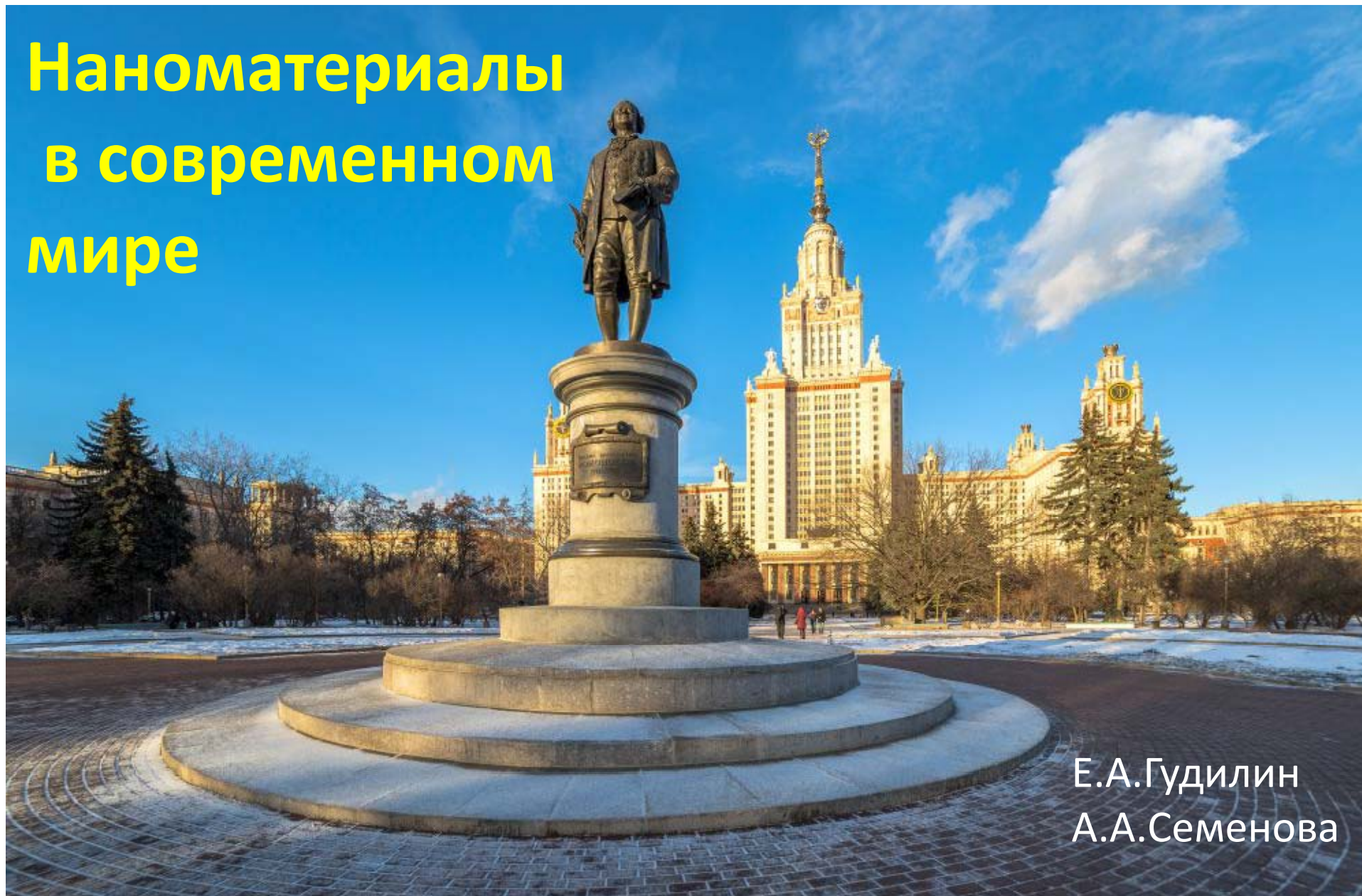


Наноматериалы в современном мире



Е.А.Гудилин
А.А.Семенова

О конструировании наноматериалов

На каком языке говорить о нанотехнологиях?



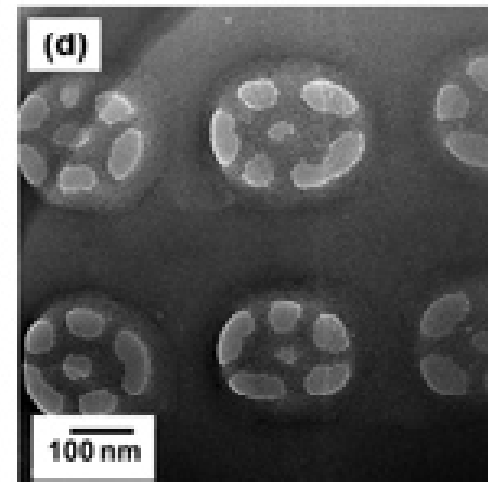
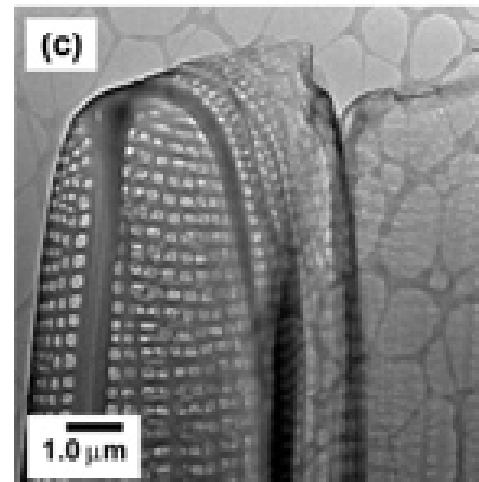
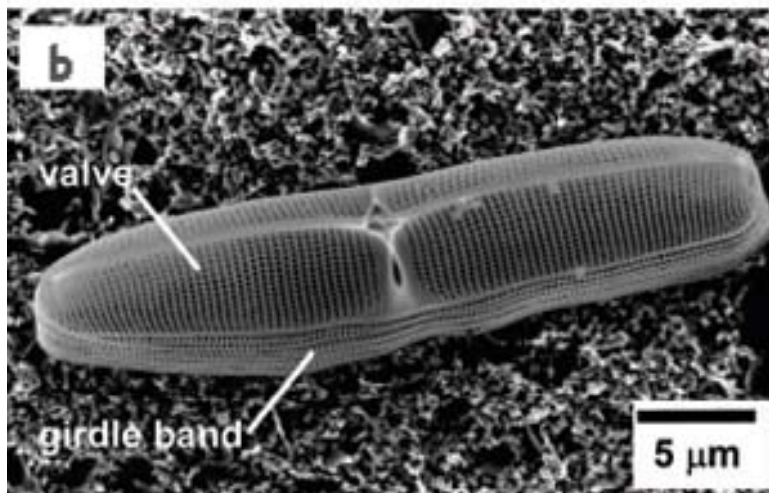
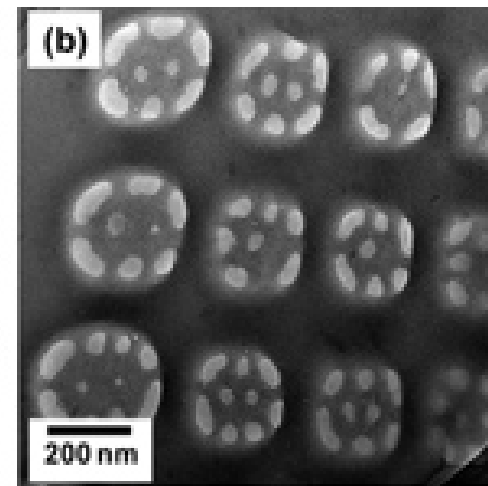
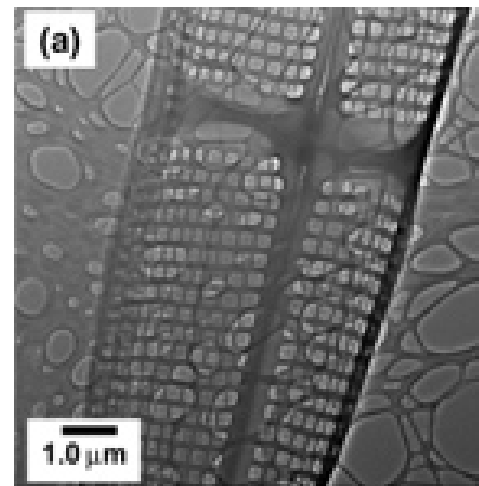
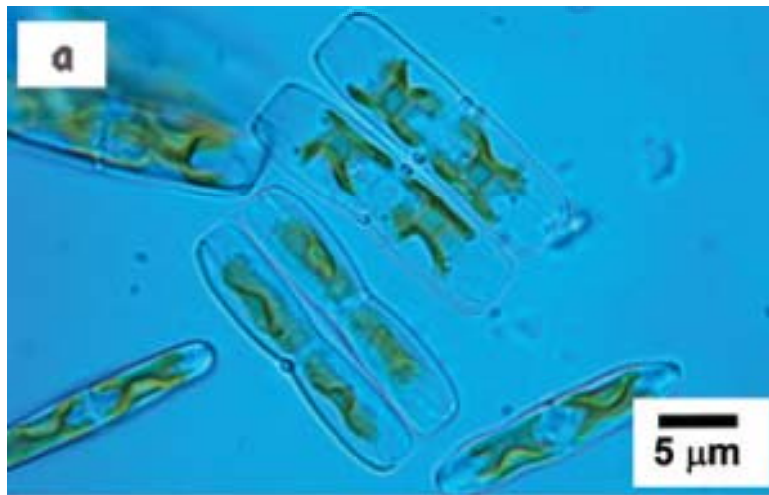
Варкалось. Хливкие
шорьки
Пырялись по наве,
И хрюкотали зелюки,
Как мюмзики в мове.

О бойся Бармаглота, сын!
Он так свиреп и дик,
А в глуше рымит исполин
--
Злопастный Брандашмыг



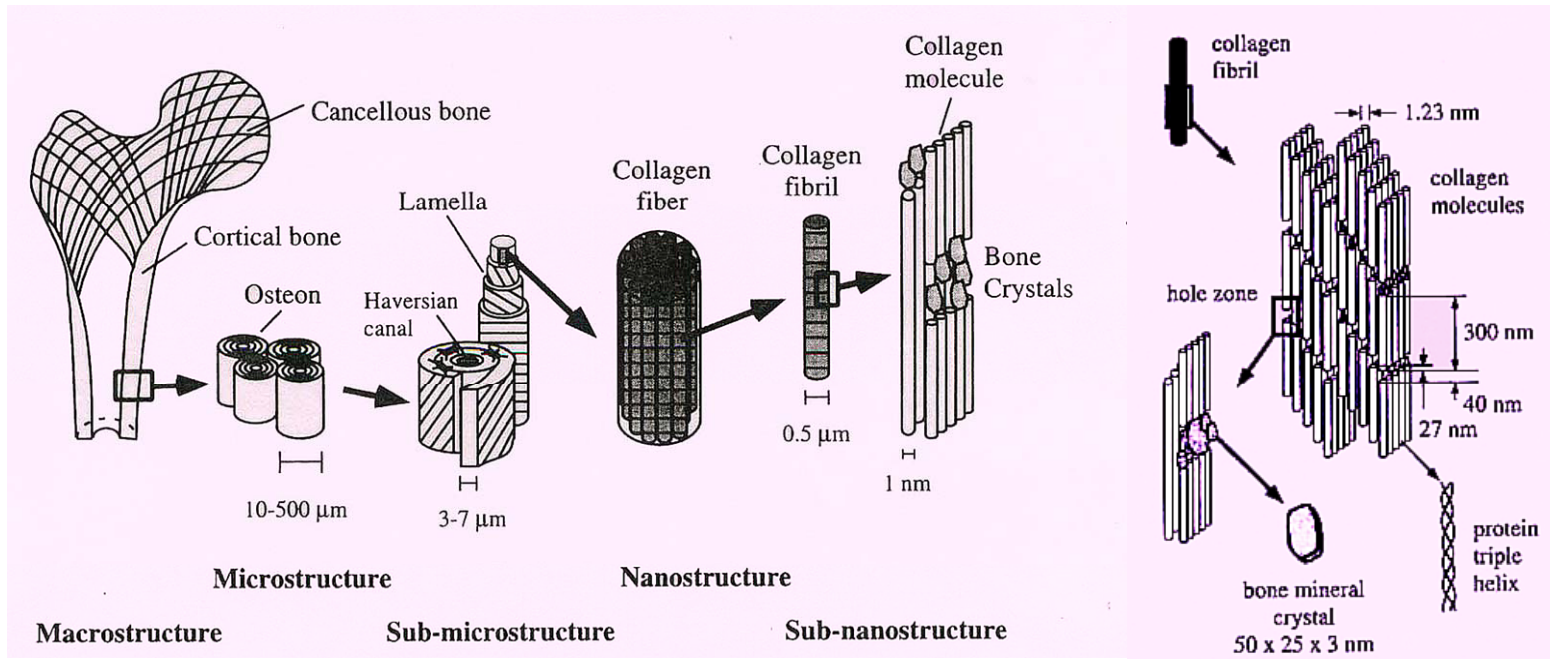
«Наночуровень» структуры (1 - 100 нм) существует всегда, и если он предопределяет свойства материала, то говорят о наноматериале.

Скелеты диатомовых водорослей



- Изображения панциря одноклеточной водоросли *Pinnularia* sp. из группы [диатомовых водорослей](#) : (a,b) контрольные клетки, выращенные в отсутствие титана; (c,d) панцири клеток, содержащие биогенный диоксид титана.

Кость как композит



Коллаген (20 масс%),

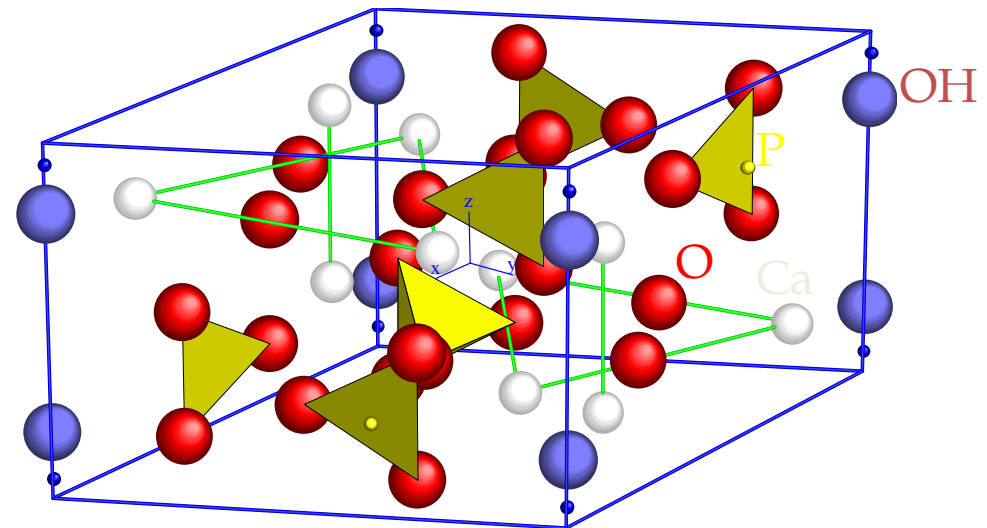
фосфаты кальция (69 масс%),

$(Ca_{10-x}(HPO_4)_x(PO_4)_{6-x}(OH)_{2-x})$

вода (9 масс%)

+

белки, полисахариды, липиды

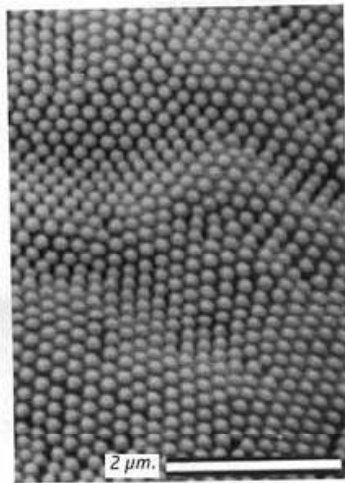


Природные фотонные кристаллы

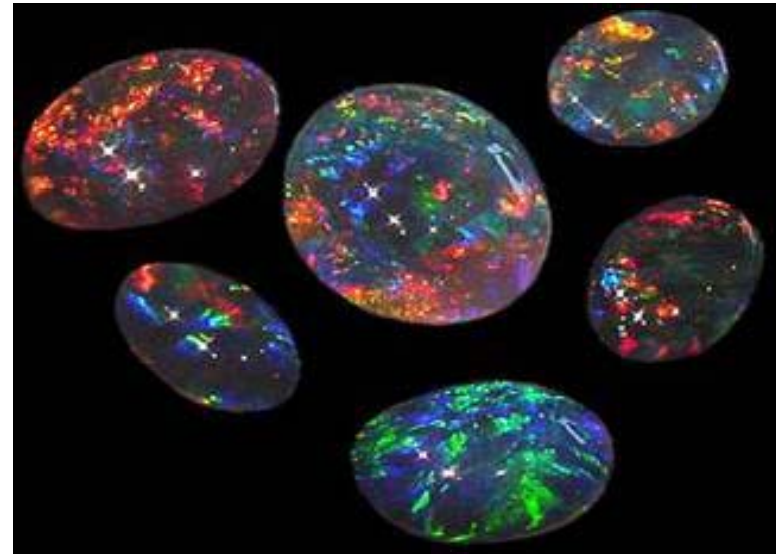


Morpho butterfly showing characteristic blue iridescence.

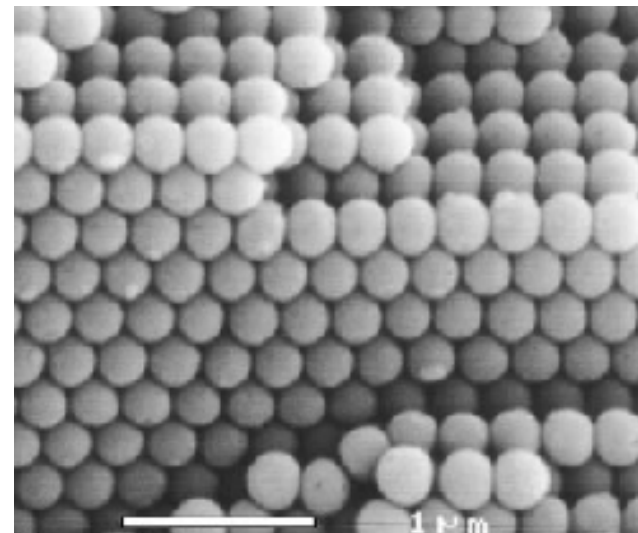
Insects



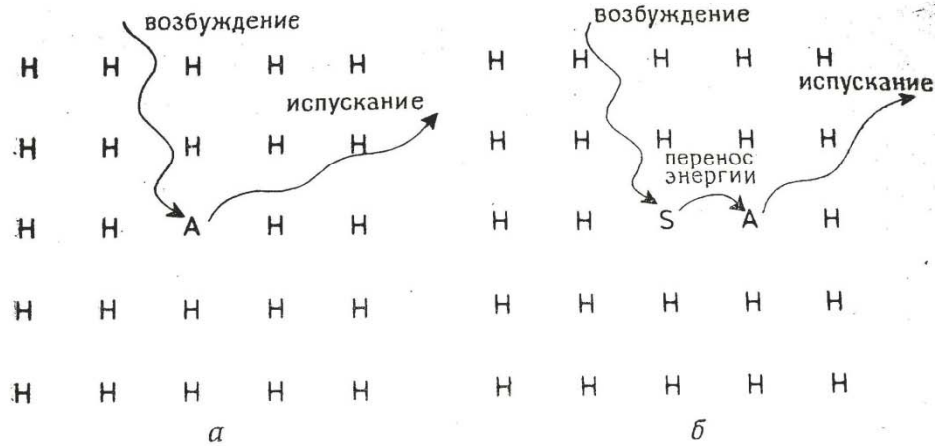
*Scanning electron micrograph of a butterfly (*Vanessa kershawii*) cornea.*



Opals



Люминесценция



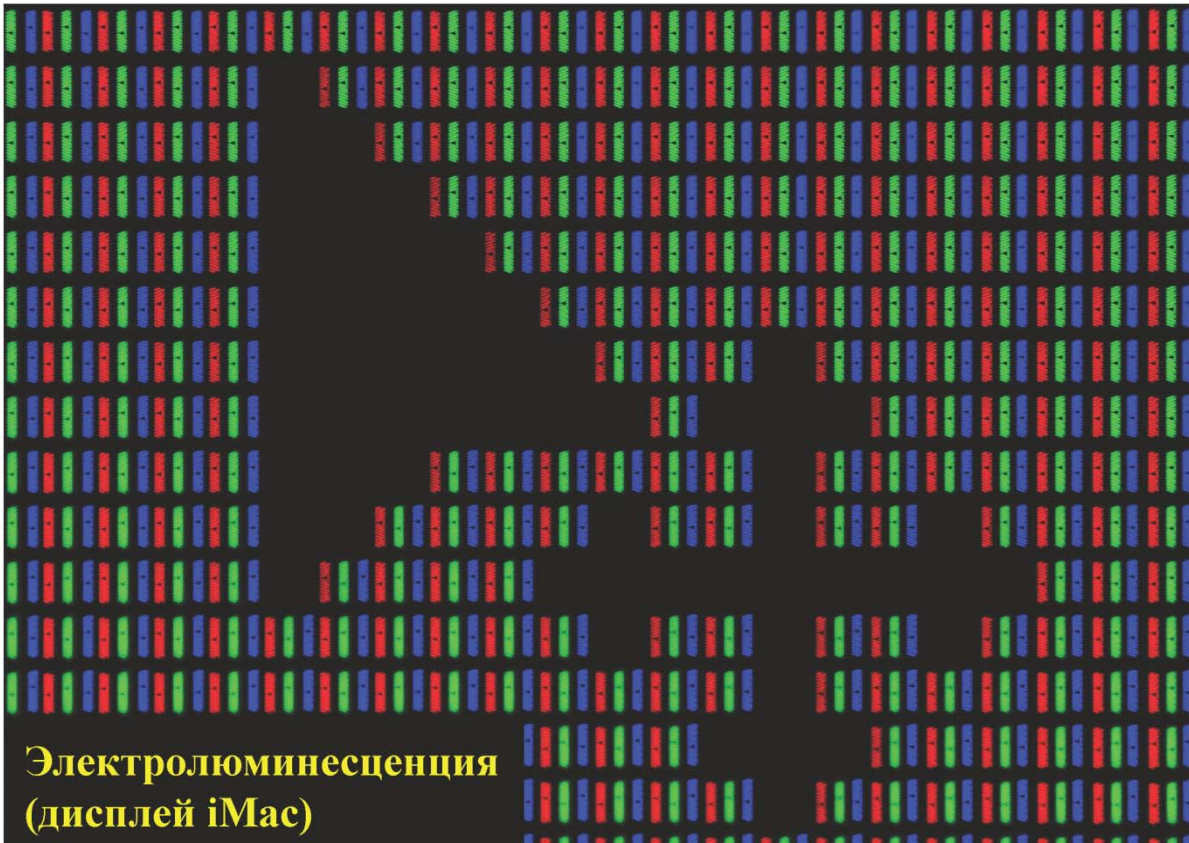
Фотолюминесценция

a — в кристаллическую решетку основы Н введен активатор А; *b* — в кристаллическую решетку основы Н введены активатор А и сенсibilизатор S.

Радиолюминесценция (триний)



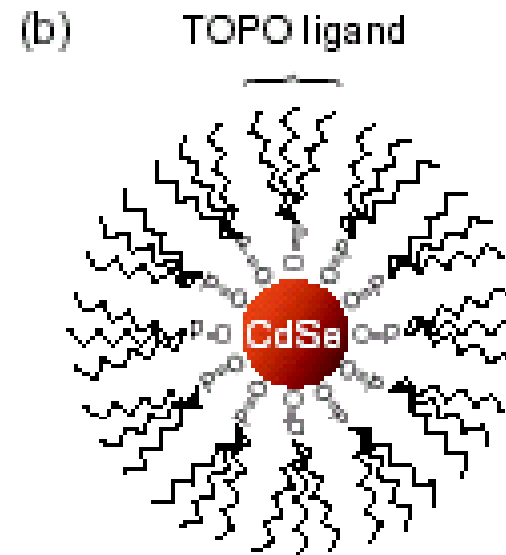
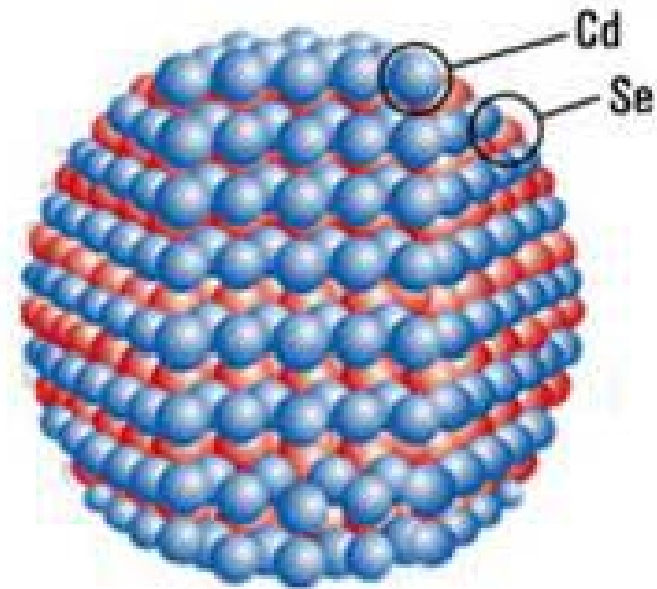
Электрoлюминесценция (дисплей iMac)



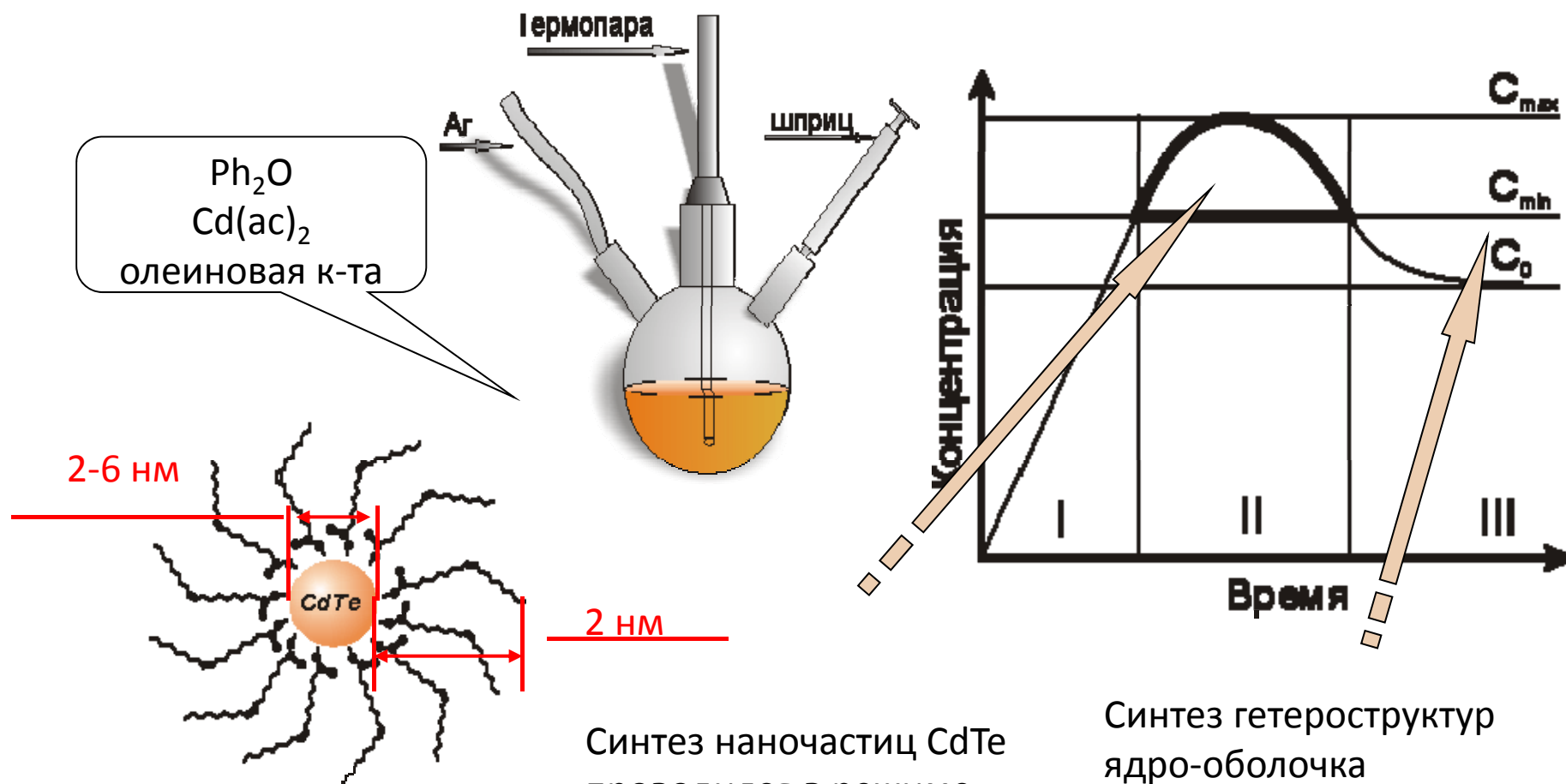
Коллоидные квантовые точки

- 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...



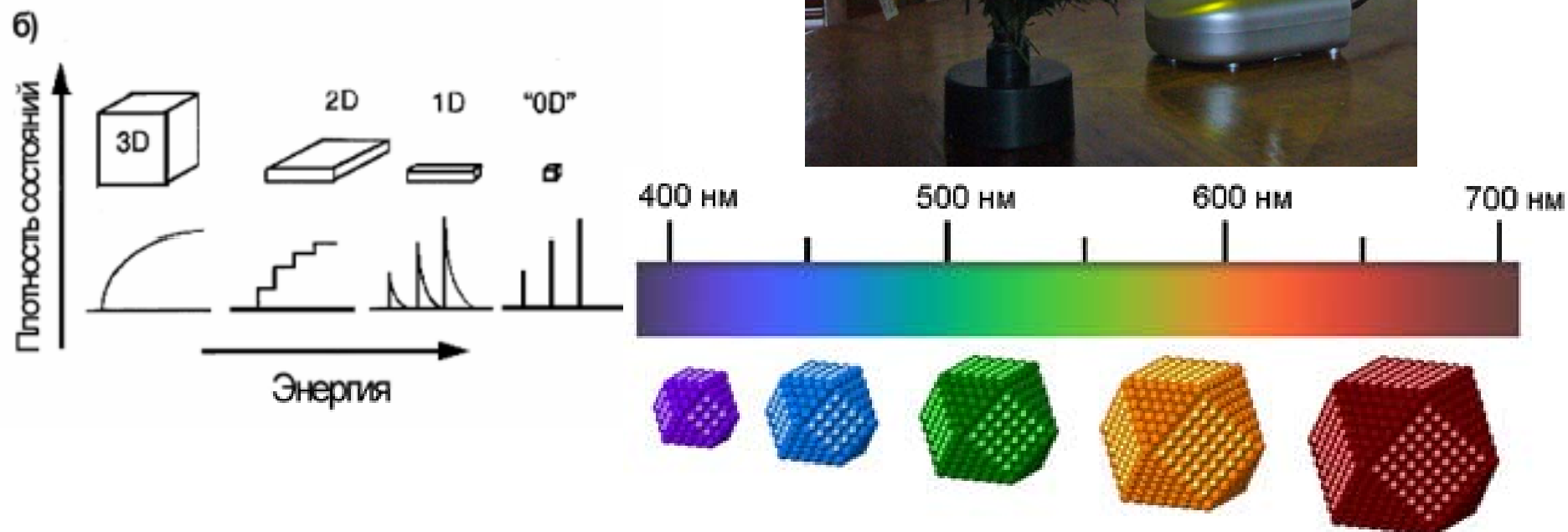
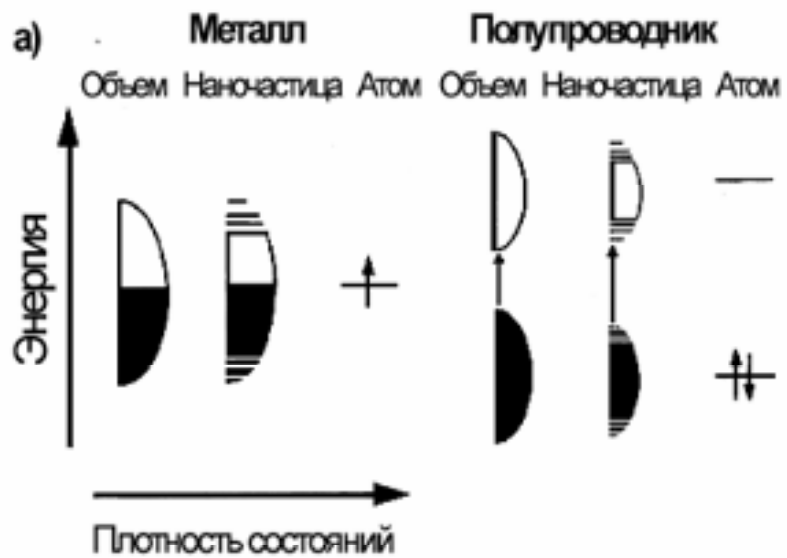
Химический синтез квантовых точек



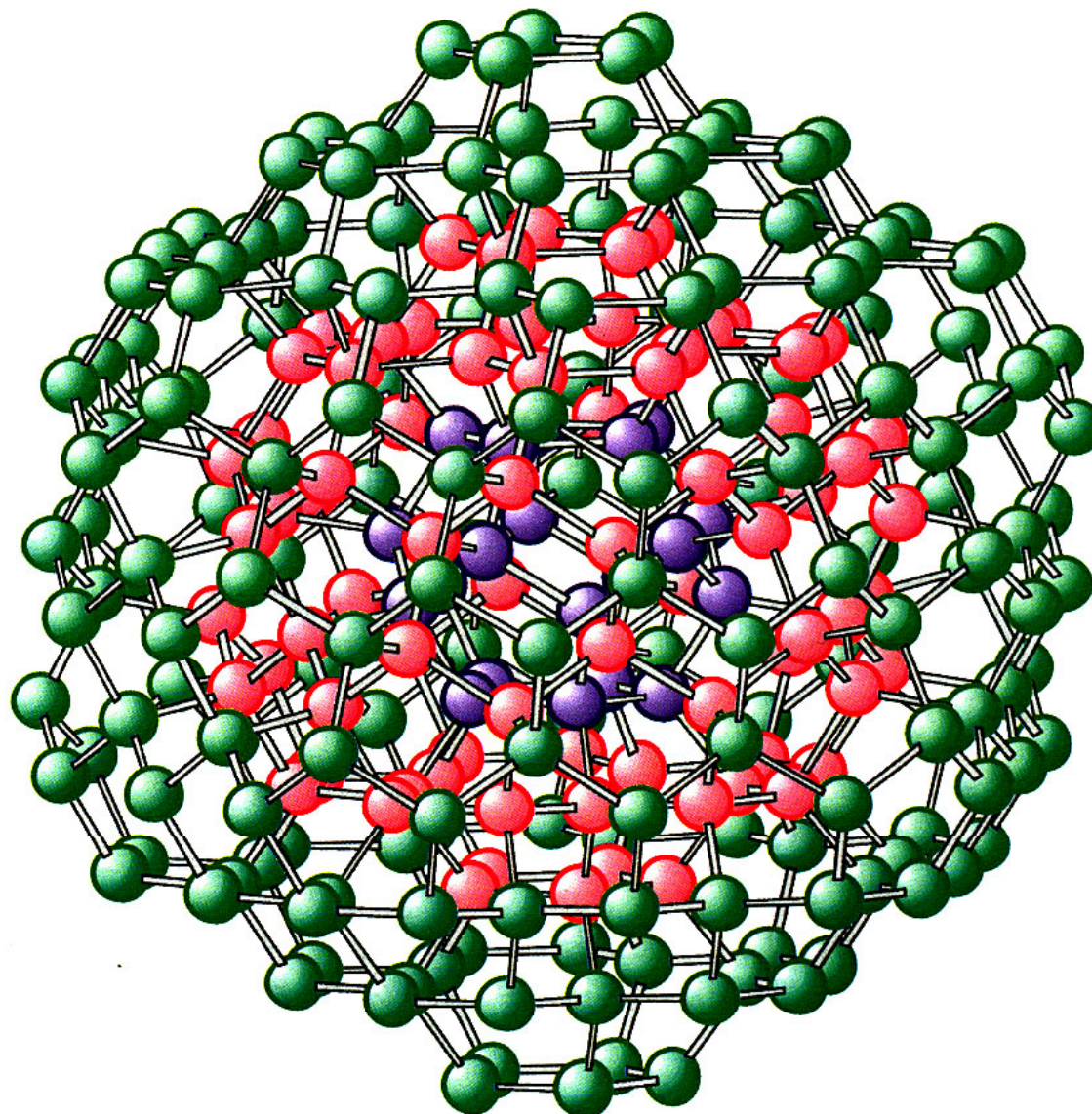
Синтез наночастиц CdTe проводился в режиме пересыщения (II)

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

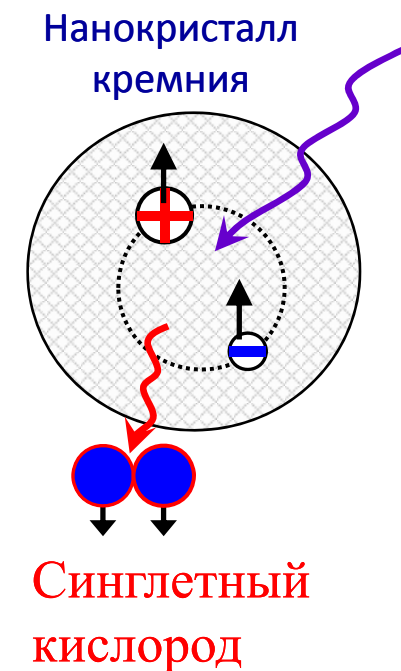
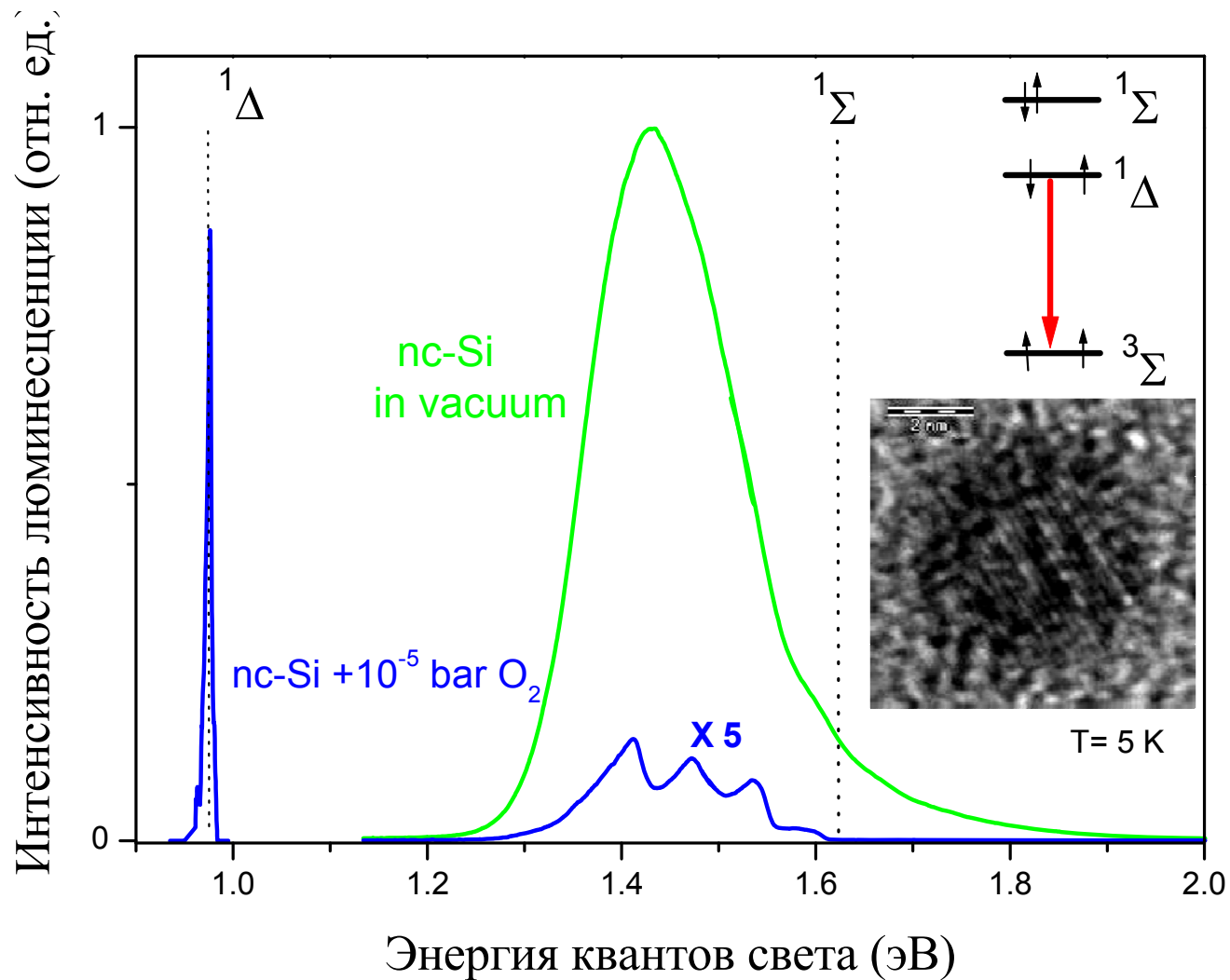
- мин. время
 - макс. пересыщение
- > монодисперсная система



Наноалмаз

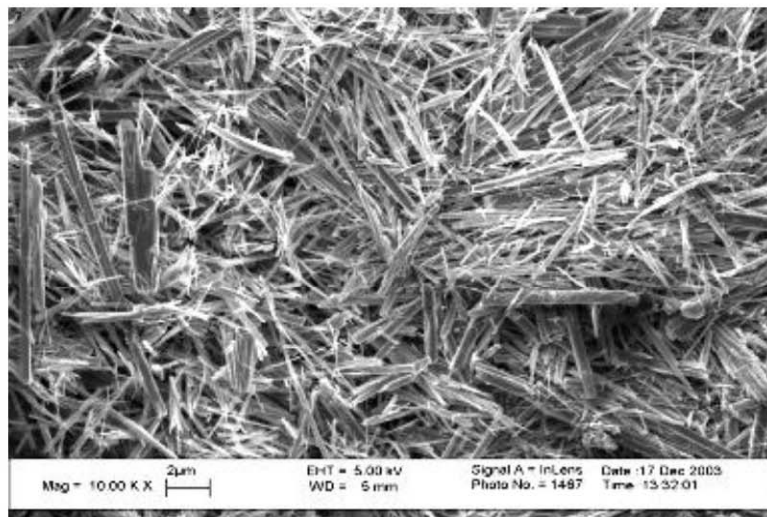
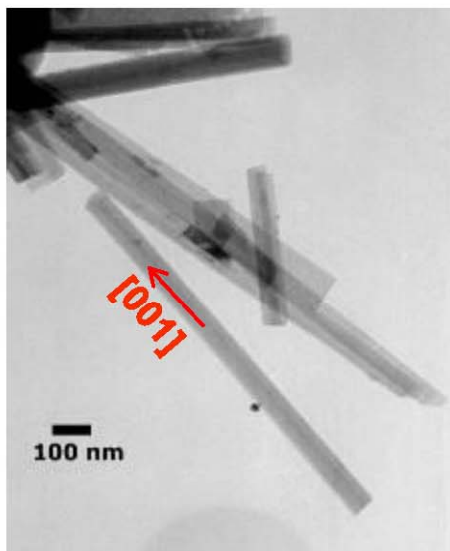


Передача энергии от экситонов в нанокристаллах Si к молекулам O₂



D. Kovalev, V. Timoshenko et al., Phys. Rev. Lett. 89 (2002)

Гидротермальная обработка

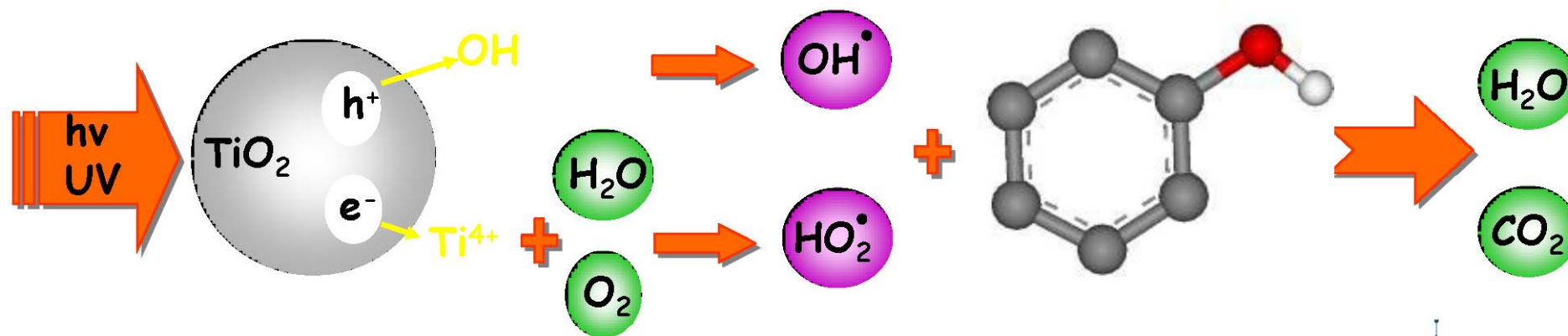


TiO₂,

контроль pH

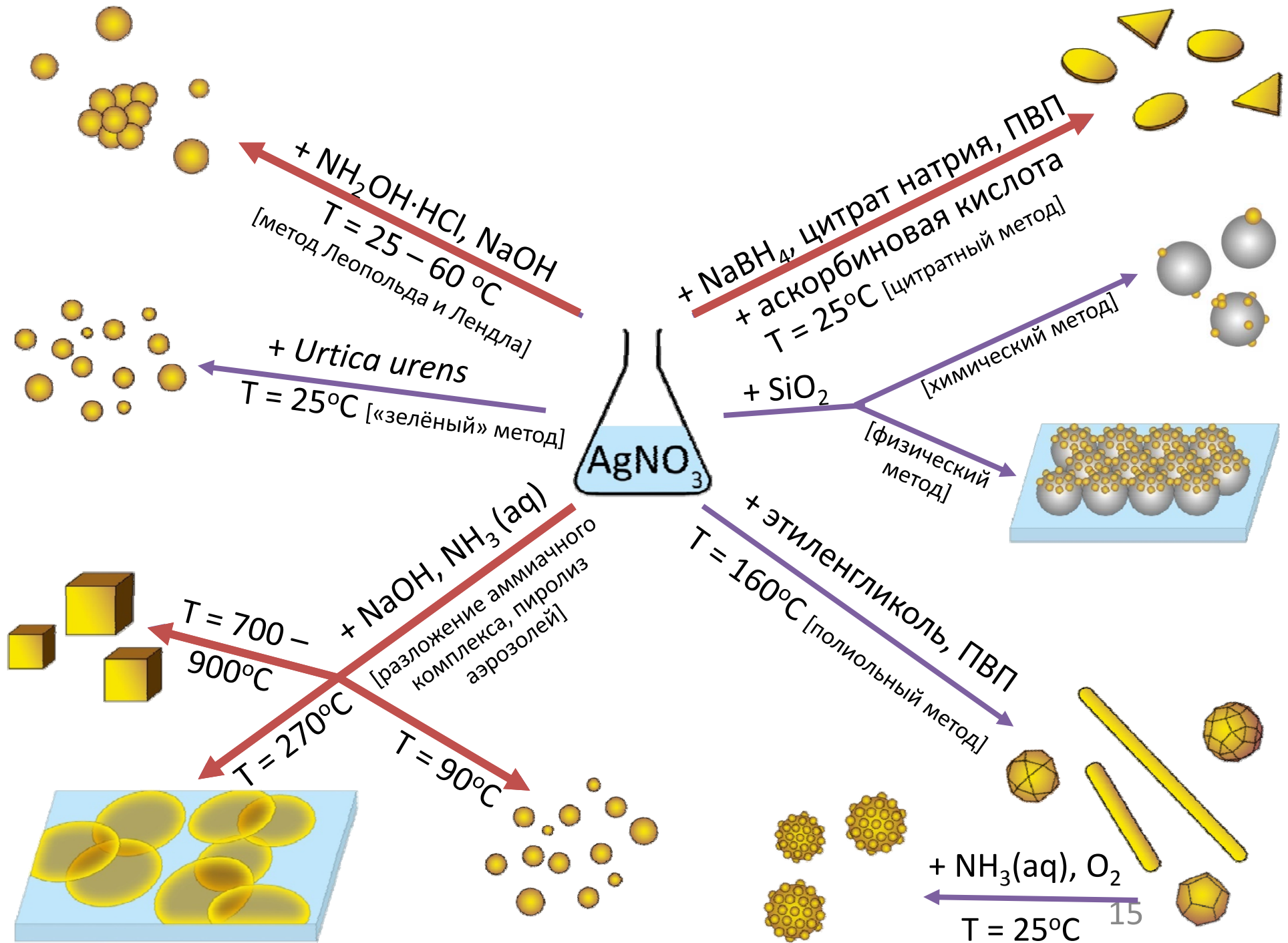
вода

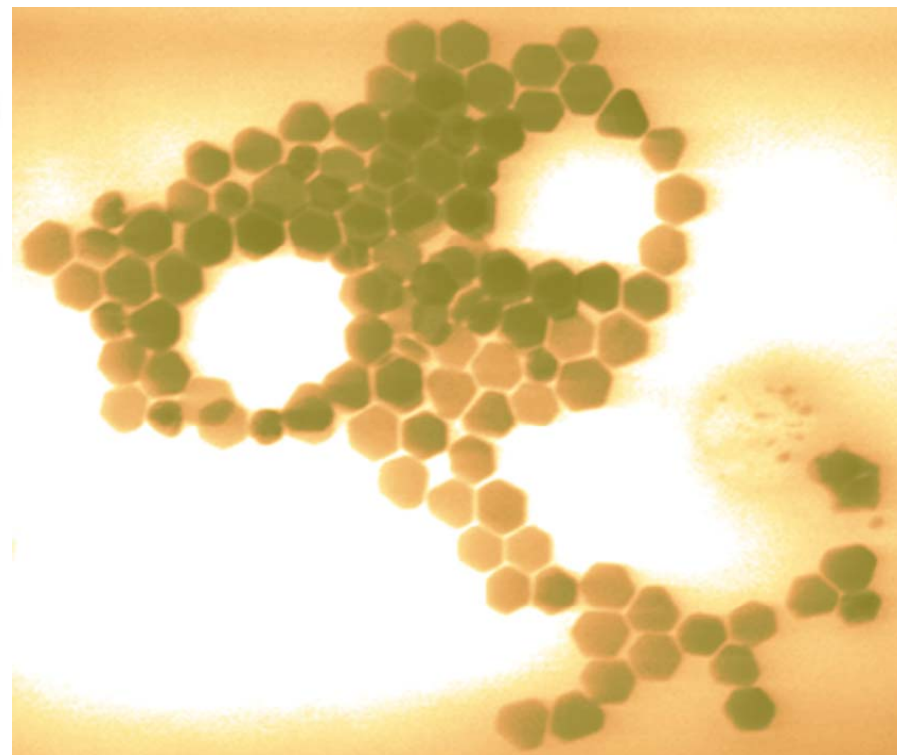
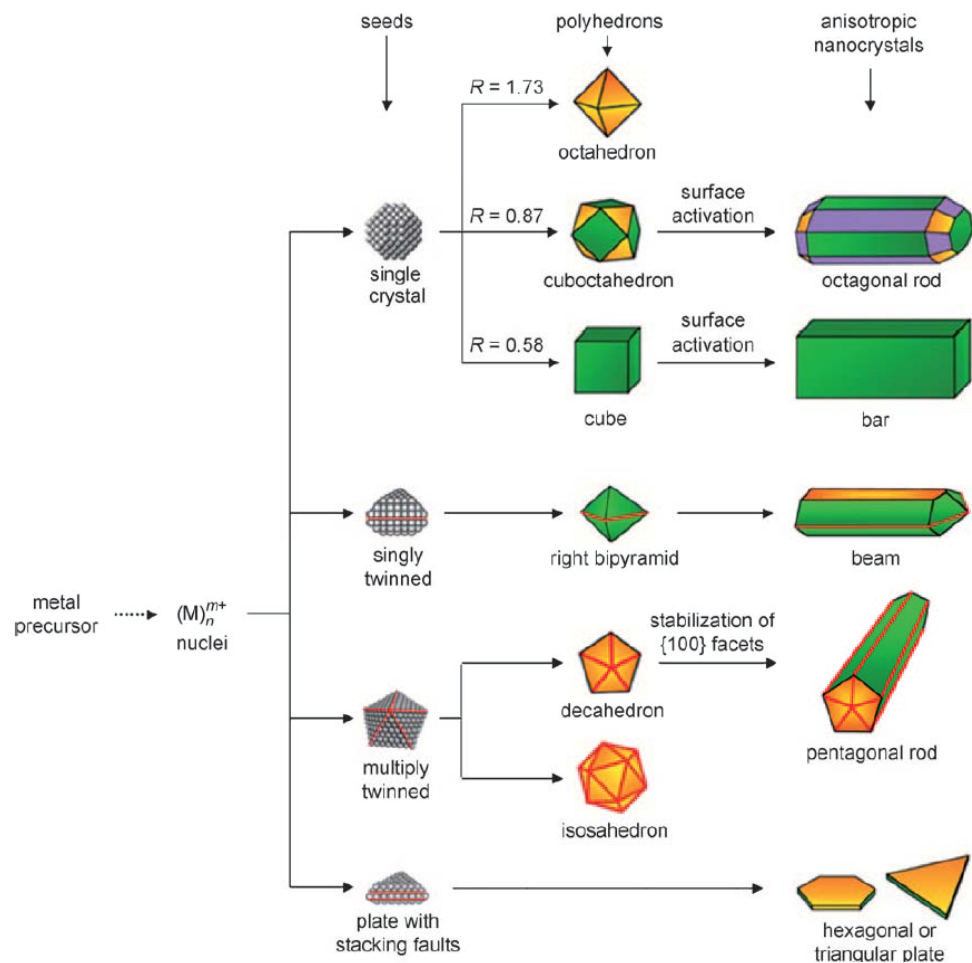
150-250°C



Серебро





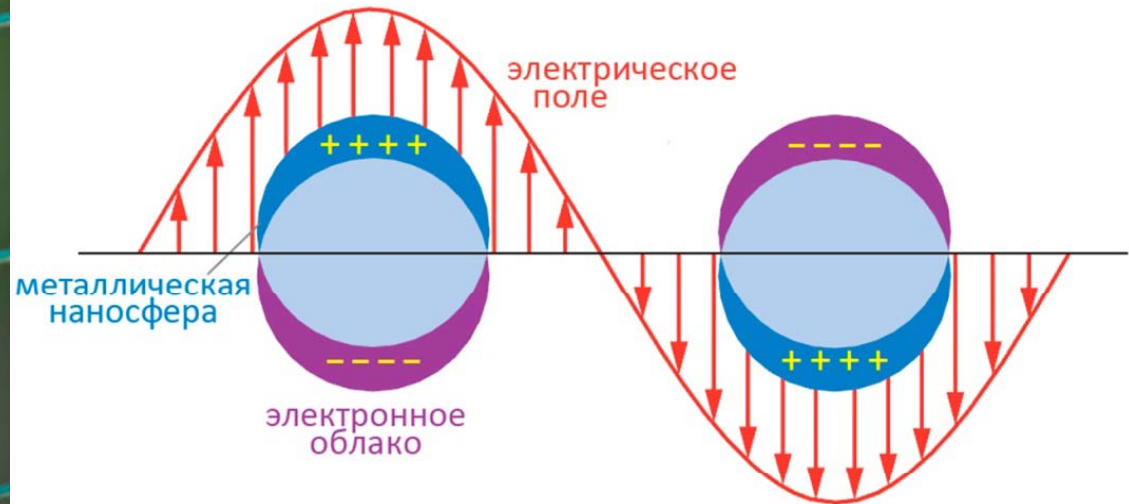


- десятки способов контролируемого восстановления
- легкость получения ультрадисперсных систем заданной концентрации и с контролируемой морфологией дисперсной фазы
- низкая токсичность и цитотоксичность наночастиц
- надежная модификация поверхности (тиолы, амины)
- широкий диапазон структурно – чувствительных свойств
- **разработке активных элементов для современных методов спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния при определении нМ концентраций аналитов по «молекулярным отпечаткам пальцев»**

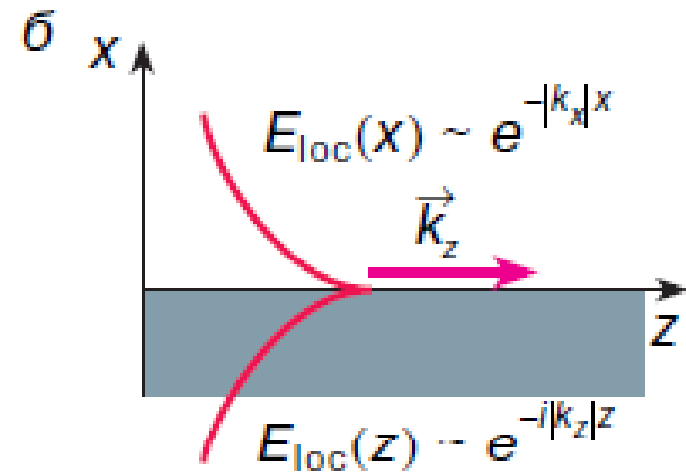
Степашка и плазмоны



IA																			VIIIA
H	IIA													IIIA	IVA	VA	VI	VIIA	He
Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VIB	VIB	VIII		IB	II B			Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn			Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd			In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg			Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

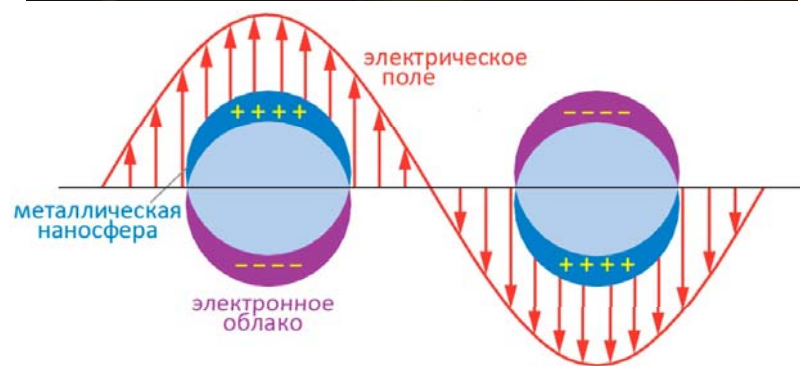
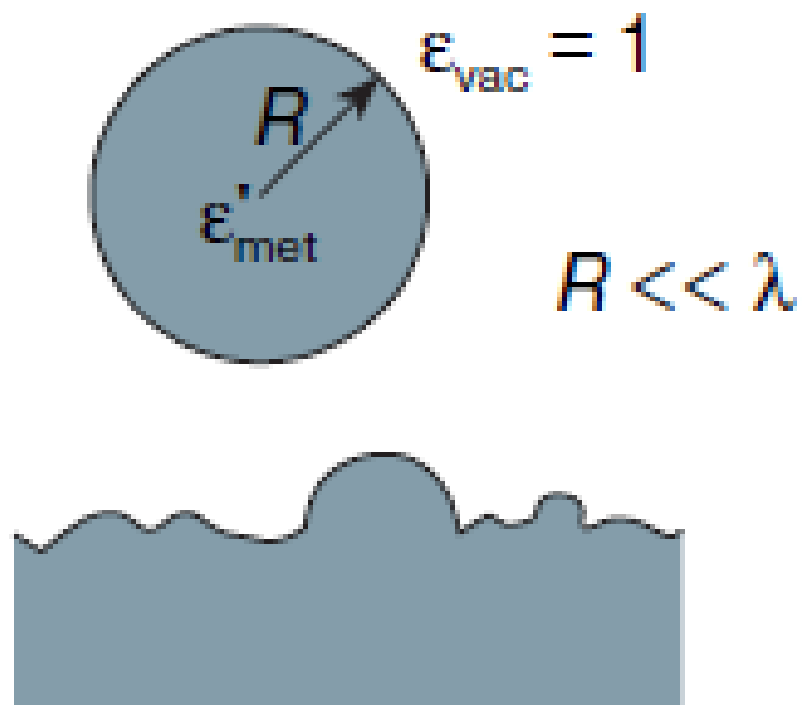


Поверхностный плазмон



SPR - датчики

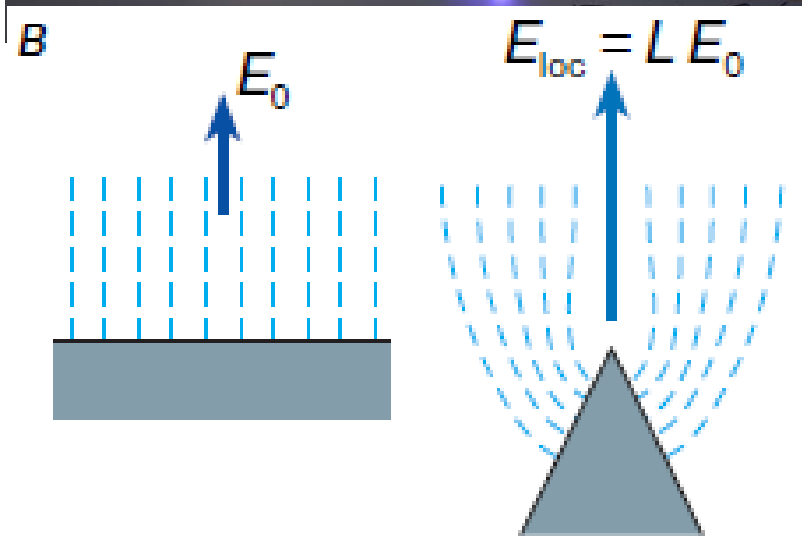
Локальные плазмоны



ориентация частиц

*локальный метод
(10 – 15 нм)*

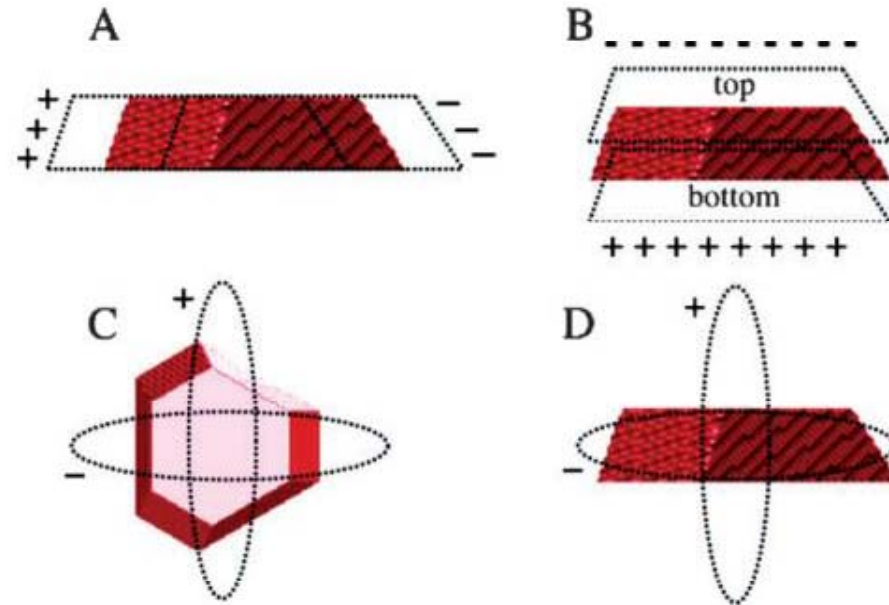
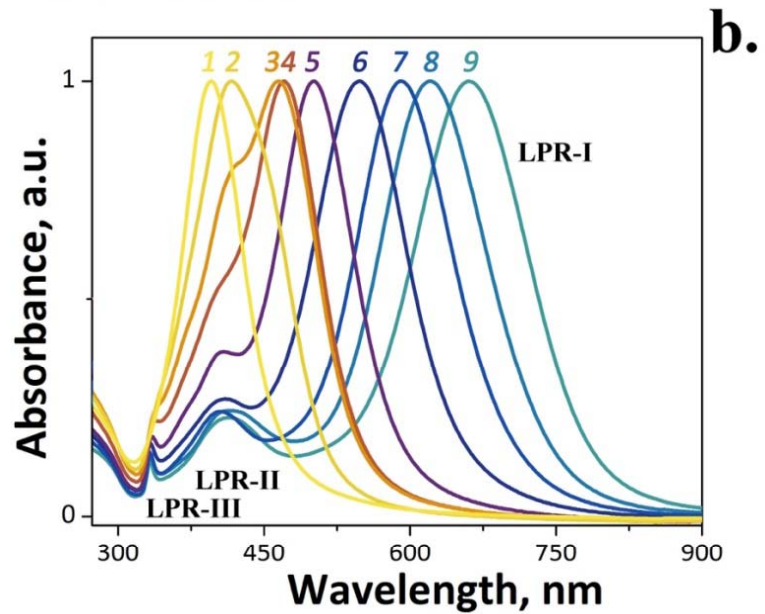
«Эффект громоотвода»



морфология частиц

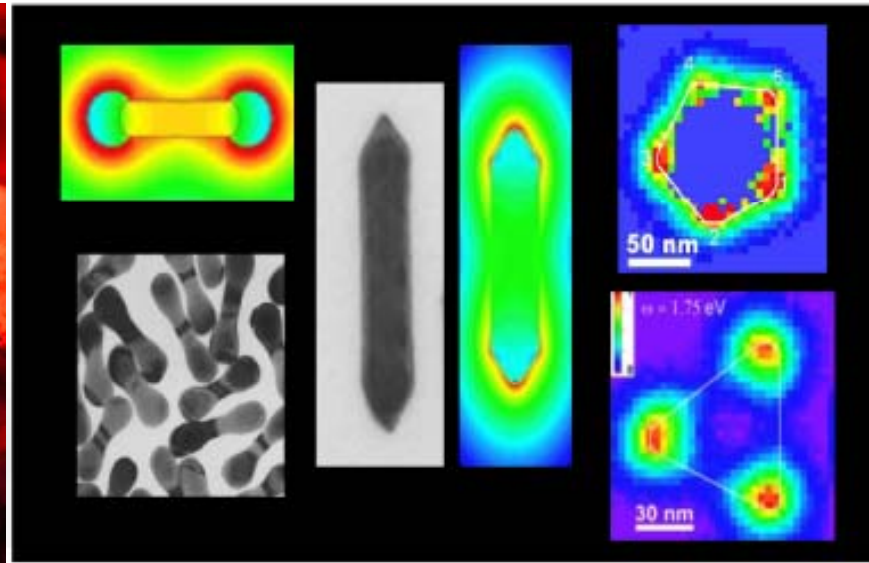


Форма частиц

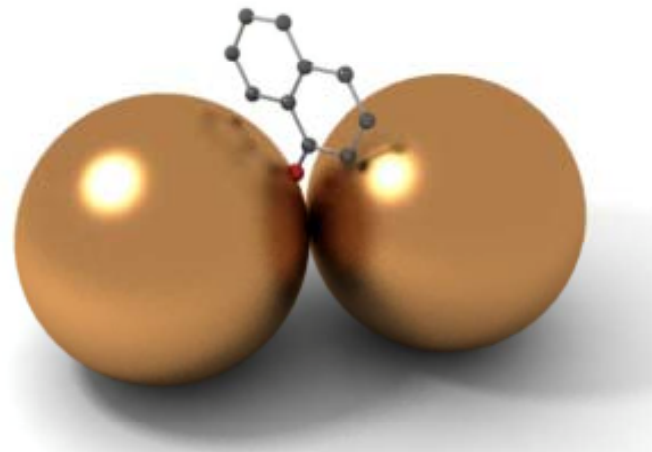


анизотропия частиц

Горячие точки

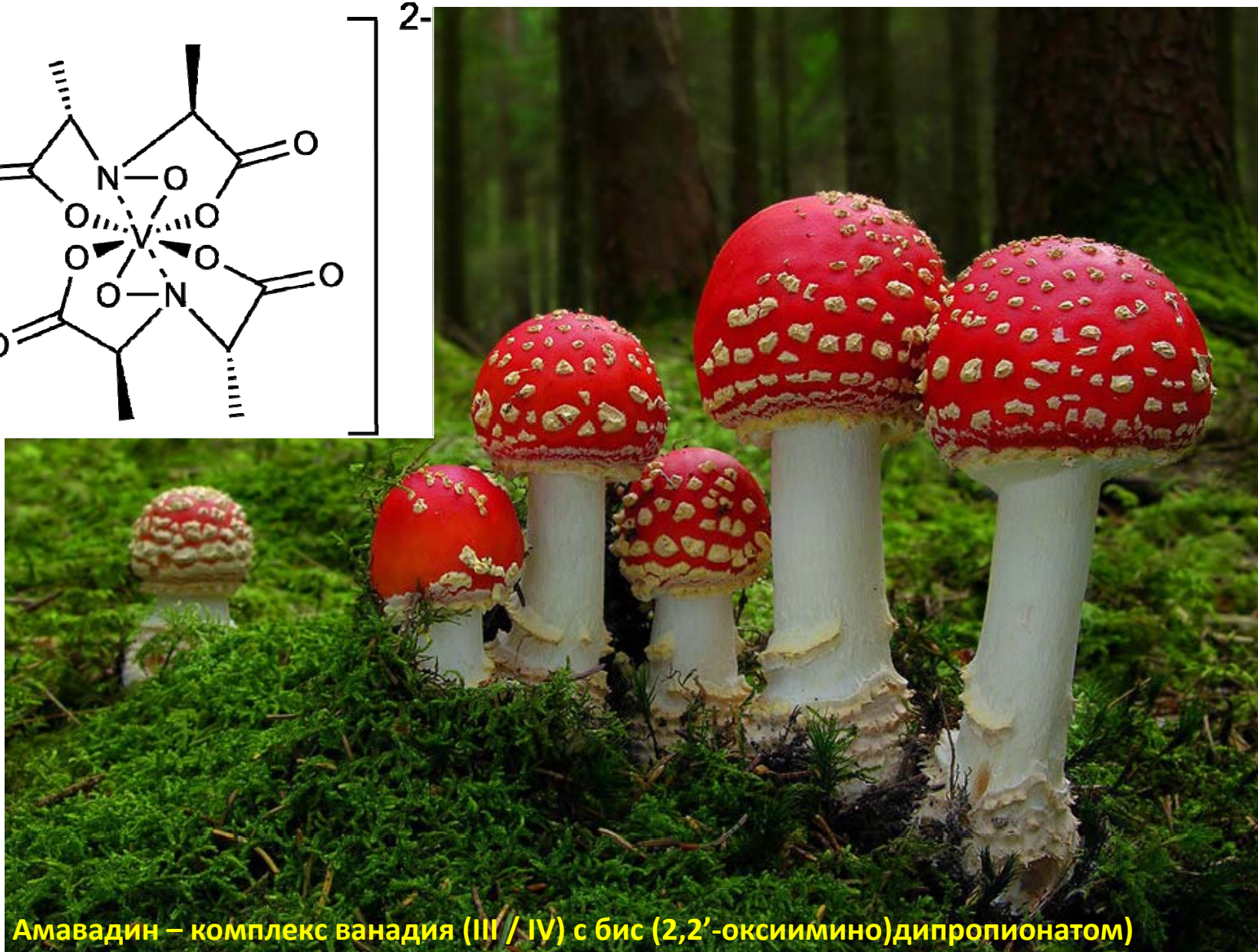
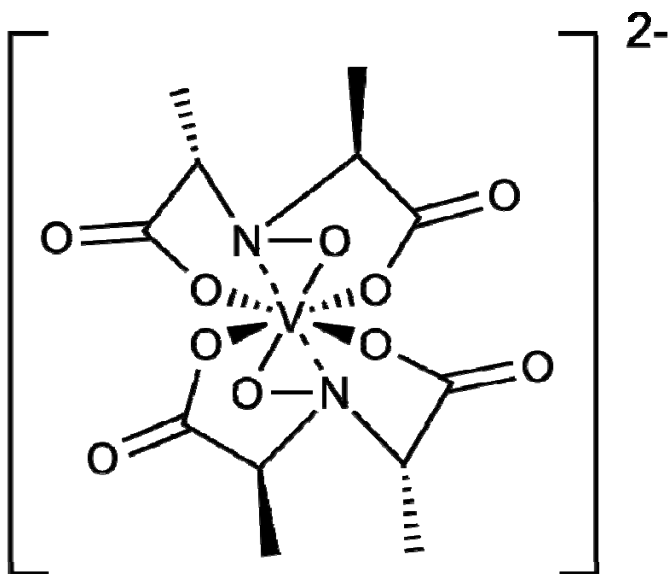


Hot spot



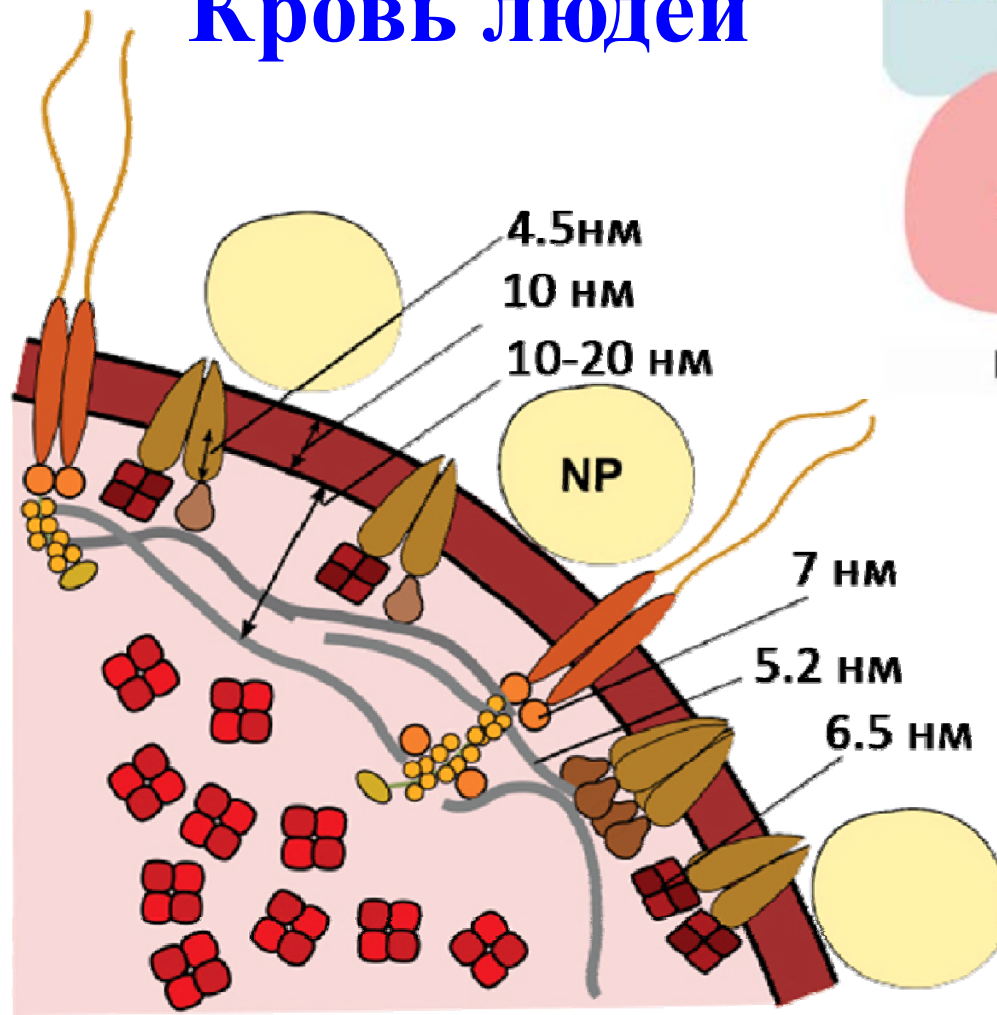
агрегатная структура

Кровь мухоморов

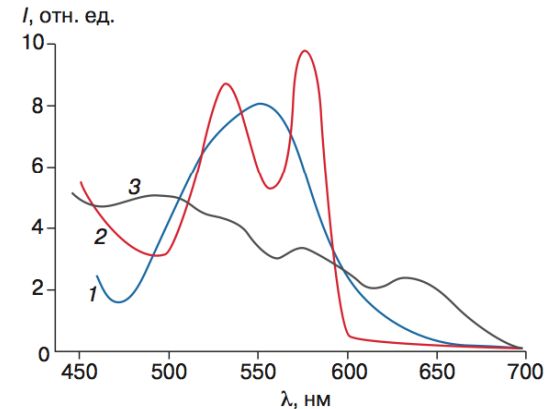
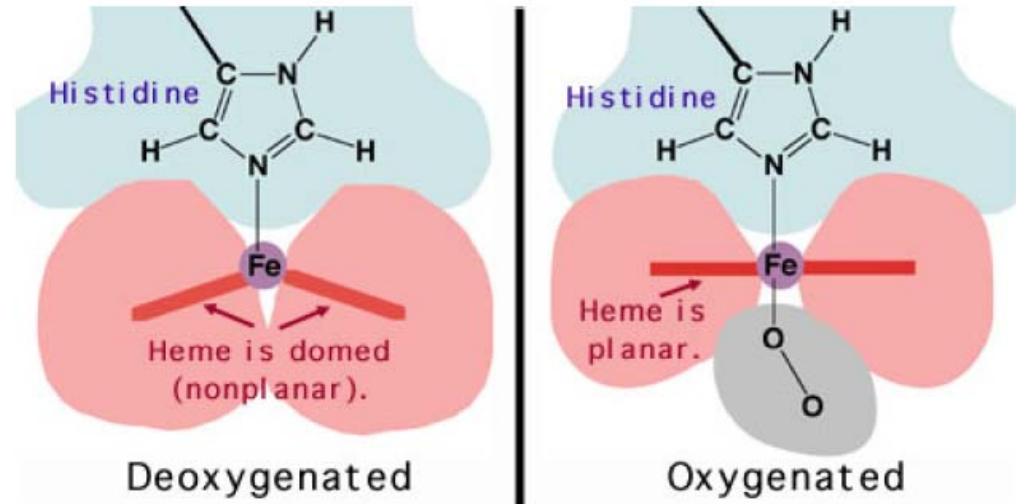


Амавадин – комплекс ванадия (III / IV) с бис (2,2'-оксиимино)дипропионатом)

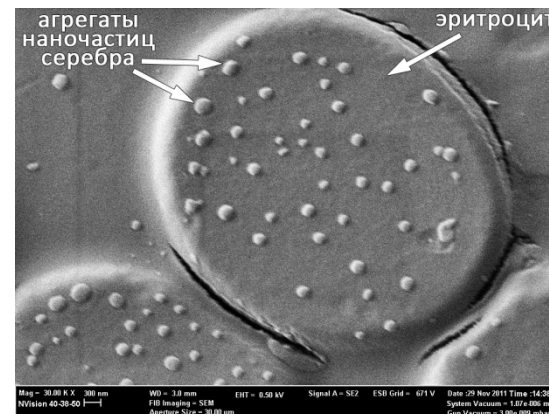
Кровь людей



- NP Наночастица
- Гб_{МС} Гб_{ЦПТ}
- АЕ1 обменник (белок полосы 3)
- Анкирин
- Гликофорин
- Белок полосы 4.1
- Спектрин
- Актин, тропомиозин, тропомодулин

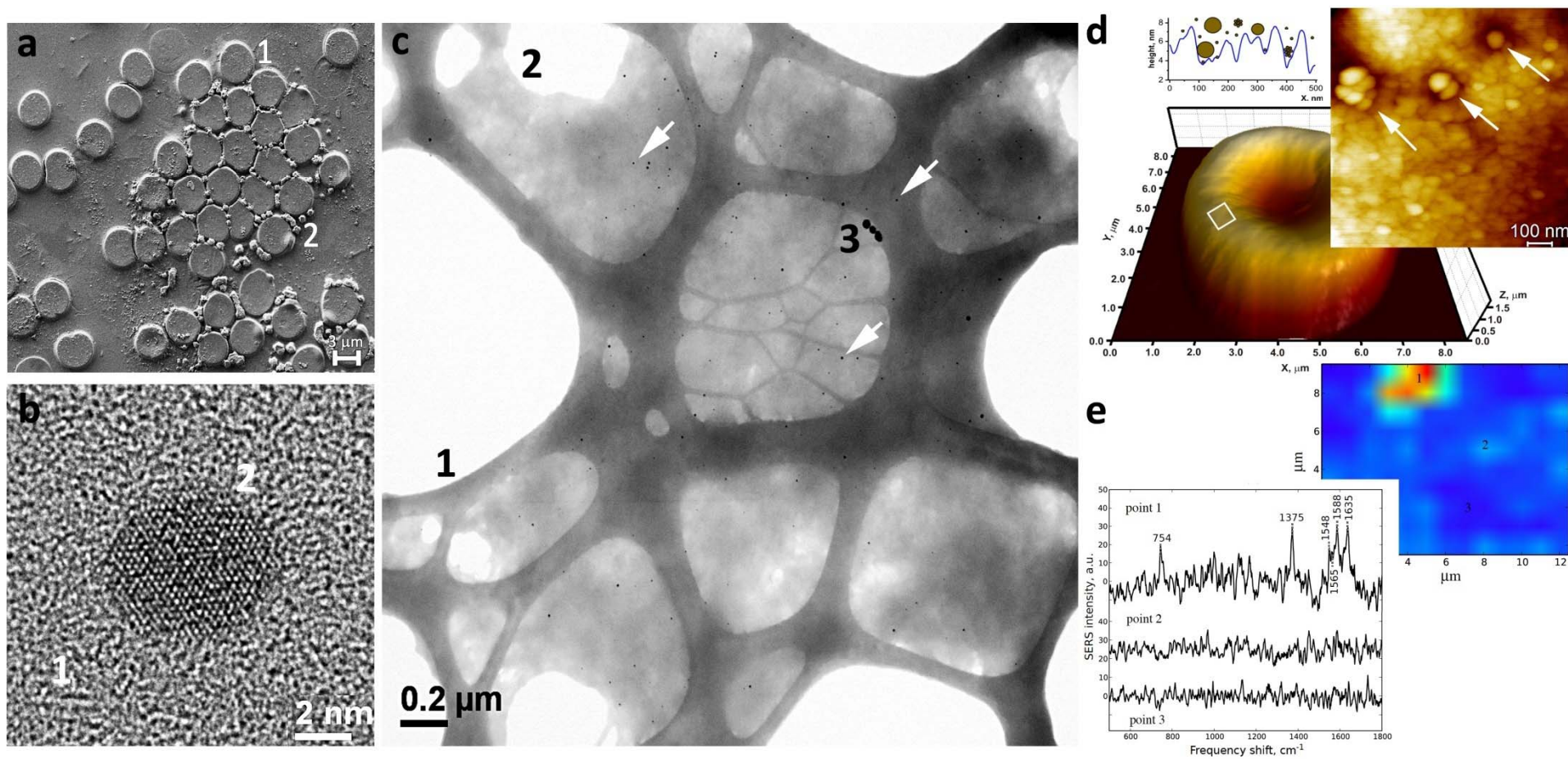


Спектры поглощения дезоксигемоглобина (1), оксигемоглобина (2) и ферригемоглобина (3)

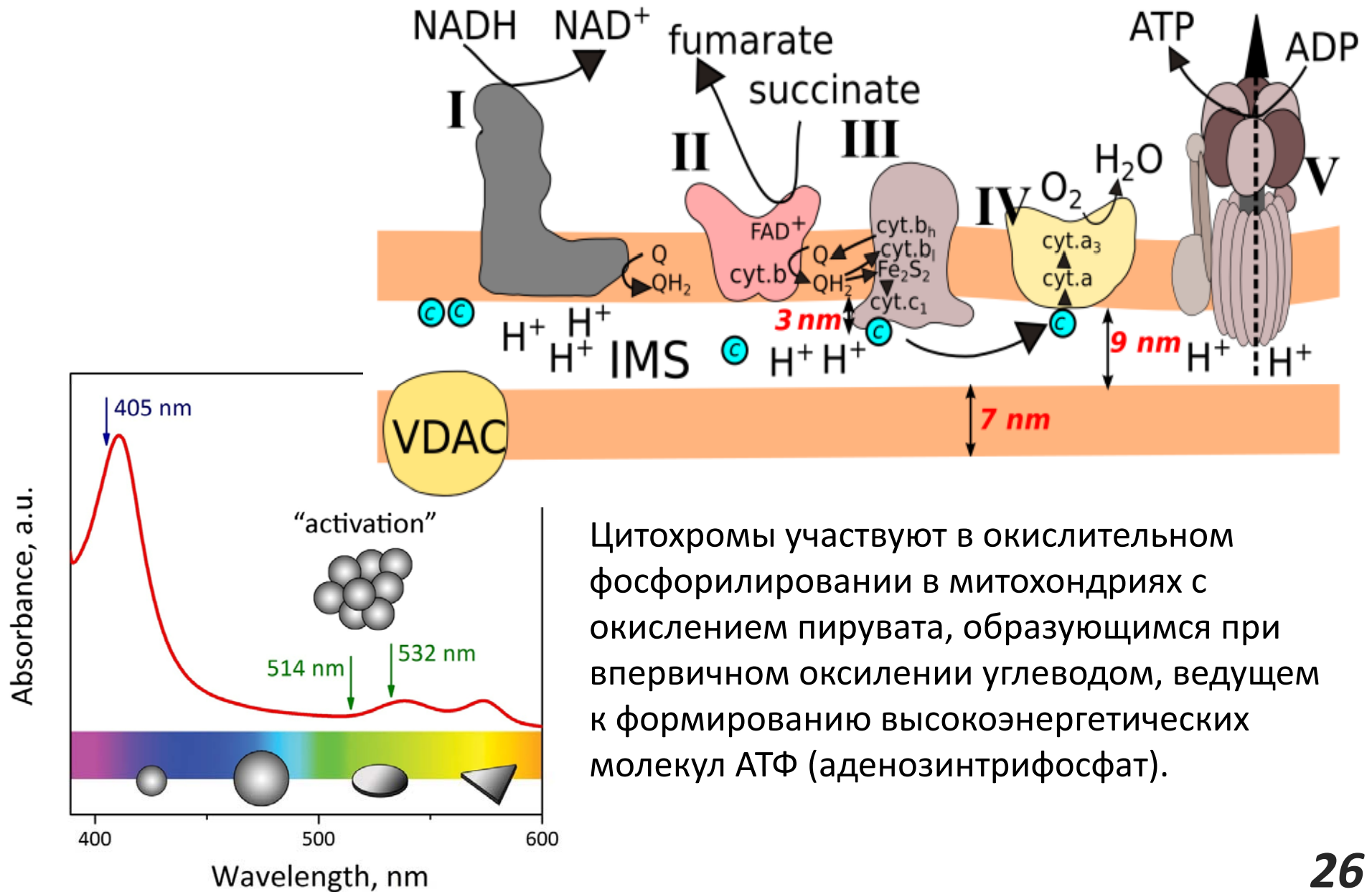


J. Raman Spectr., 2013

Серебро и клеточная мембрана

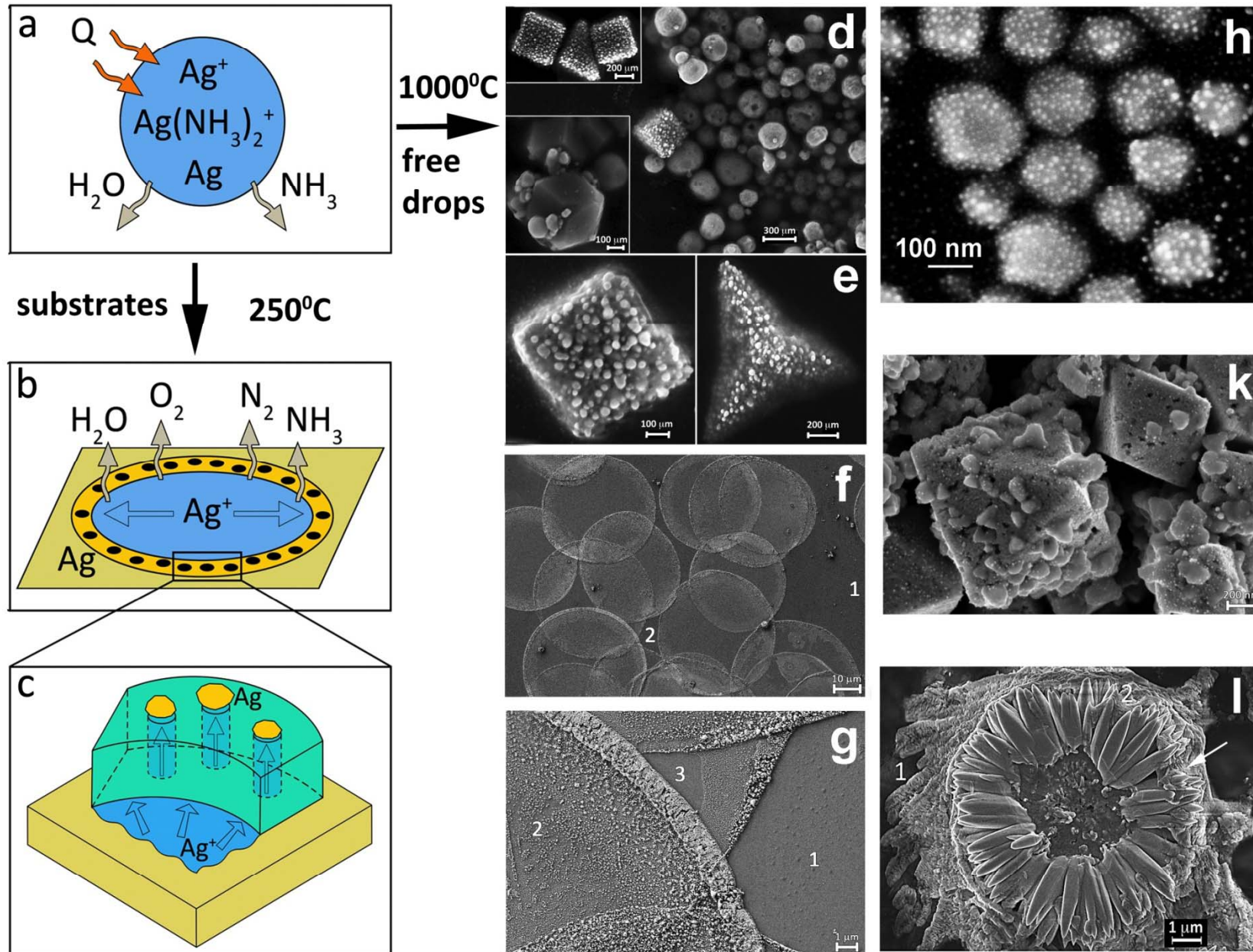


Митохондрии

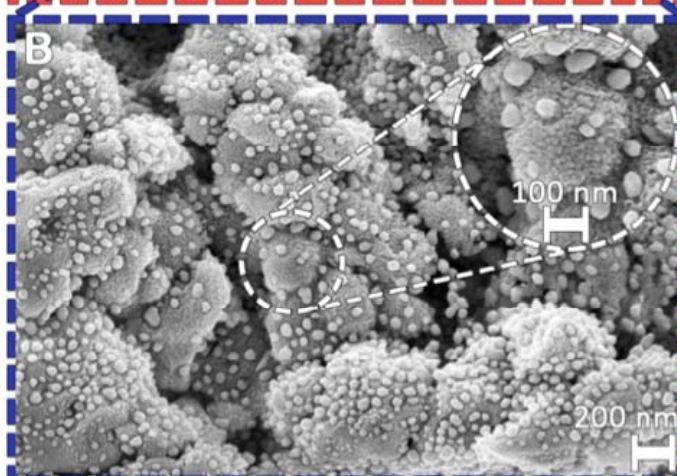
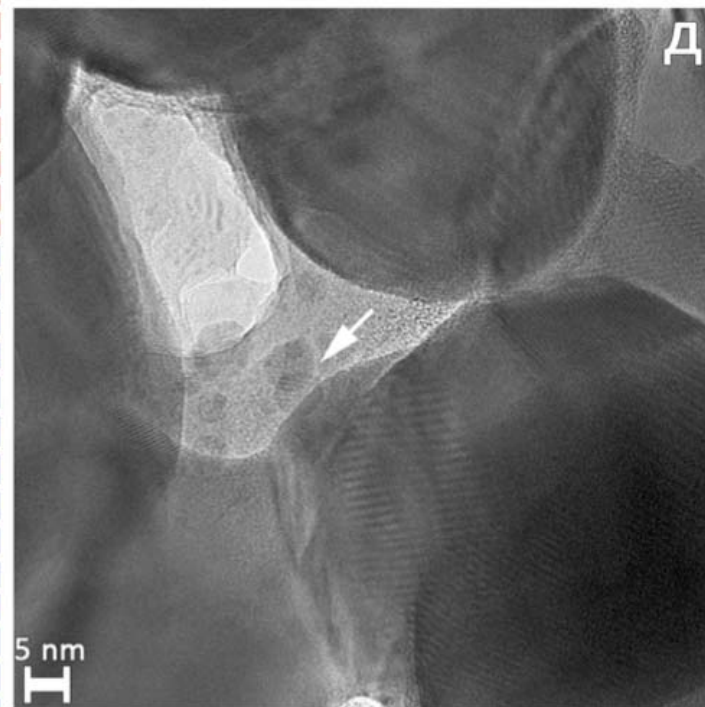
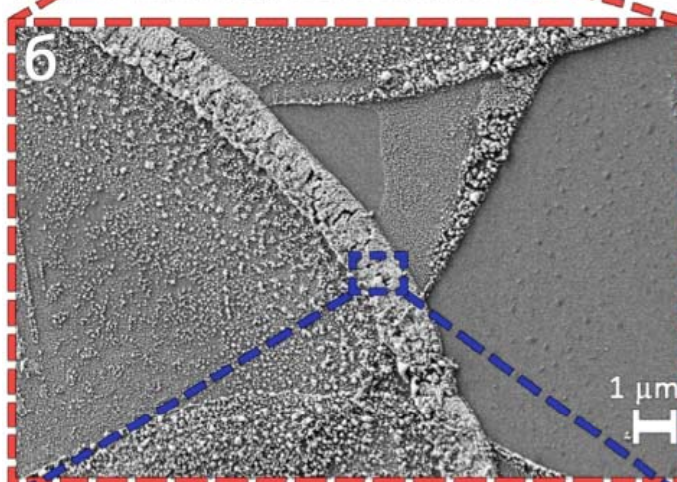
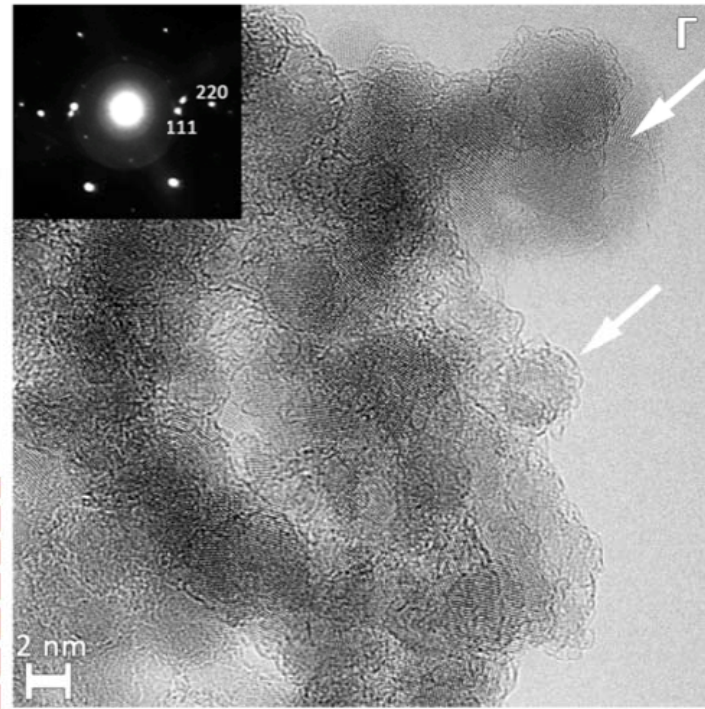
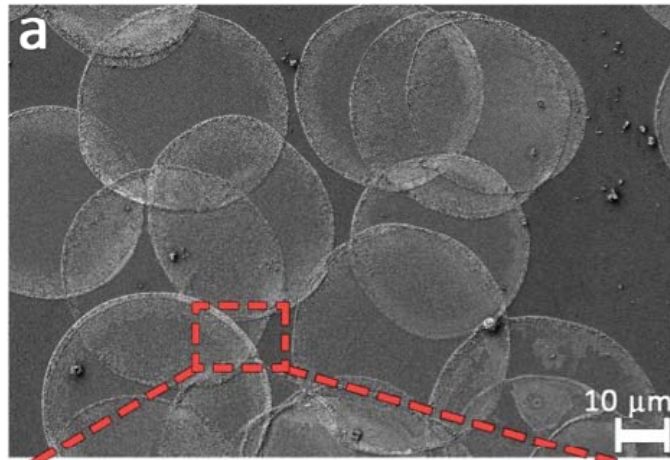


Цитохромы участвуют в окислительном фосфорилировании в митохондриях с окислением пирувата, образующимся при первичном окислении углеводом, ведущем к формированию высокоэнергетических молекул АТФ (аденозинтрифосфат).

USSR (UltraSonic Silver Rain)



J.Mater.Chem., 2012; CrystEngComm, 2013; Plasmonics, 2013



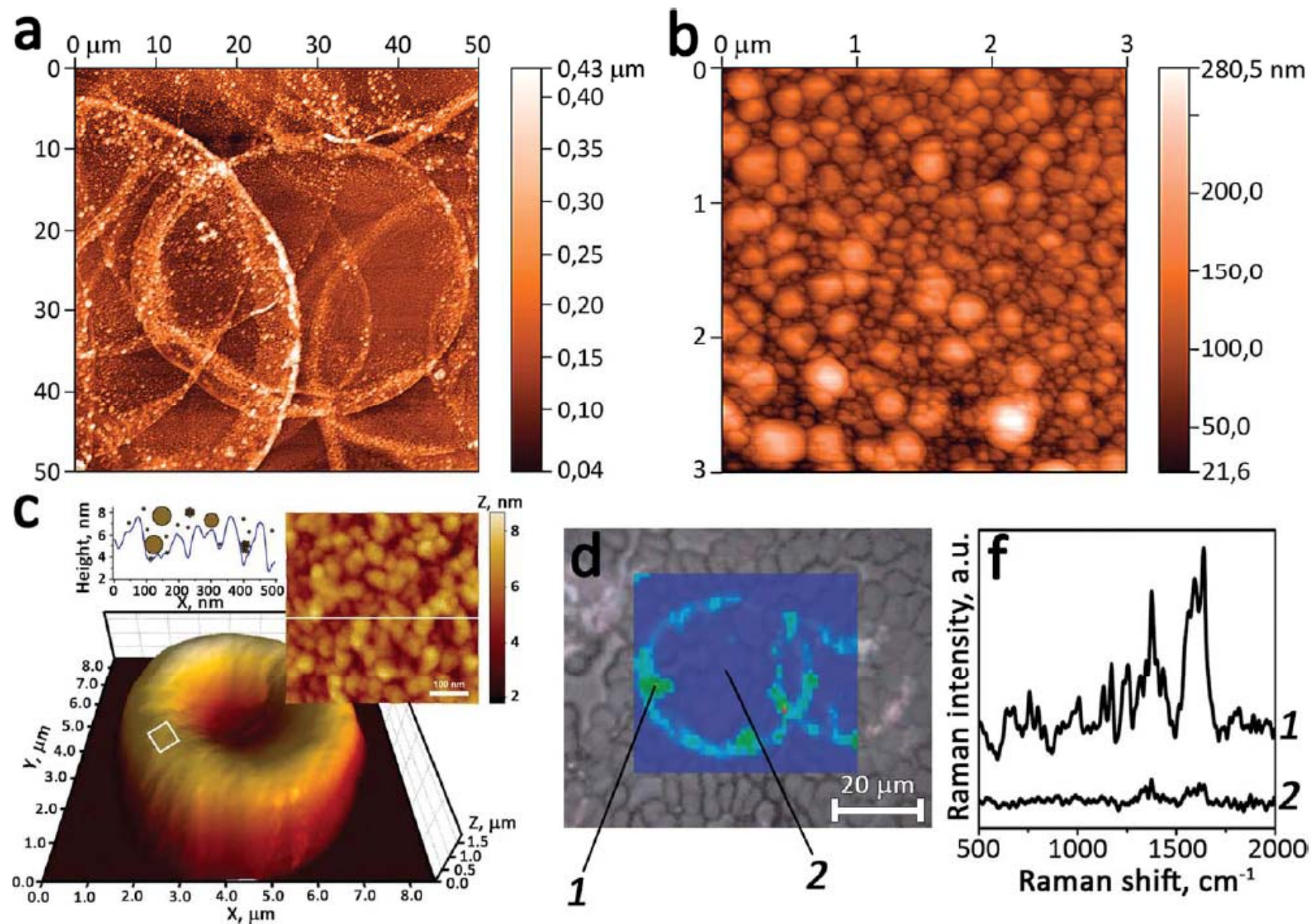
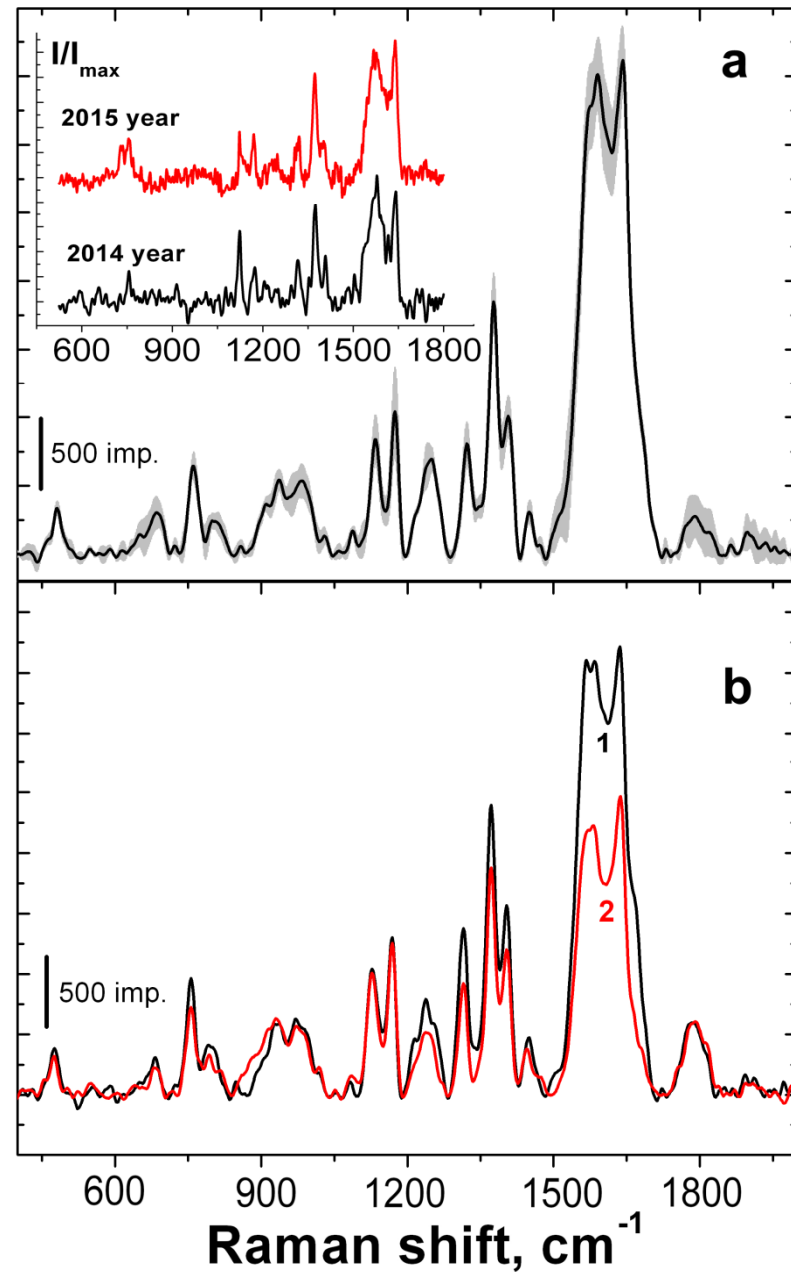
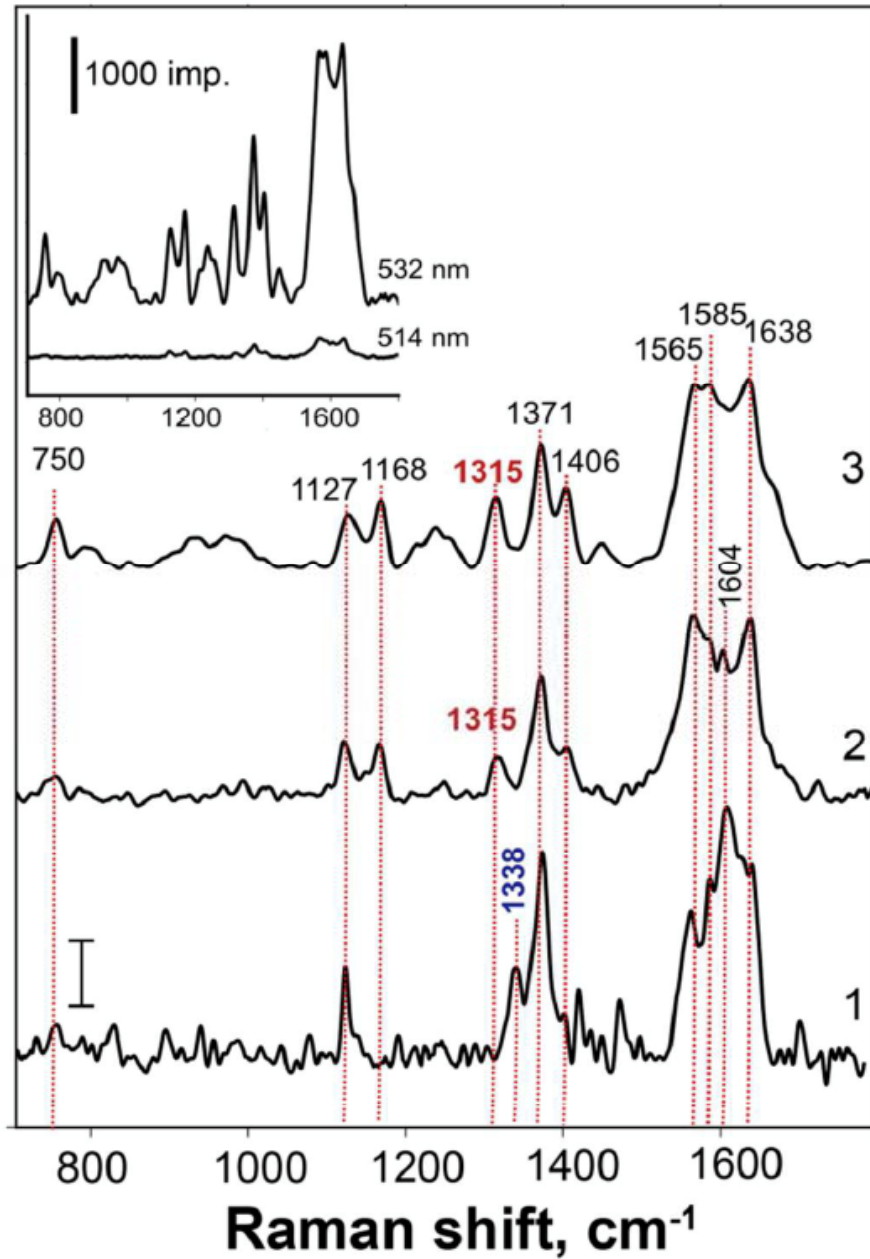
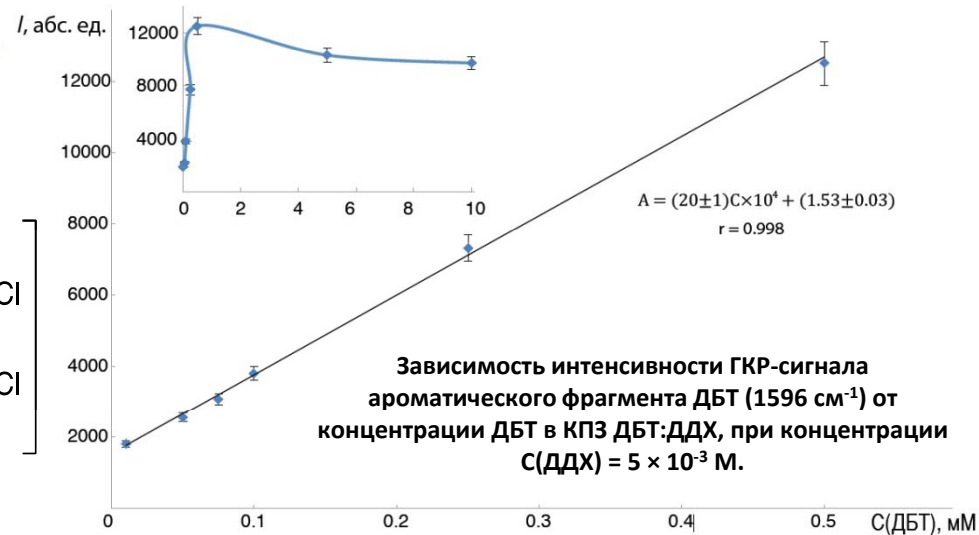
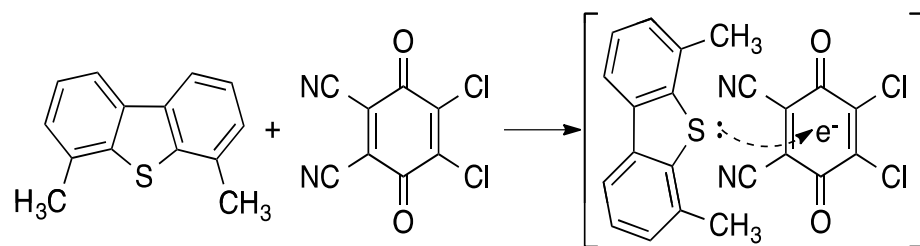
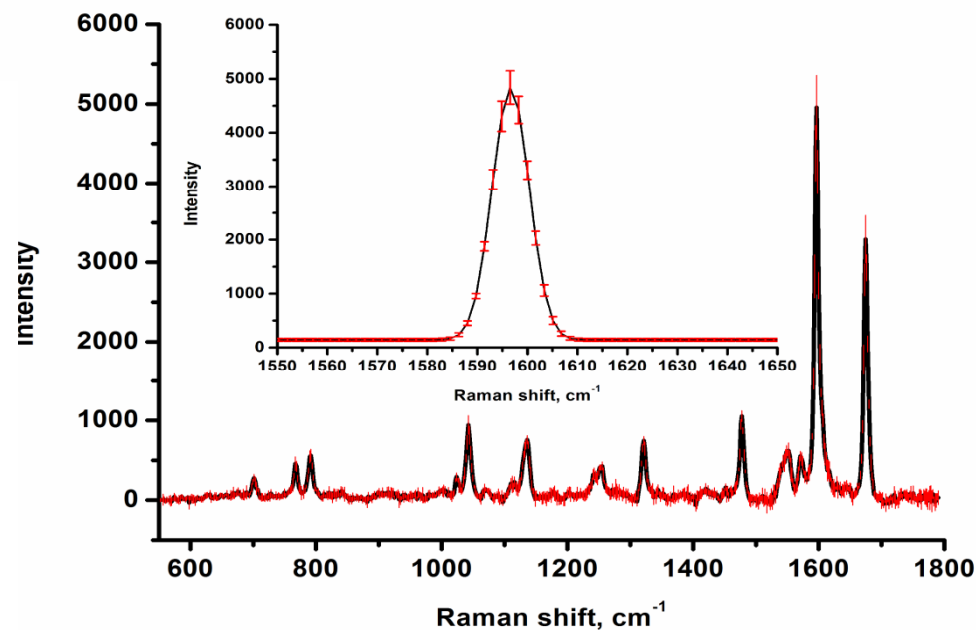
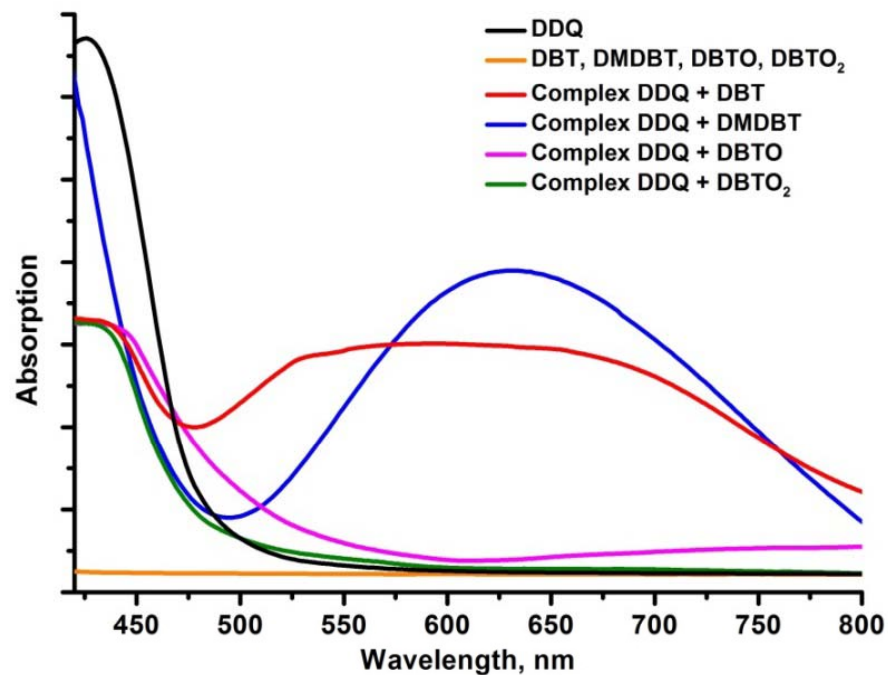


Fig. 10 The lock and key concept of successful SERS of living erythrocytes on USR substrates. (a) AFM image showing typical sizes of silver crater walls concentrating plasmonic silver; (b) AFM image of silver wall surfaces with elements suitable in their sizes (“key”) for penetrating in erythrocyte membrane invaginations (“lock”); (c) AFM image of a single erythrocyte showing nanoscale details of its external surface; the profile graph is given for the white rectangular area, the spheres show hypothetically silver wall elements attempting to enter invaginations; (d) SERS mapping of erythrocytes on the USR substrate and typical SERS spectra measured from different points: on a crater wall and on a flat surface.

Старение и воспроизводимость



Комплексы с переносом заряда



Chem. Comm., 2014

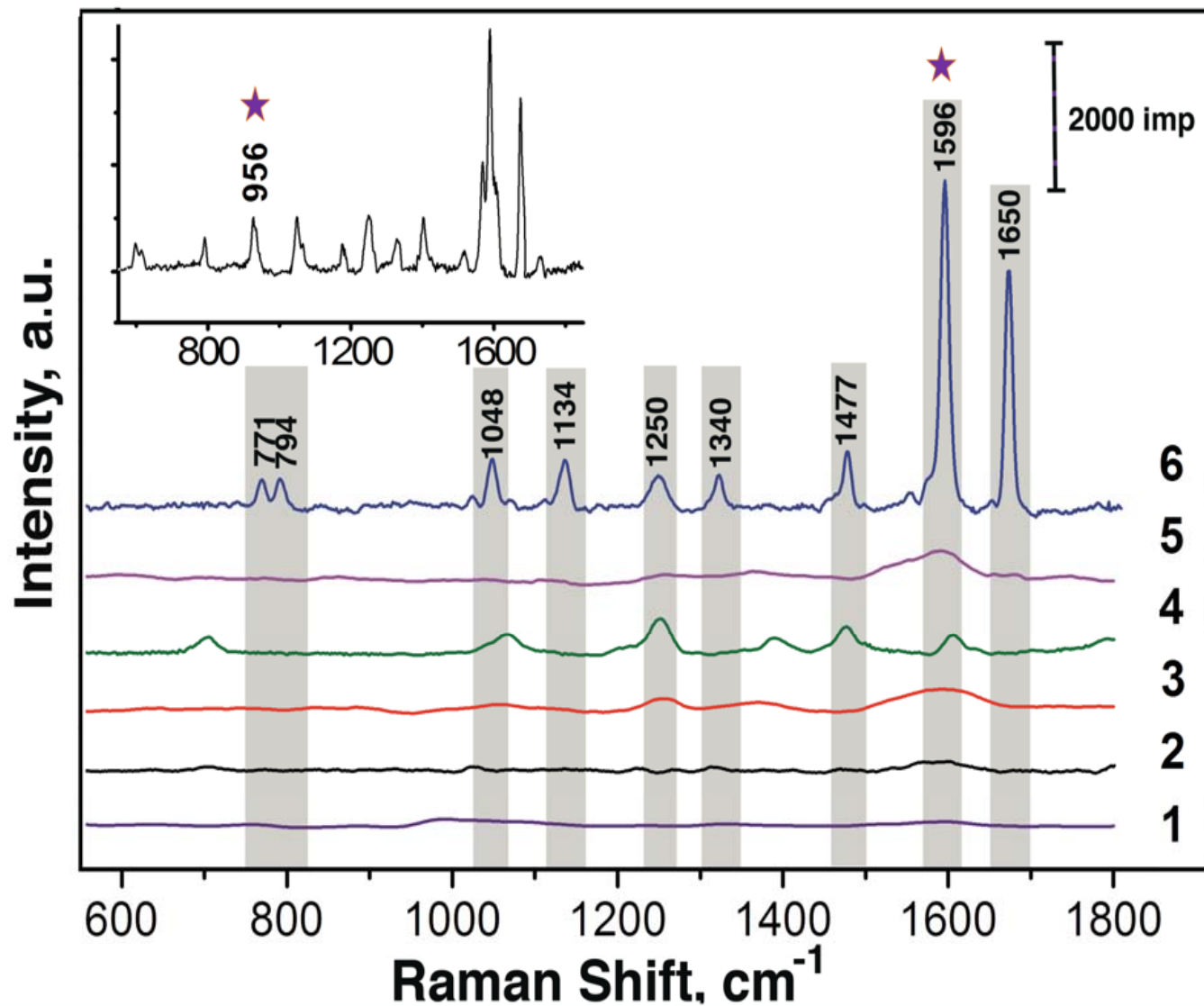


Figure S7. RS spectra of DBT (1), DDQ (3), DBT:DDQ complex:1:1 (5), and SERS spectra on nanostructured silver surface of DBT (2), DDQ (4), and DBT:DDQ complex:1:1 (6). The concentrations of all analytes – 1×10^{-4} M. Instrumental parameters: 10%; 633 nm; 10 s. [†]

Варьируемая полоса
плазмонного резонанса
позволяет получать сигнал от
большого числа объектов

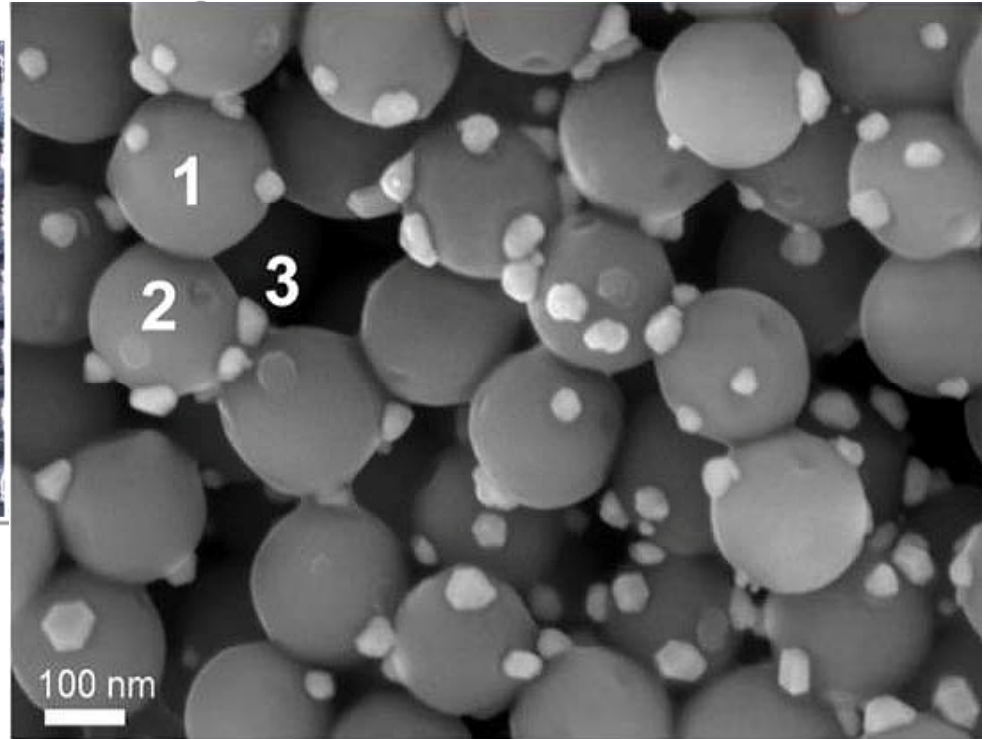
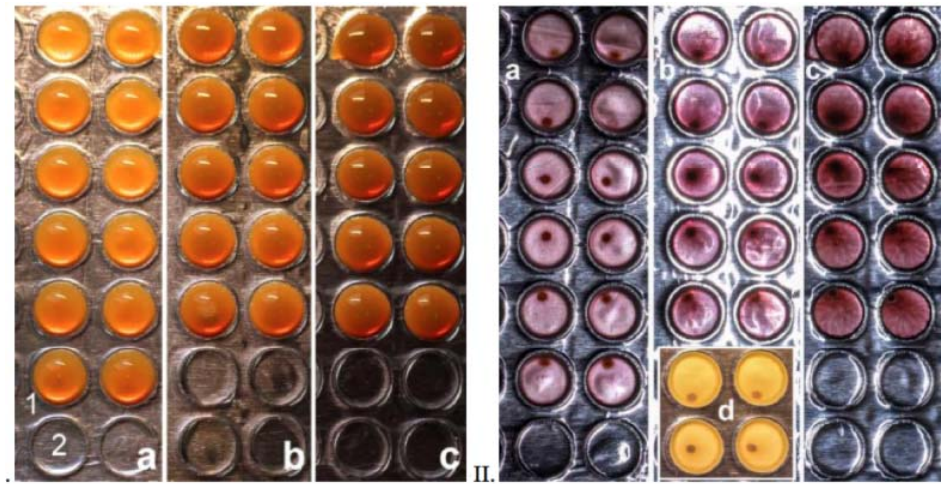
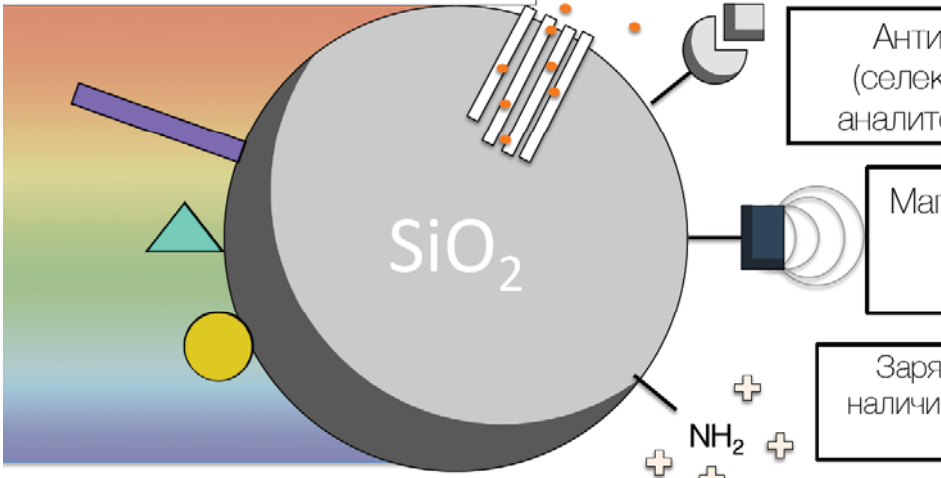
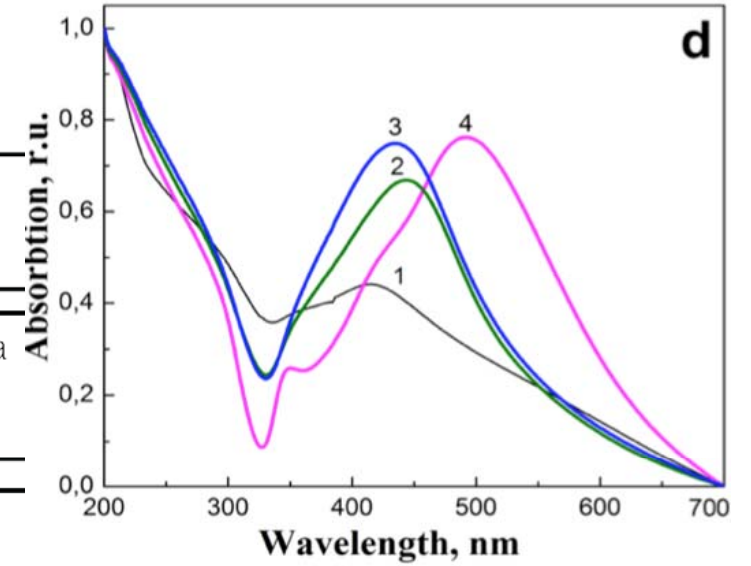
Возможные функции

Пористость
(газовые сенсоры)

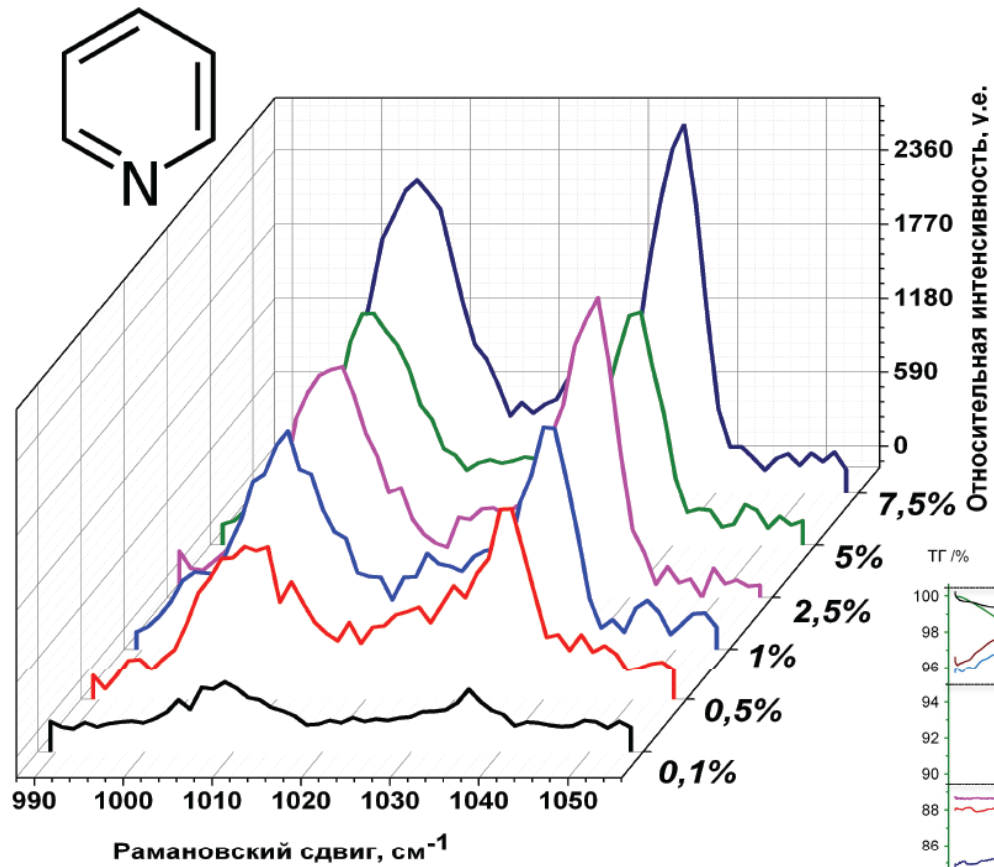
Антиген-антитело
(селективный захват
аналитов из раствора)

Магнитные свойства
(магнитная
сепарация)

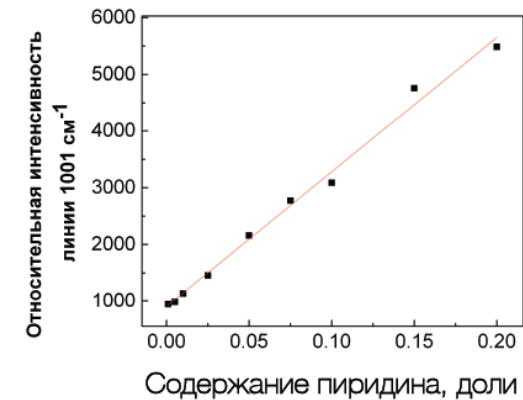
Заряд поверхности и
наличие функциональных
групп



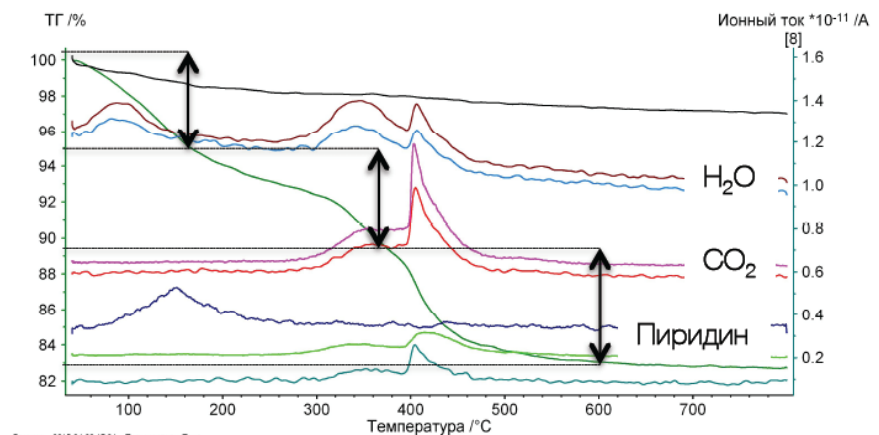
Коллойдосомы: газовые сенсоры



Серия ГР спектров пиридина в газовой фазе в области низких концентраций



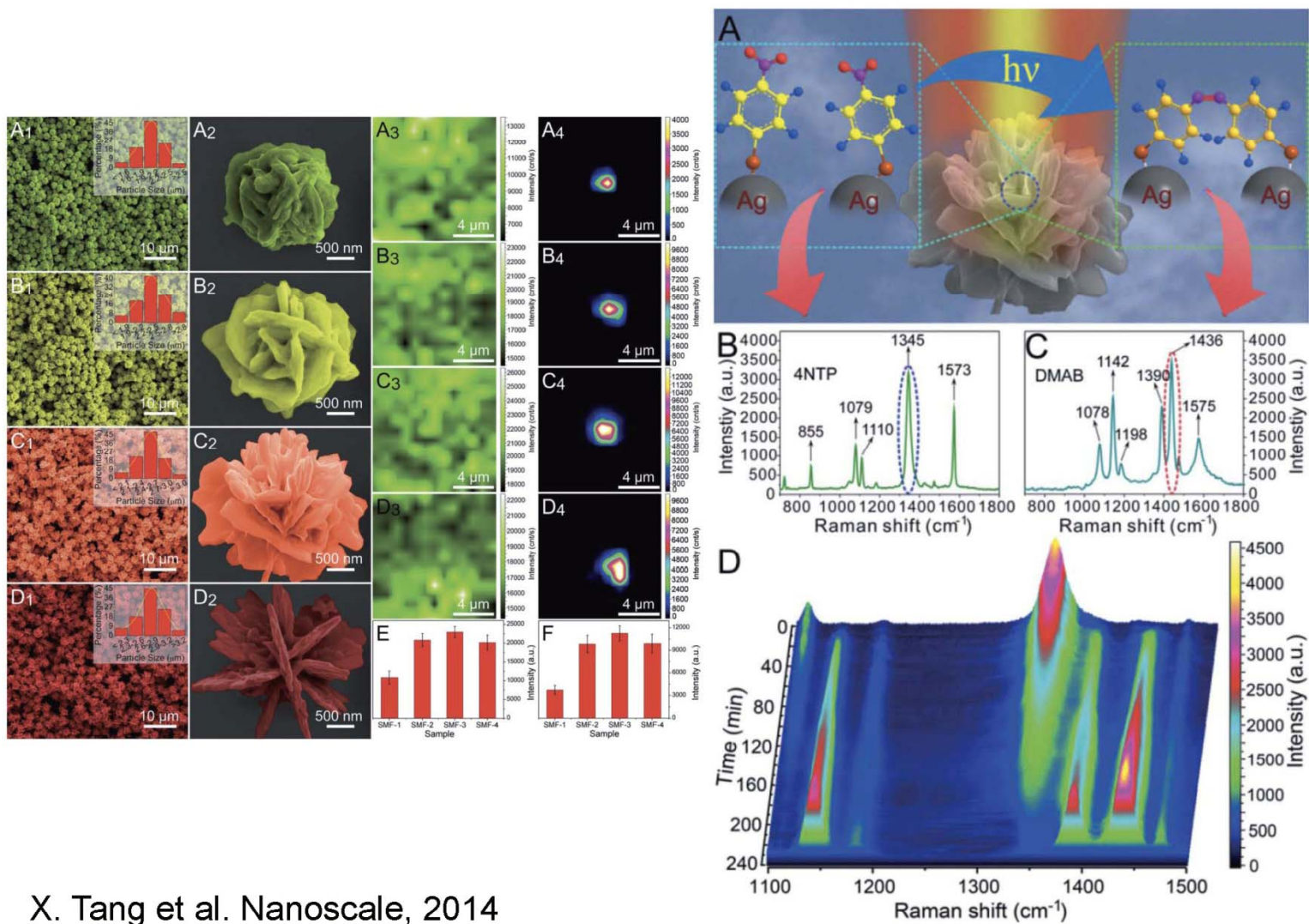
Зависимость интенсивности пика 1006 cm^{-1} от $P(\text{пиридина})$



Главное 2015-04-30 17:34 Пользователь: Тим

Данные ТГ анализа с масс-спектрометрией отходящих газов

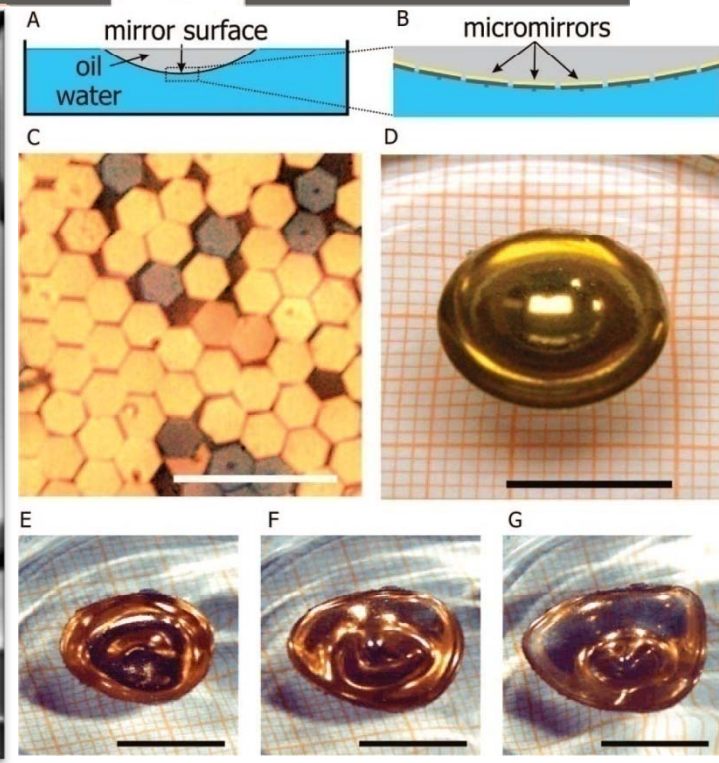
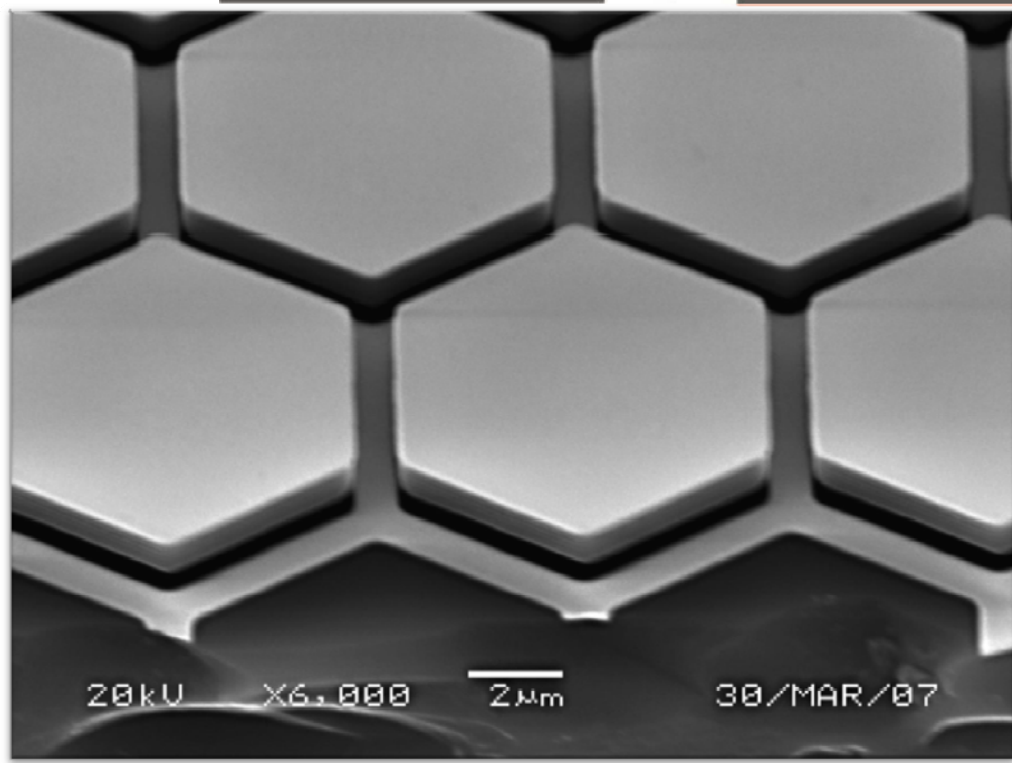
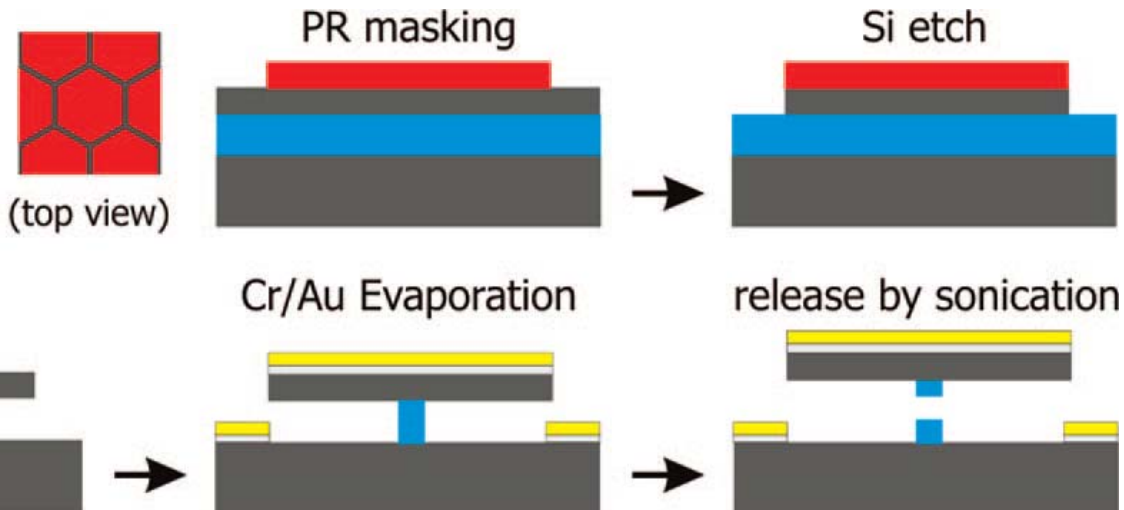
Фотоиндуцированный катализ и in situ SERS



X. Tang et al. Nanoscale, 2014

Кривое зеркало из микрозеркал

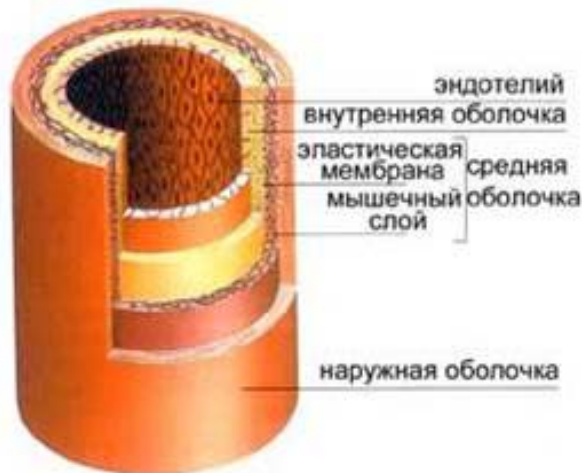
- resist
- SiO₂
- Si
- Cr
- Au



«Нанобио»

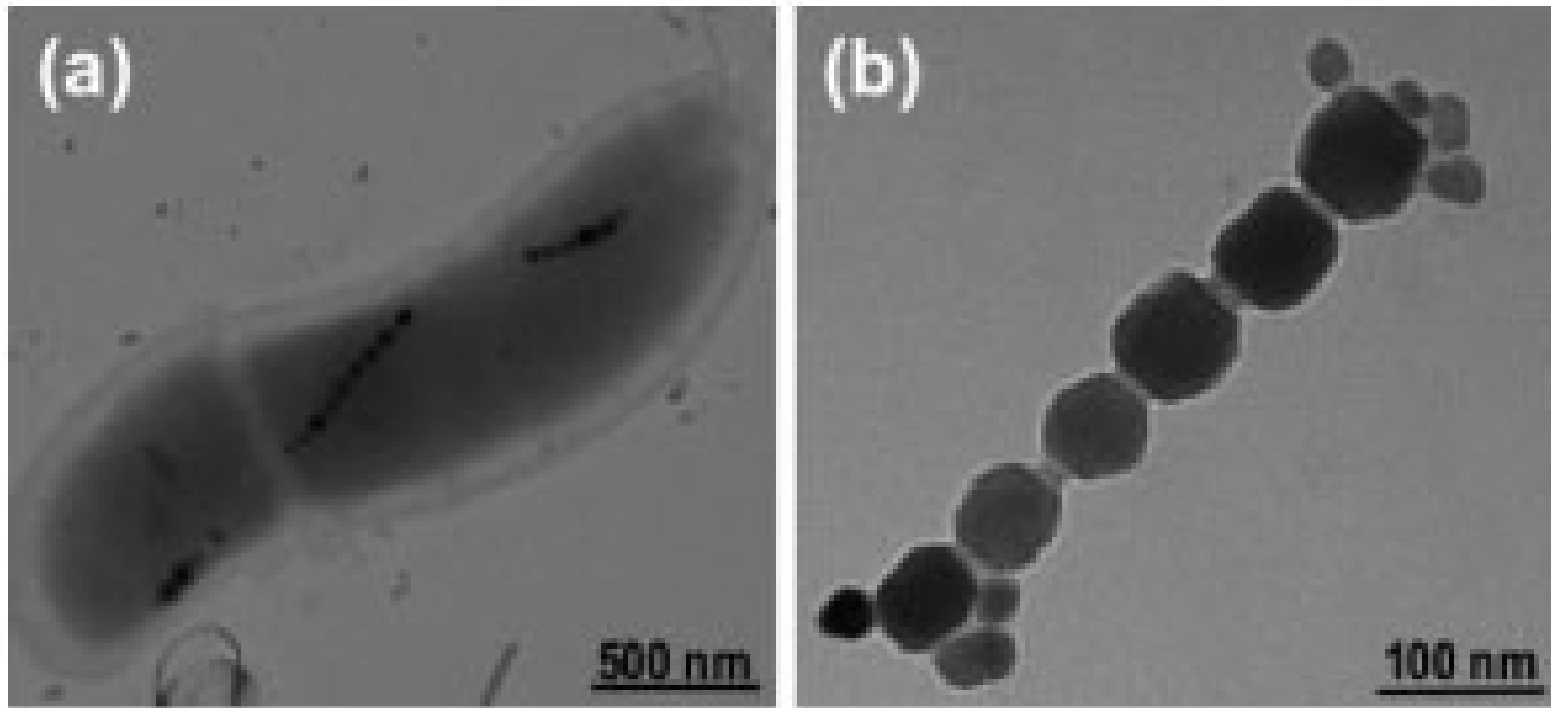


- Малый размер
 - ⇒ могут проникать в капилляры, ткани и клетки
- Развитая поверхность
 - ⇒ «контейнеры» для биологически активных в-в
 - ⇒ частицы неорганических материалов можно сделать нетоксичными
 - ⇒ свойства частиц зависят от состояния поверхности
- Необычные для свойства — магнитные и оптические



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

Магнитосомы бактерий



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

Нанобиочастицы

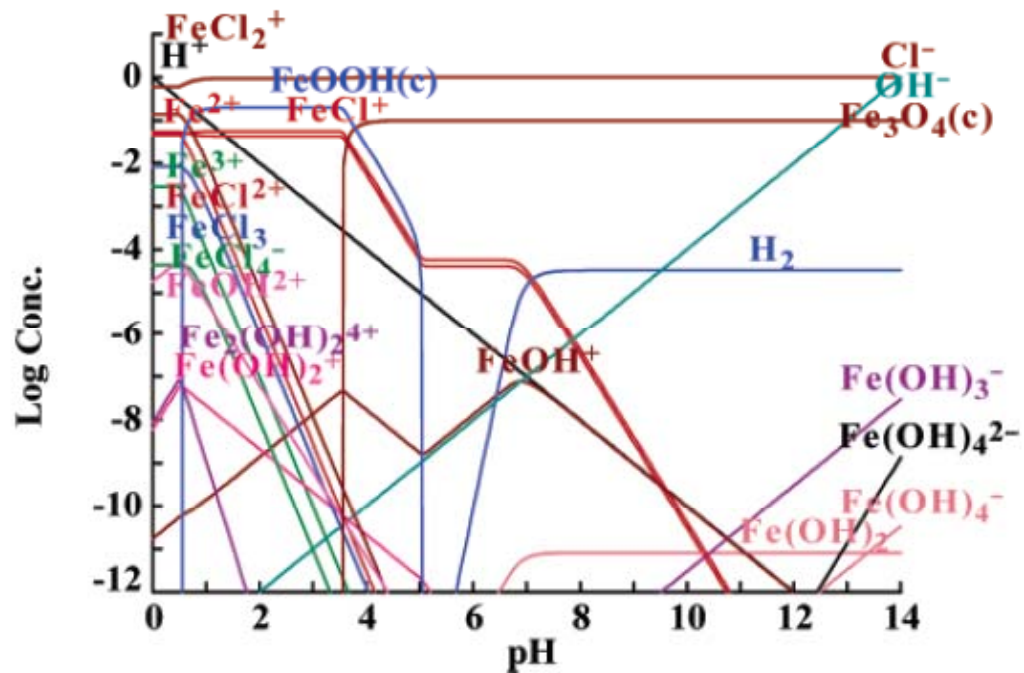
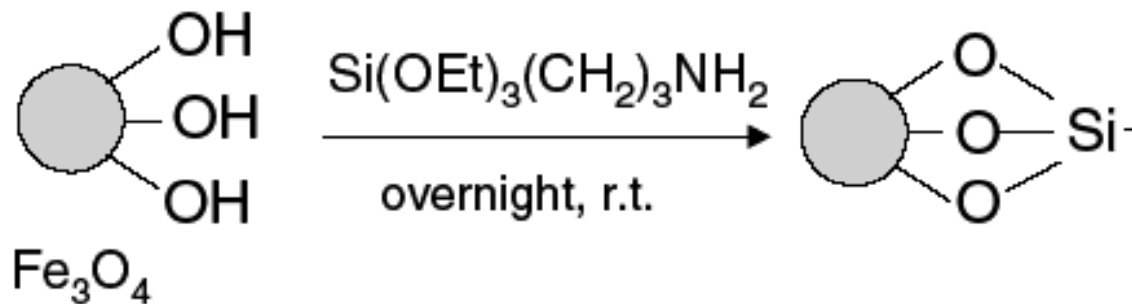
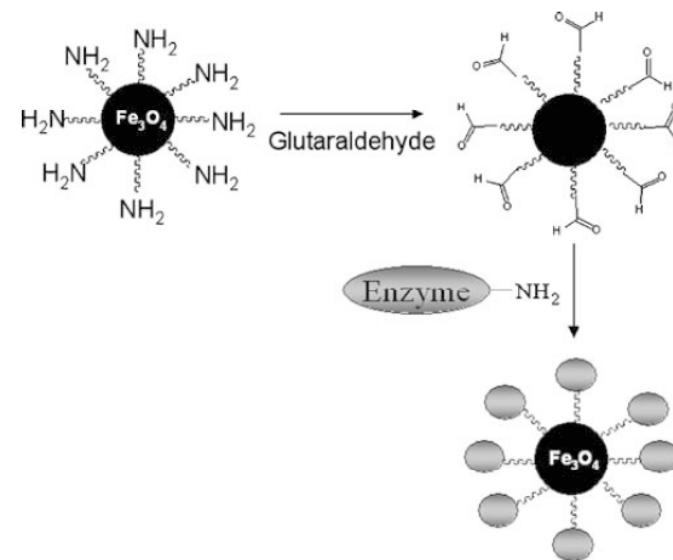
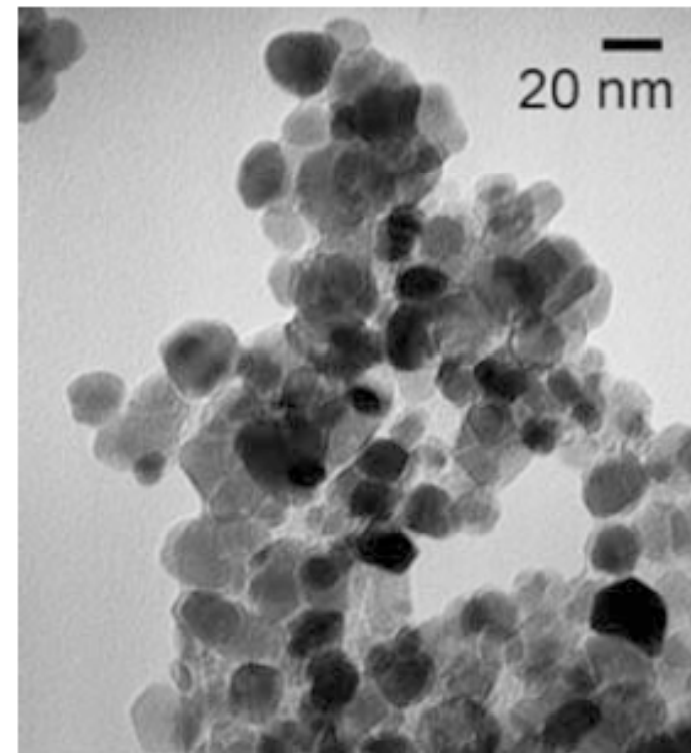
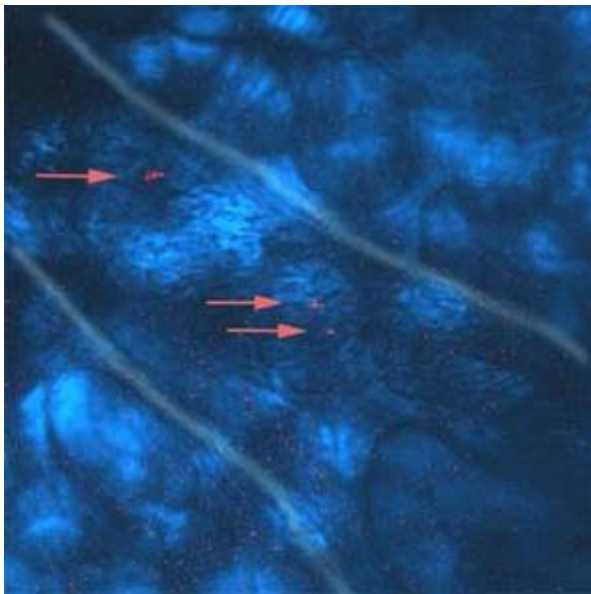
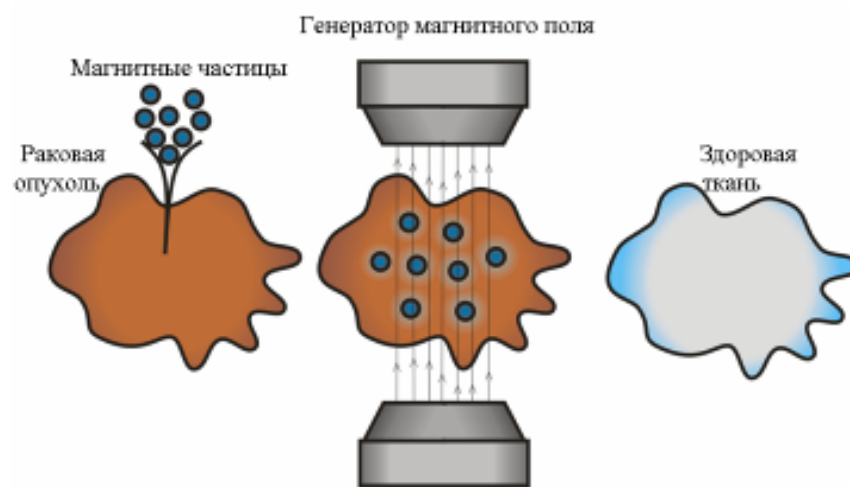


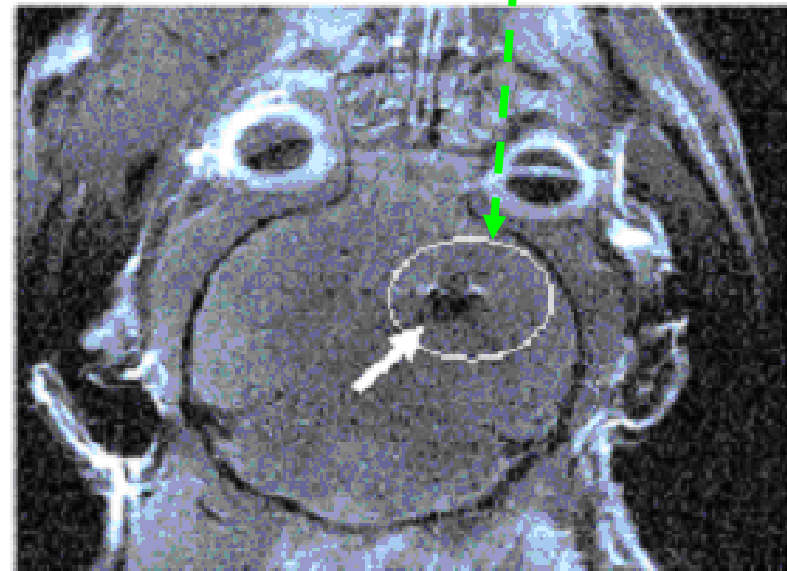
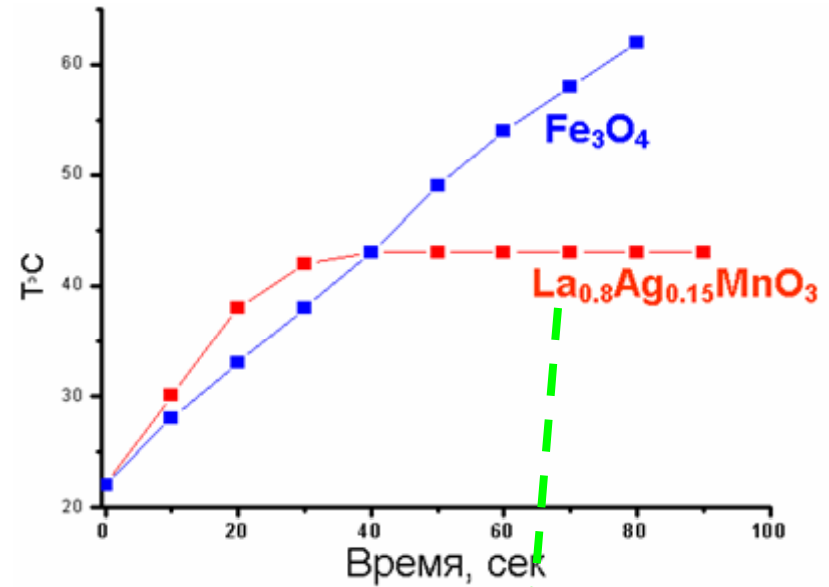
Figure 2. Thermodynamic calculations of the concentrations of all Fe^{2+} and Fe^{3+} species formed at different solution pHs. Initial conditions are $[\text{Fe}^{2+}] = 0.1 \text{ M}$, $[\text{Fe}^{3+}] = 0.2 \text{ M}$, and $[\text{Cl}^-] = 1.0 \text{ M}$.

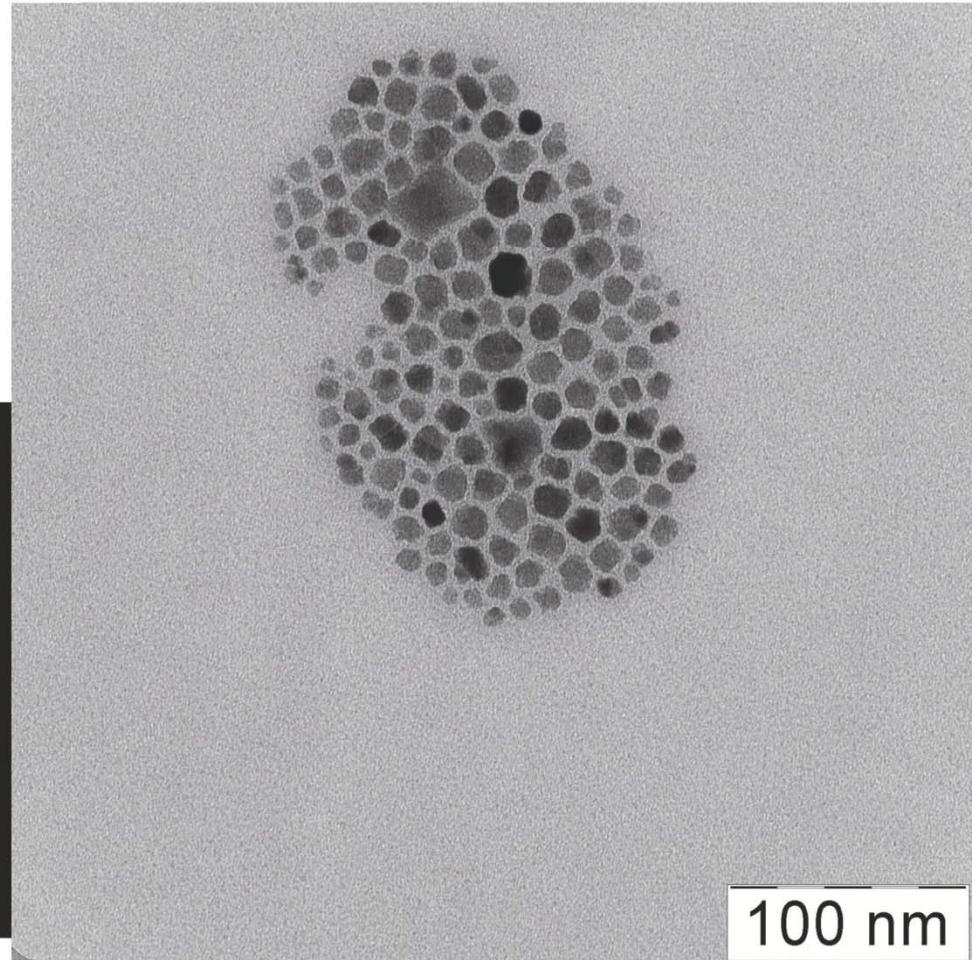
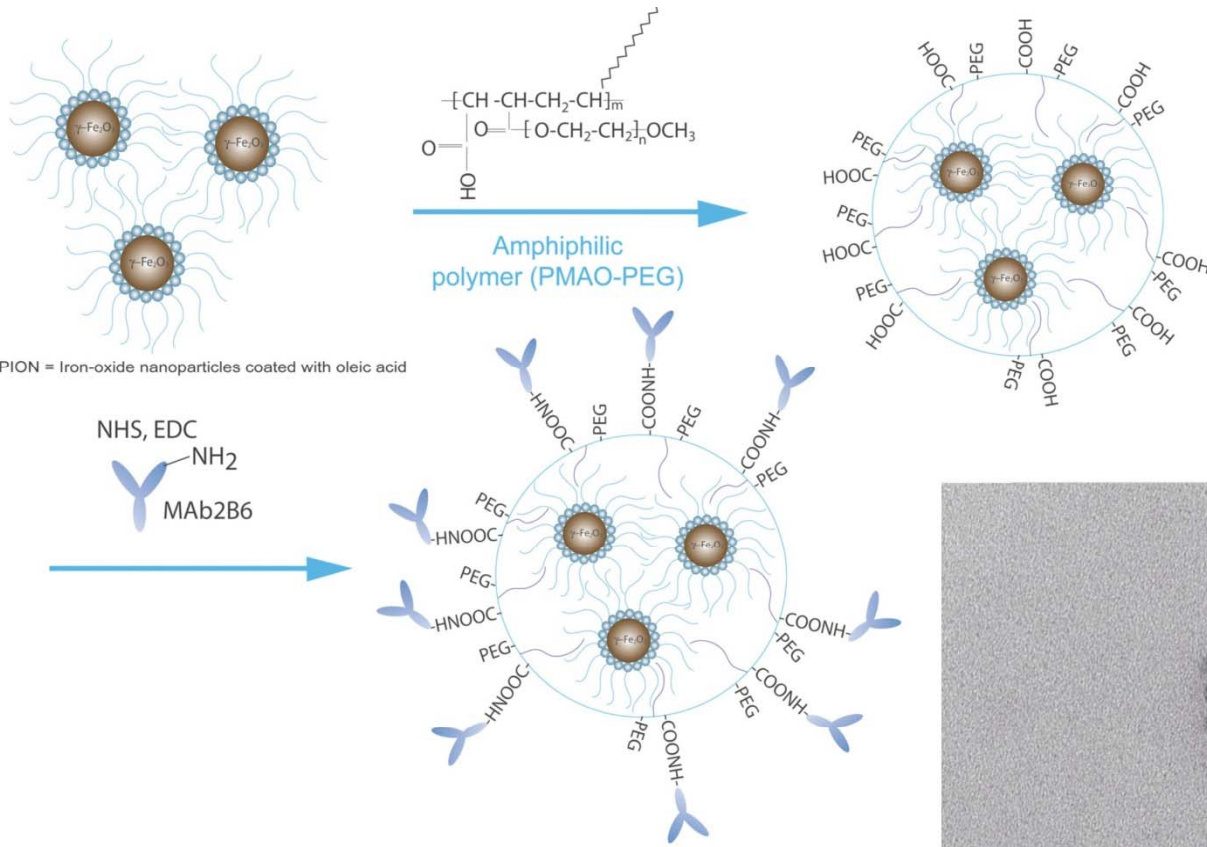


Локальная гипертермия



43-45⁰C: гибель раковых клеток,
выживание нормальных

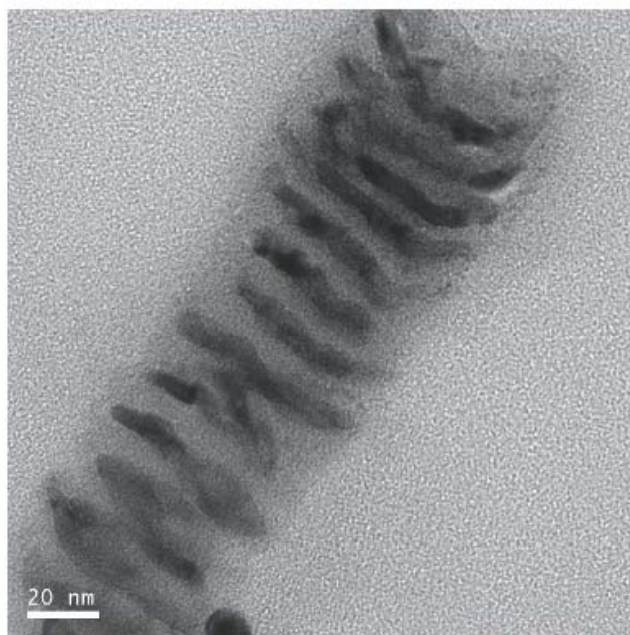




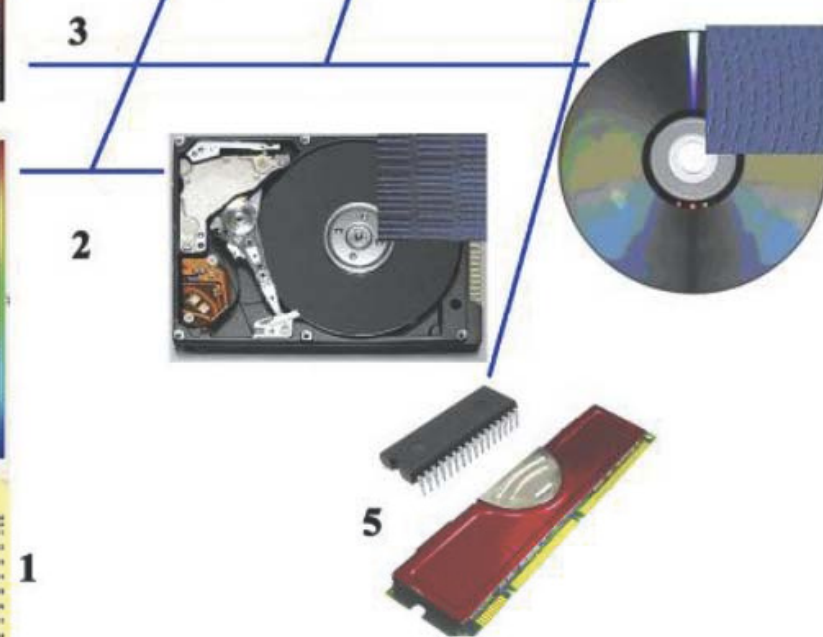
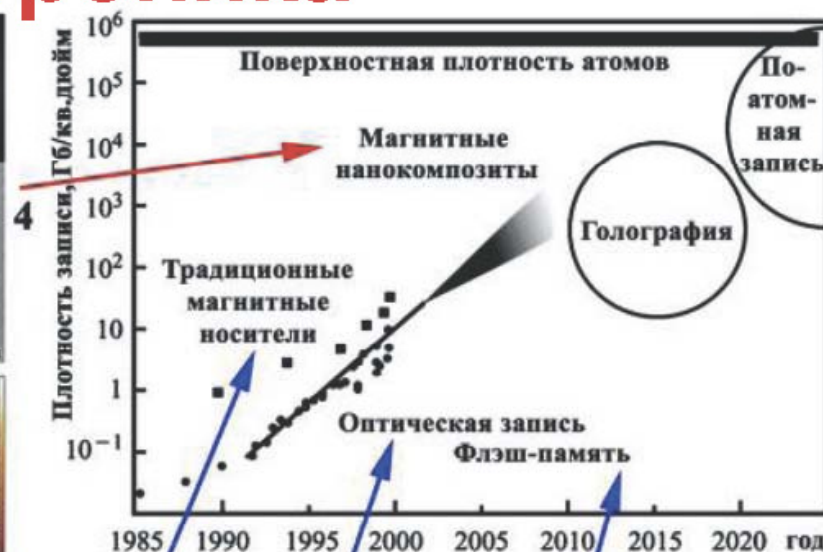
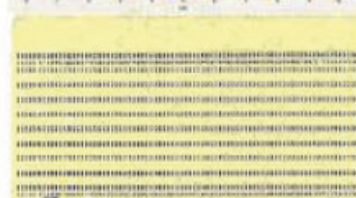
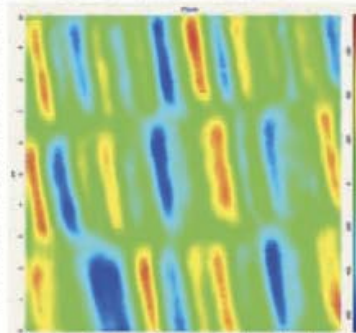
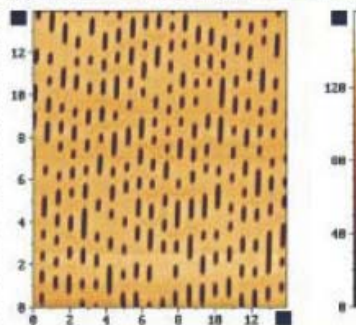
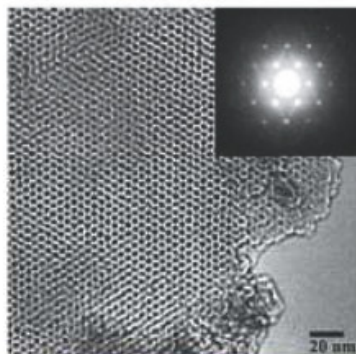
Информационные технологии и наноэлектроника

Нанопроволока Fe в мезопористом SiO₂

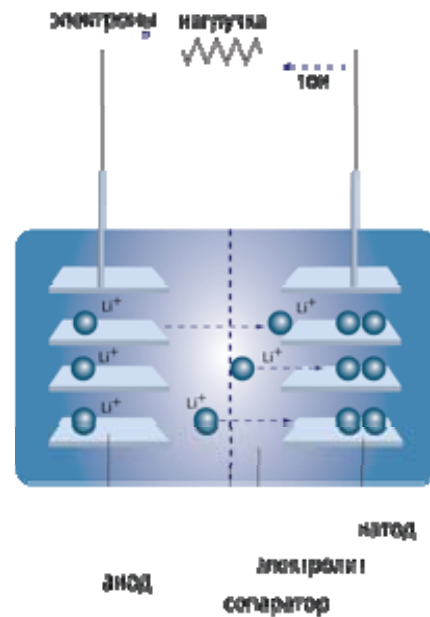
Сверхвысокая плотность записи информации (1-10 Тбит/кв.дюйм)



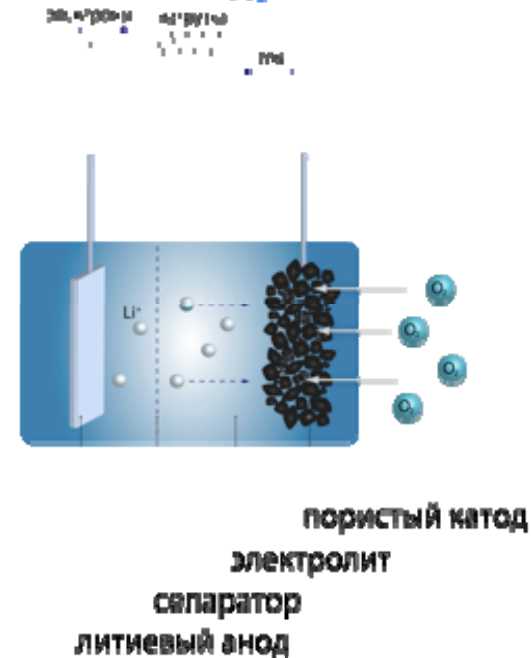
Композитная магнитная нанопроволока (электроосаждение в порах анодированного алюминия)



Литий - Ионные Источники

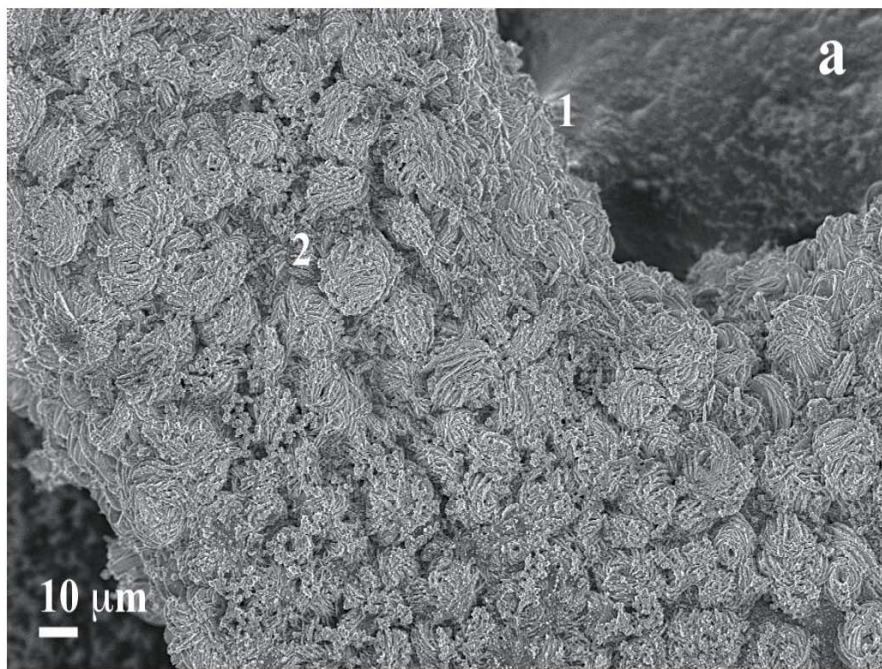


Литий - Воздушные Источники

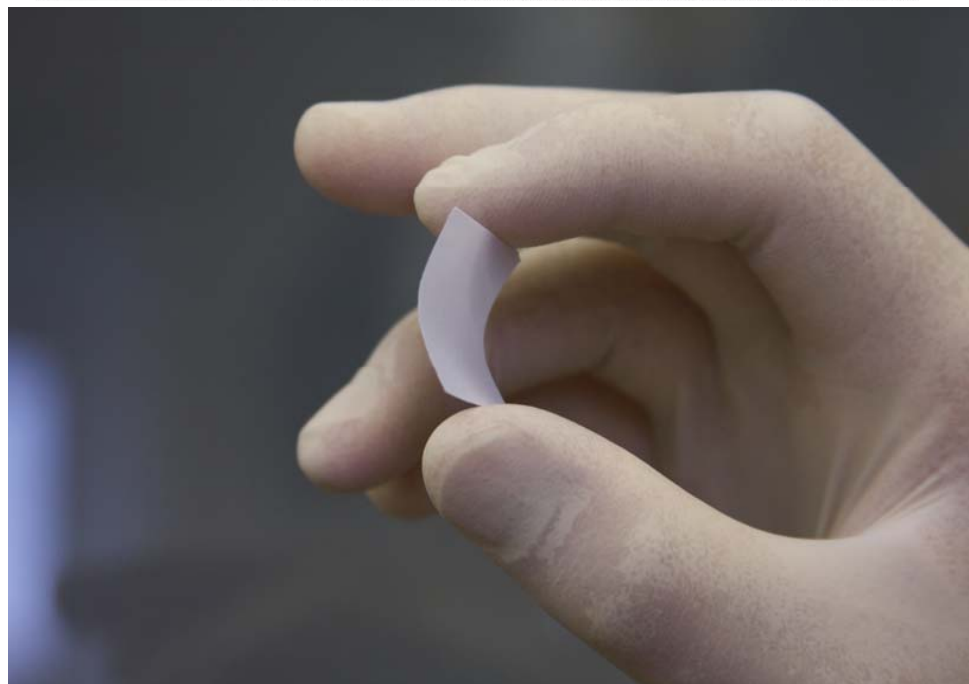


Преимущества

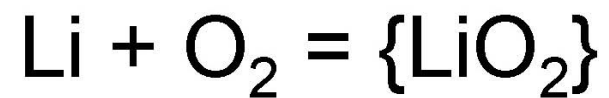
- **Высокое напряжение**
- **Высокая удельная энергия**
- **Высокие удельный ток и мощность**
- **Широкий диапазон рабочих условий**
- **Стабильность при циклировании**
- **Удельная энергия выше в 5-20 раз**
- **Кислород неисчерпаемый и бесплатный**
- **Низкий вес источника**
- **Огромная ёмкость источника**



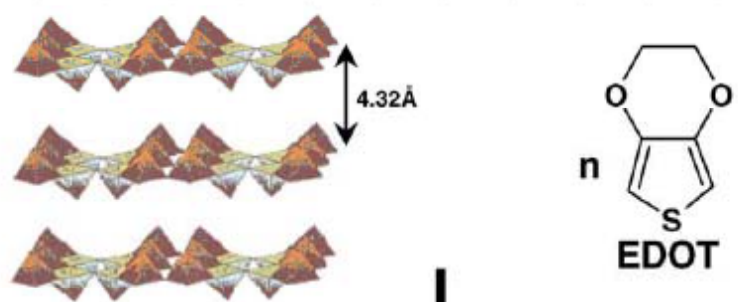
Горение на воздухе
 $4\text{Li} + \text{O}_2 = 2\text{Li}_2\text{O}$



Литий – воздушный аккумулятор:



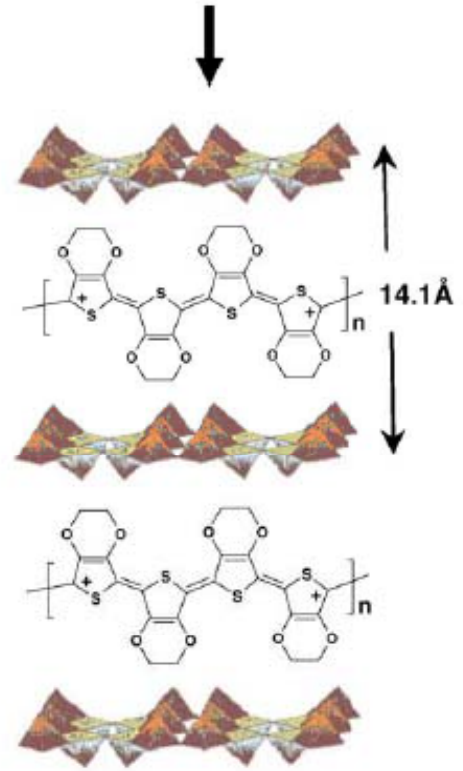
Microwave irradiation, 800 Watt, 2.45 GHz



V_2O_5 (neutral, oxidation state of vanadium V^{5+})

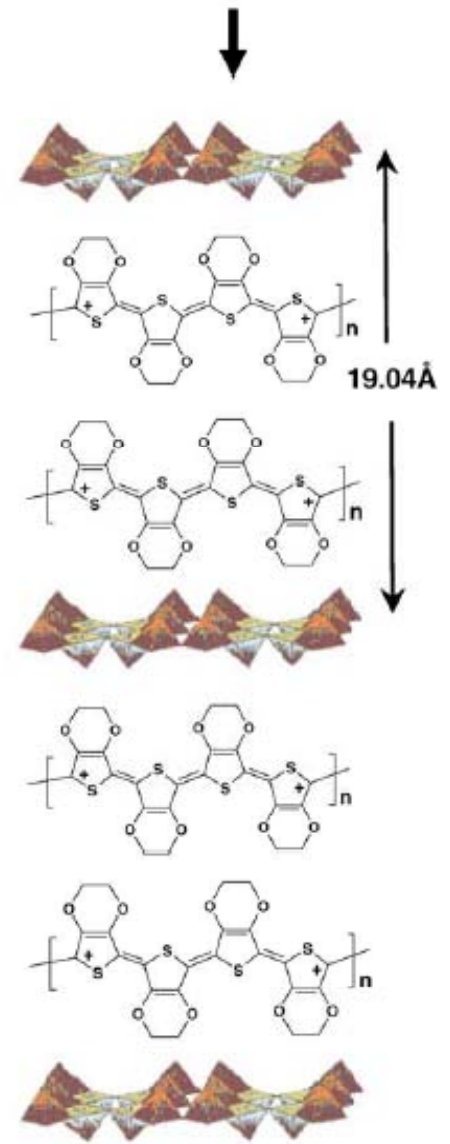
3, 4-ethylenedioxythiophen, monomer, neutral

Microwave hydrothermal, 10 min
EDOT/ V_2O_5 molar ratio 0.015



Monolayers of PEDOT nanosheets intercalated between V_2O_5 layers, Vanadium partially reduced from V^{5+} to V^{4+} and polymer fully oxidized

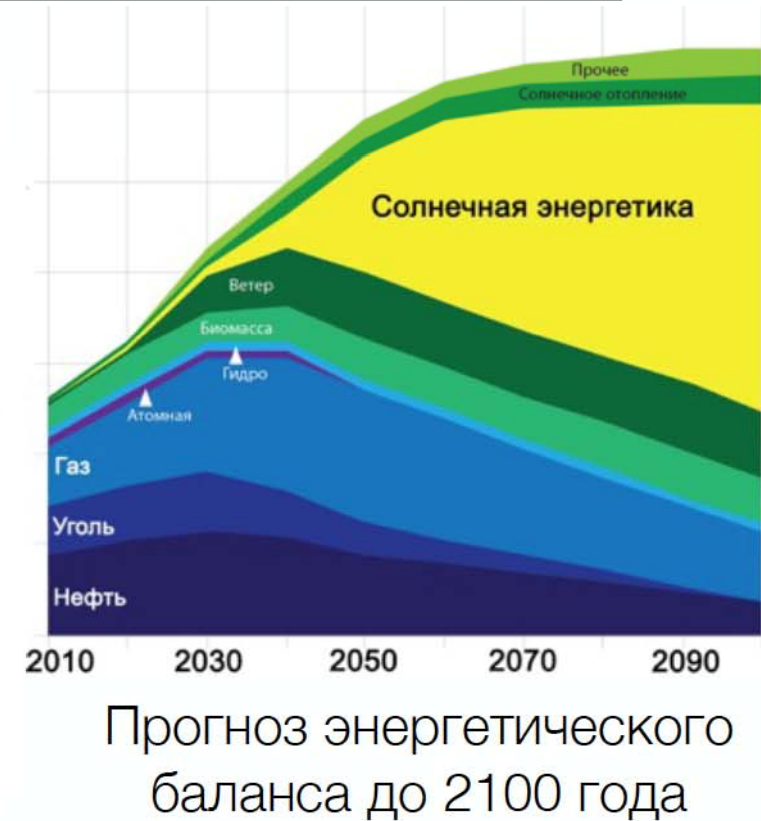
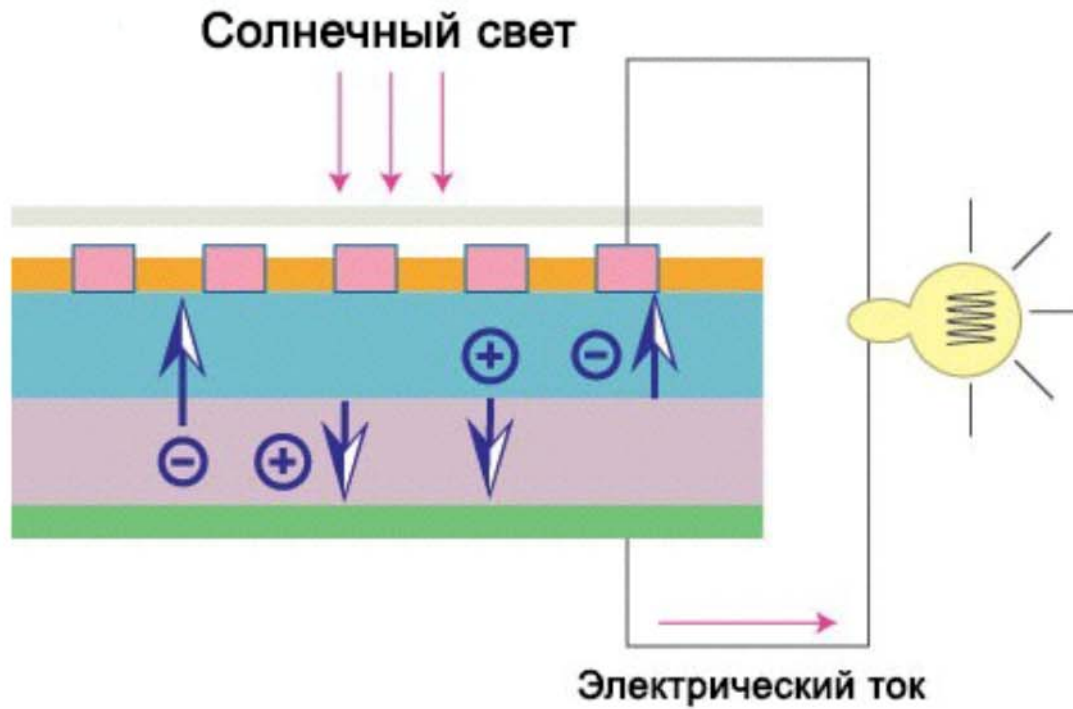
Microwave hydrothermal, 10 min
EDOT/ V_2O_5 molar ratio 0.65



Doublelayer of PEDOT nanosheets intercalated between V_2O_5 layers, substantial amount of Vanadium reduced from V^{5+} to V^{4+} and polymer fully oxidized

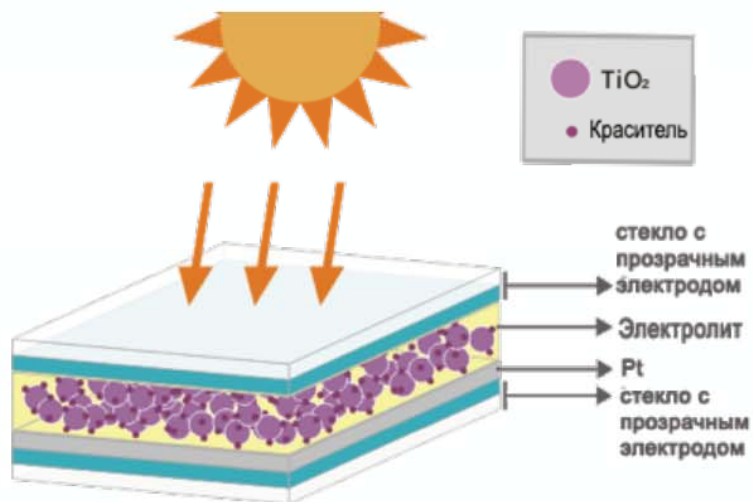
Повышение проводимости в 1000 раз до 0.1 См/см, емкости в 1.5 раза до 370 мАч/г, напряжения до 3.7 В, Термической стабильности до 400°C

Солнце - самый перспективный источник безопасной энергии



Солнечная батарея позволяет переводить энергию света в электричество



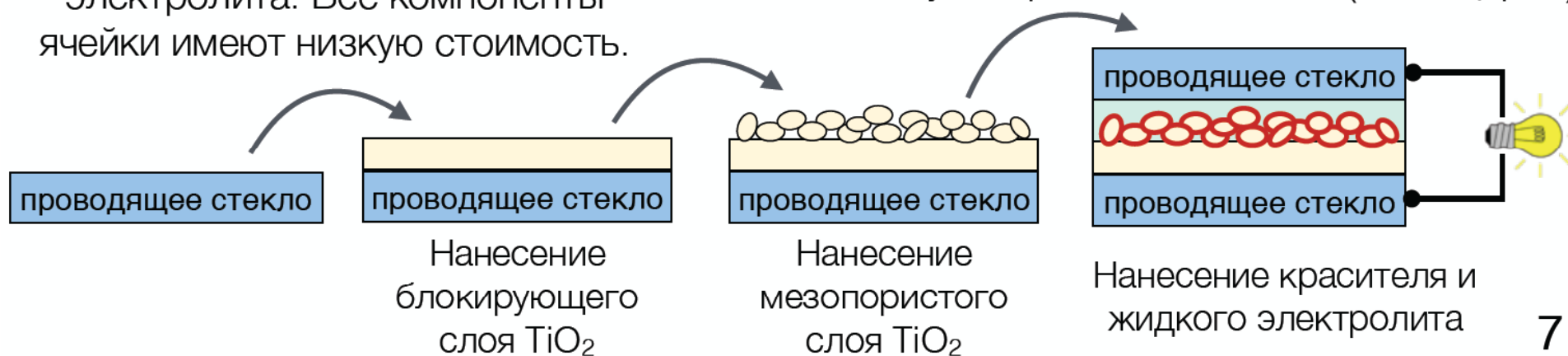


Ячейки Гретцеля состоят из электрон-проводящего материала (TiO_2), органического красителя и дырочно-проводящего жидкого электролита. Все компоненты ячейки имеют низкую стоимость.

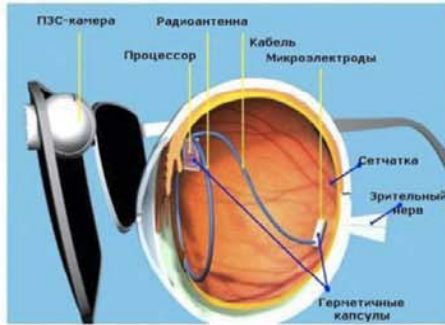
Михаэль Гретцель держит в руках панель из сенсibilизированных красителем ячеек



Ячейки Гретцеля установлены на всех окнах в университете Лозанны (Швейцария)

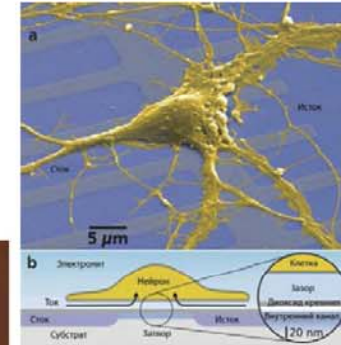
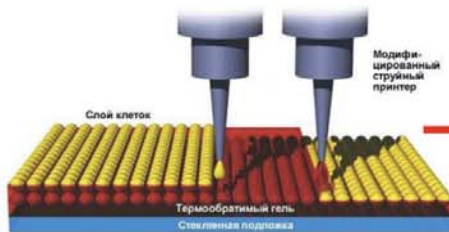


Материалы для биологии



Сенсоры

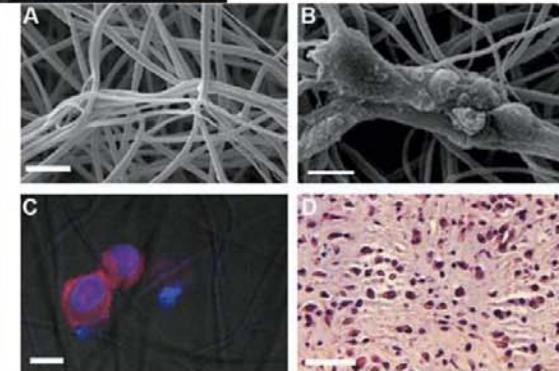
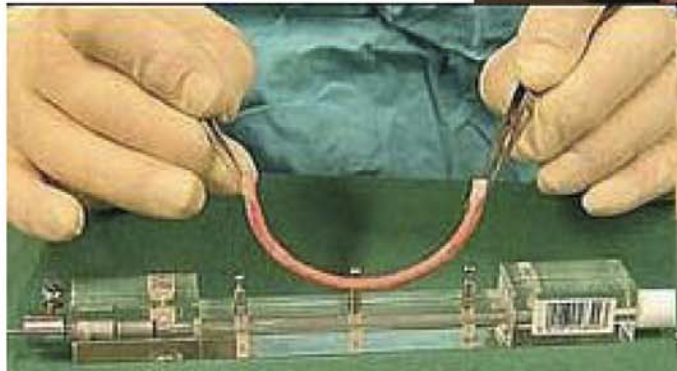
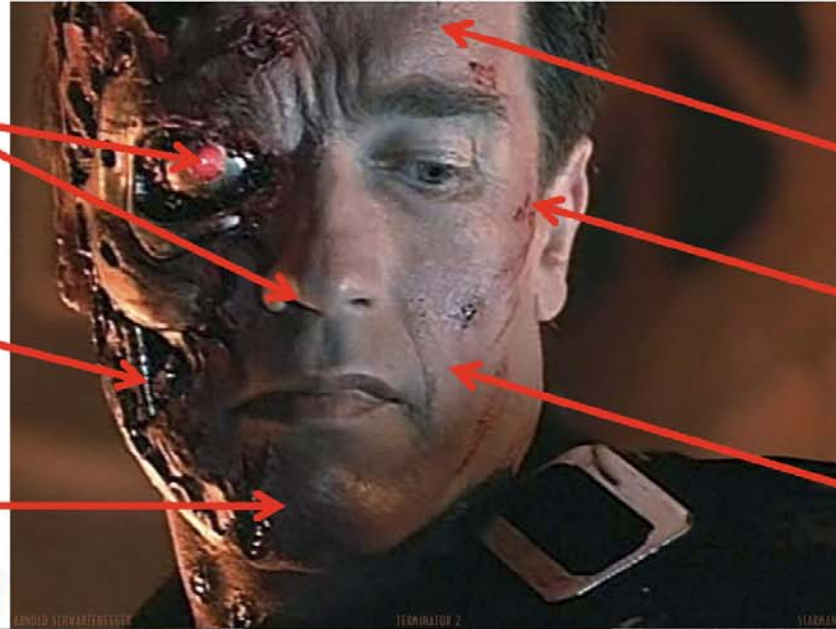
Нанокерамика и сплавы



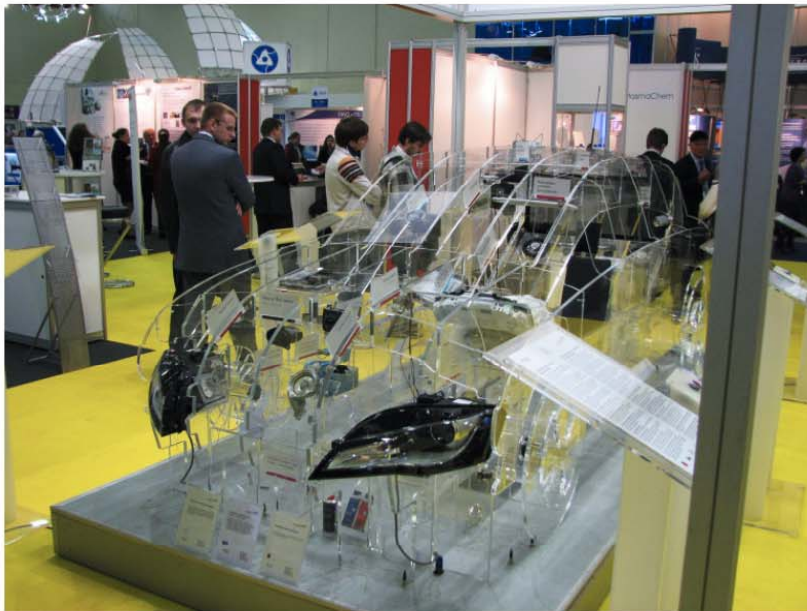
Гибридные материалы

Терапевтические, диагностические наночастицы

Полимеры, нанокомпозиты



Реальные нанотехнологии



(ВИАМ, академик Е.Н.Каблов)

Нанотехнологии в будущей повседневной жизни

Краска с наночастицами,
предотвращающими коррозию

Термо-хромное стекло,
регулирующее поток света

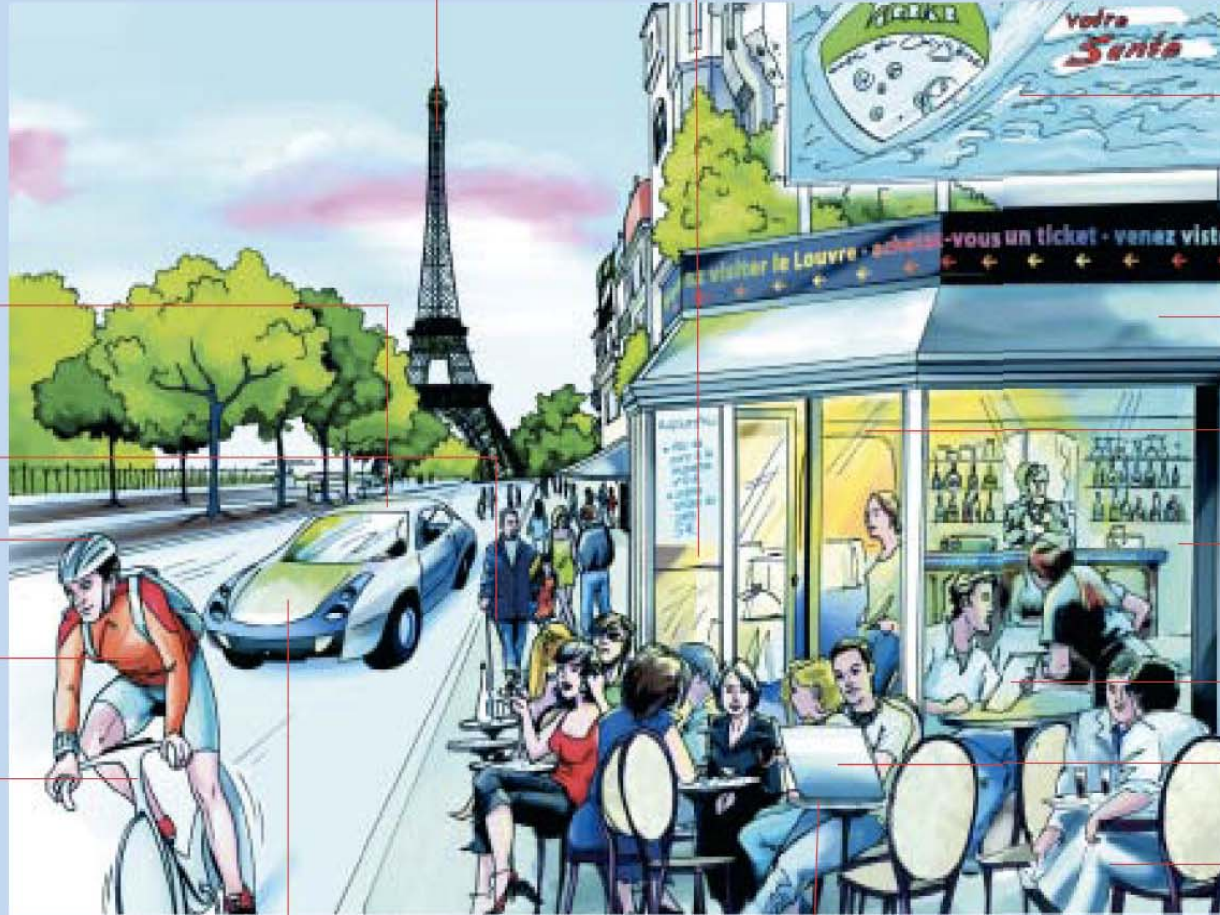
Пьезоподставки
исключают
нежелательные вибрации

Тазобедренные суставы,
сделанные из
биосовместимых
материалов

Шлем находится в
контакте с владельцем

Умная одежда измеряет
пульс и дыхание

Рама из маркерных
трубок при всей своей
прочности легче пера



Органические
светодиоды (OLED) для
дисплеев

Фотовольтаическая
пленка, превращающая
свет в электричество

Светодиоды (LED) по своей
мощности
уже могут соревноваться с
лампами накаливания

Оконные стекла со
специальным покрытием
против царапин и
эффектом лотоса

Меню на
электронной плате

Нанотрубки для
дисплеев новых
ноутбуков

Ткани со специальным
покрытием против
пятен

Топливные батареи снабжают
энергией сотовые телефоны и
транспортные средства

Магнитные слои для
компактных
запоминающих устройств



НАНОТЕХНОЛОГИИ - ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ!

<http://enanos.nanometer.ru>