

Функциональные материалы



Ультрадисперсные материалы
Ю.Д.Третьяков, Е.А.Гудилин

ФНМ МГУ

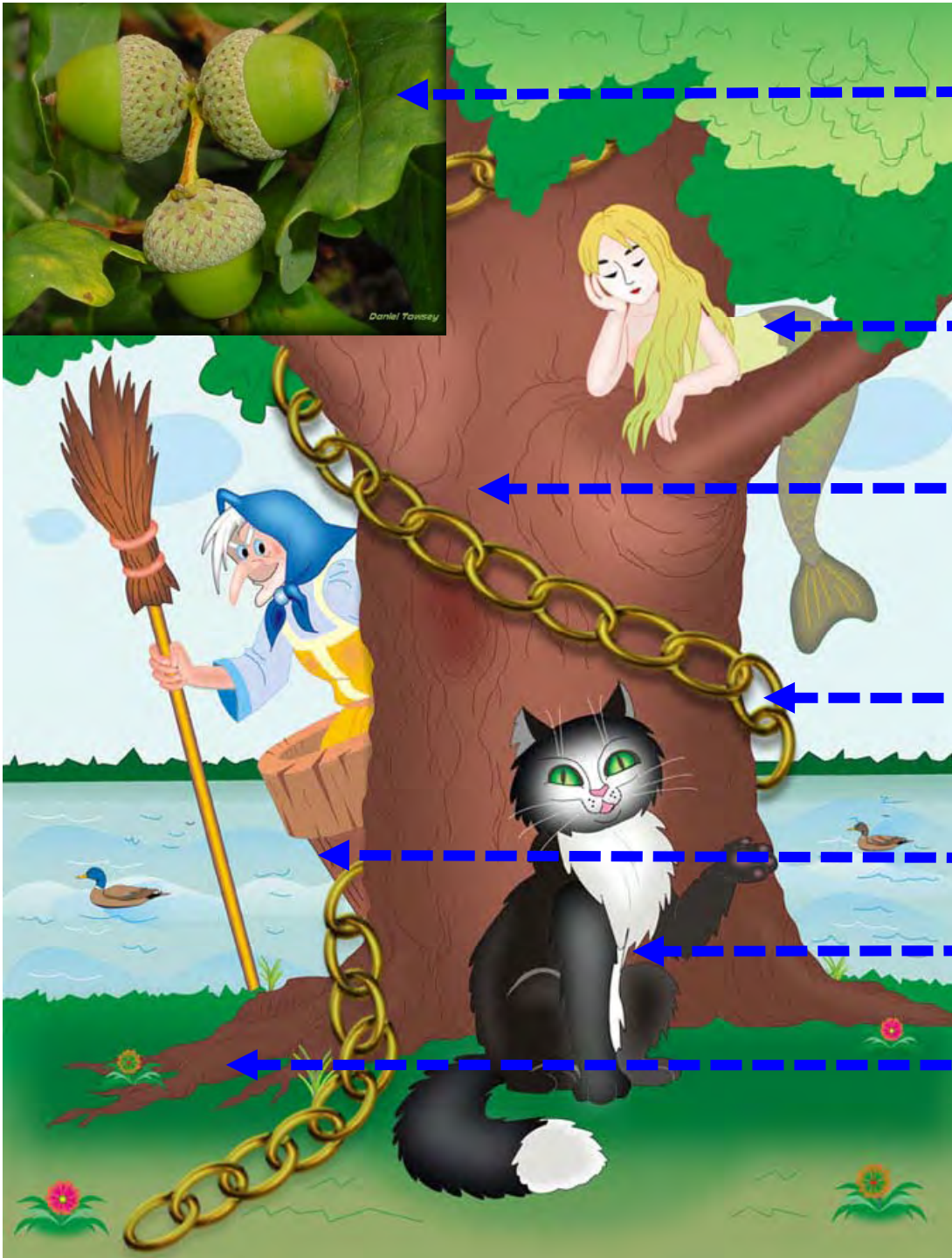
УД-материалы

Москва, 2011 г.

“Нано” – 10^{-9} (от греч. гном)

“Нано” - критерий

- Размер частиц меньше $R_{критич}$ (по разным источникам $R_{критич} = 10 \div 1000$ нм)
- Свойства *наночастиц*, отличны от свойств объемной фазы. Размер должен быть соизмерим (или меньше) с корреляционным радиусом того или иного физического явления (например, с длиной свободного пробега электронов, фононов, длиной когерентности в сверхпроводнике, размерами магнитного домена или зародыша твердой фазы и др.)
- По рекомендации IUPAC $R_{критич} = 100$ нм.



Наноиндустрия
Плоды

СОЦИУМ

Нанотехнологии
Стержень

Наноматериалы
Материализация мечты

практика

идеи

Нанонаука

Фундаментальные основы

- Размер
- Соотношение поверхность / объем
- Избыточная поверхностная энергия
- Отсутствие дефектов
- Квантовые эффекты
- Туннелирование между частицами
- Эффекты «близости»

Миниатюризация
Высокая
плотность
магнитной
записи
MEMS, ...

Катализ
Эффективность

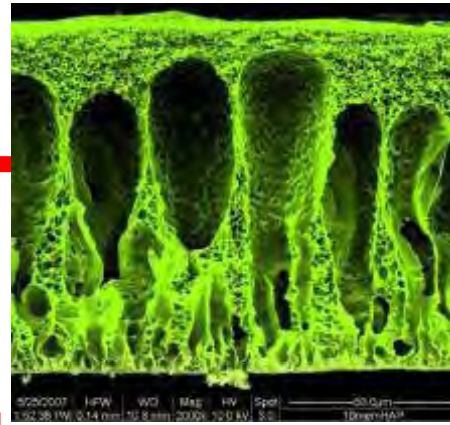
Новые эффекты/свойства
Суперпарамагнетизм
Квантовые точки

Реакционная способность
Необходимость изоляции
Модификация пов-ти

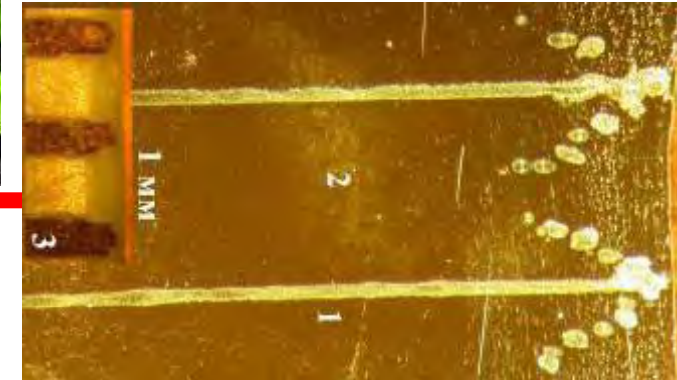


«Наночуровень» структуры (1 - 100 нм) существует всегда, и если он предопределяет свойства материала, то говорят о наноматериале.

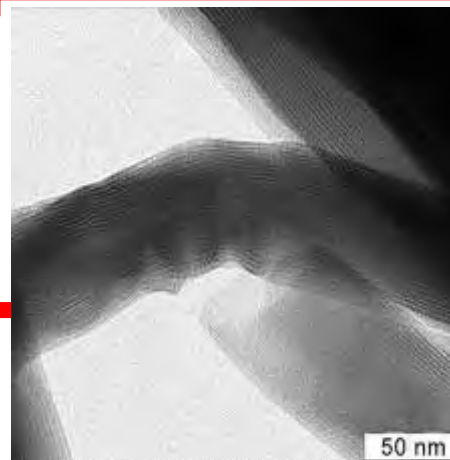
- **Объемные (3D) наноструктурированные материалы:** металлы и сплавы с ультрамикроструктурой, нанокерамика



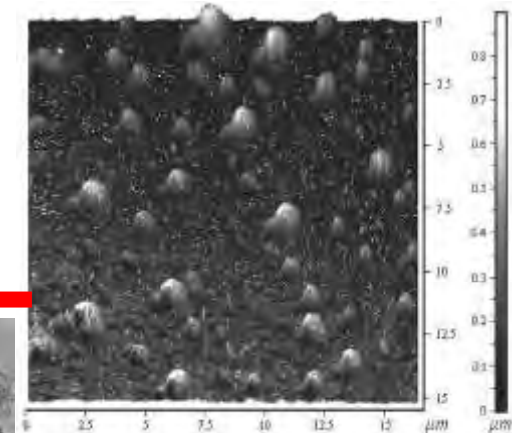
- **Наноструктурированные планарные материалы 2D:** пленки и покрытия, нанопечатная литография, самособирающиеся монослои



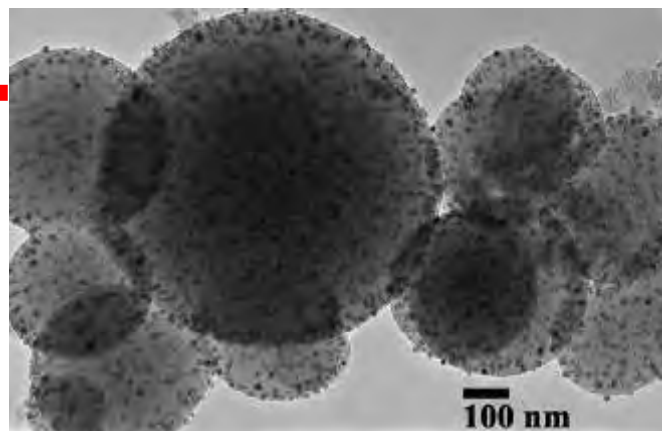
- **Наноструктурированные (1D) материалы:** нанотрубки, нановолокна, наноагрегаты и нанопроволоки



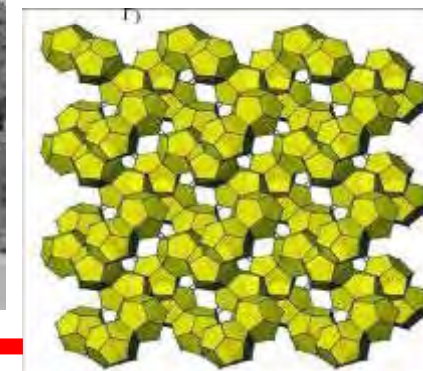
- **Нанодисперсные (0D) материалы:** нанопорошки, нанокристаллы, квантовые точки



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



- **Супрамолекулярные материалы**



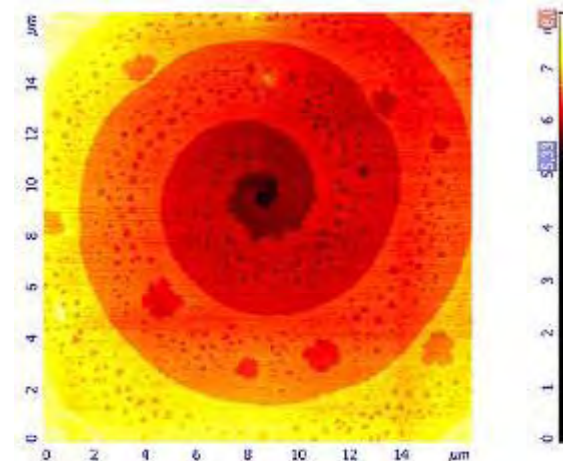
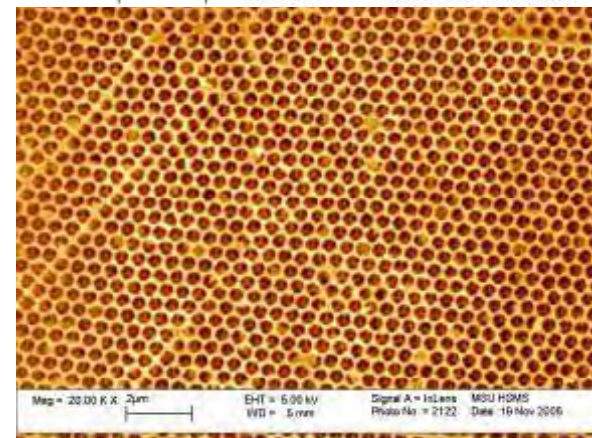
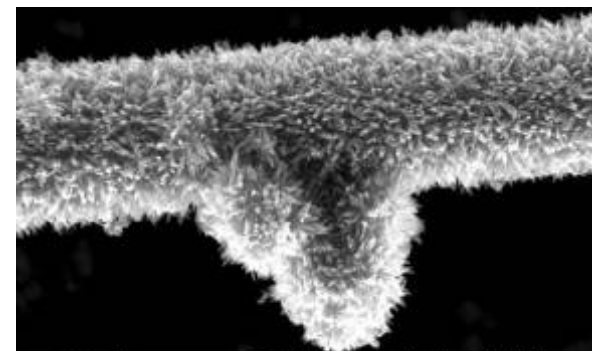
Фундаментальные направления исследований

- **Фундаментальные особенности наносостояния, включая влияние размерного фактора, анизотропии и размерности, морфологические и структурные особенности**

- **Новые подходы к созданию наноматериалов, включая процессы самосборки и самоорганизации**

- **Исследование взаимодействий в ансамблях наночастиц**

- **Моделирование наноматериалов и процессов их формирования**



Основные методы синтеза наноматериалов

Рост / Диспергирование или матричная изоляция?

Включение наноструктур в матрицу или

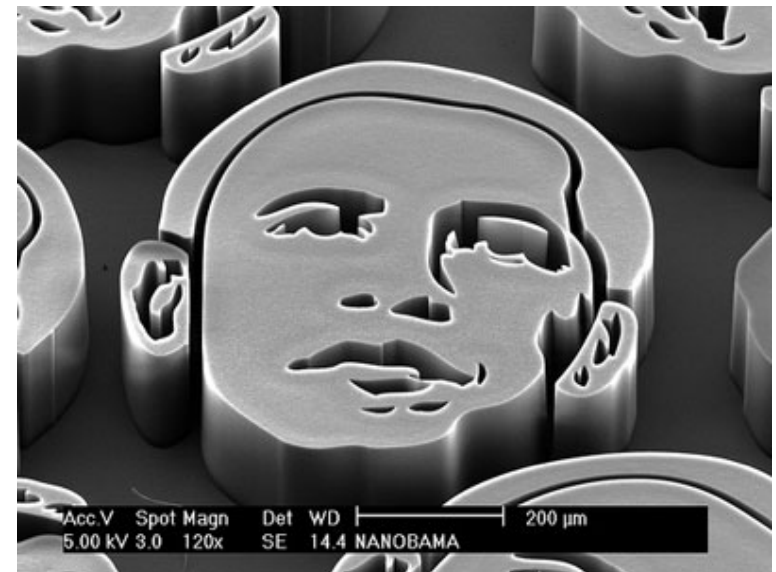
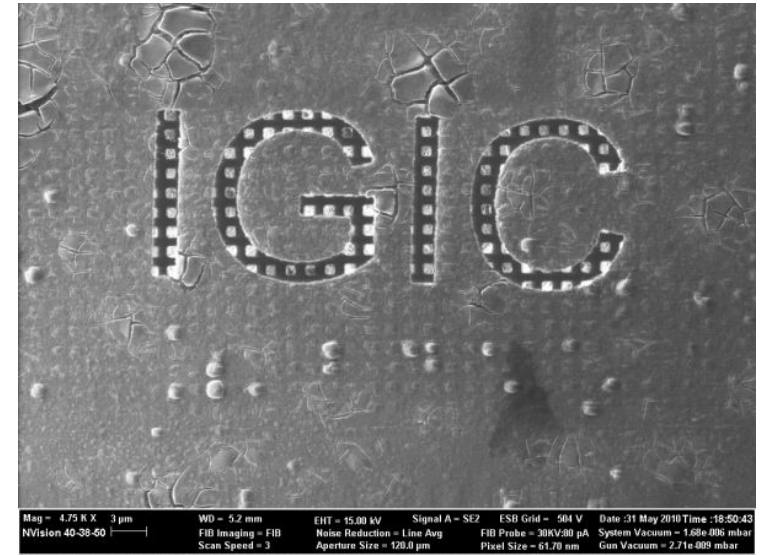
прямой синтез наноструктур в матрице?

- Получение кластеров, кластерные серии («сборка»)
- Пиролиз / сажа (фуллерены), механо-, электро-, криодиспергирование и пр. («разборка»)
- Методы химической гомогенизации (молекулярное смешение)
- Микрореплики, литография, самосборка
- Полимеризация / каркас
- Золь-гель (трехмерные структуры)
- Нанореакторы (нанотрубки, мезопористые матрицы (1D), слоистые двойные гидроксиды, глины (2D), цеолиты (3D)), темплаты

Стремление к новым технологиям



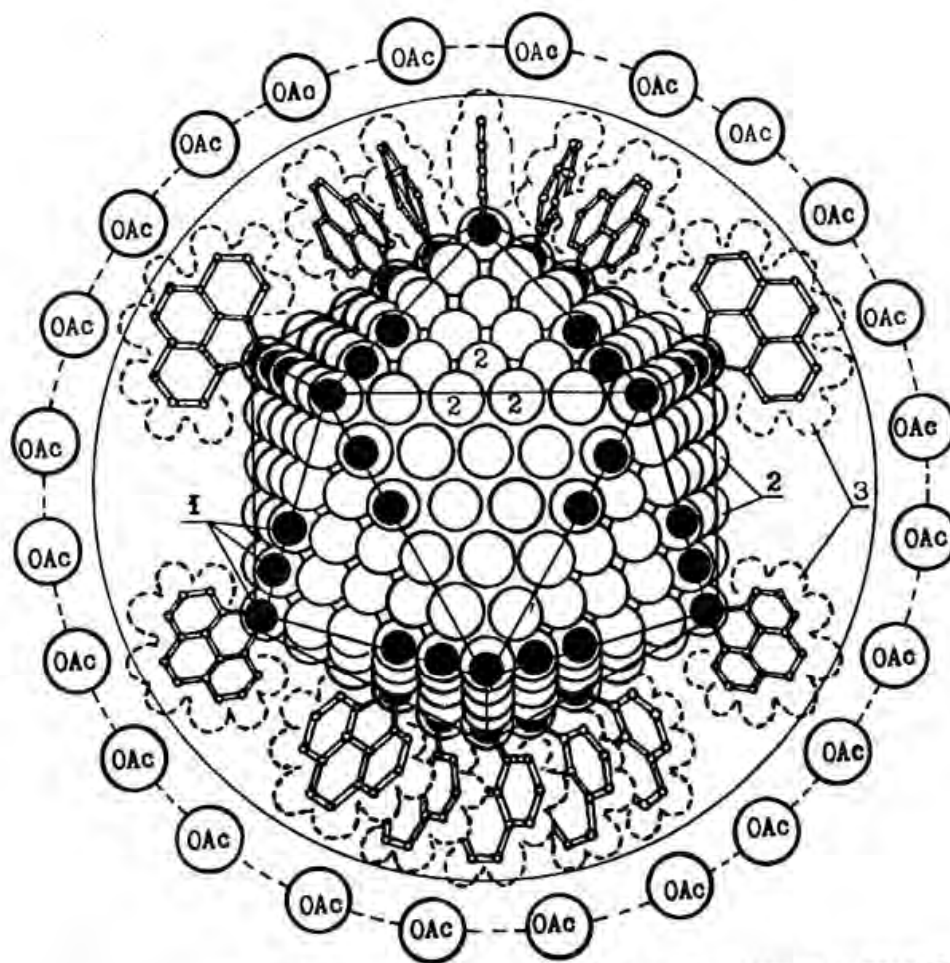
www.nanometer.ru



На пути к новой фазе

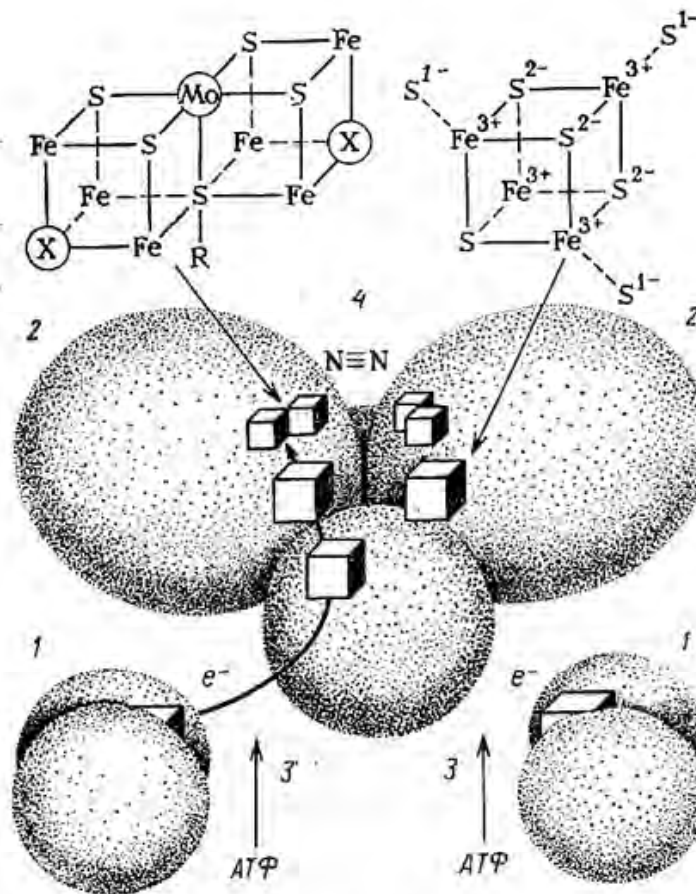
	I	II	III	IV	V	VI		
Типы металлических частиц								
Количество атомов, q	1	2	3-12	13-150	151-21100	$2,2 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^5$	$> 10^6$	
Средний диаметр, d, Å	2,4-3,4	4,5-6,0	5,5-8,0	8-20	20-100	100-300	> 300	
% поверхностных атомов	100	100	100	92-63	63-15	15-2	< 2	
Количество внутренних слоев в частице	0	0	0	1-3	4-18	> 18	МНОГО	
Соединения, полученные при взаимодействии с лигандами	ML_n	L_nM-ML_n	M_qL_n $q/n < 1$ малые	M_qL_n $q/n \approx 1$ средние	M_qL_n $q > n$ большие гигантские	$M_qL(ad)_n$ $q \gg n$		
	Маноядерные соединения металлов	Биядерные соединения со связями металл-металл	Кластерные соединения металлов			Коллоидные металлы, черни	Ультрадисперсные металлические частицы	

Гигантские кластеры



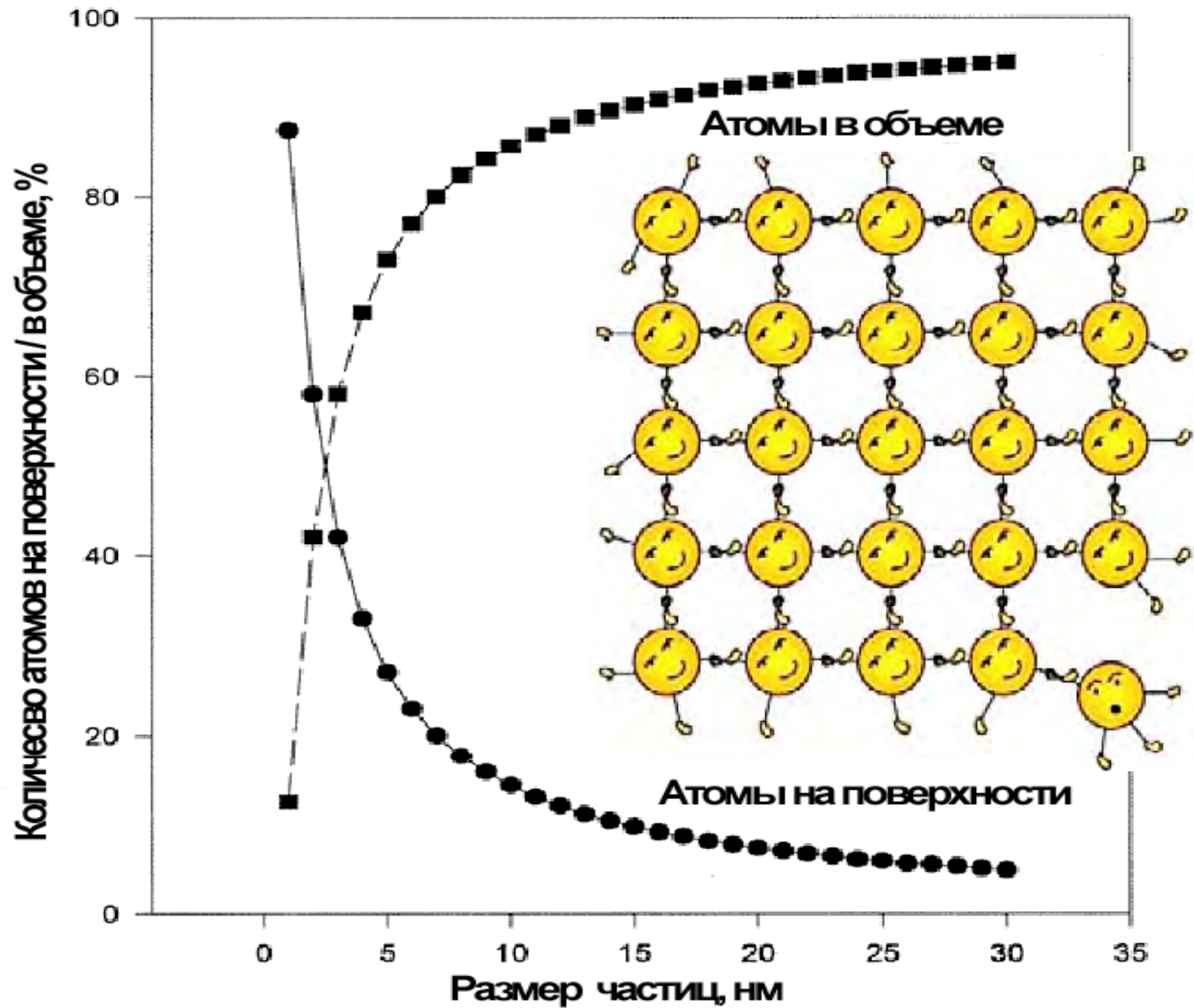
Предполагаемое строение гигантского кластера палладия
 $\text{Pd}_{561}\text{L}_{60}(\text{O}_2)_{150}(\text{OAc})_{150}$

Ферменты

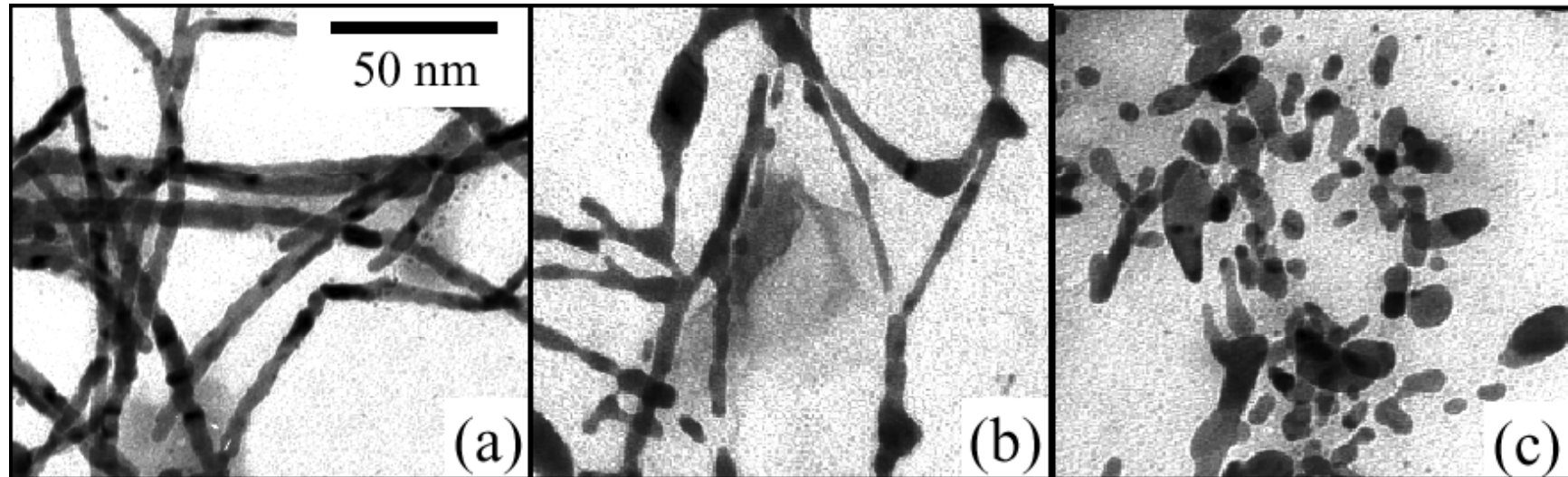


Модель фермента нитрогеназы:
1 — Fe-белок; 2 — MoFe-белок; 3 — АТФазный центр; 4 — субстрат-связывающий центр. Вверху — предполагаемая структура Fe₄S₄-кластеров и MoFe-кофактора.

Вклад поверхности



Изменение термической стабильности



150 ° C

200 ° C

300 ° C

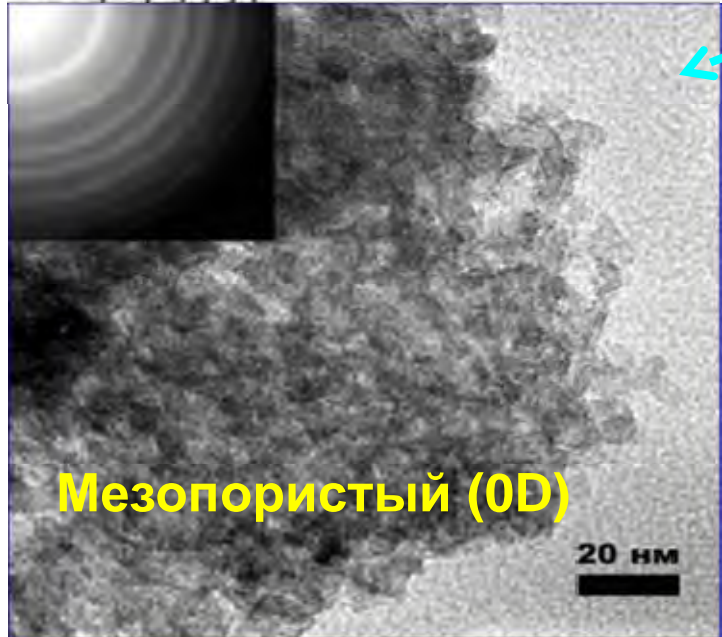
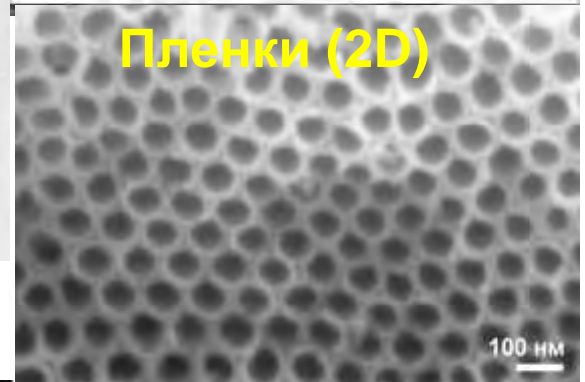
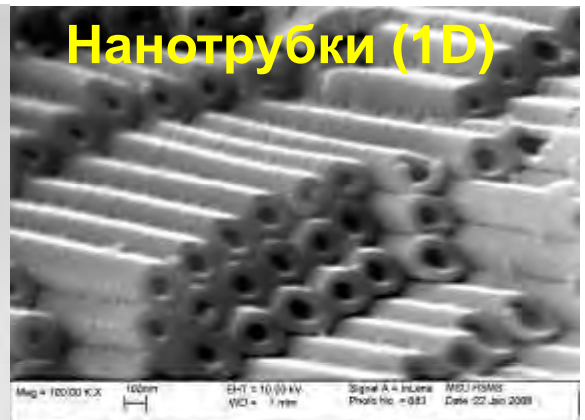
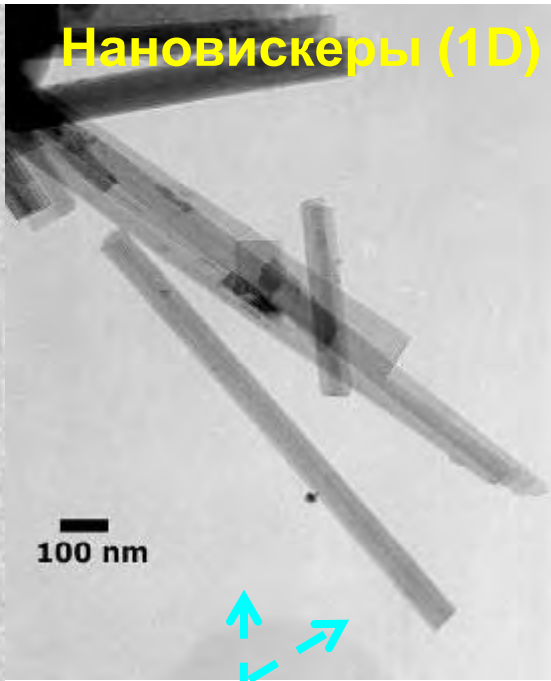
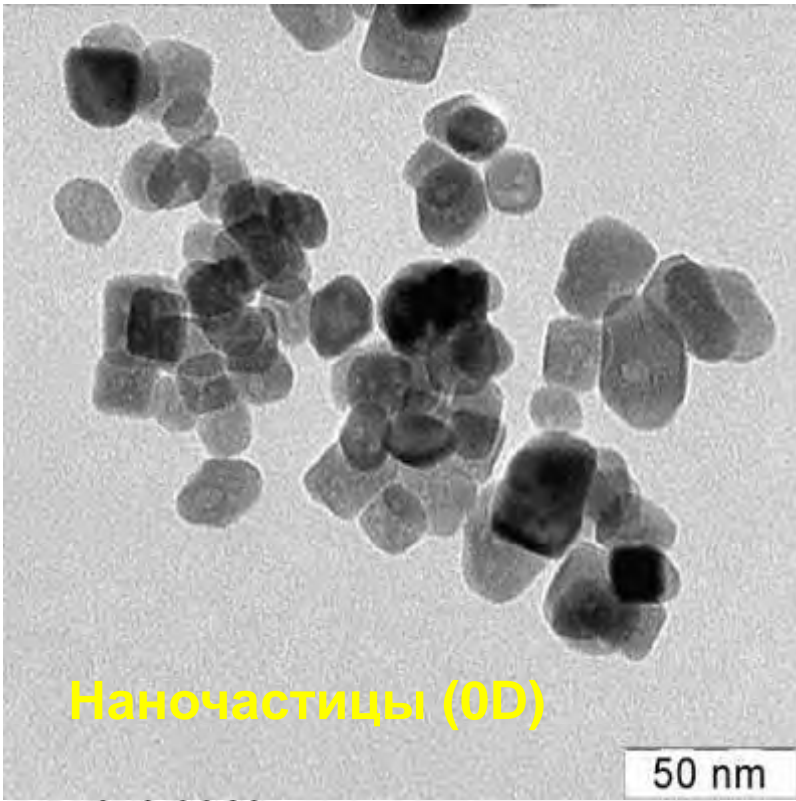
C. Jinwoo et al., *Mat. Res. Soc. Symp.*, 2001, 635, C. 3.3.1-3.3.6.

ФНМ МГУ

УД-материалы

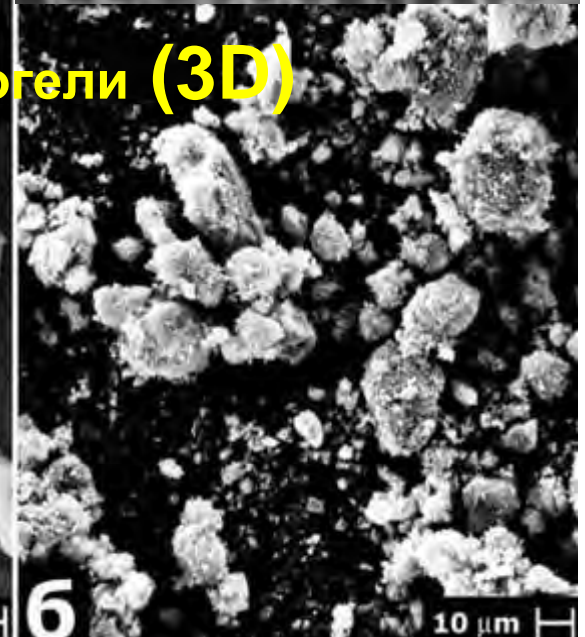
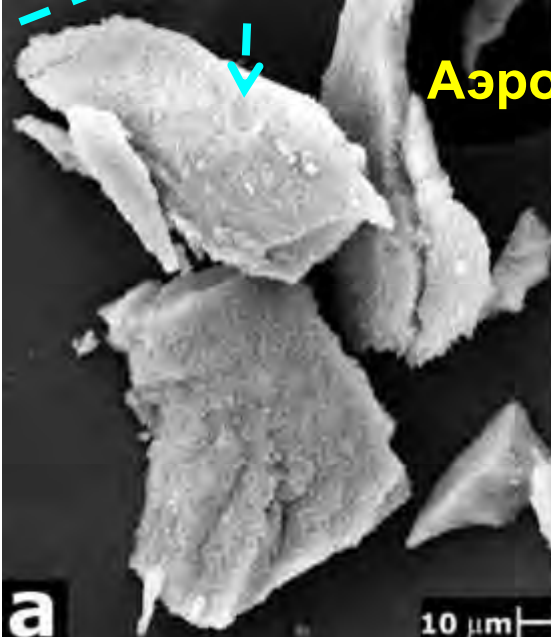
Москва, 2011 г.





TiO_2

Four dashed blue arrows point from the central TiO_2 text towards the four surrounding micrographs.

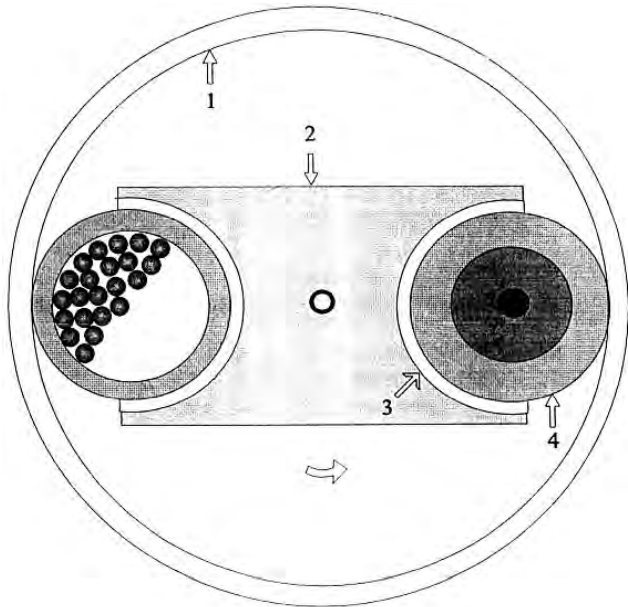


«Сверху» или «снизу»?..

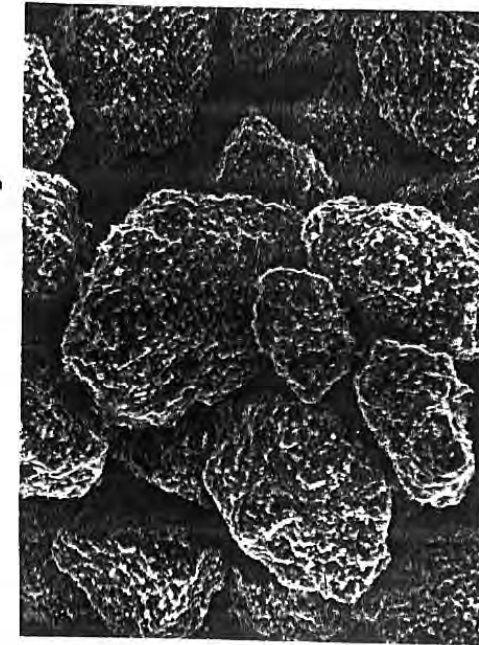
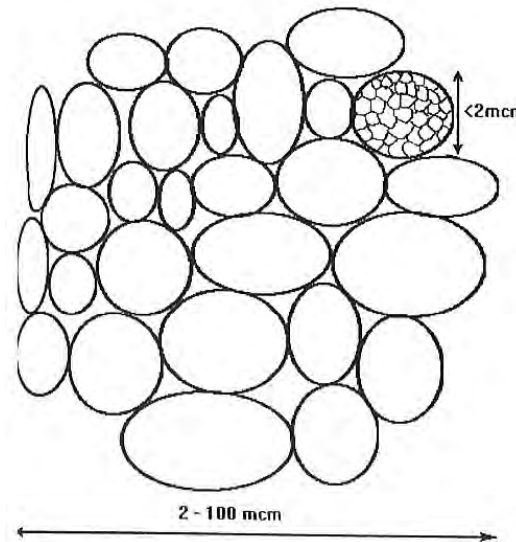
Процесс формирования наноструктур по принципу **«сверху-вниз»** предусматривает обработку макромасштабного объекта или структуры и постепенное уменьшение их размеров, вплоть до получения изделий с нанометровыми параметрами...

Технология **«снизу-вверх»** заключается в том, что при создании наноструктур набирают и выстраивают отдельные атомы и молекулы в упорядоченную структуру...

Механодиспергирование



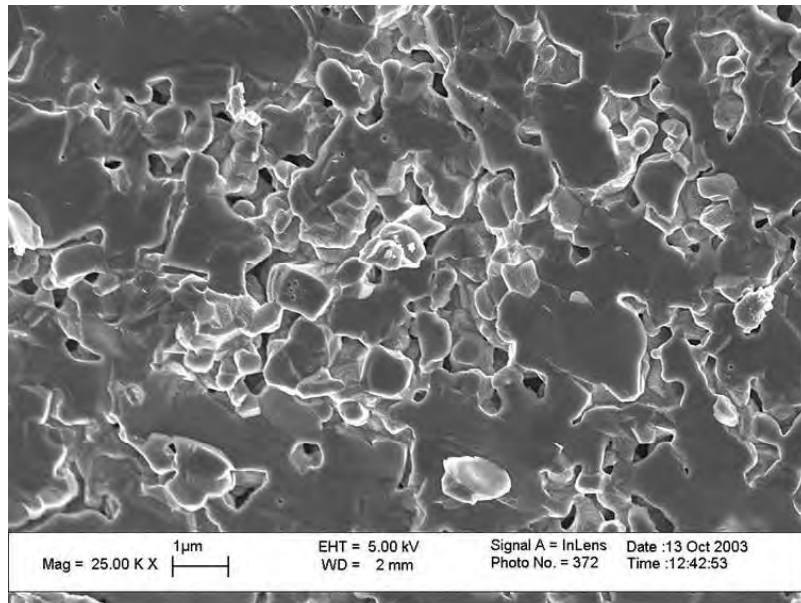
Мельница планетарного типа



Агрегаты субмикронных частиц

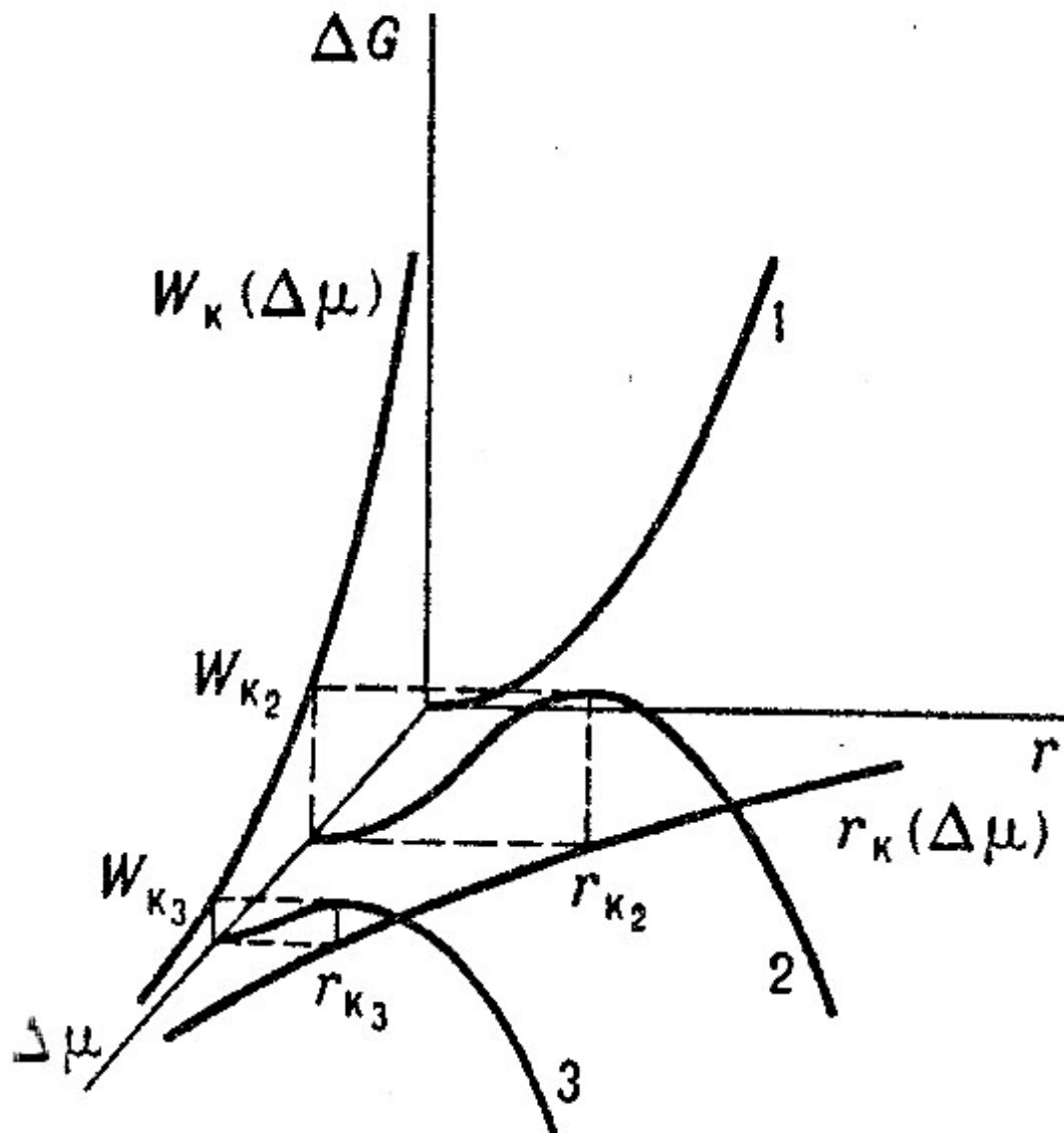
спекание

формование



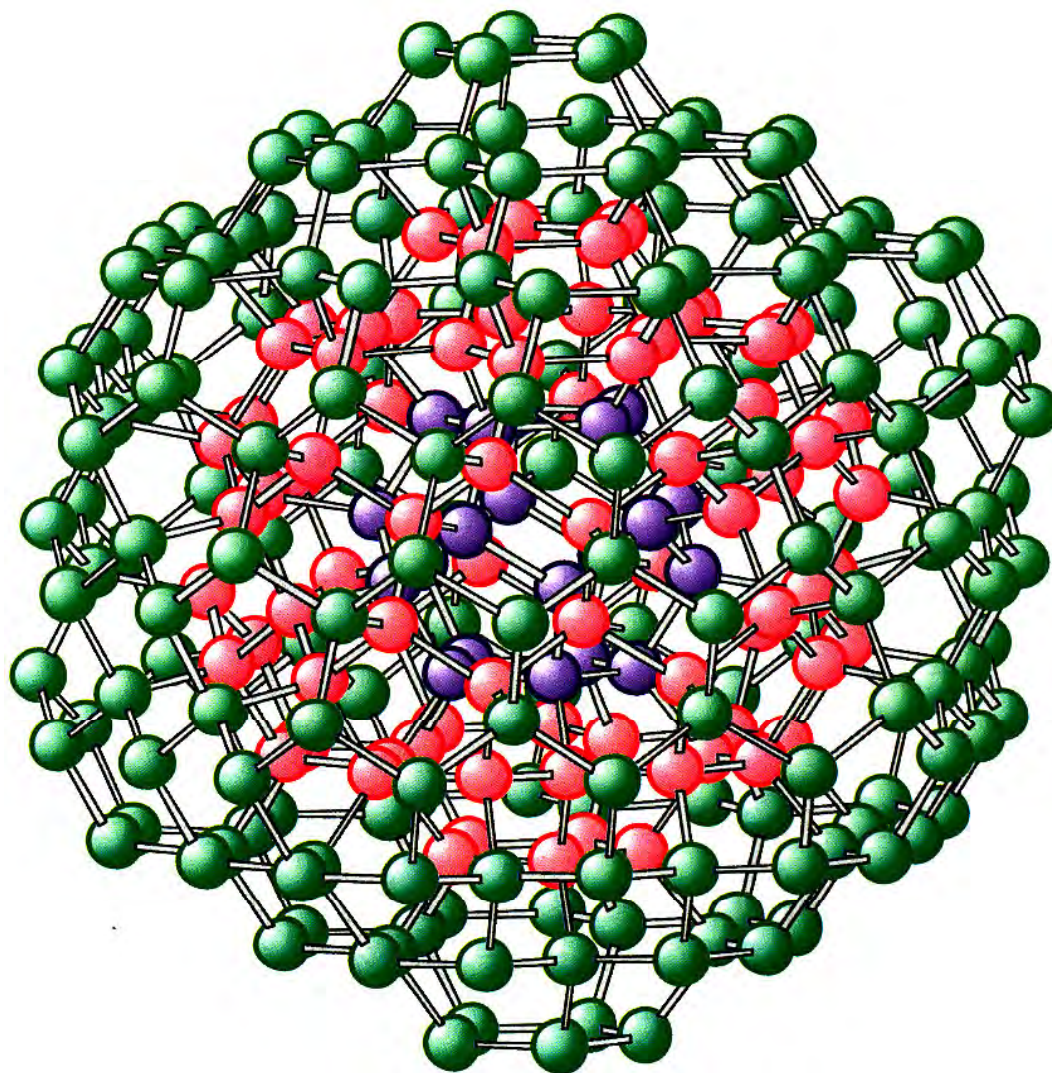
«зерна»+перешейки+поры

Зародышеобразование



Для возникновения критического зародыша необходимо затратить работу W_k равную трети его поверхностной энергии, что можно отождествить с высотой энергетического барьера при зародышеобразовании – его преодоление осуществляется флуктуационным путем. Чем больше глубина внедрения в метастабильную область ($\Delta\mu$), тем ниже высота энергетического барьера.

Наноалмаз

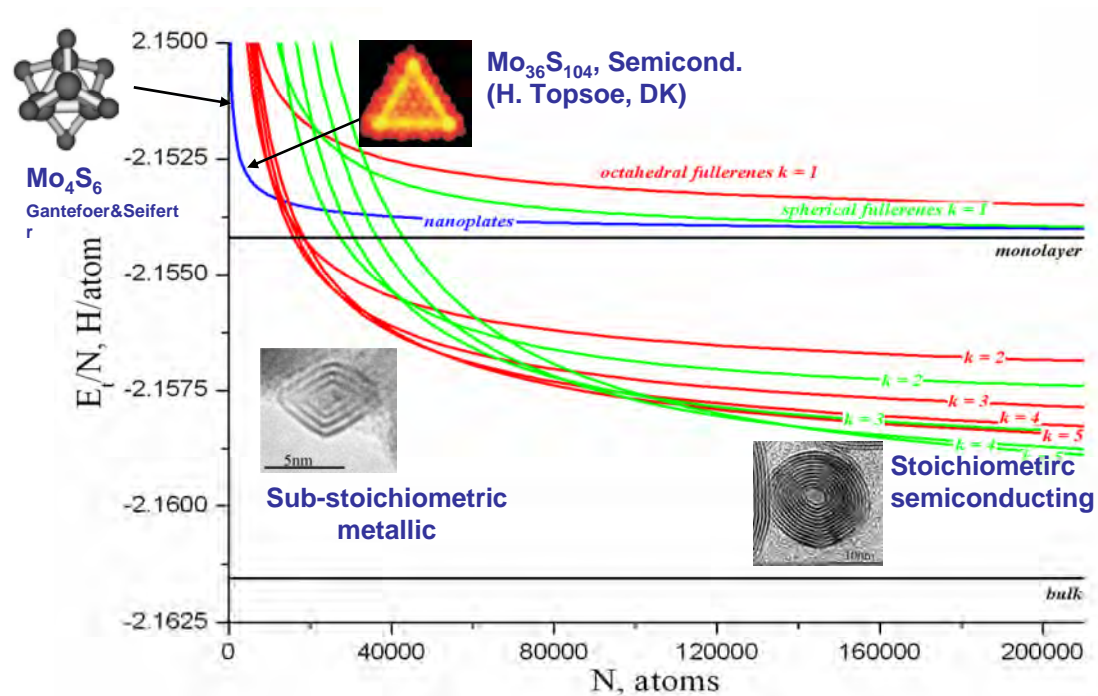
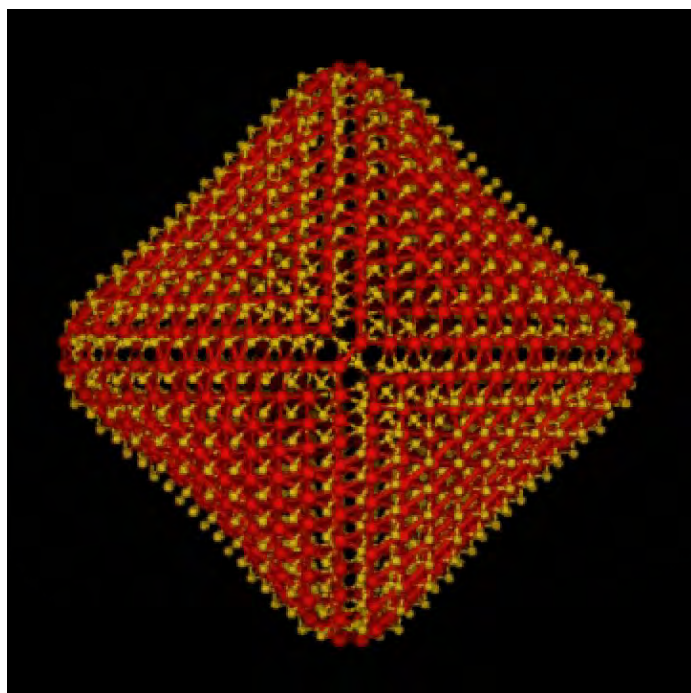


ФНМ МГУ

УД-материалы

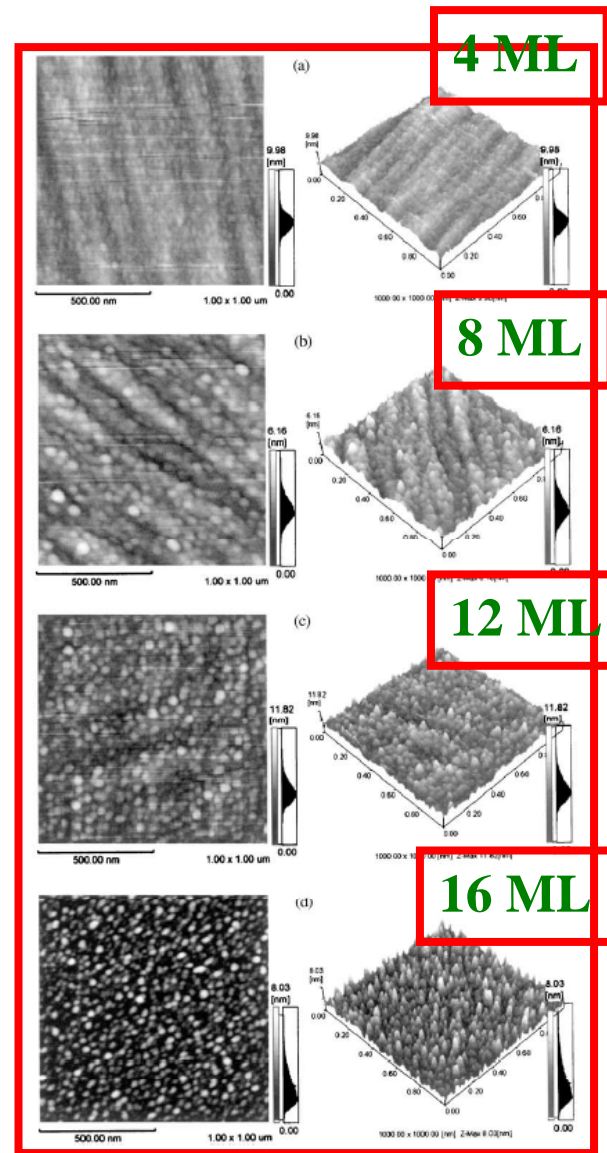
Москва, 2011 г.

MoS₂



A.N. Enyashin, S. Gemming, M. Bar-Sadan, R. Popovitz-Biro, Y. Prior, R. Tenne, G. Seifert,
Angew. Chem. Intl. Ed., 46, 623 (2007) & *J. Phys. Chem. B*, 110, 25399 (2006)

«Самоорганизация» КТ

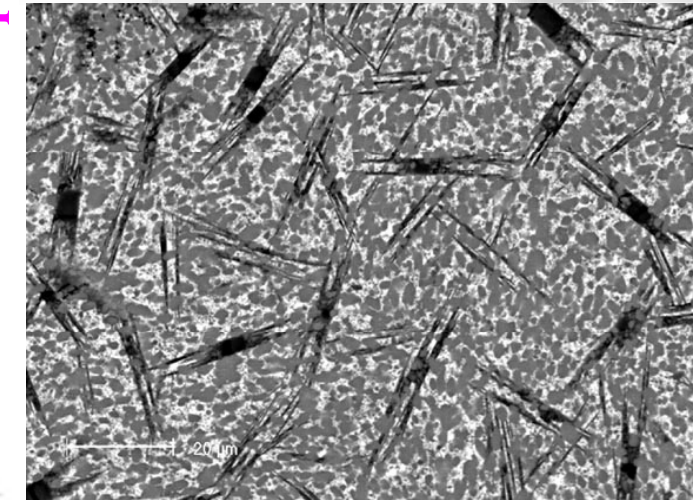
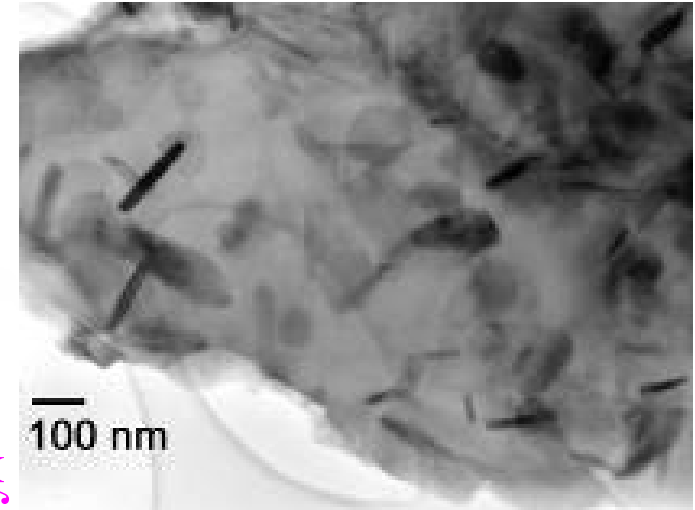
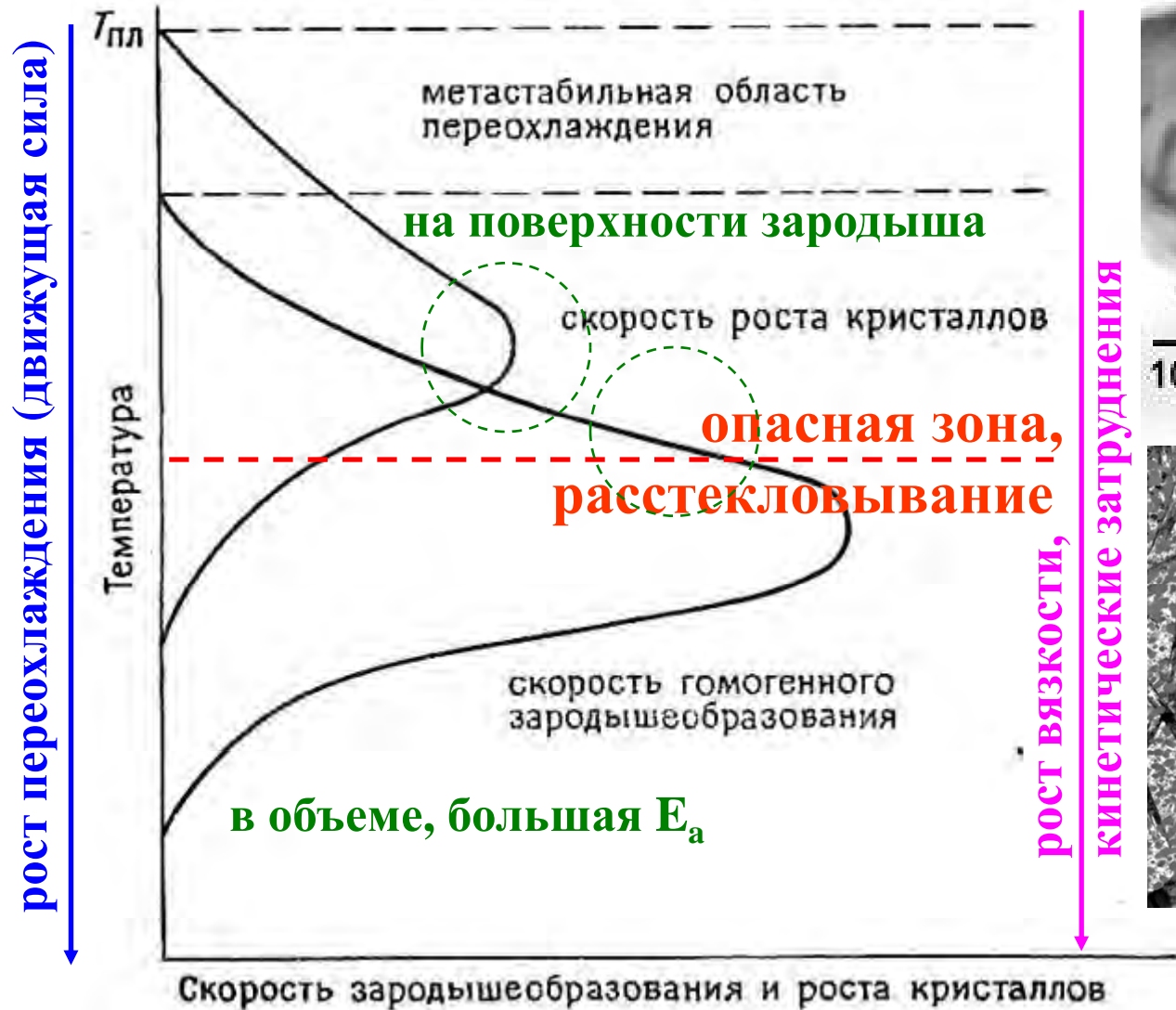


ФНМ МГУ

УД-материалы

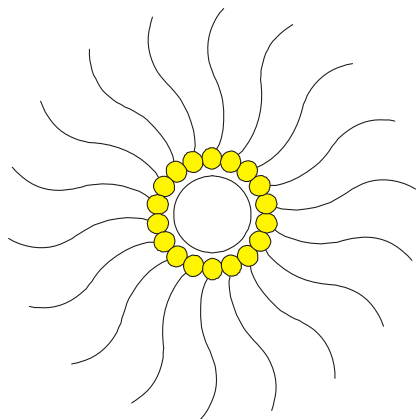
Москва, 2011 г.

Кристаллизация в аморфной фазе

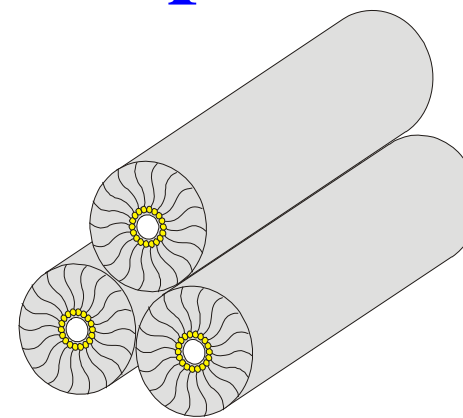


Магнитный субмикрораздел на основе гексаферрита стронция.

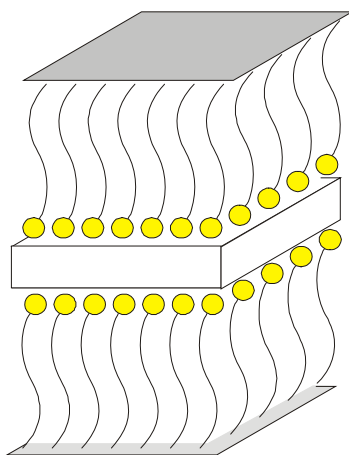
Синтез в нанореакторах



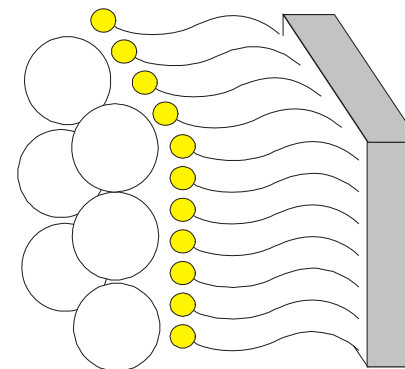
Обращенные мицеллы



Синтез в жидких кристаллах



Самособирающиеся слои



Пленки Лангмюра-Блоджетт

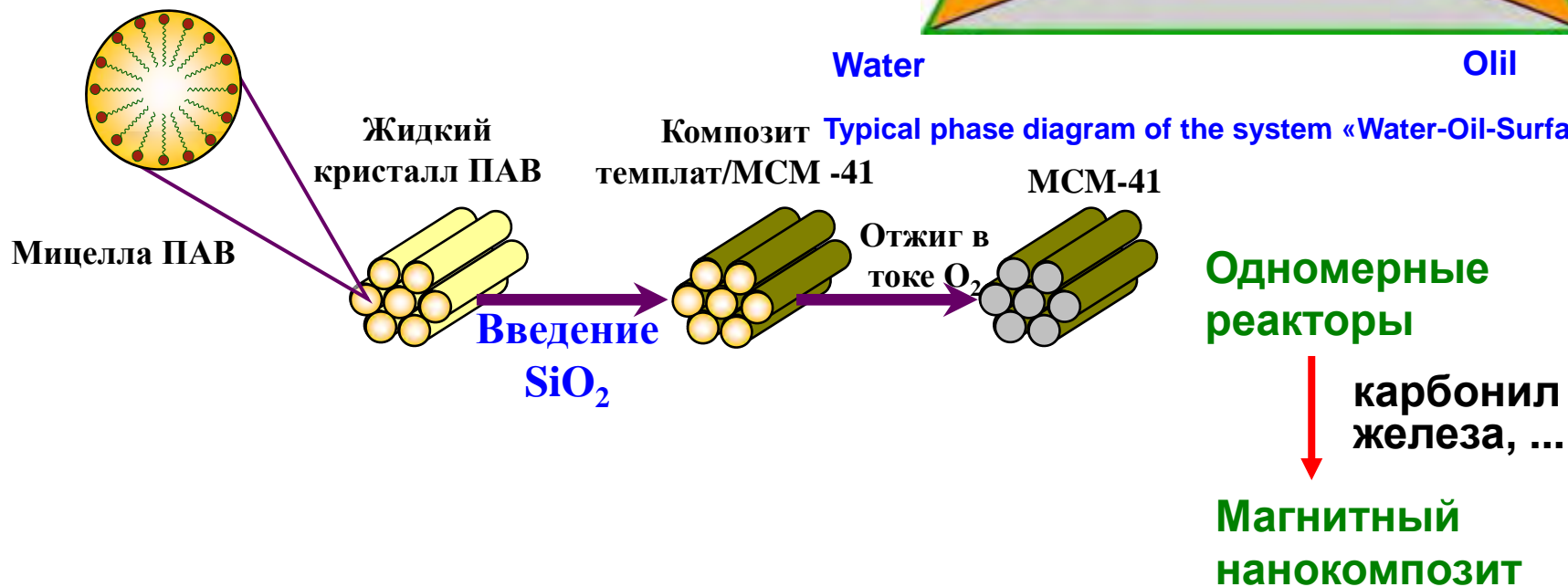
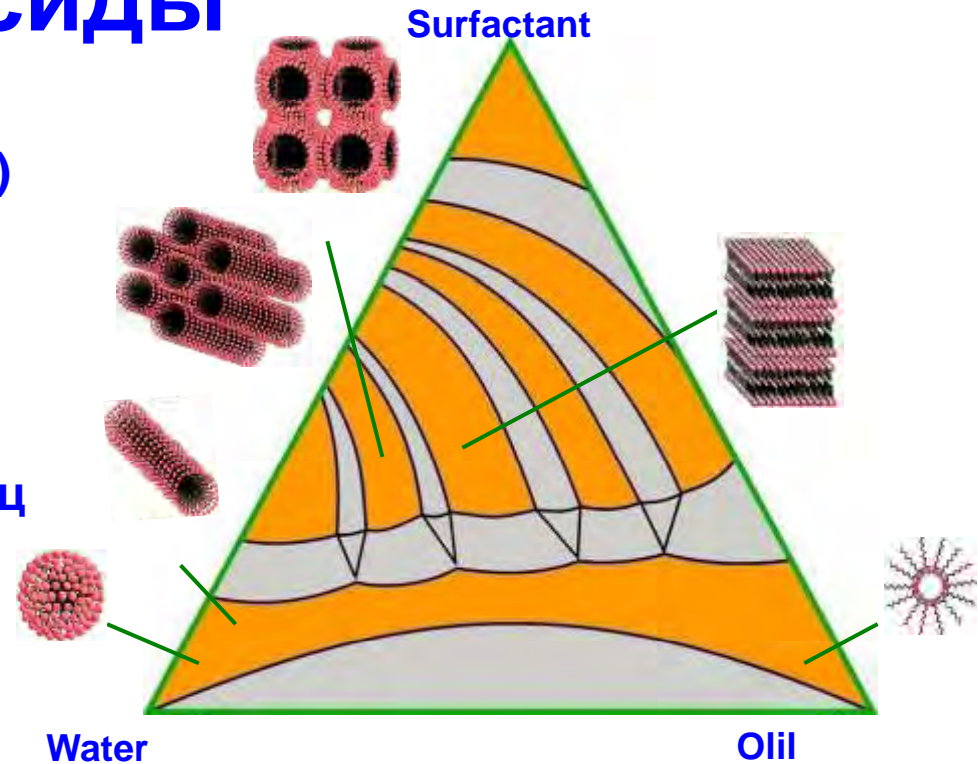
ФНМ МГУ

УД-материалы

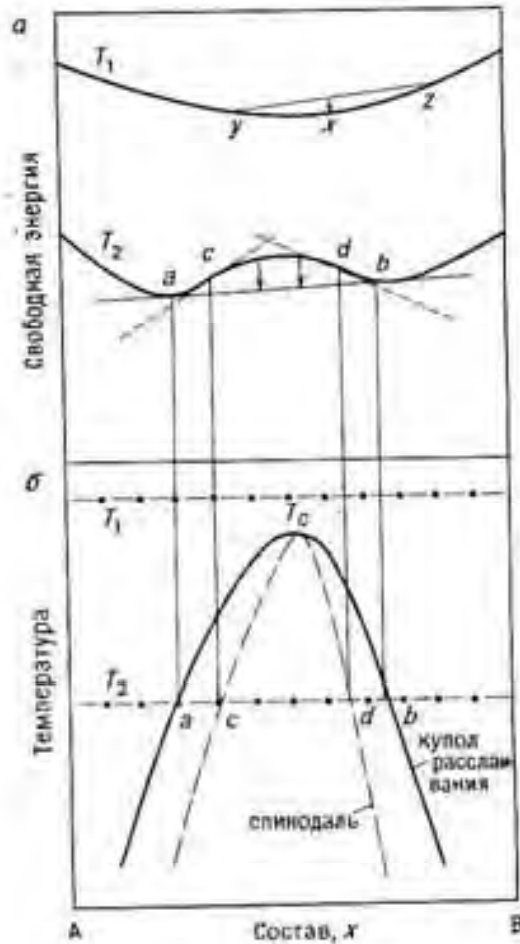
Москва, 2011 г.

Мезопористые оксиды

- Варьируемый размер пор (1-10 нм)
- Однородность распределения пор по размеру
- Упорядоченность пор
- Создание анизотропных систем
- Изолированность каналов-пор
- Решение проблемы агрегации и химической изоляции наночастиц



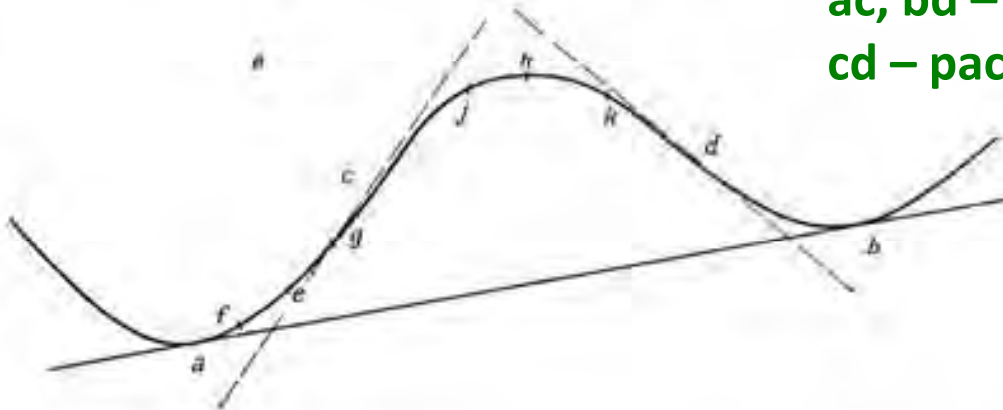
Спинодальный распад



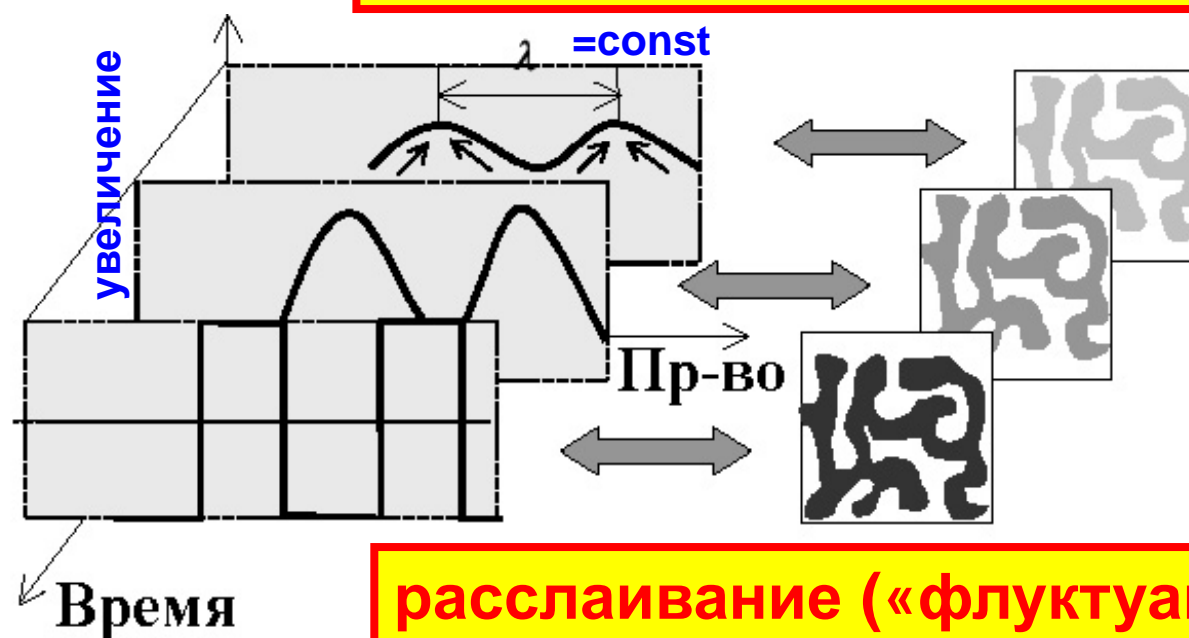
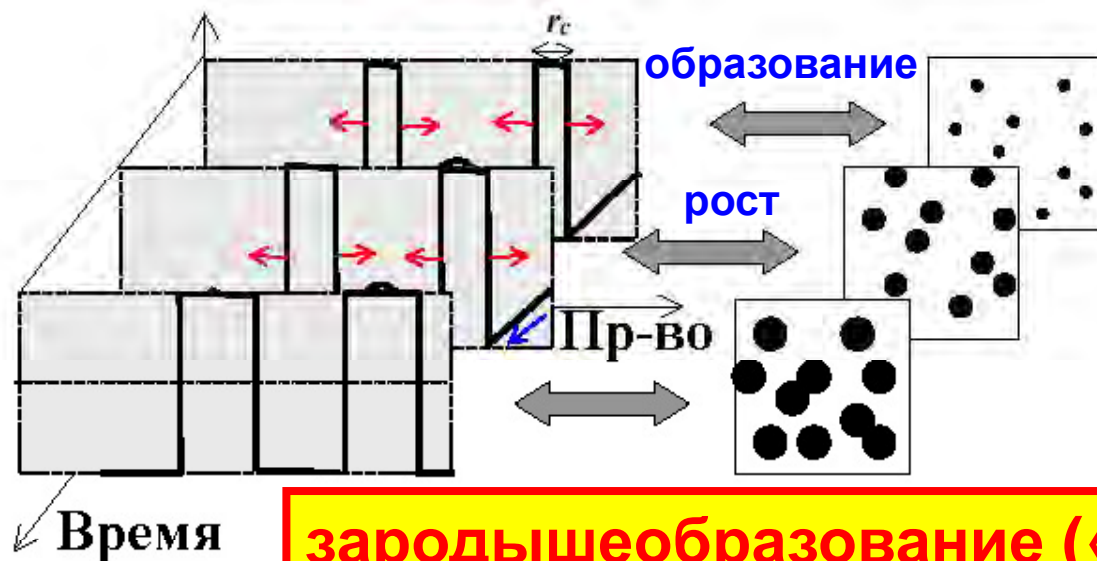
Критерий – перегиб (обращение в 0 второй частной производной по составу) кривой энергии Гиббса, что приводит к «автоусилению» возникающих флуктуаций состава и расслаиванию системы.

(конкуренция гетероатомного и гомоатомного взаимодействия, Кан и Хиллард)

yz – гашение флуктуаций, однородный p-p
ac, bd – распад на две фазы через з/о,
cd – расслаивание, спинодальный распад.



Зародыши и расслаивание



Сравнение

Образование и рост зародышей	Спинодальный распад
Состав второй фазы при постоянной температуре не меняется со временем	Состав обеих фаз меняется со временем, пока не будет достигнуто равновесие
Между двумя фазами всегда существуют резкие границы	Границы между двумя фазами сначала размыты, но со временем становятся достаточно резкими
Частицы второй фазы, как правило, разных размеров	Вторая фаза характеризуется регулярным распределением частиц по размеру, которые определенным способом расположены в образце
Частицы второй фазы, как правило, представляют собой сферические капли, не связанные друг с другом	Вторая фаза, как правило, представляет собой соединенные друг с другом несферические области

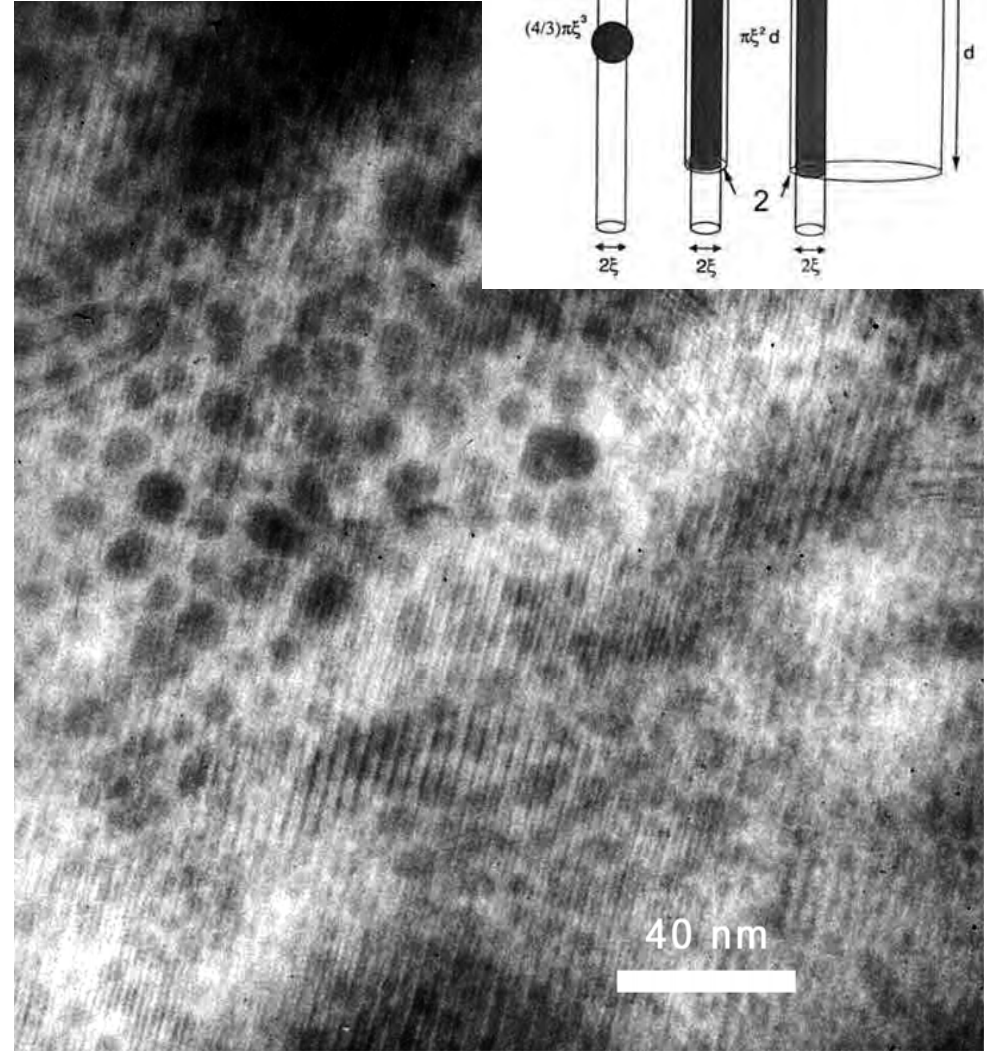
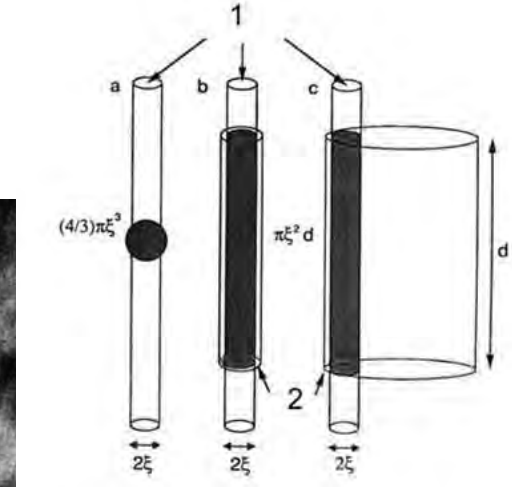
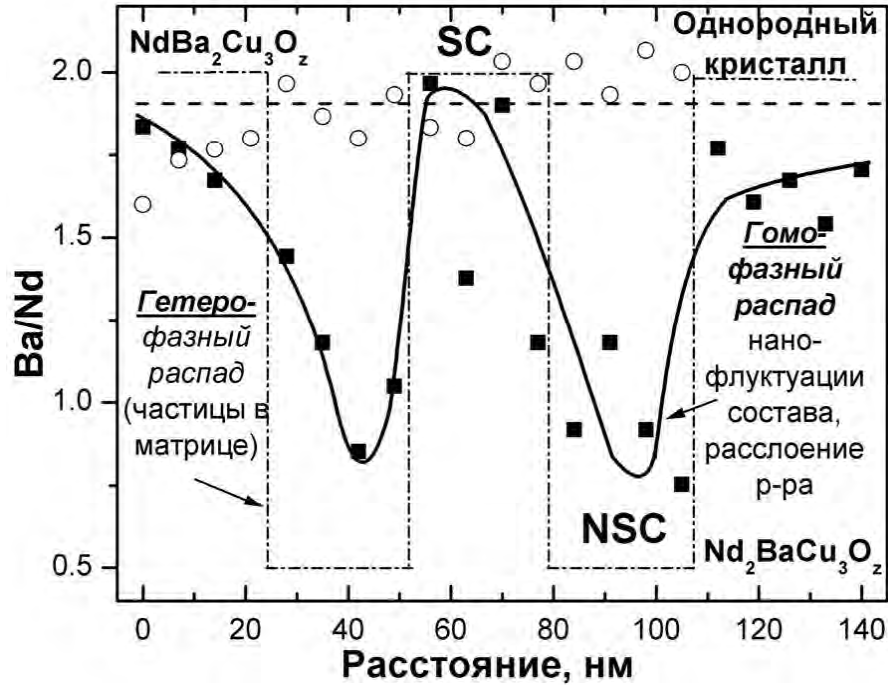
А.Вест «Химия твердого тела»

ФНМ МГУ

УД-материалы

Москва, 2011 г.

Пиннинг



Структура полимеров

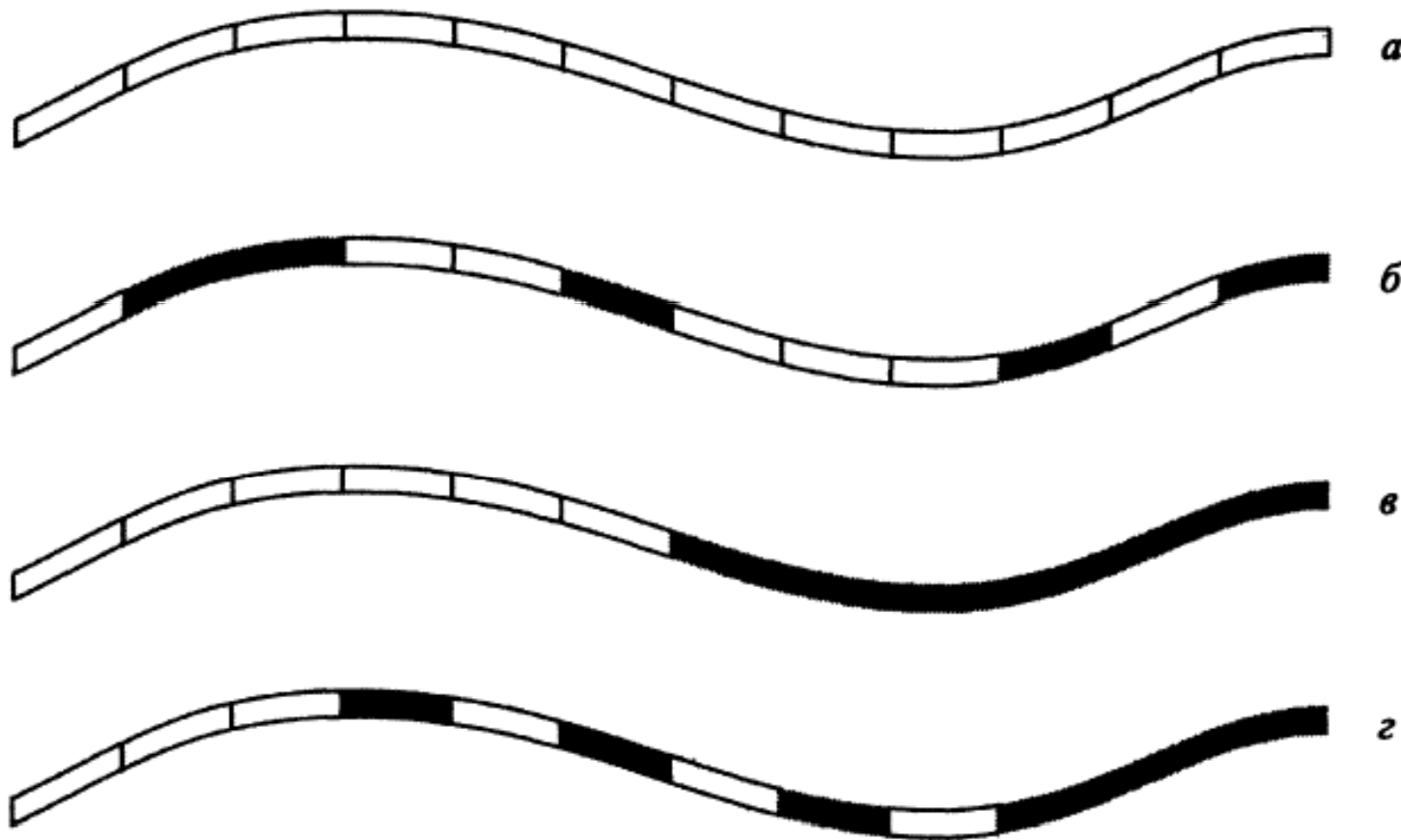


Рис. 6.2. Полимеры различной структуры: *a* — гомополимер, *б* — статистический сополимер, *в* — диблок-сополимер, *г* — градиентный сополимер

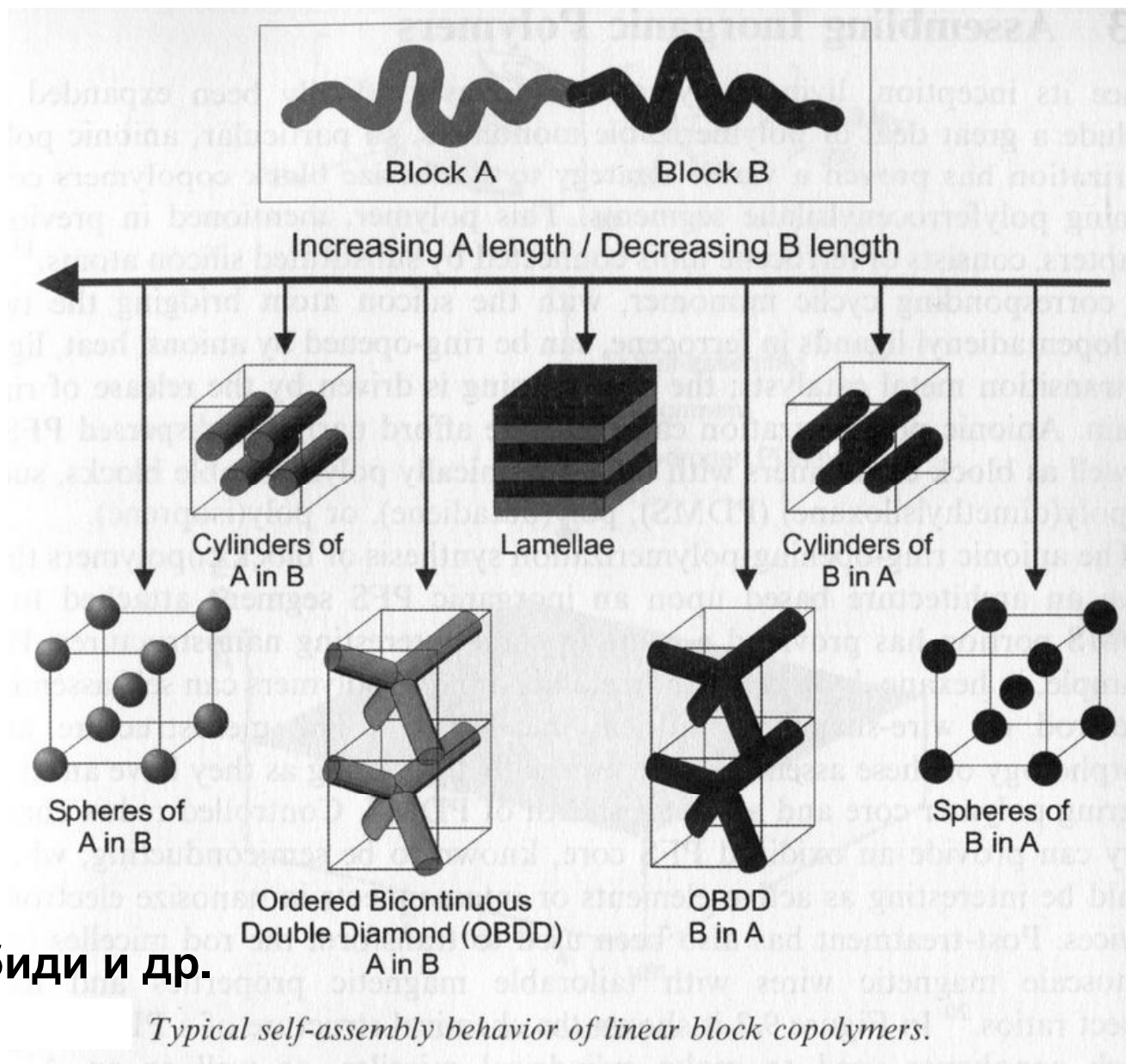
Н.Г.Рамбиди и др.

ФНМ МГУ

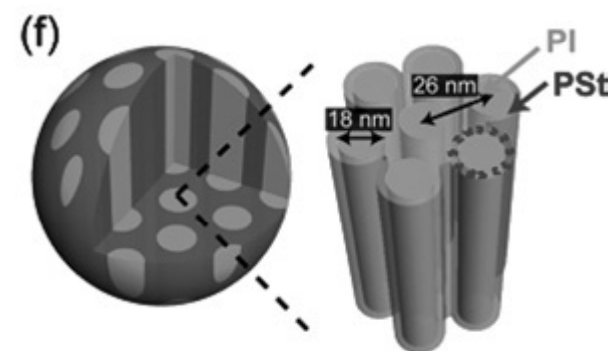
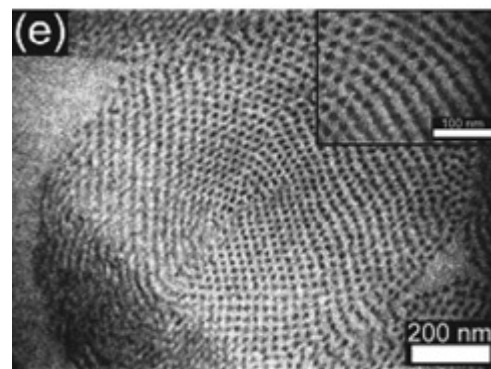
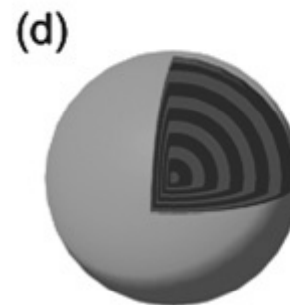
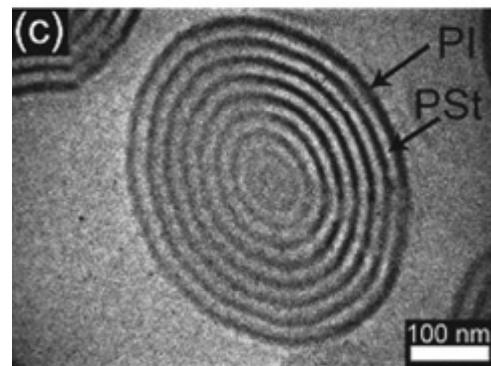
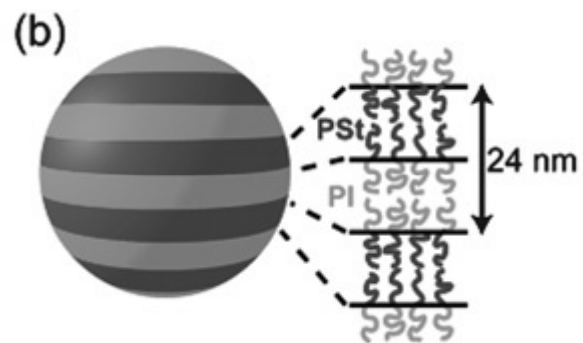
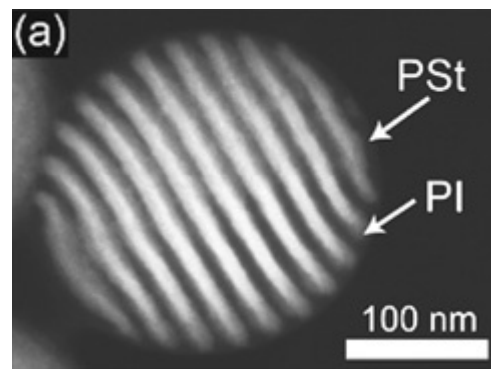
УД-материалы

Москва, 2011 г.

Полимеры и структуры



Расслоение полимерных частиц



Основные методы «мокрой и мягкой» химии:

- соосаждение
- золь-гель метод
- пиролиз аэрозолей
- сольвотермальная обработка
- криохимическая технология

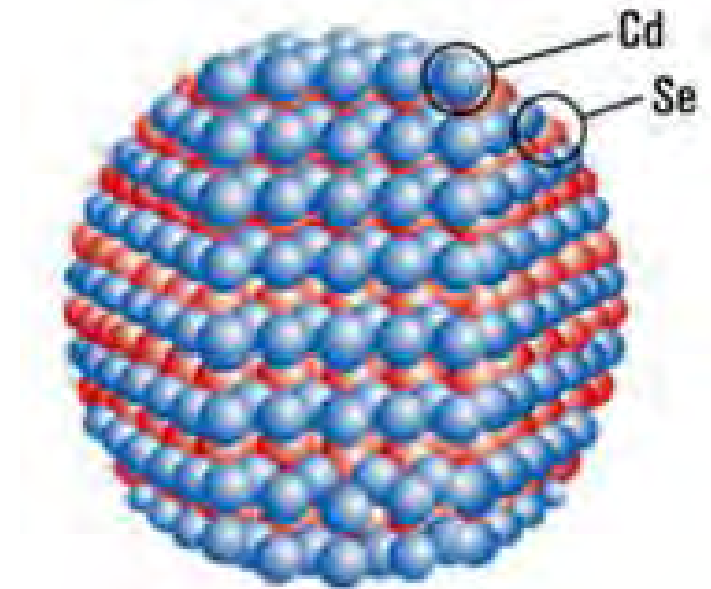
СООСАЖДЕНИЕ –

**выпадение труднорастворимых осадков,
химическое взаимодействие в растворах,
комплексование, высаливание....**

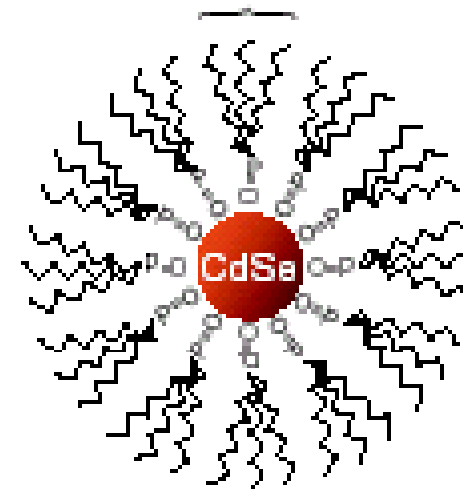
Коллоидные квантовые точки

- Наночастицы полупроводника, покрытые стабилизатором
- **Требования к наночастицам**
 - узкое распределение по размерам
 - отсутствие агломерации
 - пассивирование оборванных связей на поверхности
- **Требования к стабилизатору**
 - объемный “хвост”
 - прочная связь с поверхностью
 - сродство к растворителю

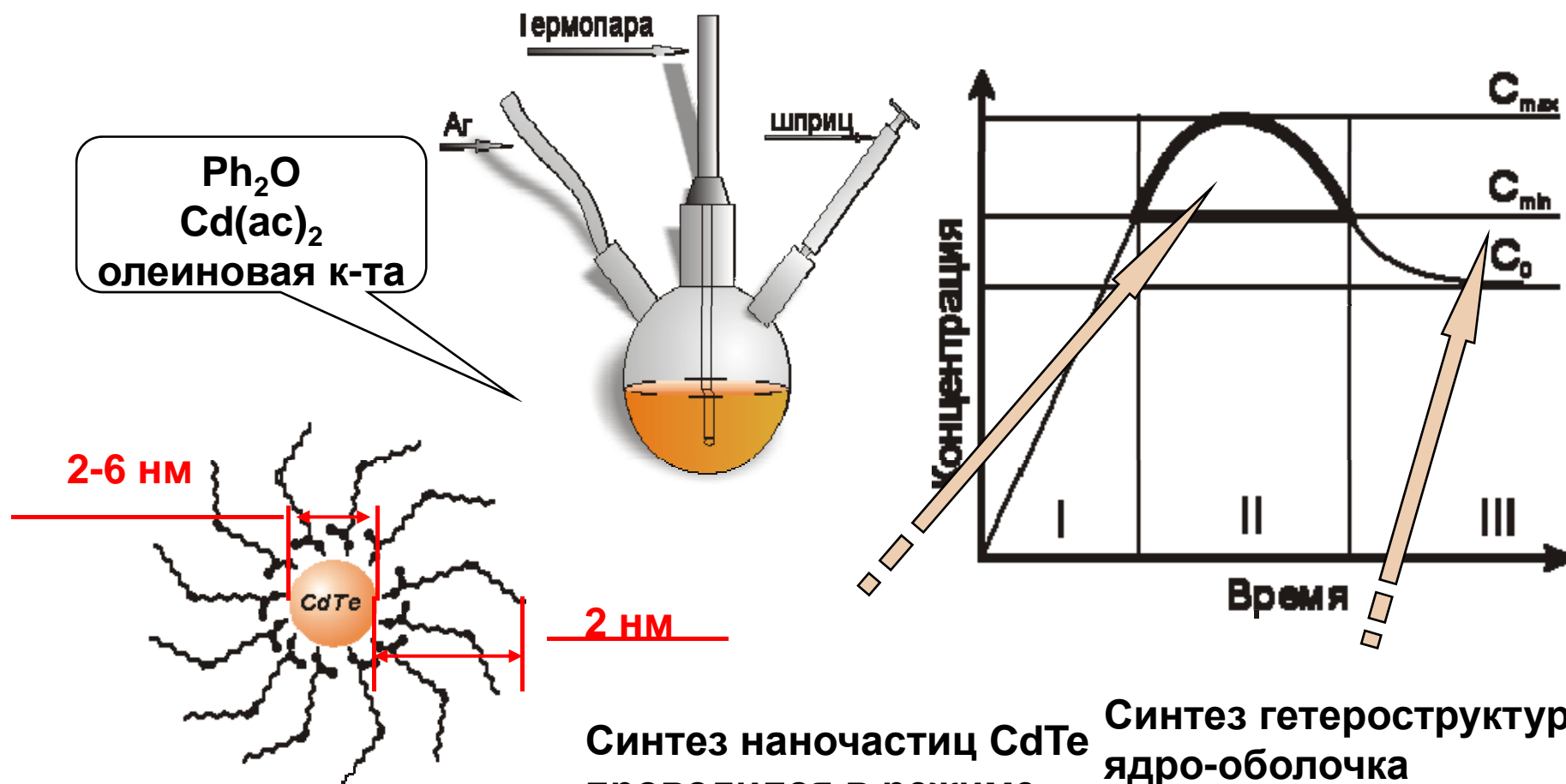
«Зародыш» - баланс изменения «объемной» и «поверхностной» свободной энергии...



(b) TOPO ligand



Химический синтез квантовых точек



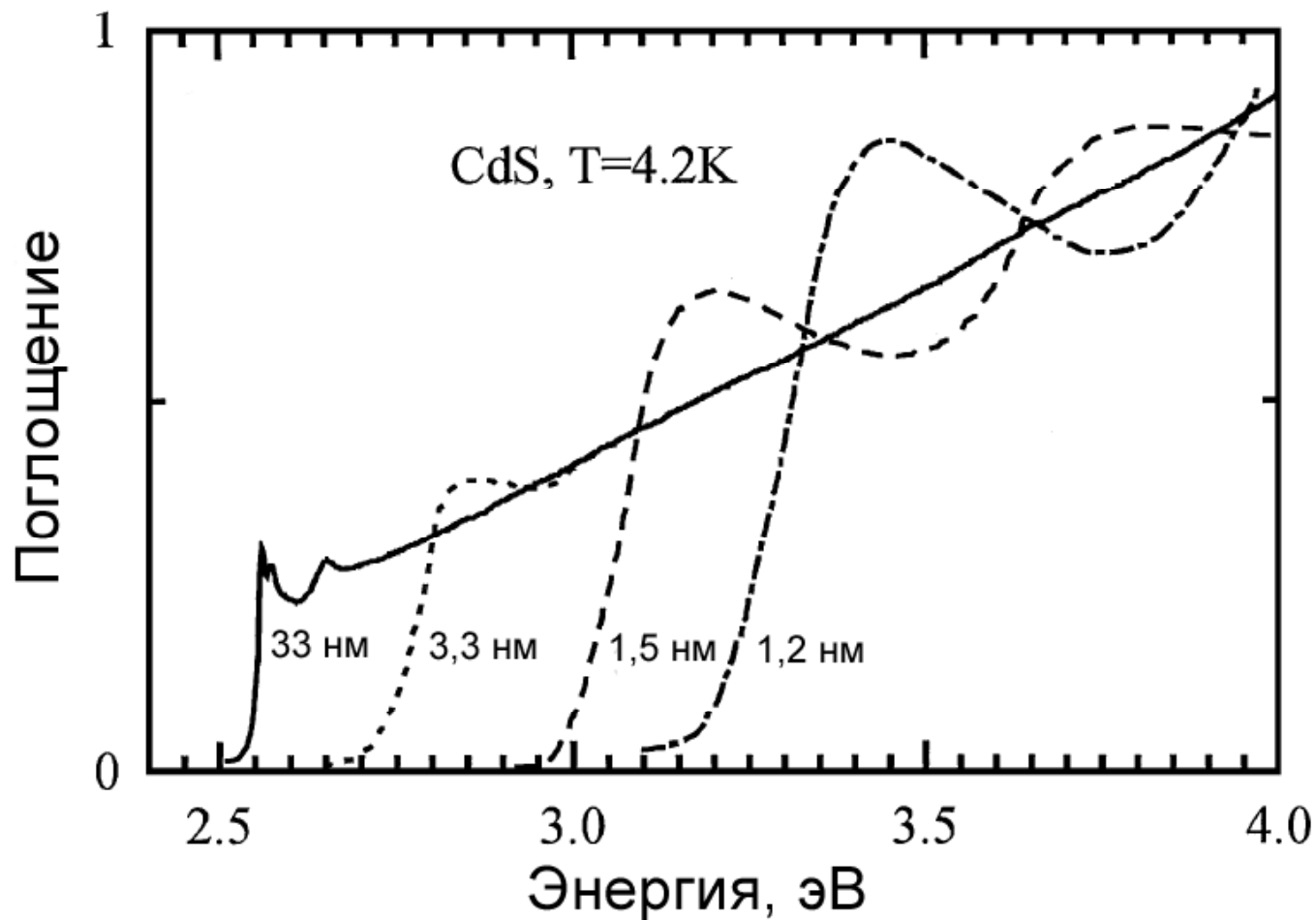
- мин. время
 - макс. пересыщение
- > монодисперсная система

Синтез наночастиц CdTe проводился в режиме пересыщения (II)

Синтез гетероструктур ядро-оболочка проводился в режиме III методом наращивания на ядре CdTe слоя CdSe.

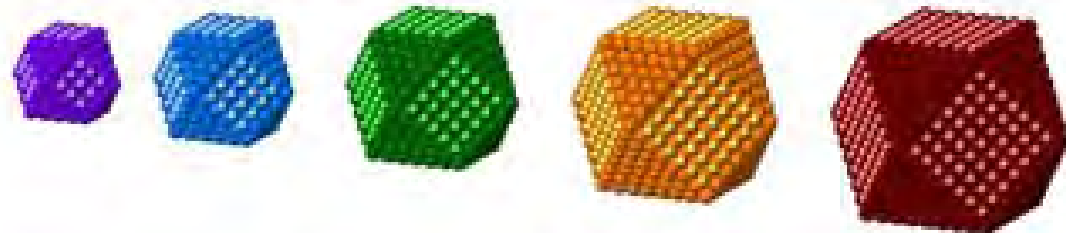
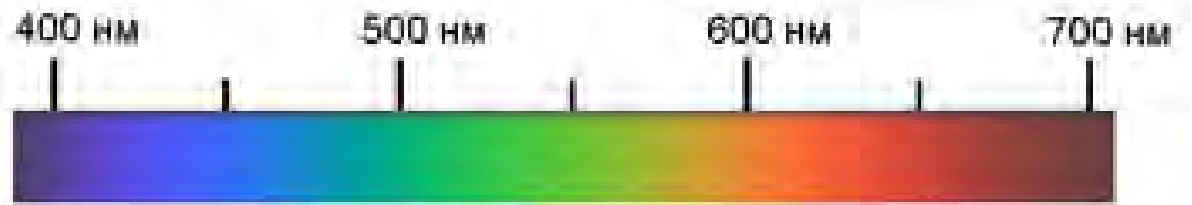
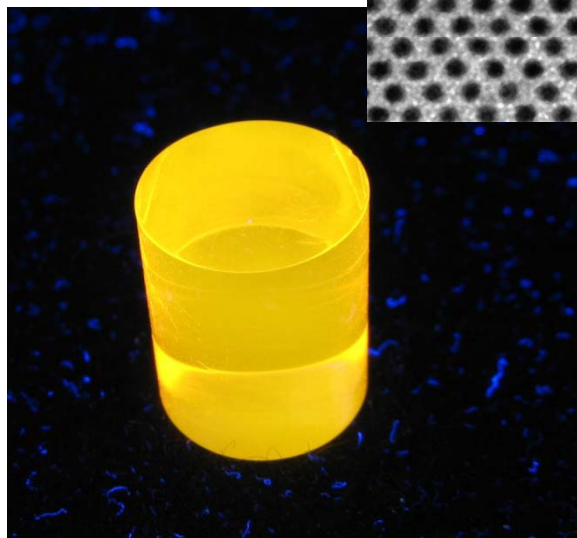
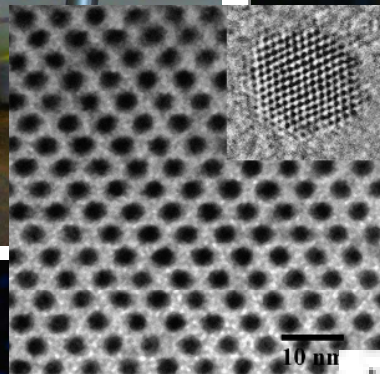
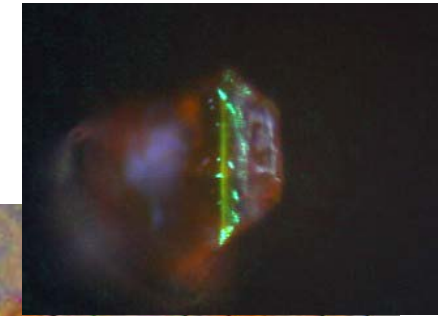
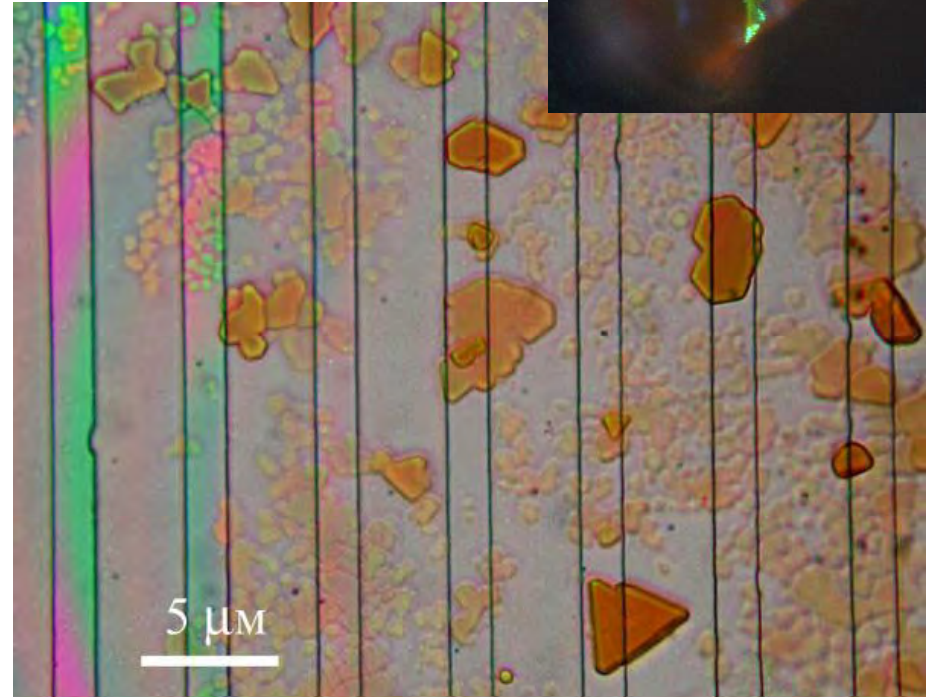
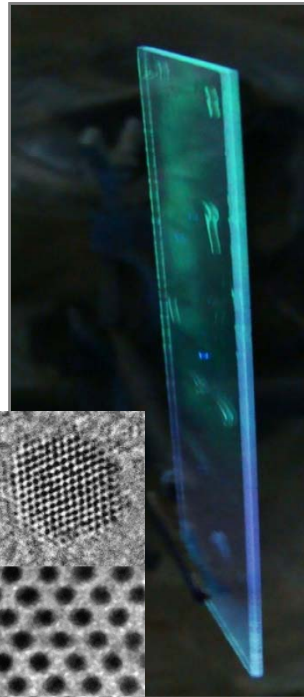
Р.Б.Васильев и др.

Оптические свойства нанокристаллов

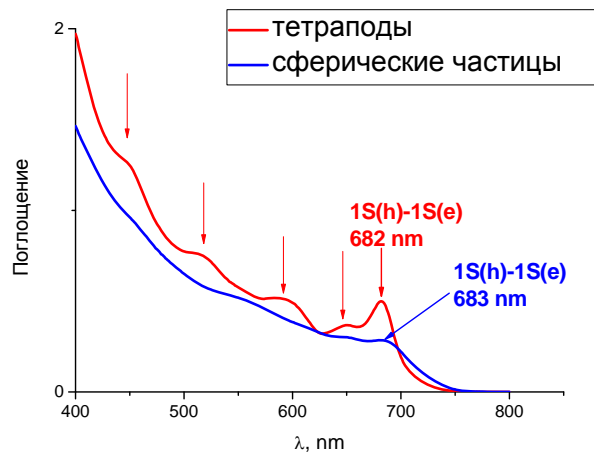
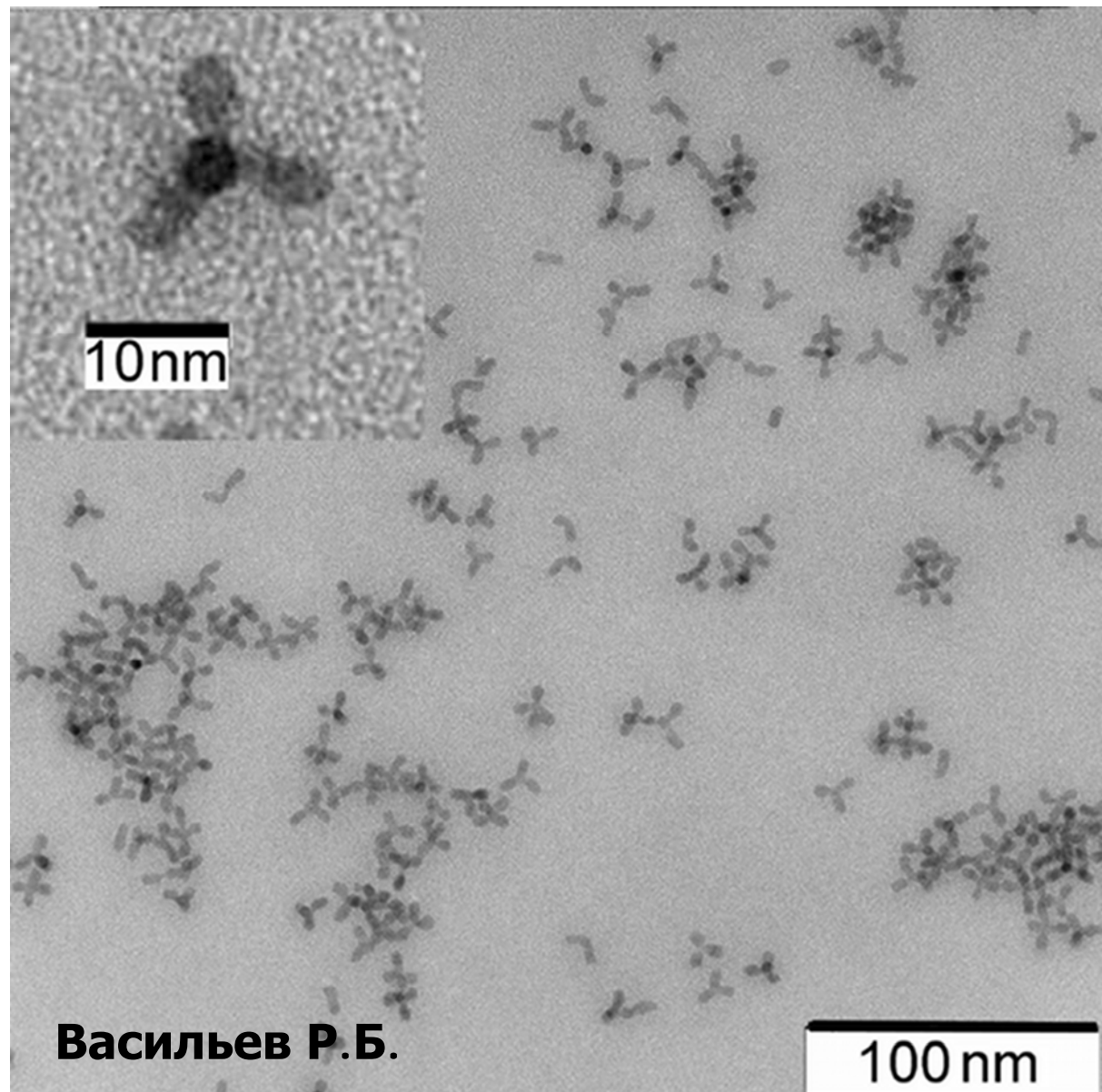
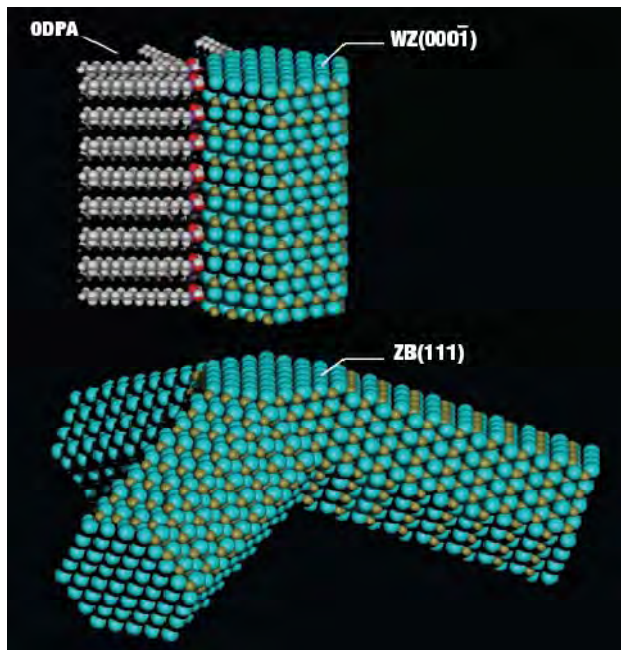


- смещение края полосы поглощения в сторону больших длин волн при уменьшении размеров частиц
- сужение линий люминесценции и пр.

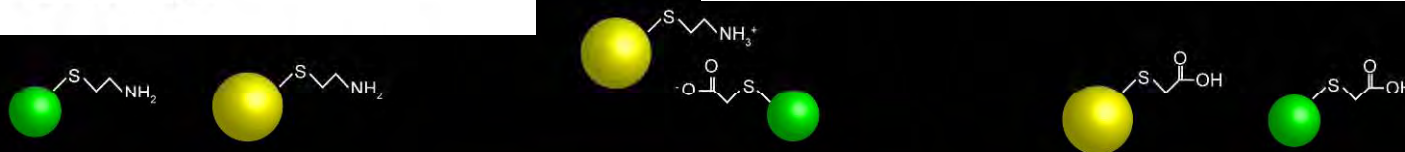
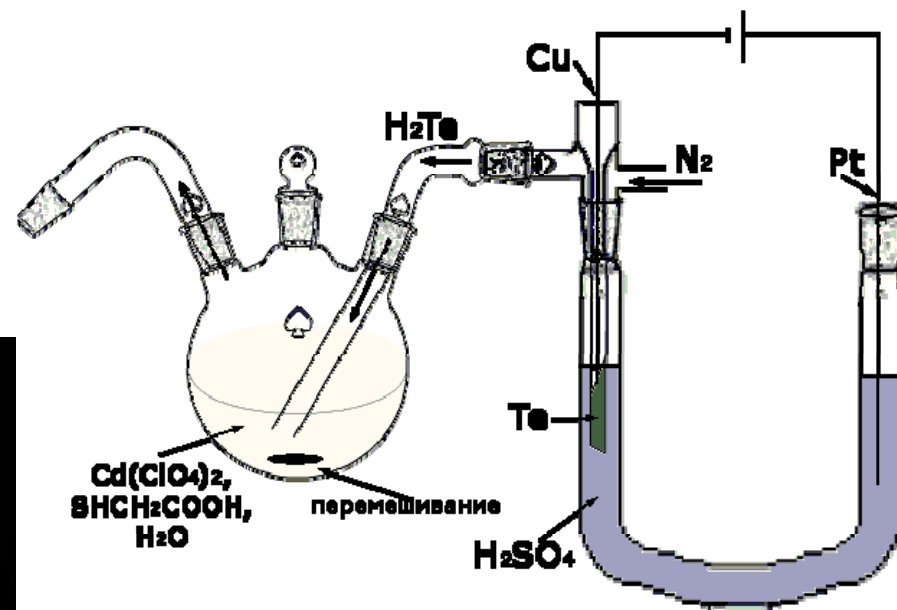
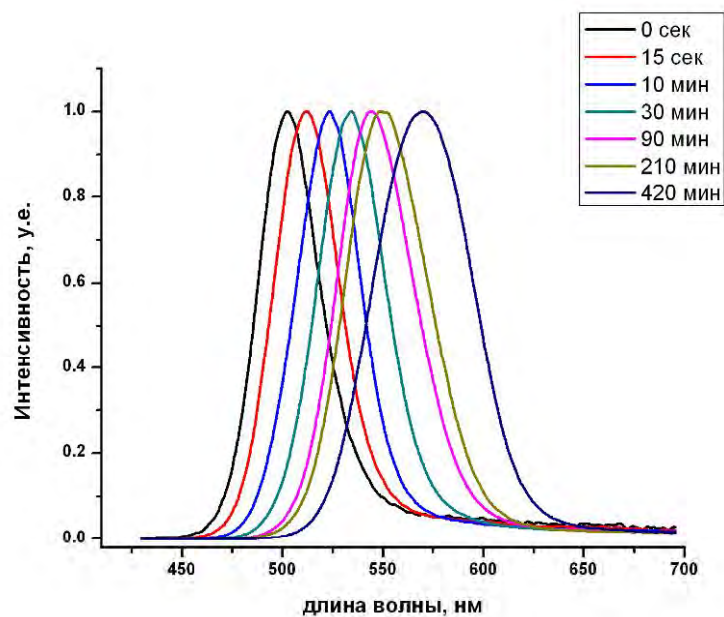
Квантовые точки



Тетраподы



Водорастворимые КТ



«Нанобио»

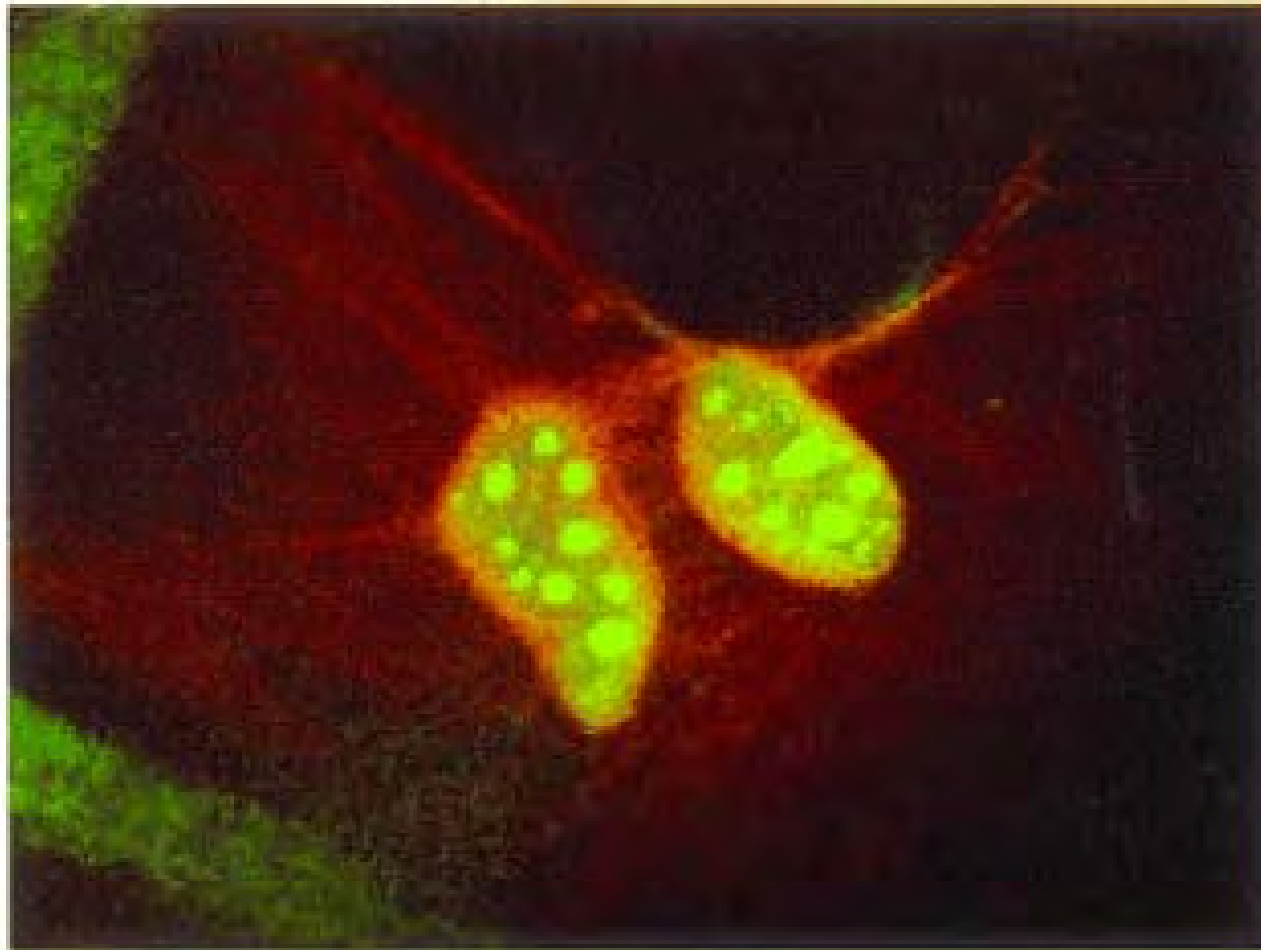


- Малый размер
 - ⇒ могут проникать в капилляры, ткани и клетки
- Развитая поверхность
 - ⇒ «контейнеры» для биологически активных в-в
 - ⇒ частицы неорганических материалов можно сделать нетоксичными
 - ⇒ свойства частиц зависят от состояния поверхности
- Необычные для свойства – магнитные и оптические



Создание новых биосовместимых наноматериалов с нетоксичной защитной оболочкой для медицинской диагностики, программируемой доставки лекарств и лечения онкологических заболеваний.

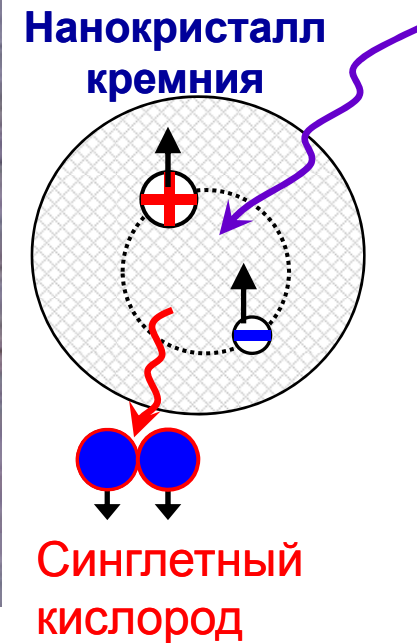
Маркеры



**Флуоресцирующие метки из
наночастиц CdSe в больных клетках.**

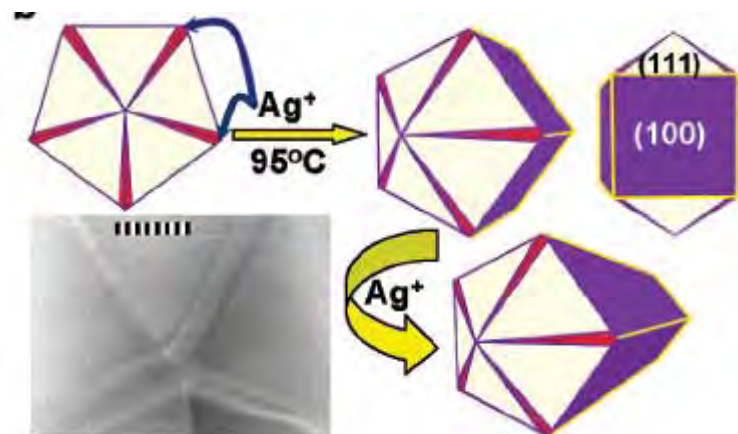
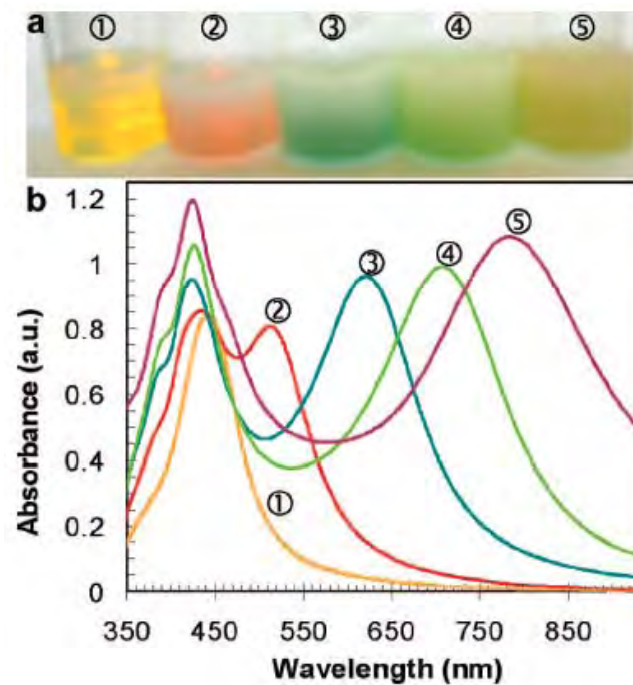
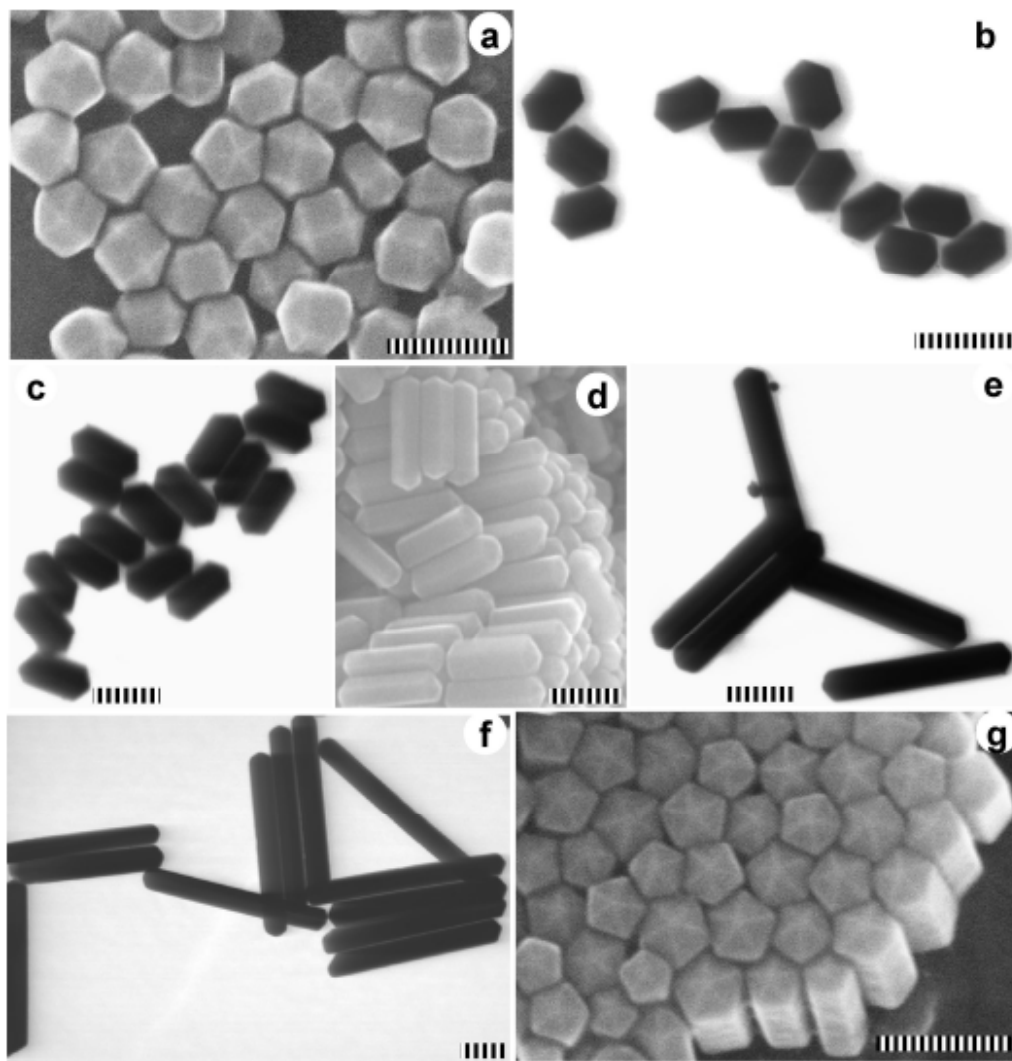
Квантовые точки кремния

Проф. В.Ю.Тимошенко в кооперации с Московским Научно–
Исследовательским онкологическим институтом им. П.А. Герцена



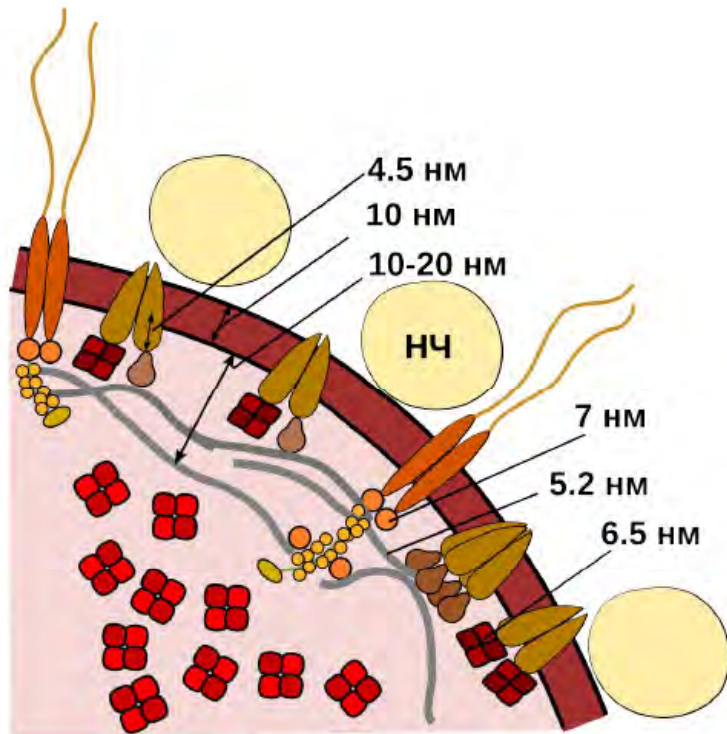
- 1) Препарат может проникать в клетки, но не приводит к заметному некрозу в темновых условиях.
- 2) Активность препарата коррелирует со степенью его проникновения в клетки и наличием освещения, что указывает на протекание внутриклеточных фотохимических реакций.

Пентагональные наностержни Ag

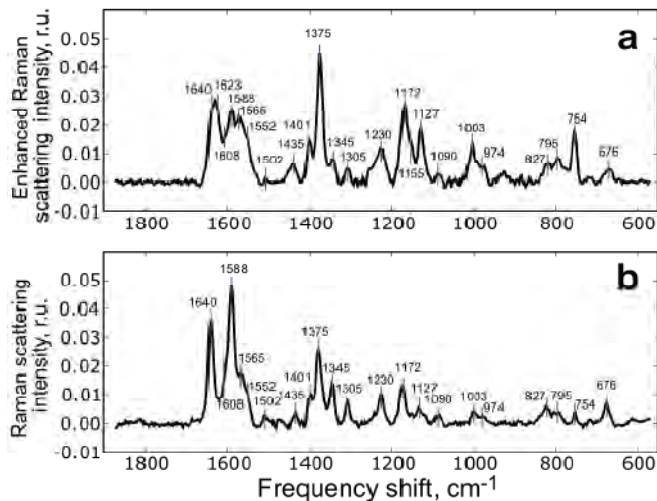
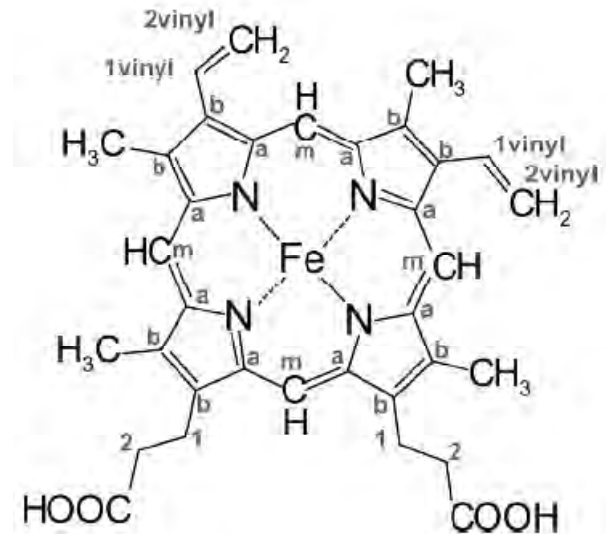


V.V.Kitaev et al.

SERS (ГКР) на биообъектах



- НЧ Наночастица
- Гб_{мс}
- Нв_ц
- АЕ1 обменник (белок полосы 3)
- Анкирин
- Гликофорин с филоментами олигосахаридов
- Белок полосы 4.1
- Актин, тропомиозин и тропомодулин
- Спектрин



Brazhe N.A., Abdali S., Brazhe A.R., Luneva O.G., Bryzgalova N.Y., Parshina E.Y., Sosnovtseva O.V., Maksimov G.V. New Insight into Erythrocyte through In Vivo Surface-Enhanced Raman Spectroscopy. Biophysical Journal. 2009. 97 (12). P.3206–3214.

Магнитные наночастицы Fe₃O₄

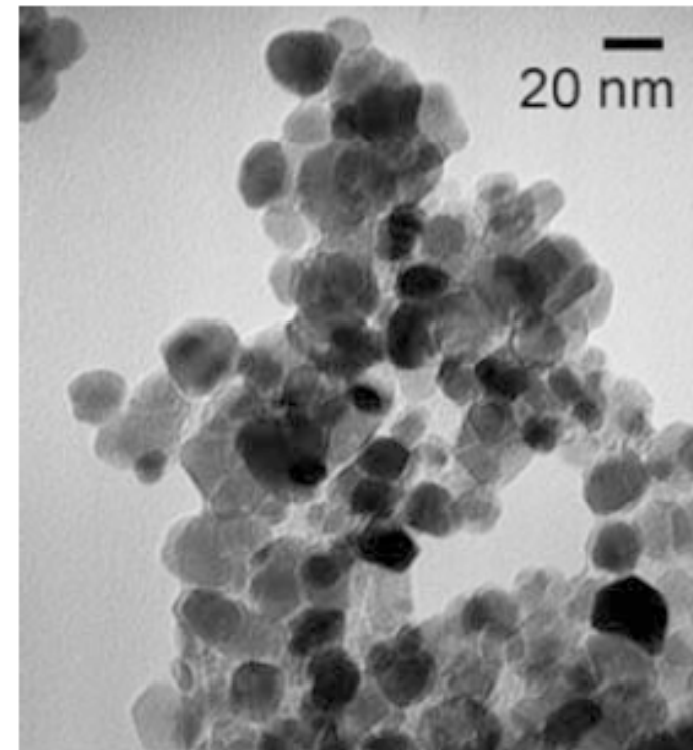
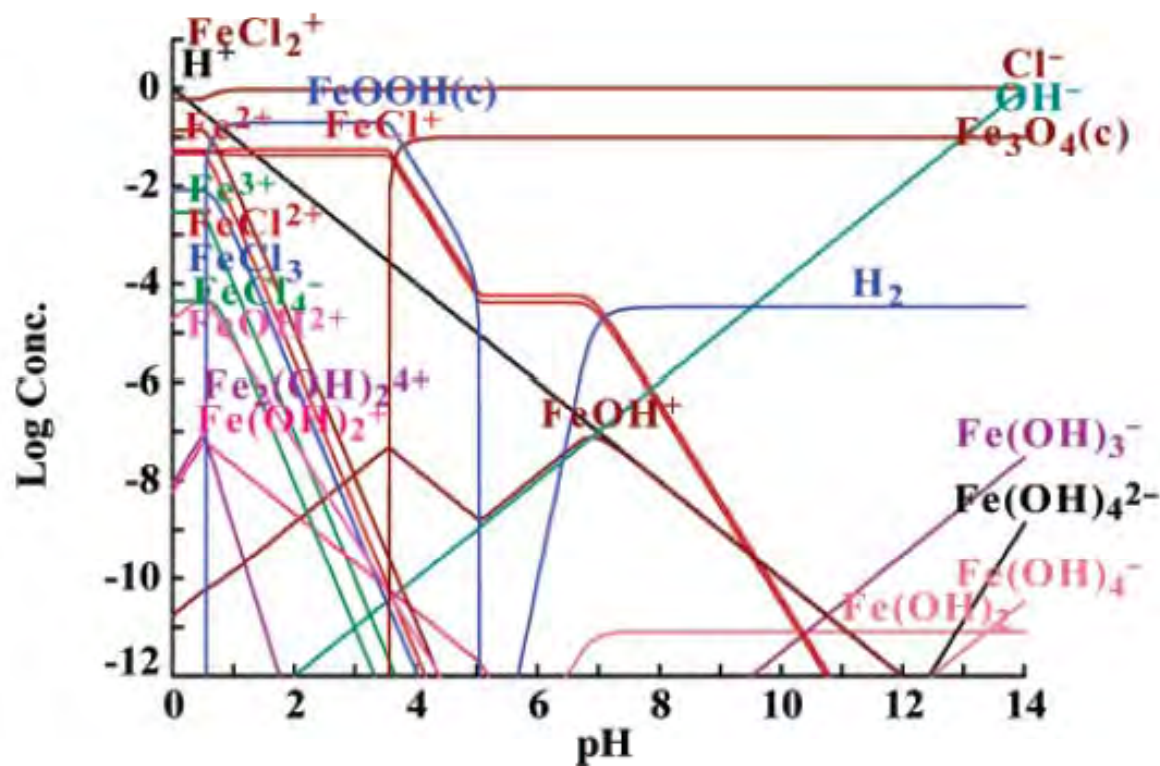
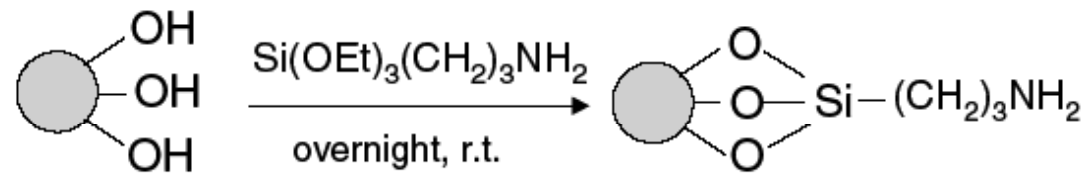


Figure 2. Thermodynamic calculations of the concentrations of all Fe²⁺ and Fe³⁺ species formed at different solution pHs. Initial conditions are [Fe²⁺] = 0.1 M, [Fe³⁺] = 0.2 M, and [Cl⁻] = 1.0 M.

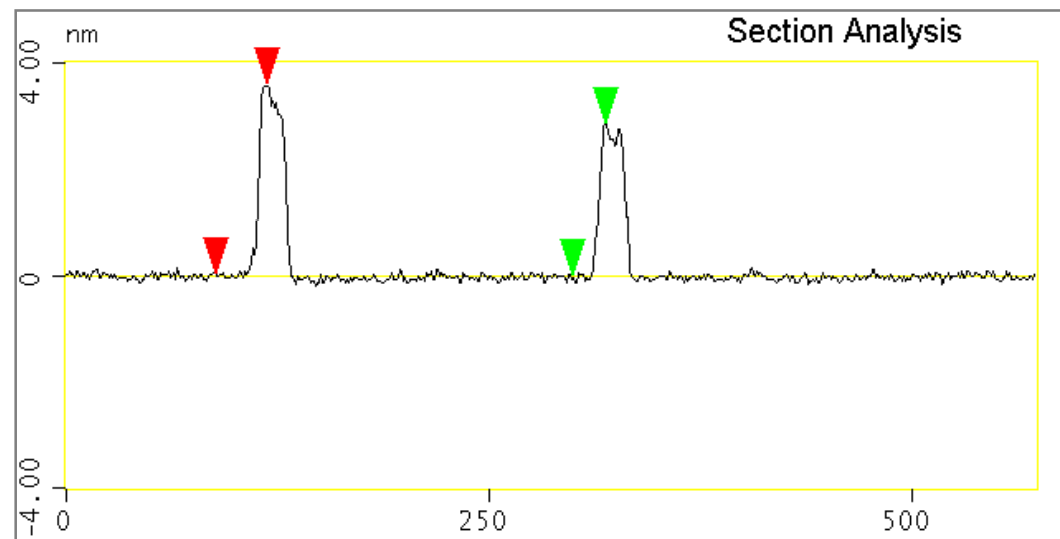
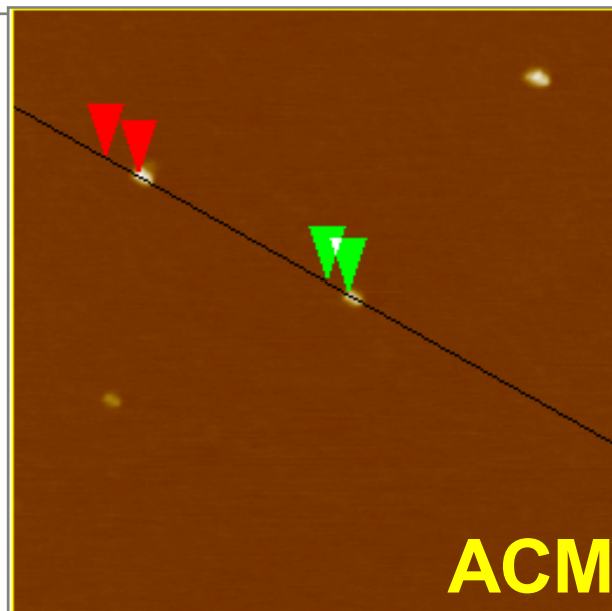
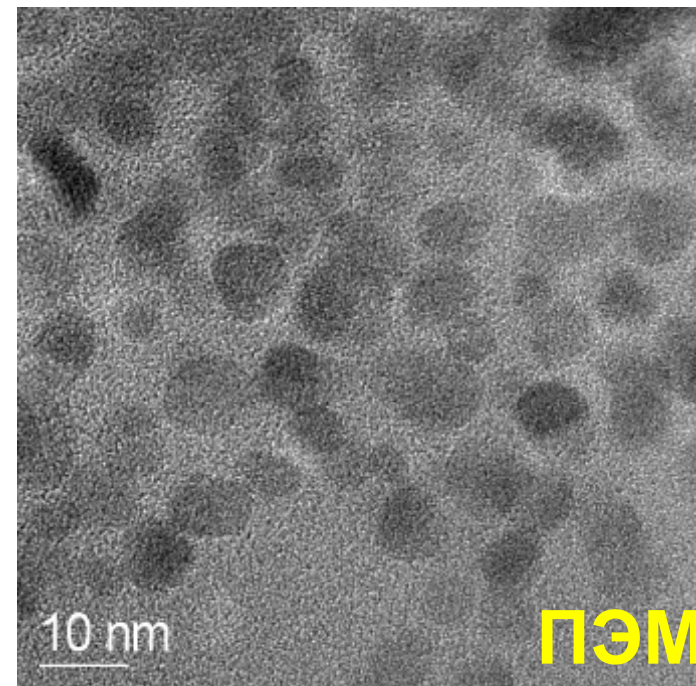
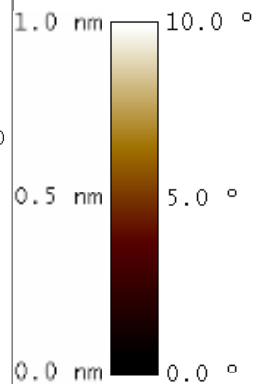
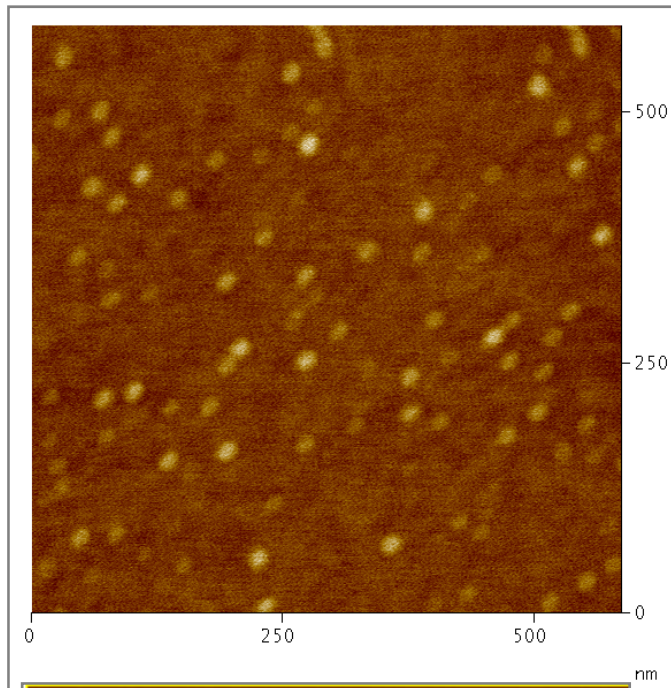


ФНМ МГУ

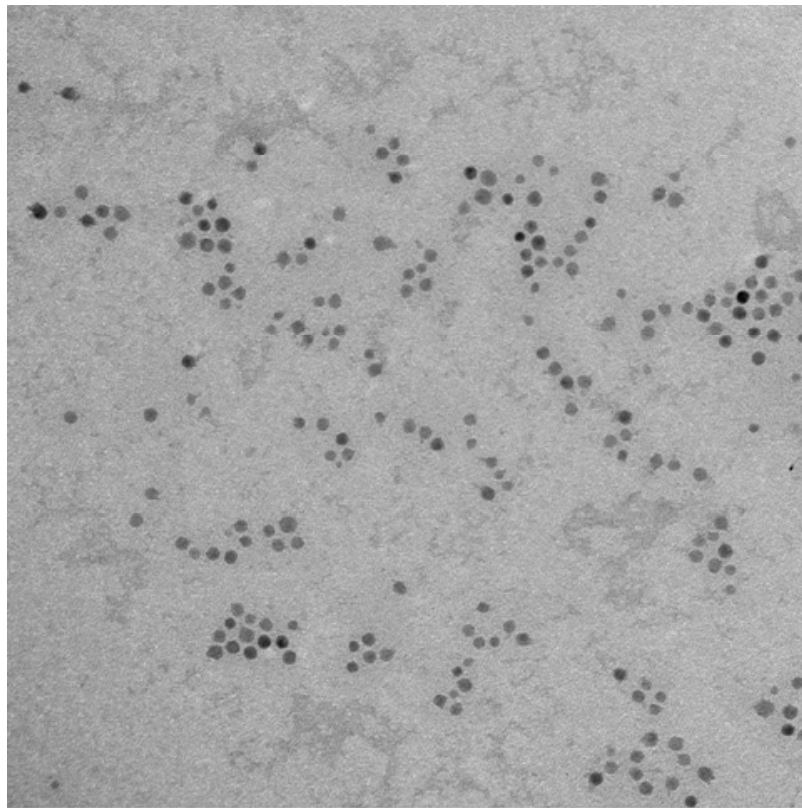
УД-материалы

Москва, 2011 г.

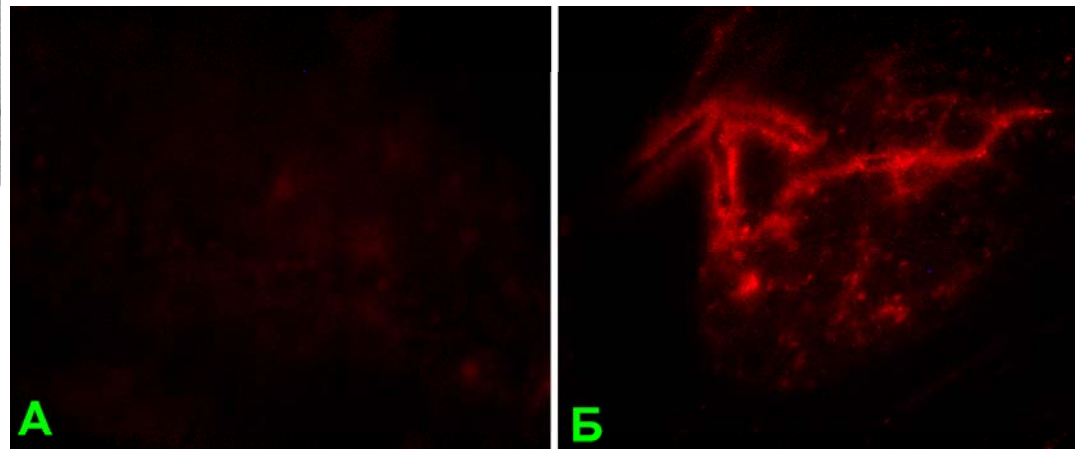
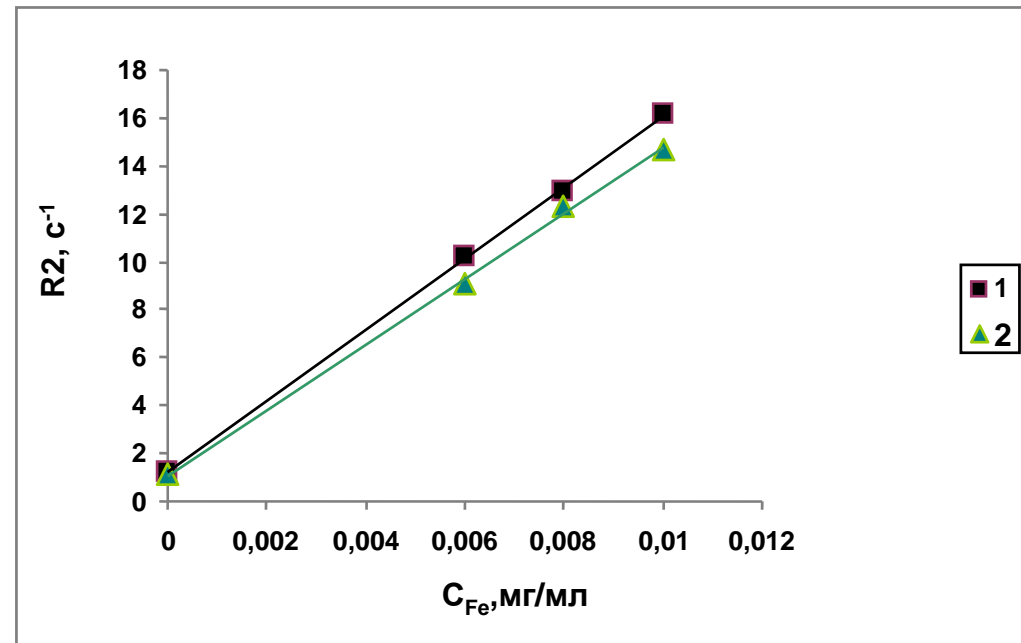
Магнитные наночастицы Fe_2O_3



Контрастирующие агенты

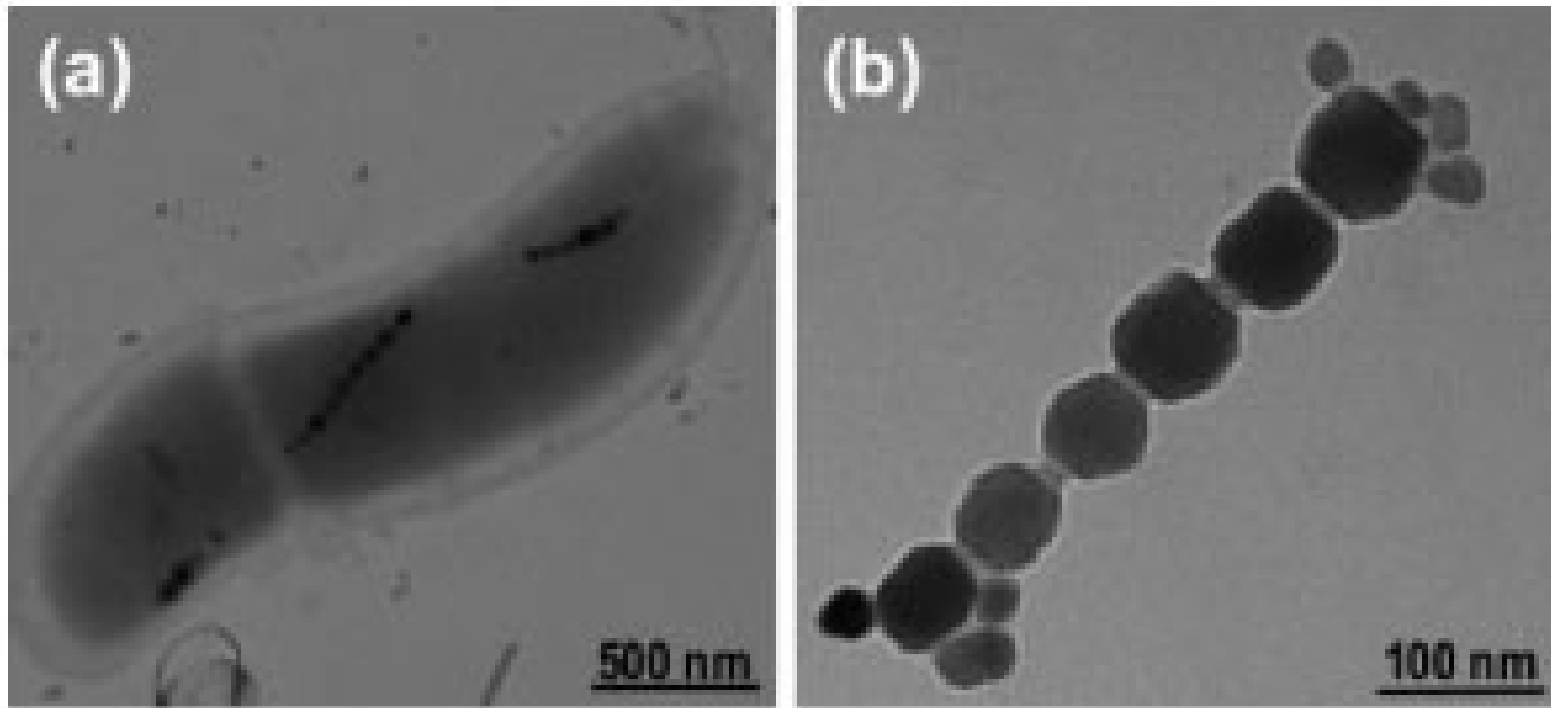


100 nm



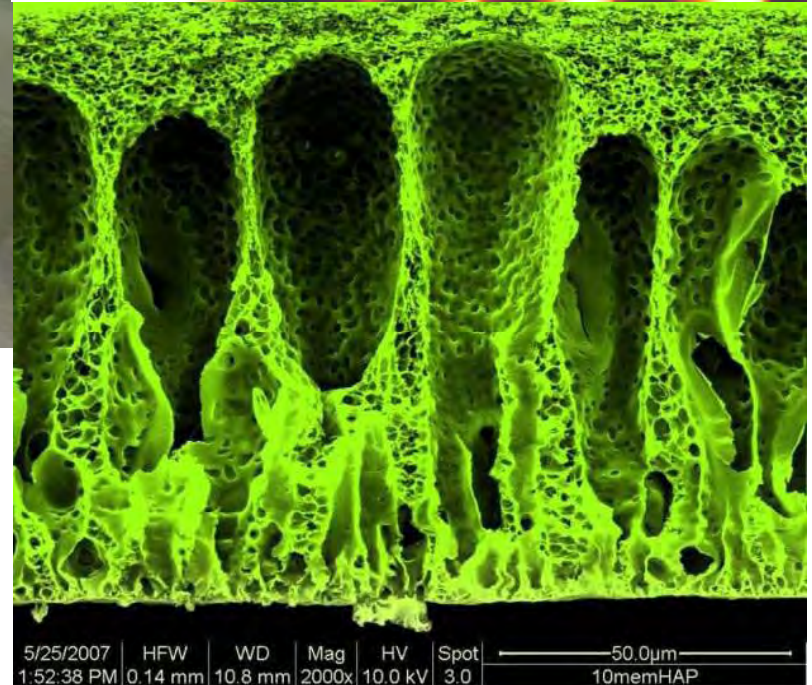
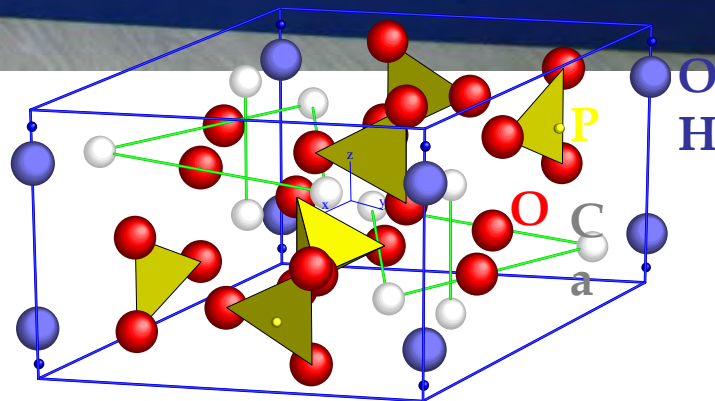
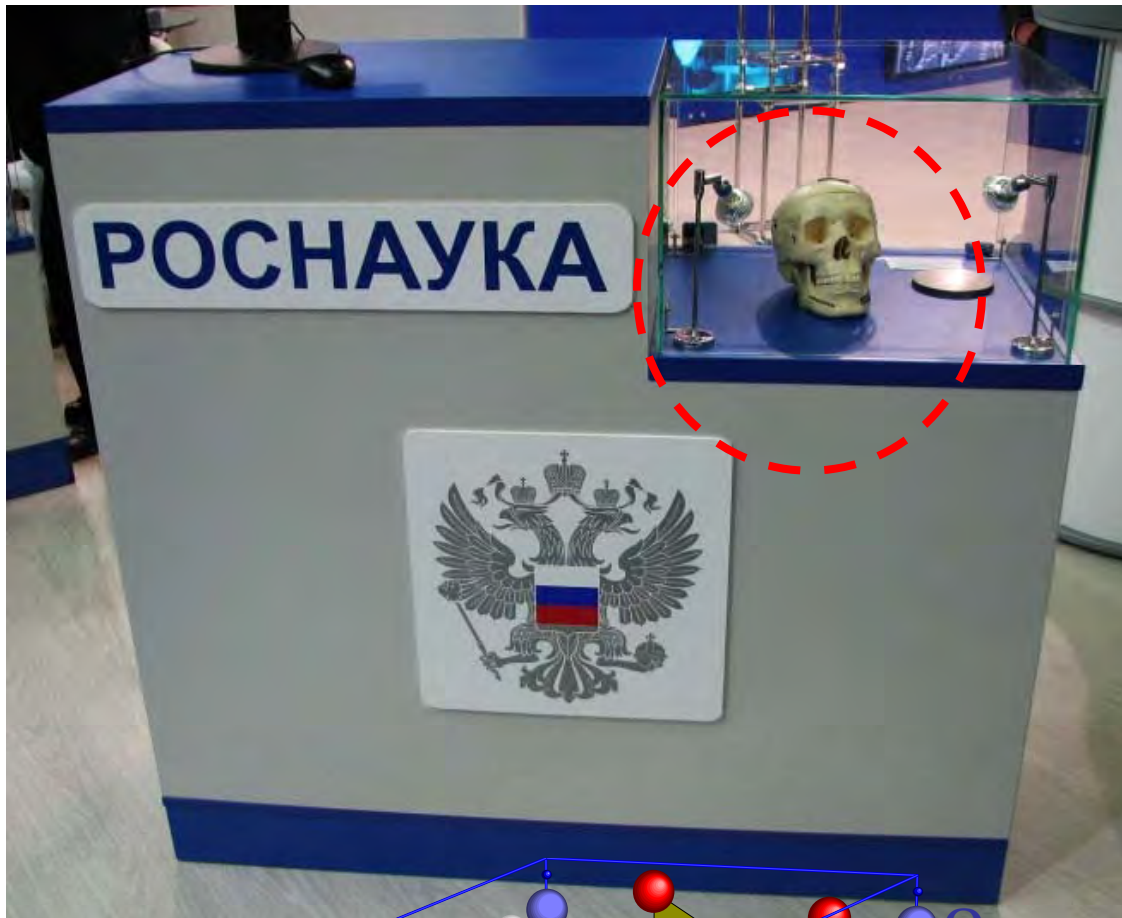
- Векторные нанокapsулы для визуализации сосудов методом МРТ, А.Е.ГОЛЬДТ, М. А. АБАКУМОВ, В. П. БАКЛАУШЕВ, Е. А. ГУДИЛИН

Бактерии



- (a) *Magnetospirillum magneticum* с цепочками магнитосом внутри; (b) нанокристаллы магнетита, соединенные фосфолипидной мембраной.

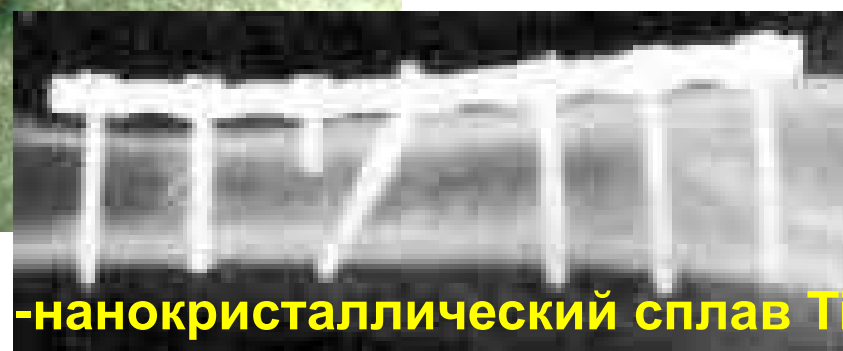
Наномедицина



Керамика с микровключениями и сплавы с наноразмерными зёрнами



- дисперсионное упрочнение
- трансформационной упрочнение
- термомеханическая обработка



ФНМ МГУ

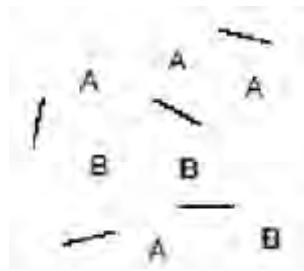
УД-материалы

Москва, 2011 г.

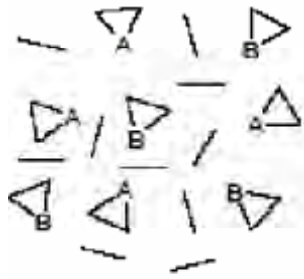
ЗОЛЬ - ГЕЛЬ –

**ЭВОЛЮЦИЯ КОЛЛОИДНОЙ СИСТЕМЫ МЕЖДУ
СОСТОЯНИЯМИ ЗОЛЬ (НАНОЧАСТИЦЫ В
РАСТВОРИТЕЛЕ) – ГЕЛЬ («ТРЕХМЕРНЫЙ
ПОЛИМЕРНЫЙ КАРКАС» В РАСТВОРИТЕЛЕ)**

Золь-гель метод

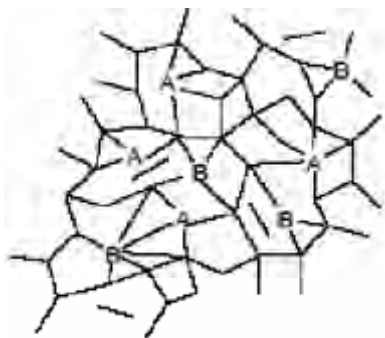


Раствор солей металлов

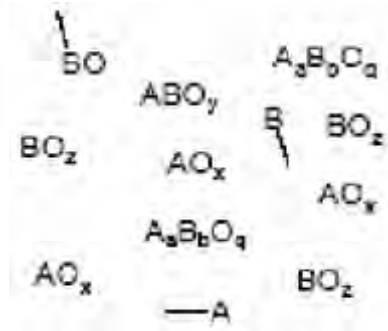


Образование хелатных комплексов металлов с многофункциональными органическими кислотами

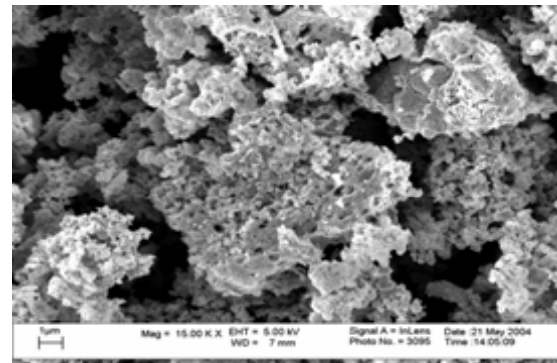
Реакция полимеризации с многоатомными спиртами



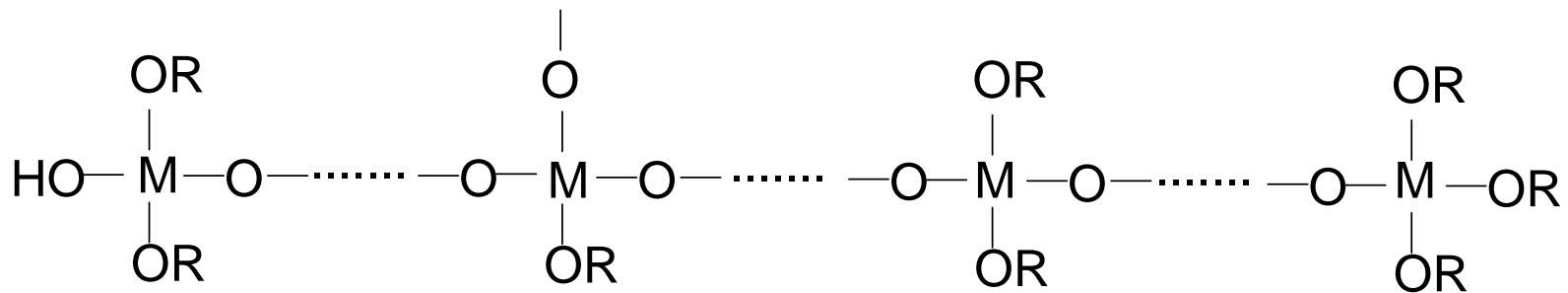
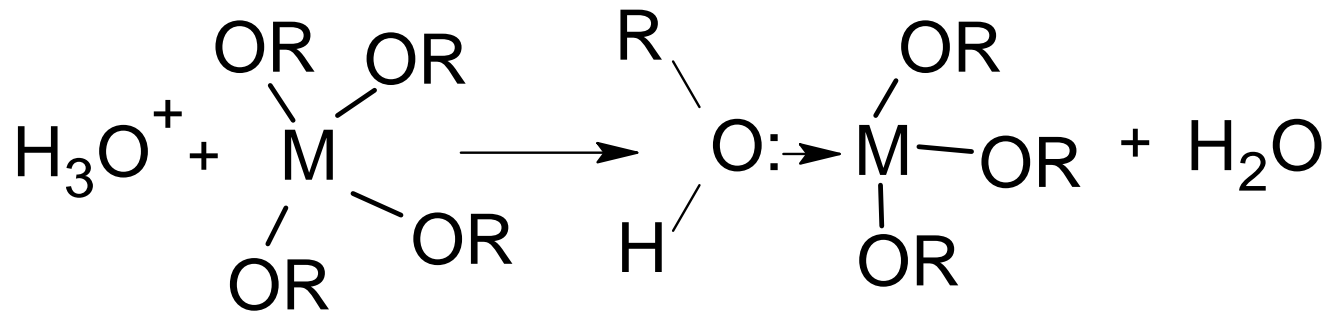
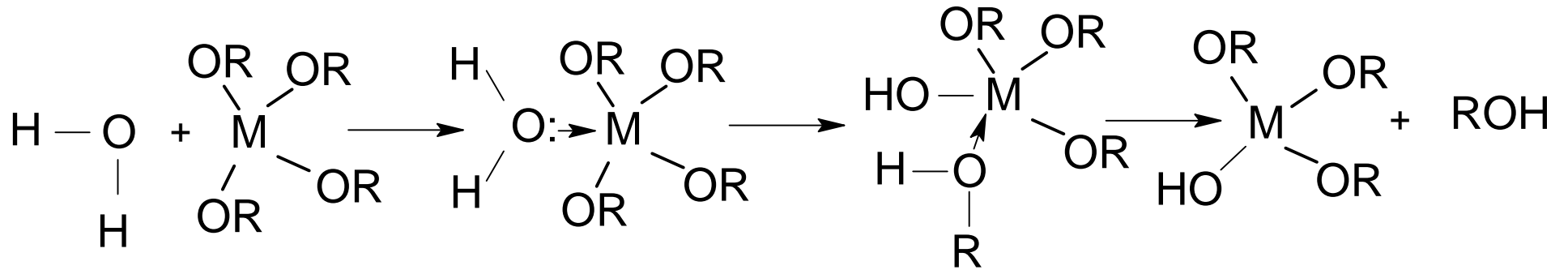
Термическое разложение



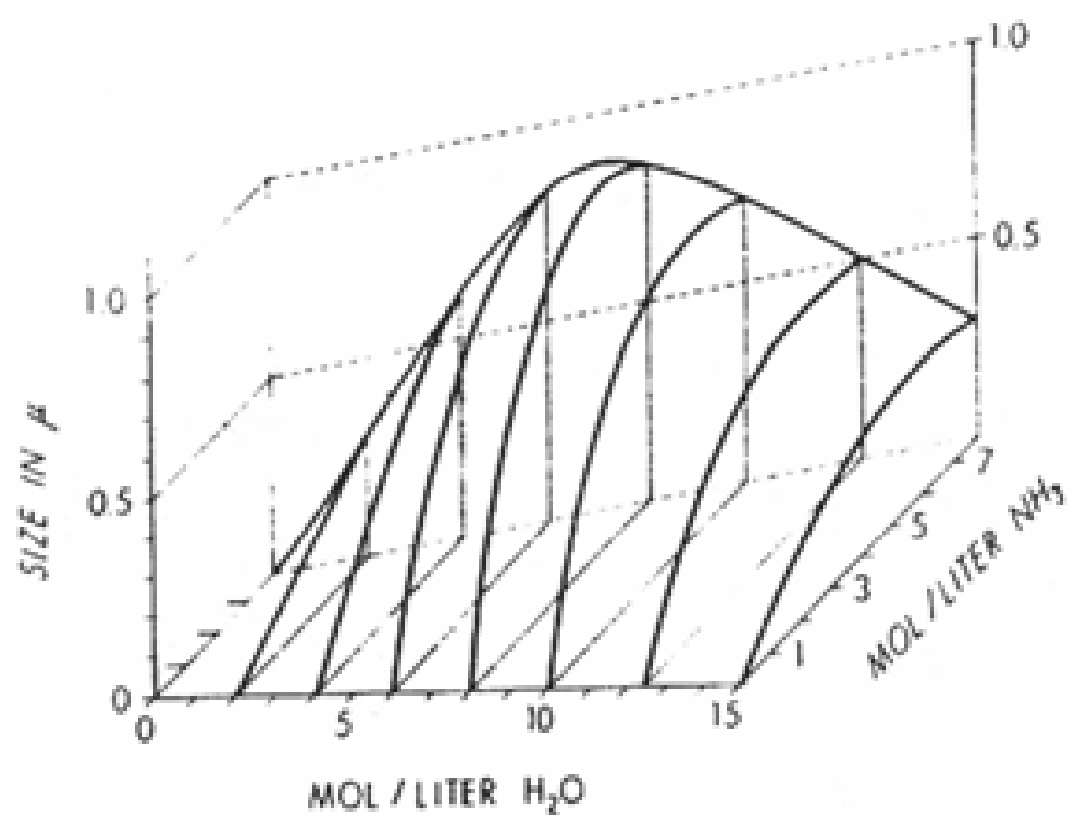
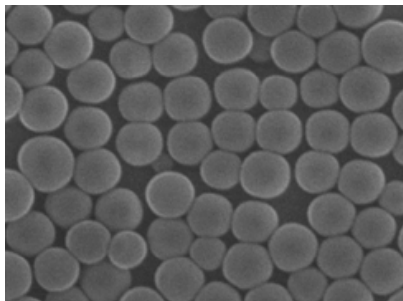
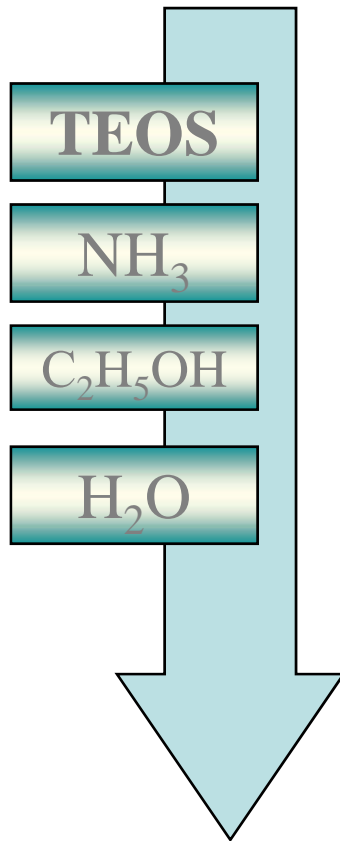
Получение материалов



Гидролиз



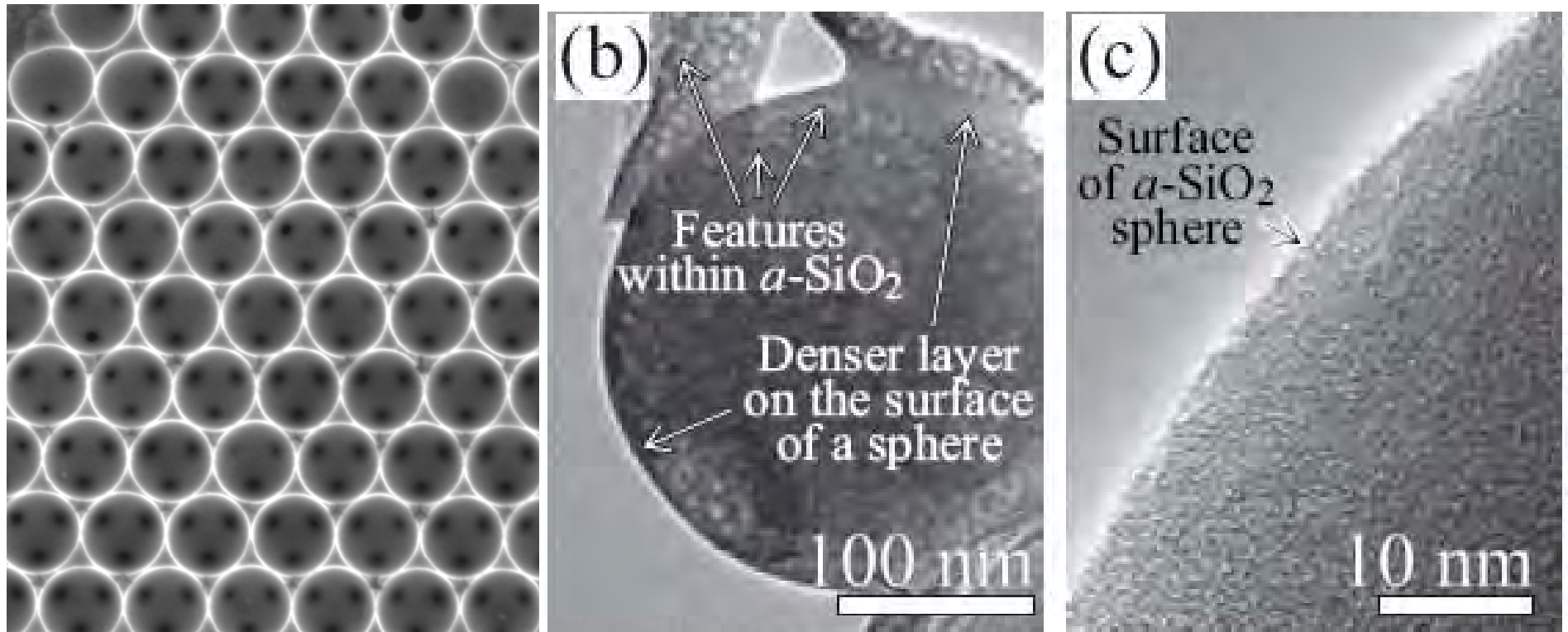
Метод Штробера



$d = 270-400 \text{ nm},$

$\sigma \sim 5\%$

«Инвертированный» опал



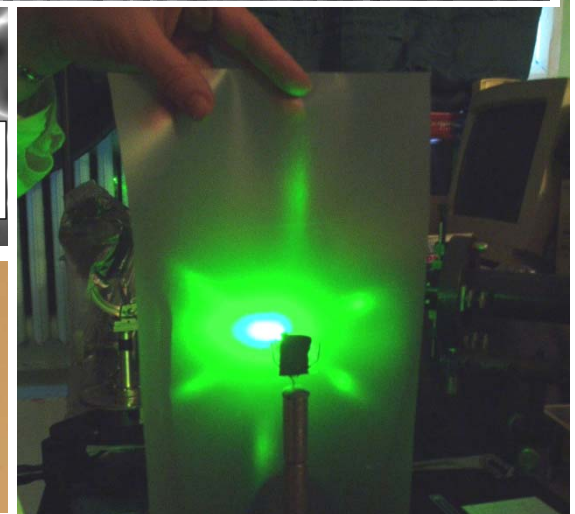
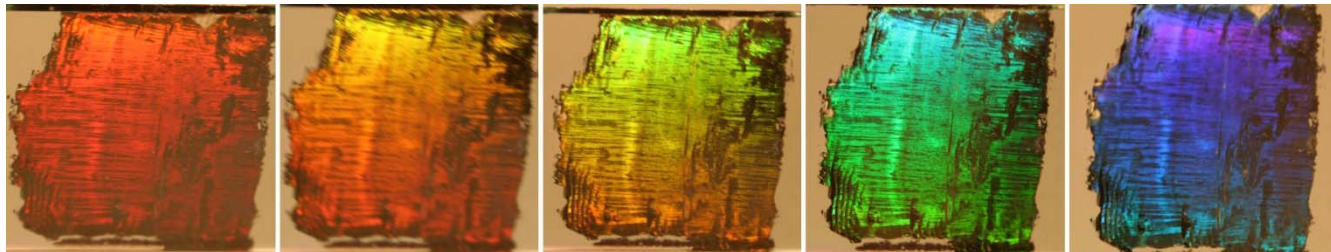
Mag = 50.00 K X

1 μm

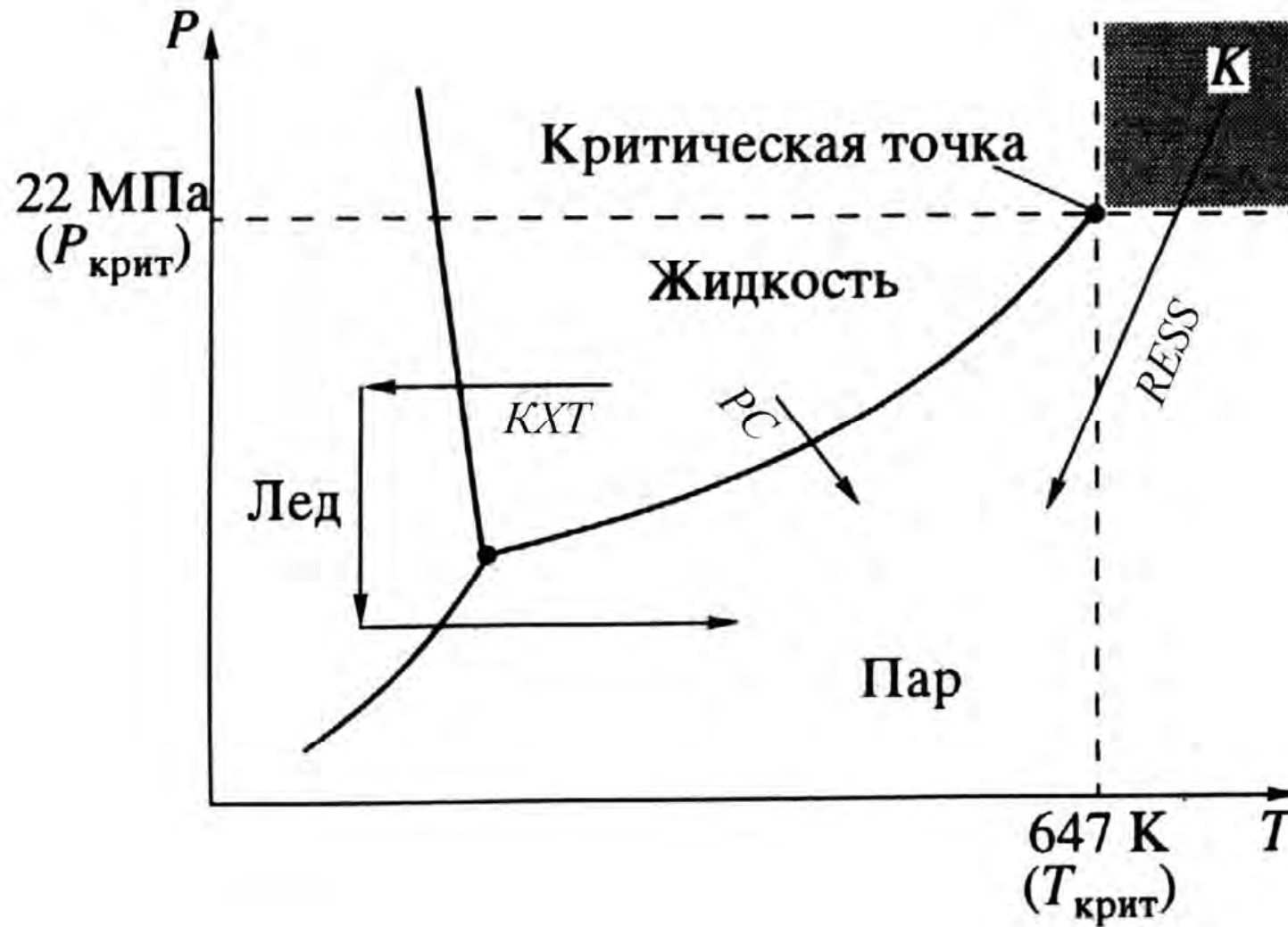
EHT = 5.00 kV
WD = 6 mm

Signal A = InLens
Photo No. = 4063

MSU HSMS
Date : 15 May 2009



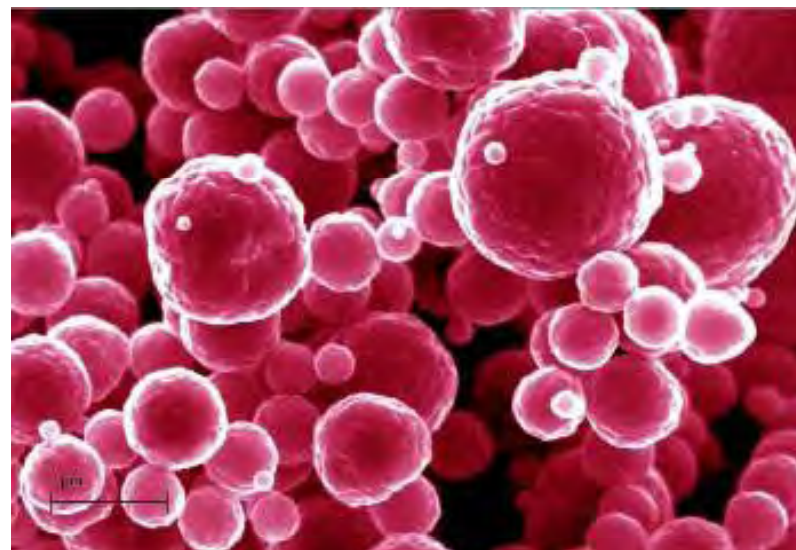
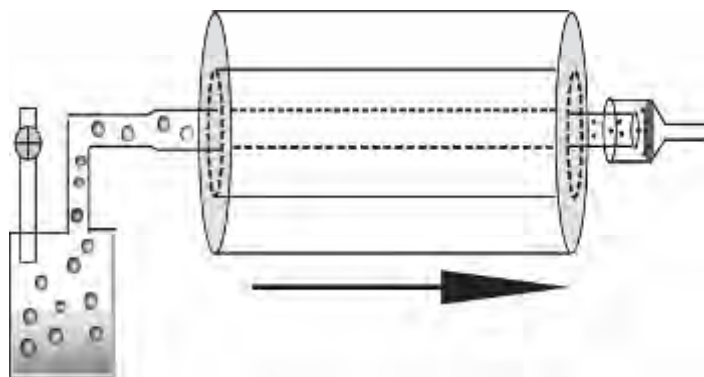
Методы химической гомогенизации



ПИРОЛИЗ АЭРОЗОЛЕЙ –

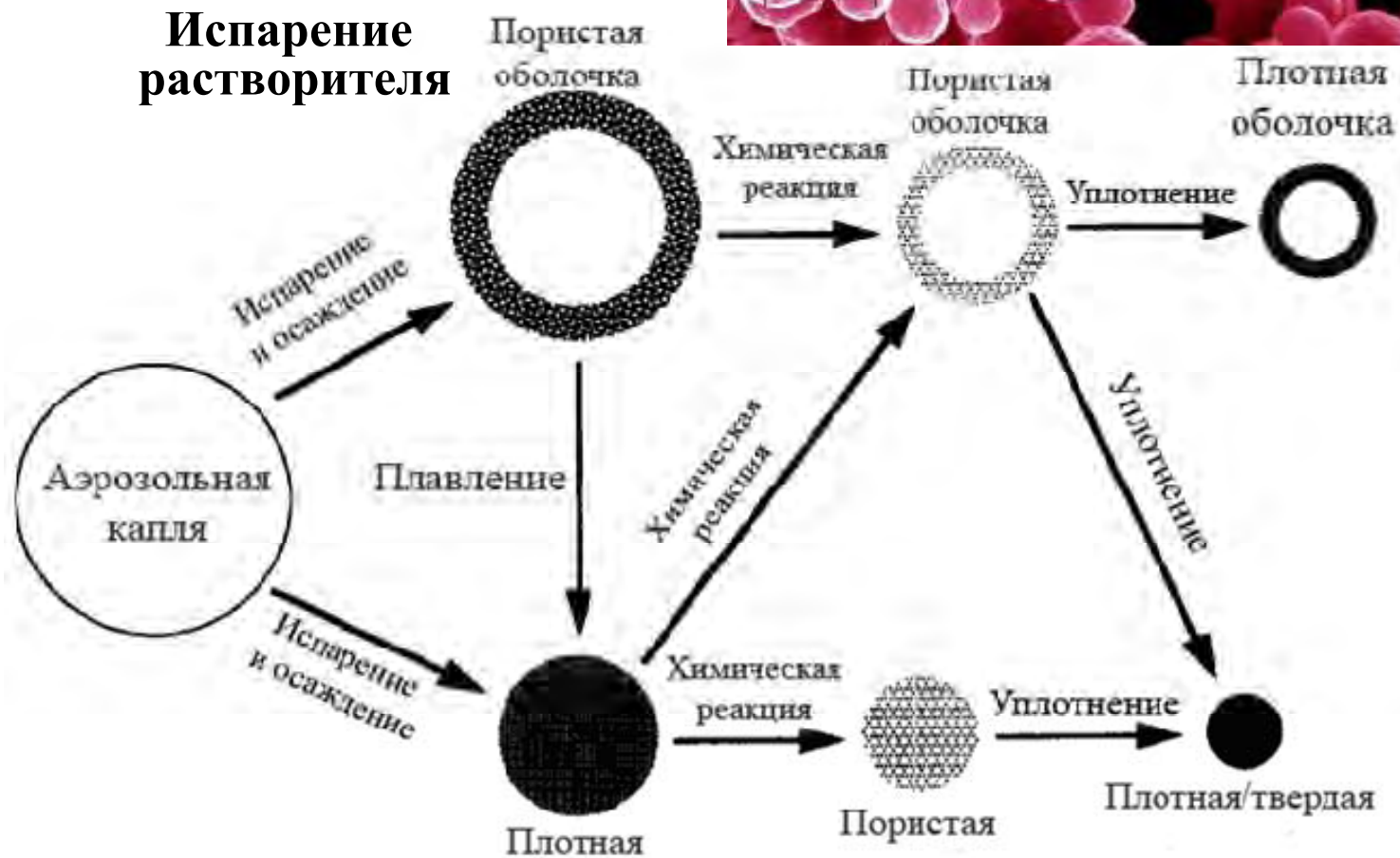
процессы неравновесного превращения коллоидной системы «газ - жидкость» во взвесь твердых частиц или их агрегатов в газовой фазе – носители (испарение растворителя, химическая реакция, диффузия, спекание...)

Пиролиз аэрозолей

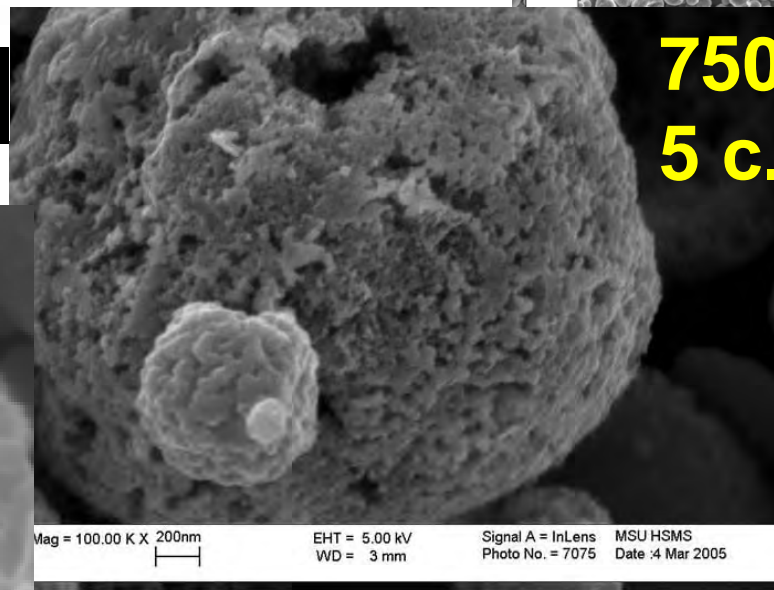
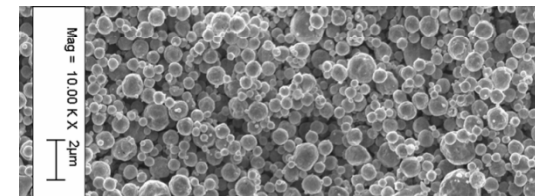
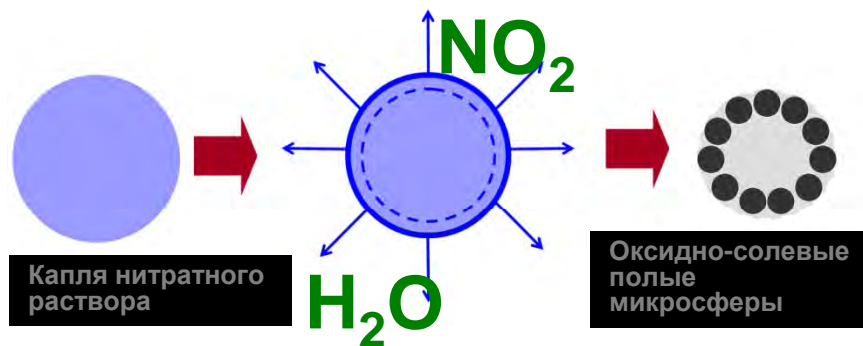


Капля
раствора

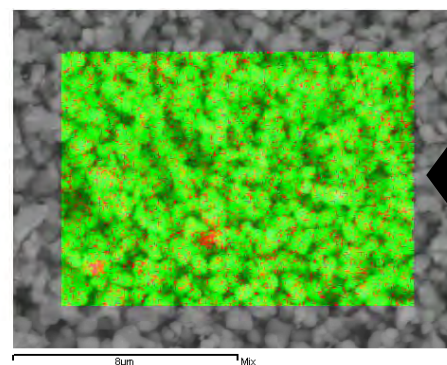
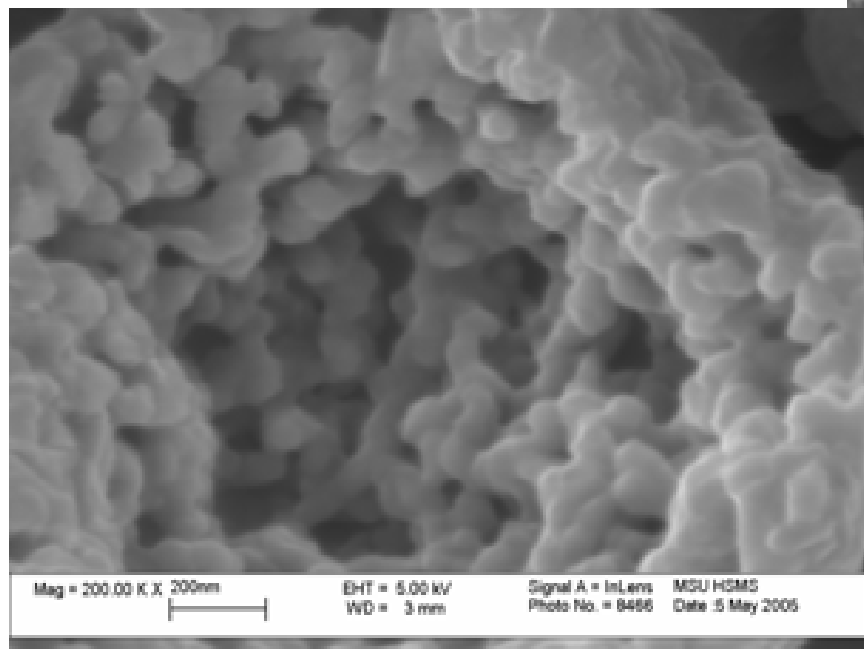
Испарение
растворителя



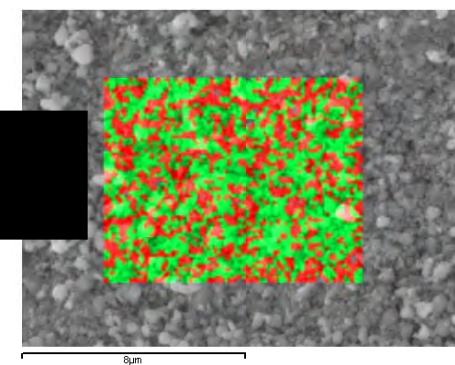
Пиролиз аэрозолей («нанопрекурсоры»)



750°C
5 с.



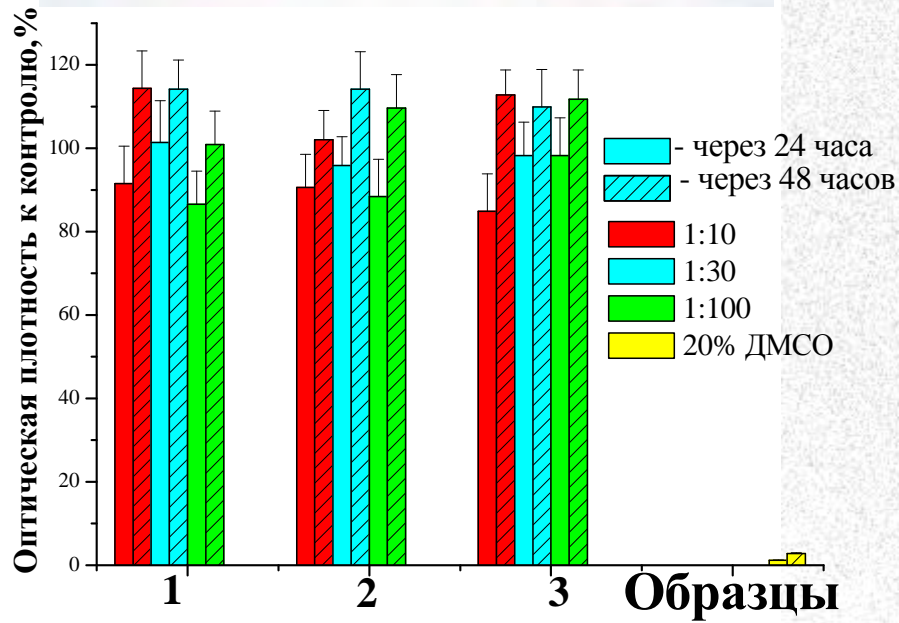
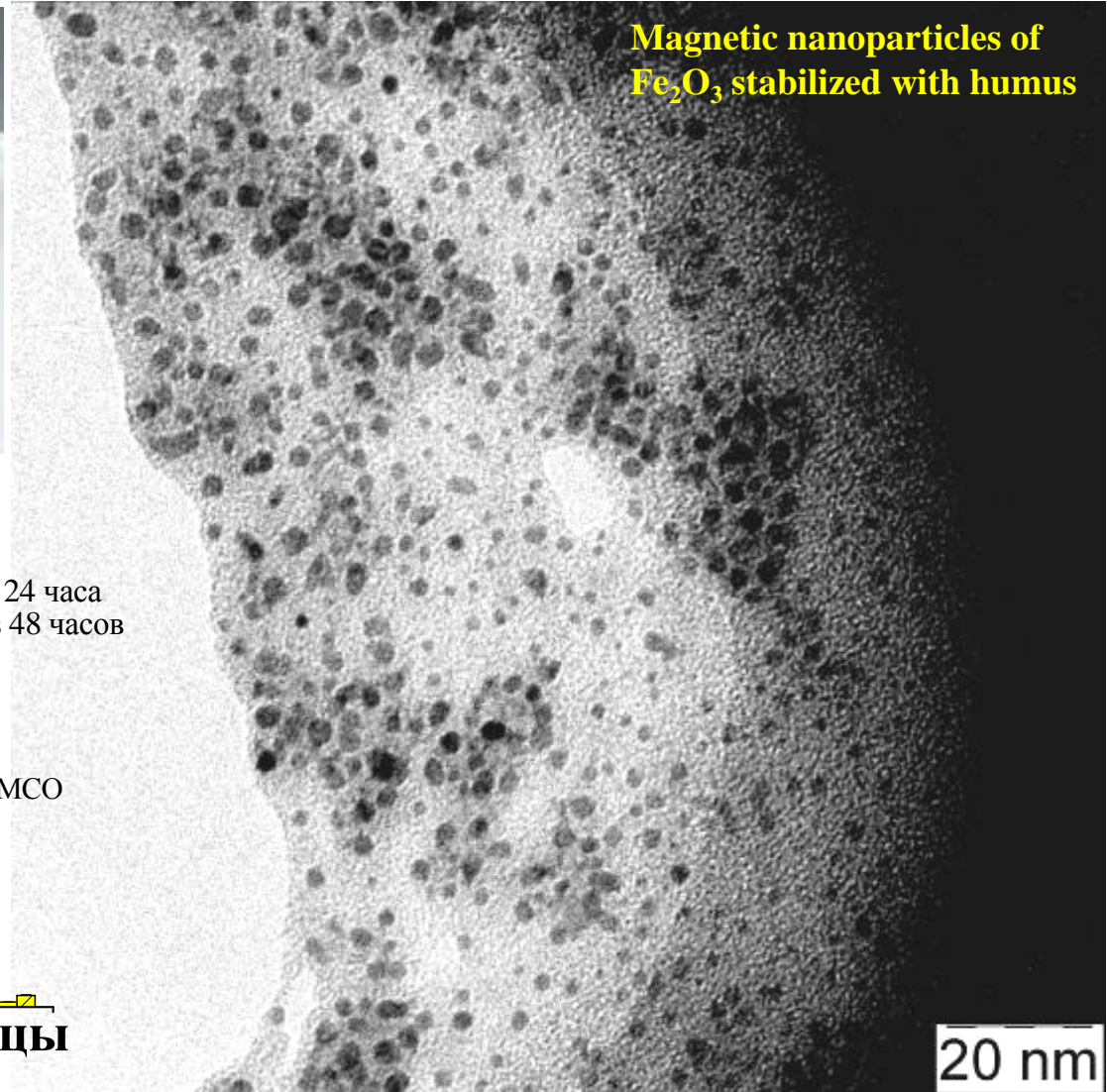
$\text{Ca}(\text{Cu},\text{Mn})_7\text{O}_{12}$



$\text{CaCuMn}_6\text{O}_{12} +$
 $\text{CaCu}_{1.5}\text{Mn}_{5.5}\text{O}_{12}$

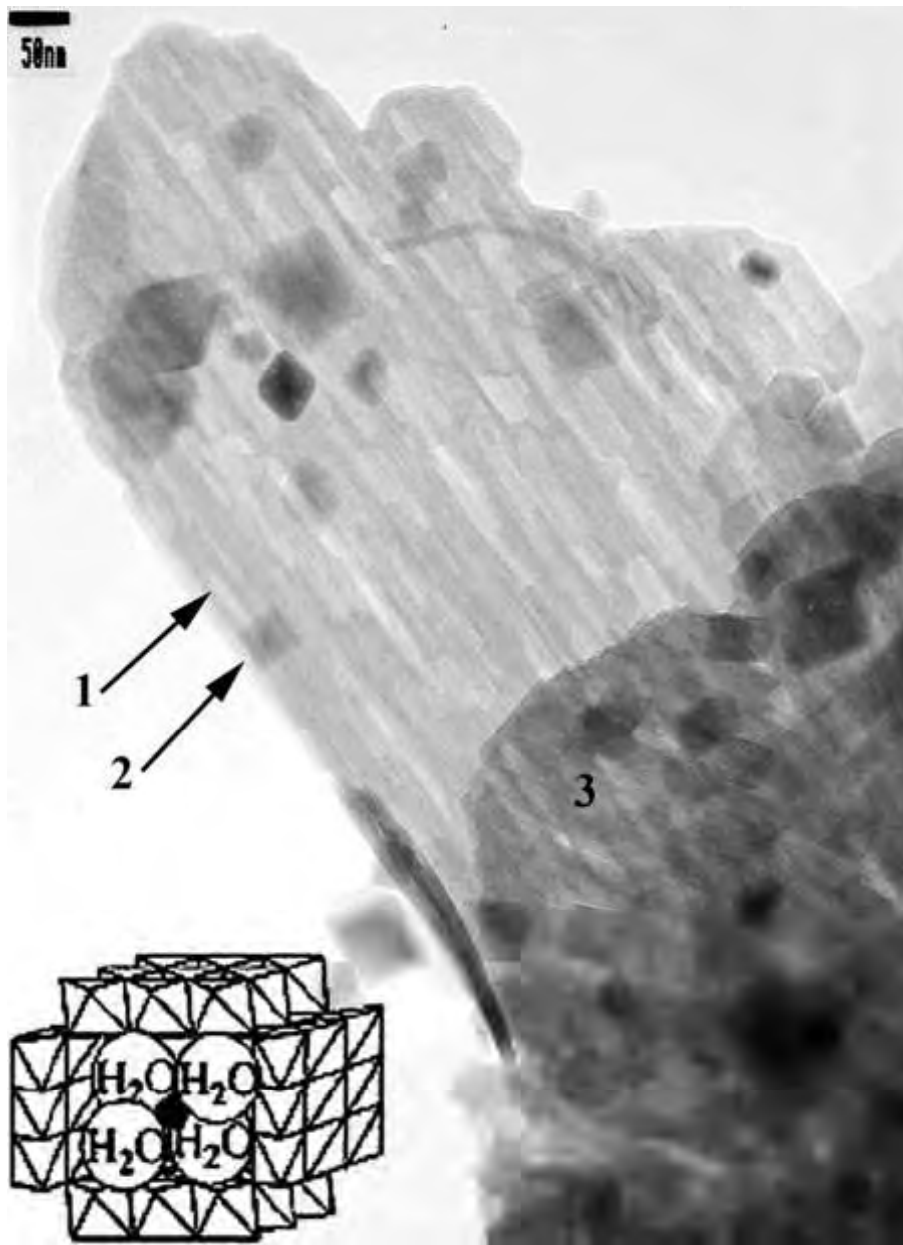
-быстрый синтез (12-24 ч.)

-отсутствие загрязнений



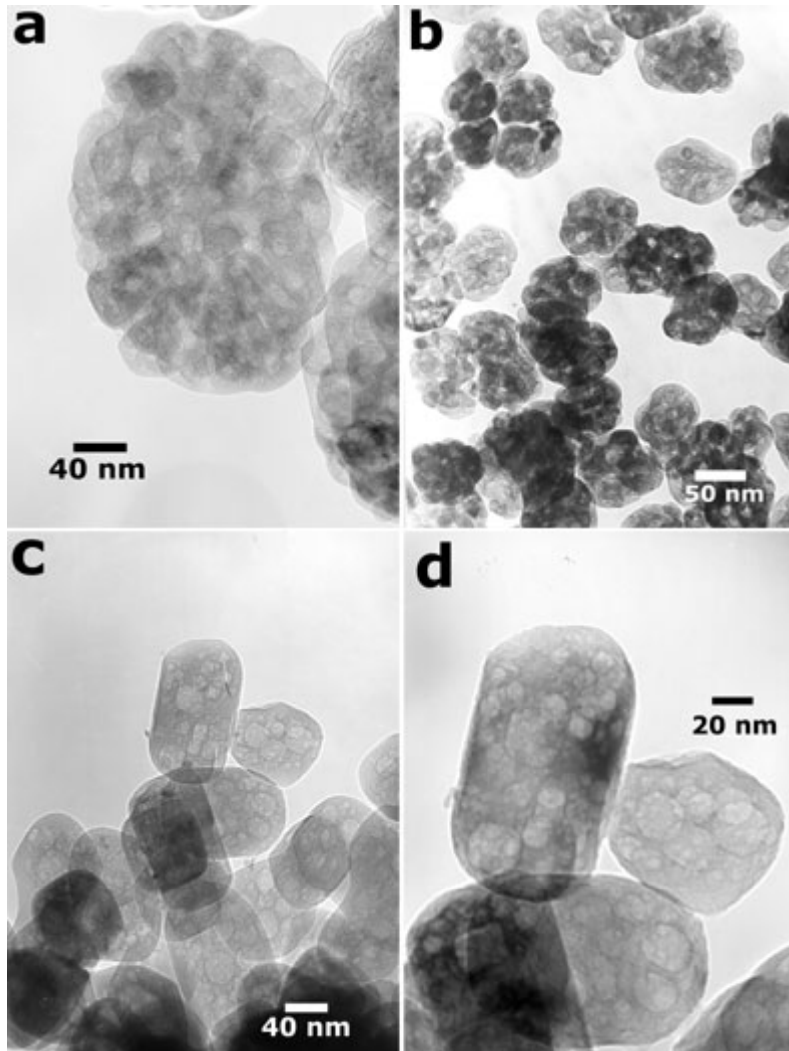
**СОЛЬВОТЕРМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА –
процессы рекристаллизации, сольволиза,
химического взаимодействия в
растворителях при повышенных
температурах (и давлениях)**

Гидротермальный синтез

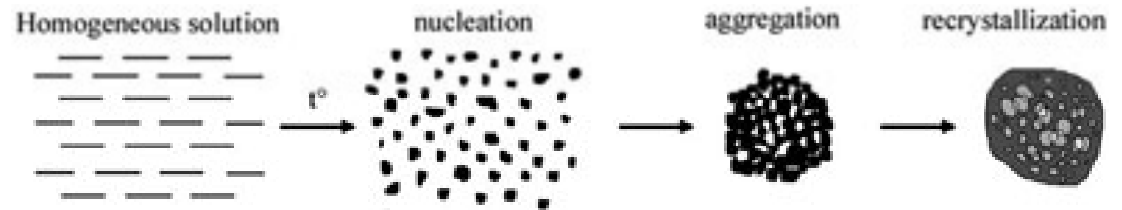


Тодорокит $Mg_xMnO_2 \cdot yH_2O$ 64

Гидротермальная обработка



TEM microphotograph of TiO_2 particles prepared by high-temperature hydrolysis of 0.28M aqueous $\text{H}_2\text{TiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ solutions: a - 250°C , 10 min; b - 250°C , 1 h; c, d - 250°C , 6 h.

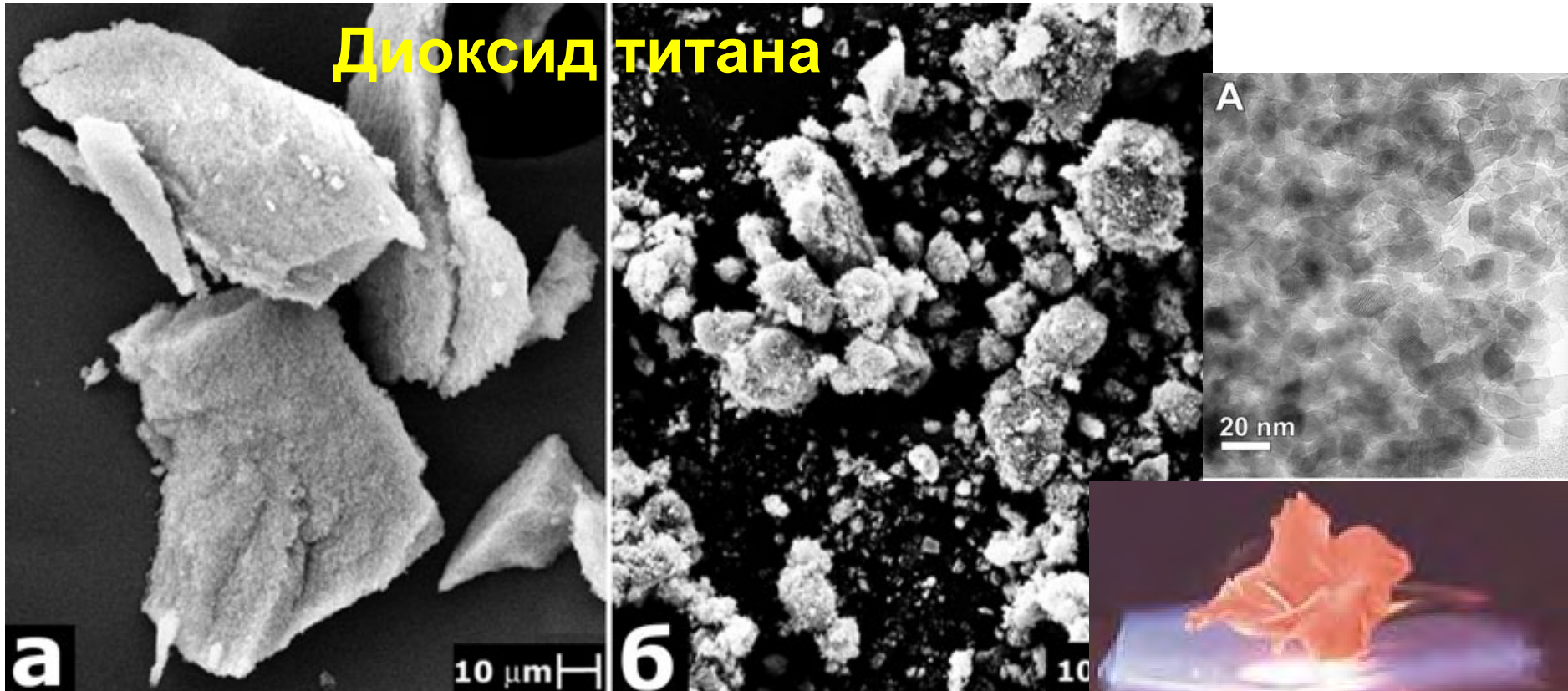


A scheme of mesoporous TiO_2 particles formation.

Б.Р.Чурагулов и др.

Аэрогели

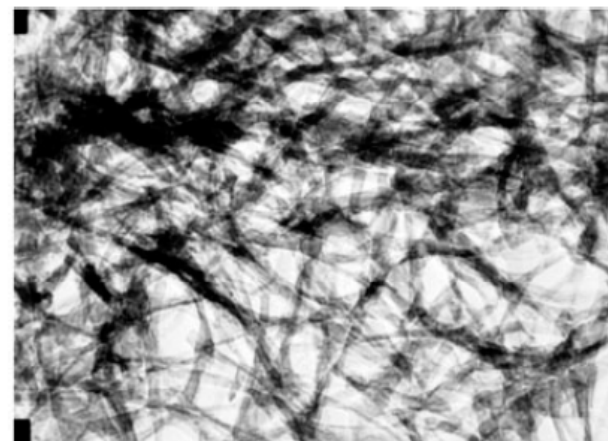
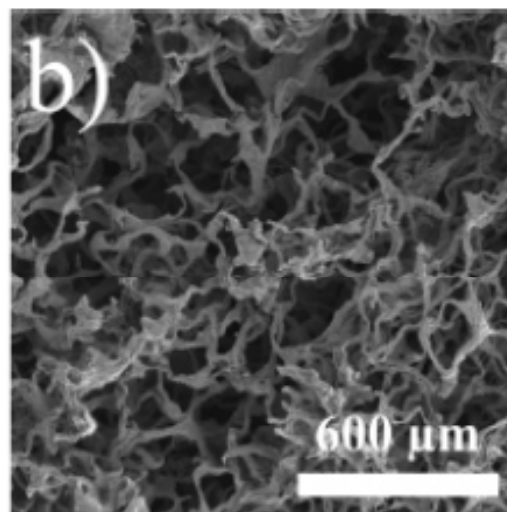
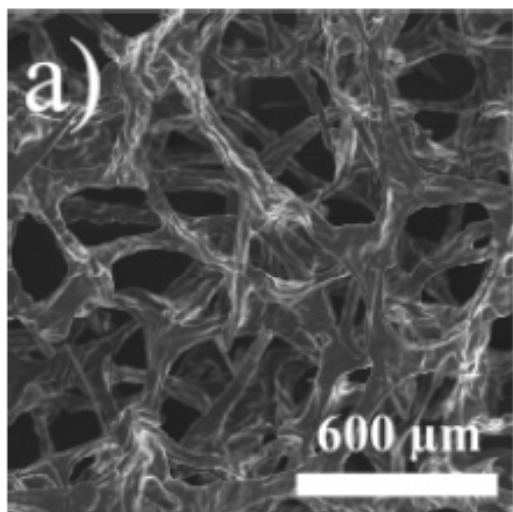
Диоксид титана



- малая плотность
- высокая пористость
- эффект «лотоса»

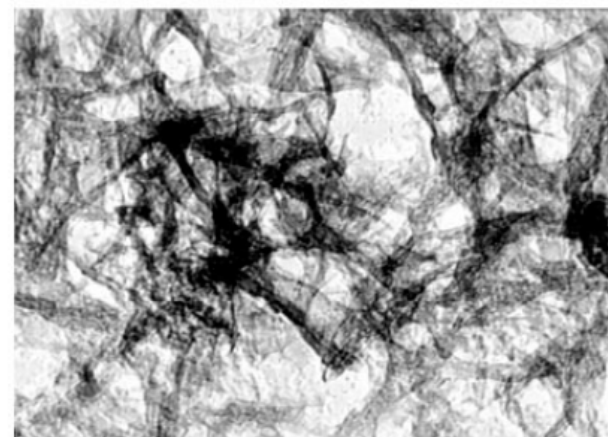


Пена и аэрогель гибридного материала на основе V_2O_5



50 nm

supercritically dried



50 nm

ambiently dried

Hypothesized Orientation of the Tergitol NP10 Chains ($C_9H_{19}\cdot C_6H_4\cdot(OC_2H_4)_9\cdot OH$) within Vanadium Oxide Layer:
Deduced from X-ray Diffraction Patterns

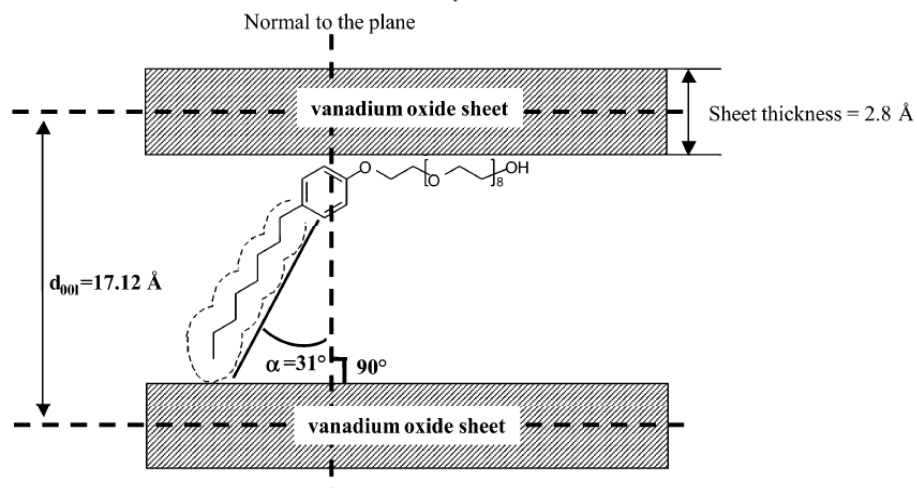
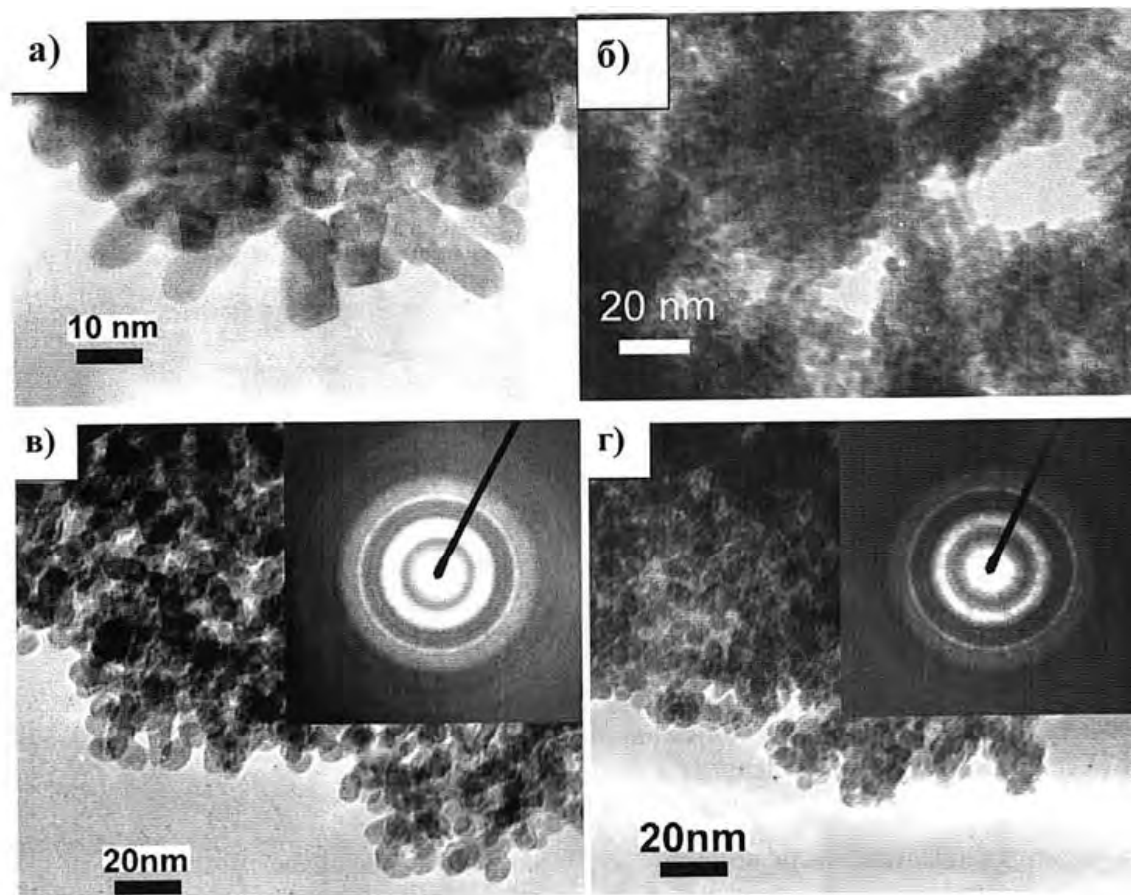


Fig. 7 Transmission electron micrographs comparing vanadium oxide gels dried by (top) supercritical drying from CO_2 to form an aerogel and (bottom) ambient-pressure evaporation of hexane to form an ambigel.

RESS (расширение сверхкритических растворов)



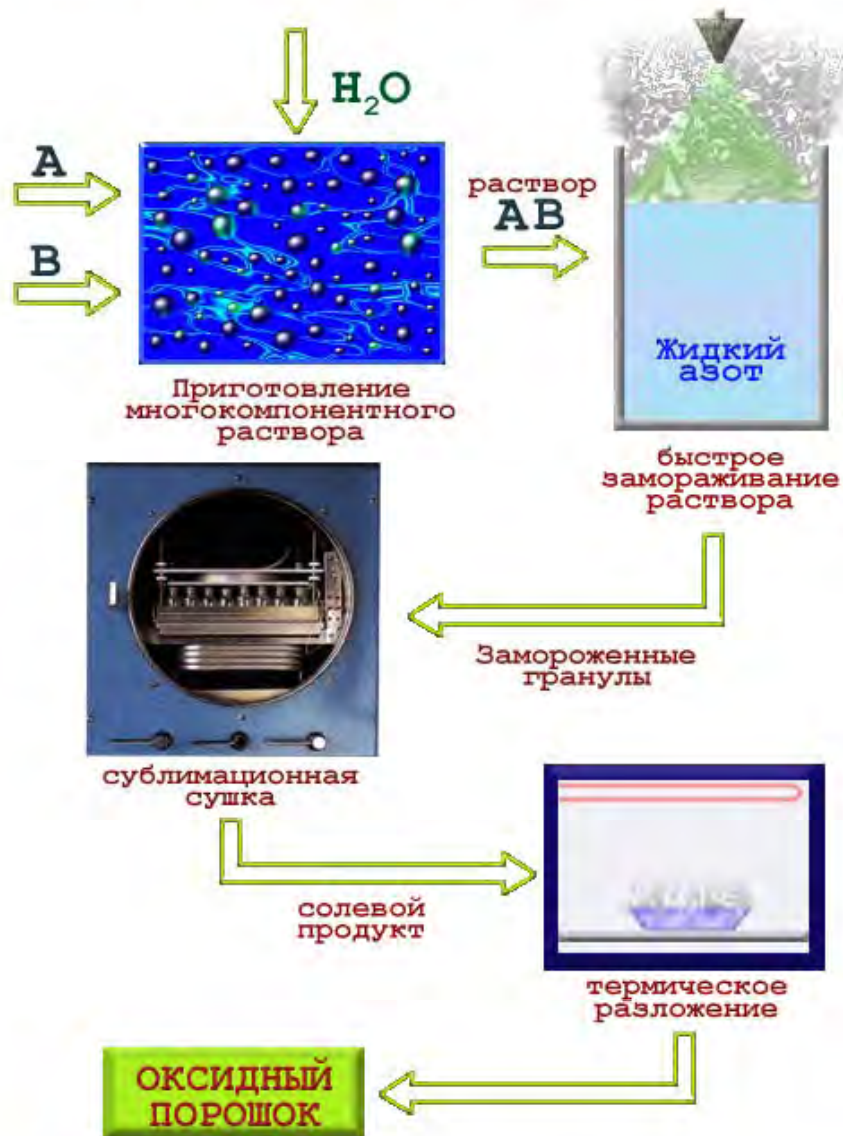
Электронные микрофотографии (ПЭМ) и данные электронной дифракции (на врезках (б и в) нанокристаллических порошков ZrO_2 , синтезированных из водных растворов нитрата циркония следующими методами: а) высокотемпературным гидролизом 0,25 М раствора ($T=523$ К, $\tau=6$ ч); б) высокотемпературным гидролизом 0,25 М раствора ($T=403$ К, $\tau=1$ ч); в) RESS-методом ($T=773$ К, $P=100$ МПа, $\tau=6-7$ с, 0,05 М); г) RTDS-методом ($T=623$ К, $P=100$ МПа, $\tau=4-6$ с, 0,05 М).

КРИОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ –

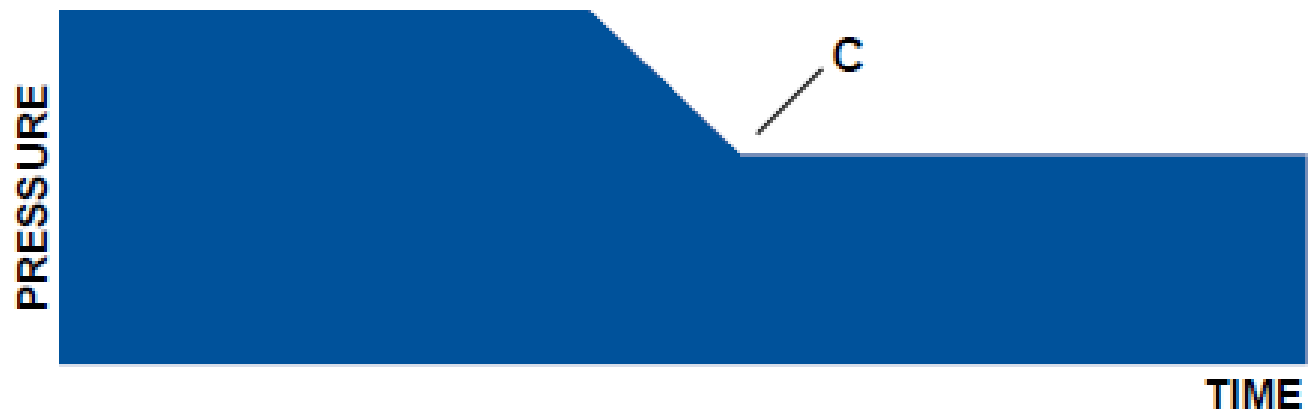
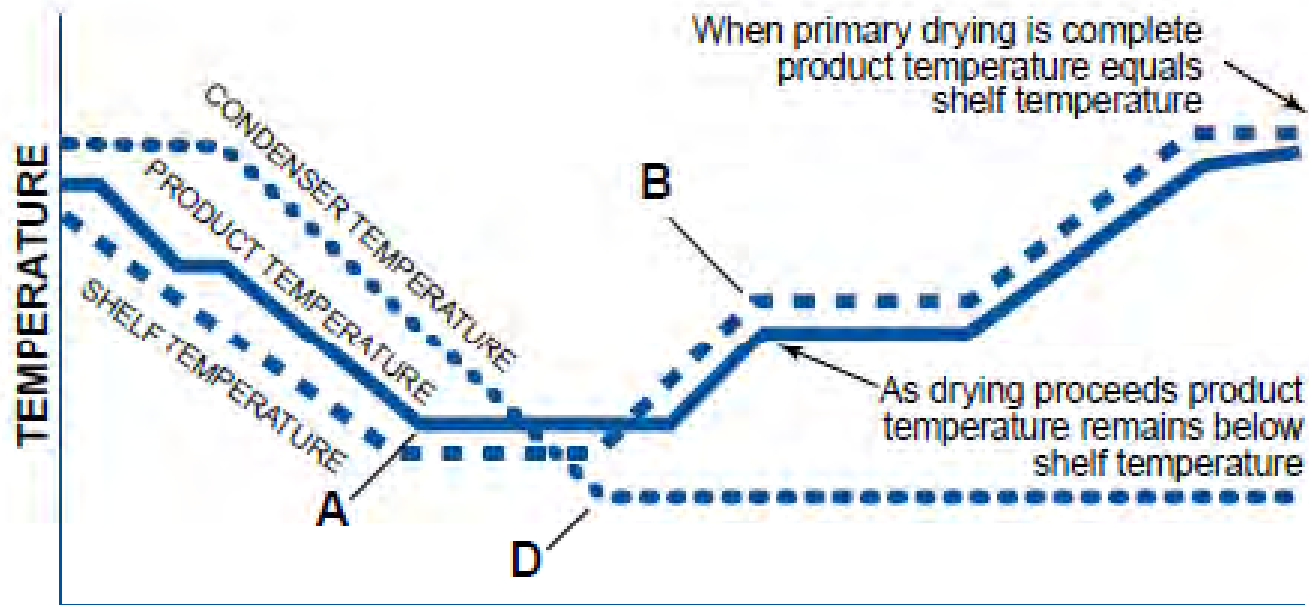
**группа методов, использующих процессы,
протекающие при пониженных
температурах (сублимация,
криоэкстракция, криоосаждение,
криопропитка и пр.)**

Сублимационная сушка

СХЕМА КРИОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ



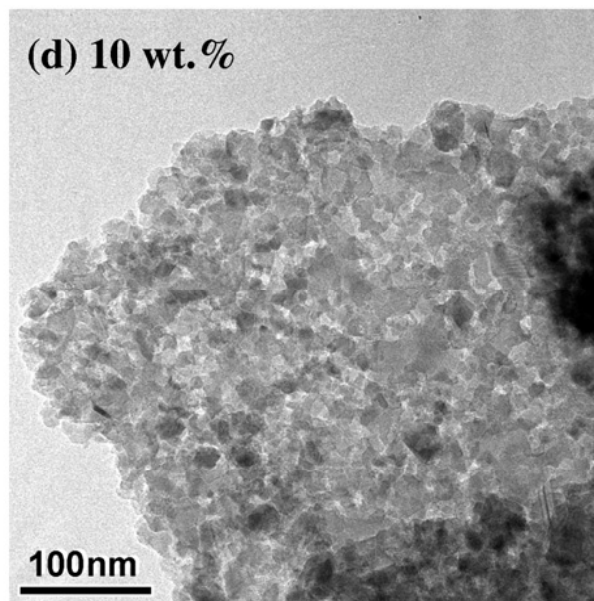
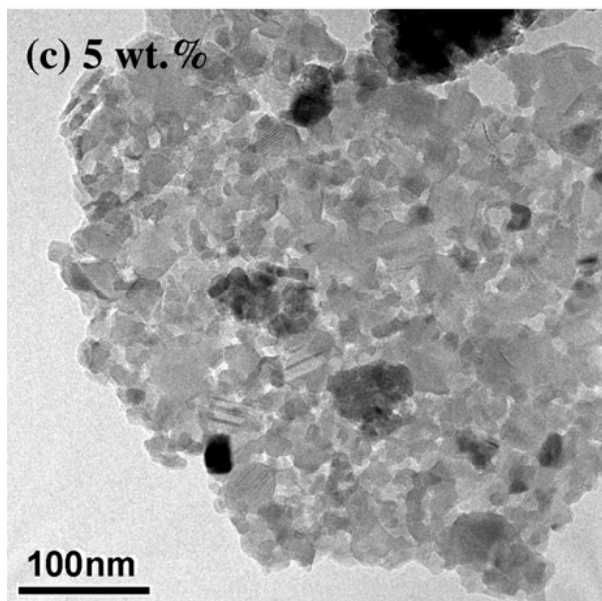
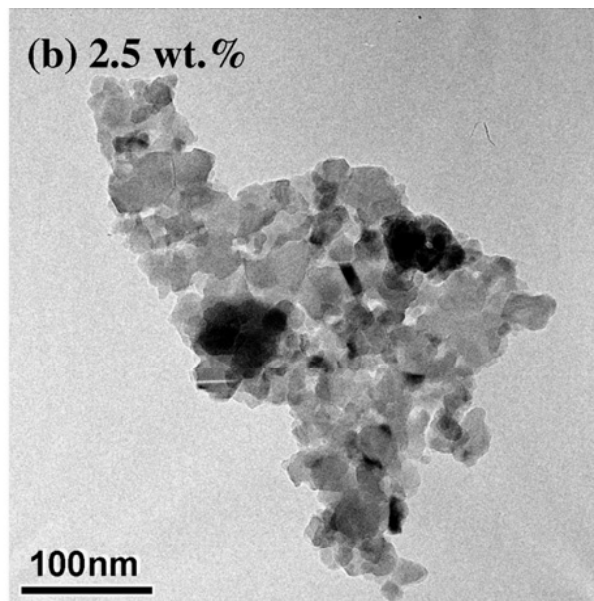
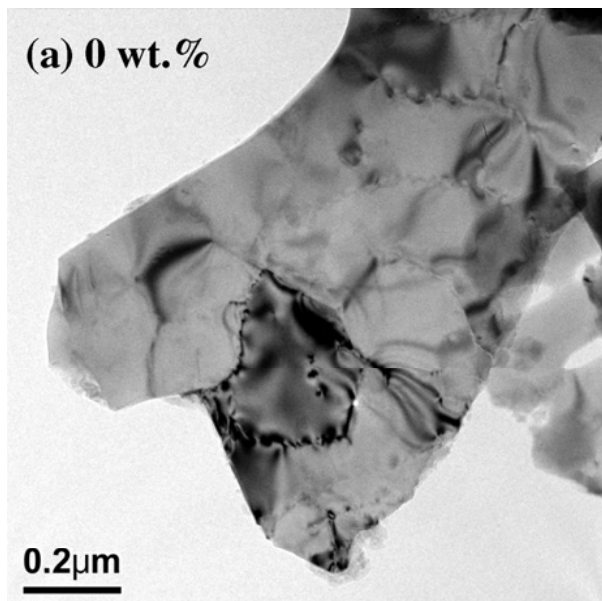
Оборудование



Typical Sublimation Cycle found in system utilizing Tray Dryer with shelves.

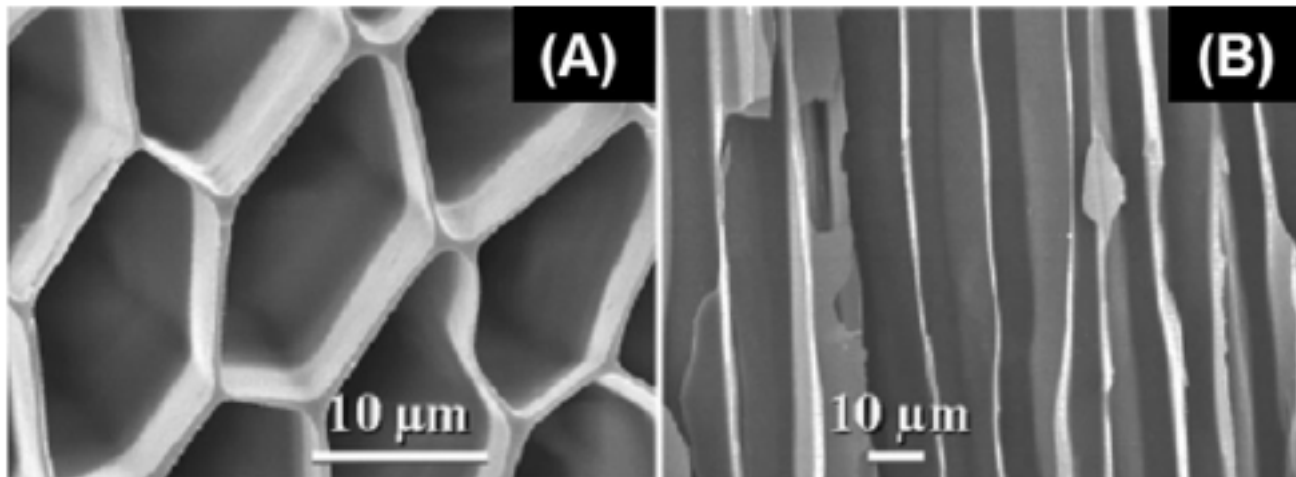
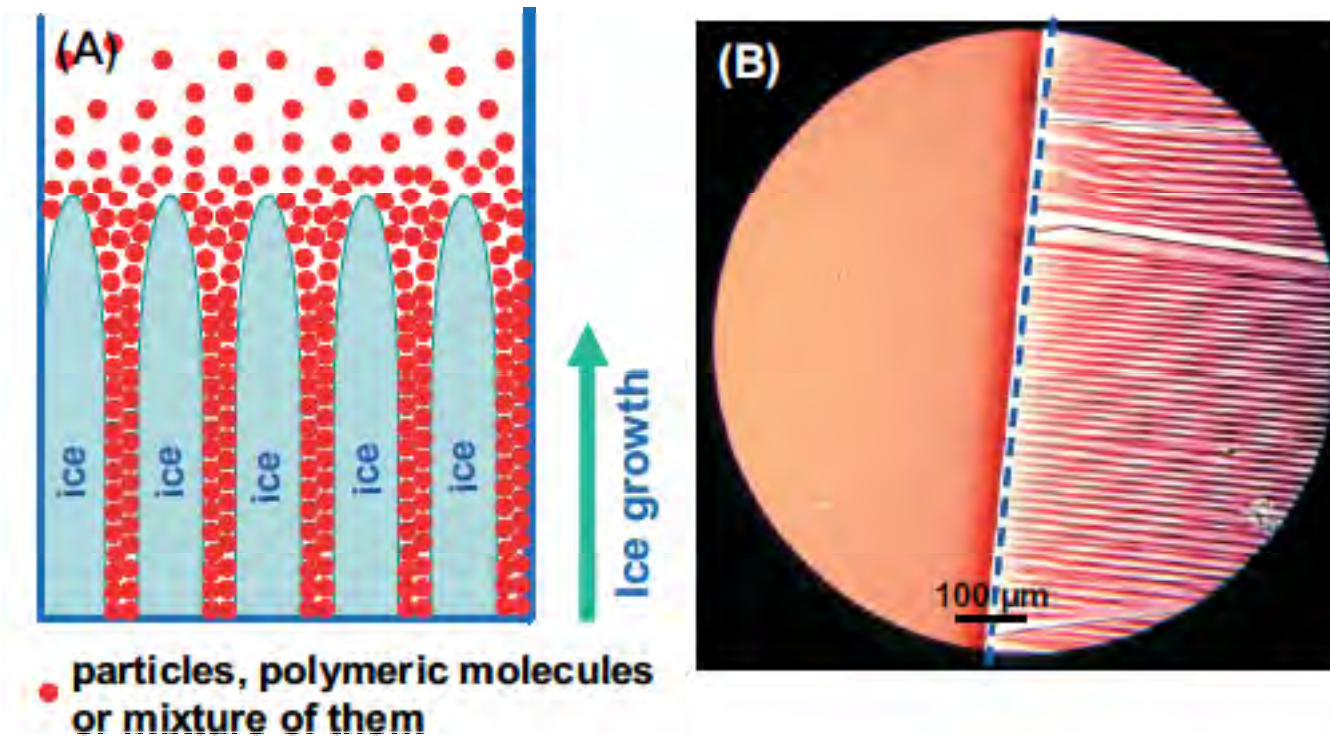


$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ криогели после отжига

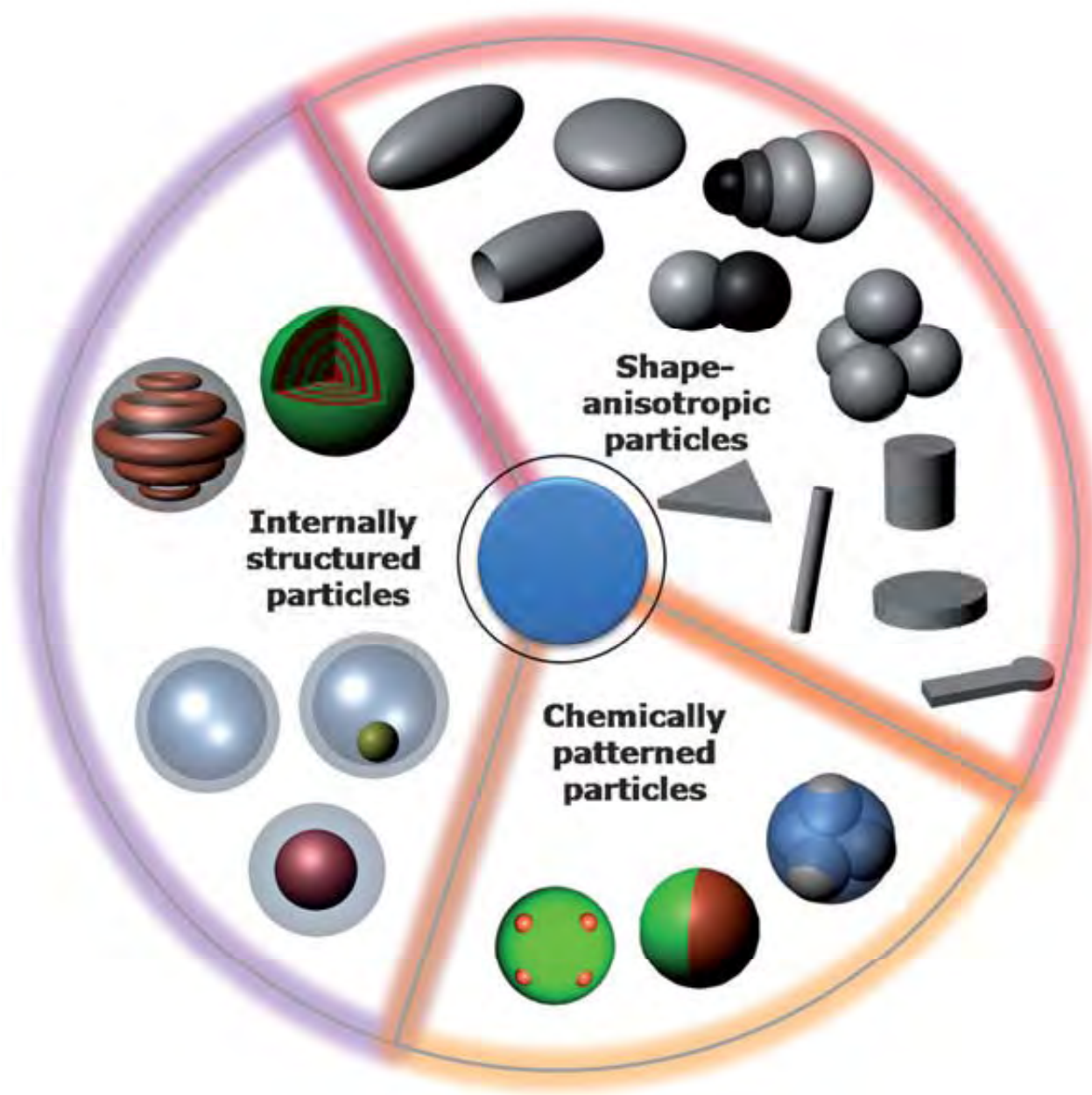


TEM images of silica–alumina cryogels after the calcination at 1200 C for 5 h. The silica content: (a) 0 wt%, (b) 2.5 wt%, (c) 5 wt%, and (d) 10 wt%.

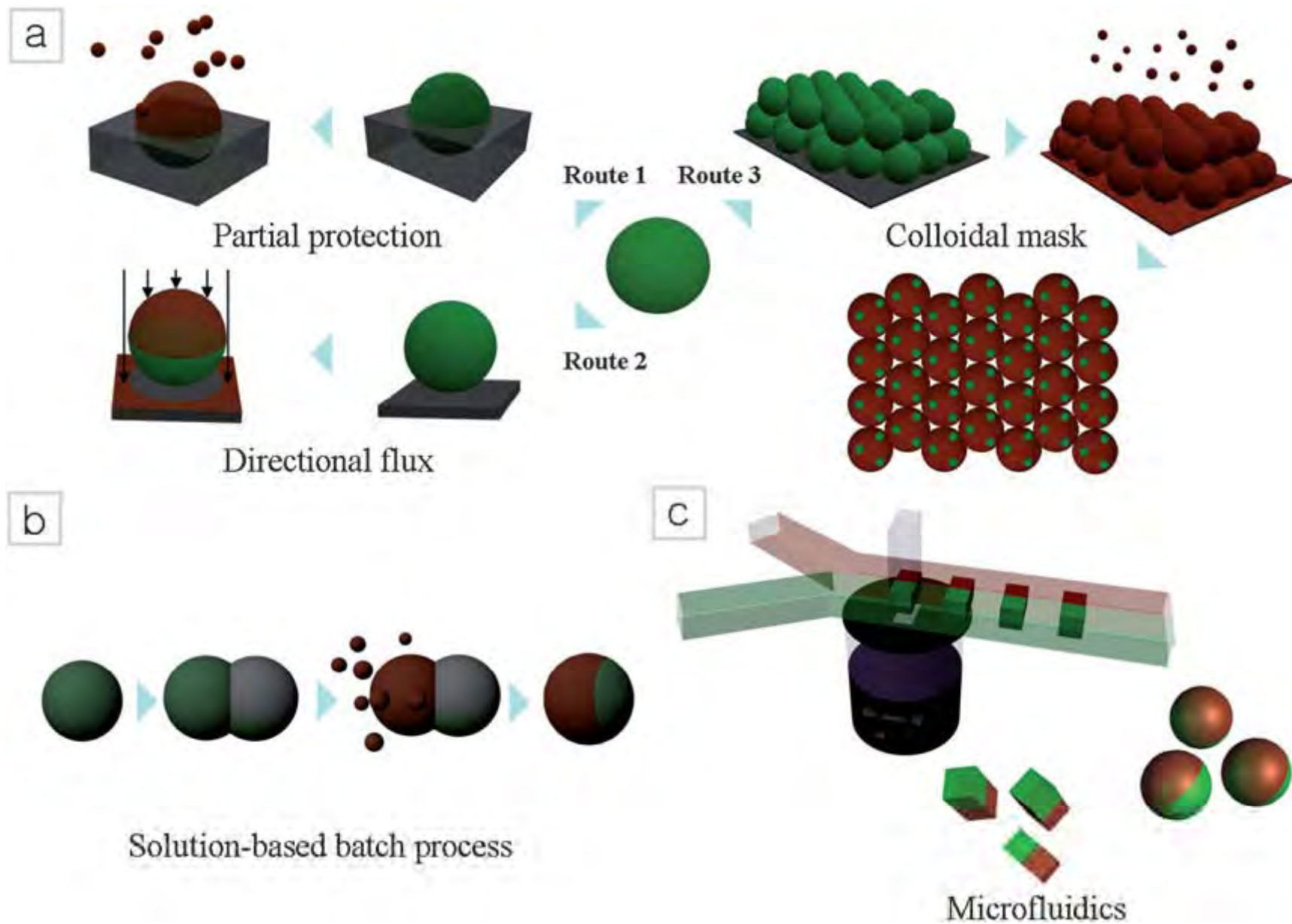
Текстурирование холодом



Типы частиц - янусов



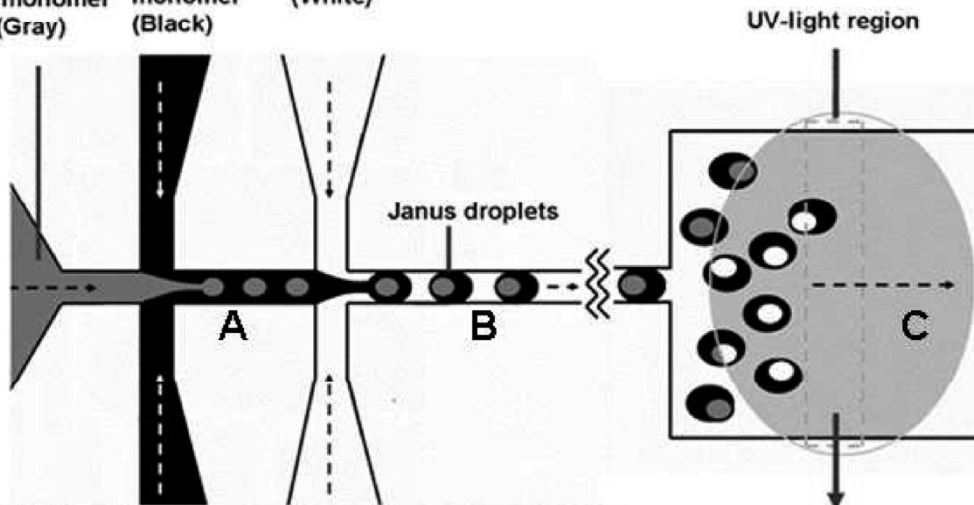
Массовое производство



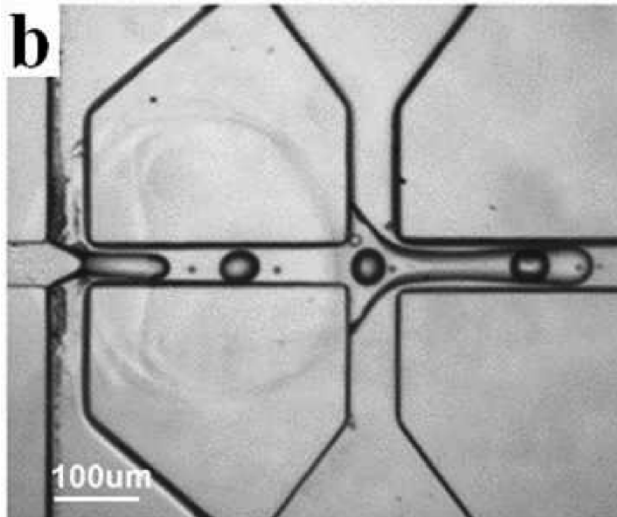
Микрожидкостная машина

a

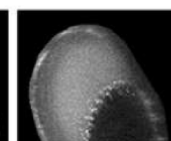
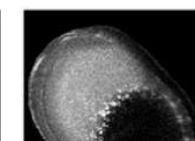
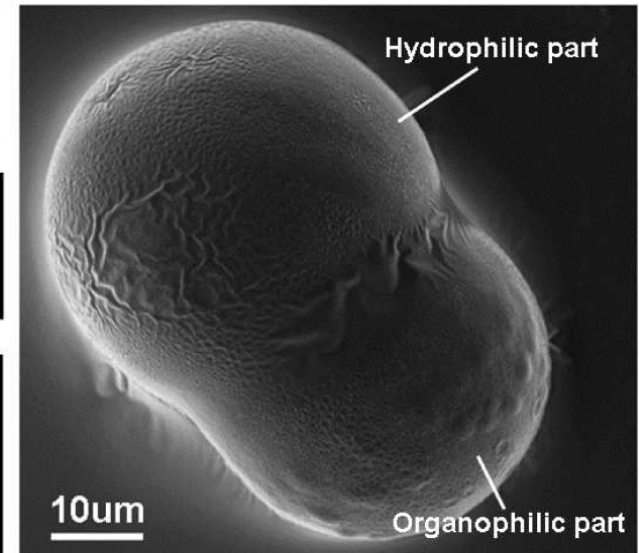
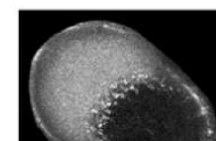
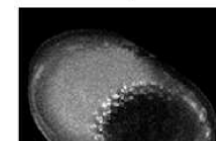
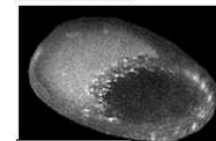
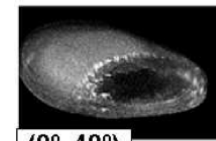
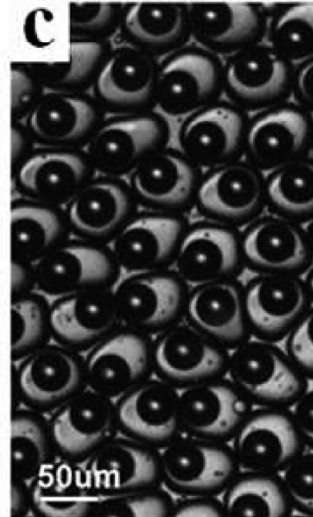
Oleophilic monomer (Gray)
Hydrophilic monomer (Black)
Oil solution (White)



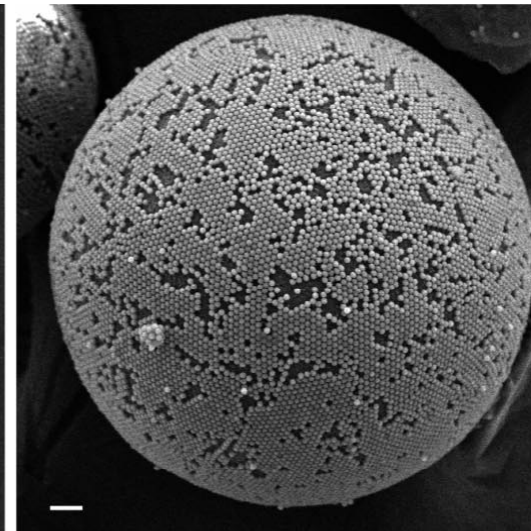
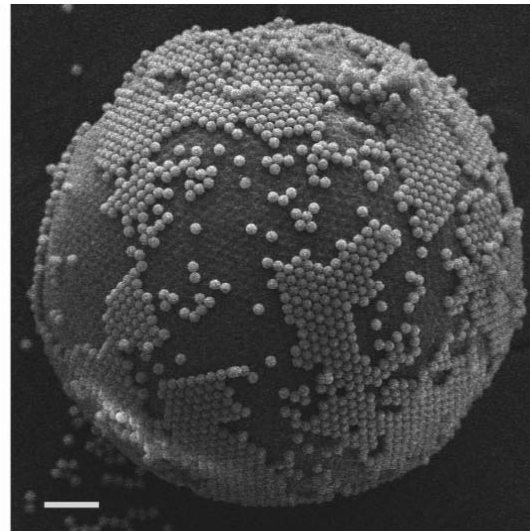
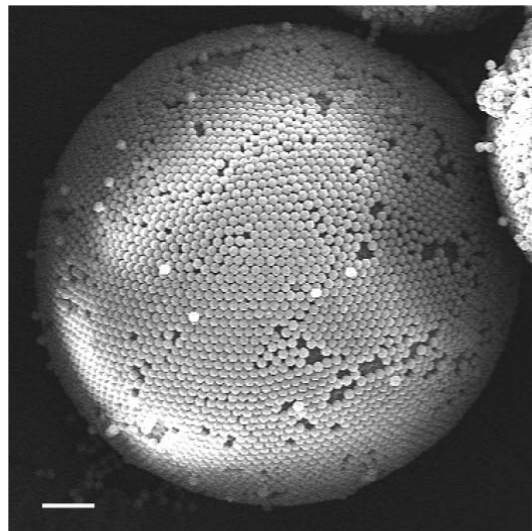
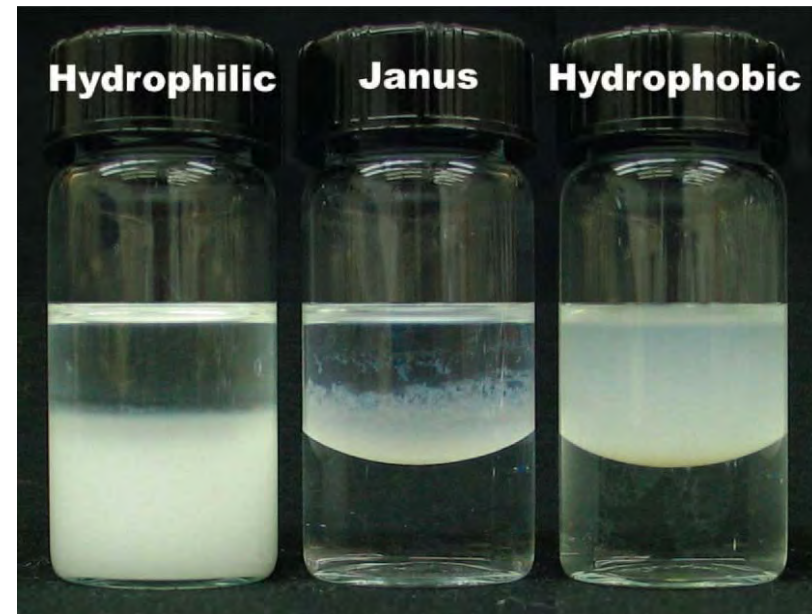
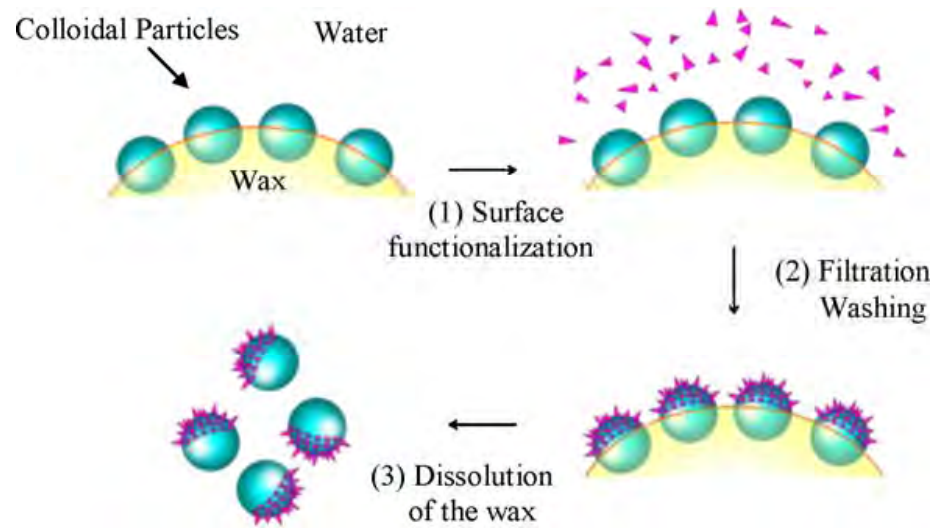
b



c



«Парафинная» технология

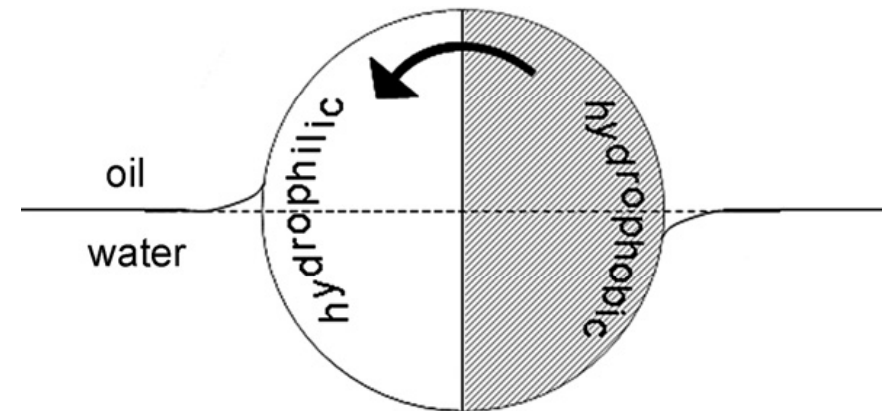
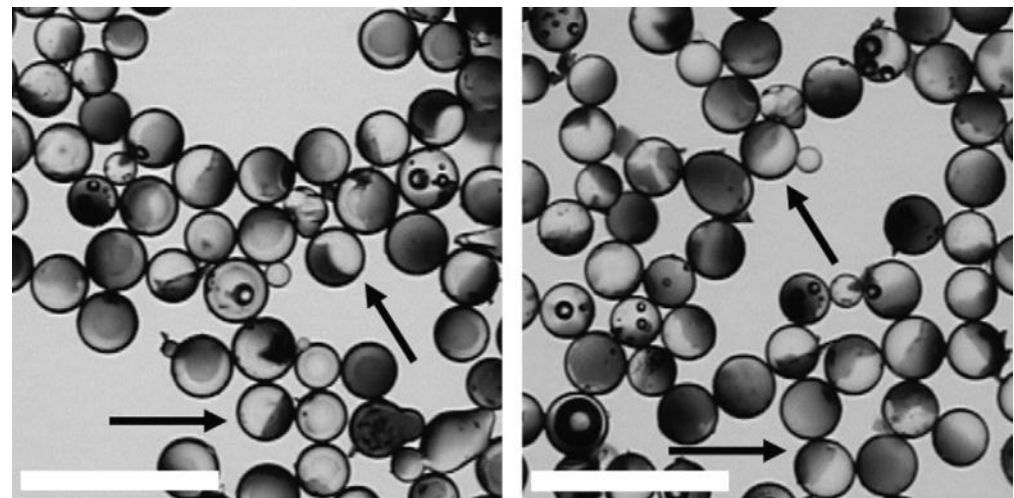
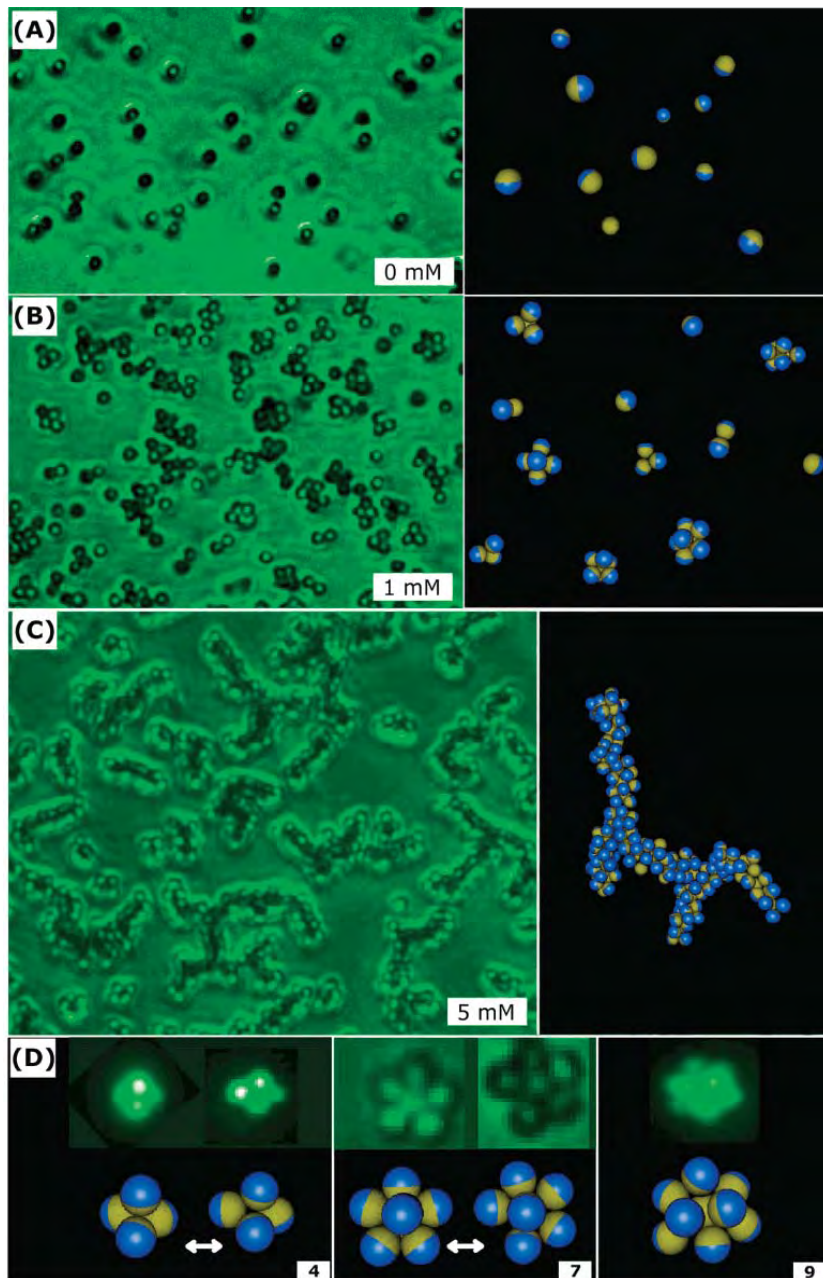


(a)

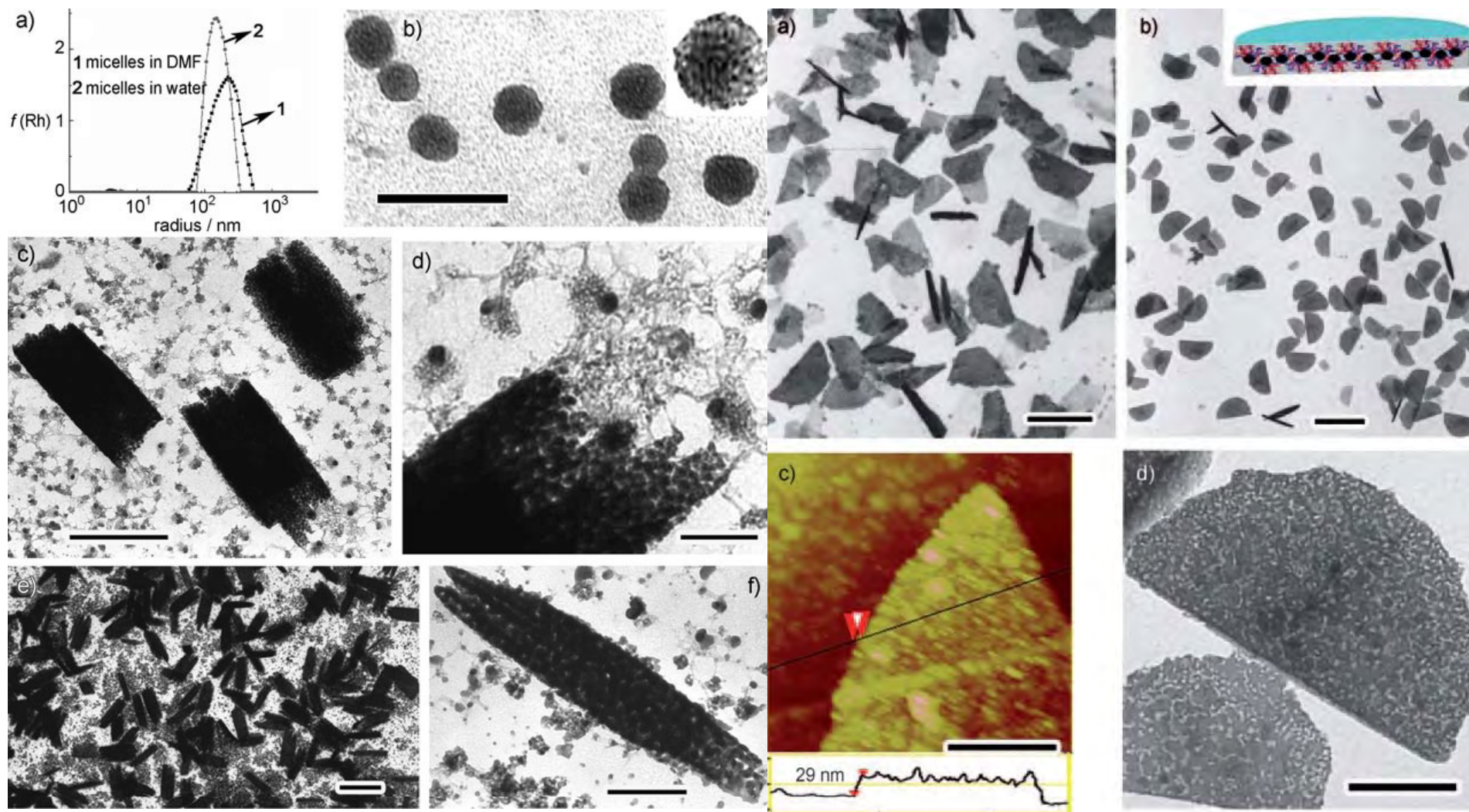
(b)

(c)

Кластеры амфифильных частиц



Самосборка частиц - янусов

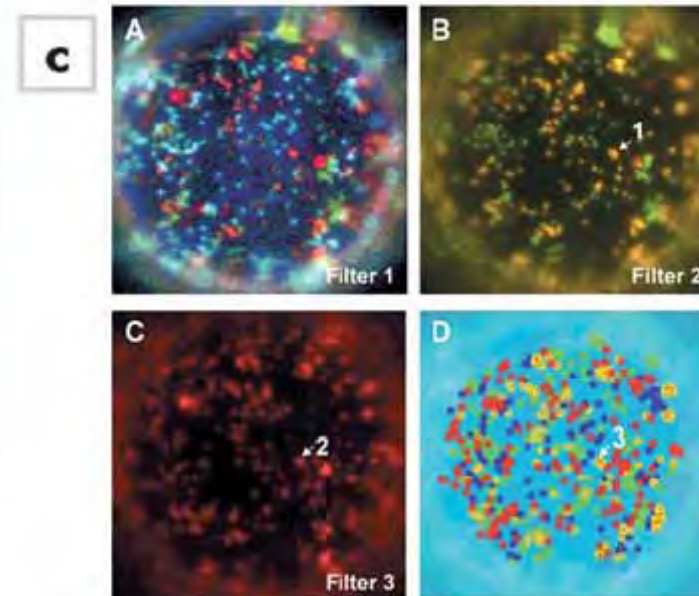
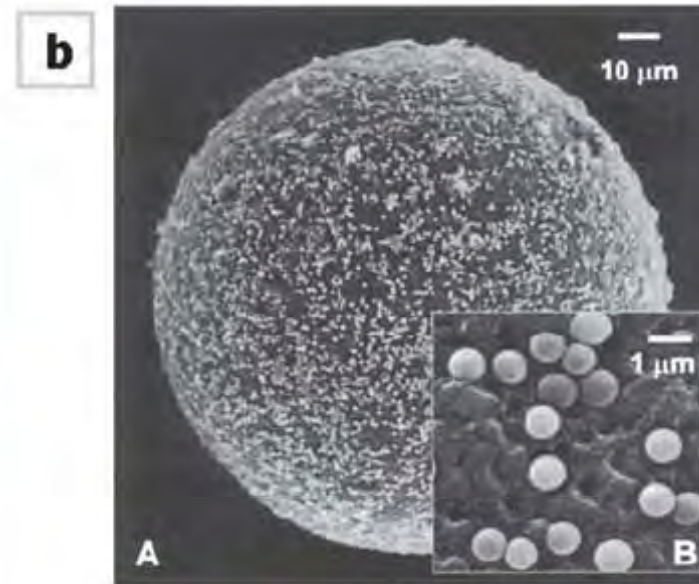
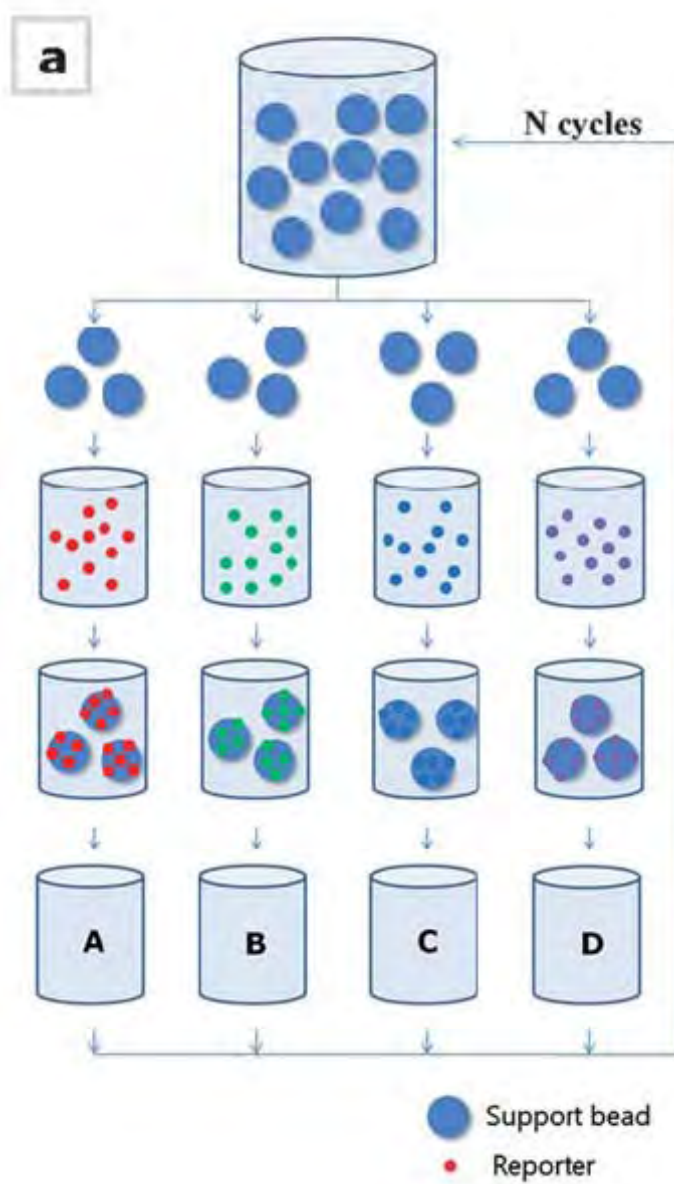


ФНМ МГУ

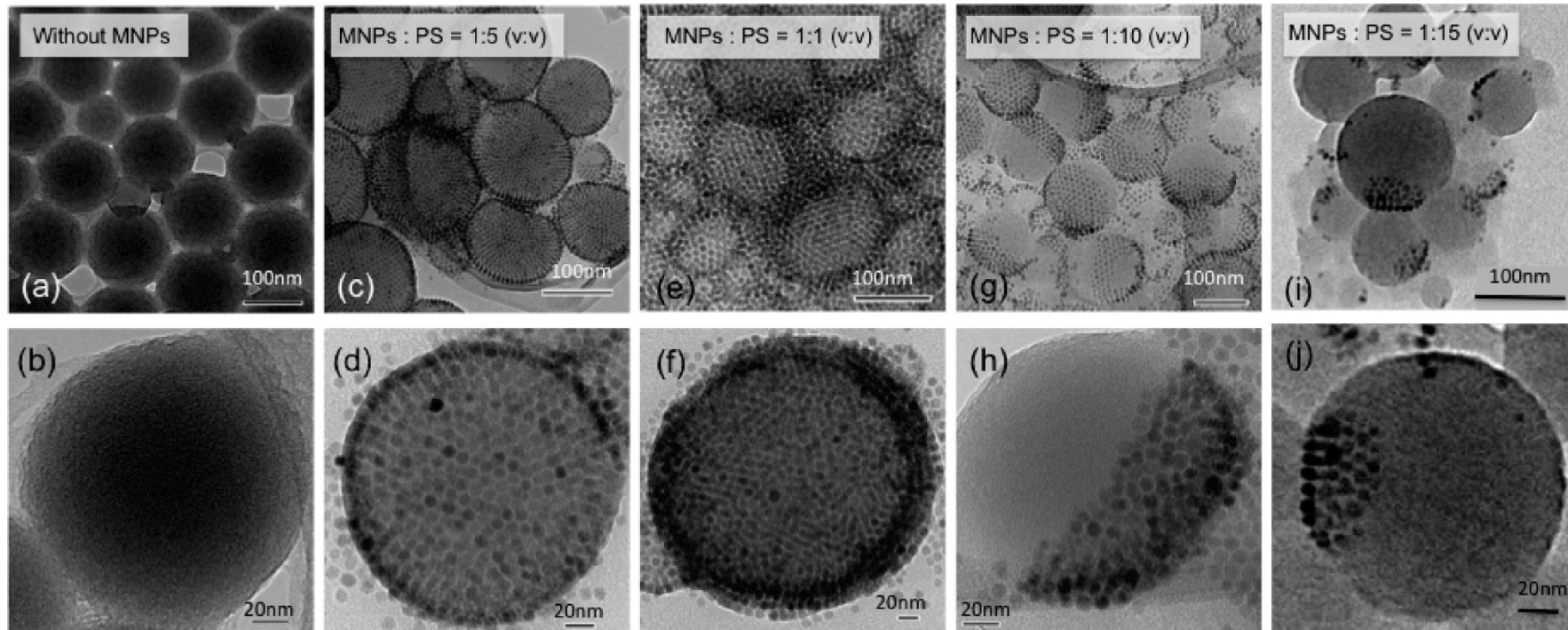
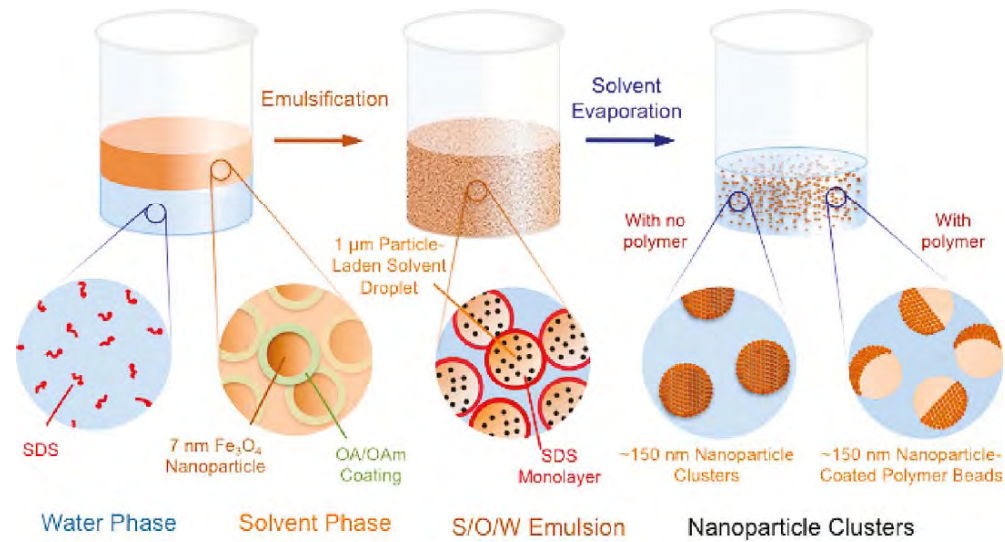
УД-материалы

Москва, 2011 г.

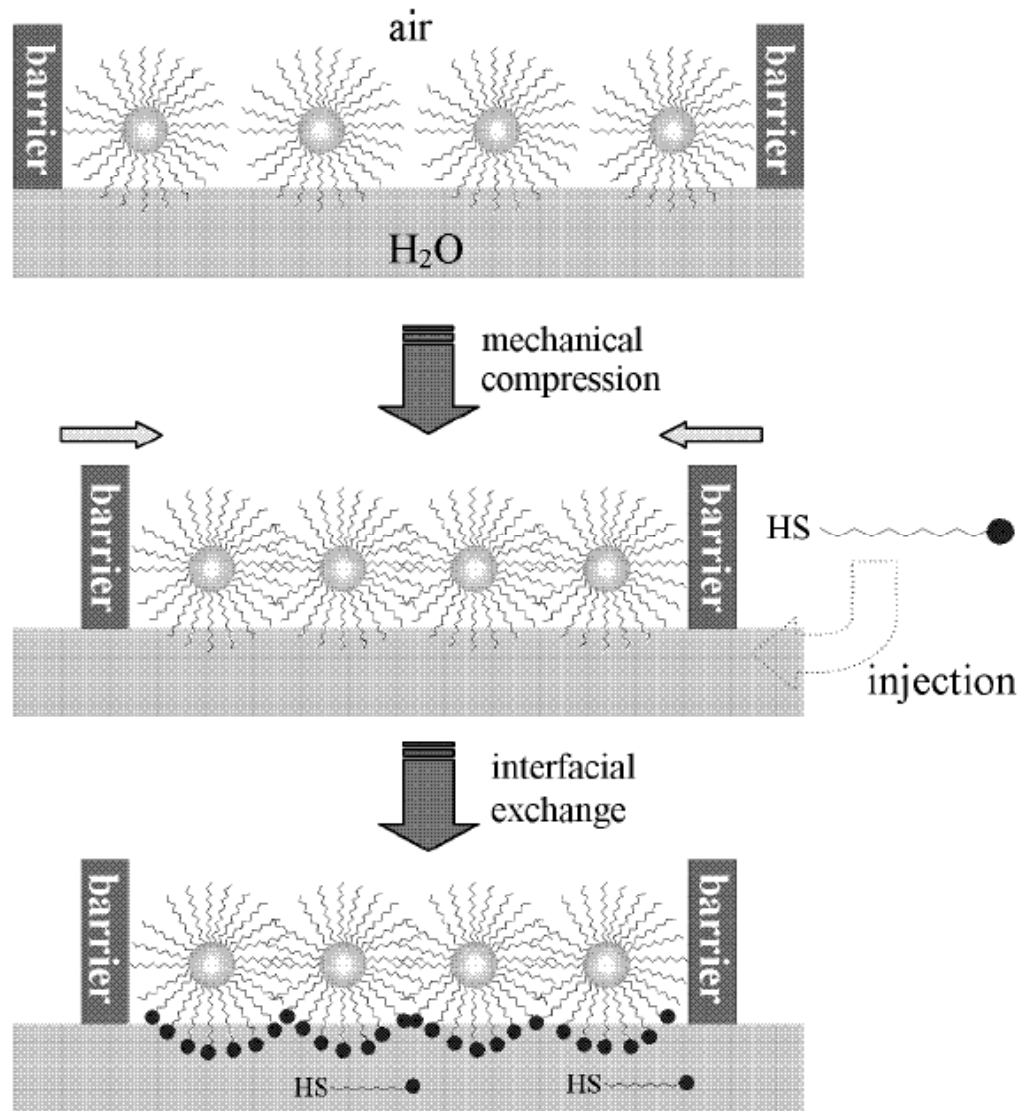
Полифункциональные КОЛЛОИДОСОМЫ



Магнитные сверхкластеры

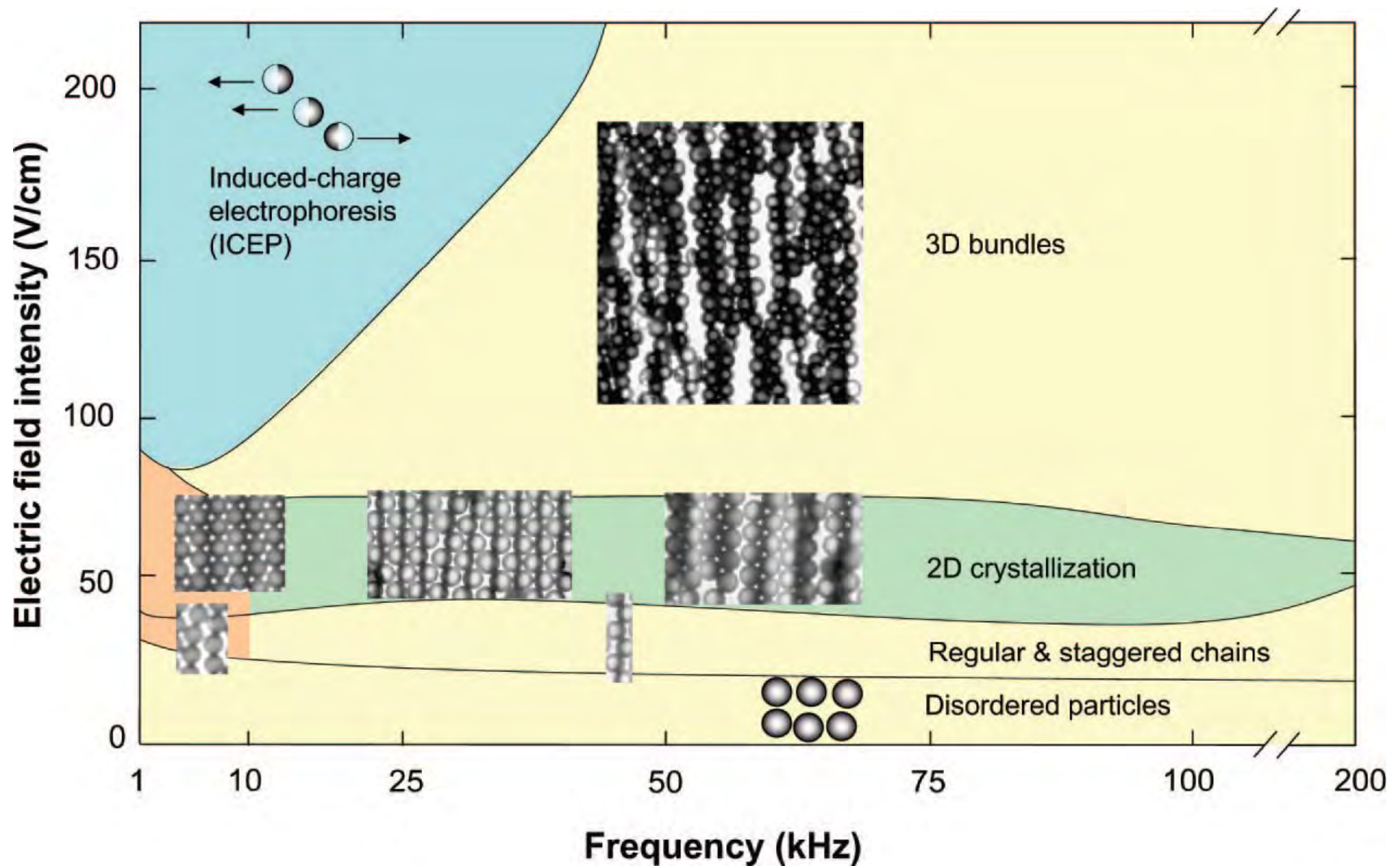


ЛБ и частицы - янусы

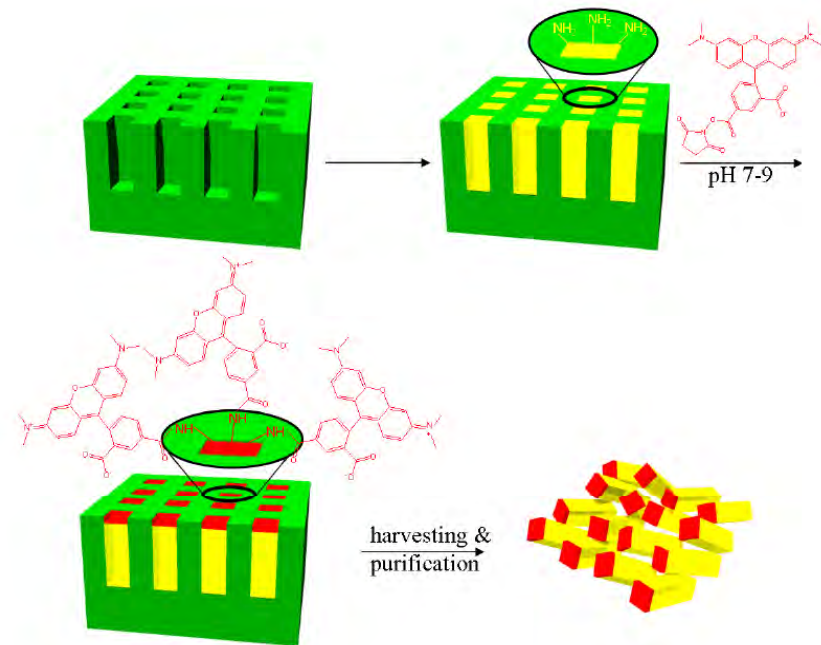
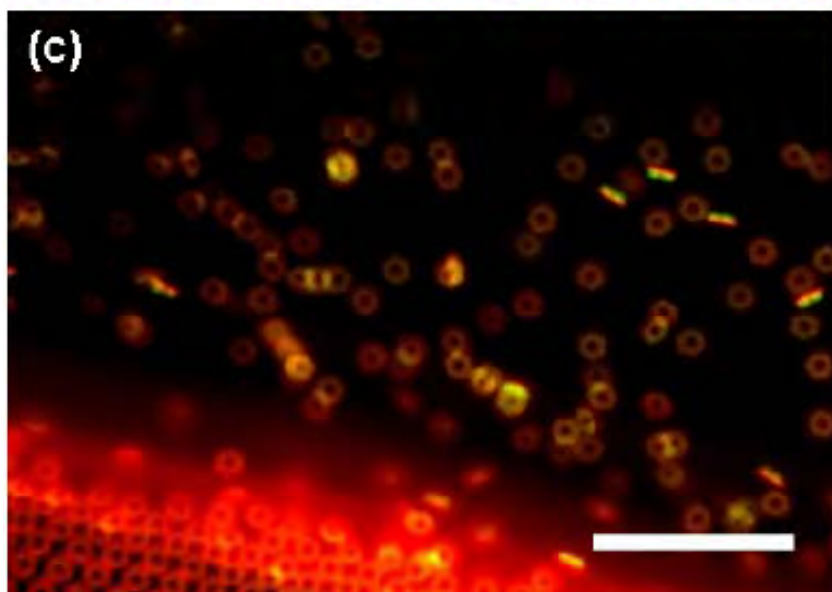
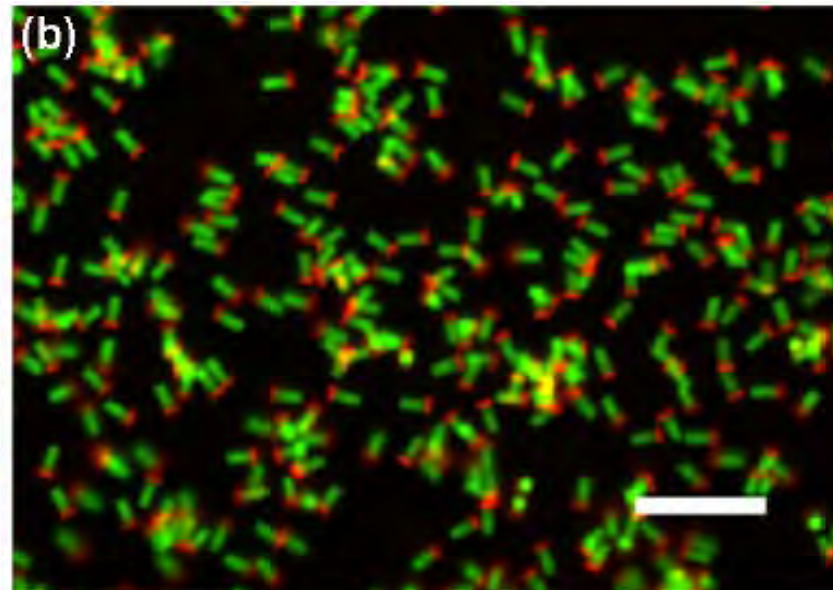
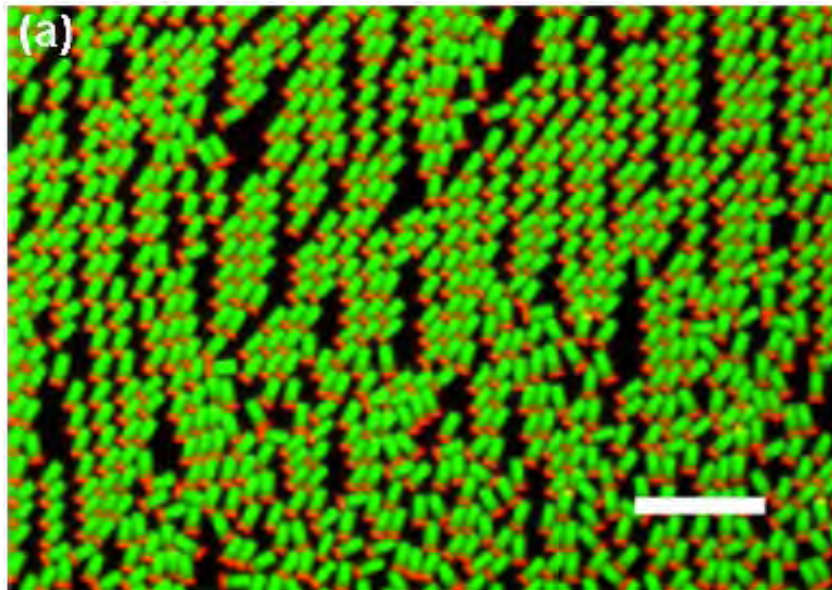


Scheme 2. Schematic of the preparation of Janus nanoparticles based on the Langmuir technique.

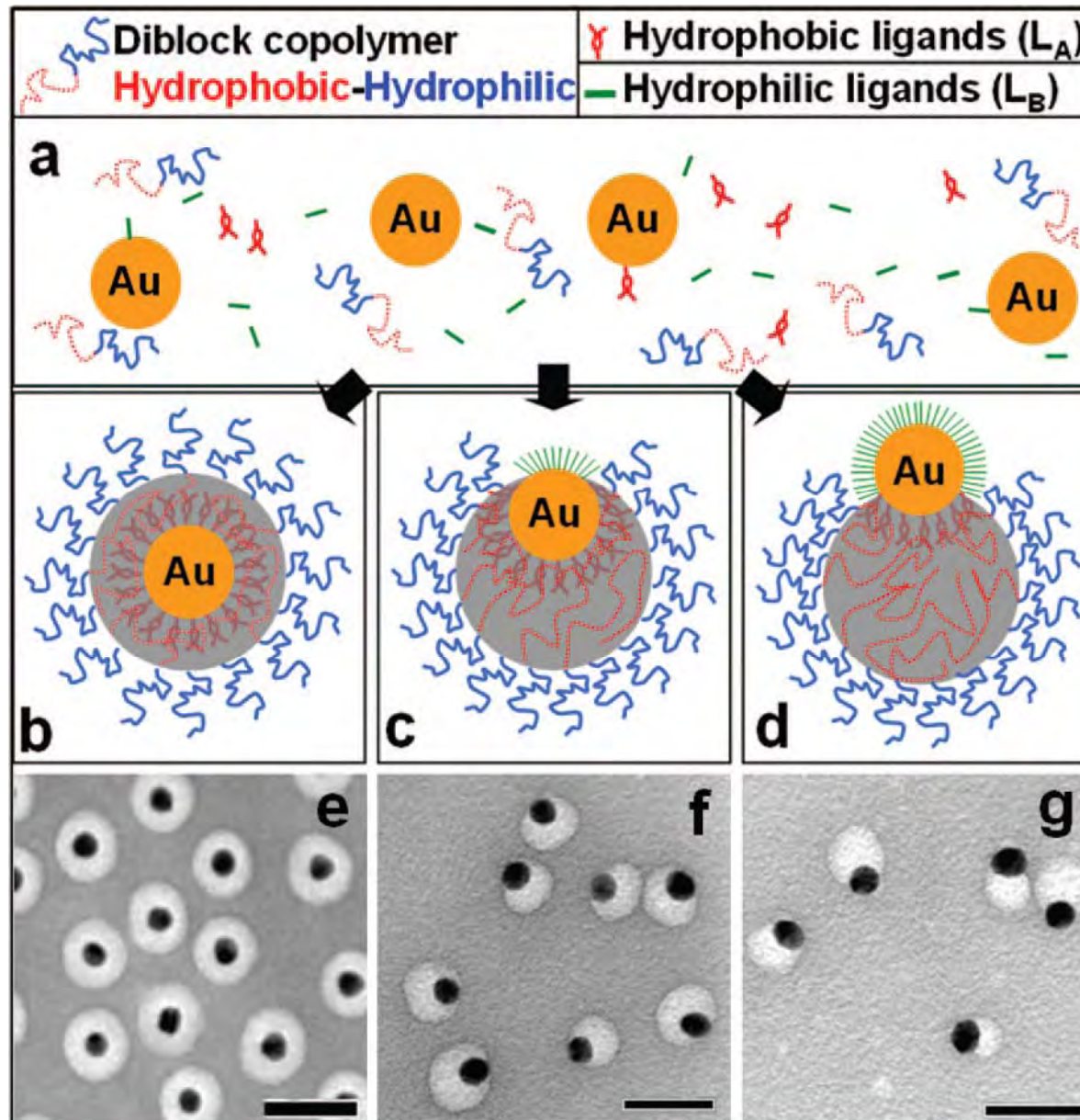
Электрофоретическая самосборка



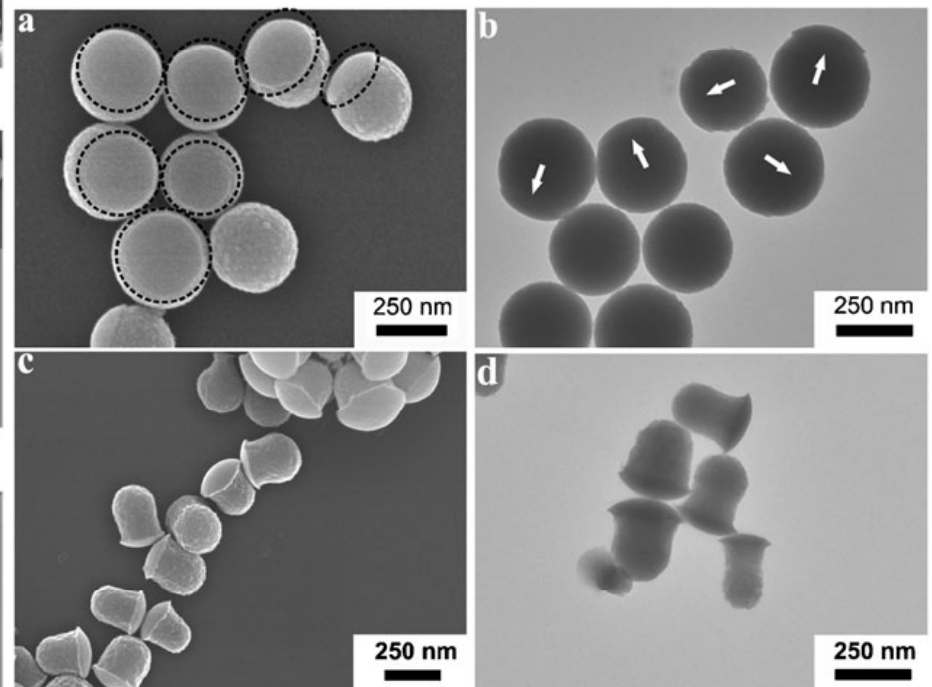
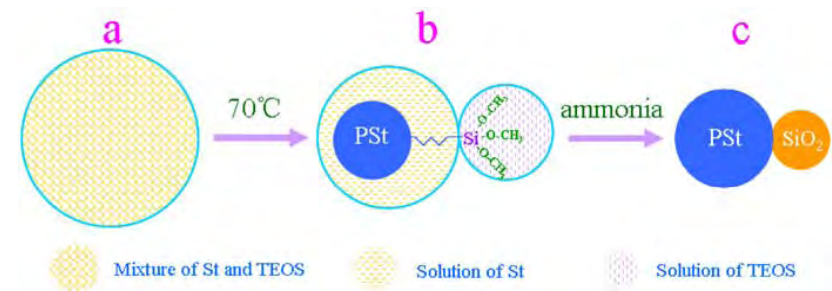
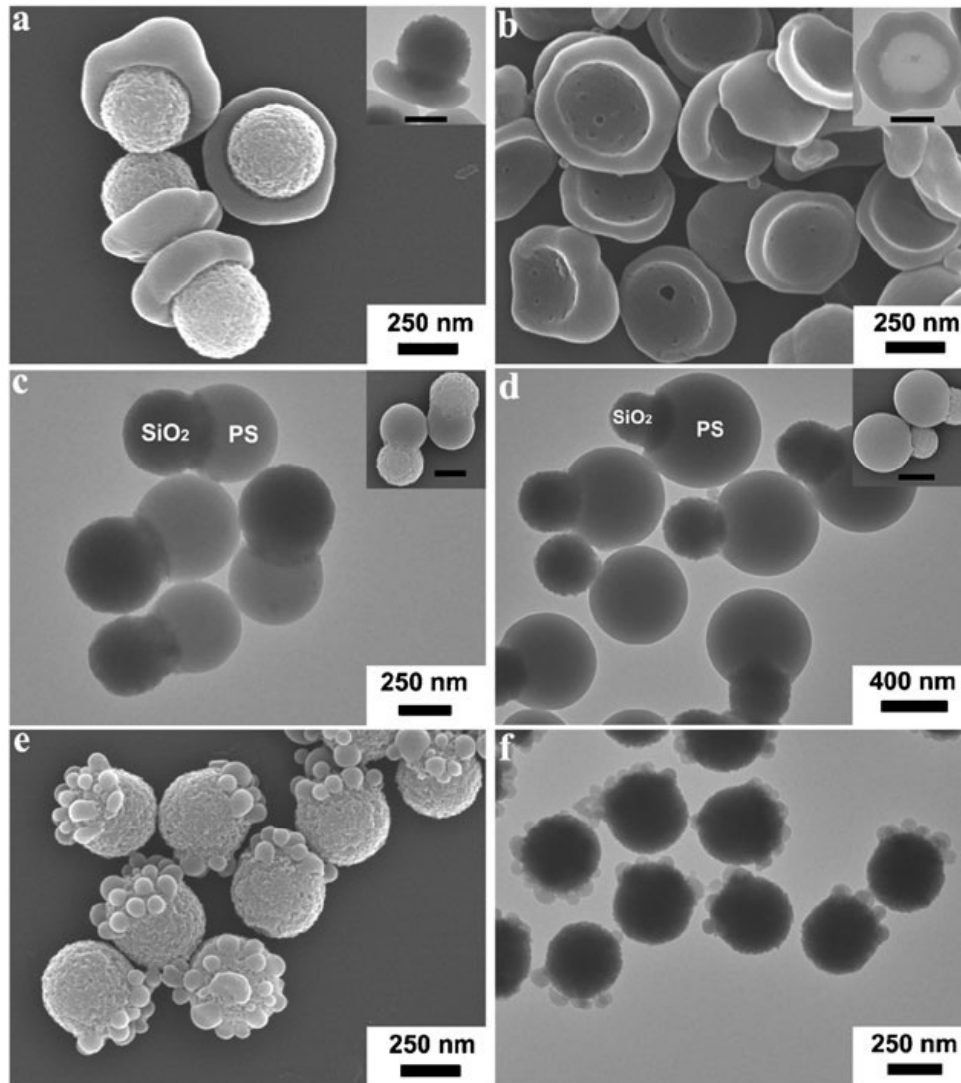
Литография и модифицирование



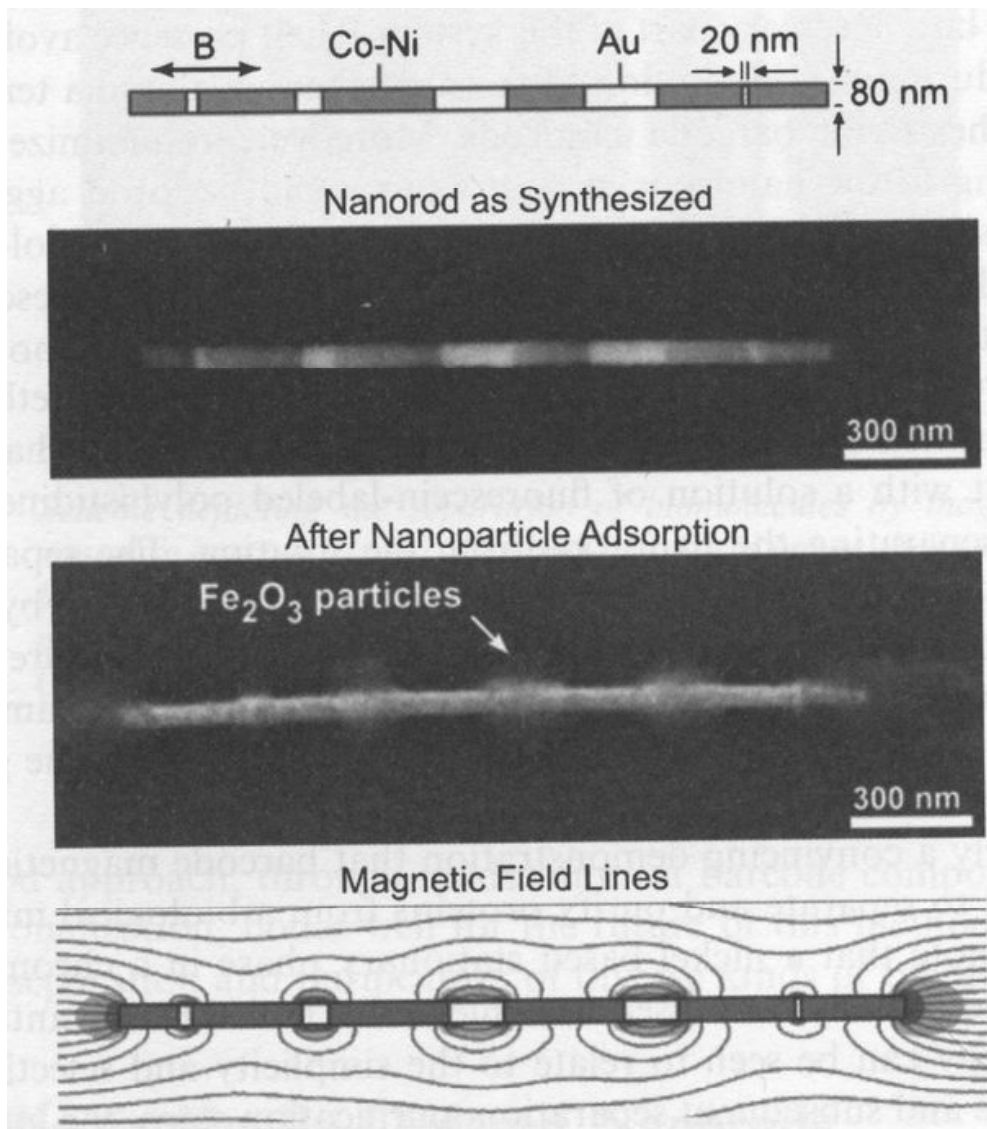
Золотые частицы - янусы



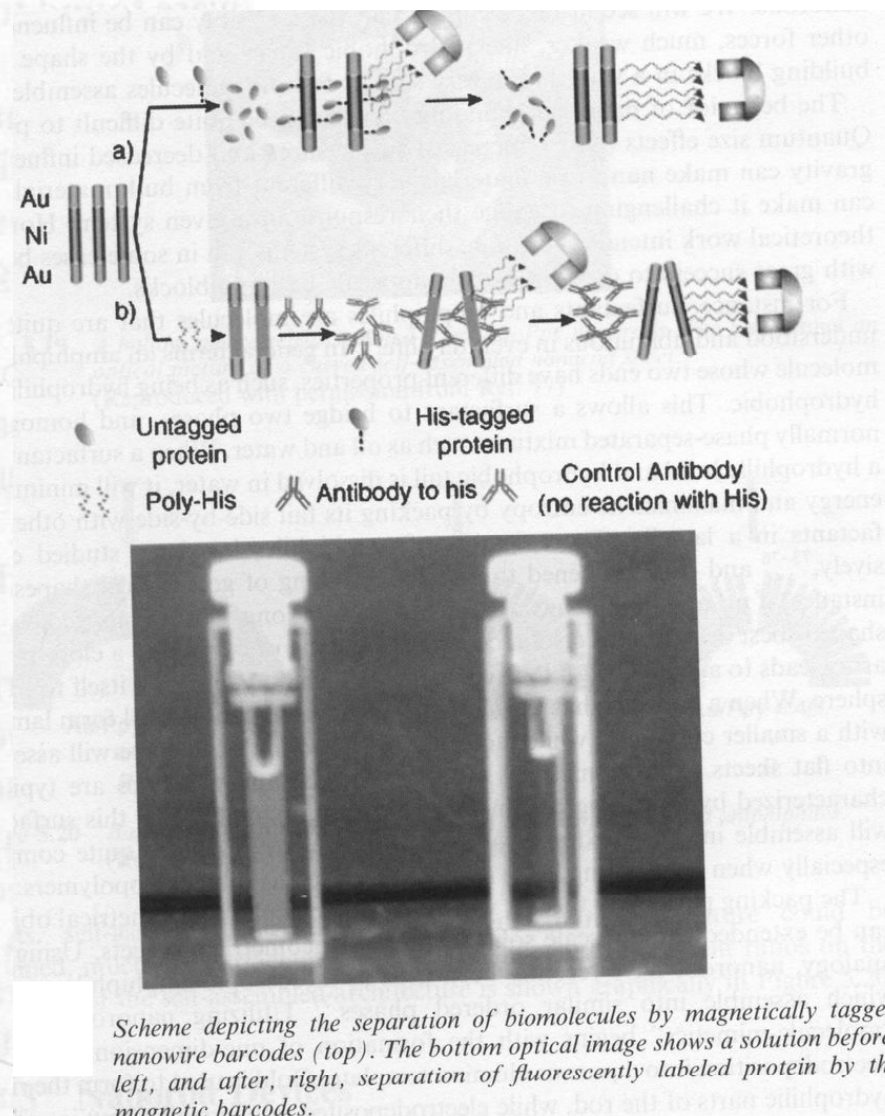
SiO₂-полистирол



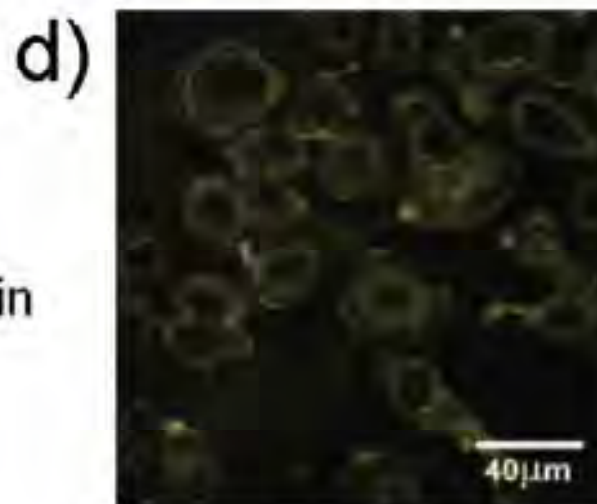
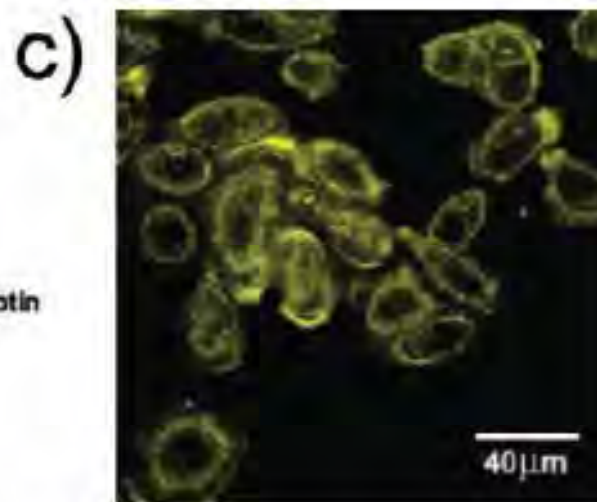
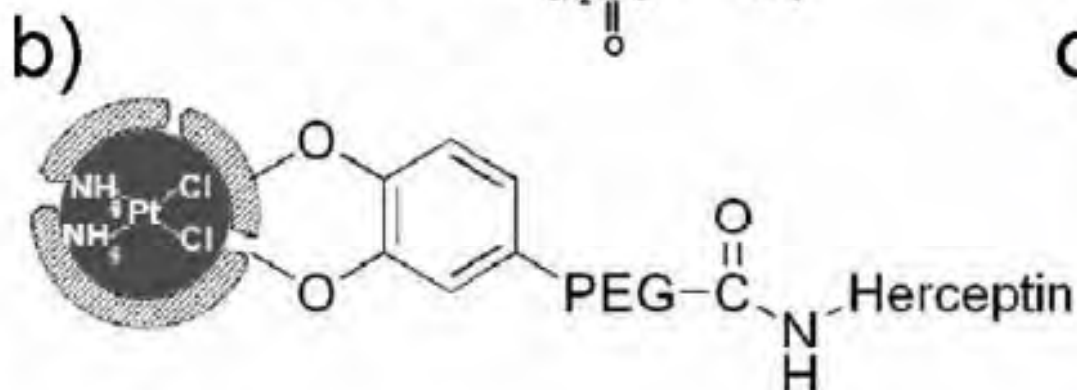
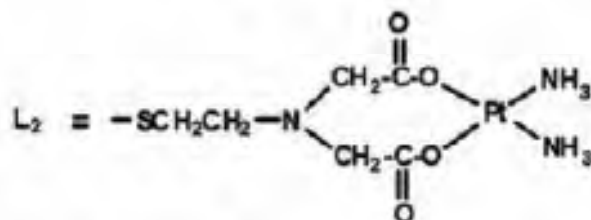
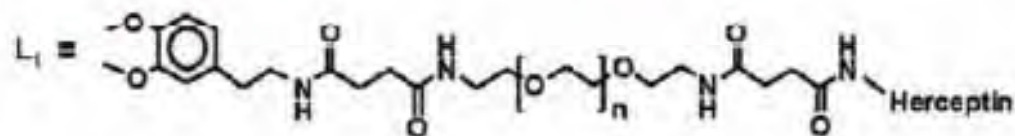
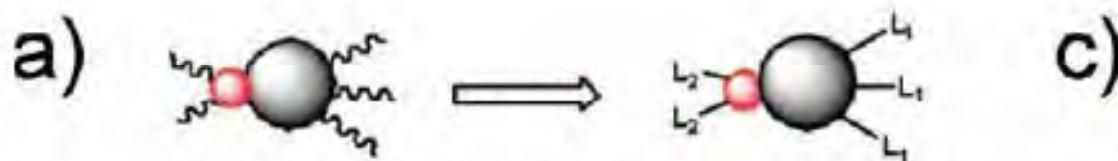
Магнитный «штрих-код»



Attraction of magnetic nanoparticles to diamagnetic segments in a magnetic barcoded nanorod.



Терапия онкологических заболеваний (Au – Fe₃O₄)

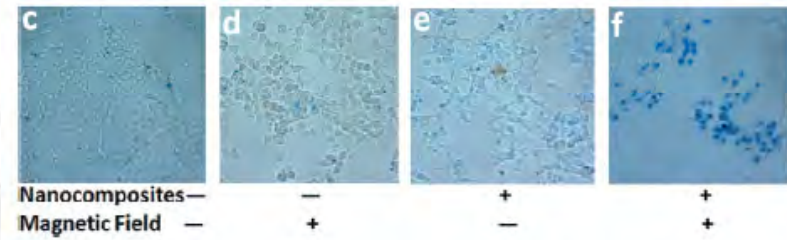
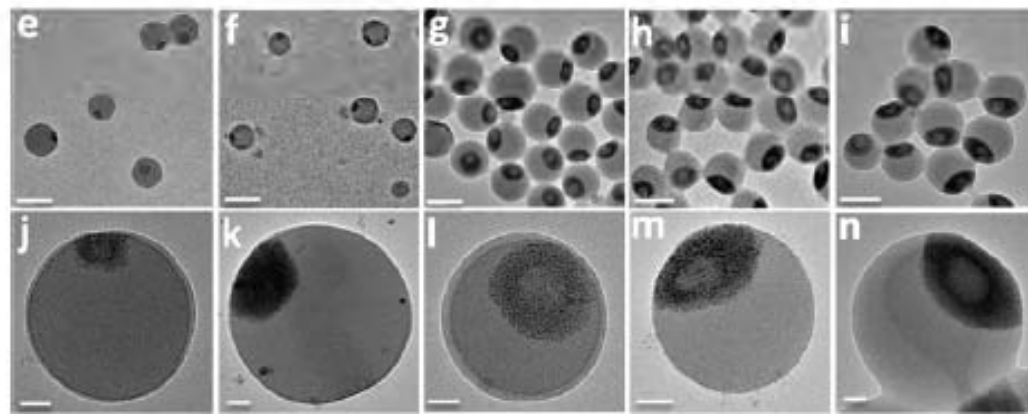
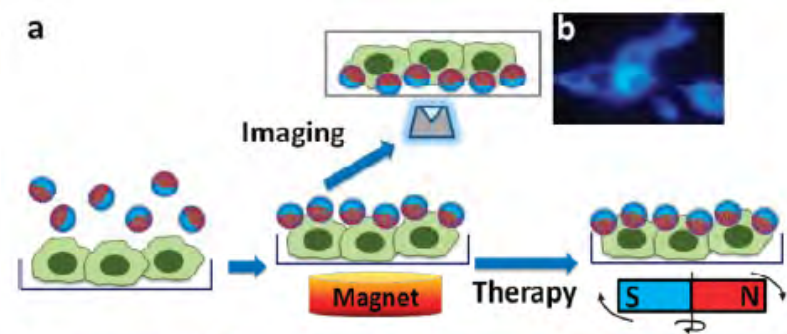
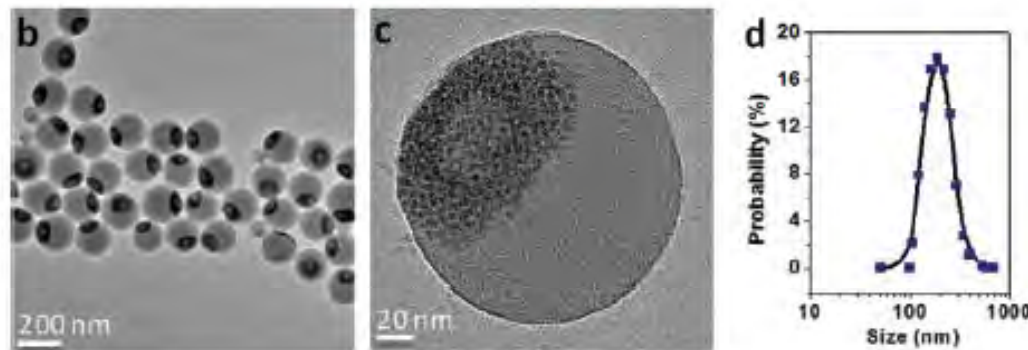
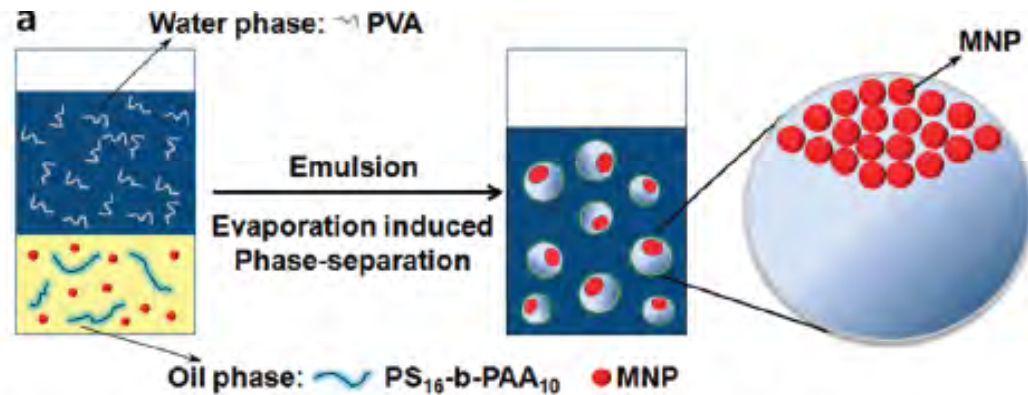


ФНМ МГУ

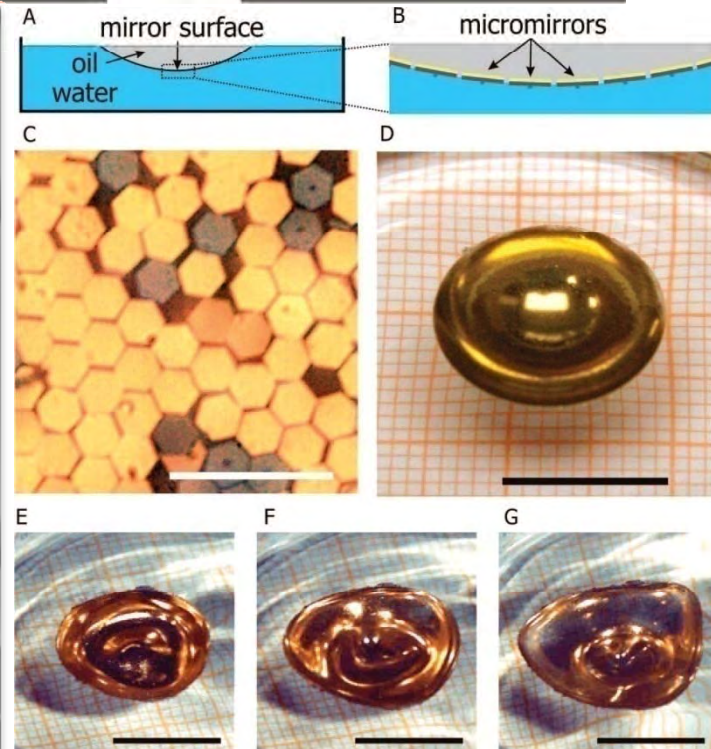
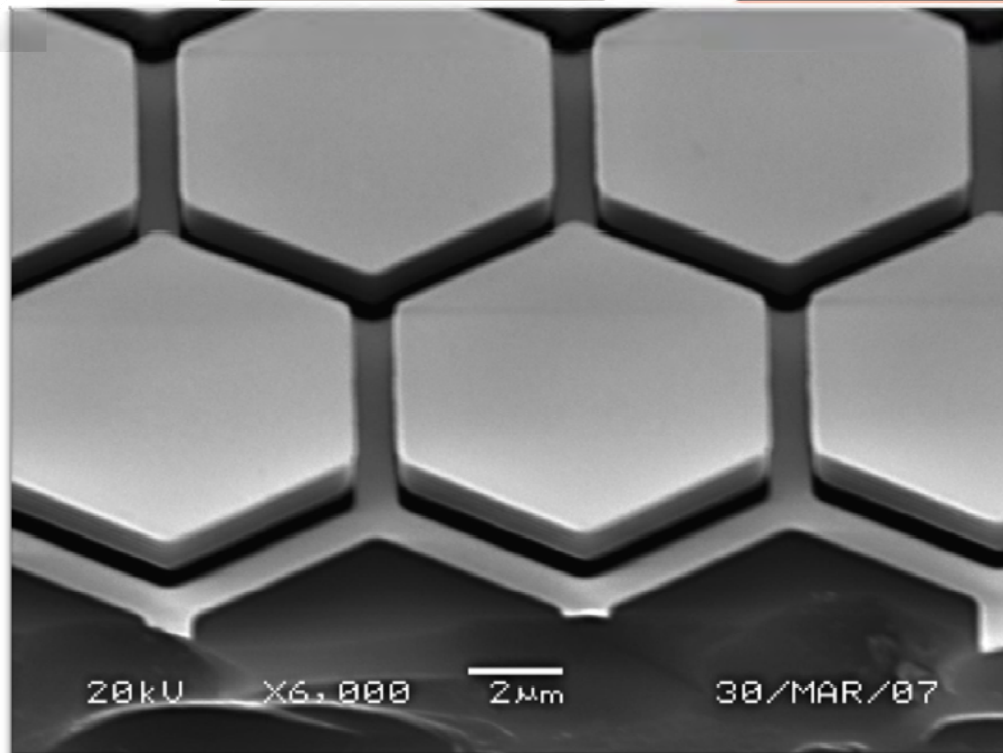
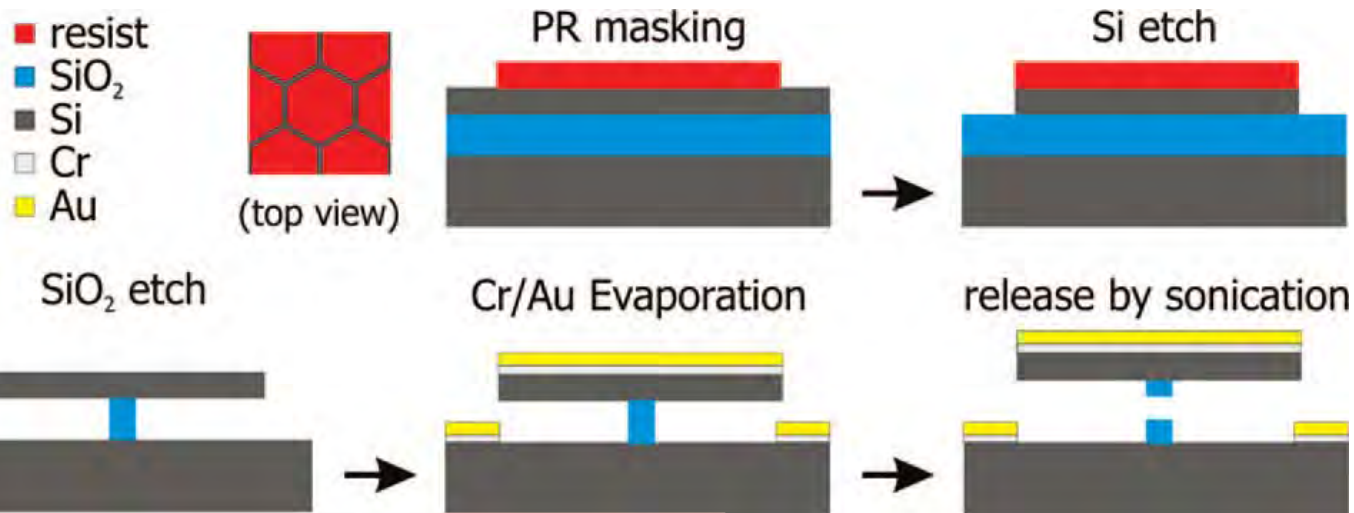
УД-материалы

Москва, 2011 г.

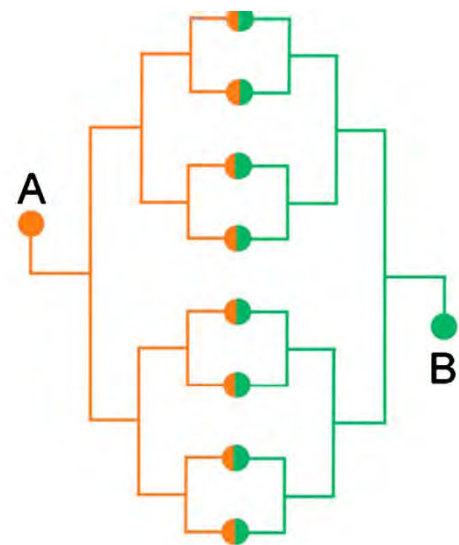
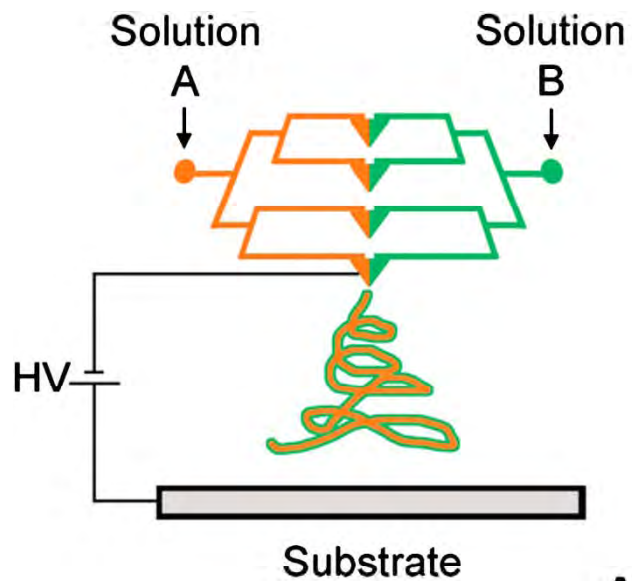
Визуализация и терапия



Кривое зеркало из микрозеркал

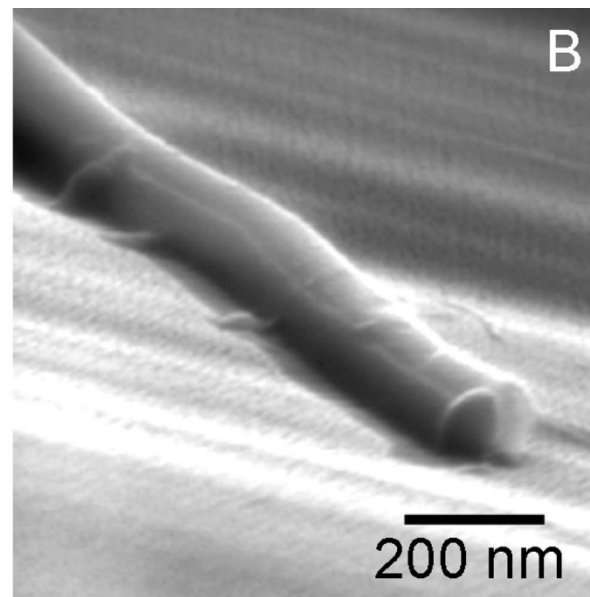
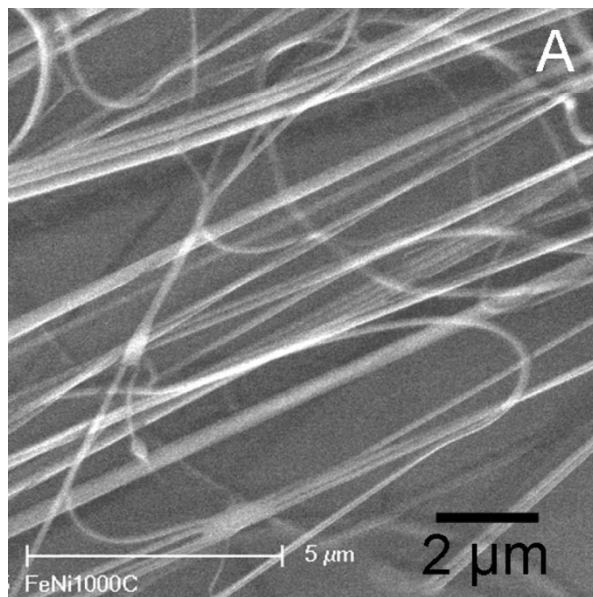


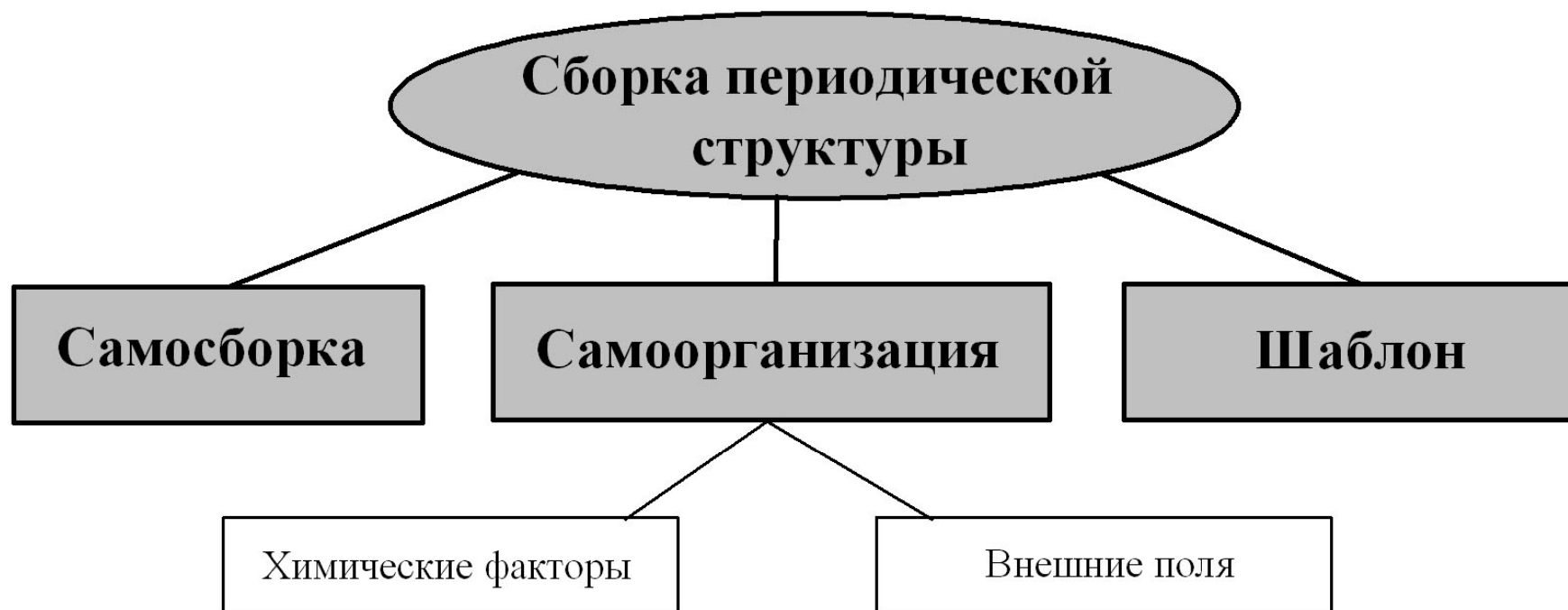
Нити - янусы



A

B

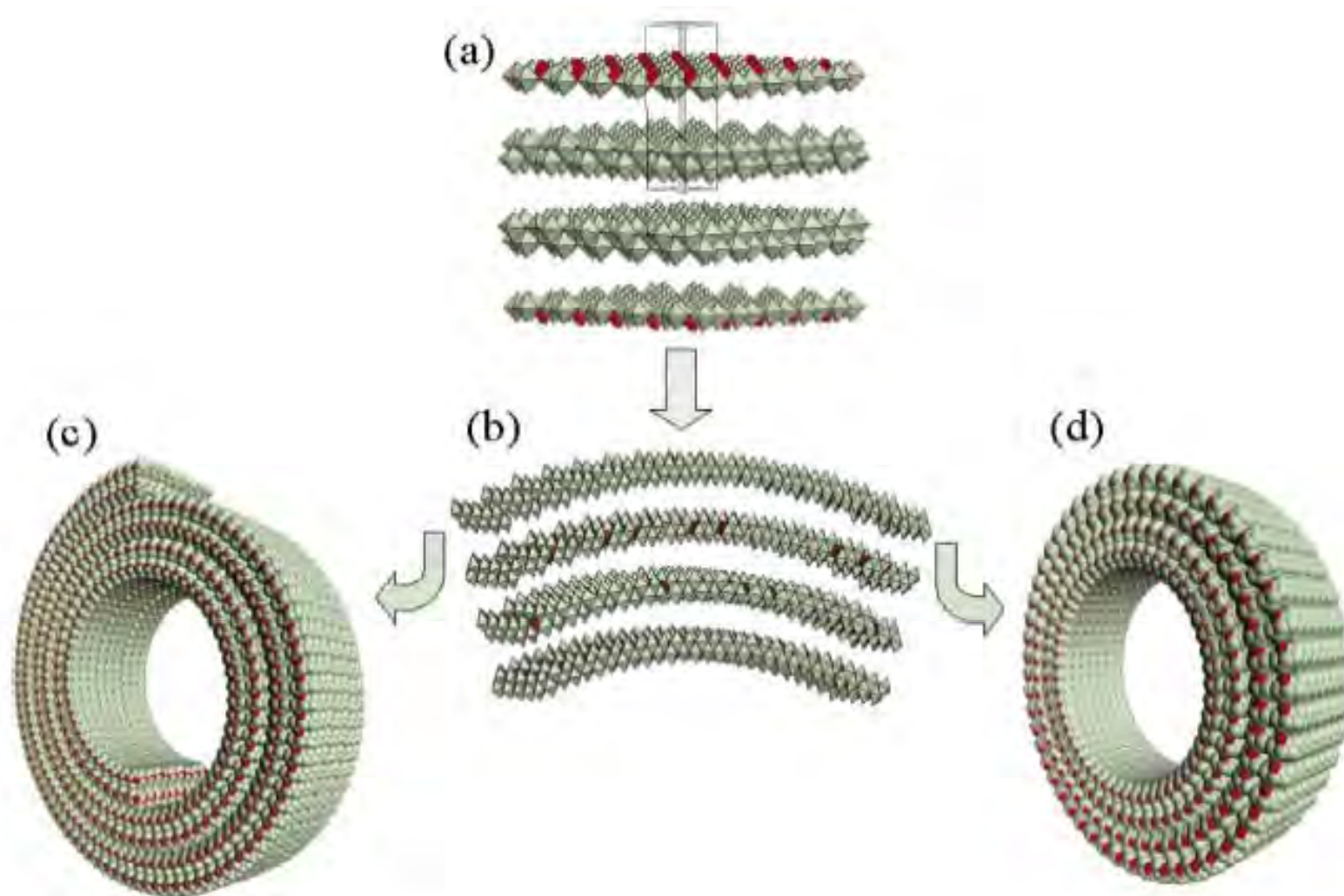




Самосборка – процесс образования упорядоченной надмолекулярной структуры или среды, в котором в практически неизменном виде принимают участие только компоненты (элементы) исходной структуры, аддитивно составляющие или «собирающие», как части целого, результирующую сложную структуру.

Самоорганизация может быть использована как механизм создания сложных «шаблонов», процессов и структур на более высоком иерархическом уровне организации, чем тот, что наблюдался в исходной системе, за счет многочисленных и многовариантных взаимодействий компонент на низких уровнях, на которых существуют свои, локальные, законы взаимодействия, отличные от коллективных законов поведения самой упорядочивающейся системы. Для процессов самоорганизации характерны различные по масштабу энергии взаимодействия, а также существование ограничений степеней свободы системы на нескольких различных уровнях ее организации.

Оксидные нанотрубки

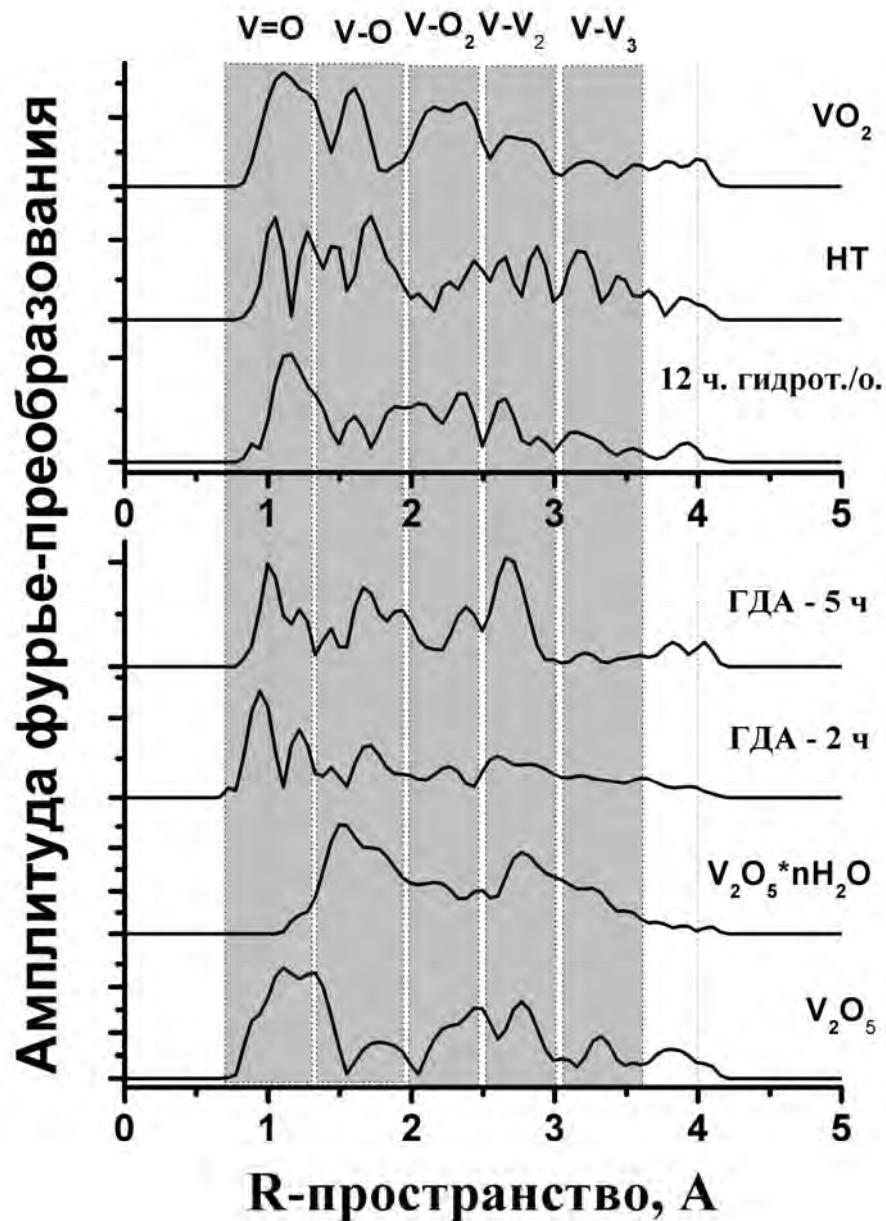
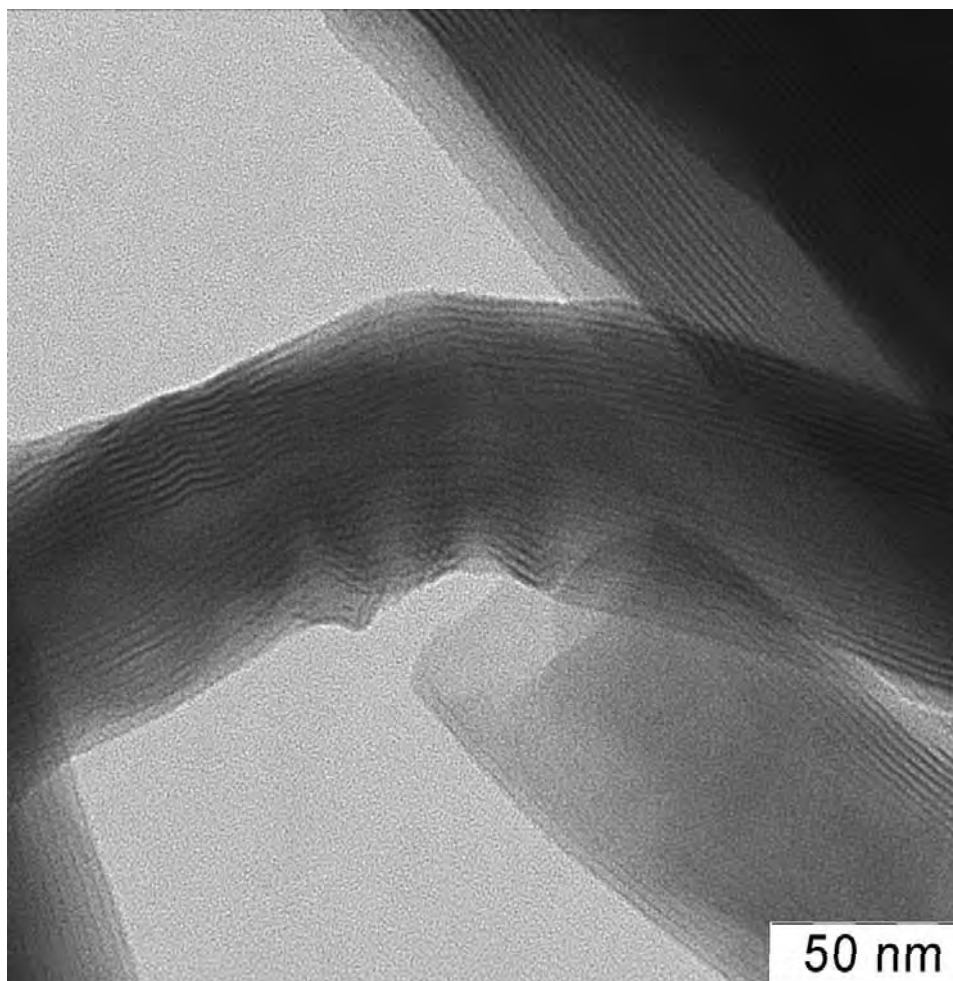


ФНМ МГУ

УД-материалы

Москва, 2011 г.

Локальная структура ВНТ

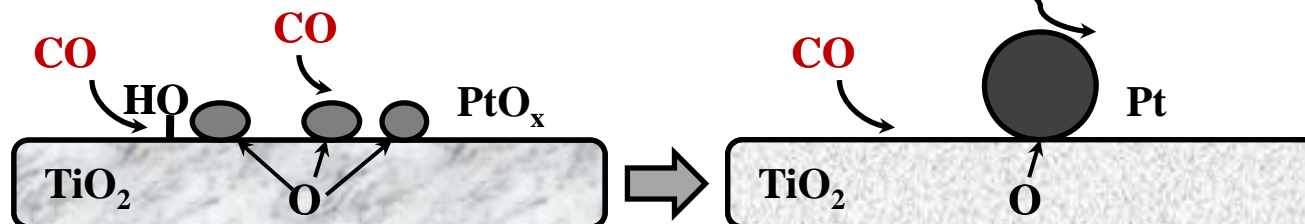
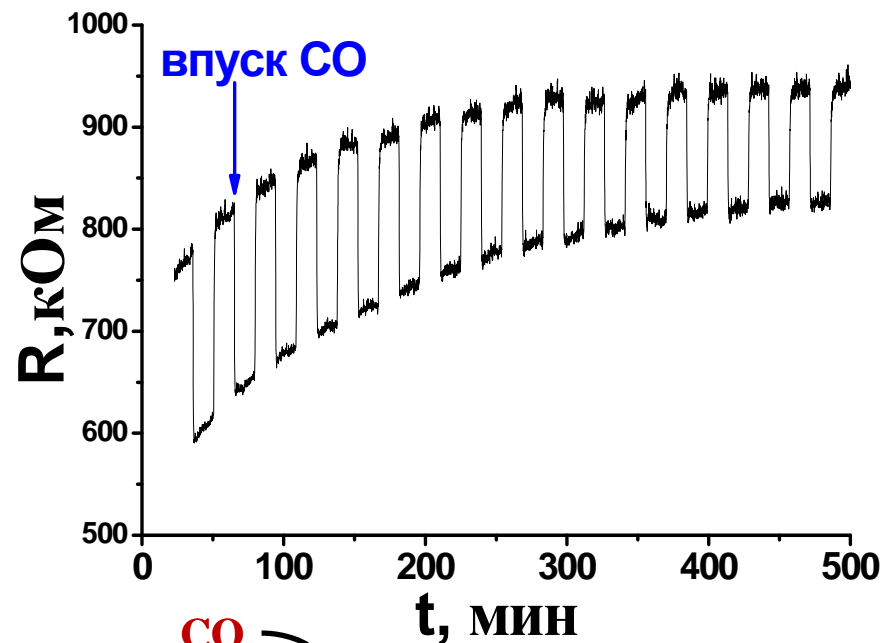
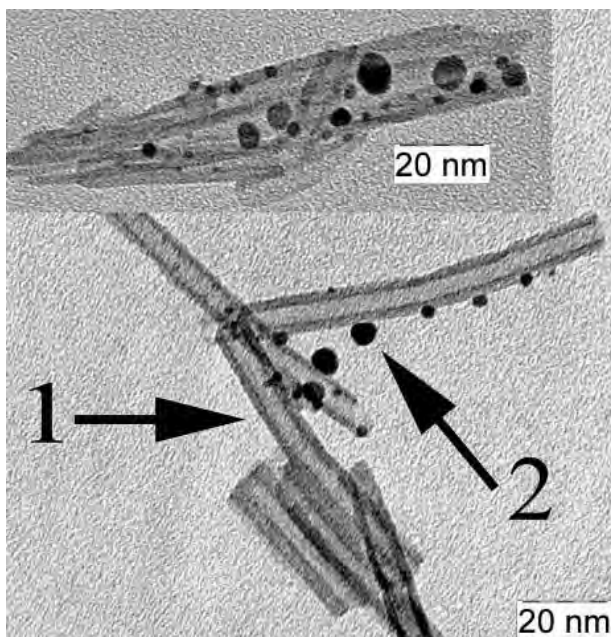


ФНМ МГУ

УД-материалы

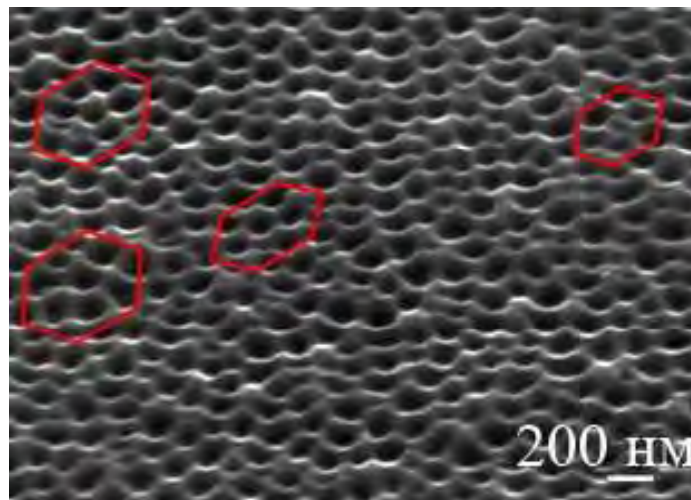
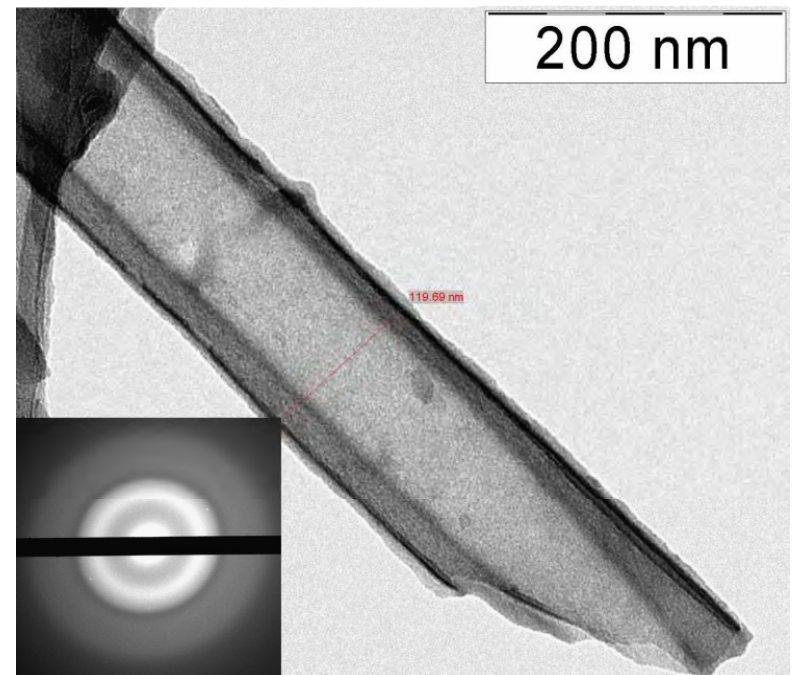
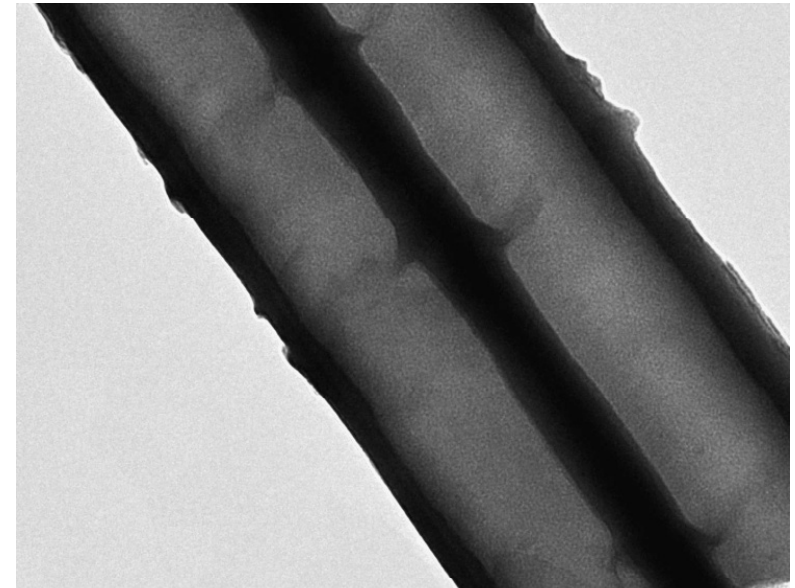
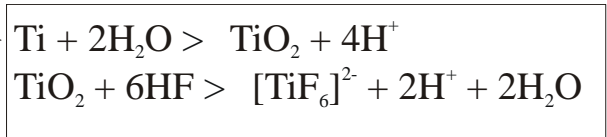
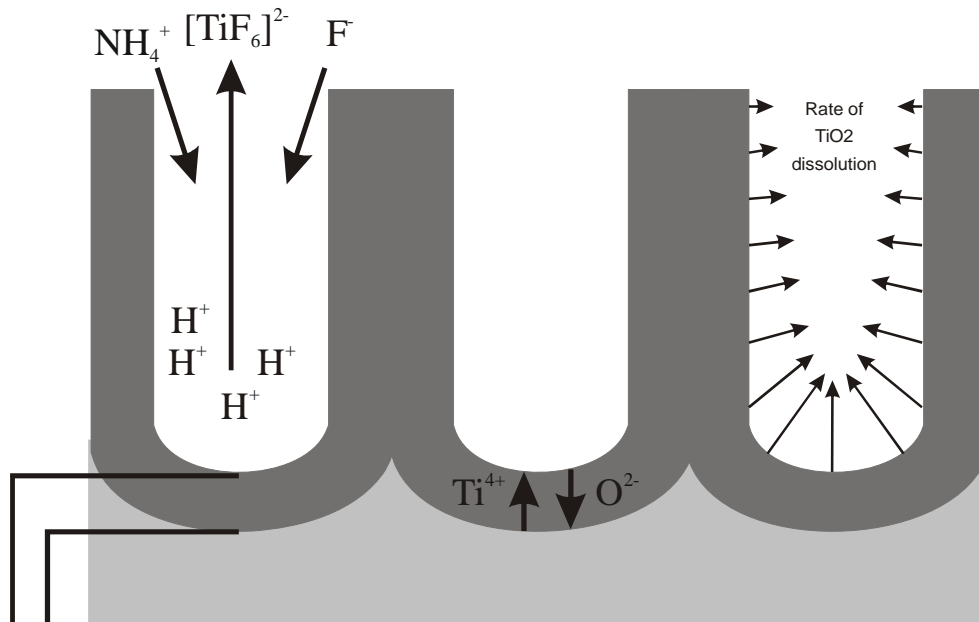
Москва, 2011 г.

Сенсорика / Катализ

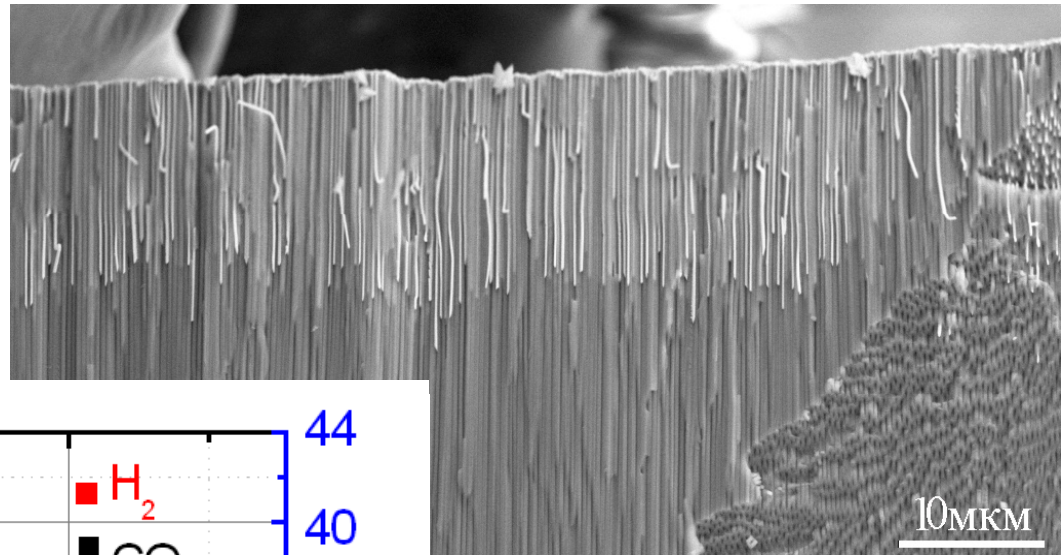
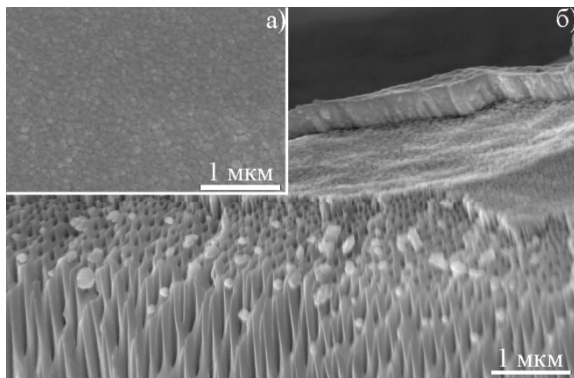


Структура	Удельная площадь поверхности, м ² /г	Температура начала конверсии, °С	Температура 100% конверсии, °С
нанотрубки (ТНТ)	195 ± 10	140 ± 5	260 ± 5
наностержни (ТНС)	33 ± 3	190 ± 5	320 ± 5
нанопорошок	450 ± 10	220 ± 5	380 ± 5
рутил	10 ± 1	325 ± 5	-
анатаз	8 ± 1	345 ± 5	-

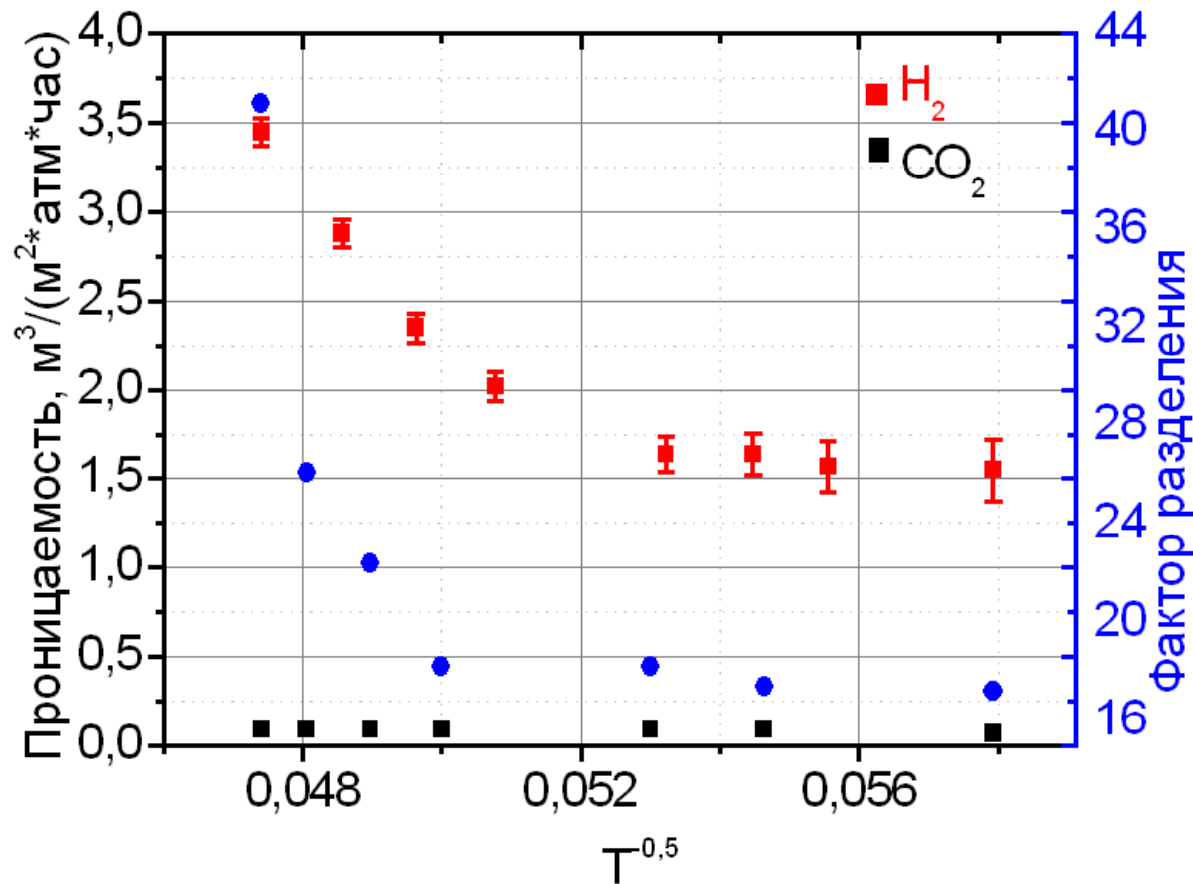
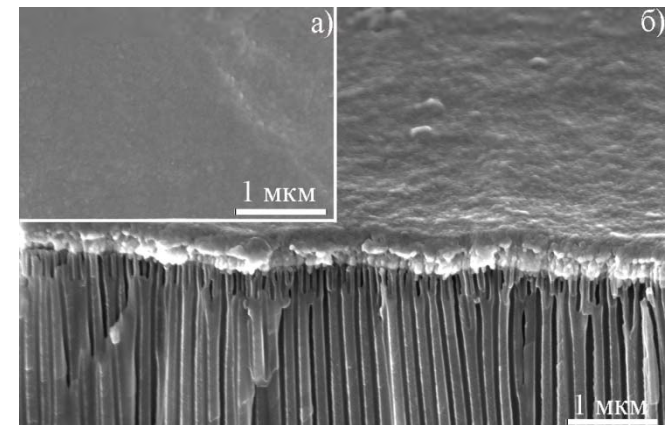
Пористые пленки диоксида титана



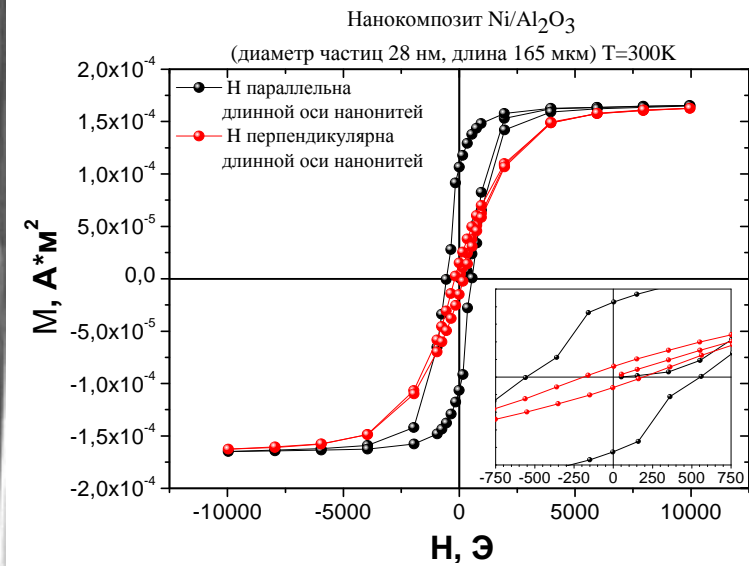
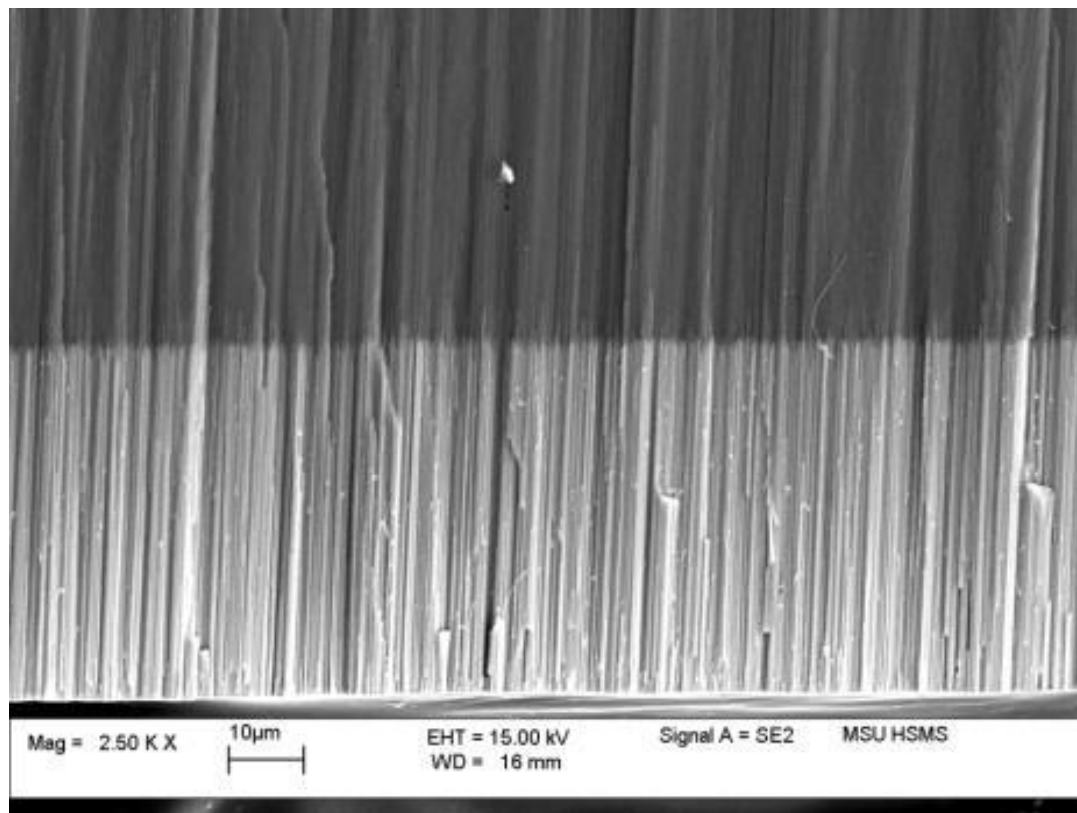
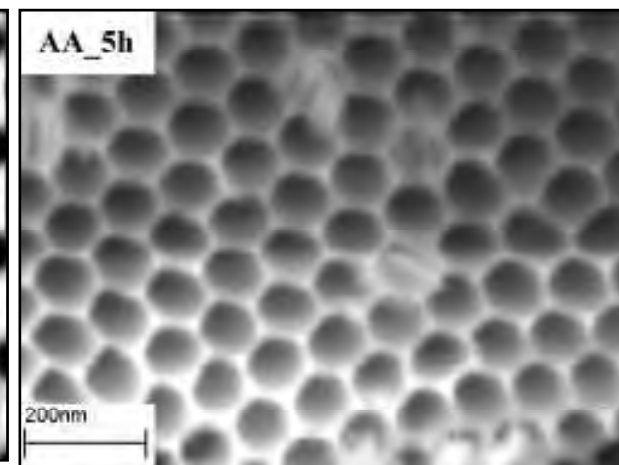
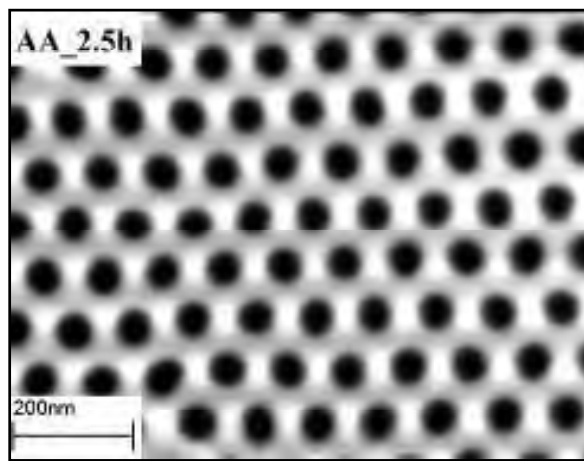
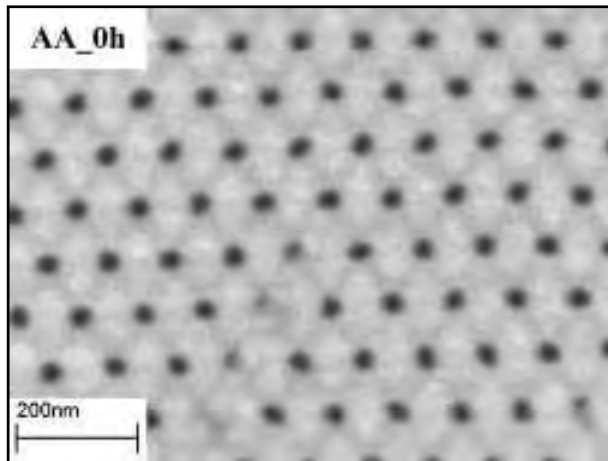
Мембранные технологии



Мембраны
 $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$



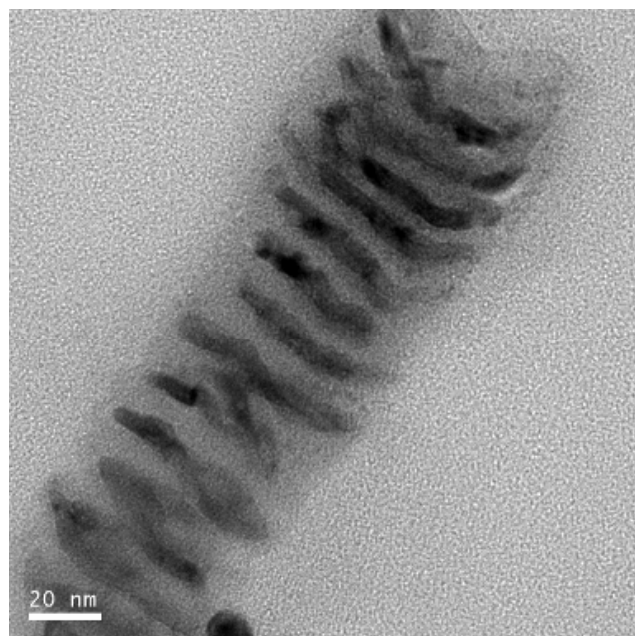
Керамические мембраны и наноконпозиты



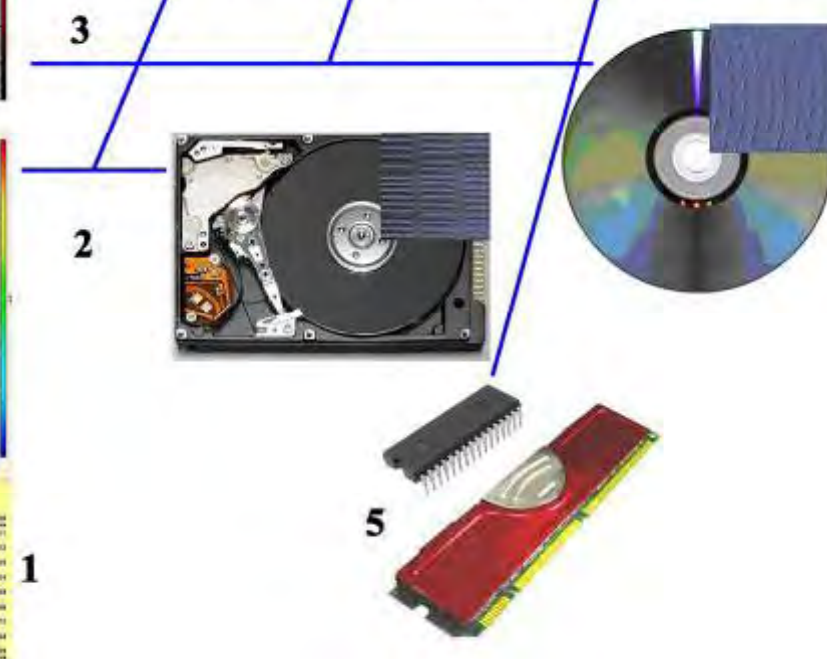
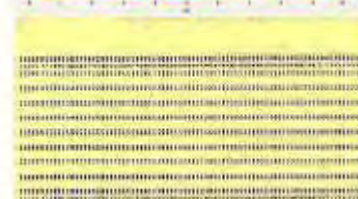
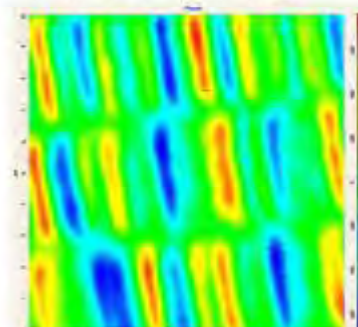
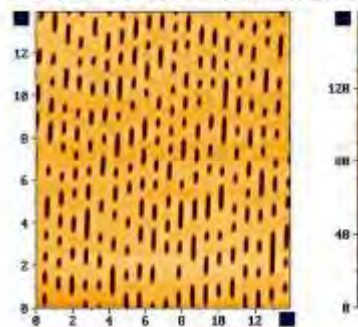
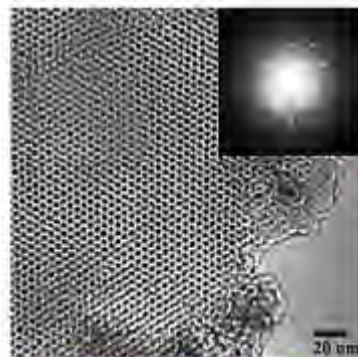
Информационные технологии и наноэлектроника

Нанопроволока Fe в мезопористом SiO₂

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



Композитная магнитная нанопроволока (электроосаждение в порах анодированного алюминия)



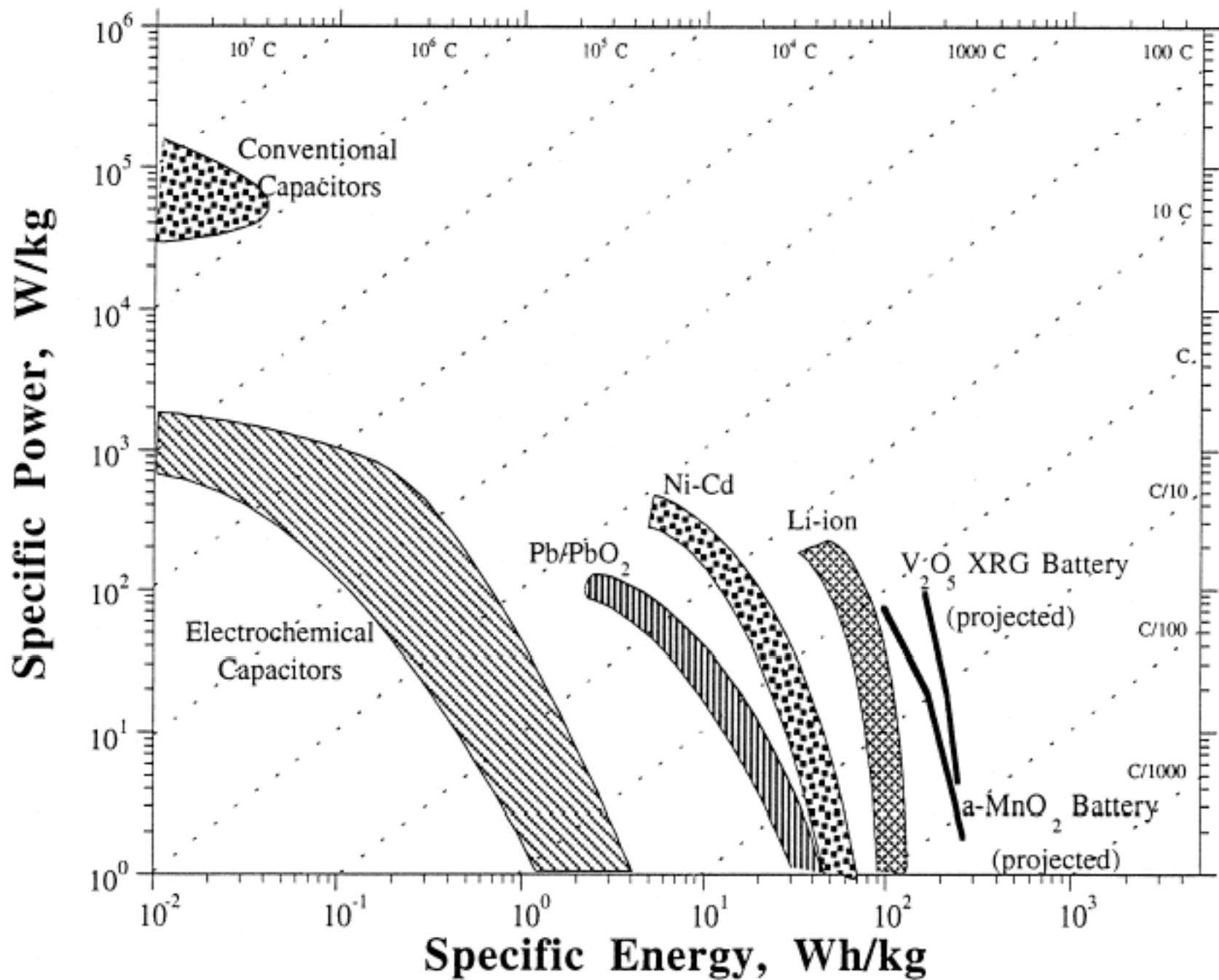
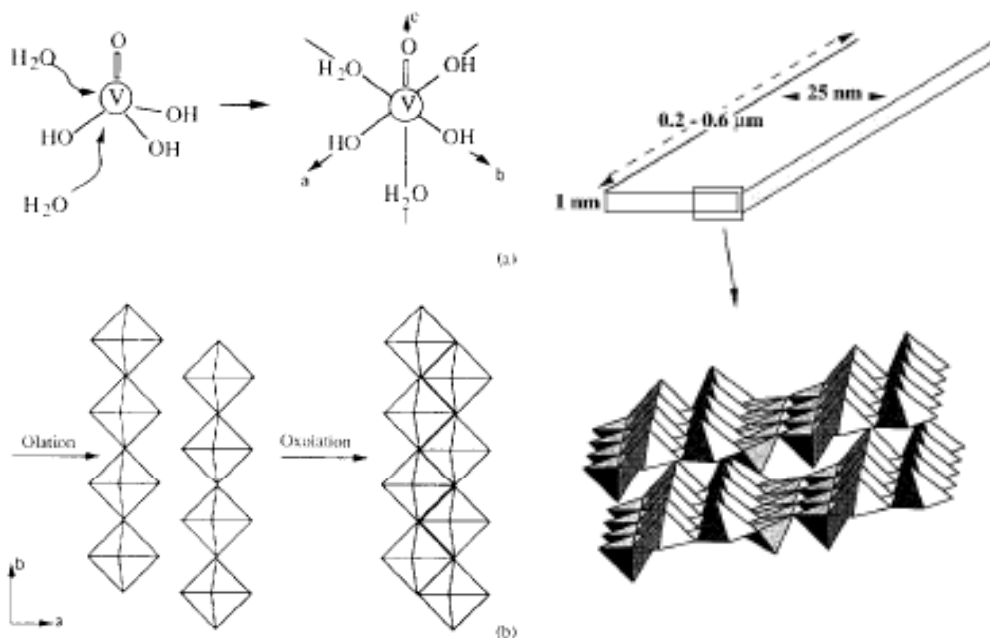
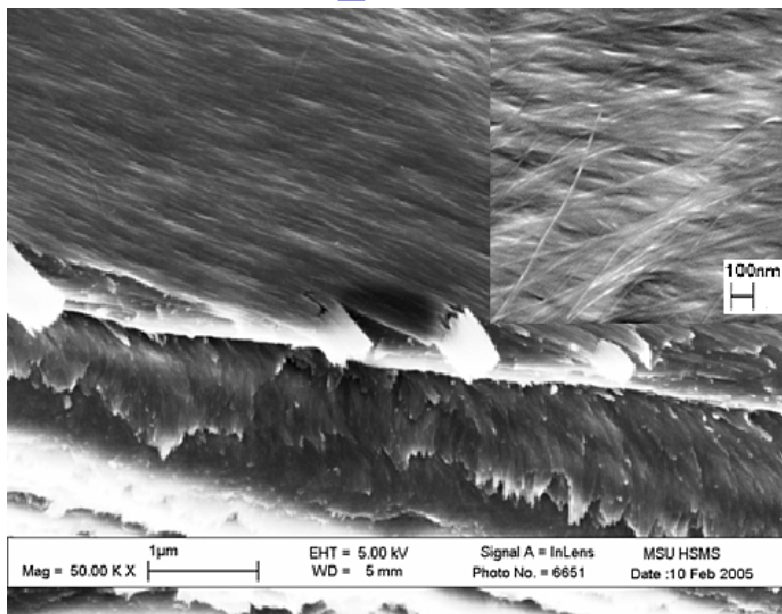


Fig. 4. Ragone plots of projected batteries based on V_2O_5 XRG and $a-MnO_2$, and commercial batteries and capacitors.

Ксерогели оксидов ванадия

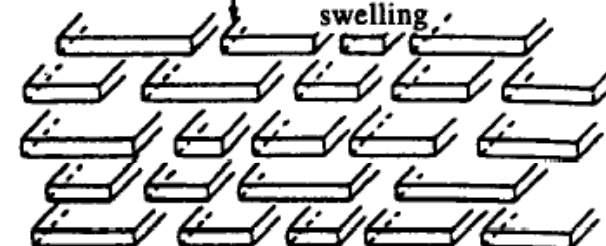


(a)

Hydrated powder

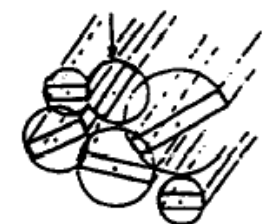


One dimensional swelling



(b)

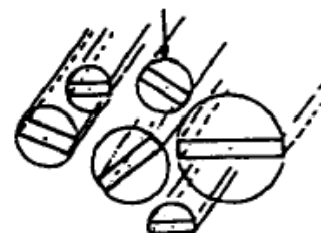
Inelastic paste



Cooperative rotation possible

(c)

Thixotropic elastic gel



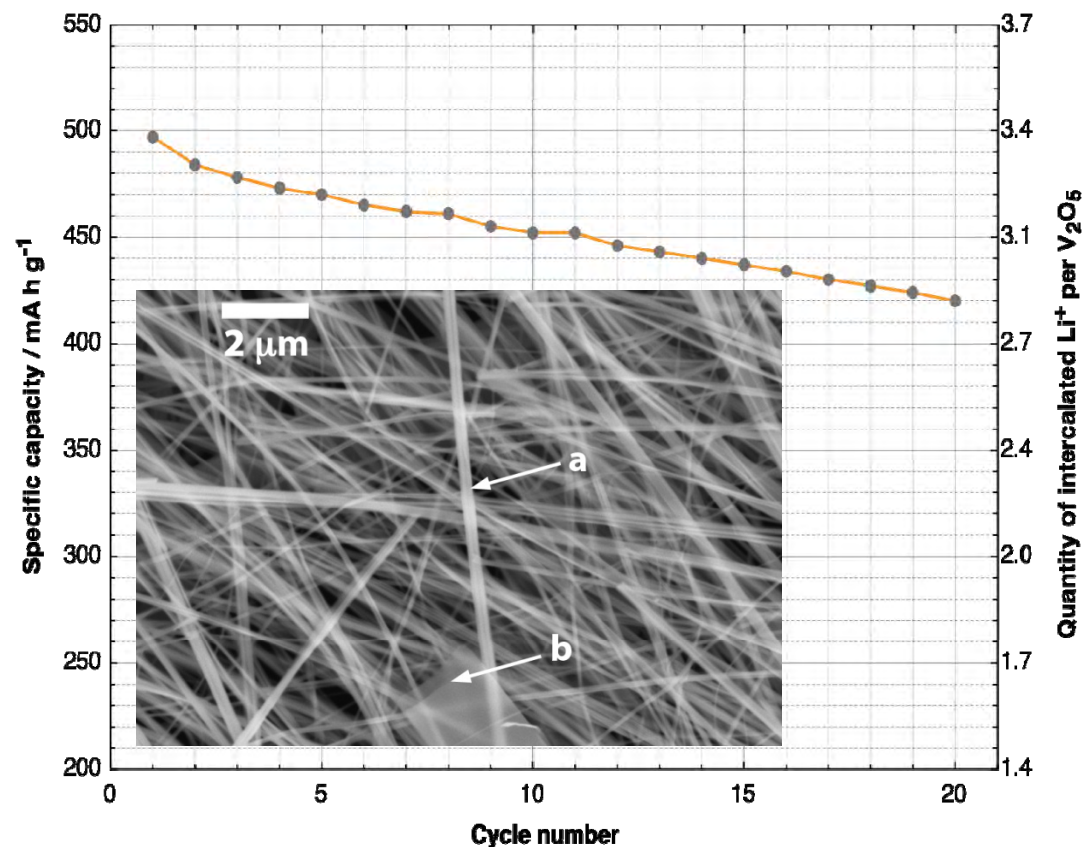
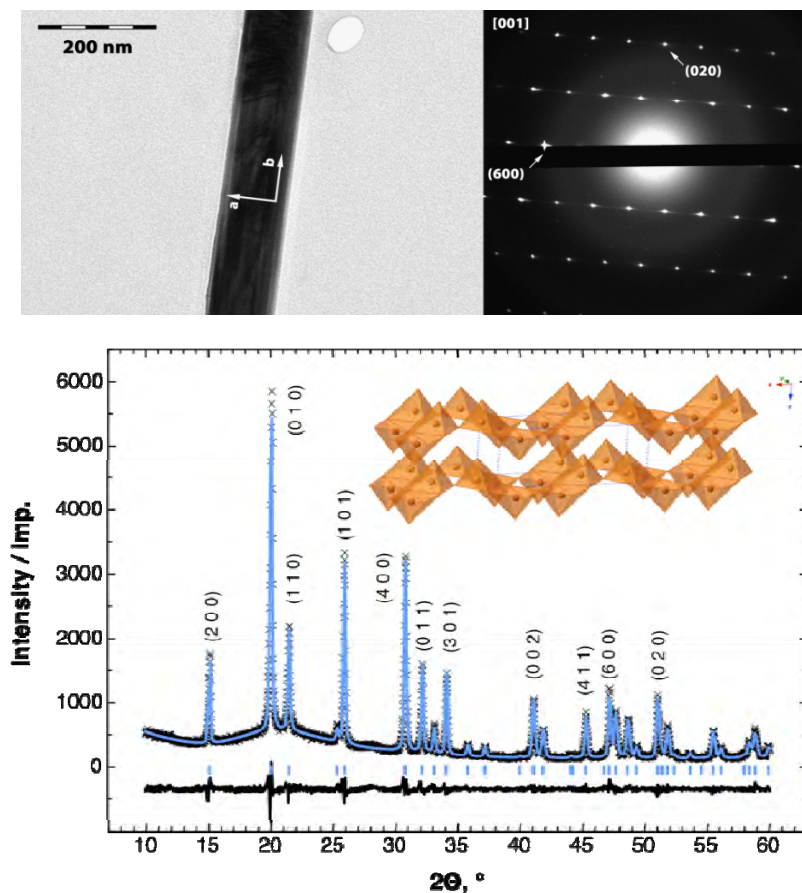
Free rotation possible

(d)

Viscous liquid

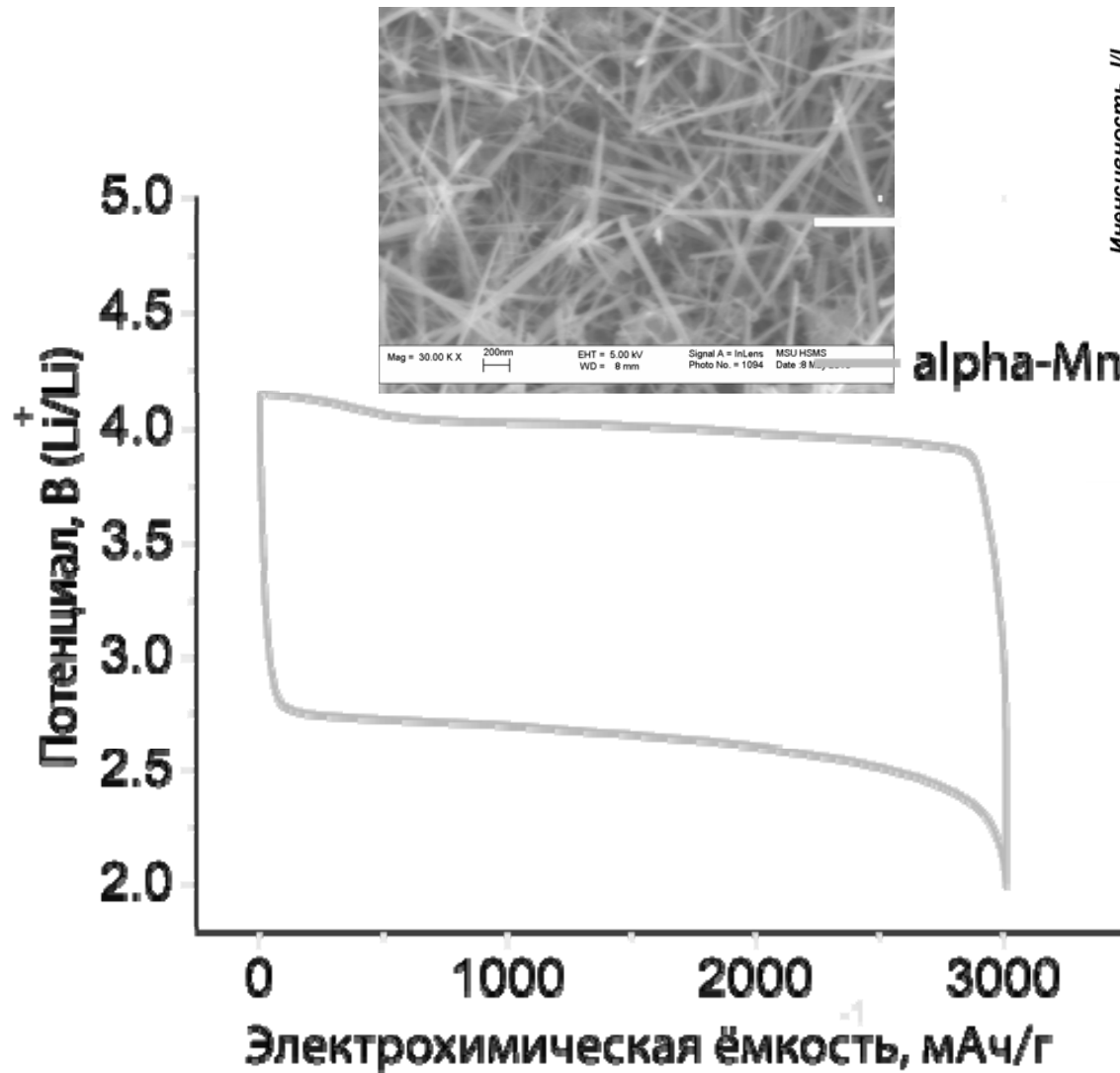
Fig. 8. Ribbon behaviour on dilution.

Анизотропные НМ для ЛИЭП

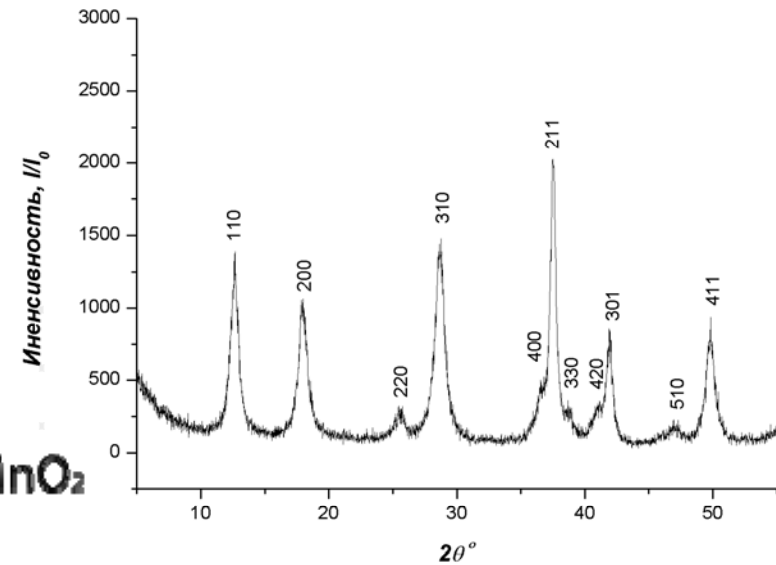


- Новые анизотропные наноструктурированные материалы на основе оксида ванадия для положительных электродов литий-ионных аккумуляторов, А.Я.КОЗЬМЕНКОВА, Д. А. СЕМЕНЕНКО, Д. М. ИТКИС, Т.Л. КУЛОВА, А. М. СКУНДИН, Е. А. ГУДИЛИН, Ю. Д. ТРЕТЬЯКОВ

ЛВЭП



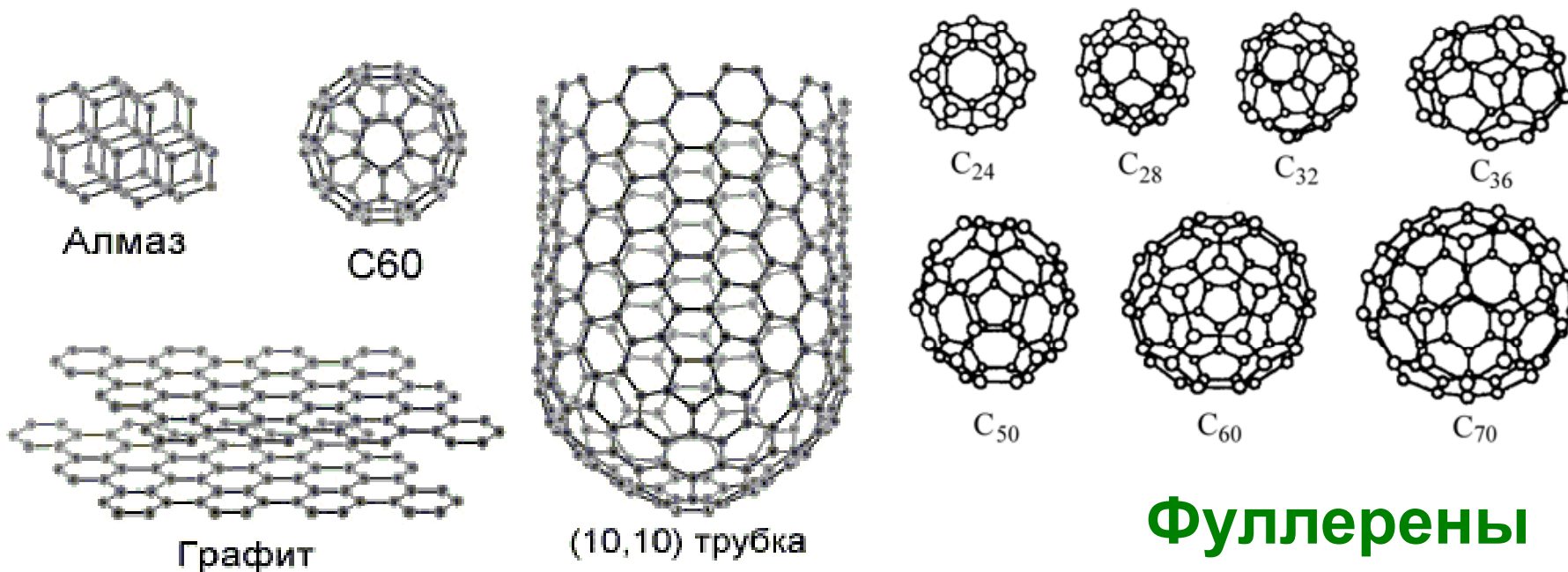
alpha-MnO₂



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

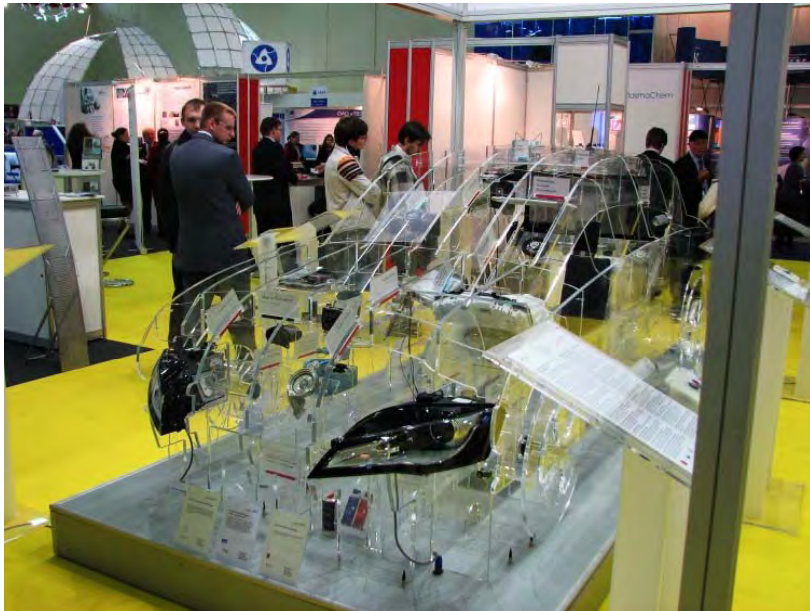
- Электродные материалы для литий-воздушных аккумуляторов.
Д.А. СЕМЕНЕНКО, А. И. БЕЛОВА, Т. К. ЗАХАРЧЕНКО, И. С. ЕЗЕПОВ,
С. С. КУЗНЕЦОВ, Е. А. ГУДИЛИН, Ю. Д. ТРЕТЬЯКОВ

Углеродные (нано)материалы



Модификации углерода

Изобретаем (заново) велосипед



(ВИАМ, академик Е.Н.Каблов)

Применение наноматериалов

- Катализ, преобразование солнечной энергии (TiO_2)
- Сенсоры
- Химические источники тока и топливные ячейки
- Дисперсионное упрочнение/прочные материалы
- Магнитная томография (магнитные наночастицы - зонды), маркеры, носители лекарств
- Магнитные жидкости
- Запись, отображение информации, электроника
- Фотоника
- Квантовые точки
- Молекулярные сита / клатраты
- Аэрогели
- ... практически все на свете