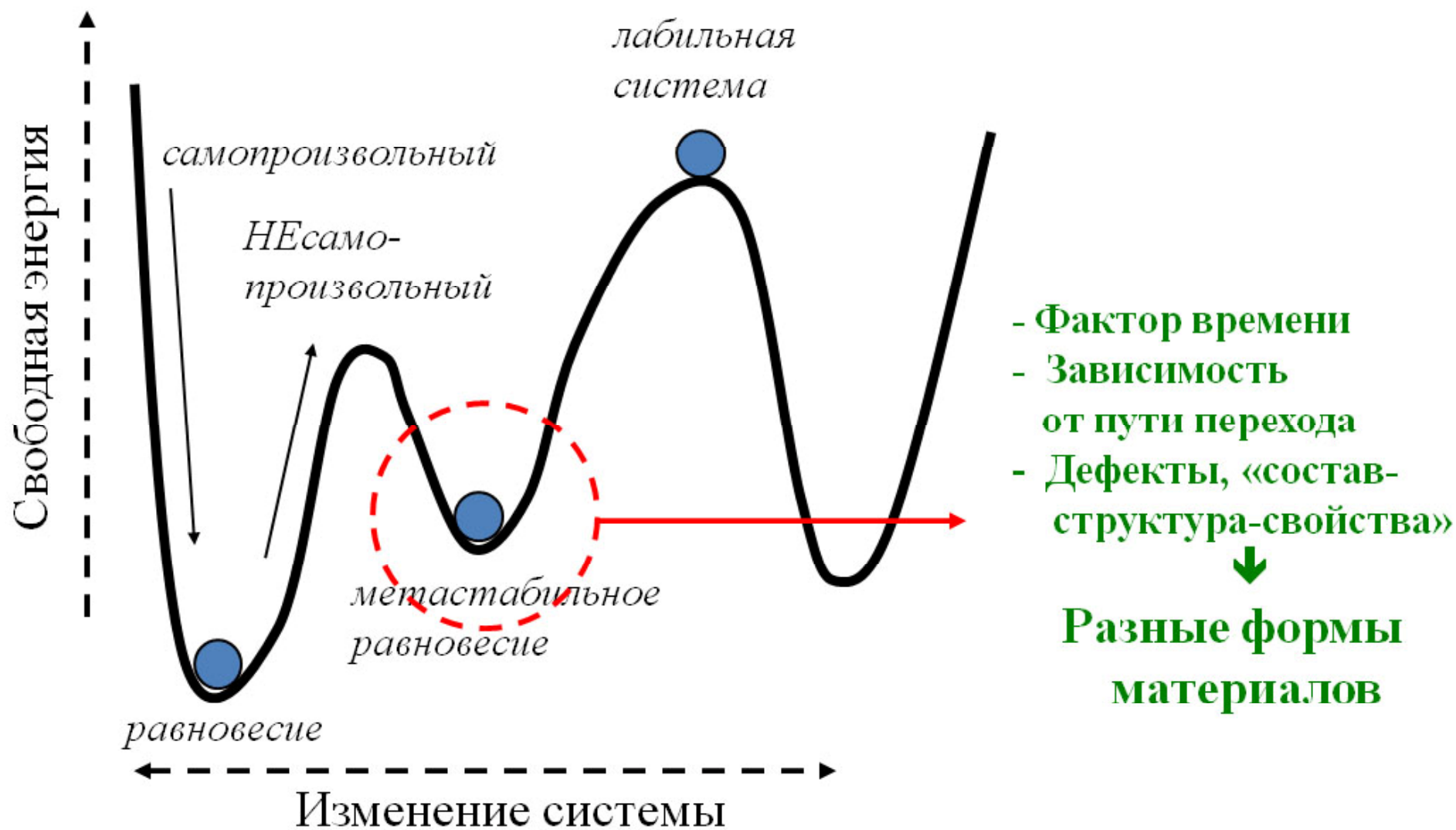
Моделирование структуры

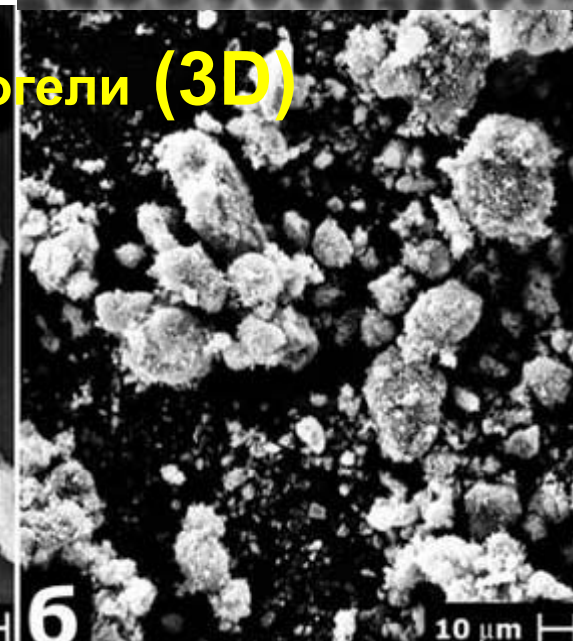
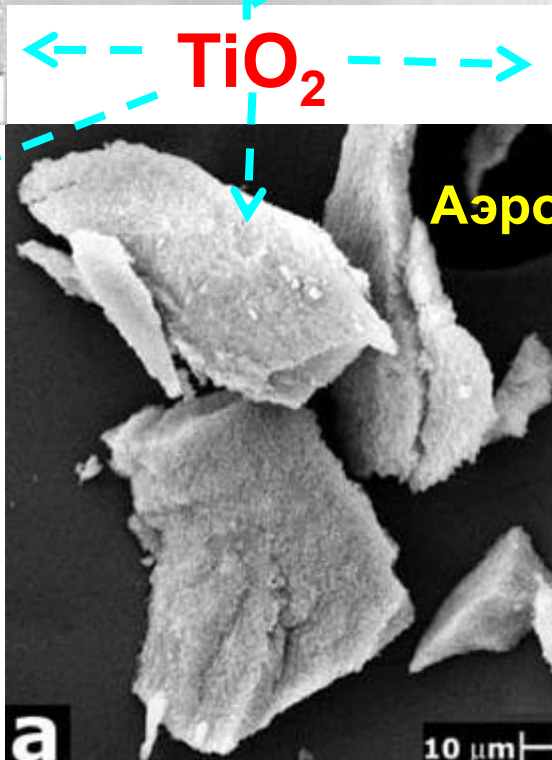
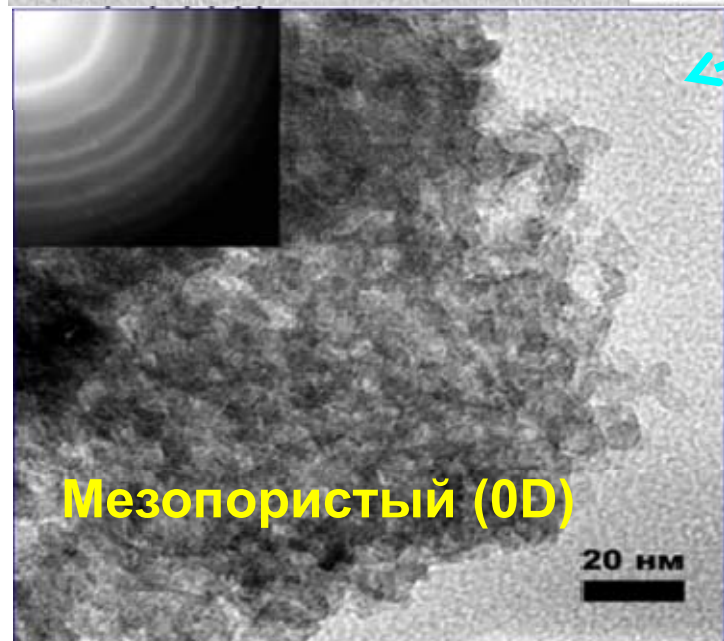
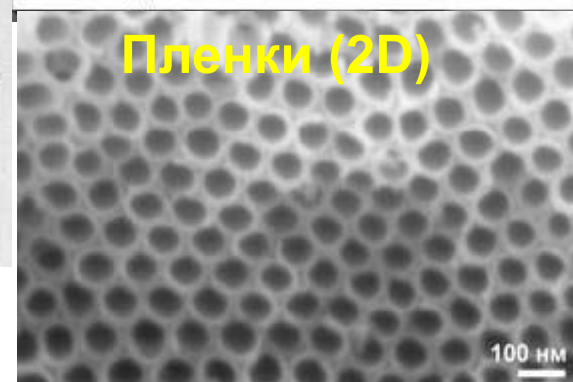
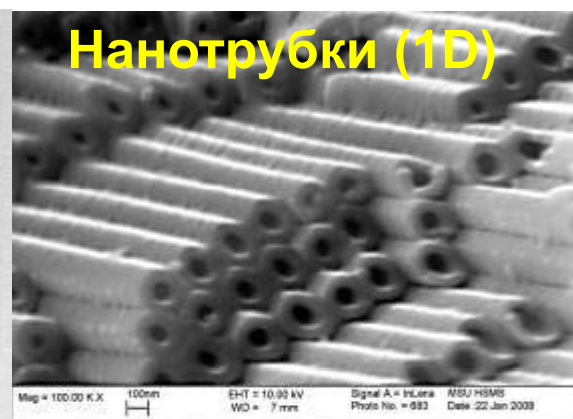
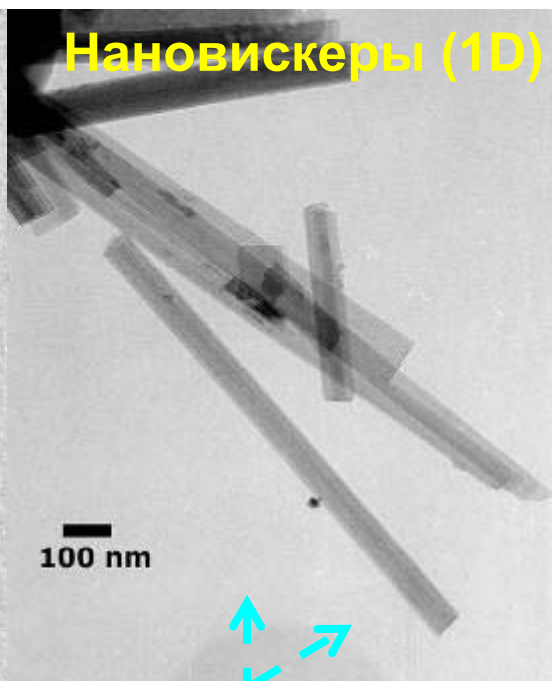
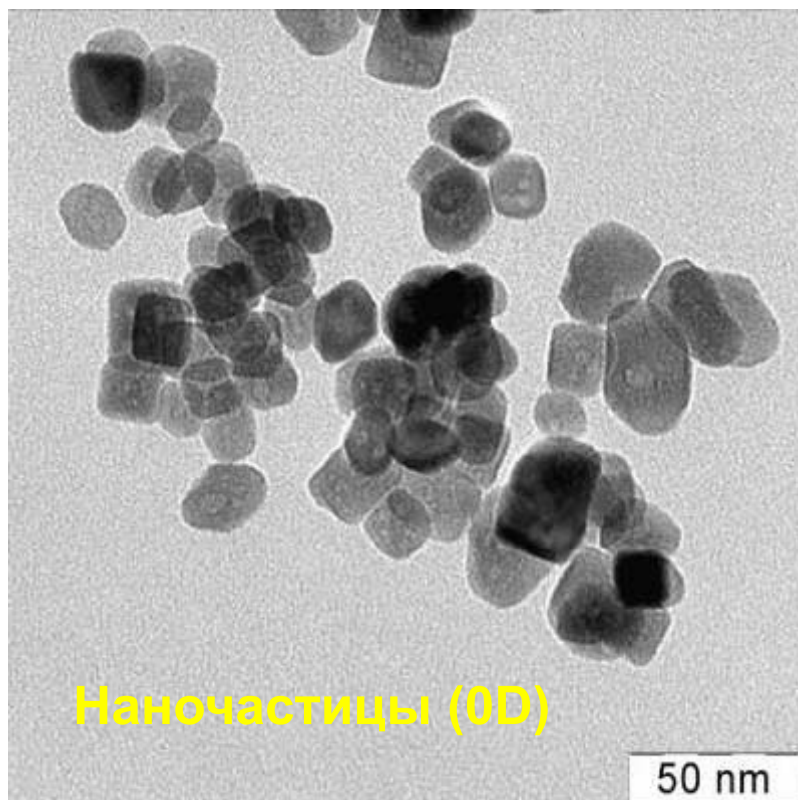


фокус -43,5 нм





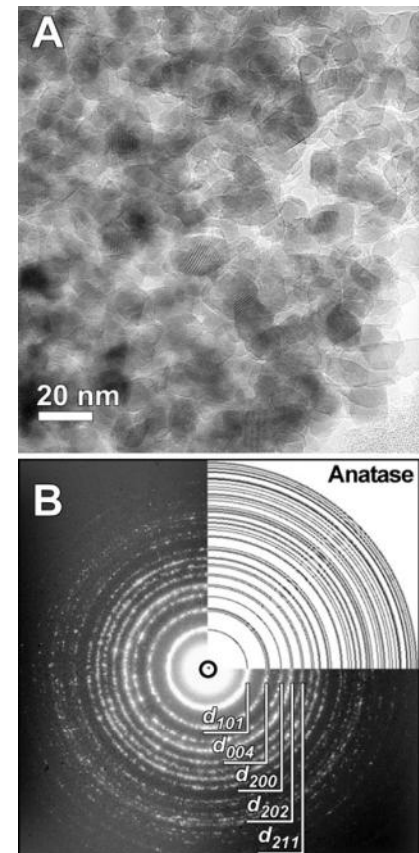






# Аэрогели

Диоксид титана



- малая плотность
- высокая пористость
- эффект «лотоса»

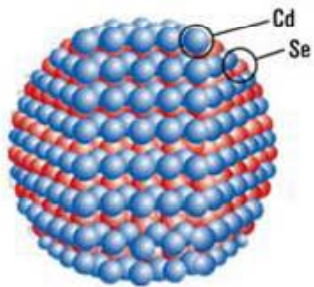




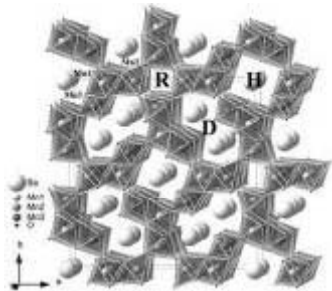
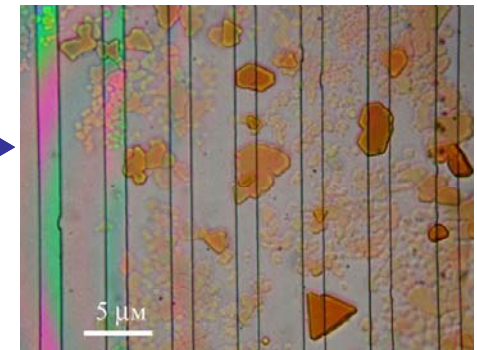
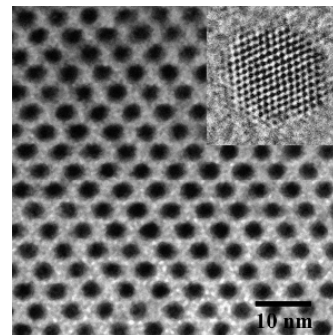
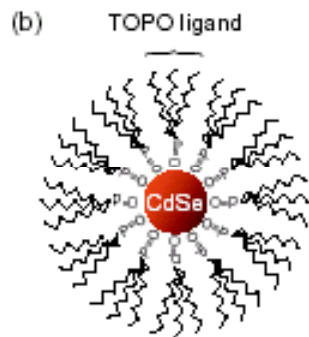


«Наночуровень» структуры (1 - 100 нм) существует всегда, и если он предопределяет свойства материала, то говорят о наноматериале.

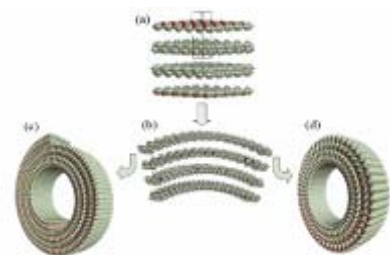
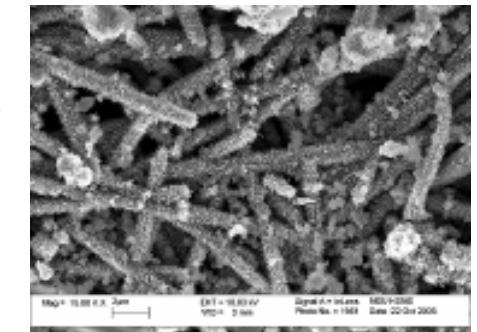
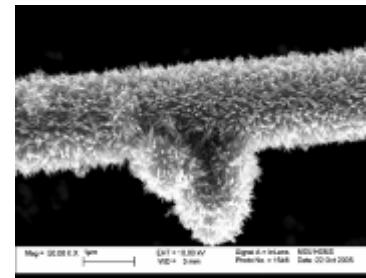
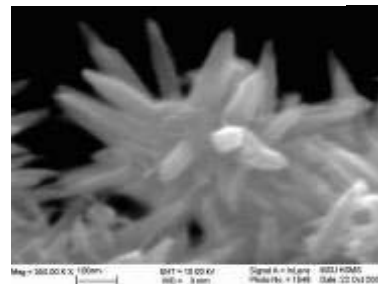
# Иерархия структур и наноматериалы



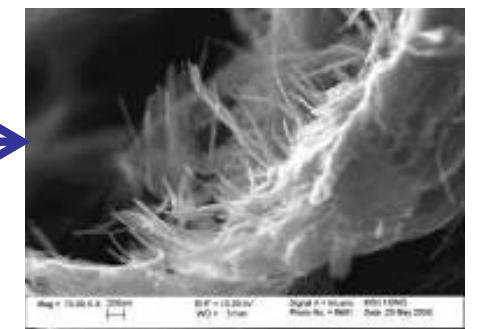
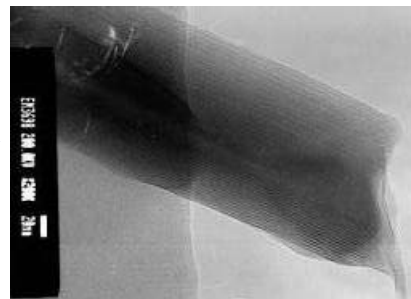
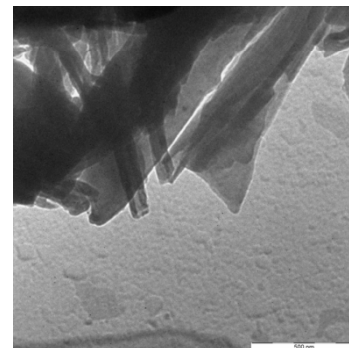
**Квантовые точки**



**Каркасные  
манганиты**



**Нанотрубки  
 $VO_x$**



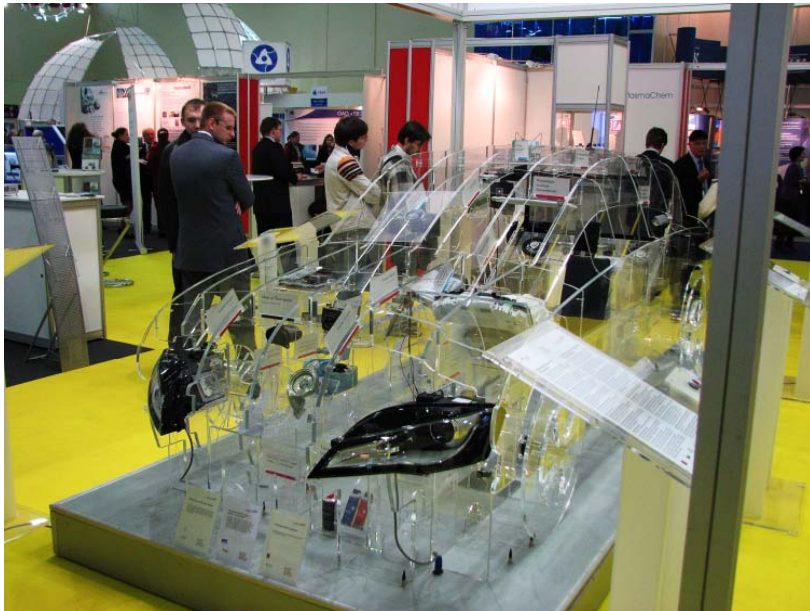
**АТОМЫ, МОЛЕКУЛЫ**

**БЛОКИ**

**НАНОСТРУКТУРА**

**АССОЦИАТЫ**

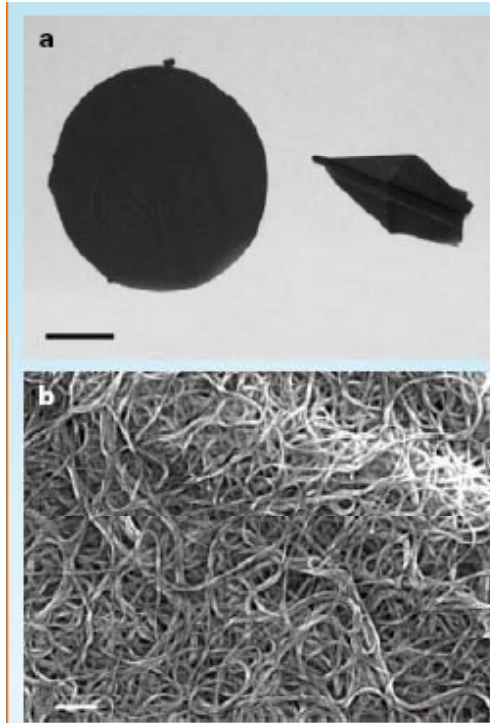
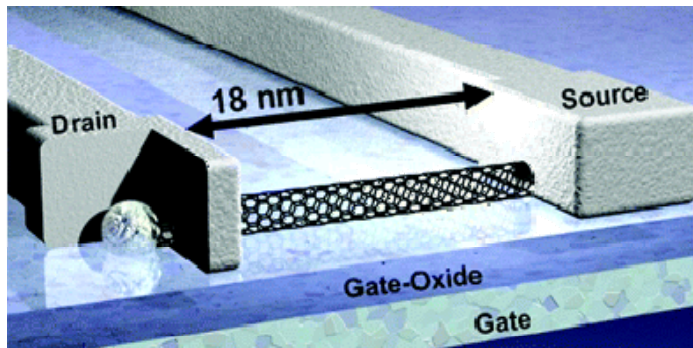
# Изобретаем (заново) велосипед



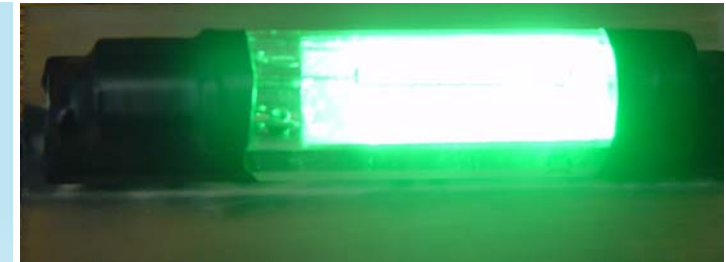
(ВИАМ, академик Е.Н.Каблов)



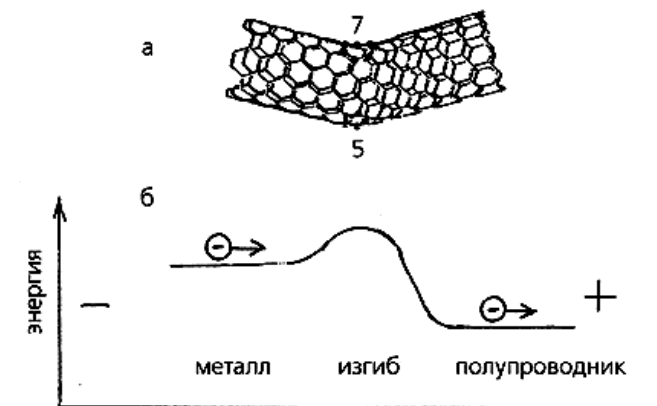
# Применение УНТ



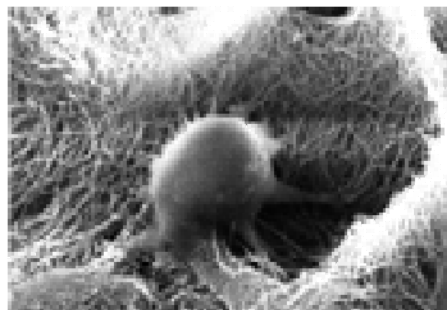
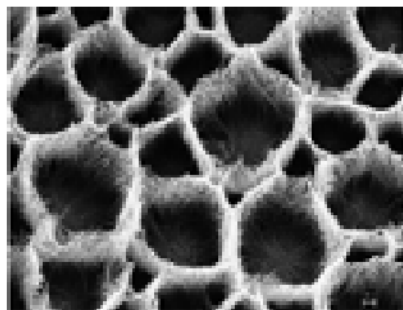
«Бумага» из УНТ



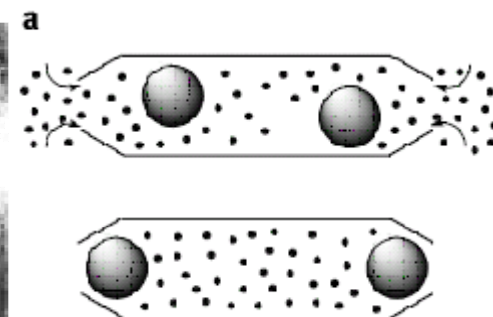
УНТ - дисплеи



Нанодиоды



Биосовместимые подложки

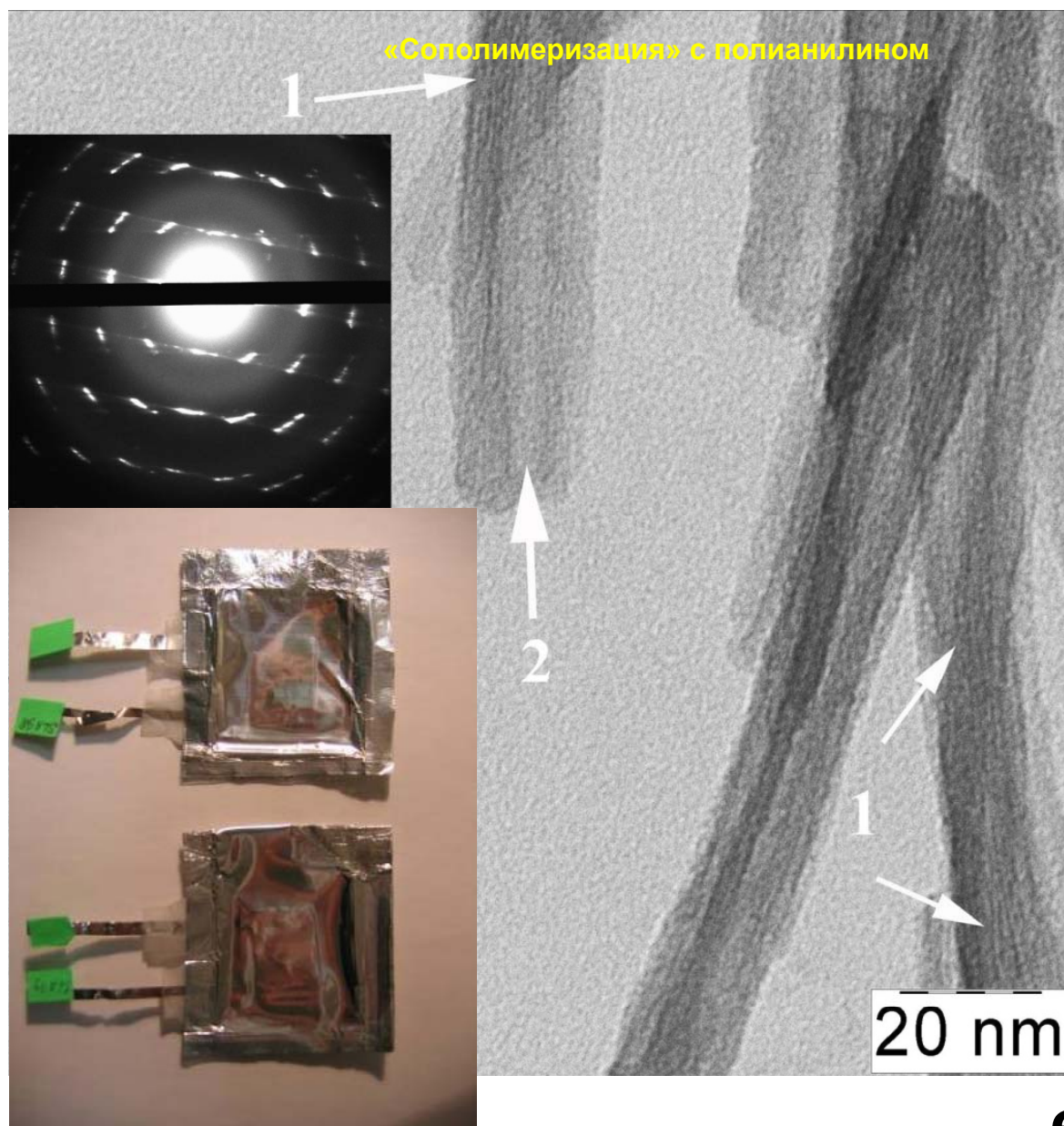


Хранение водорода



Нанотермометр (Ga-УНТ)

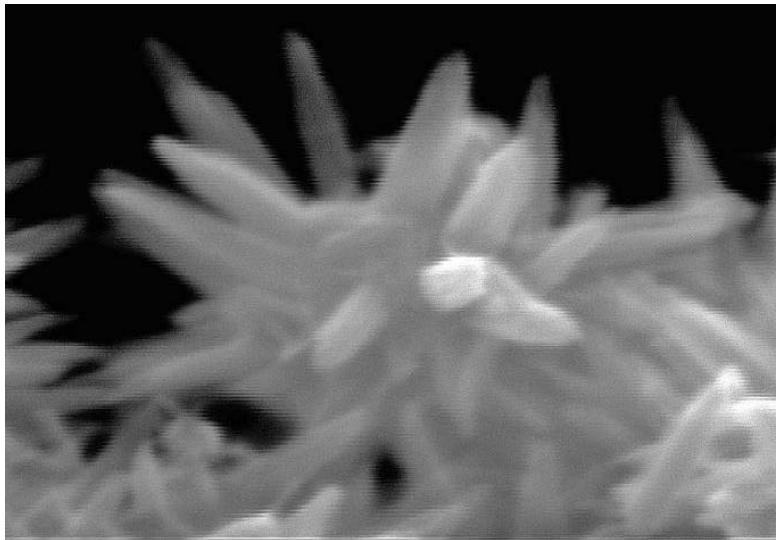
# Нанотрубулены и нановискеры $\text{VO}_x$



**емкость...**



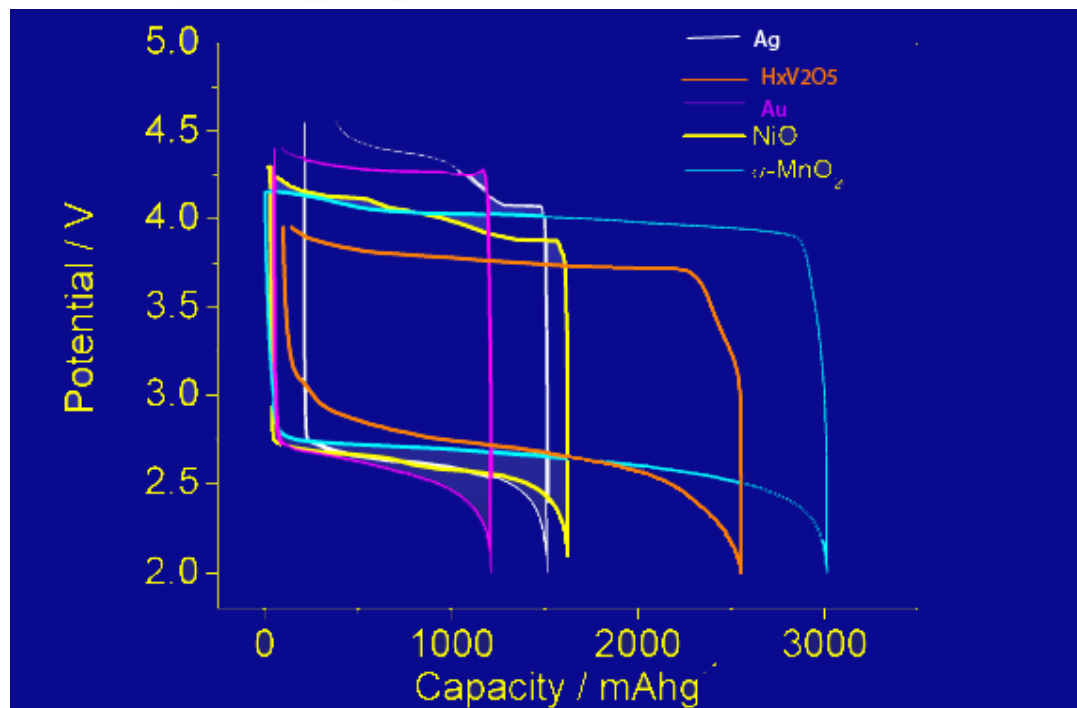
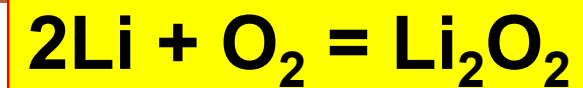
# Литий – воздушные аккумуляторы



Mag = 350.00 K X 100nm  
EHT = 10.00 kV  
WD = 3 mm  
Signal A = InLens  
Photo No. = 1548  
MSU HSMS  
Date :22 Oct 2006

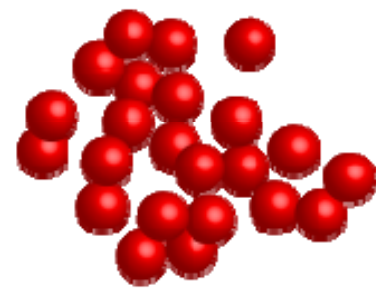


- Удельная энергия выше в 5-20 раз
- Кислород неисчерпаемый и бесплатный
- Низкий вес источника
- Огромная ёмкость источника

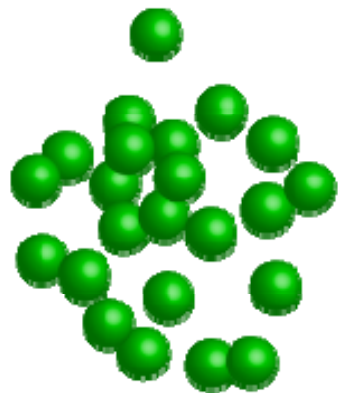




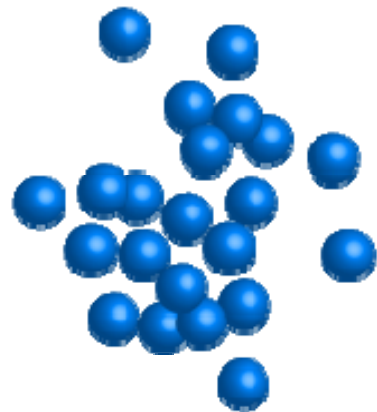
# Гибкая электроника



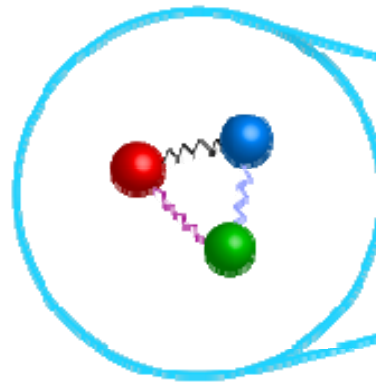
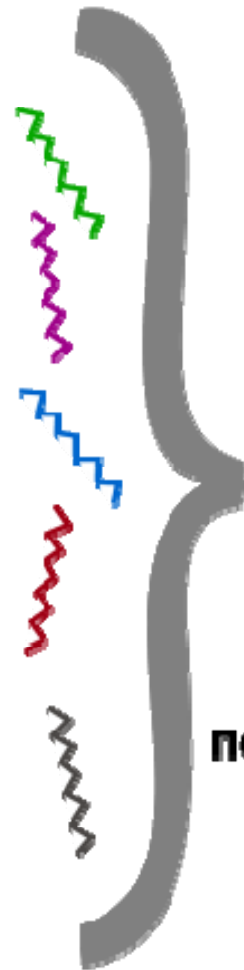
проводники



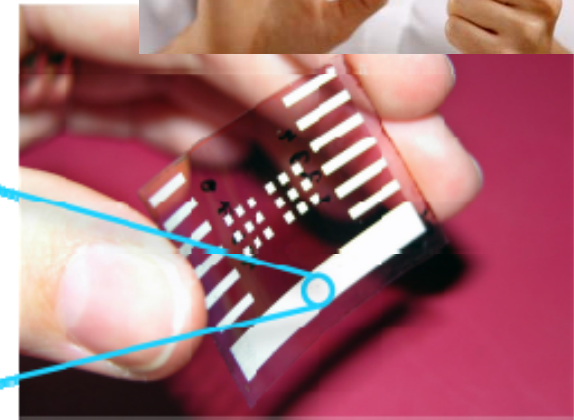
сенсоры



люминесцентные материалы

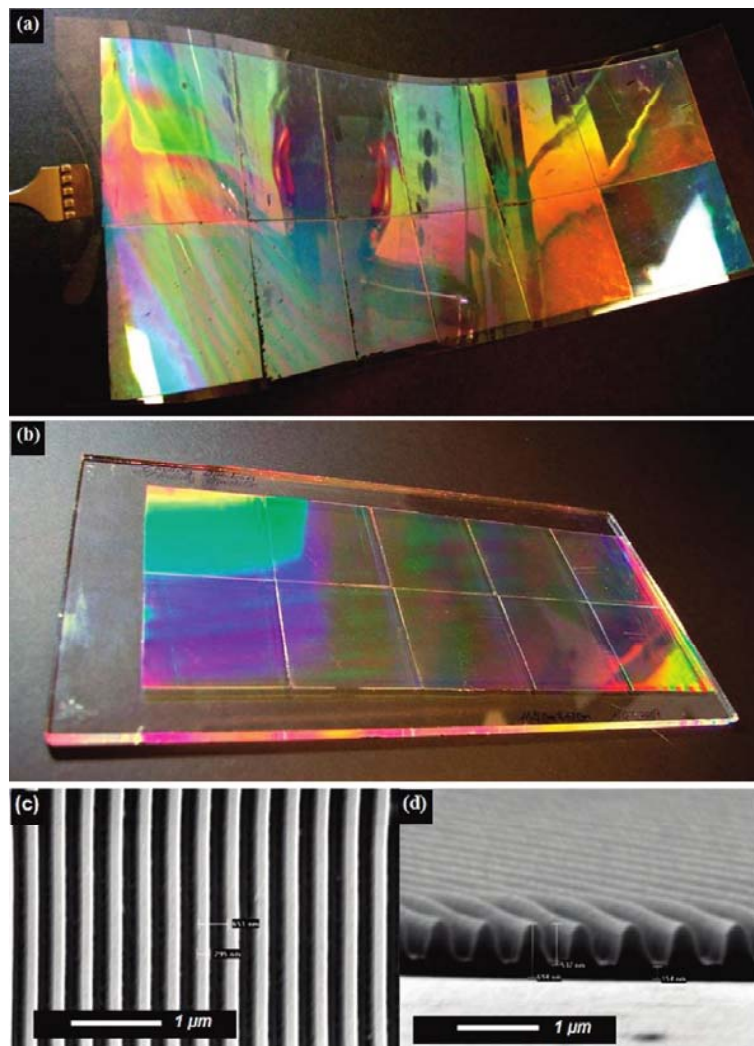


полифункциональные  
нанокомпози́ты

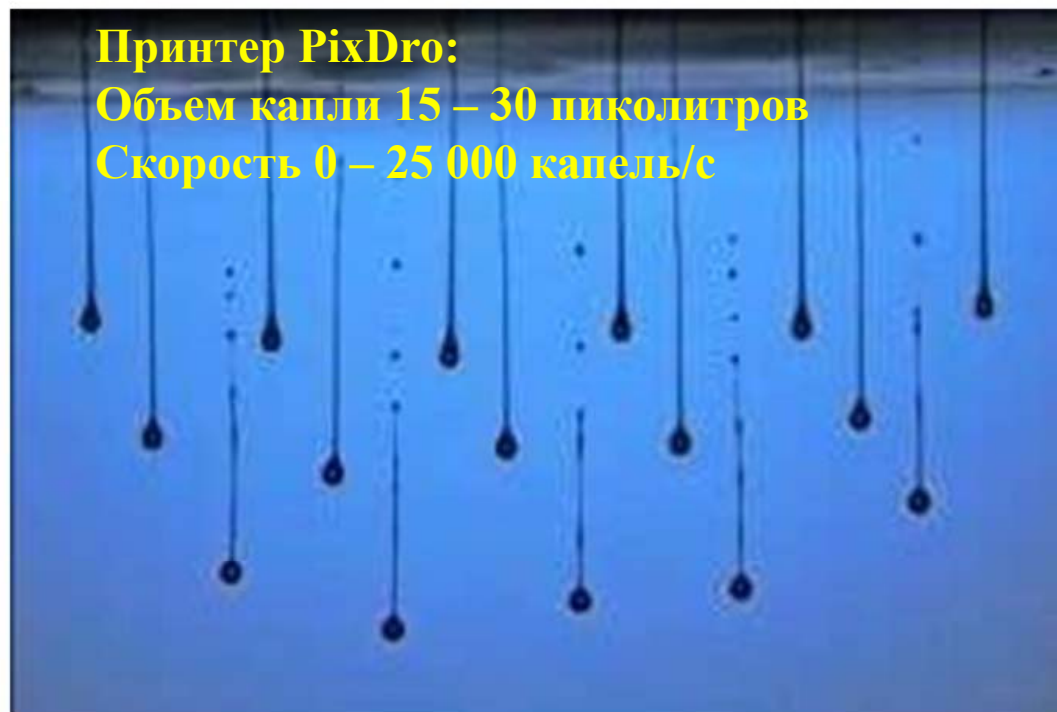


интегральное  
устройство

# Микропечать



**Принтер PixDro:**  
Объем капли 15 – 30 пиколитров  
Скорость 0 – 25 000 капель/с



# Светодиоды

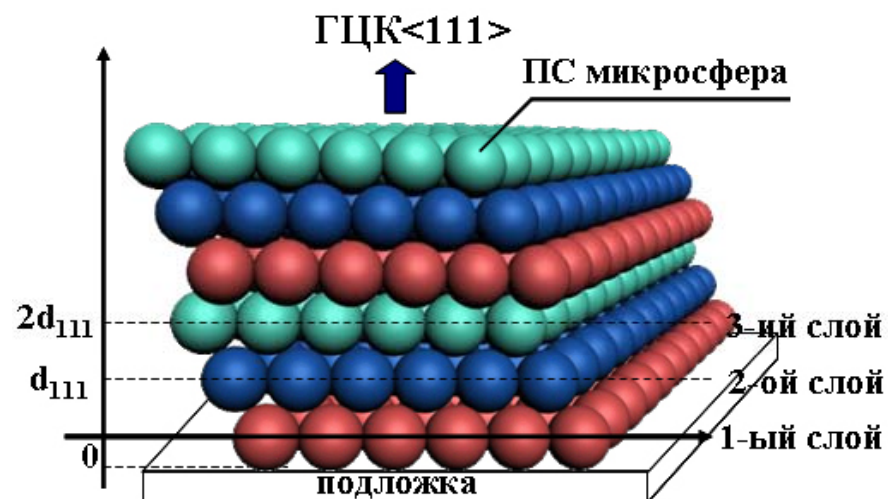
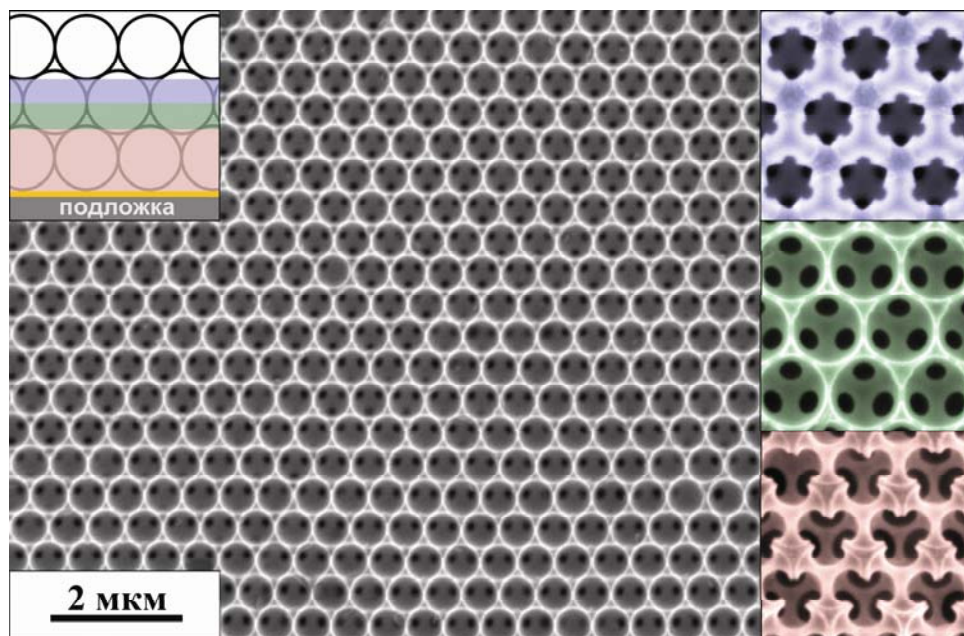
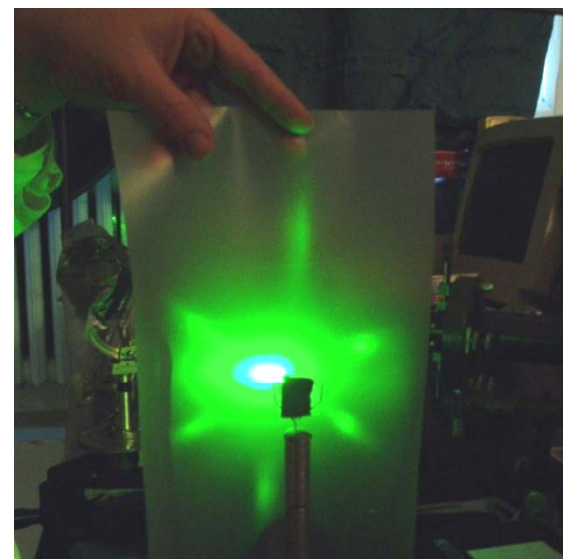
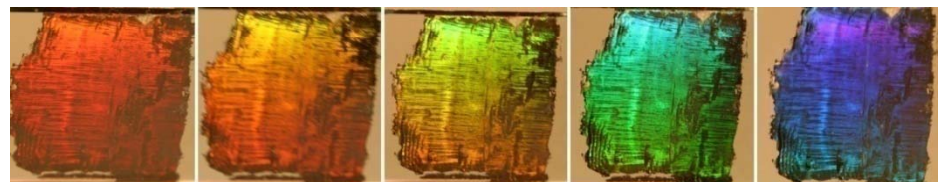
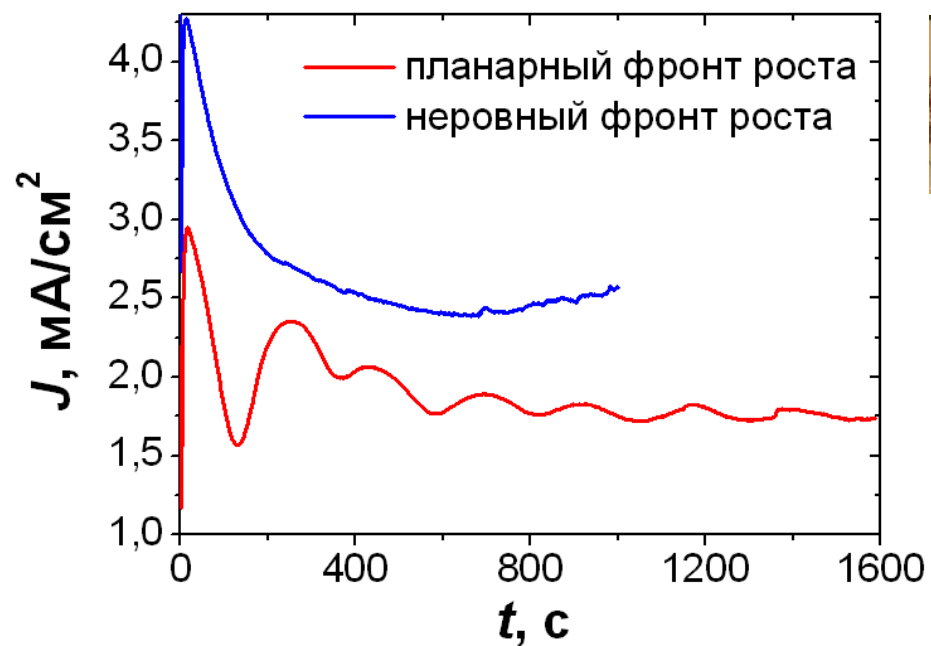
- миниатюрность
- значительное время эксплуатации (10000 ч.)
- малое потребление энергии
- высокий квантовый выход
- не требуют водяного охлаждения
- излучение в любой области (видимого) спектра



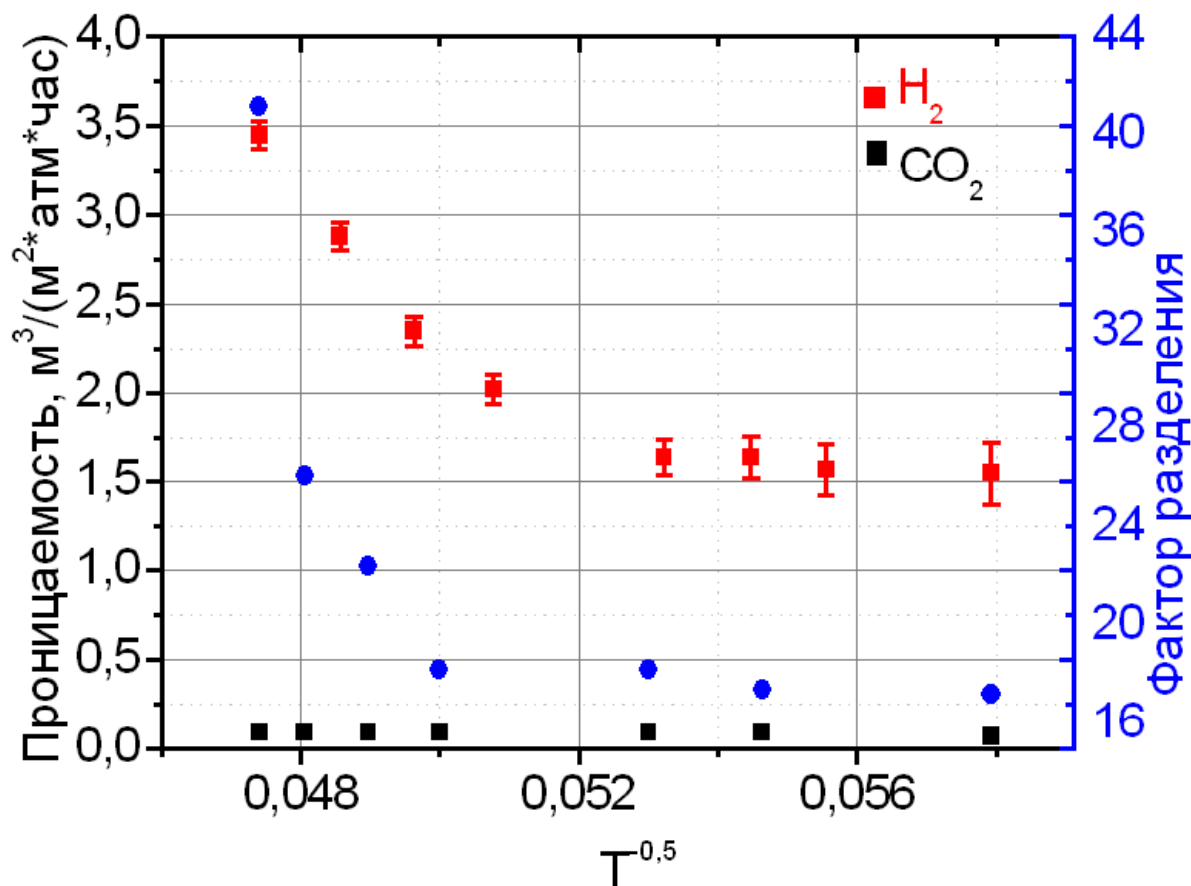
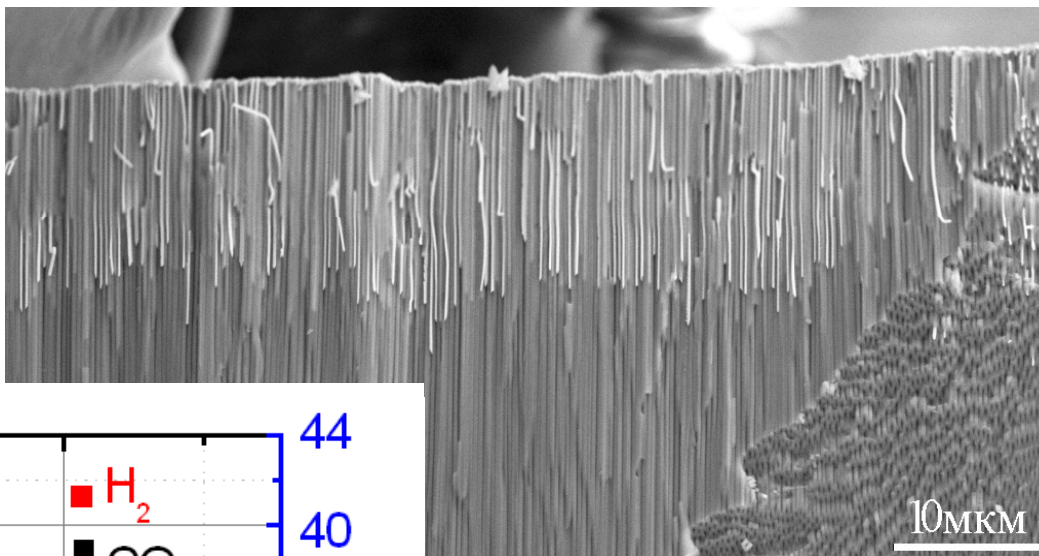
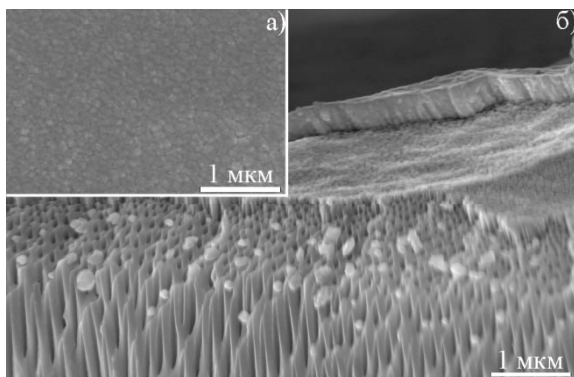
**Фонтан, Москва  
(площадь Киевского  
вокзала) - 2000 гг.**



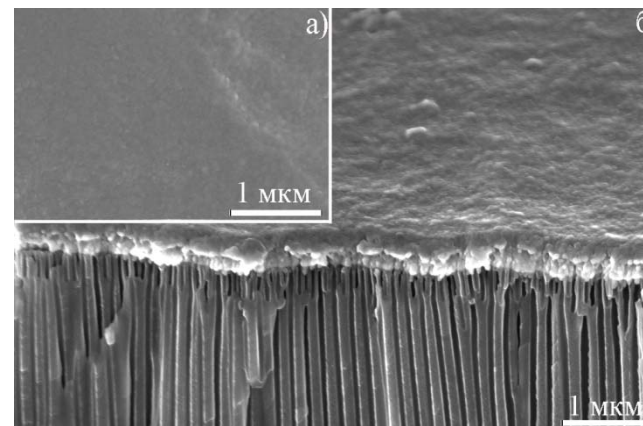
# Фотоника



# Мембранные технологии



Мембраны  
Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

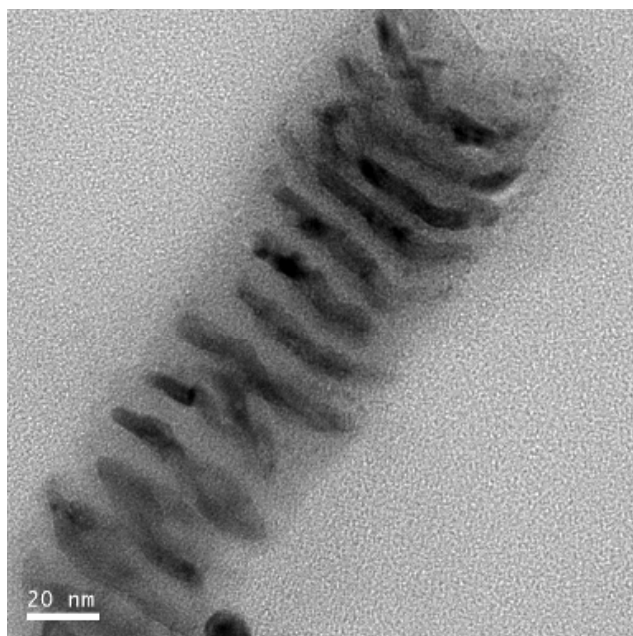




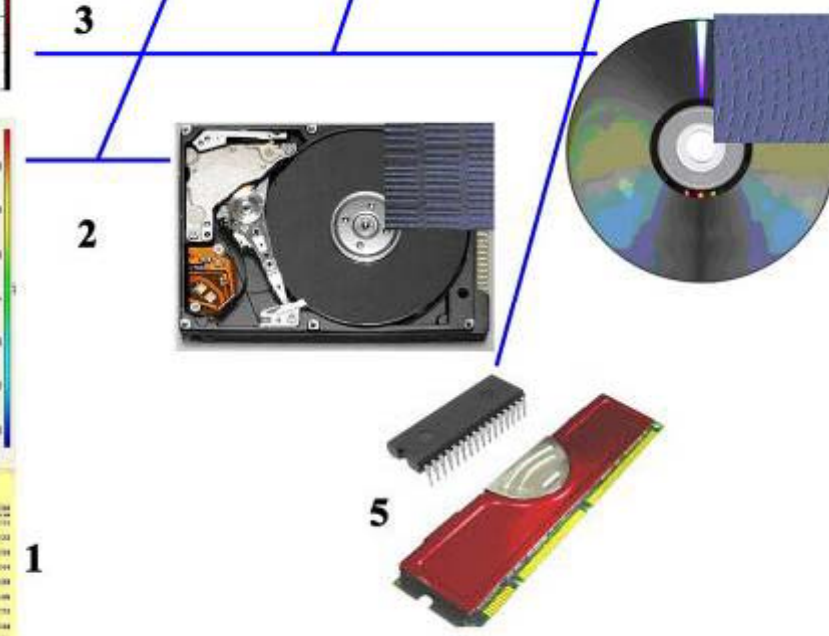
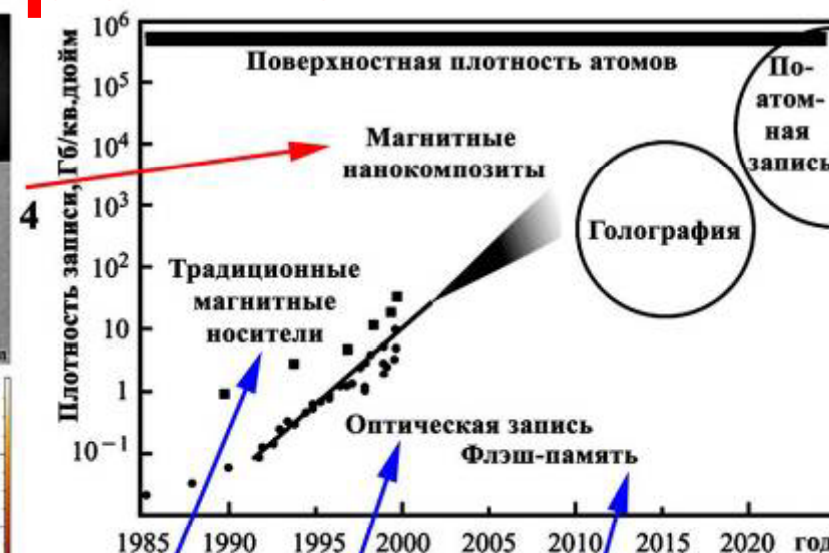
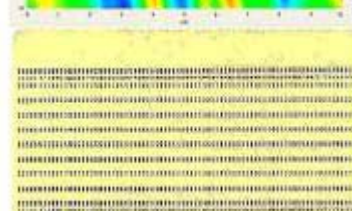
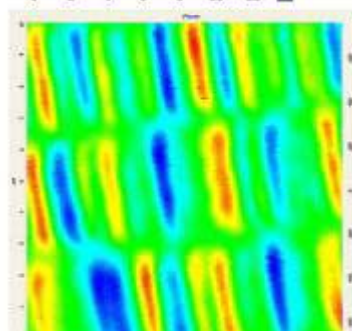
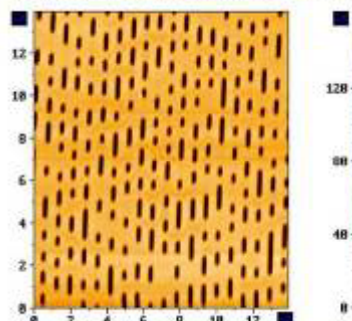
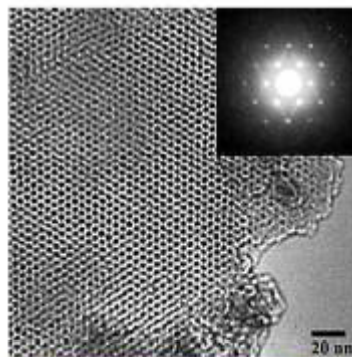
# Информационные технологии и наноэлектроника

Нанопроволока Fe в мезопористом  $\text{SiO}_2$

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

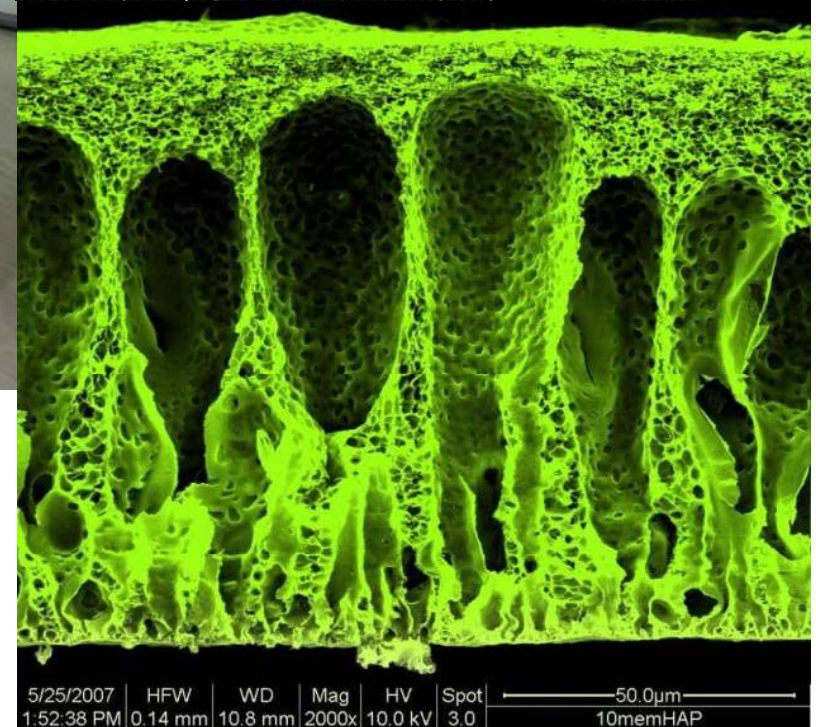
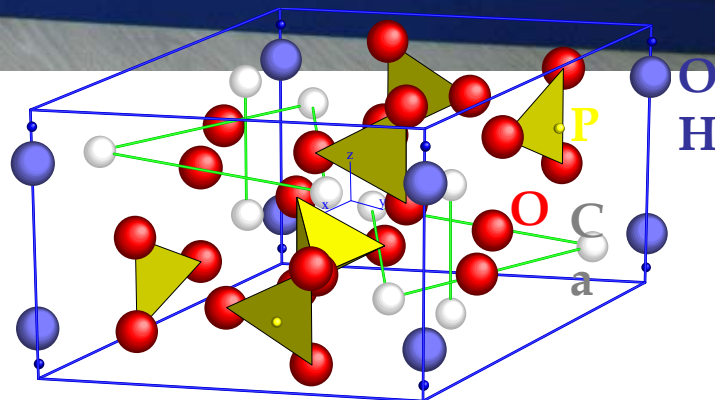


Композитная магнитная нанопроволока (электроосаждение в порах анодированного алюминия)



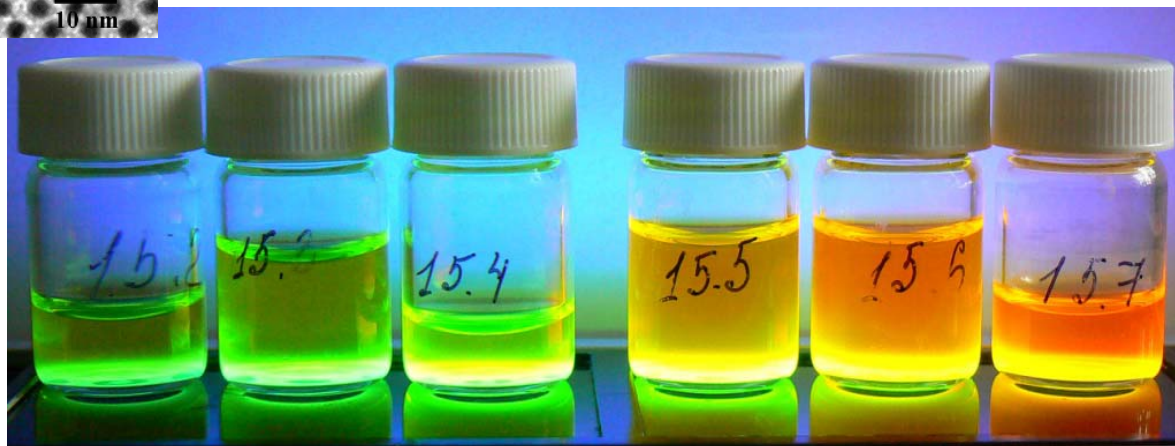
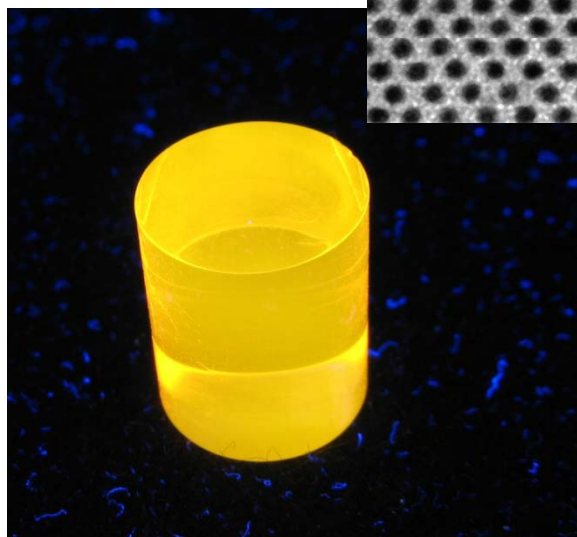
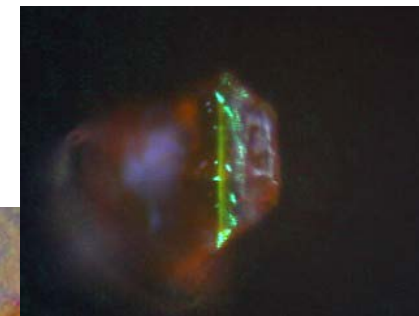
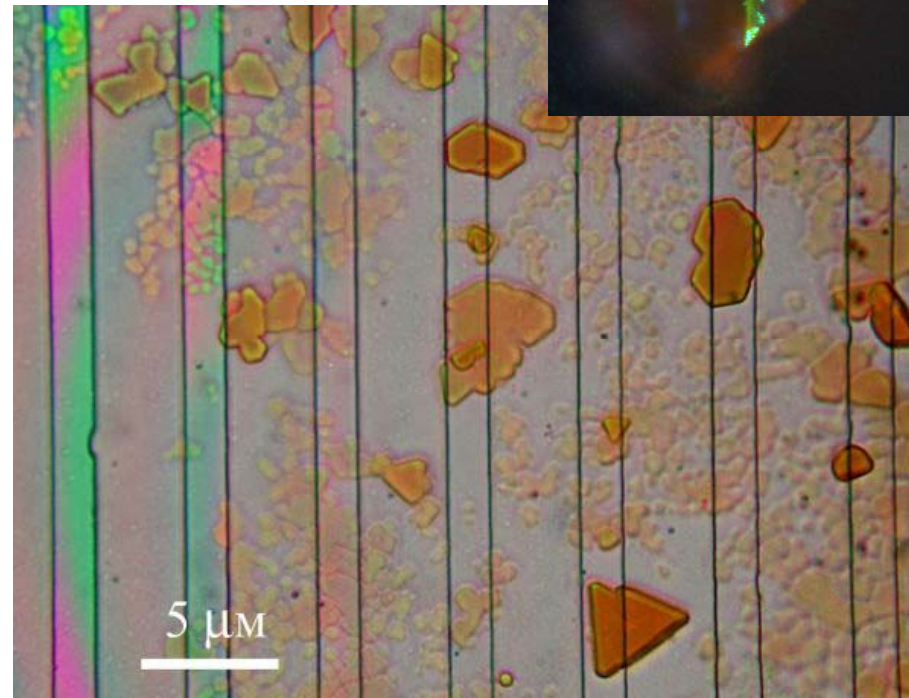
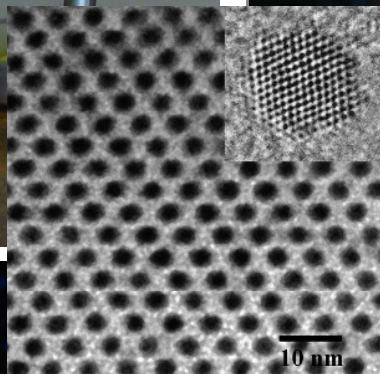
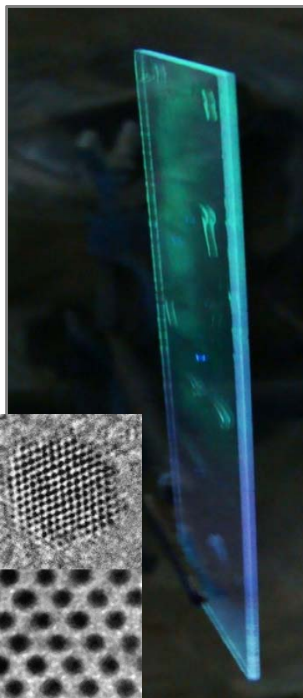


# Наномедицина



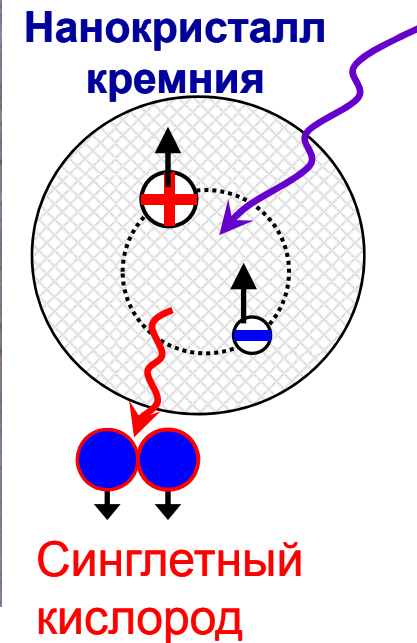


# Квантовые точки



# In vivo эксперименты

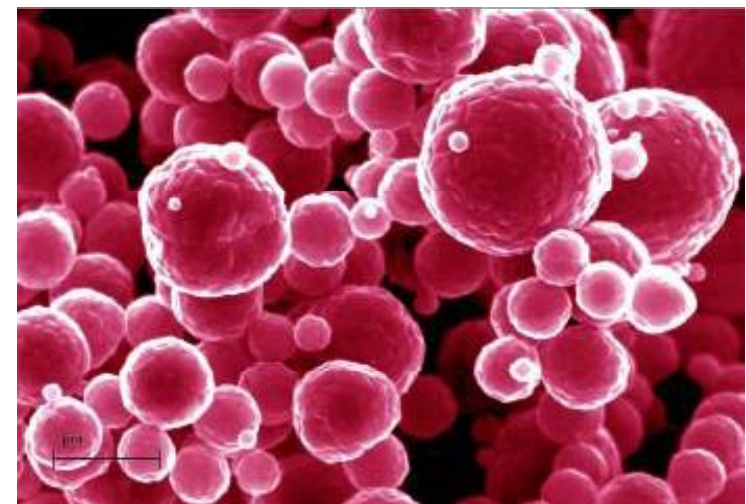
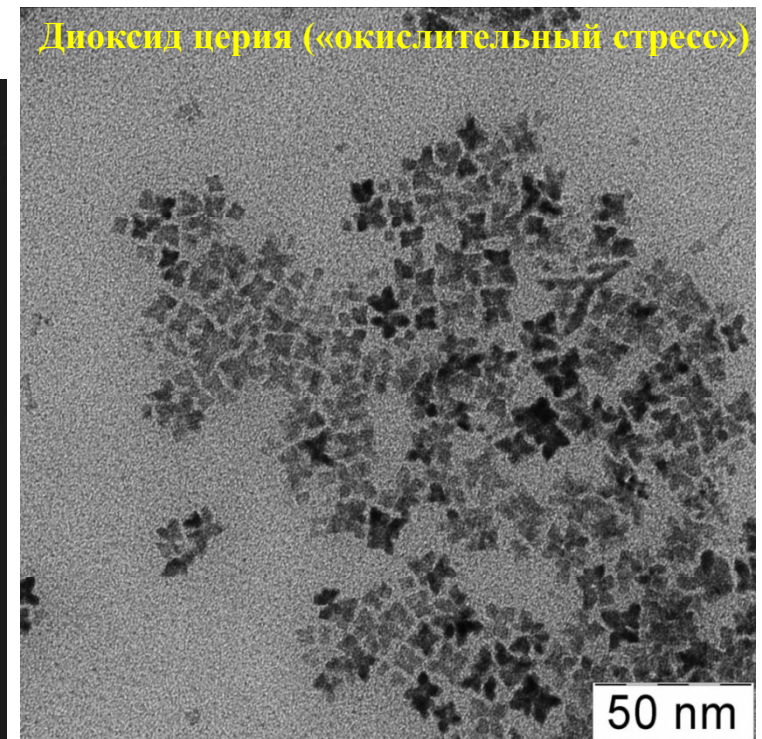
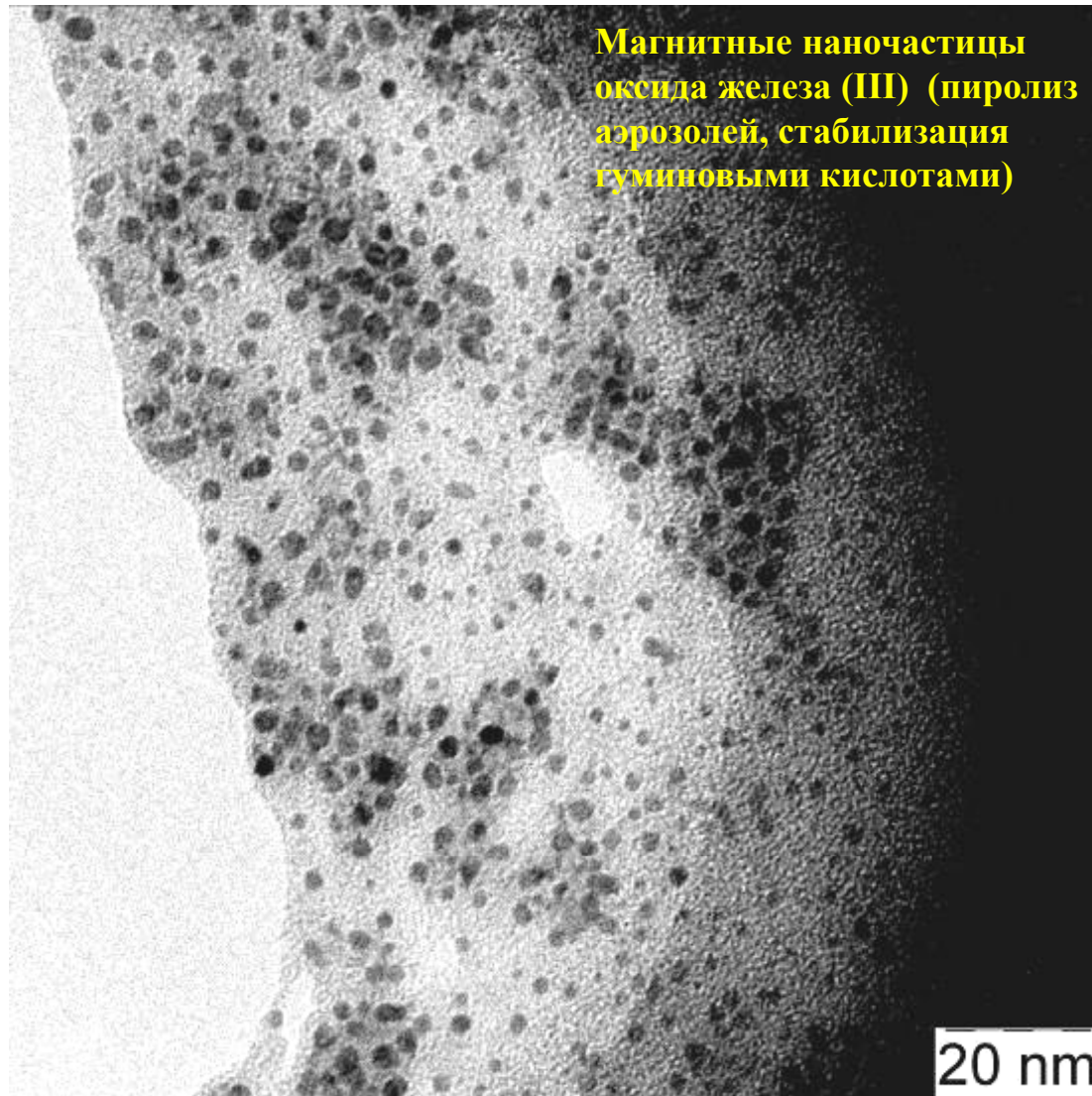
В кооперации с Московским Научно–Исследовательским онкологическим институтом им. П.А. Герцена, группа чл.-корр. РАМН проф. И. В. Решетова



- 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.

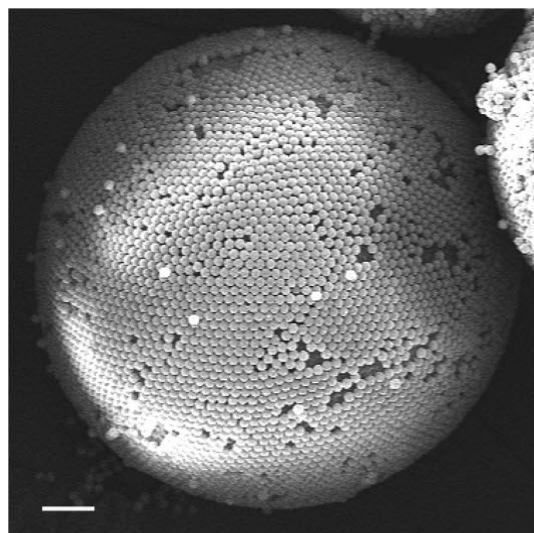
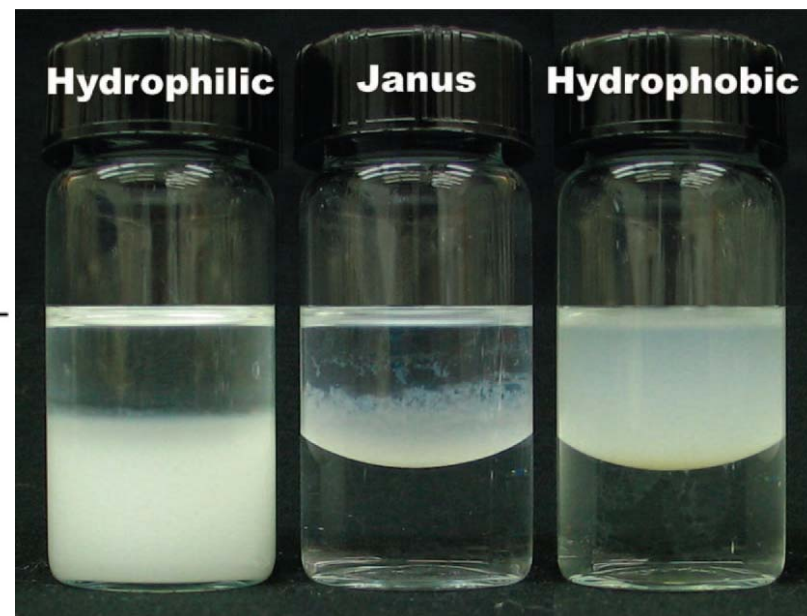
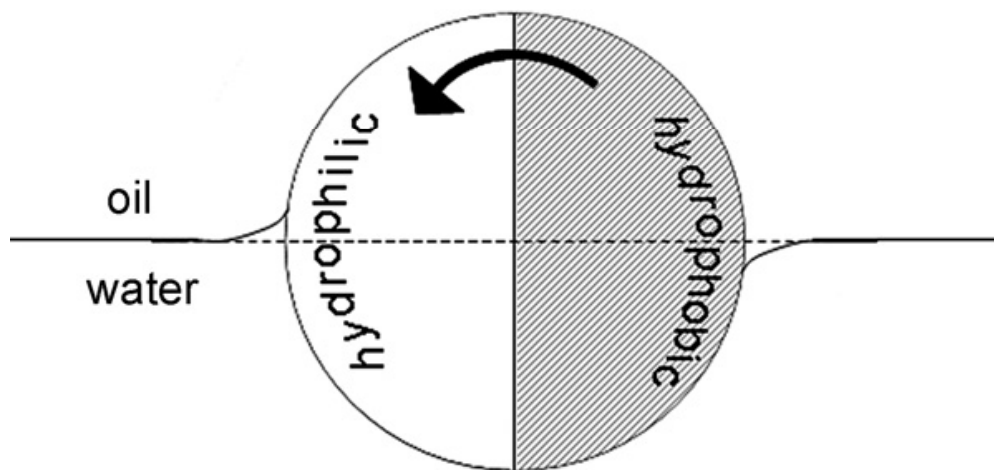


# «Умные» наноматериалы для биологии и медицины

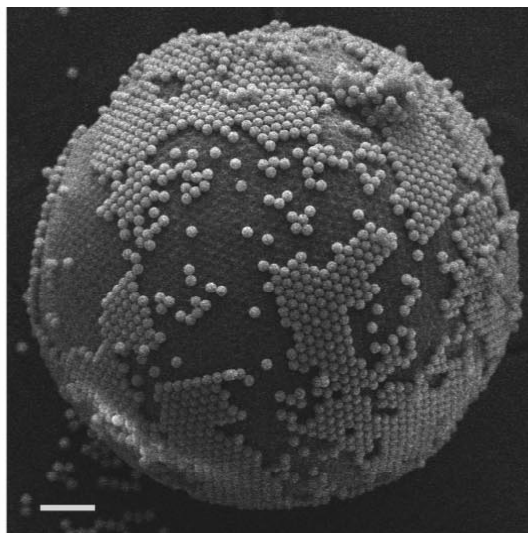




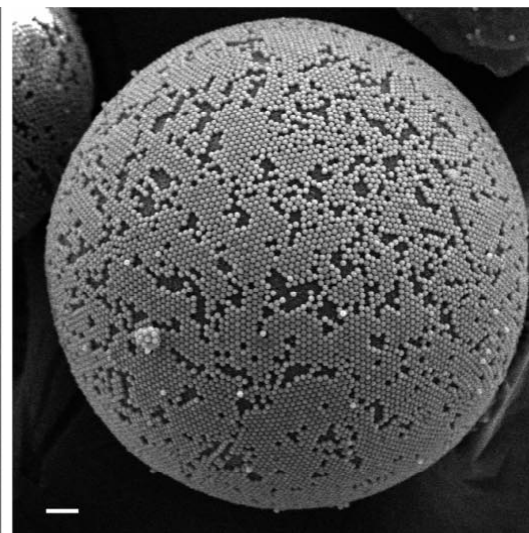
# Частицы - янусы



(a)

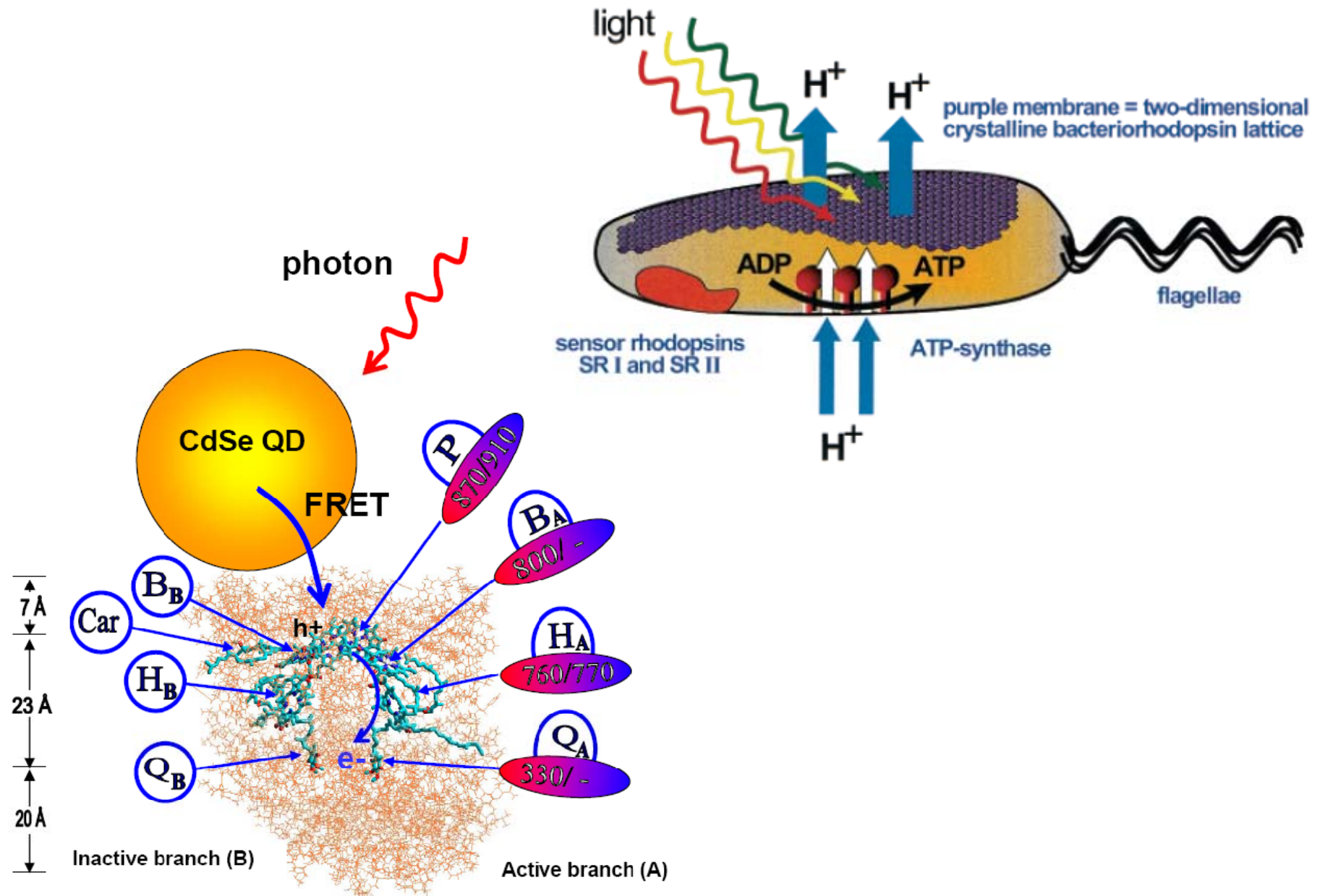


(b)



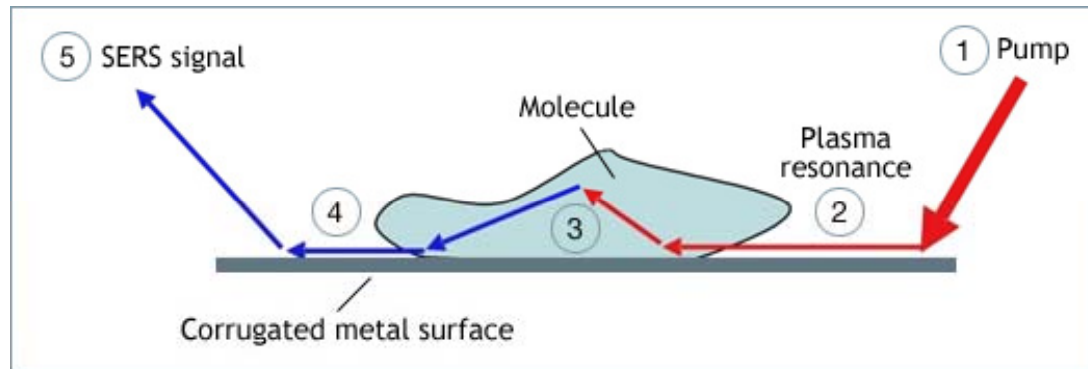
(c)

# Нанобиоконъюгаты

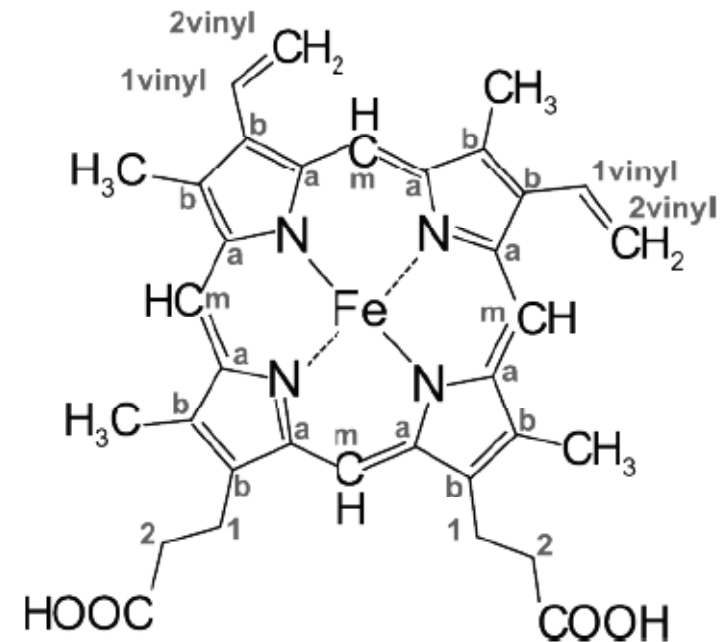
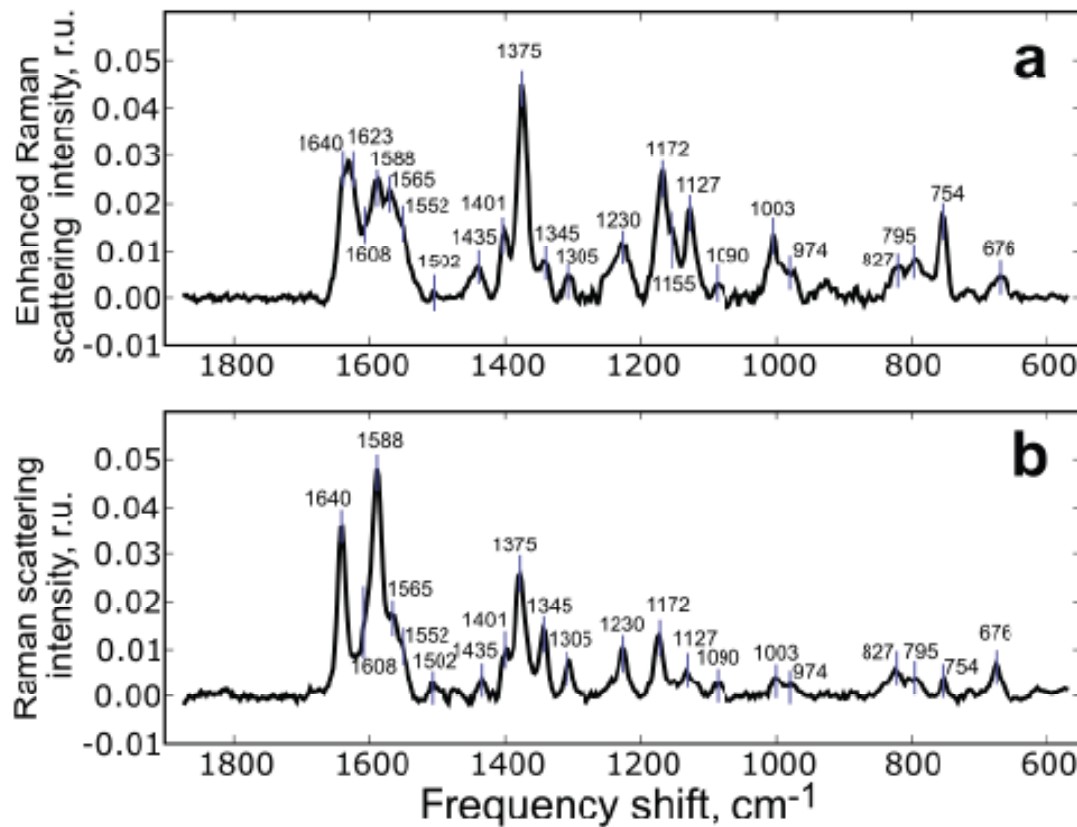




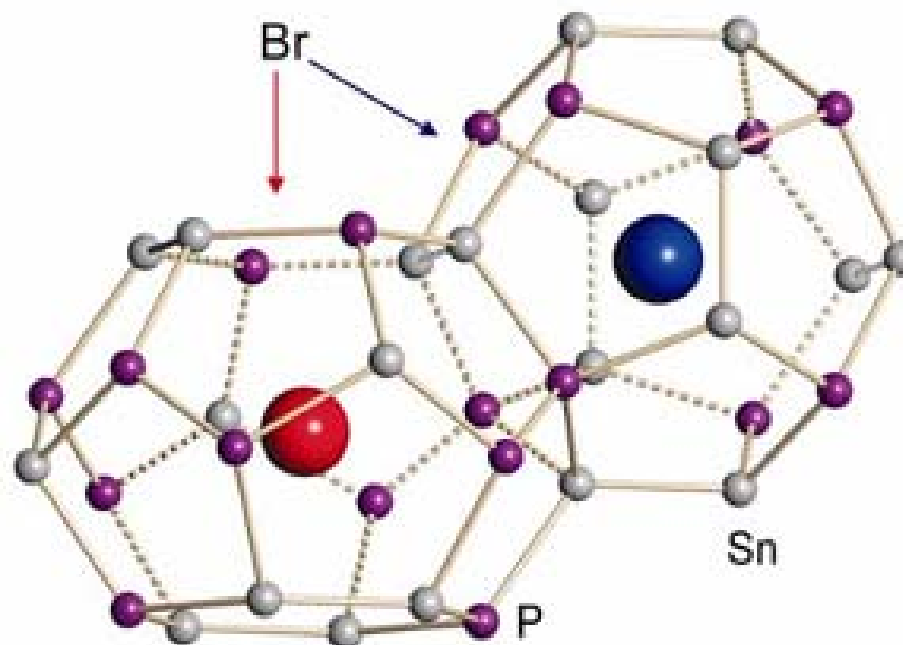
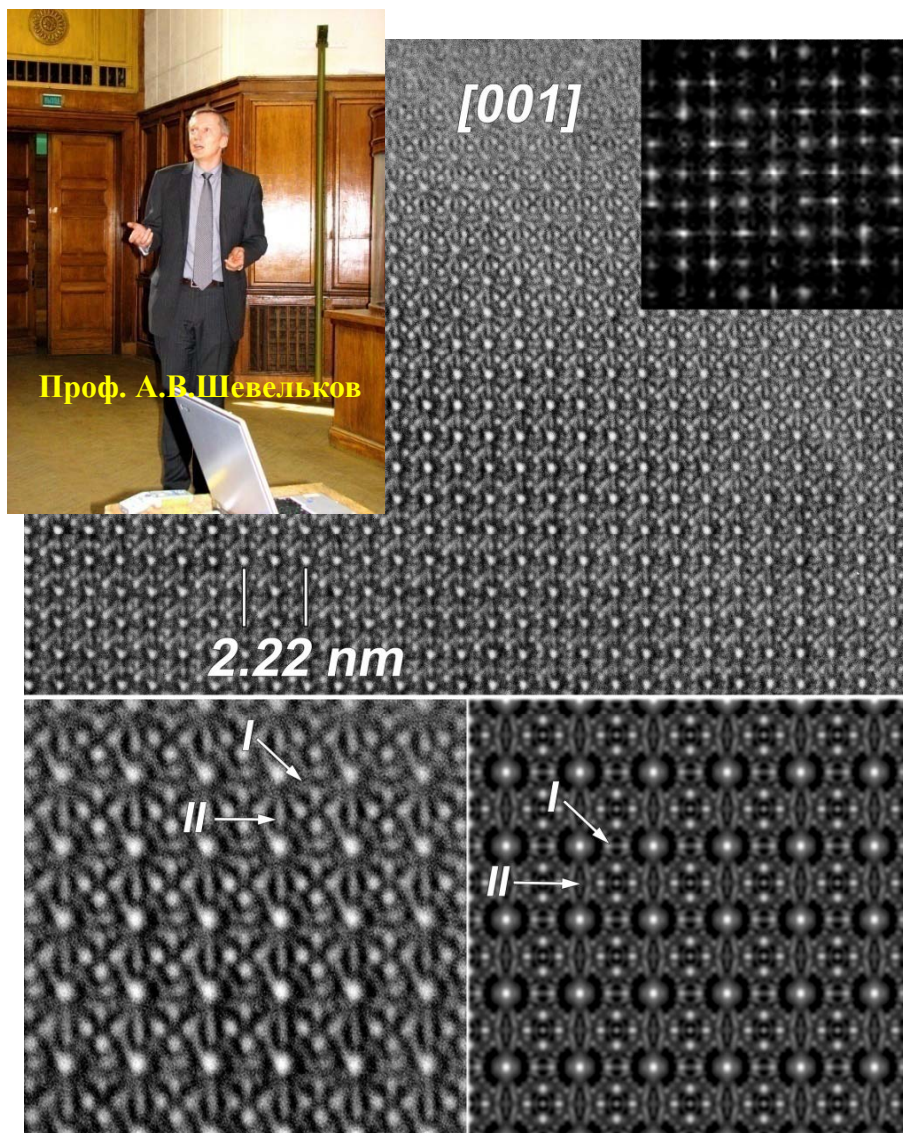
# SERS (СКР) на биообъектах



Red Blood Cells

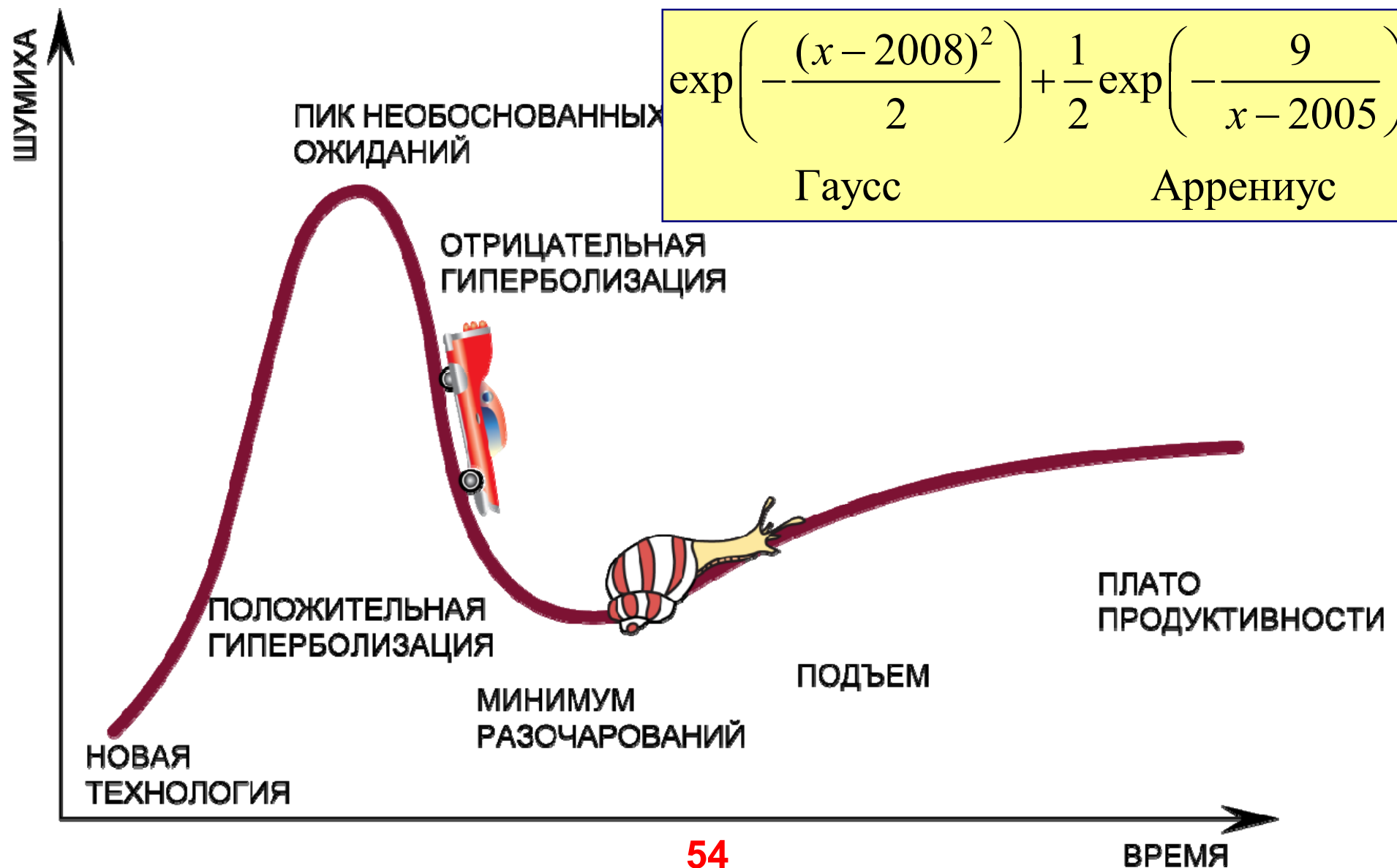


# Термоэлектрические материалы



Холодильники без  
фреона о компрессора –  
бесшумные и безопасные

# Нанотехнологии и общество





# Что ожидает молодежь?





Рособр



Байер



НТ МДТ

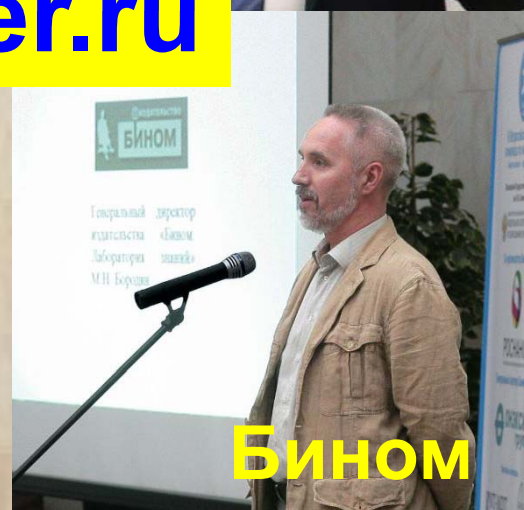
[www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)



НОР



МГУ  
РОСНАНО  
РАН  
ГД РФ  
ЮВАО  
ОНЭКСИМ



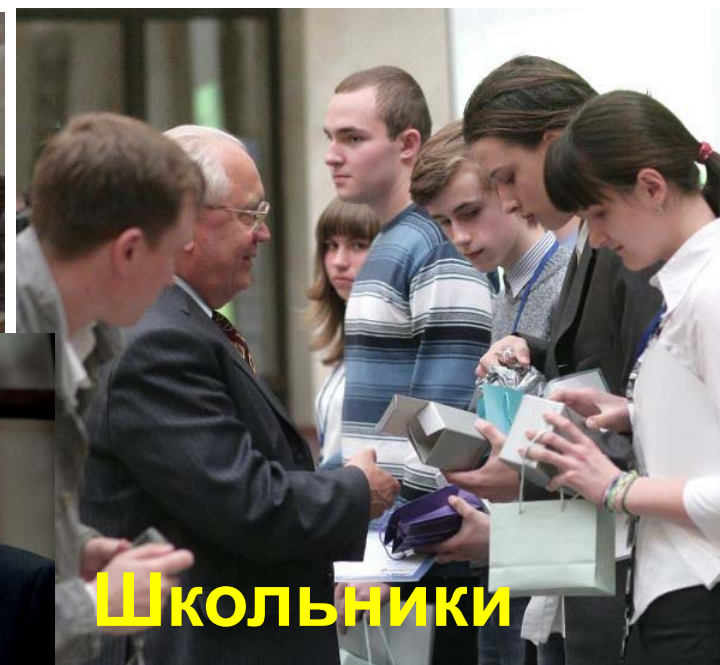
Бином



МГТУ

56







## Стипендианты РОСНАНО

Определены кандидаты на получение стипендий по результатам III Всероссийской Интернет - олимпиады «Нанотехнологии - прорыв в Будущее!». Стипендия назначается абитуриентам, поступившим по результатам Интернет-олимпиады 2009 г. в МГУ им.М.В.Ломоносова и избравшими в качестве своей научной работы тематику, связанную с нанотехнологиями.

•Е.Борисевич "Сольвотермальный синтез нанокристаллических оксидов РЗЭ" (ФНМ МГУ, ИОНХ РАН)

•К.Емельяненко "Расчет вандерваальсовых взаимодействий между наночастицами" (физфак МГУ, ИФХЭ РАН)

•Т.Захарченко "Дисперсоиды для литий - воздушных аккумуляторов" (ФНМ МГУ)

•С.Медведева "Синтез и исследование квантовых точек для солнечных батарей" (ФНМ МГУ)

•А.Хомяков "Функциональные неорганические наноматериалы с клатратной структурой" (химфак МГУ)



**С.Медведева сразу после поступления победила на конкурсах студентов МИСиС и бакалавров МФТИ**

# Эволюция Олимпиады

Классическая олимпиада

**Участники – Задания – Проверка - Победители**

Интернет – олимпиада «Нанотехнологии – прорыв Будущее!» (2010 г.) [WWW.NANOMETER.RU](http://WWW.NANOMETER.RU)

**Интернет СМИ «Нанометр»**

**Клуб участников**

**Самоподготовка**

**Спектр заданий для всех категорий**

**Проверка – Апелляция**

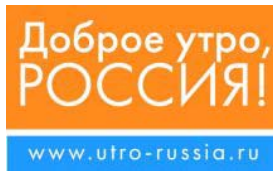
**Очная Школа (лекции, экскурсии, очный**

**Тур, встречи, общение)**



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

# Творческие конкурсы Олимпиады



**Телеканал «Россия» - поиск талантов**



**Конкурс учителей**



**Конкурс инновационных проектов**



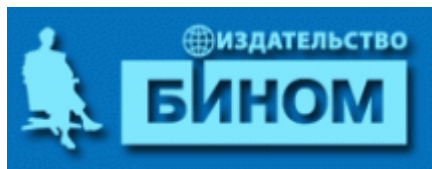
**Конкурс исследовательских проектов**



**Конкурс бизнес - идей**



**Конкурс идей устойчивого развития**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ СОБРАНИЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**Конкурс эссе**



**Конкурс задач**



[www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)



**«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)**