

«Фундаментальные ОСНОВЫ нанотехнологий»

Лекция 1.

Академик Ю.Д.Третьяков

Научно-образовательный центр
по нанотехнологиям МГУ

Факультет наук о материалах,
химический факультет МГУ
им.М.В.Ломоносова

<http://nano.msu.ru>

www.nanometer.ru

ФНМ
МГУ

2008



Тематика лекции

Основные понятия и определения наук о наносистемах и нанотехнологий. История возникновения нанотехнологий и наук о наносистемах. Междисциплинарность и мультидисциплинарность.

Примеры нанообъектов и наносистем, их особенности и технологические приложения. Объекты и методы нанотехнологий. Принципы и перспективы развития нанотехнологий.

Множество определений нанотехнологий

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»).

Что такое НАНО?

«нано» - «ГНОМ, карлик», одна миллиардная (метра)



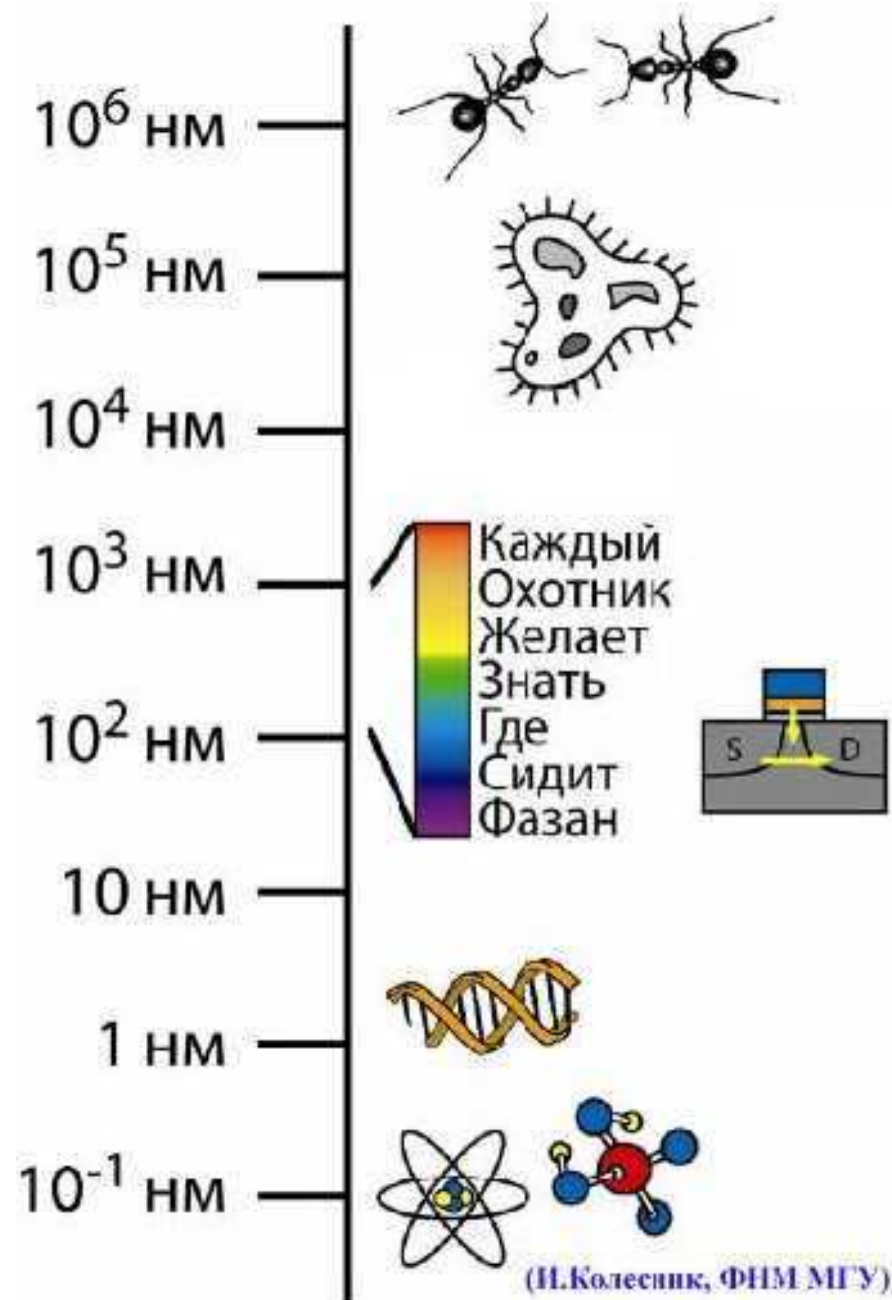
NANNOΣ

Вниз-вглубь

Ключ-замок

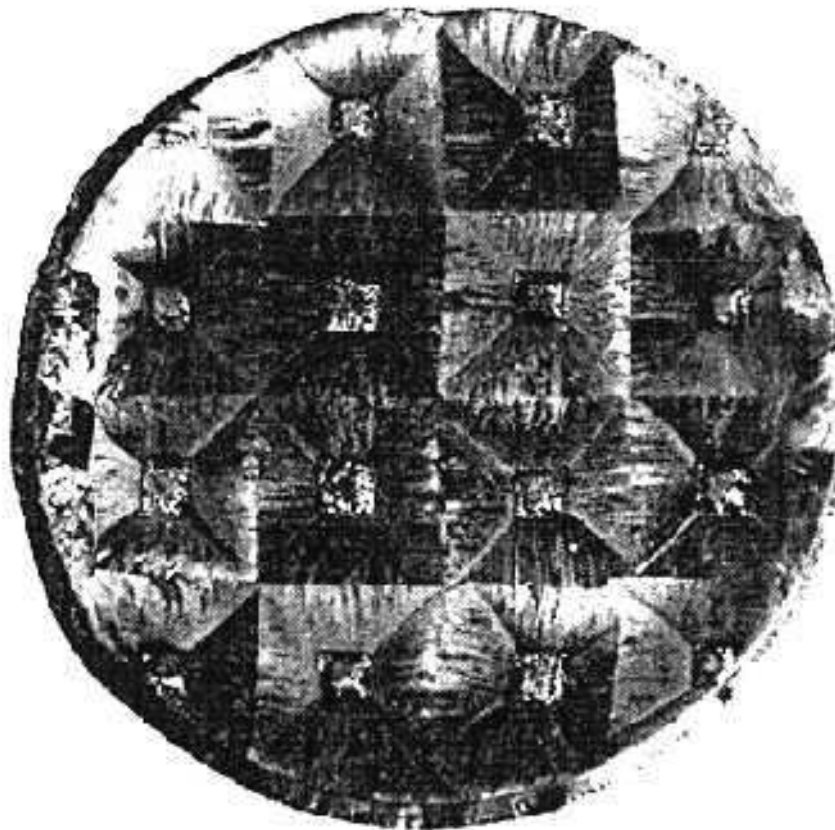
«Пятое измерение»?

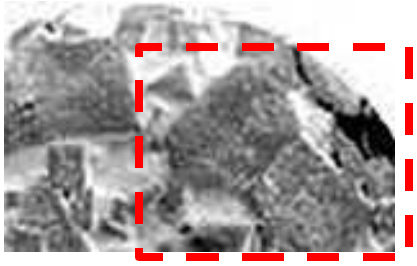
- Размер по одному из измерений < 100 нм
- Новые свойства по сравнению с объемным телом
- Высокая реакционная способность
- Квантовые и туннельные эффекты
- Самоорганизация и самосборка
- Специфическое взаимодействие с живыми системами



«Нано» есть везде...

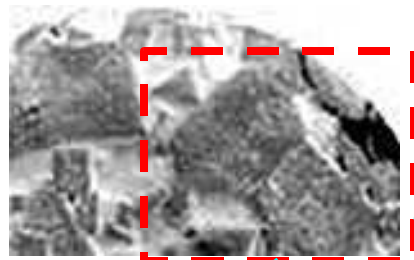
Сверхпроводящая крупнокристаллическая керамика





Домены (псевдокристаллы)

— 1 см



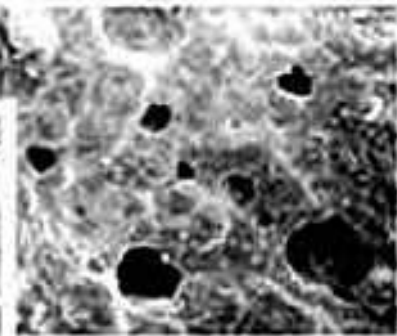
Домены (псевдокристаллы)

— 1 см

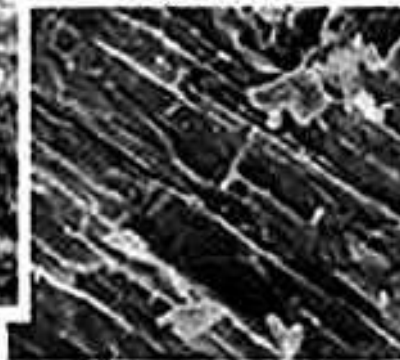
трещины



поры



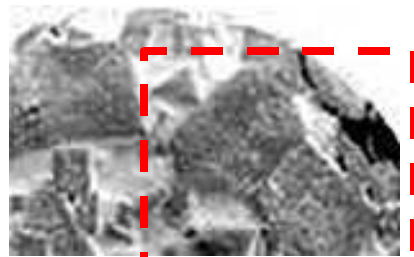
ламели



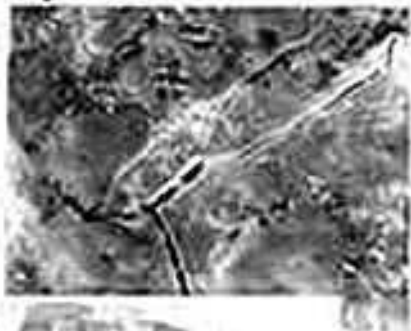
— 1 мм

Домены (псевдокристаллы)

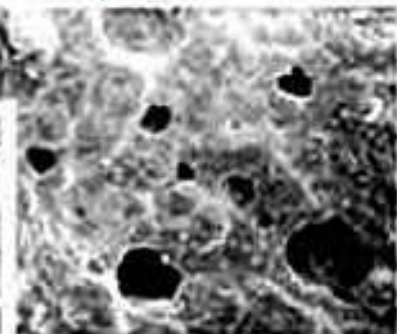
— 1 см



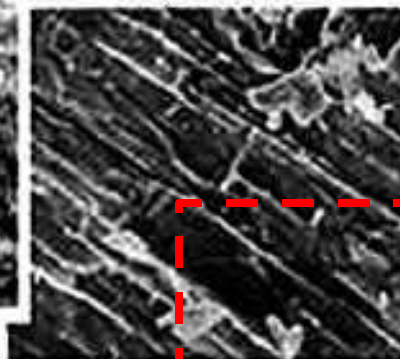
трещины



поры



ламели



— 1 мм

— 1 мкм

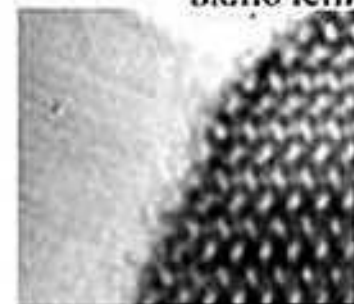
двойники



дислокации

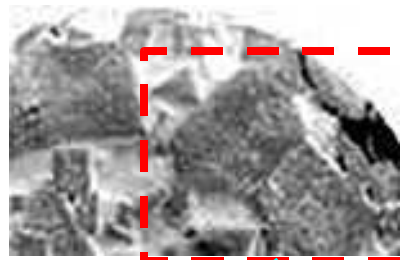


включения



Домены (псевдокристаллы)

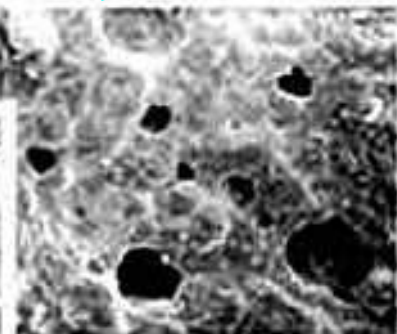
— 1 см



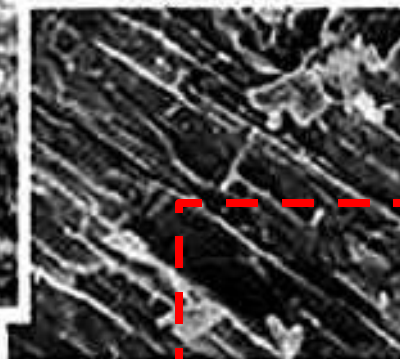
трещины



поры



ламели



— 1 мкм

двойники

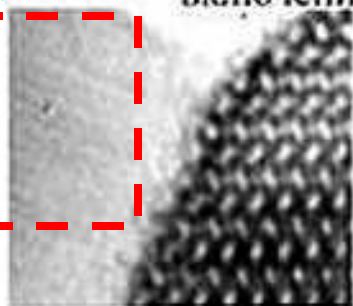


— 1 мм

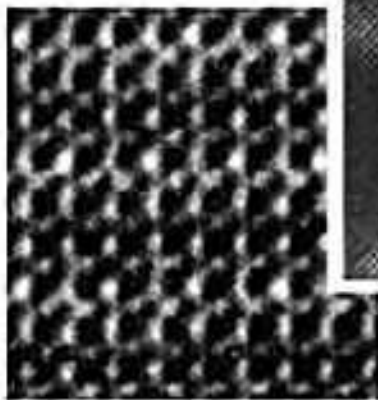
дислокации



включения



атомные
ряды



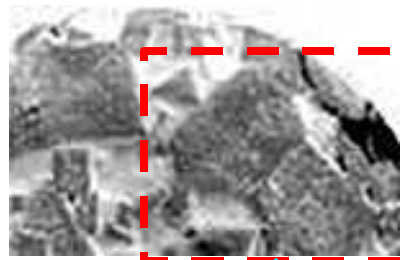
нанофлуктуации
состава



— 1 нм

Домены (псевдокристаллы)

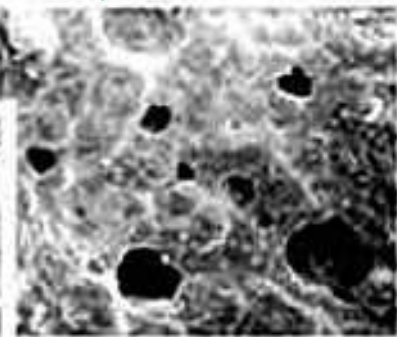
— 1 см



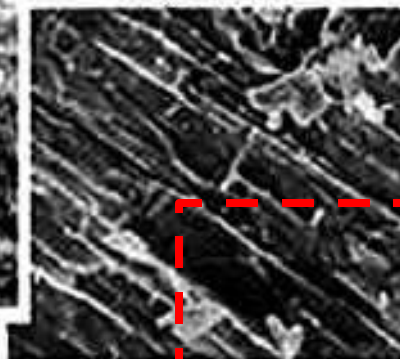
трещины



поры



ламели



— 1 мкм

— 1 мм

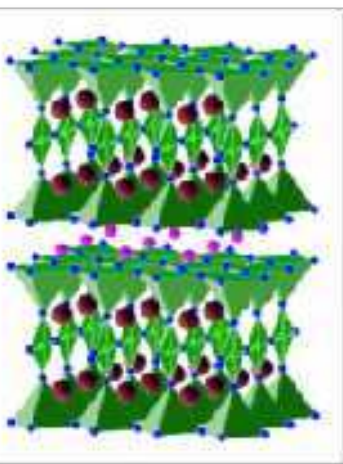
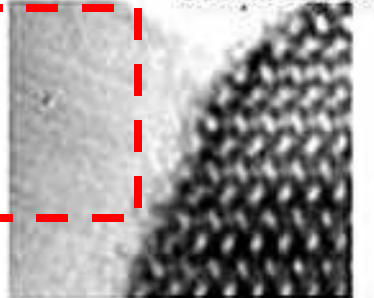
двойники



дислокации

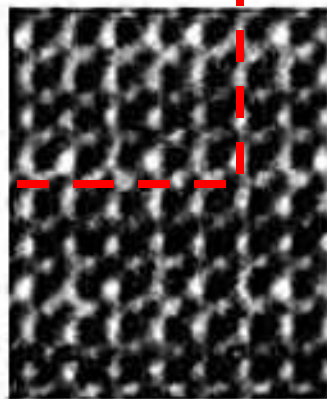


включения



—
1 Ангстрем

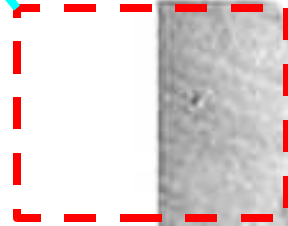
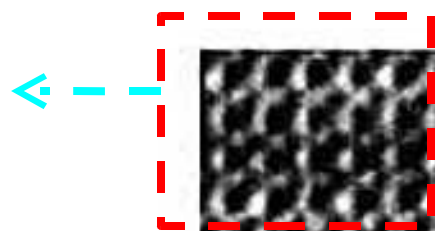
атомные
ряды



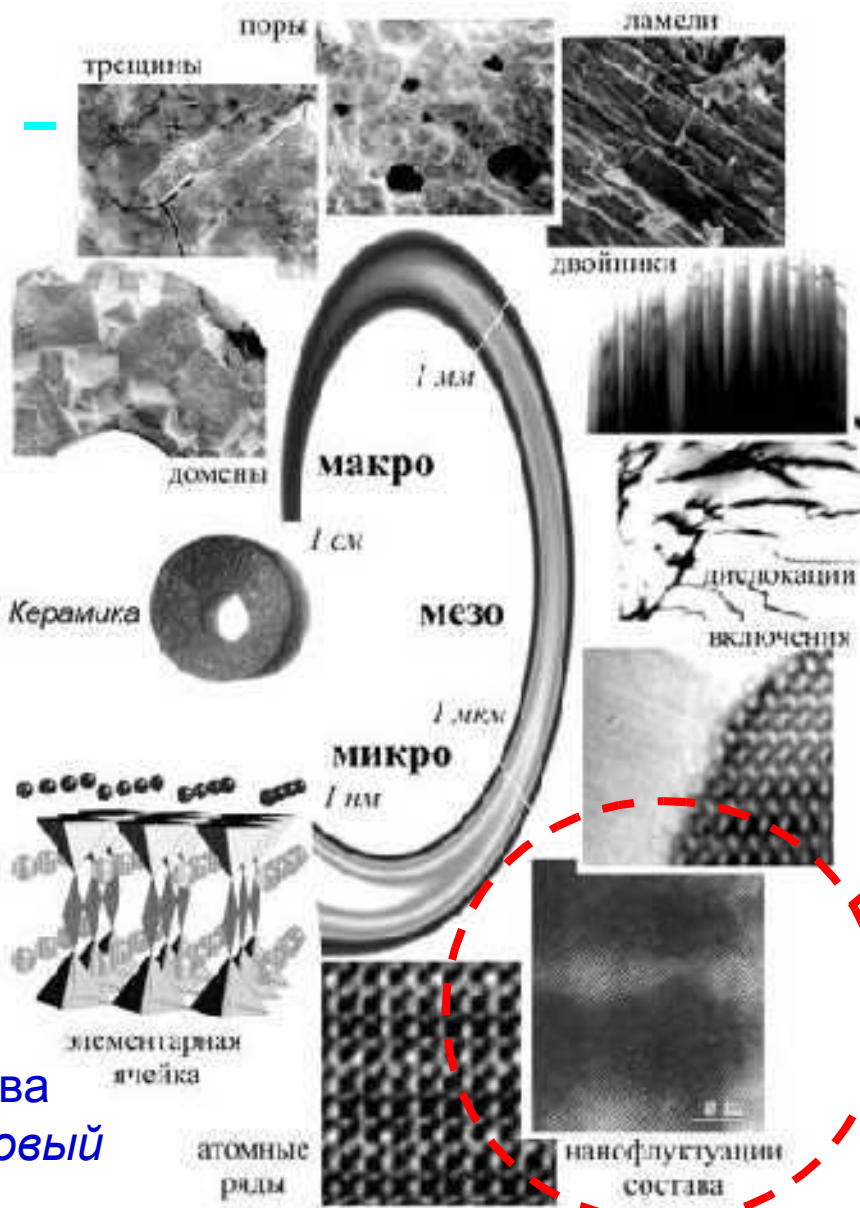
нанофлуктуации
состава



— 1 нм



Механические свойства ←



Сверхпроводящее изделие ←

Керамика

Фундаментальные физические свойства (химический и фазовый состав) T_c ←

→ Величина критического тока J_c

Наноуровень структуры определяет интенсивность магнитной левитации – важнейшего функционального свойства



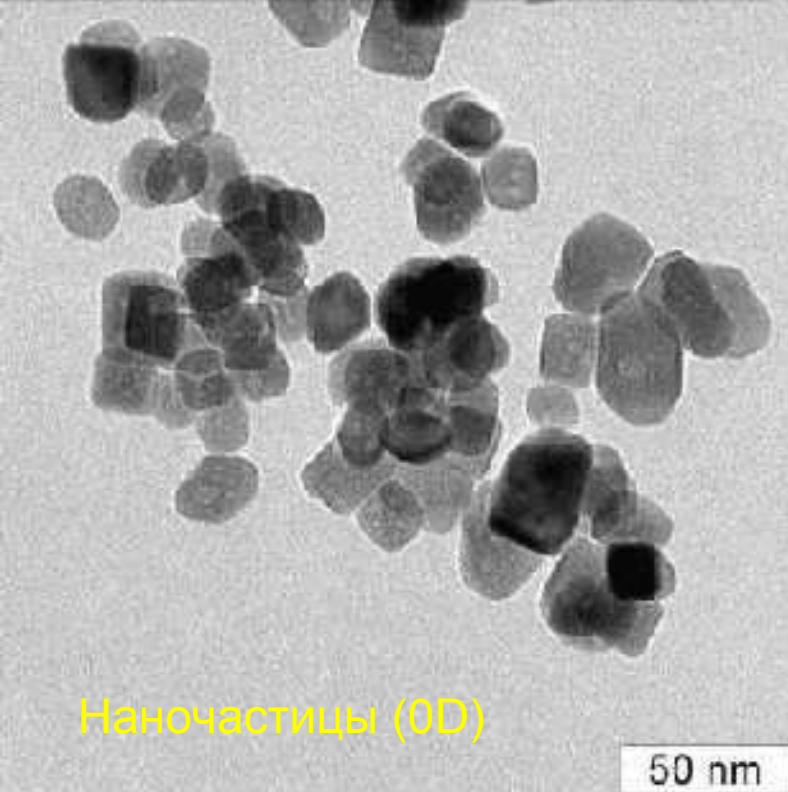
Maglev
Германия
США
Япония

Нанотехнология — совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и технические системы, функционирование которых определяется в первую очередь наноструктурой.

Наноматериалы (НМ) — продукты нанотехнологий, важнейшие функциональные свойства которых определяются наноуровнем их структуры (1 - 100 нм).

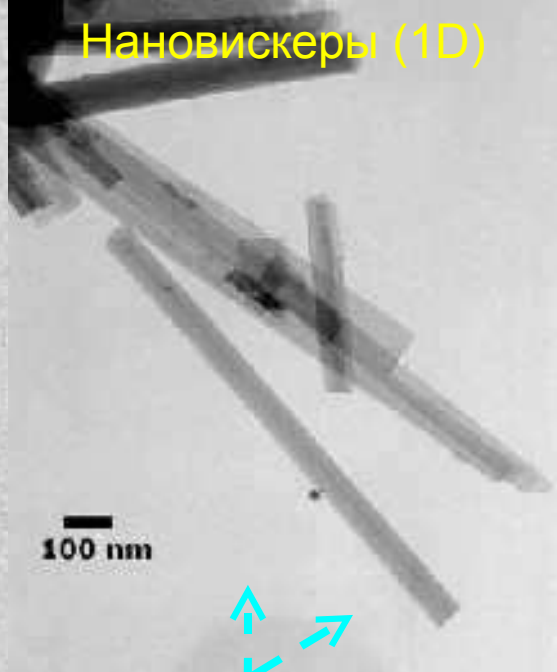
Морфологическое многообразие

- Специфика объектов наномира заключается в поразительном многообразии форм организации вещества даже при постоянном составе.
- Пример: диоксид титана содержится в «титановых белилах» и может быть использован для очистки воды, воздуха и пр.



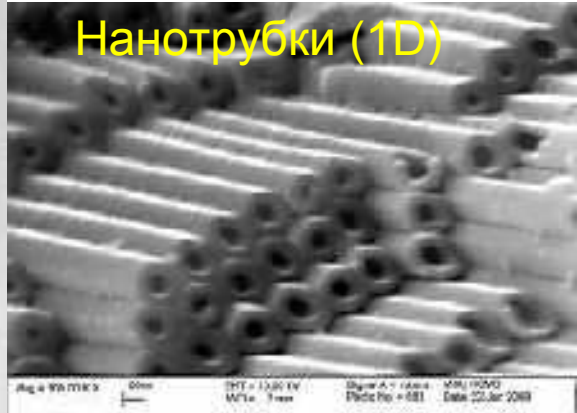
Наночастицы (0D)

50 nm

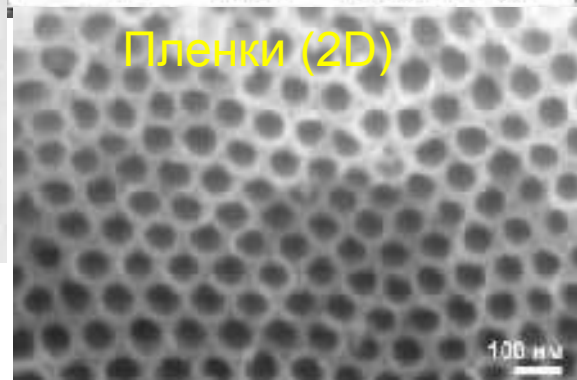


Нановискеры (1D)

100 nm

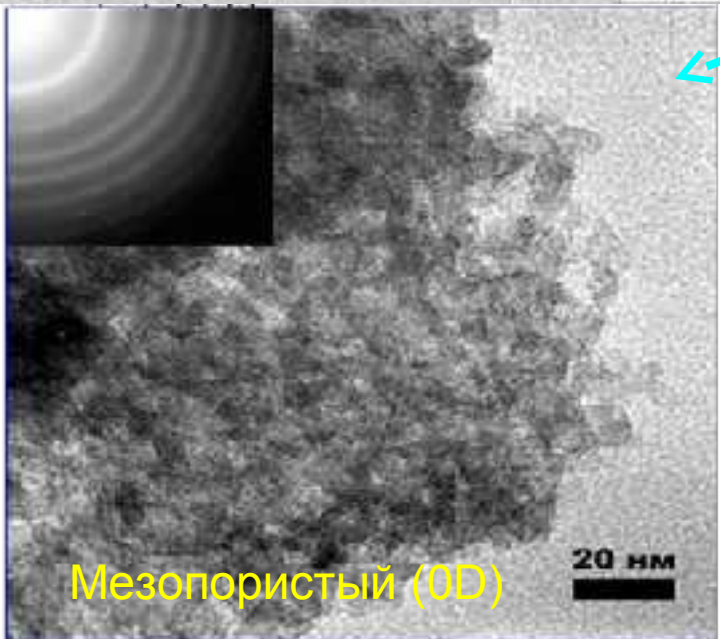


Нанотрубки (1D)



Пленки (2D)

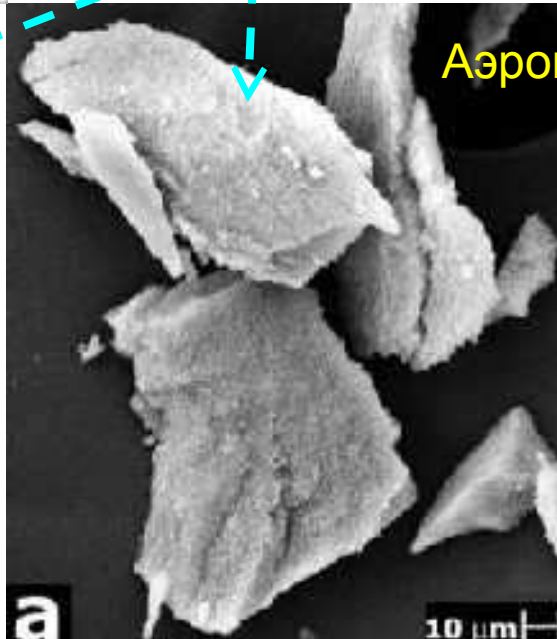
100 nm



Мезопористый (0D)

20 nm

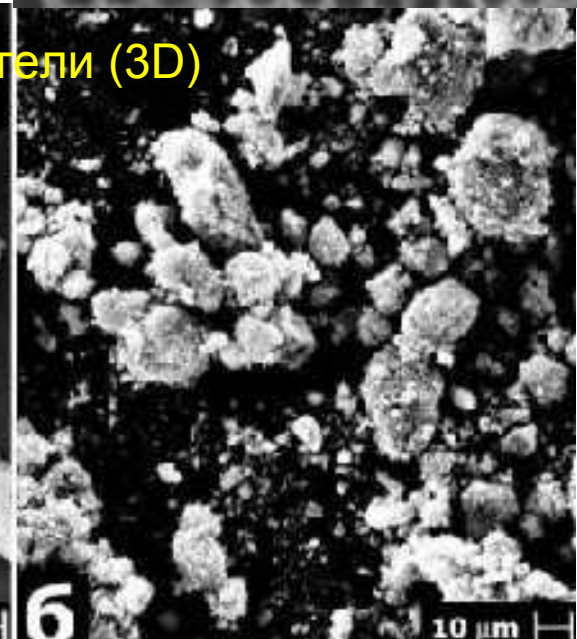
TiO_2



Аэрогели (3D)

a

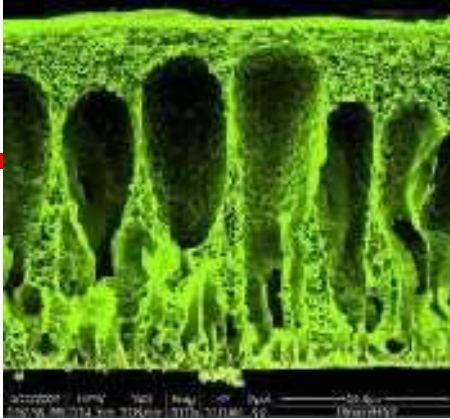
10 μm



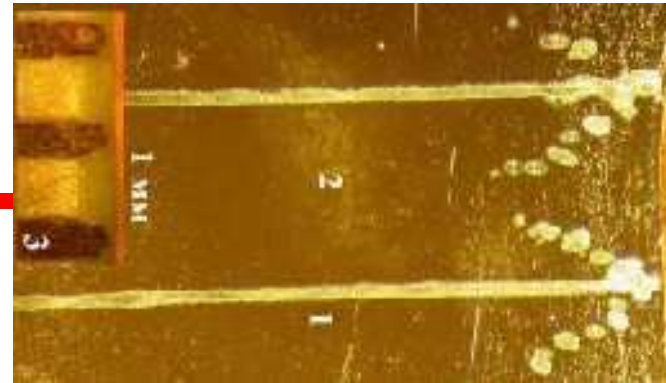
6

10 μm

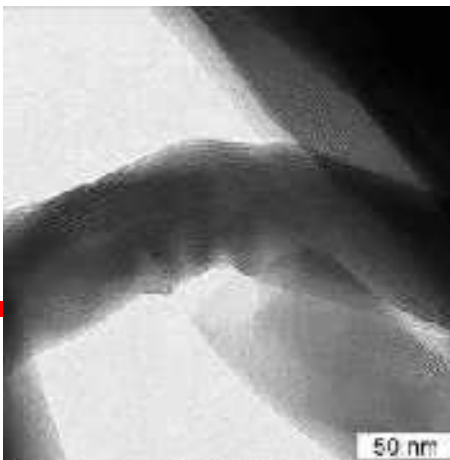
- Объемные (3D) наноструктурированные материалы Ж: металлы и сплавы с ультрамикроструктурой, нанокерамика



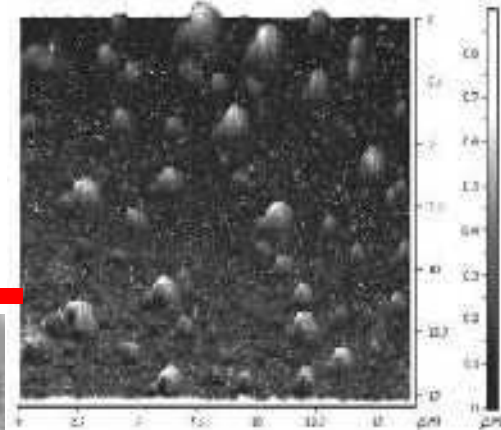
- Наноструктурированные планарные материалы 2D: пленки и покрытия, нанопечатная литография, самособирающиеся монослои



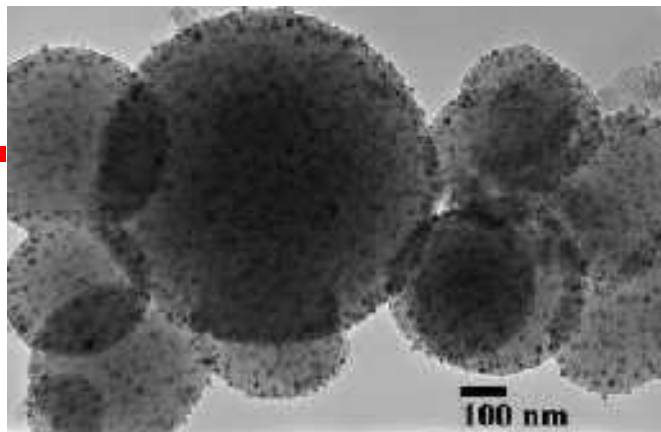
- Наноструктурированные (1D) материалы: нанотрубки, нановолокна, наноагрегаты и нанопроволоки



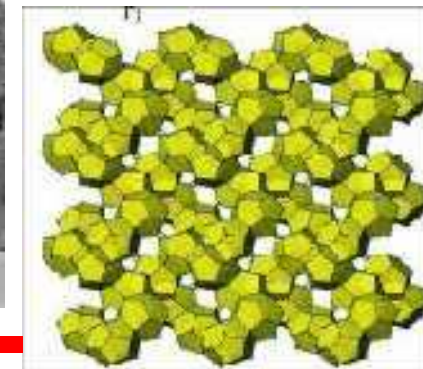
- Нанодисперсные (0D) материалы: нанопорошки, нанокристаллы, квантовые точки



- Нанокompозиты: наноструктурированные материалы, наночастицы в керамической, металлической или полимерной матрице



- Супрамолекулярные материалы

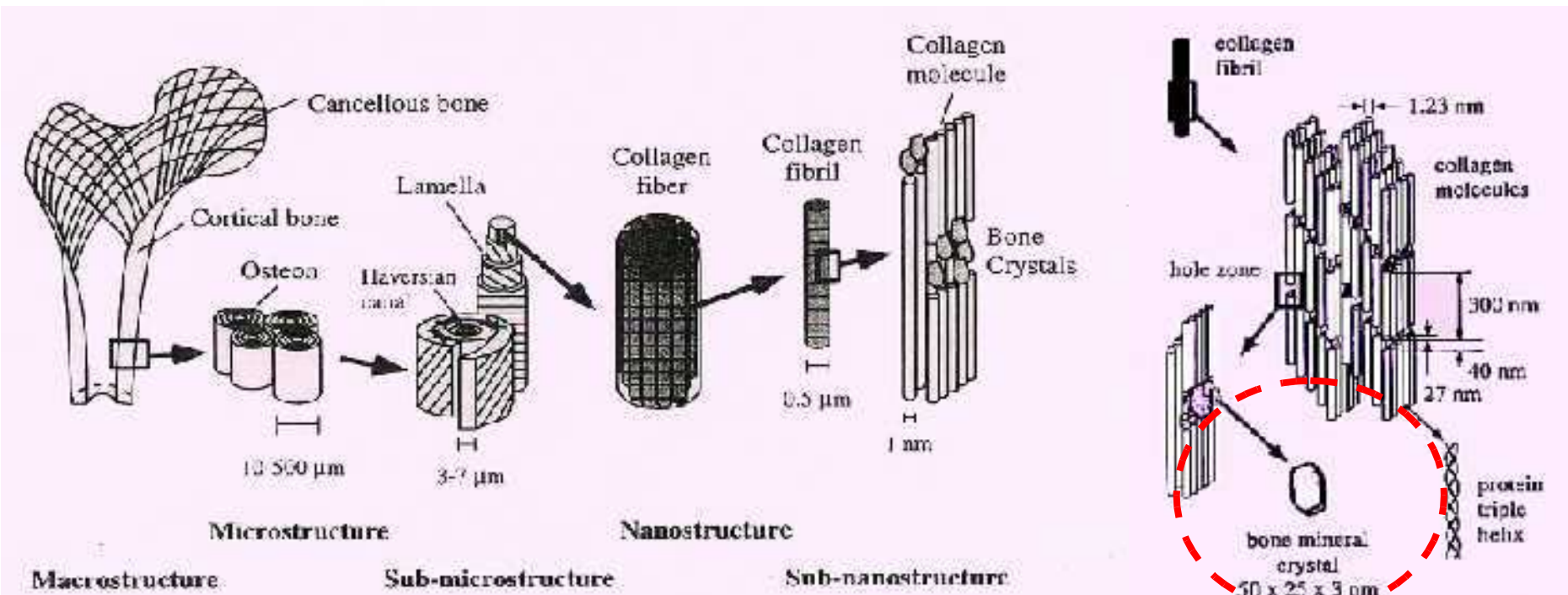
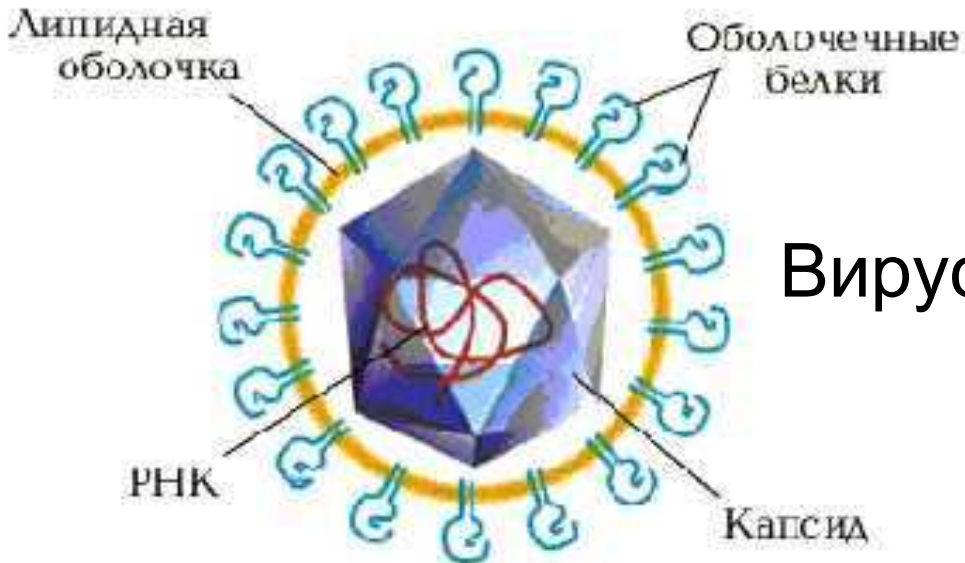


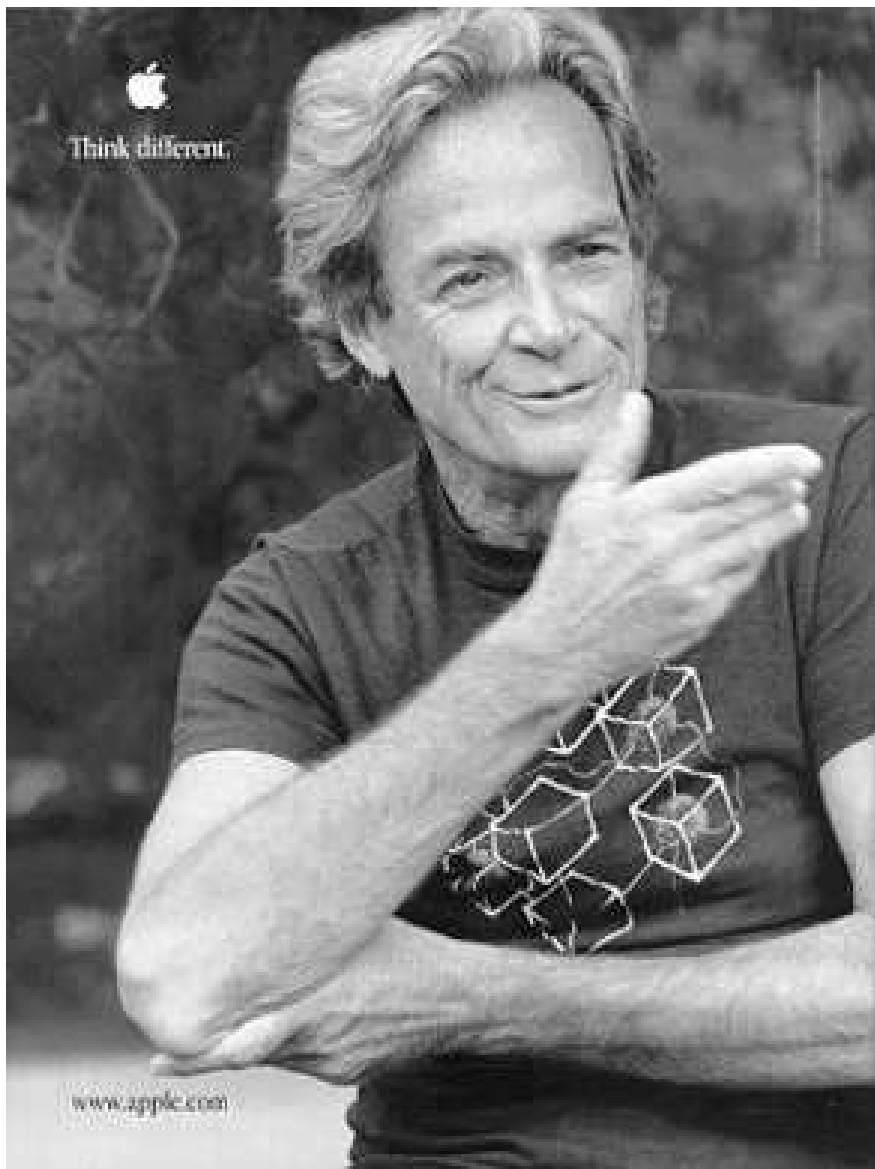
Мы состоим из наночастиц

Нанообъекты существовали всегда, человечество уже ~25 000 лет успешно живет среди наночастиц

Кости скелета

Вирус



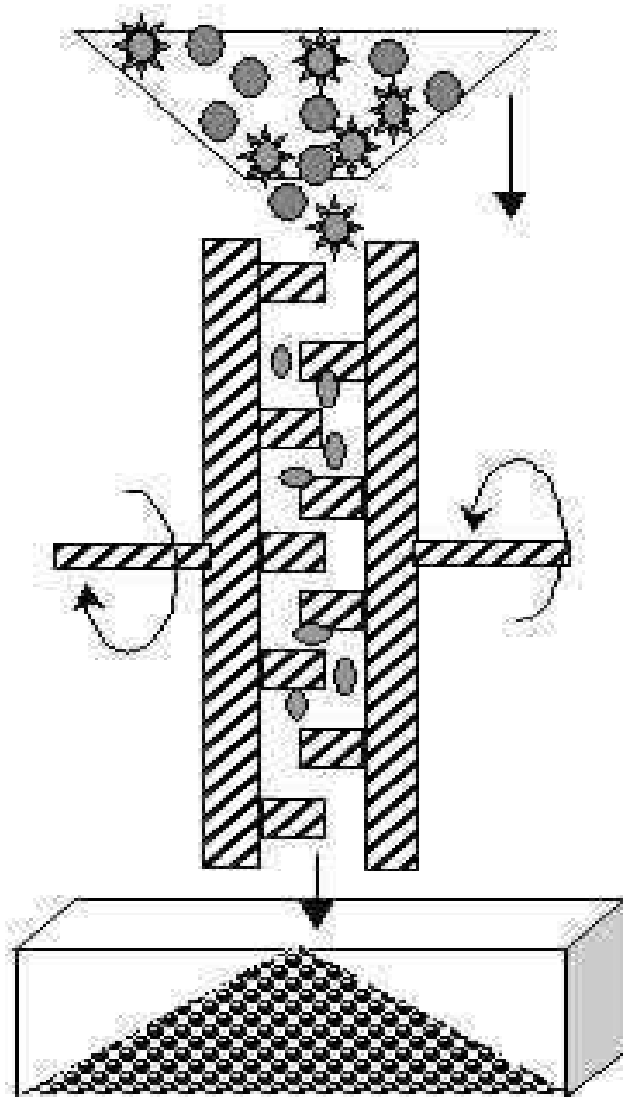


29 декабря 1959 г. Нобелевский лауреат **Р.Фейнман** прочел в Калифорнийском университете свою знаменитую рождественскую лекцию **«Там, внизу, много места»**

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

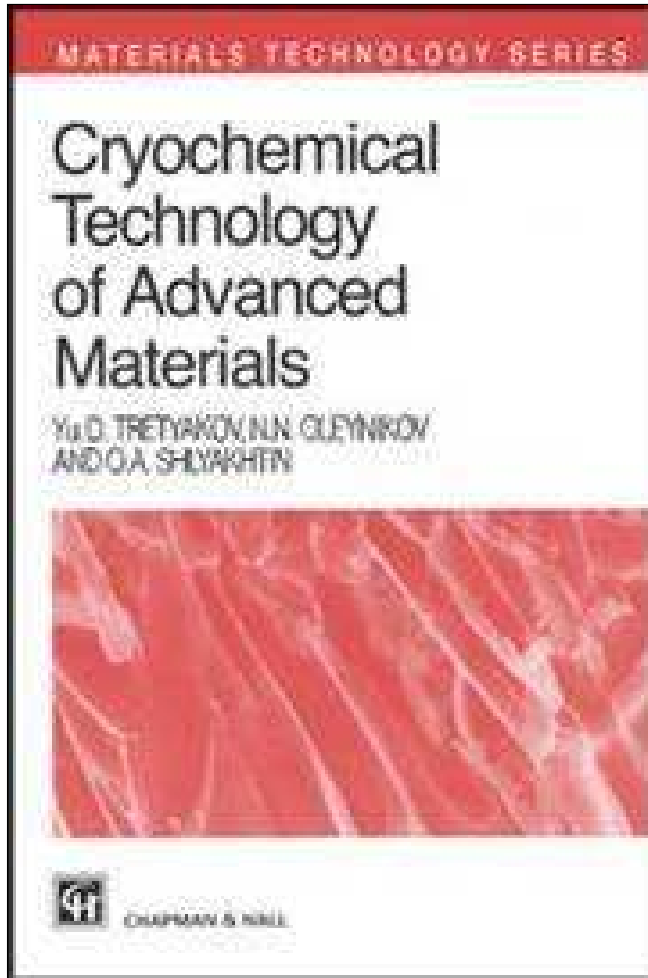
Ричард Фейнман (Richard Feynman)

«Сверху вниз» (физические методы)



Дезинтегратор Хинта

«Снизу вверх» (химические методы)

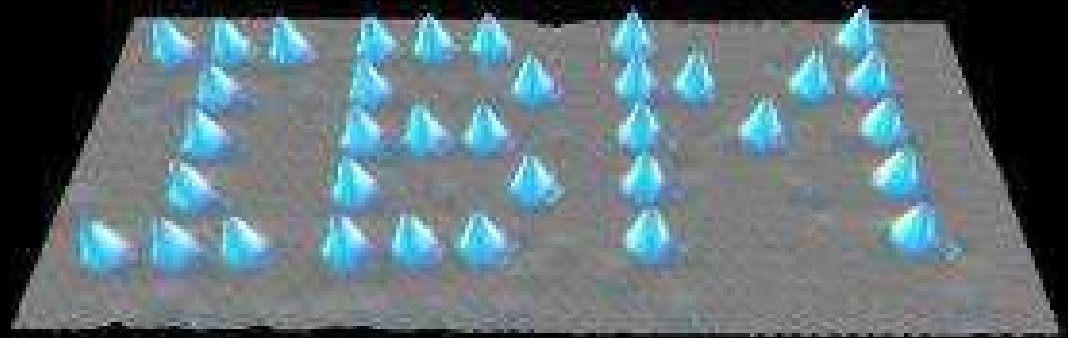


Cryochemical technology scheme



Нужно ли механическое оперирование отдельными нанообъектами?

35 атомов ксенона на пластинке из никеля (1990 г.)



Поатомная сборка:
АСМ+220В+много лет
+\$

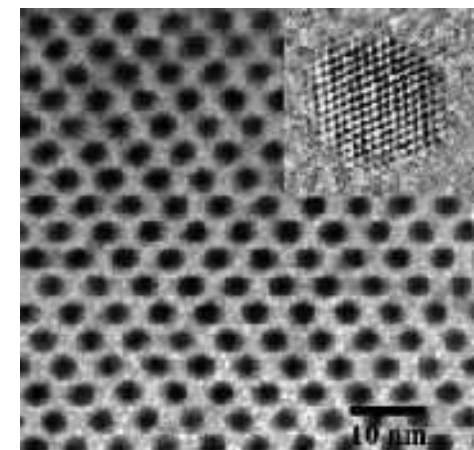
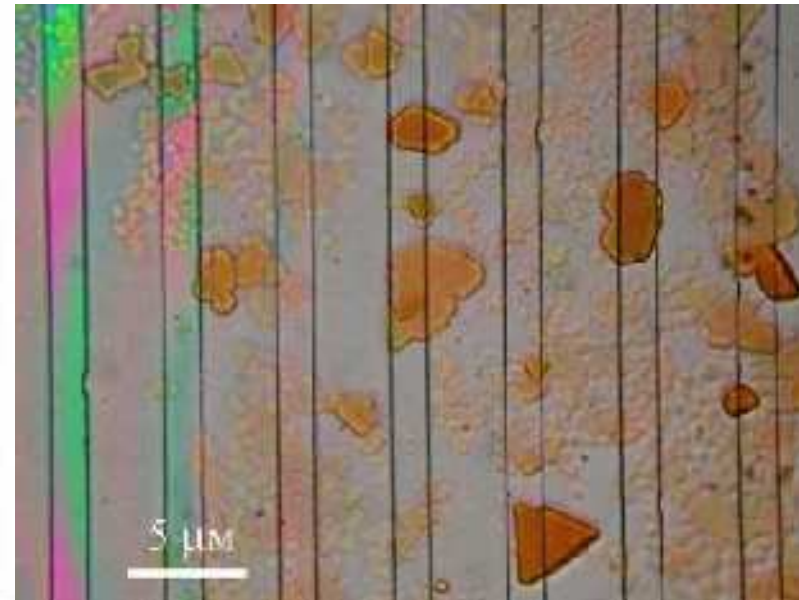
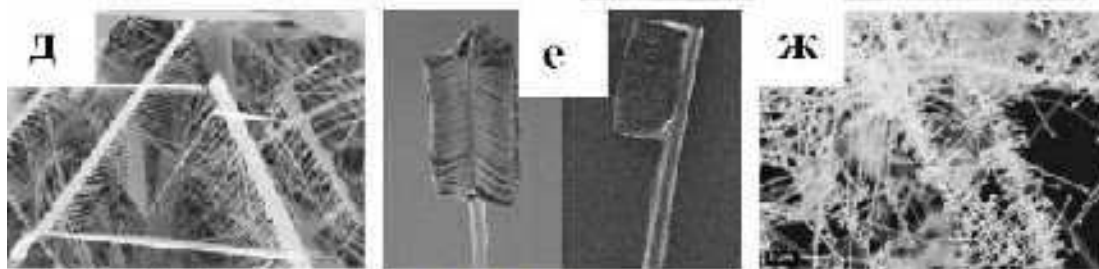
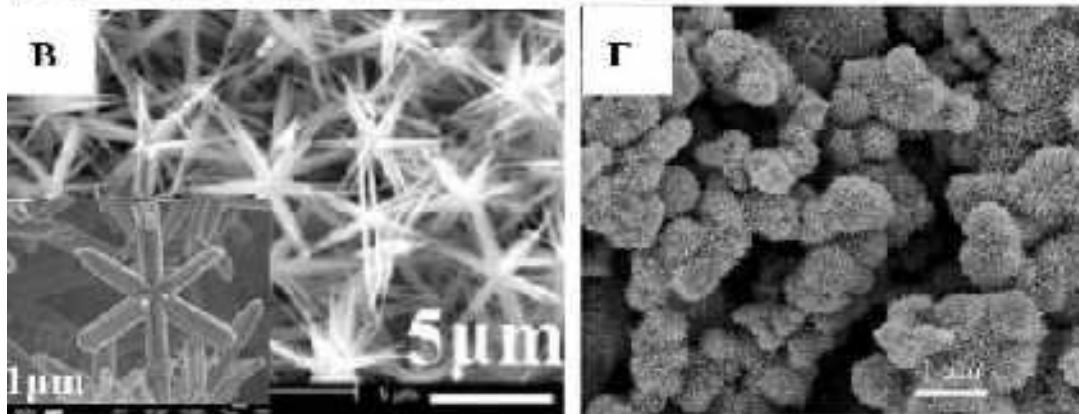
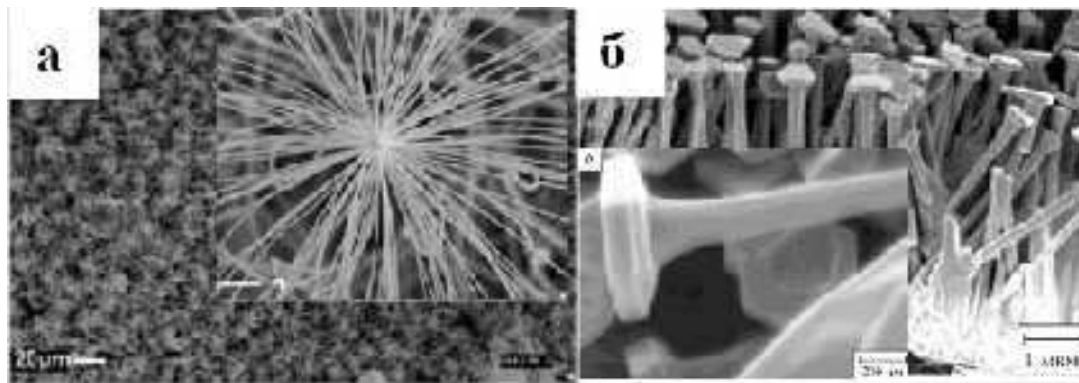
Сканирующая зондовая микроскопия

Искусственная сборка на молекулярном уровне
практически невозможна

Лучший вариант: самосборка и самоорганизация!

«Снизу-вверх»

Самосборка наноструктур



Коллоидный кристалл из квантовых точек (ФНМ МГУ)

ЗА

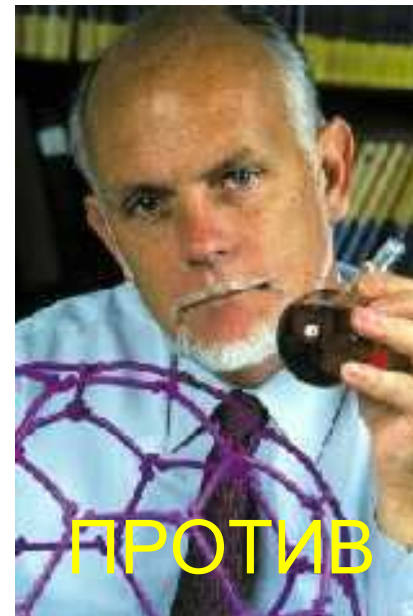


В **1986 г.** вышла книга **Э.Дрекслера** «**Машины созидания: наступление нанотехнологической эпохи**»: нанороботы, запрограммированные на самовоспроизводство, способны перерабатывать всю доступную им материю и биомассу, стремительно превратят окружающий мир в «**серую слизь**» (Grey Goo)

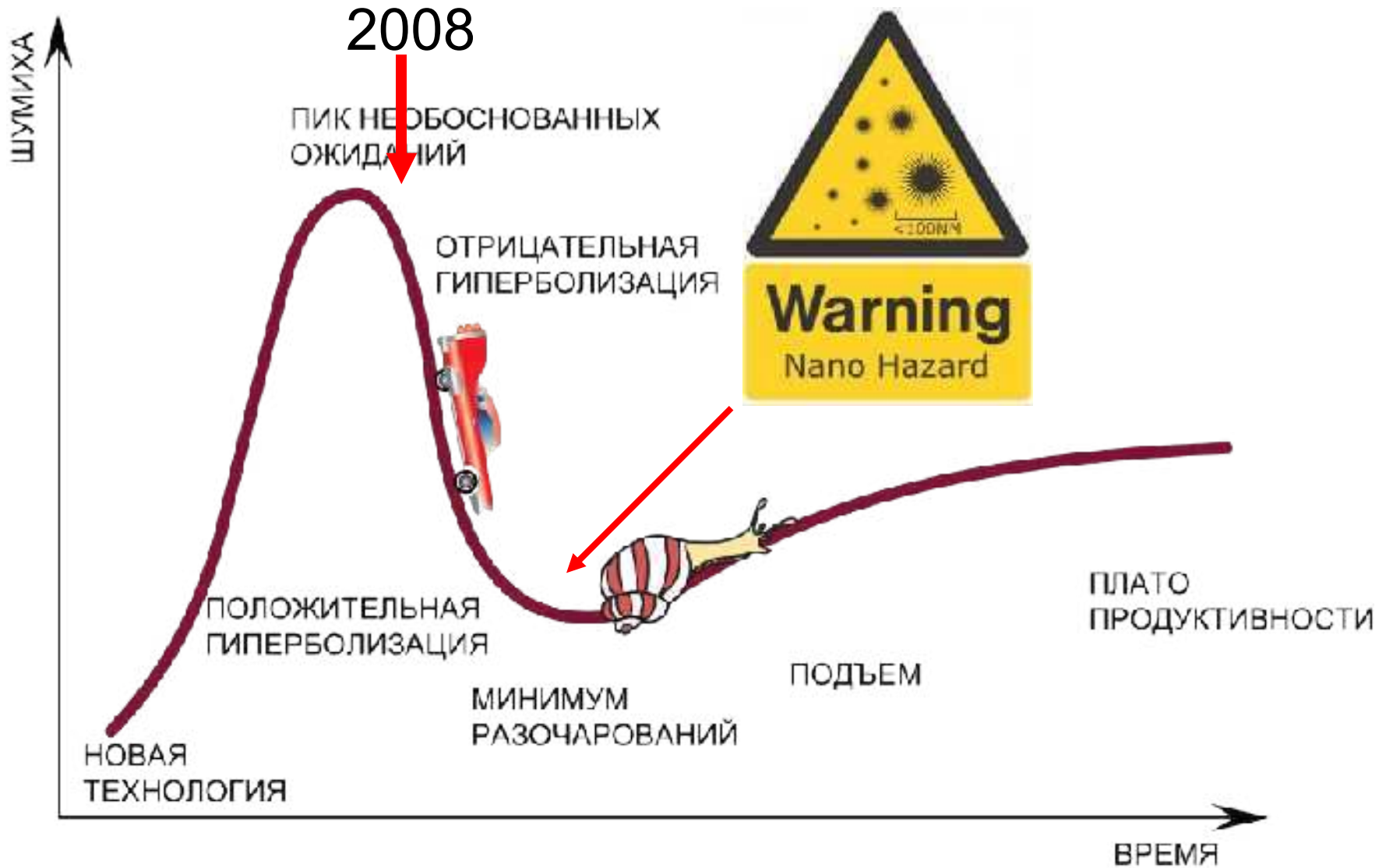
www.nanometer.ru
(e-NANOS - 2008)



В **декабре 2003 г.** Нобелевский лауреат **Ричард Смолли** резко критиковал подходы **Дрекслера** на страницах журнала «**Chemical and Engineering News**» : «...если бы возможность саморазмножения нанороботов и существовала, то нанороботу, способному мультиплицировать себя со скоростью миллион атомов в секунду, потребовалось бы 20 миллионов лет, чтобы накопить одну унцию продукта саморазмножения. Однако и этот скромный по результатам процесс невозможен, т.к он потребовал бы огромных энергетических затрат...»



Нанотехнологии и общество



Нанофобия



- Нанофобии антиглобалистов и «зеленых»
- Книга Д.Берубе «Нанопурга», интервью М.Попову
- Принц Чарльз, Джой



Необходимость открытых дискуссий и просвещения общества

David Berube: NANO-HYPE: The Truth Behind the Nanotechnology Buzz

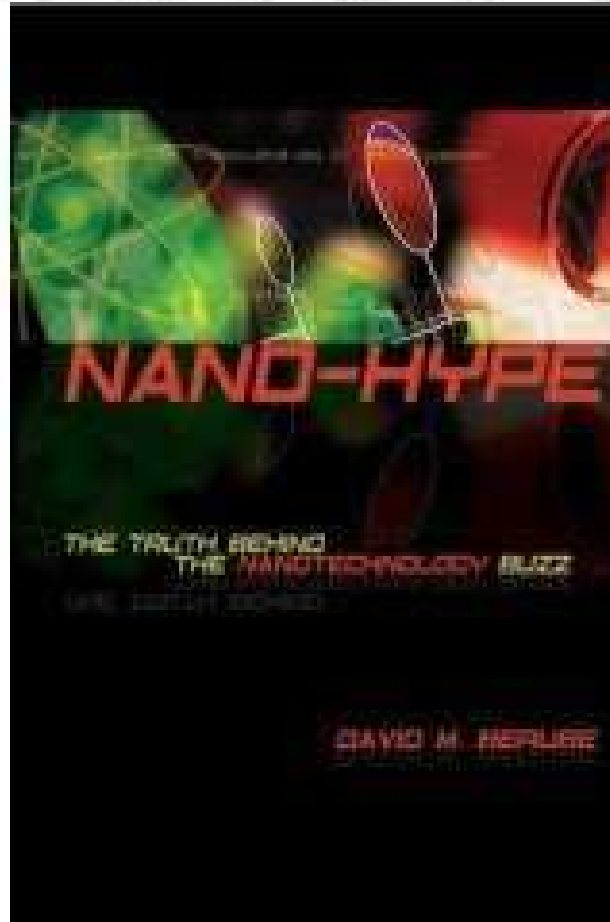
Нано-пурга

Нано-ажуотаж

Нано-бум

Нано-мания

Нано-помешательство



Mag = 15.00 K X 2µm

MSU HSMS
Date: 22 Oct 2006

Недобросовестная реклама



«Нанокраска»

«Автокосметика»

«Наноцемент»

«Наноноски»

Кружка для наноструктурированной воды

НАНОТЕХНОЛОГИЯ

“ЖИДКАЯ” БРОНЯ (опытная разработка)

<p>Левая половина пакета — 18 слоев баллистической стали арт. 56819 А</p> <p>Испытан стандартным осколком (шарик 6,3 мм, масса 1,04 г)</p> <p>$V_{01} = 526 \text{ м/с}$</p>	<p>Правая половина — тот же пакет, в котором несколько слоев обработаны композицией на основе фтора с наночастицами оксида церия (первая серия опытов) или окиси корунда (вторая серия опытов).</p> <p>Пакеты испытаны теми же средствами</p> <p>1. $V_{01} = 522 \text{ м/с}$ 2. $V_{01} = 558 \text{ м/с}$</p>
---	--

Разработчик: ОАО НИИ Стали
Институт прикладных нанотехнологий
(г. Зеленоград)

СТАЛИ

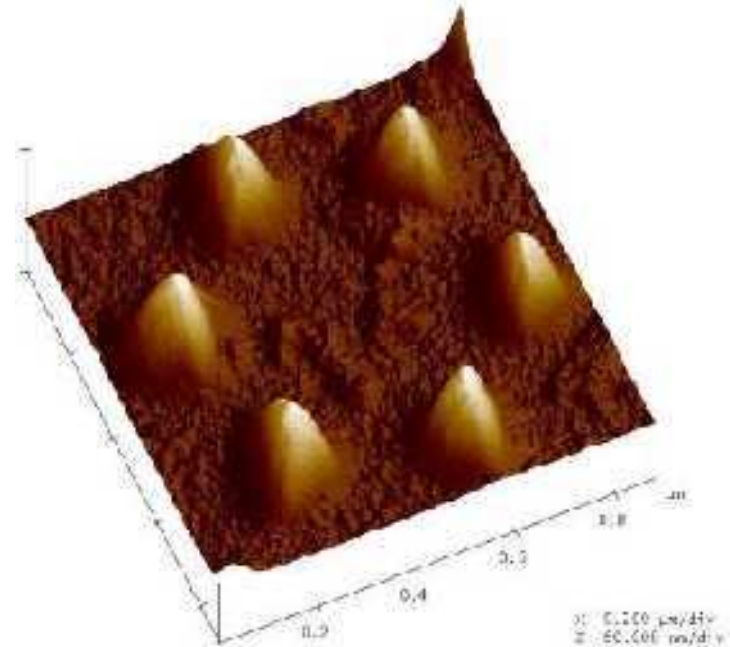


«Папа» всех бомб

Нанокосметика

Важнейшие 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. свойствами, связанными с проявлением квантовых эффектов
- Открыт путь к миниатюризации технических устройств и огромной экономии ресурсов





Оптический спектрометр
Orphea 5300 DV



Анализатор
поверхности
Nova e-series 4200



Просвечивающий
электронный
микроскоп JEOL 2000



Лиофилизатор
Labconco Freezone



СЭМ Интегра-Аура



Цифровой электронный
микроскоп Leo Starra 50 VP
SEM / EDX / WDX



Термоанализатор
Perkin Elmer
Pyris Diamond



Спектрометры
Perkin Elmer
Spectrum One (IR),
Lambda 35 (UV),
LS 55 (люминесц.)



Рамановский спектрометр
Renishaw inVia Reflex



Электрохимический
анализатор
Solartron



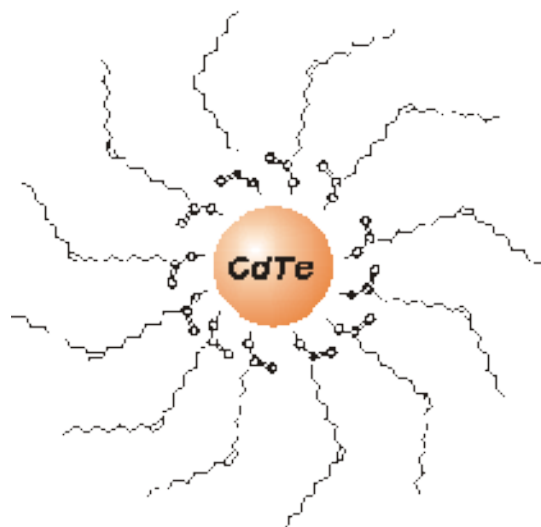
СКВИД-магнетометр
S700 (Cryogenics)

Зеленый флуоресцирующий белок



Лауреатами **Нобелевской премии 2008 года по химии** стали трое ученых из США (Осаму Симомура, Роджер Цьен, Мартин Чалфи) за «открытие и исследование зеленого флюоресцирующего белка».

Квантовые эффекты



Магнитоуправляемые наночастицы

Субмикронные микросферы
 $\text{NaCl} : \gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$

20 nm



ФНМ МГУ

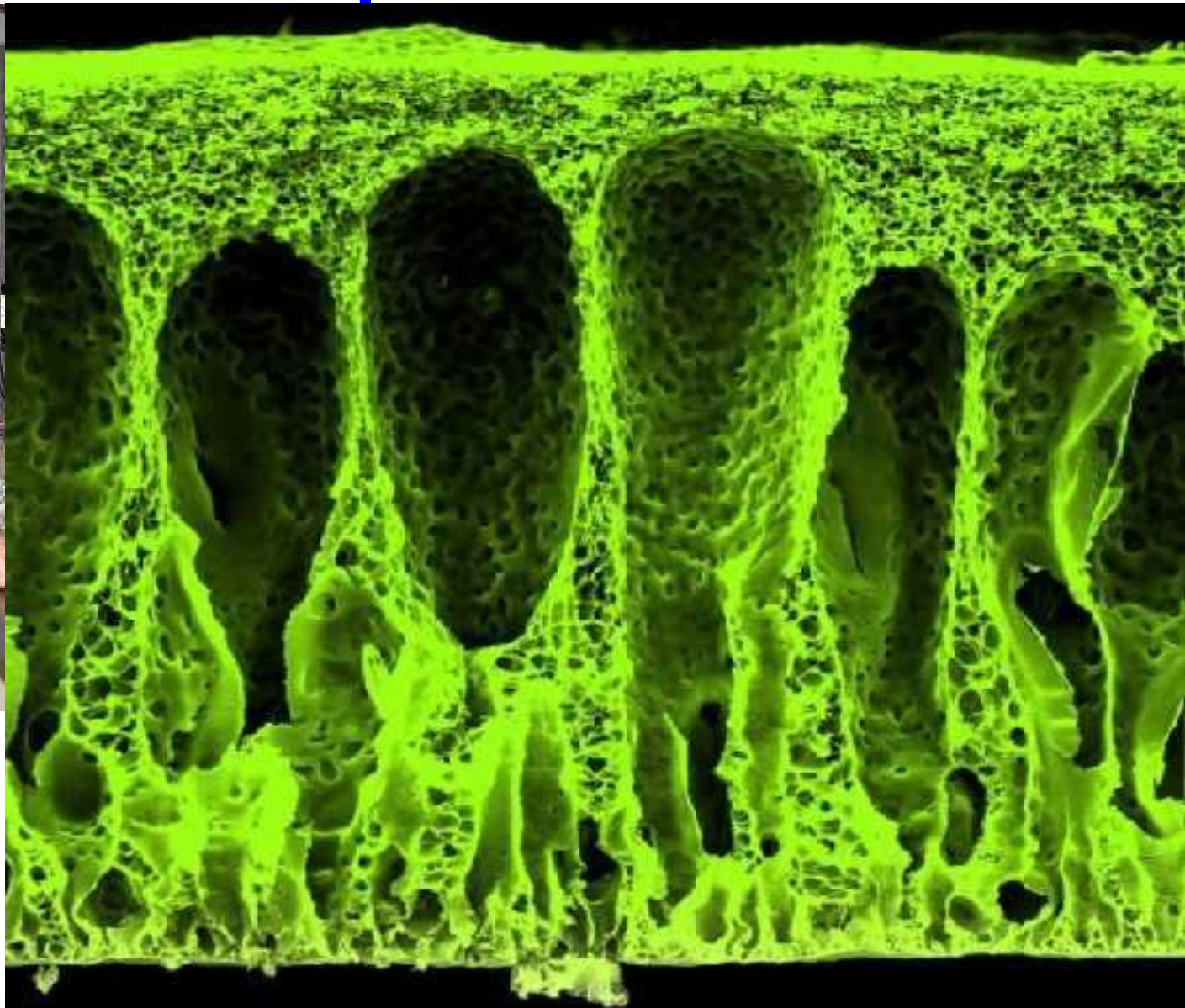


Эмбрион

Биокерамика



К.х.н. А.Г.Вересов



5/25/2007	HFV	WD	Mag	HV	Spot
1:52:38 PM	0.14 mm	10.8 mm	2000x	10.0 kV	3.0

50.0 μm
10memHAP

Нобелевская премия по химии 1996 г.



Richard E. Smalley



Harold W. Kroto

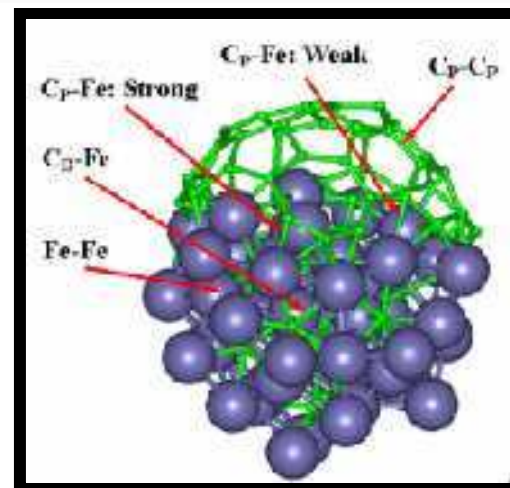
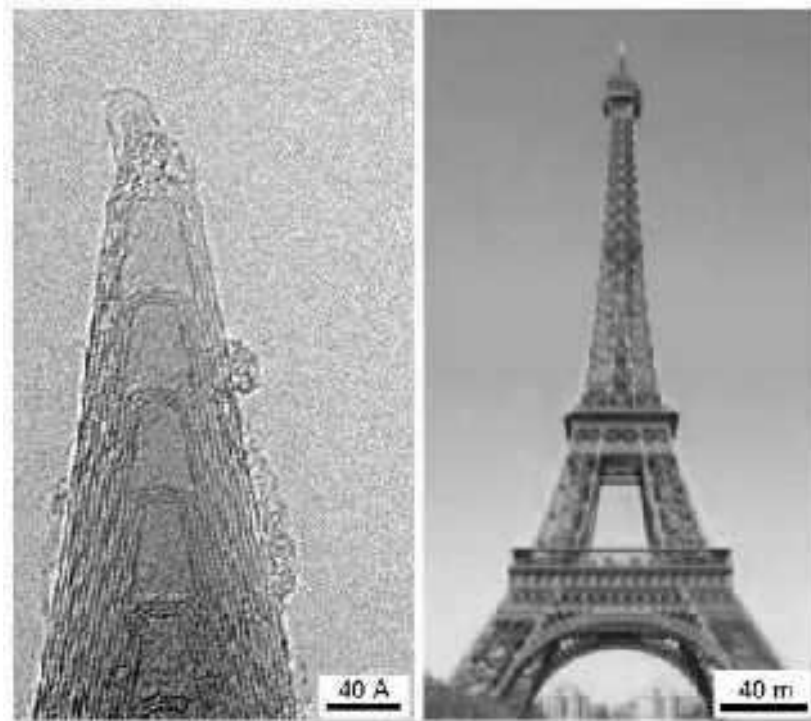


Robert F. Curl



Высокая плотность тока $I = 150-300$ А, DC, высокое давление газа > 300 тор, Ar, фиксированный зазор 1-3 мм

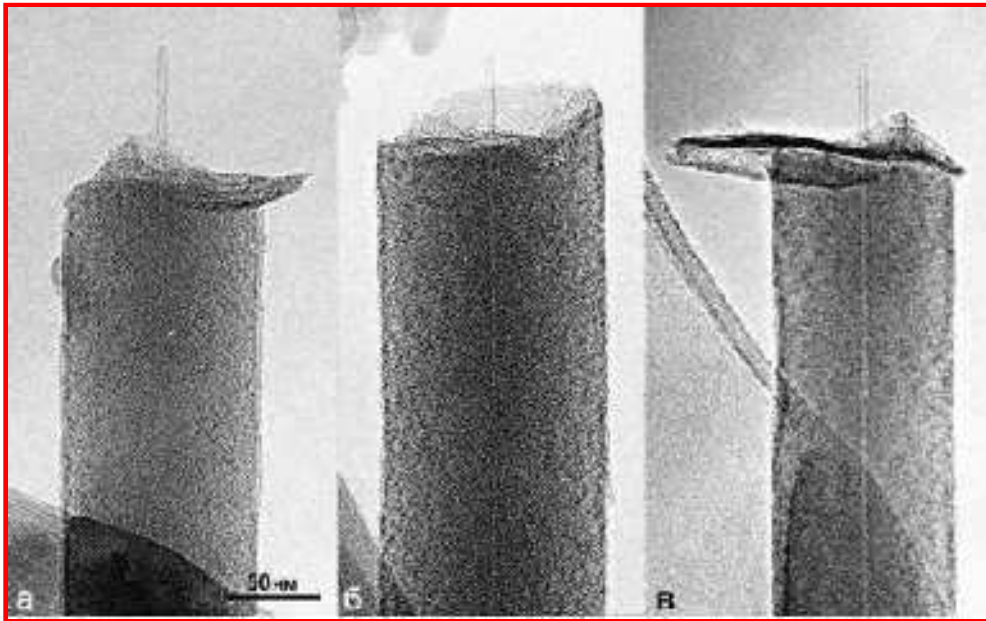
Углеродные нанотрубки (УНТ)



S. Iijima

Nature 1991, 354, 56

«Российские» УНТ

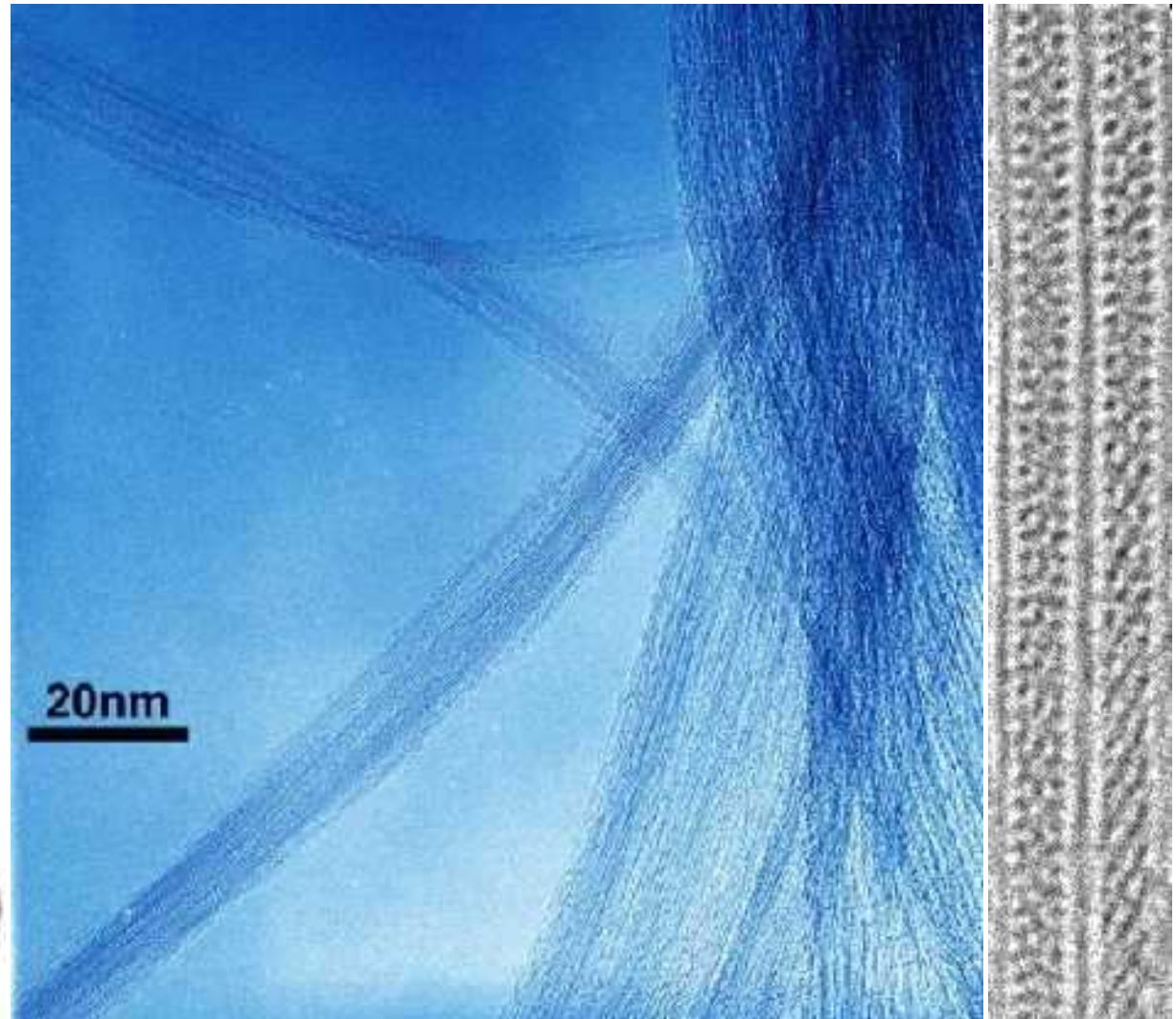


Углеродная нанотрубка в аморфной углеродной оболочке, диаметр внутреннего канала ОСНТ в оболочке ~ 2 нм; размер оболочки можно варьировать; длина нанотрубок может достигать 0,1 мм; не агрегированы в пучки, возможно создание проводящих ОСНТ в изолирующей или в проводящей оболочке.

Углеродные нанотрубки, обнаруженные в 1952 г. сотрудниками ИФХЭ Л.В. Радужкевичем и В.М. Лукьяновичем («О структуре углерода, образующегося при термическом разложении окиси углерода на железном контакте», Журнал физической химии. 1952. Т.26, № 1. С. 88-95)

Углеродные нанотрубки

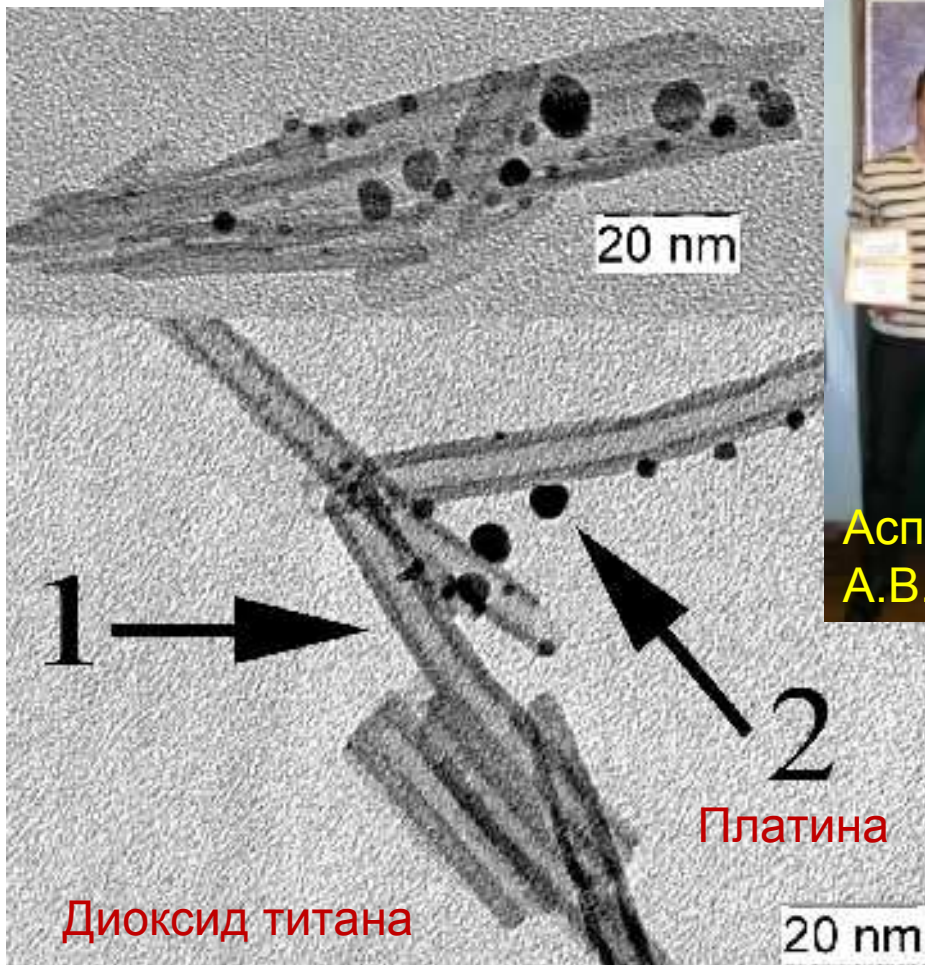
Субангстремный
электронный
микроскоп
высокого разрешения
FEI Titan



К.х.н. М.Чернышева



Неуглеродные нанотрубки



Катализ, дожиг топлива



Литий-ионные аккумуляторы, гибкие катоды



Манганитные вискеры

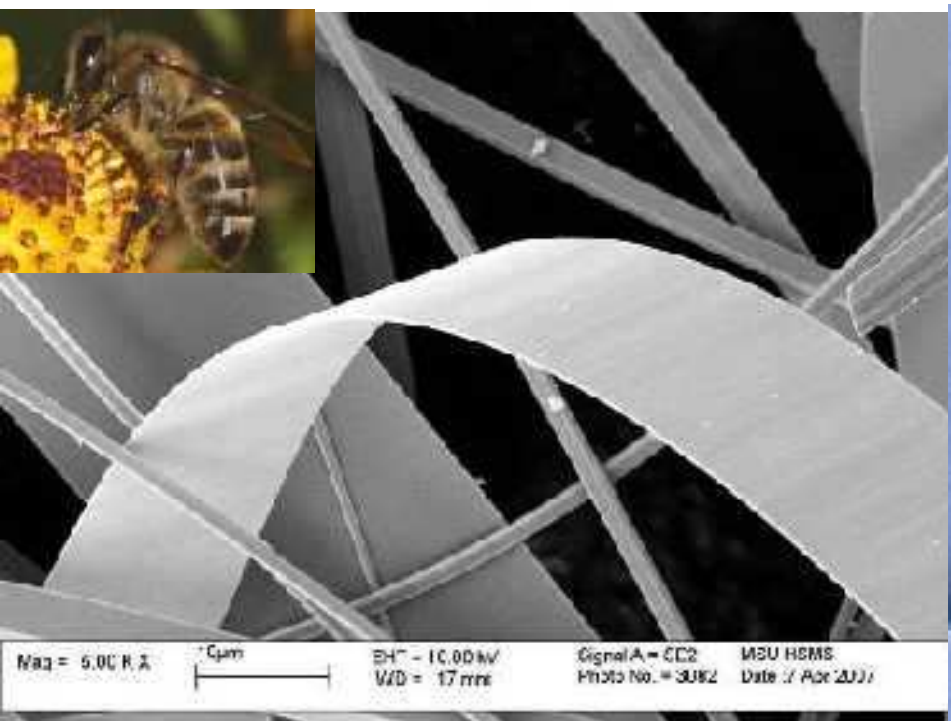
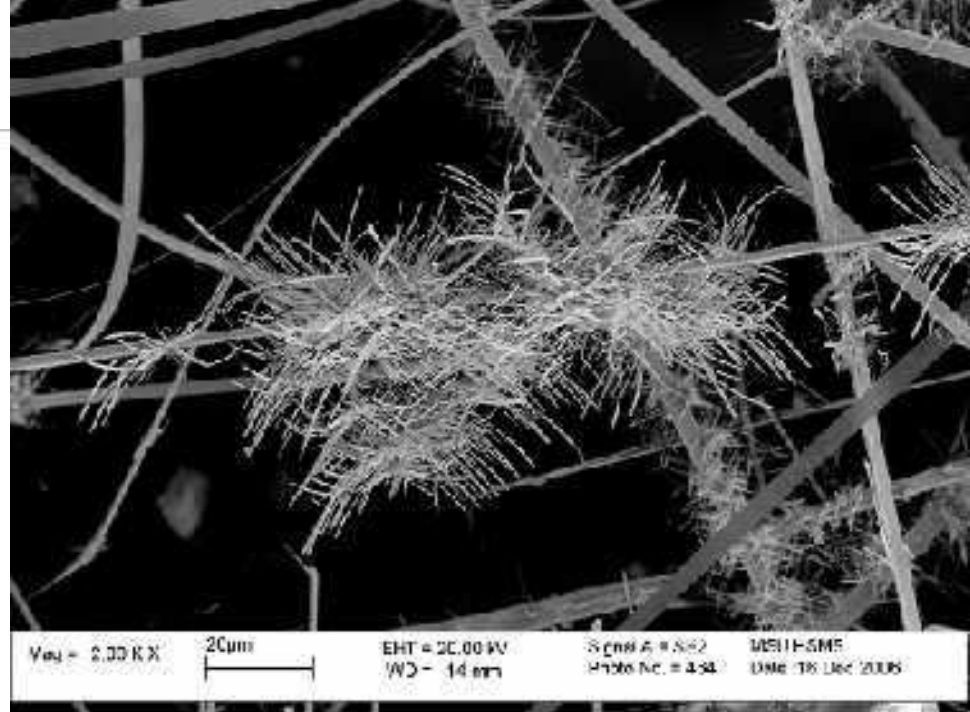
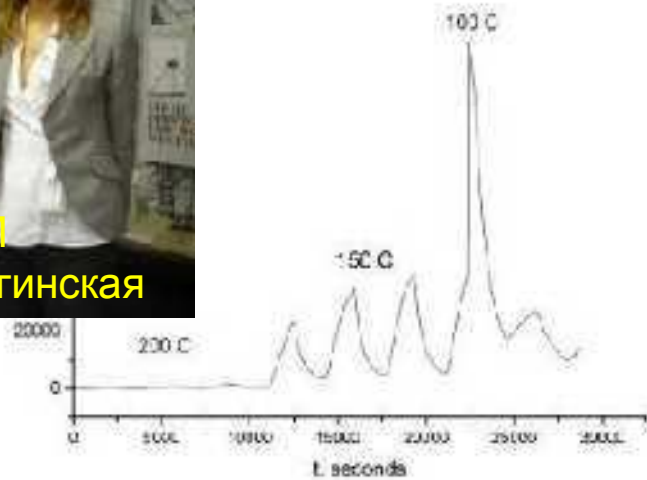
Топливные элементы?

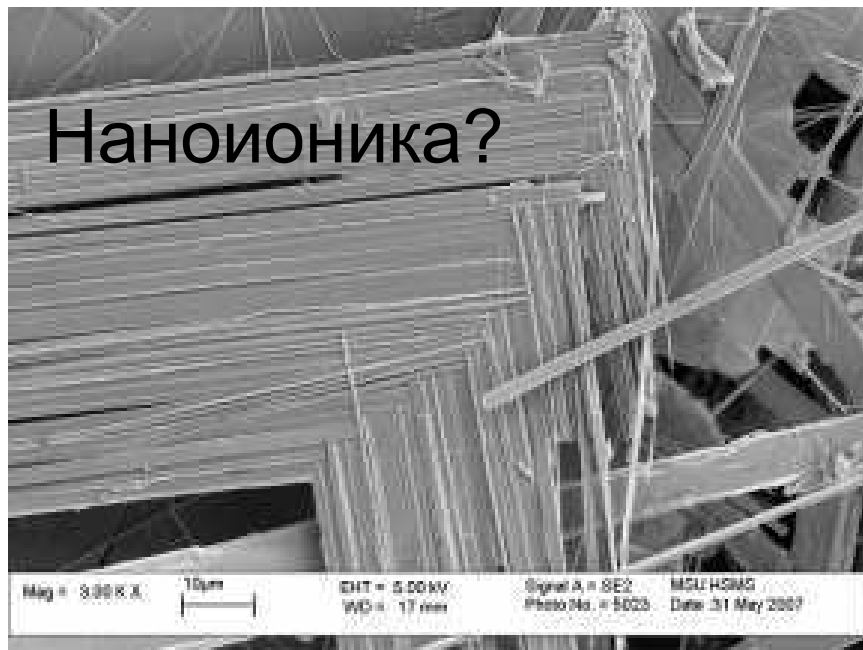
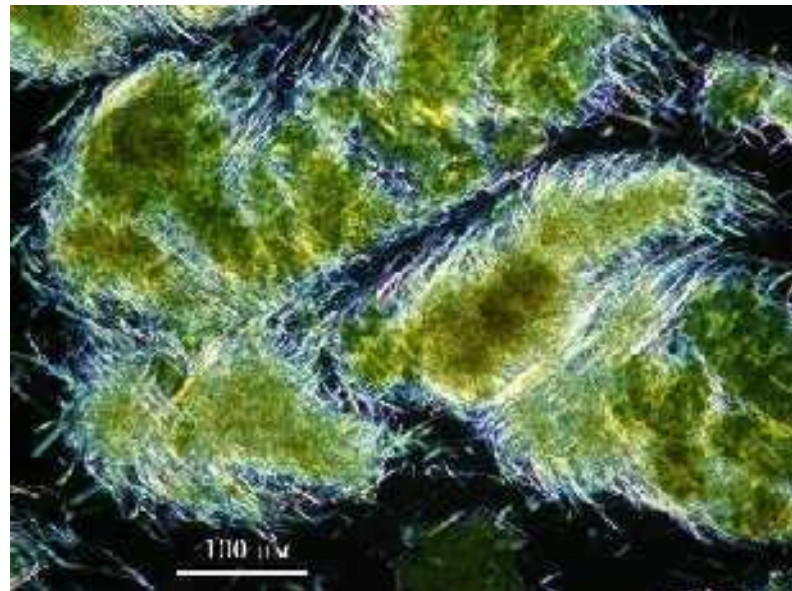
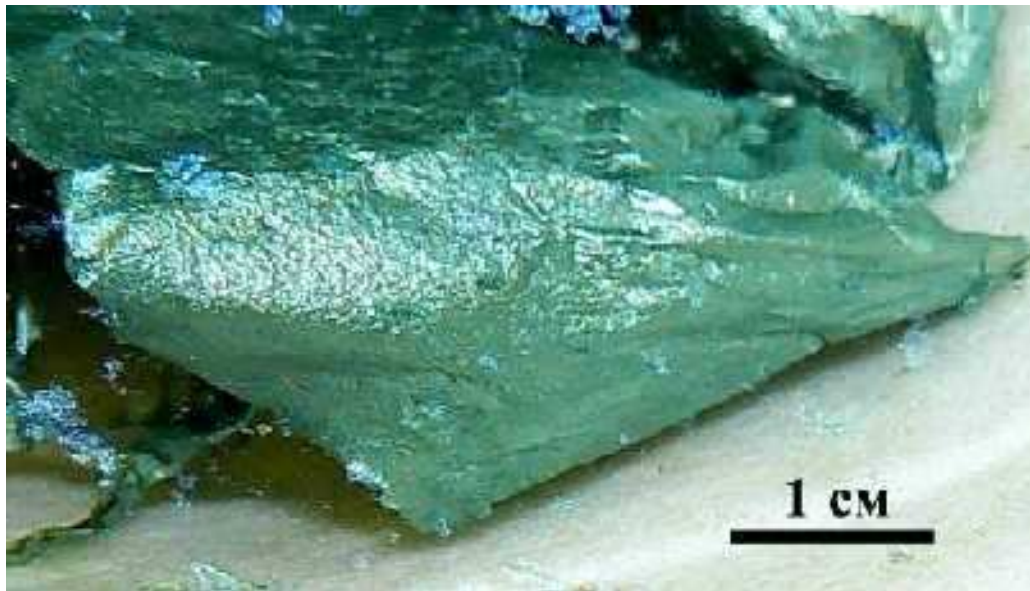


К.х.н.
Е.А.Померанцева

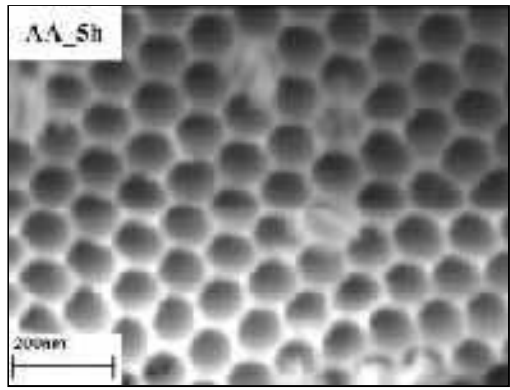
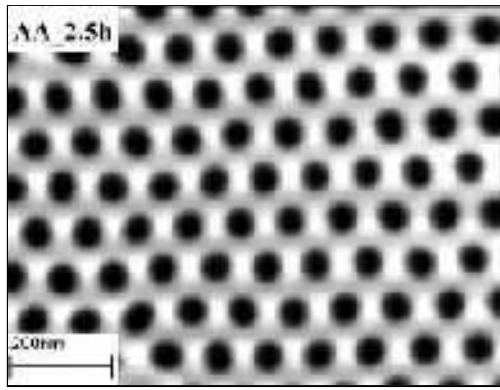
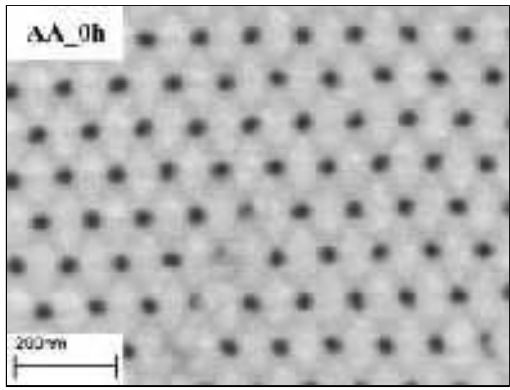


SnO₂

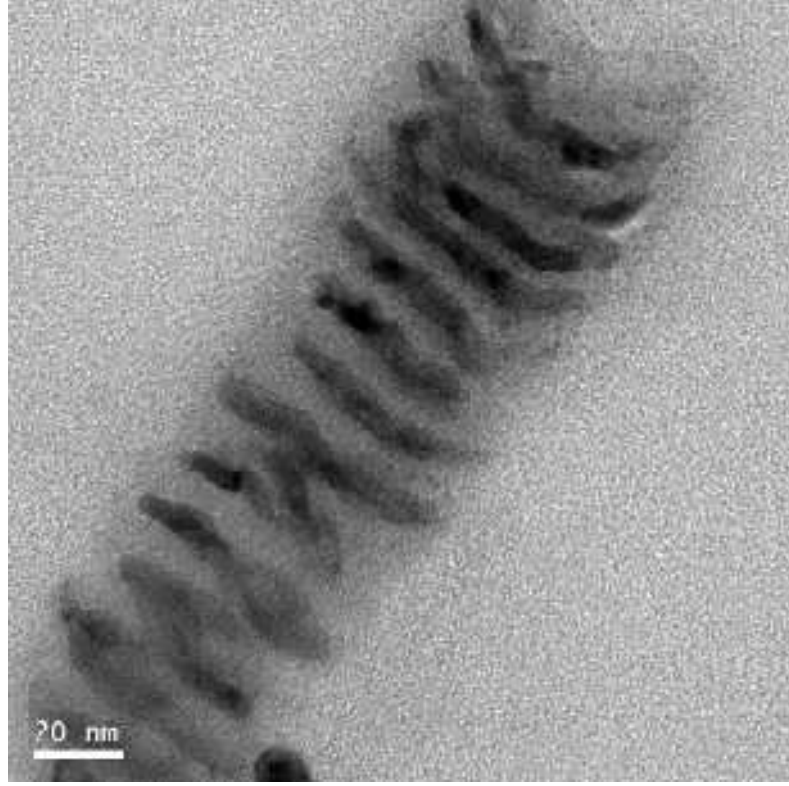
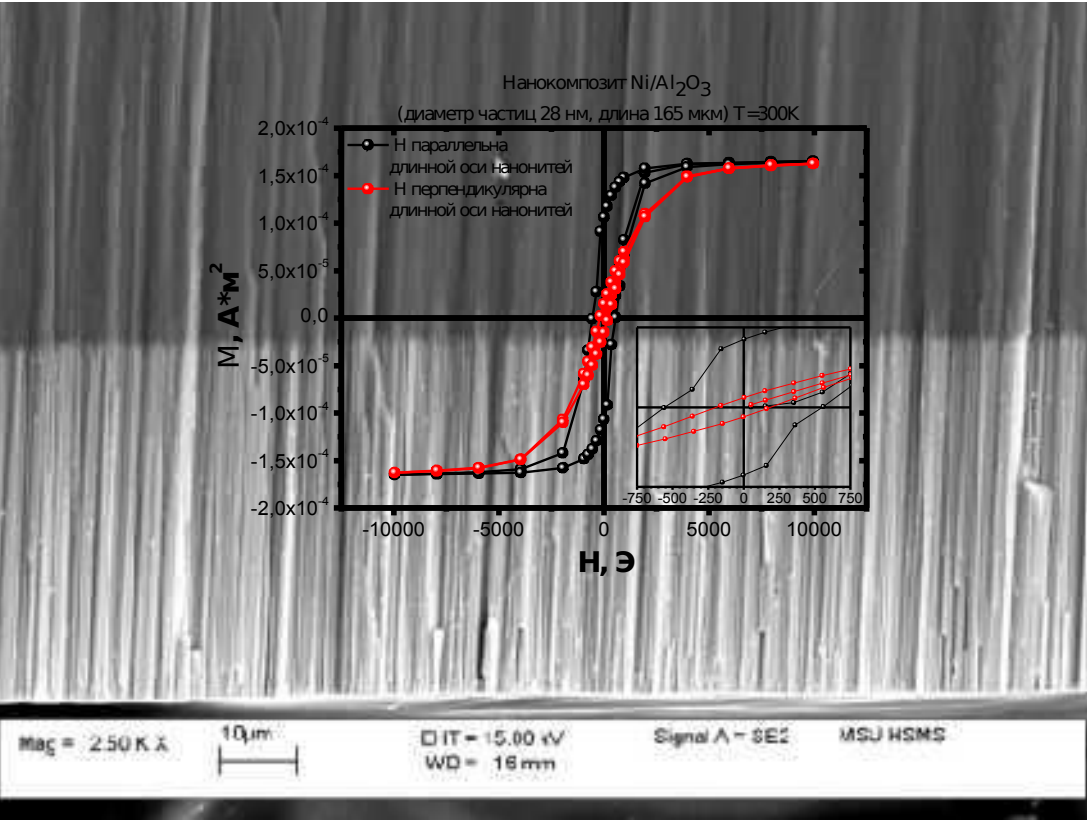


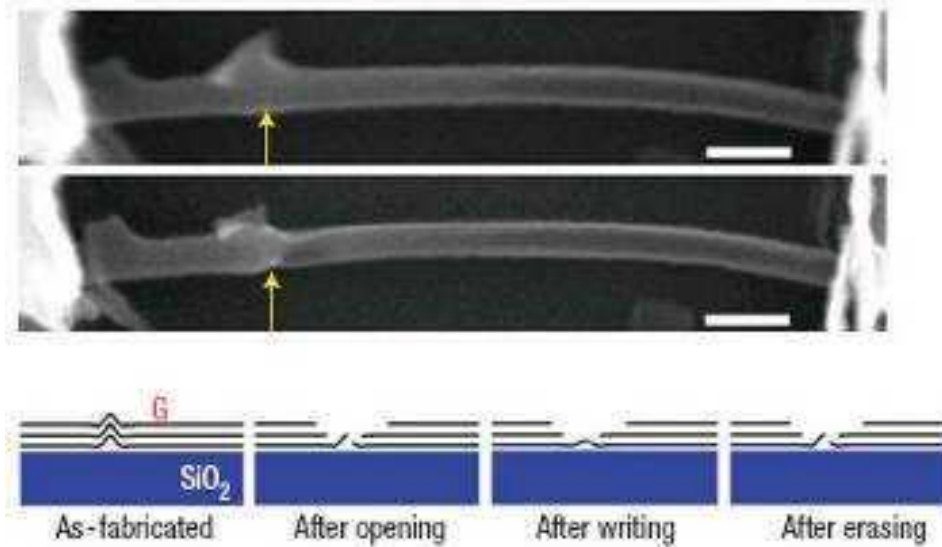
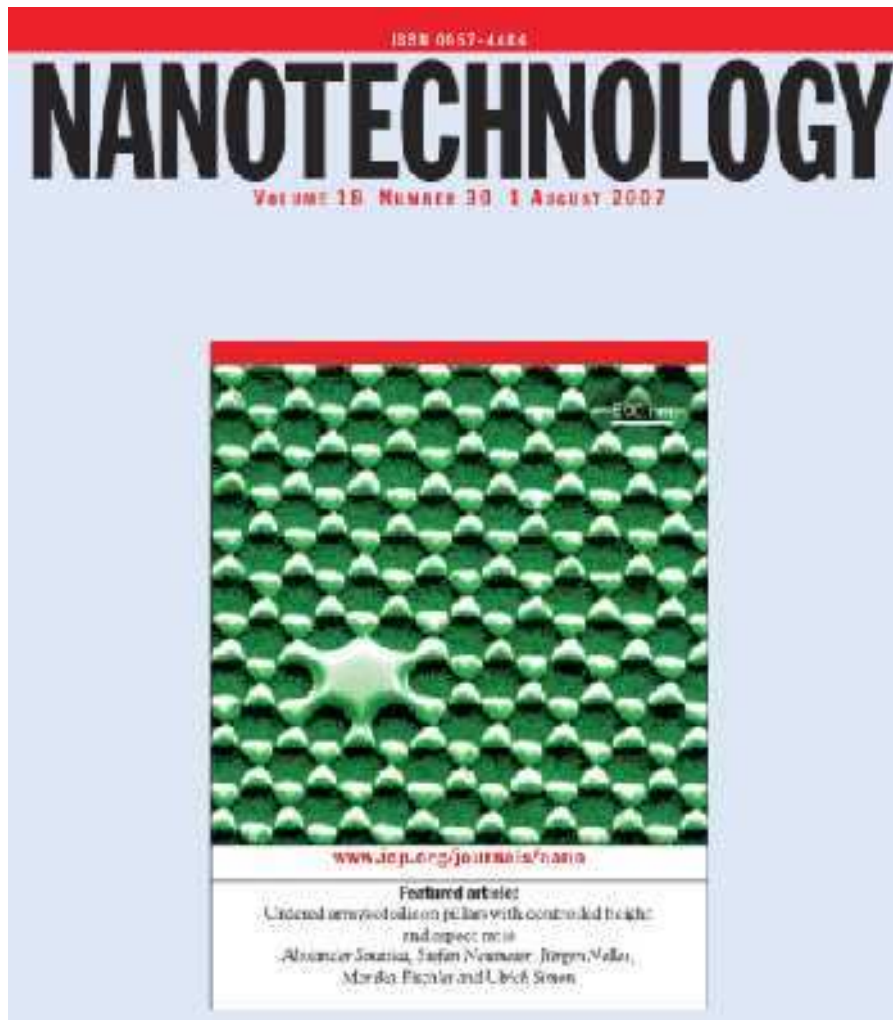


Керамические мембраны и наноконпозиты



Асп. ФНМ К.Напольский





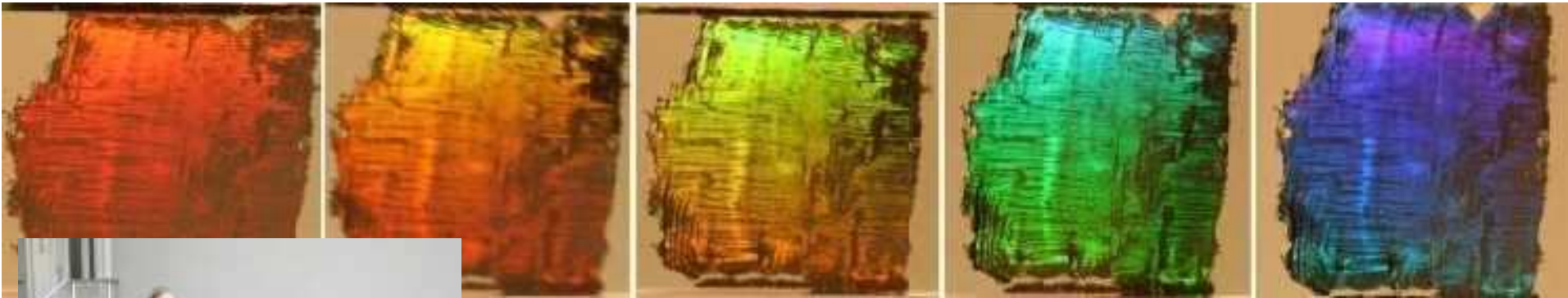
10 нм – графеновая память

Дж. Тур
 А. Синицкий
 Университет Райса
 (США)

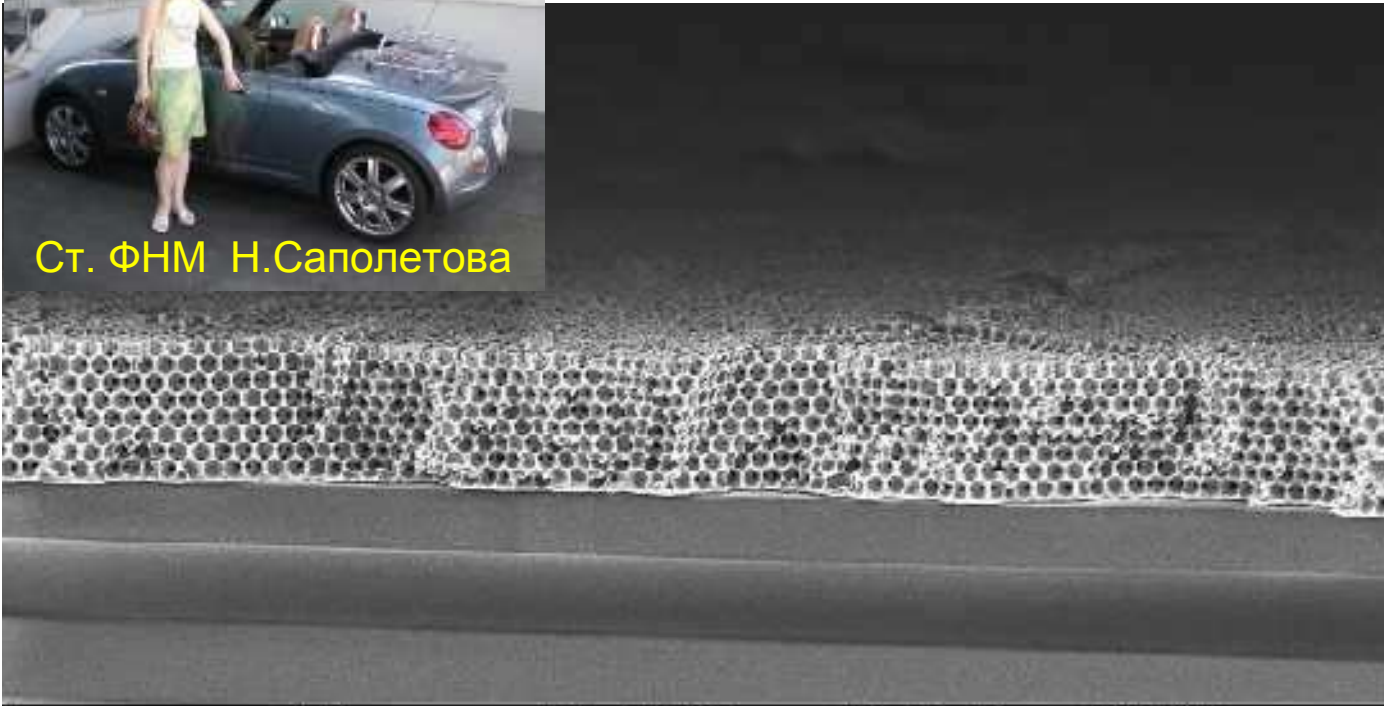
Nature Materials

Асп. А. Синицкий
 Микросферная литография

Фотонные кристаллы



Ст. ФНМ Н.Саполетова



Mag = 10.00 K X



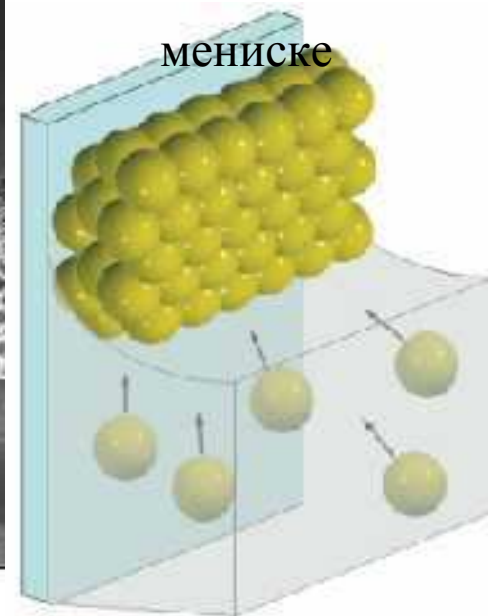
EHT = 5.00 kV
WVD = 6 mm

Signal A = In-Lens
Photo No. = 7568

MSU HSMS
Date :26 Jun 2008

Самосборка в

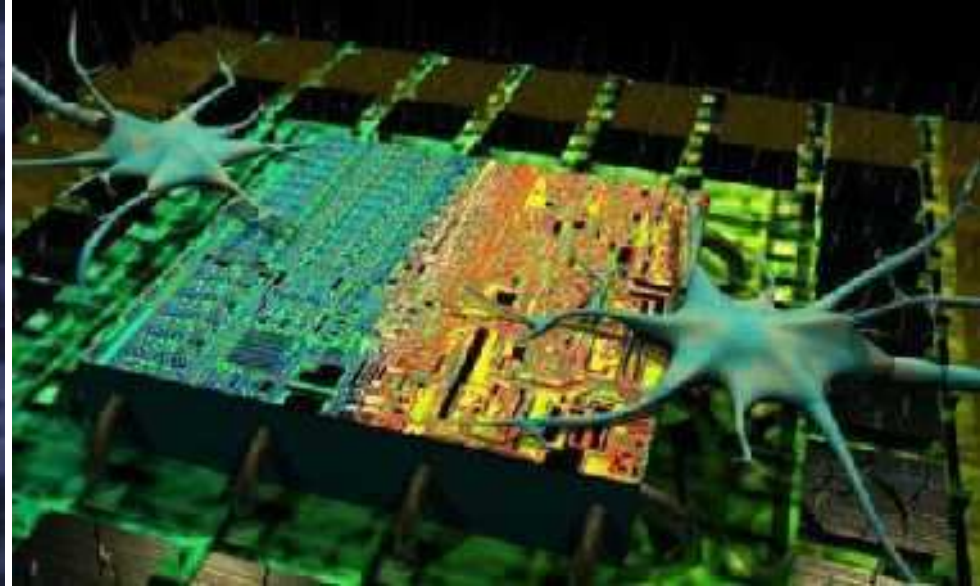
мениске



Наноматериалы для истребителя пятого поколения (ВИАМ)



«Серая слизь и военные нанотехнологии»



<http://www.transhumanism-russia.ru/>
www.nanonewsnet.ru

СТРОЯ БУДУЩЕЕ
www.nanometer.ru
(e-NANOS - 2008)

Для чего нужны НТ (Foresight Nanotech Institute)?

- создание новых экологически чистых источников энергии
- обеспечение потребностей в чистой воде и воздухе
- улучшение здоровья и увеличение продолжительности жизни
- максимальное увеличение продуктивности сельскохозяйственного производства
- доступность информационных технологий повсюду
- продвижение в освоении космического пространства
- ...

Форсайт – программа NIMS на 2020 г.

- создание новых поколений наноматериалов (совмещение подходов «сверху вниз» и «снизу вверх»)
- новейшая наноизмерительная аппаратура
- моделирование наносистем с помощью суперкомпьютеров (40 терафлопс, память 40 терабит) (медицина, экология, энергетика)
- «постнанотехнологические» инициативы, основанные главным образом на использовании квантовых эффектов

Отечественные научные школы

- академик **В.А. Каргин**, становление науки о полимерах как интегрированной области знания
- академик **П.А. Ребиндер**, становление и развитие многих областей коллоидной химии
- академик **Б.В. Дерягин**, учение о поверхностных силах и их влиянии на расклинивающее давление и свойства тонких жидких пленок
- академик **И.В. Тананаев**, впервые предложивший дополнить классические диаграммы «состав- структура-свойство» координатой дисперсности
- пионерские работы **В.Б. Алесковского** по развитию методов «химической сборки»
- создание и внедрение в атомную энергетику оригинальных технологий получения ультрадисперсных (нано-) порошков, выполненное группой советских ученых под руководством **И.Д. Морохова**
- Вице-президент РАН, Нобелевский лауреат **Ж.И. Алферов**, полупроводниковые гетероструктуры



«На сегодняшний день у нас нет ни одного нанопатента, хотя в мире их зарегистрировано уже около 10 000 и 2000 имеют правовую охрану на территории Российской Федерации»

*(руководитель «Роспатента»
Б.Симонов, 11.03.2008)*

Из статьи Алексея Малащенко (“Независимая газета” 19.02.2008 г.):

“...нанотехнология - темное это дело. С ней спешить не надо. А вдруг рублей не хватит и придется переквалифицировать ее в “продажную девку империализма”...”

Сложность НТ образования

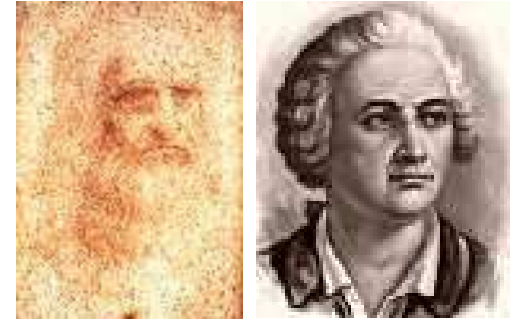
- Междисциплинарность
- Наукоемкость
- Фундаментальность
- Практическая подготовка (современное оборудование и методы синтеза, метрология...)

Крупные НОЦ, ЦКП

Проблема междисциплинарного образования

Социальные аспекты нанотехнологий

Междисциплинарность



Леонардо да Винчи (1452-1519)
и М.В. Ломоносов (1711-1765) –
универсальные гении своего
времени

Физика, химия, биология, математика...

Междисциплинарность – это характеристика области знаний или научной проблемы, где успех возможен только при совместных усилиях отдельных наук. Междисциплинарное знание основано на идеях *интеграции* отдельных областей и на их *синергизме*. Последнее означает, что использование множества идей и подходов, присущих различным наукам, не приводит к их неупорядоченной смеси, а напротив – рождает качественно новое знание.

**«Мы решили, в том числе на базе МГУ,
открыть магистратуру по
нанотехнологиям, куда будут
собираться талантливые
перспективные бакалавры со всех
вузов страны»**

(С. Иванов, 18.03.2008)

Первая / Вторая Интернет-Олимпиада по нанотехнологиям



Организатор

– Московский Университет

Участники

– 1060/2300 – регистрация

География

– 9 / 15 стран, 90/165 городов

Возраст

– 20.5/19.5 лет

Туры

– 1 (заочный тур) / 2+1

Спонсоры

– Нацпроект «Образование»/
Роснано, ОНЭКСИМ,
НТ МДТ, Токио Боеки...

www.nanometer.ru

www.msu.ru

www.fnm.msu.ru

III Олимпиада –
1 марта 2009 г.



Лица олимпиады



Манганиты с колоссальным магнетосопротивлением

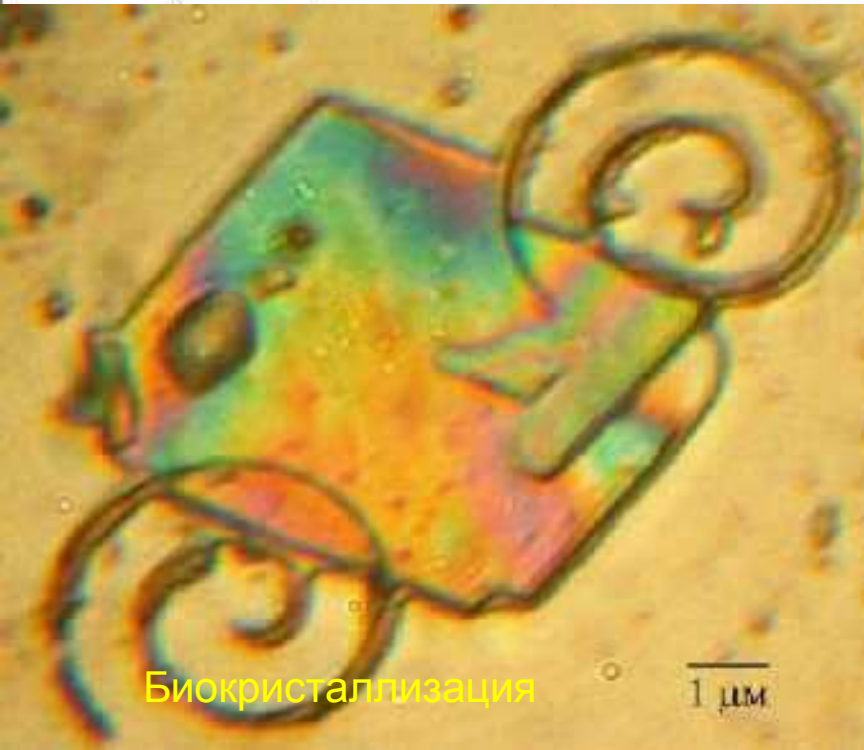


Mag = 50.00 K X 1um EHT = 5.00 kV Signal A = InLens MEU - SMI
WD = 2.7mm Photo No. = 7061 Date: 4 Mar 2005



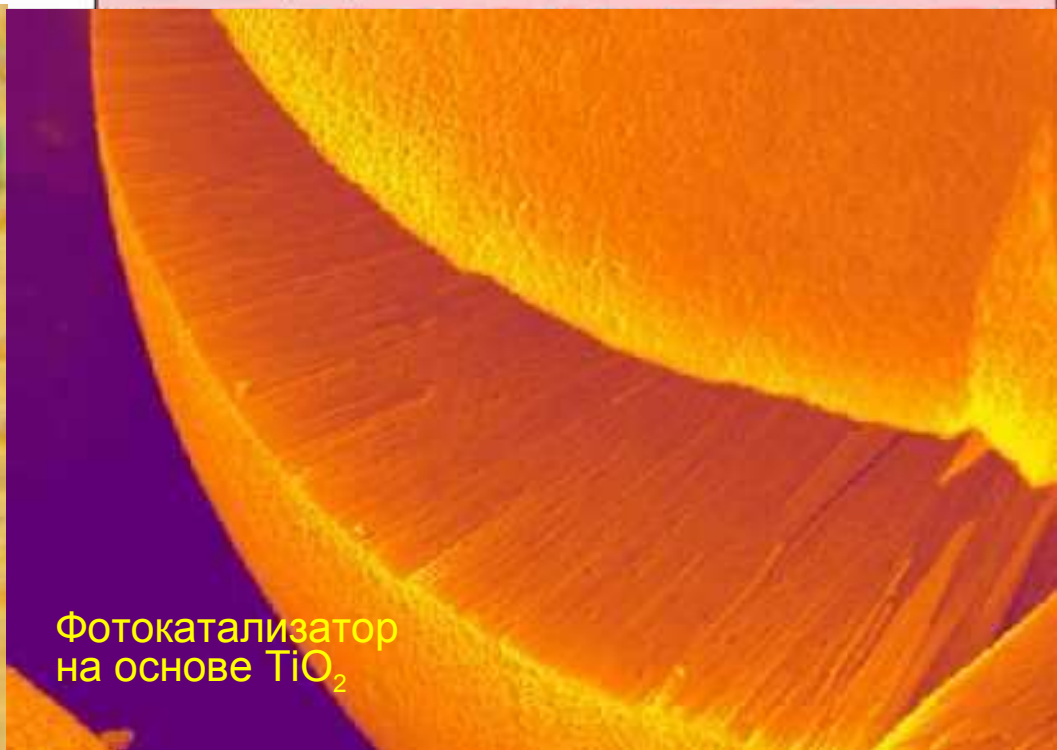
Одномерные ионные проводники

Mag = 20.00 K X 1um EHT = 10.00 kV Signal A = InLens MEU - SMI
WD = 1.7mm Photo No. = 8278 Date: 14 Jul 2006



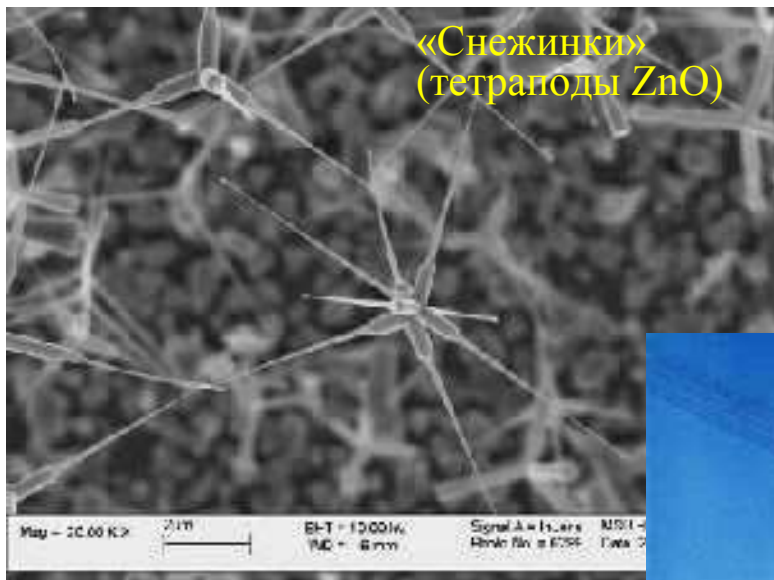
Биокристаллизация

1 μm

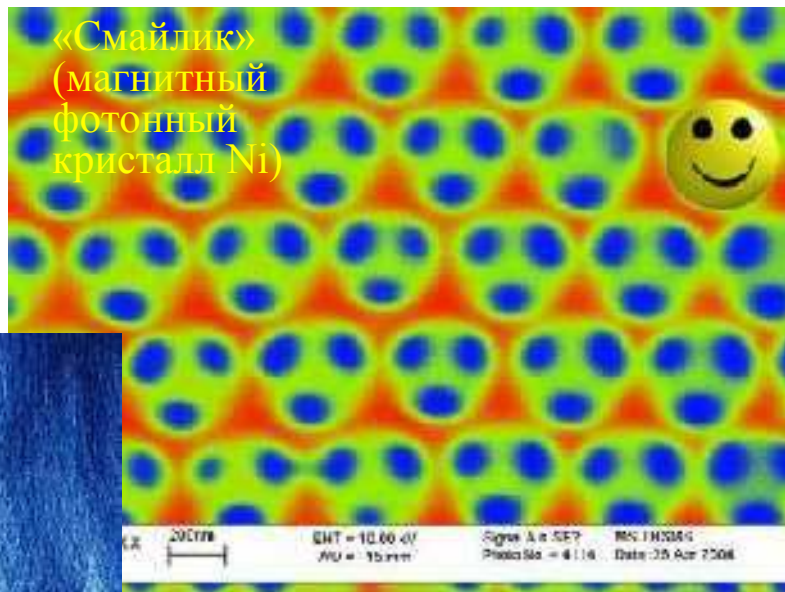


Фотокатализатор на основе TiO₂

«Снежинки»
(тетраподы ZnO)



«Смайлик»
(магнитный
фотонный
кристалл Ni)

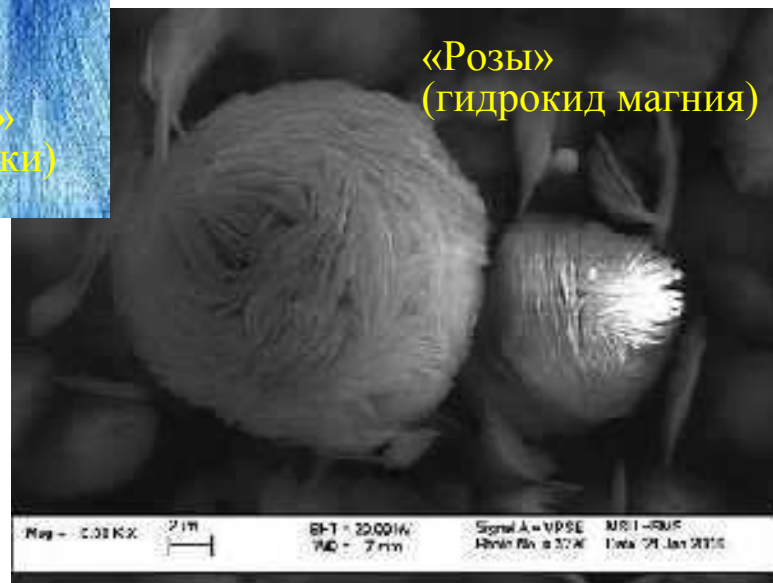


«Волосы нанорусалки»
(углеродные нанотрубки)

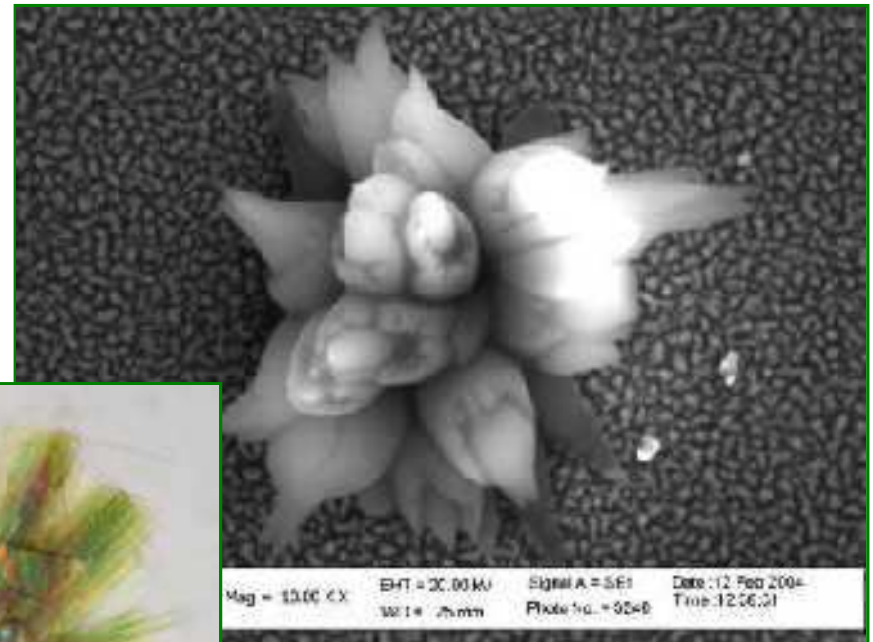
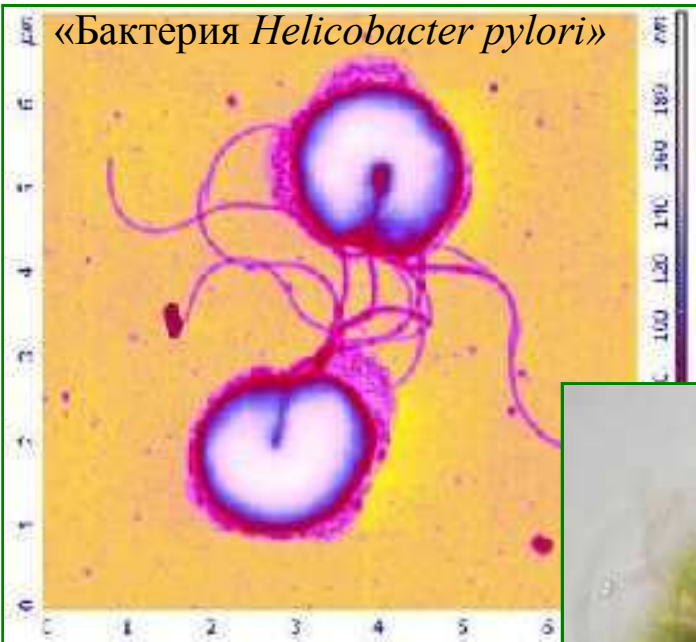
«Искусственный разум»
(гидроксид алюминия)



«Розы»
(гидроксид магния)



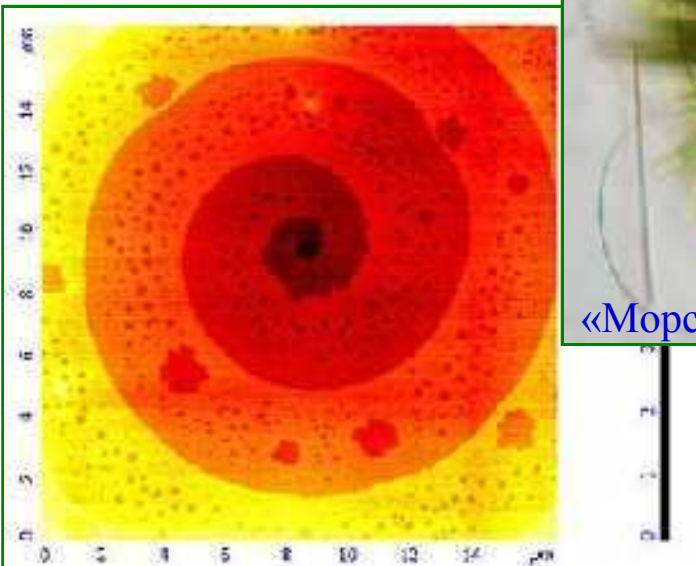
«Бактерия *Helicobacter pylori*»



«Яблоки на Луне»



«Останки древнего наноаутилуса»



«Нанотехнологии станут самым серьезным испытанием эффективности нашей псевдолиберальной системы»

(Е.М. Примаков, март 2008)

Нанонаука и нанотехнологии – область научной деятельности молодых. Период полуобновления NIMS (Национальный институт материаловедения Японии) = 15 лет.

ЧТО ЧИТАТЬ ПРО НАНОТЕХНОЛОГИИ

- Нанотехнологии. Азбука для всех. Под ред. Ю.Д.Третьякова. 2-е издание (2008).
- У.Хартман «Очарование нанотехнологий», М. Бином (2008)
- R.Booker, E.Boysen «Nanotechnology for dummies» (2005)
- Ю.И.Головин «Введение в нанотехнику», Машиностроение (2007)
- Ч.Пул, Ф.Оуэнс, «Нанотехнологии», Техносфера (2008)
- Ю. Альтман «Военные нанотехнологии» (2006)



«Аллегория»



Журналы по нанотематике

- «Наноиндустрия»
- «Нано- и микросистемная техника»
- «Нанотехника»
- «Российские нанотехнологии»
- «Бюллетень Нанометр»



- «Nature «Nanotechnology»»
- «Nano letters»
- «Nanotoday»
- «Small»
- «Nanotechnology»
- «Nano»
- «Journal of Nanoparticle Research»
- «NanoEthics»
- «NanoNow»
- «Journal of Experimental Nanoscience»
- «Physical Review B»
- «Journal of Applied Physics»
- «Applied Physics Letters»
- «Langmur»
- «Advanced materials»
- «Chemistry of Materials»
- «Journal of Materials Chemistry»
- «Journal of Materials Science»
- «Materials Letters»



№25 сентябрь 2008

НАНОМЕТР

www.fnm.msu.ru
www.nanometer.ru

Информационный бюллетень ФНМ

Новобранцы факультета наук о материалах



Дорога к истине заказана
Непонимающим того,
Что суть не просто
 глубже разума,
Но вне возможностей его...

(И.Губерман)

www.fnm.msu.ru

www.nanometer.ru

Тел. 939-45-51