

Потусторонняя жизнь забытых химических элементов школьной программы

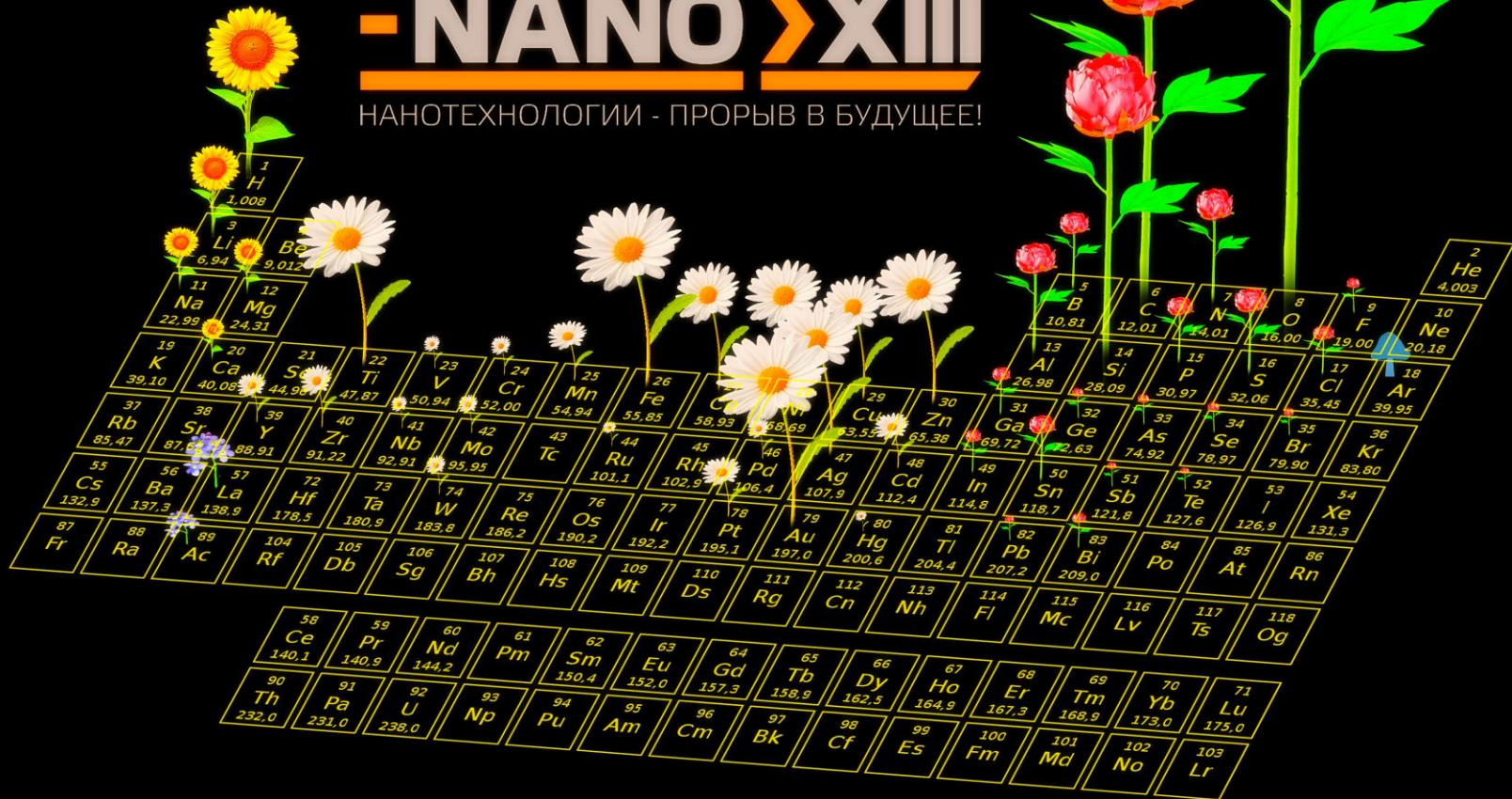


Е.А.Гудилин, МГУ
goodilin@yandex.ru

Летняя школа учителей химии
МГУ, Москва – 22 июня 2020

Наноэлементы Периодической таблицы Д.И.Менделеева

-NANO>XIII
НАНОТЕХНОЛОГИИ - ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ!



s – sunflowers, p – peony, d – daisy, f – forget-me-not

Структура ПТЭ (IUPAC)

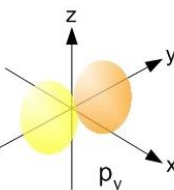
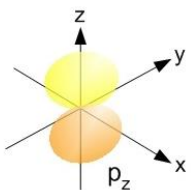
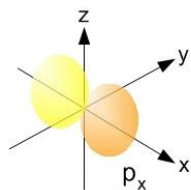
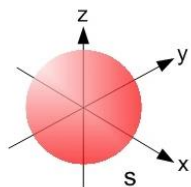


Diagram of the periodic table structure showing blocks and periods.

Main elements (s, p)

Typical elements (Groups I and II)

Transition metals (Groups III to X)

d block

p block

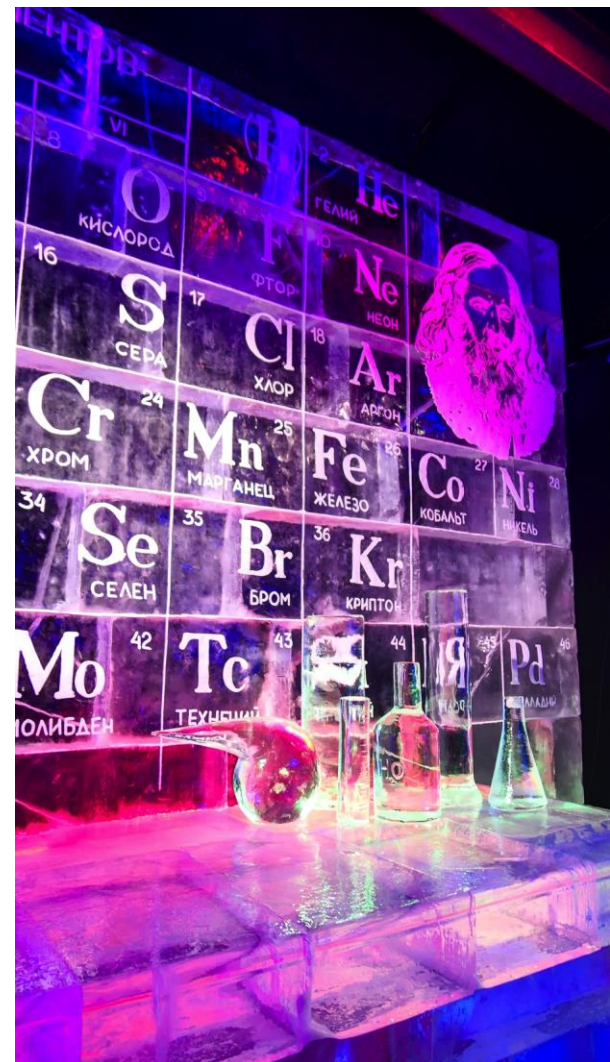
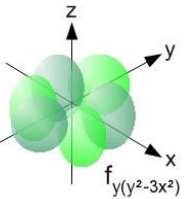
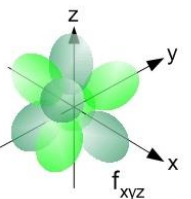
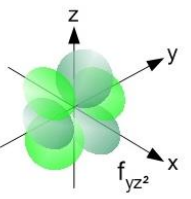
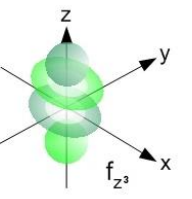
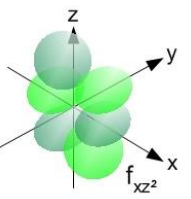
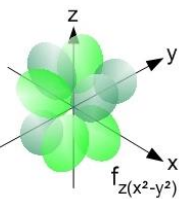
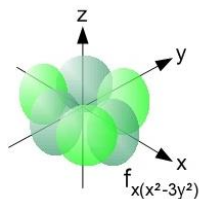
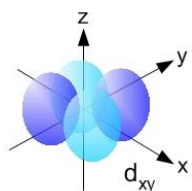
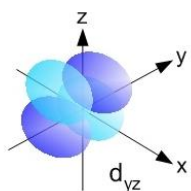
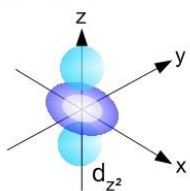
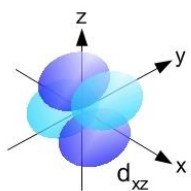
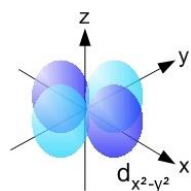
s block

f block

Lanthanides Actinides

Periods (1 to 7)

Groups (I to VIII)



Критерии

- **Доступные** (*большой геокларк*)
 - **Полезные** (*применения*)
 - **Дешевые** (*зачем переплачивать?*)
 - **Уникальные** (*химия*)
 - **Стабильные** (*... обычно*)
-
- **Интерфейс** (*большая поверхность*)
 - **Нанокompозиты** (*разнообразие*)
 - **Нетоксичность** (*если возможно*)



20 – 30 главных наноэлементов (в основном, “легких”)

15 – 20 специальных наноэлементов

Водородная энергетика



Старт комплекса «Энергия — Буран» 15 ноября 1988 года с космодрома Байконур



СИРИУС
ОТ НАС ЗАВТРА

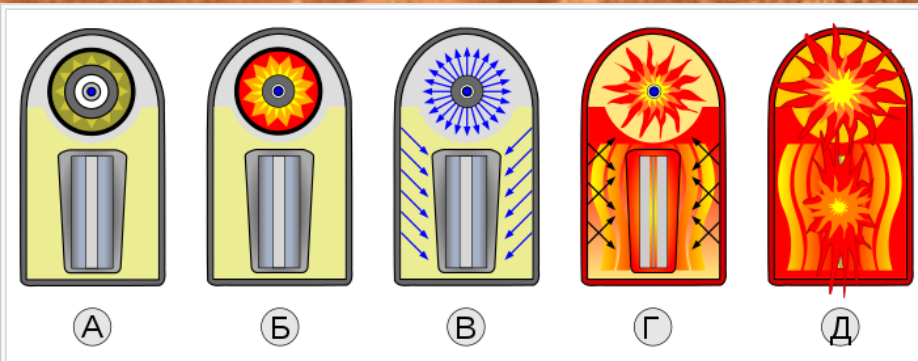
Водородный транспорт



Водород – идеальное топливо для использования в топливных элементах (водородная энергетика)

*Центр компетенций НТИ, д.х.н.
Ю.А.Добровольский*

Термоядерная бомба

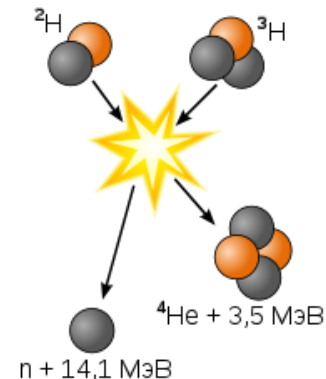
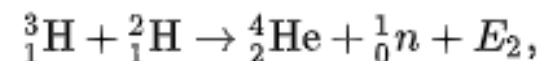


А Боеголовка перед взрывом; первая ступень вверху, вторая ступень внизу. Оба компонента термоядерной бомбы.
Б Взрывчатое вещество подрывает первую ступень, сжимая ядро плутония до сверхкритического состояния и инициируя цепную реакцию расщепления.
В В процессе расщепления в первой ступени происходит импульс рентгеновского излучения, который распространяется вдоль внутренней части оболочки, проникая через наполнитель из пенополистирола.
Г Вторая ступень сжимается вследствие абляции (испарения) под воздействием рентгеновского излучения, и плутониевый стержень внутри второй ступени переходит в сверхкритическое состояние, инициируя цепную реакцию, выделяя огромное количество тепла.
Д В сжатом и разогретом дейтериде лития-6 происходит реакция слияния, испускаемый нейтронный поток является инициатором реакции расщепления тампера. Огненный шар расширяется...

Взрыв первого советского термоядерного устройства «Кузькина мать» Хрущёва: Новая Земля, 30 октября 1961 г., 58 мегатонн, самый мощный взрыв за всю историю Человечества

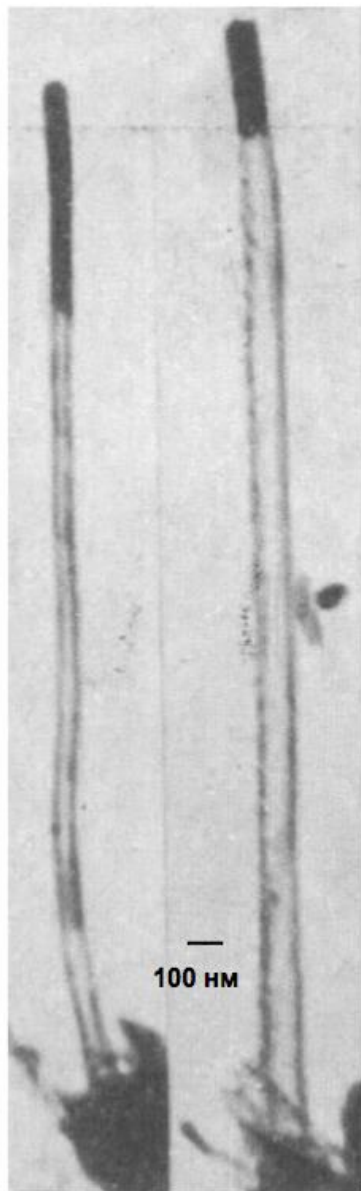
Мирное использование:

проект «Токамак» (термоядерная энергия)

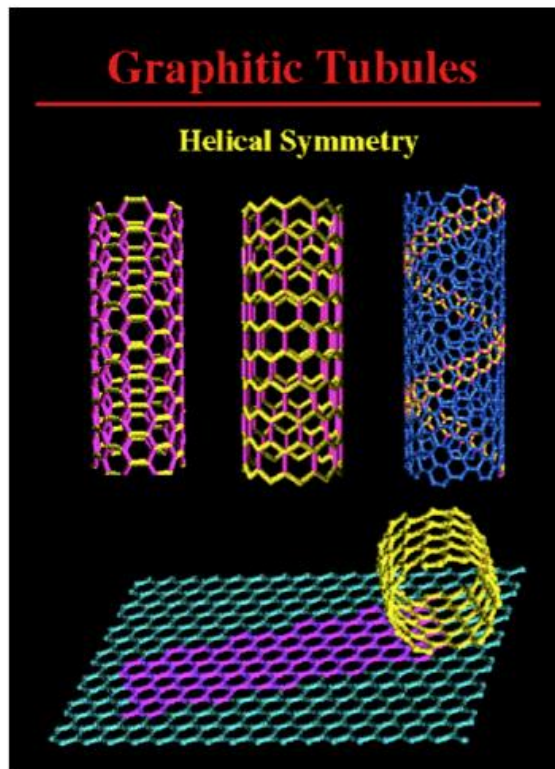


Дейтерий-тритиевая реакция

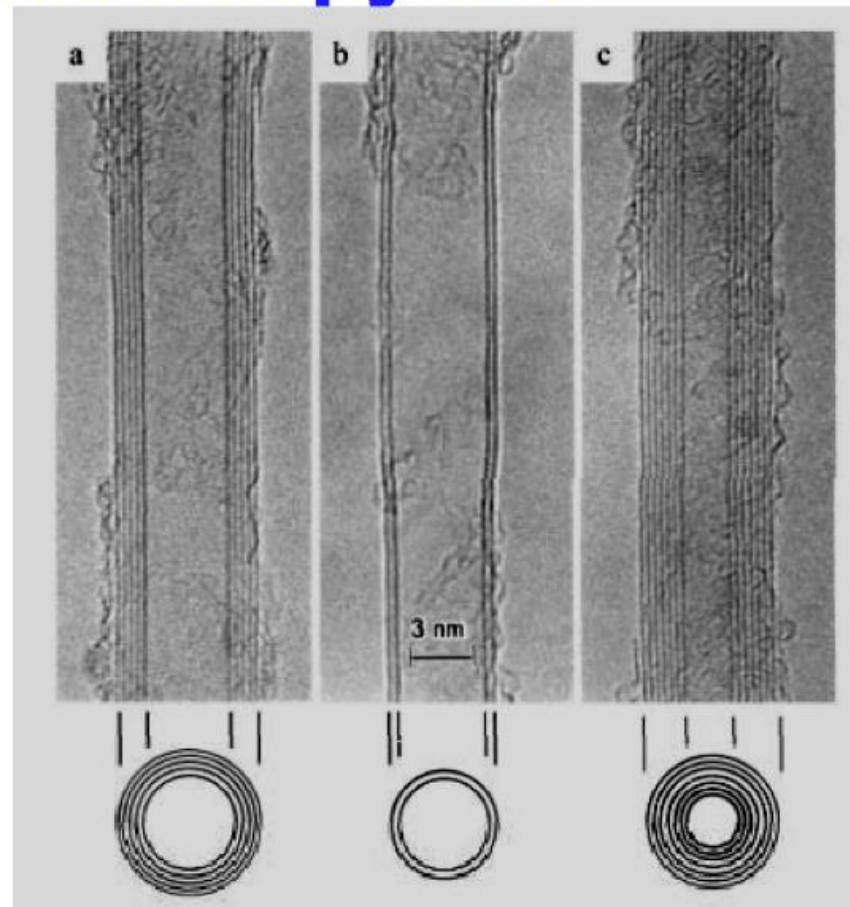
Первые РЭМ наблюдения углеродных нанотрубок



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



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



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

Оксид графена

Николай. р.г.
Косыа Мин

12.011
A2 hex
4492¹⁷
3825¹⁸
2.25
2.55
[He]2s²p²
Carbon

6
2, 4
C

Что такое sp² углерод?

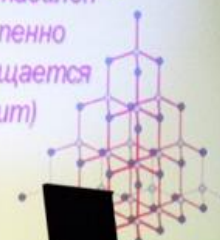
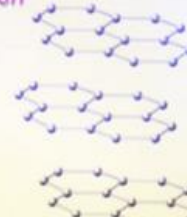
графит

алмаз



стабилен

метастабилен
(постепенно
превращается
в графит)



известен < 500 лет

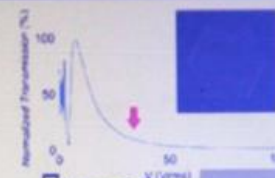
известен > 3000 лет

sp²

Возможные приложения

Оптические приложения
(Samsung roadmap: 2012)

Фотодетекторы



Дисплеи

Touch-screens

Солнечные батареи

Тактильные дисплеи

Электроника

Транзисторы

Moon et al., IEEE Electron Device Lett. (2009)
Lin et al., Nano Lett. (2009)
Lin et al., Science (2010)



Композитные материалы

прочные, проводящие, оптически прозрачные

Газовые датчики

Вариакан

Спиновые транзисторы

Механические датчики



Супер-конденсаторы

РОСНАНО

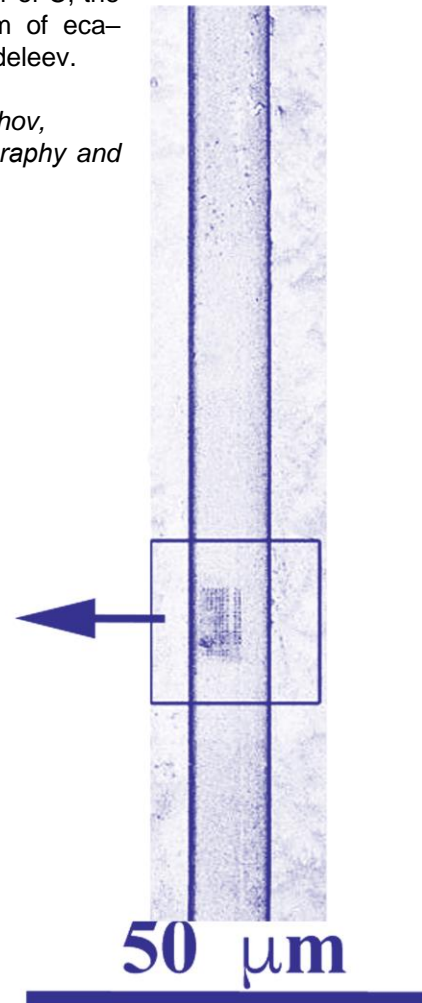
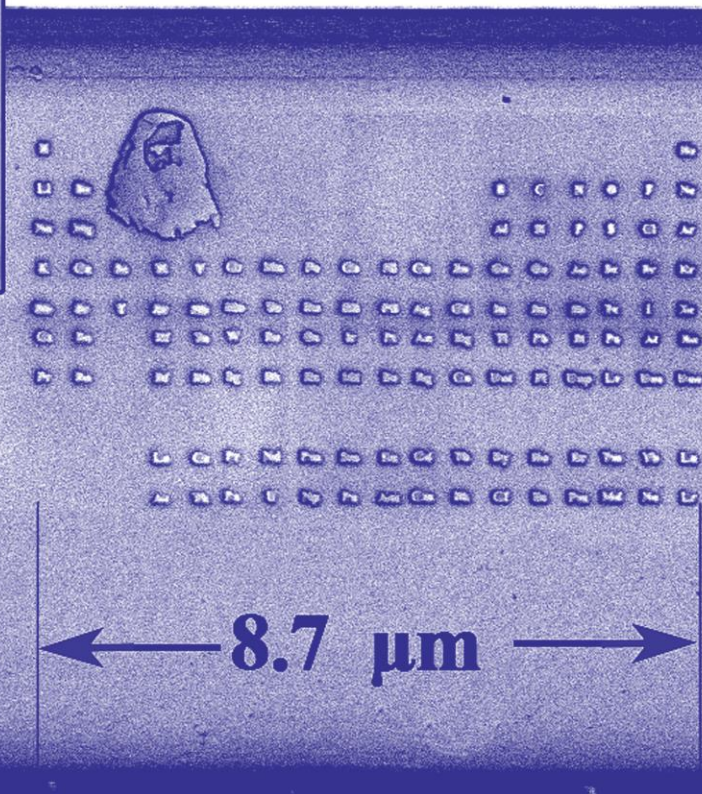
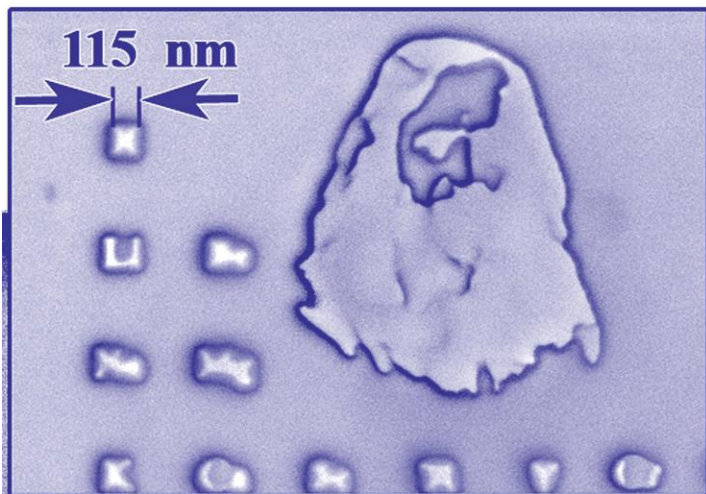
РОССИЙСКОЕ



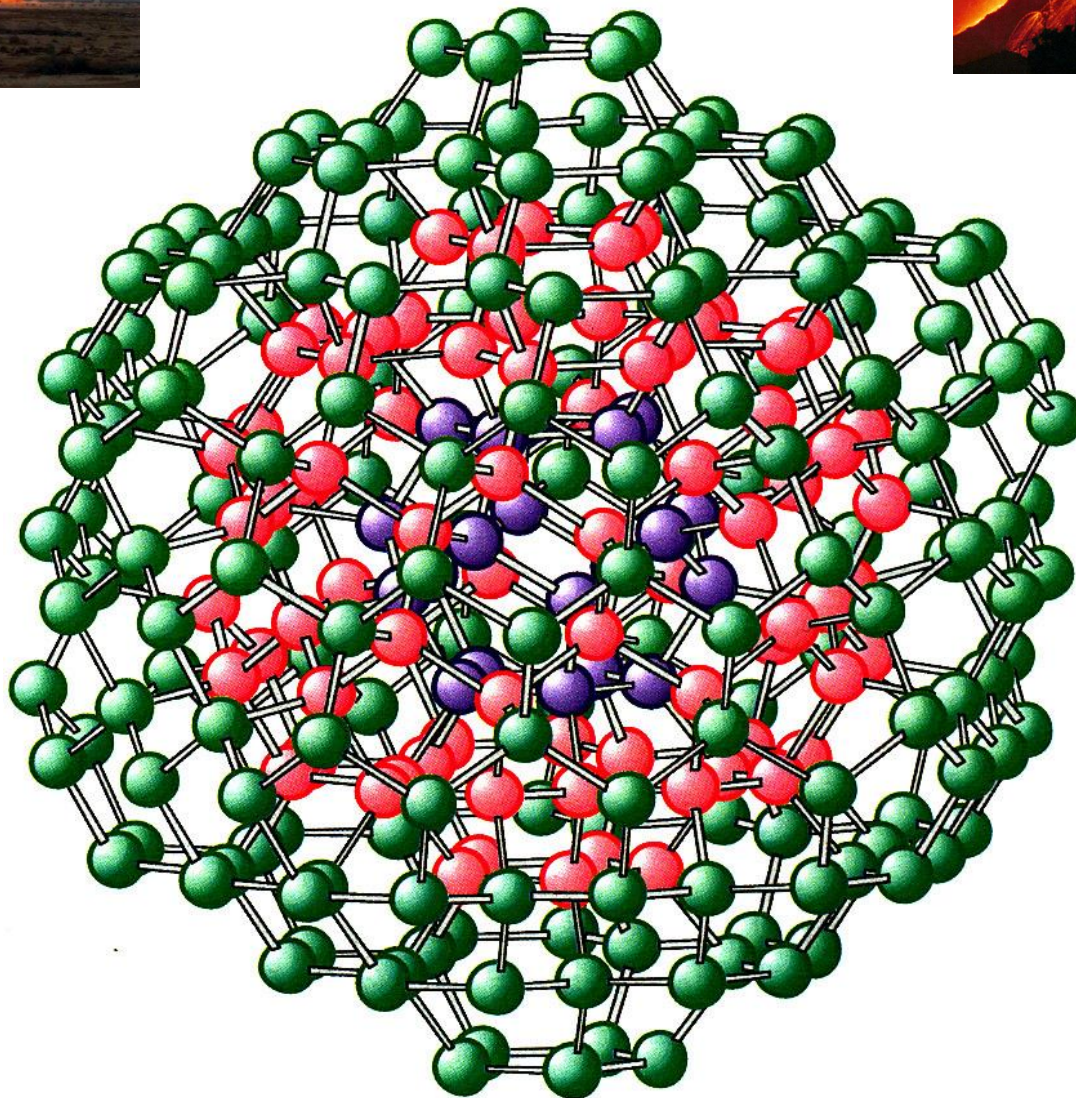
Международный год ПТЭ

The periodic table of elements depicted on a hair-width fiber of C, the most popular “nanoelement,” imaged by a focused beam of eca-aluminium (Ga) predicted by the table’s creator Dmitry Mendeleev.

Courtesy of N. A. Arkharova, A. S. Orekhov, and A. S. Orekhov, Shubnikov Institute of Crystallography of FSRC “Crystallography and Photonics” of Russian Academy of Sciences.

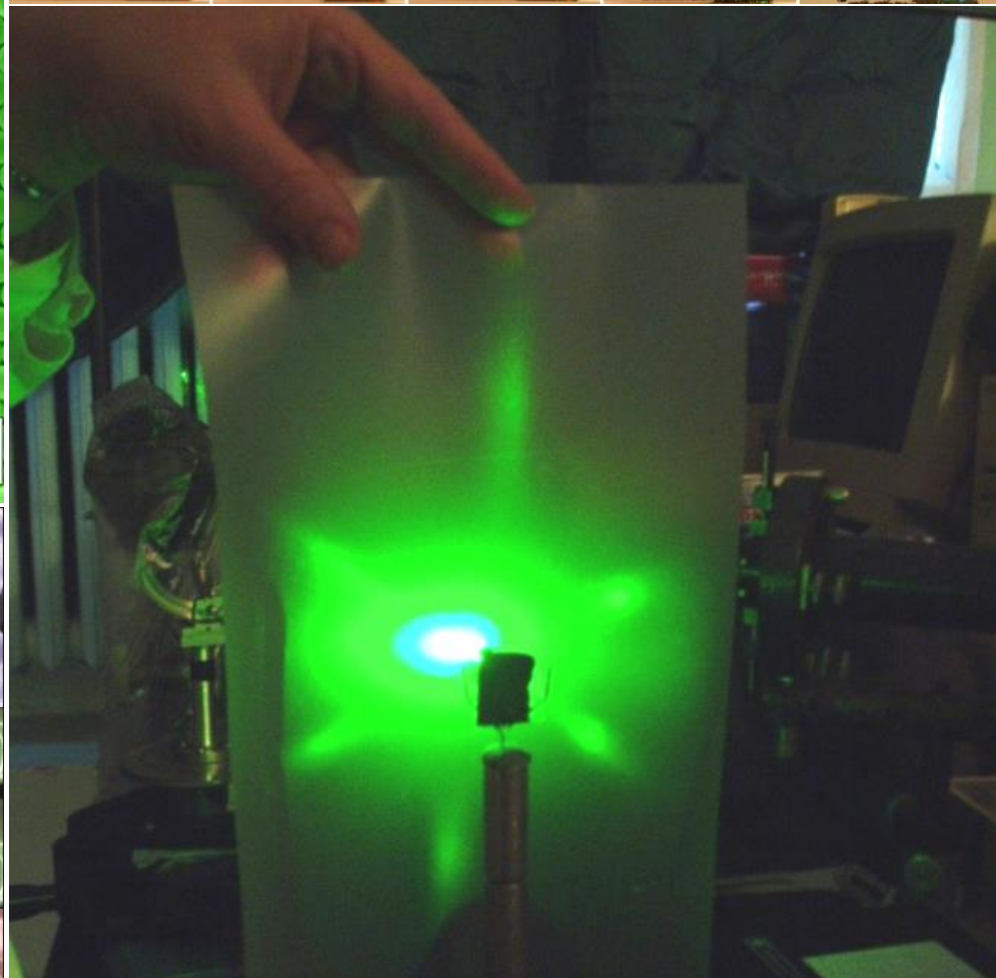
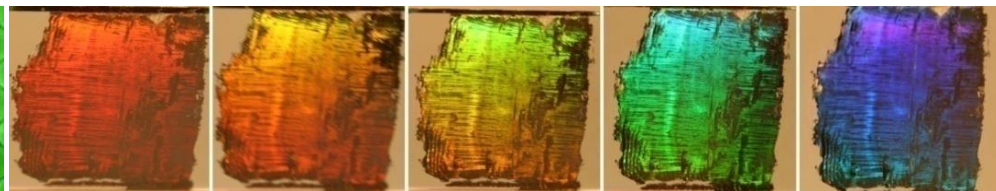
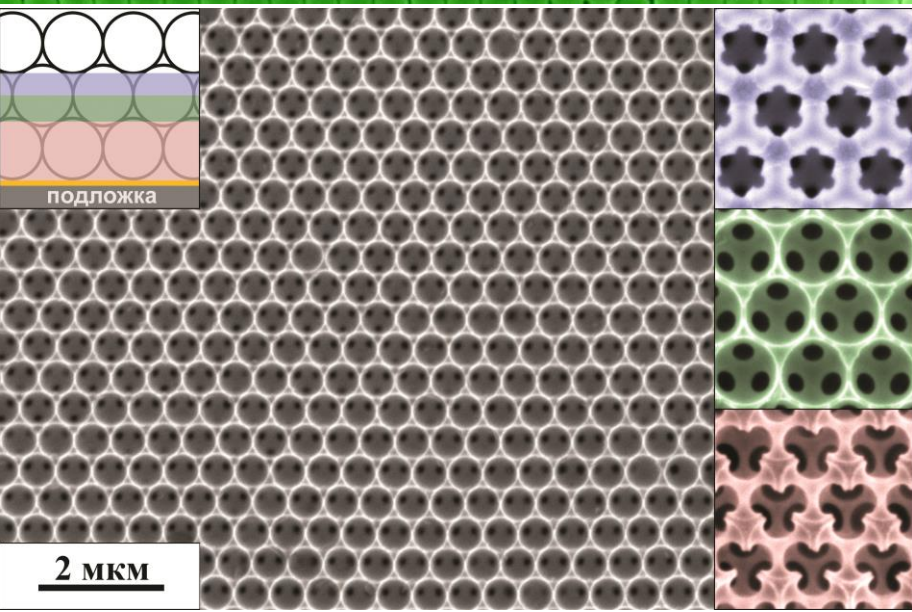
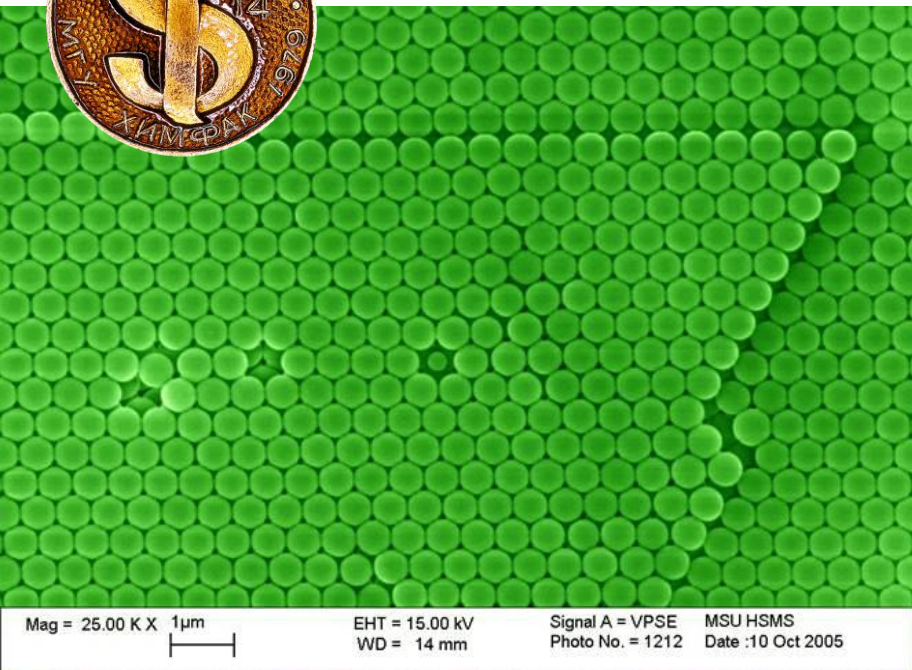


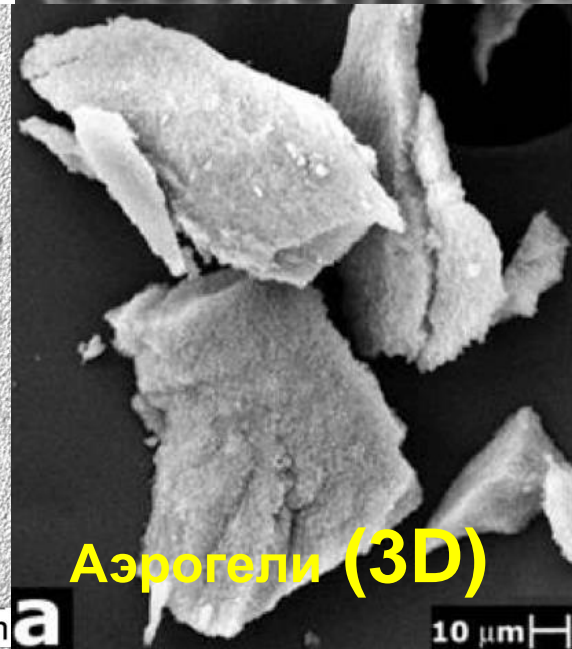
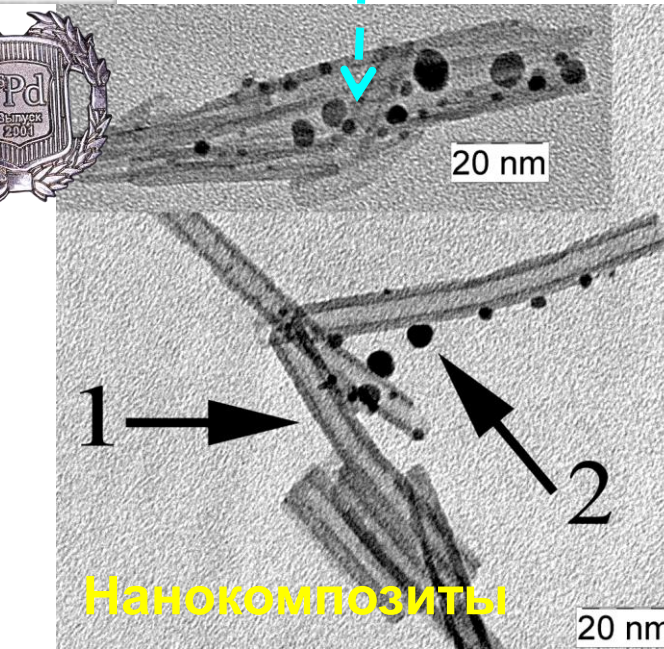
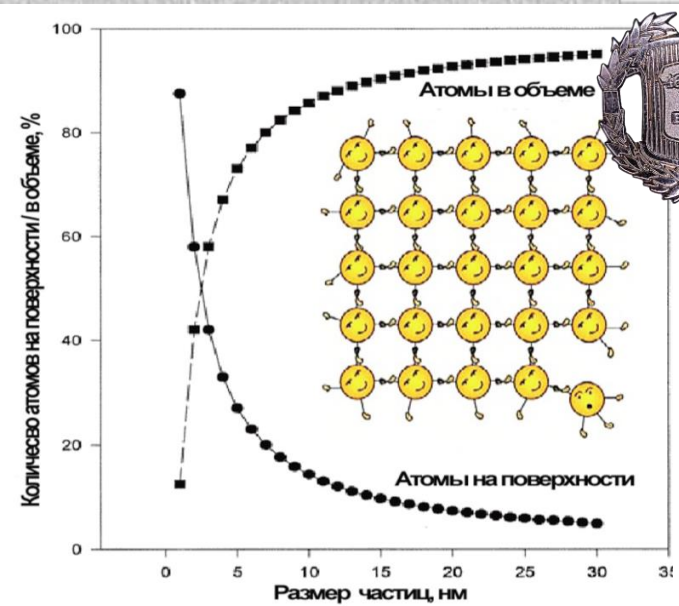
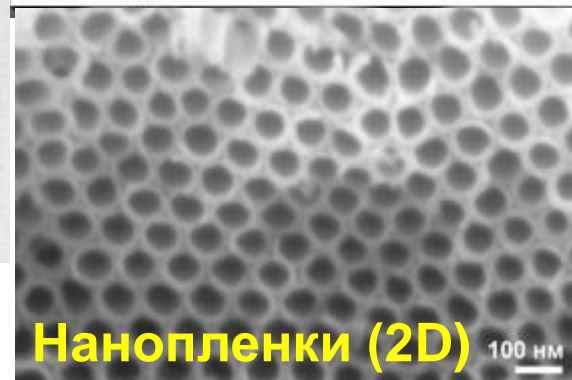
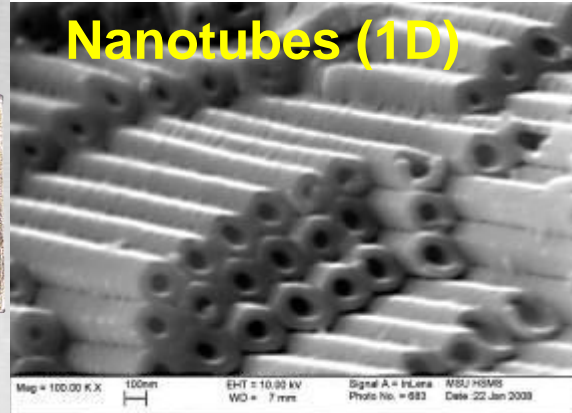
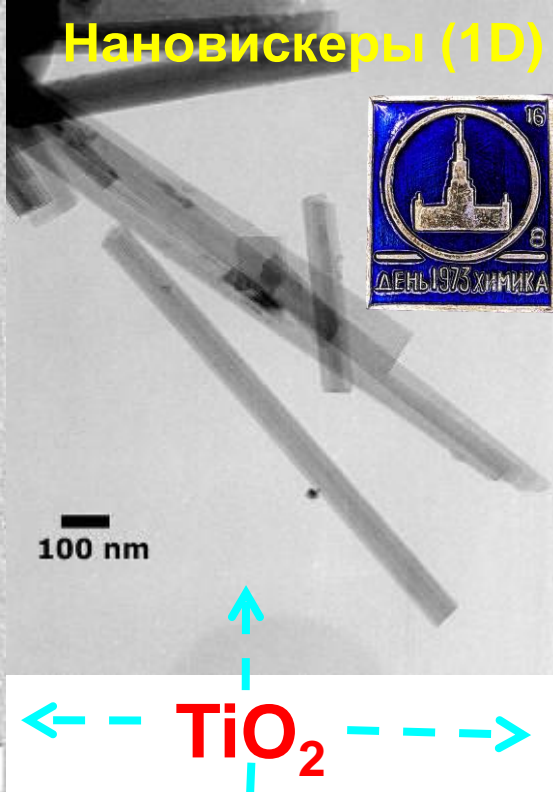
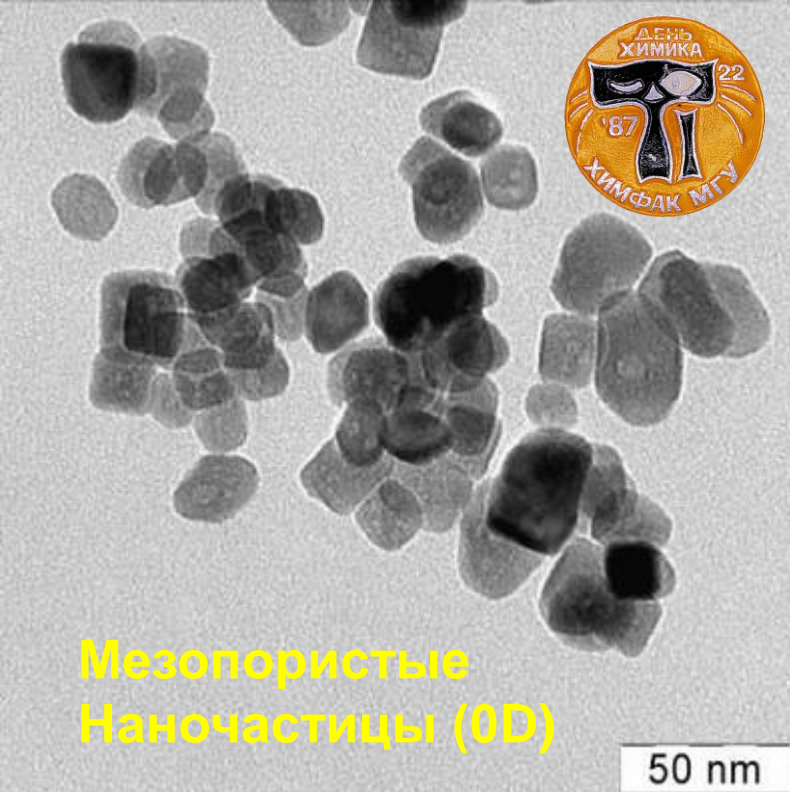
Наноалмаз





Фотоника



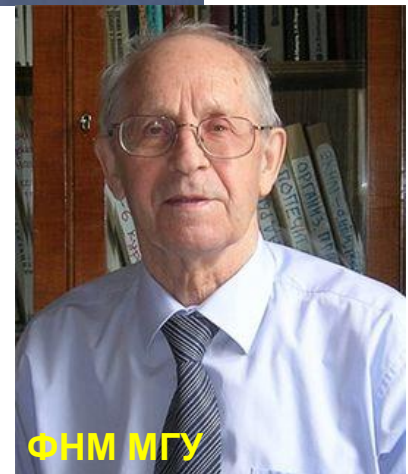


← — TiO_2 — — →

Ядерная энергетика



На заседании объединенной кафедры радиохимии и химической технологии (1986).
Справа налево: Р.Г. Азиев, В.А. Легасов, Г.А. Ягодин (министр высшего образования, гость кафедры), А.В. Кубасова

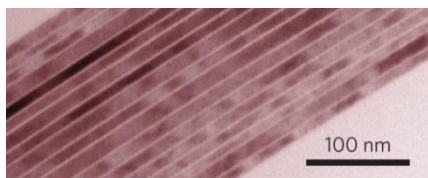




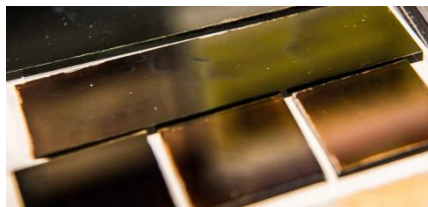
Новое поколение: Солнечные перовскиты



0D: quantum dots



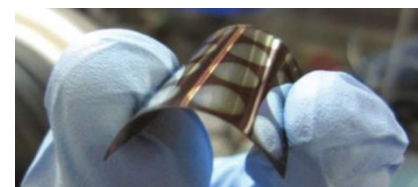
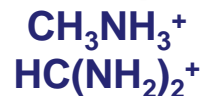
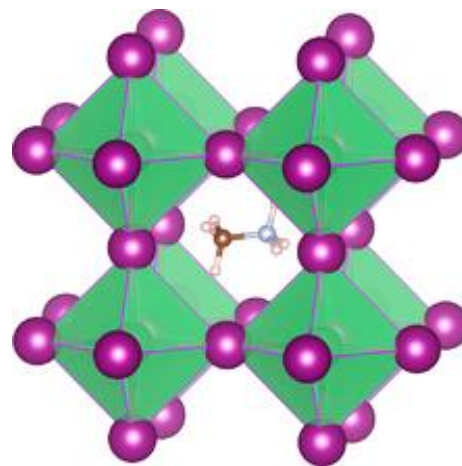
1D: nanowires



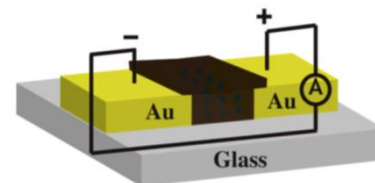
2D: films



3D: single crystals



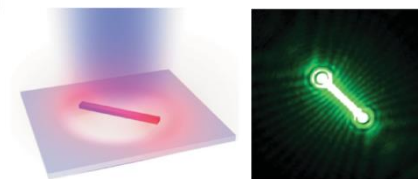
Solar cells



Photodetectors

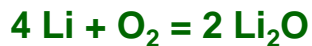


LED

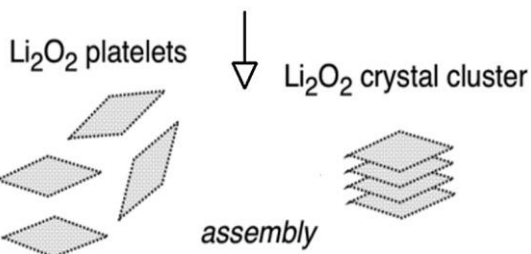
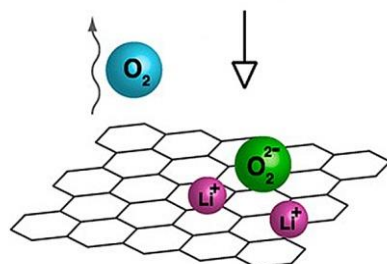
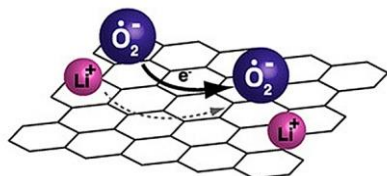


Lasers

Электрохимическая энергетика



"disproportionation"

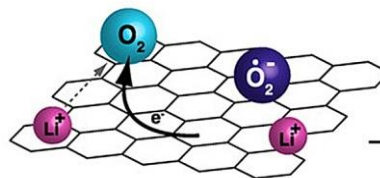


b.

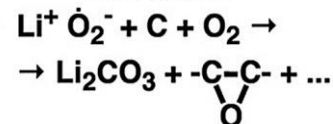
electrochemical process



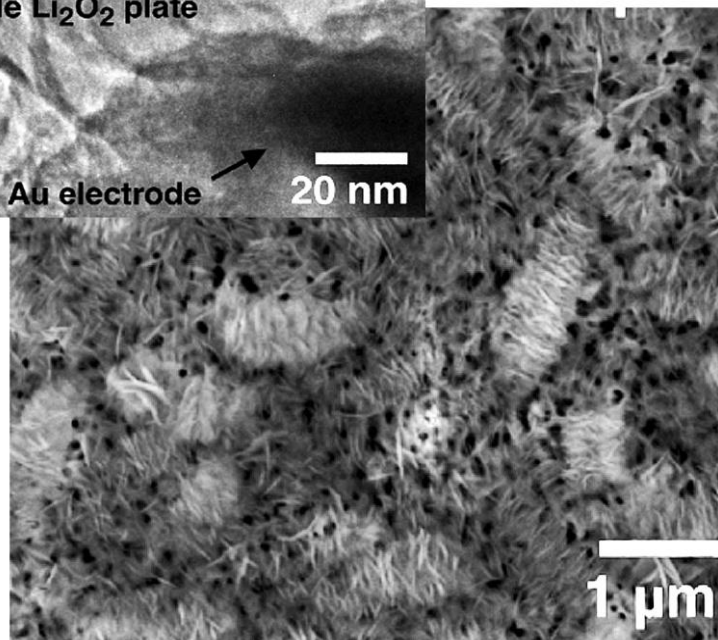
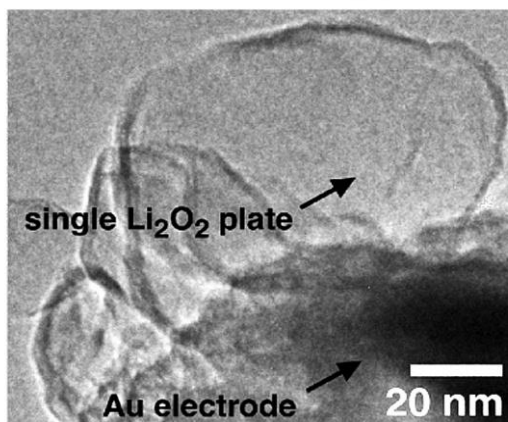
a.



chemical reaction
with carbon



c.



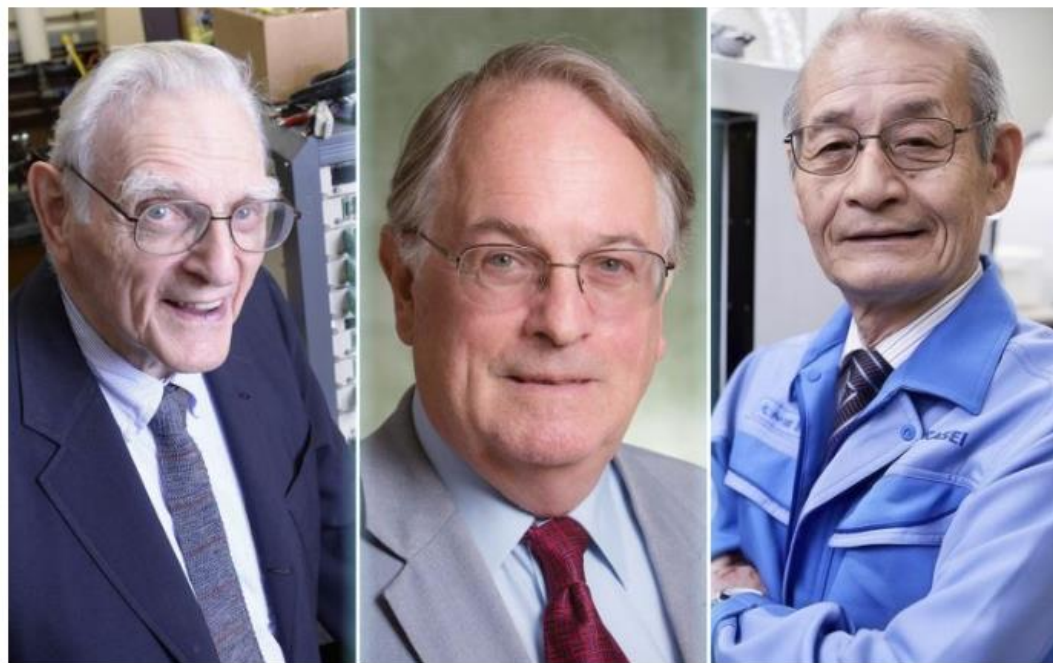
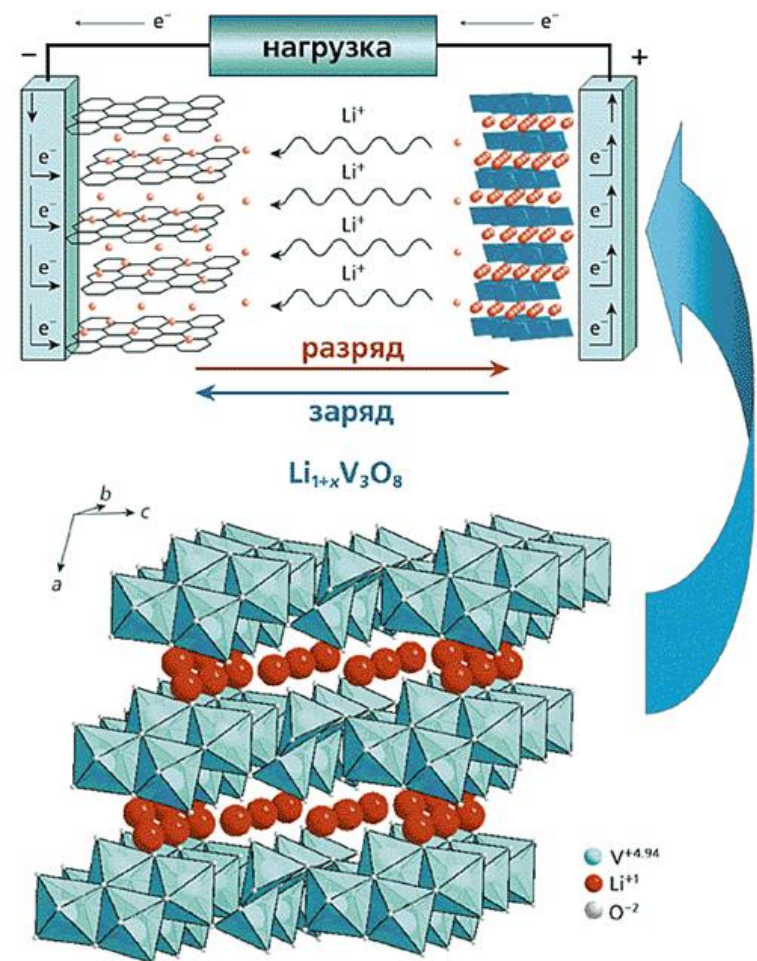
Фуллерены: Нобелевская премия по химии, 1996 г.

(Харольд Крото, Ричард Смолли и Роберт)

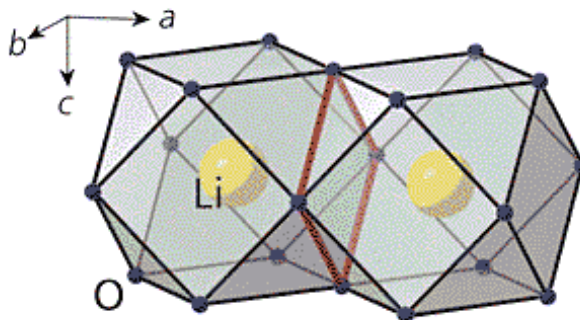
Графен: Нобелевская премия по физике, 2010 г.

(Андрей Гейм, Константин Новоселов)

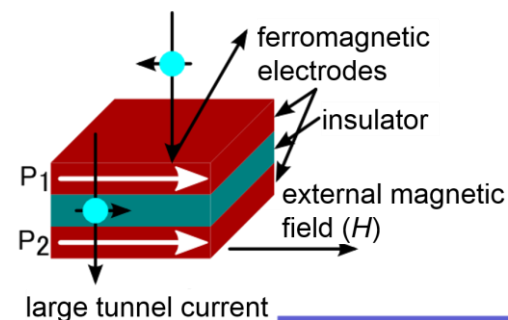
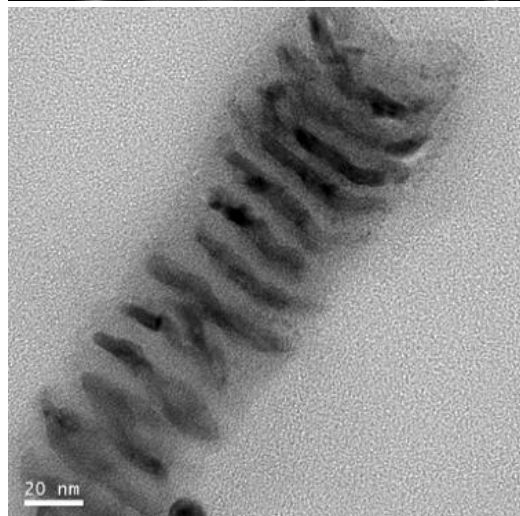
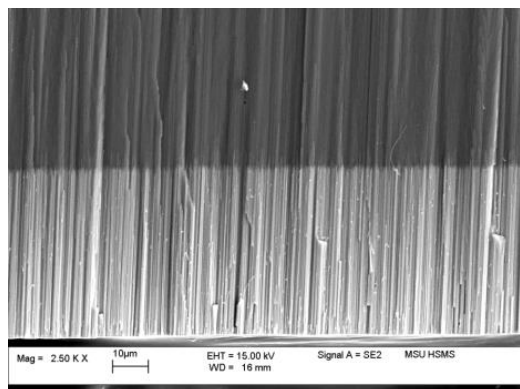
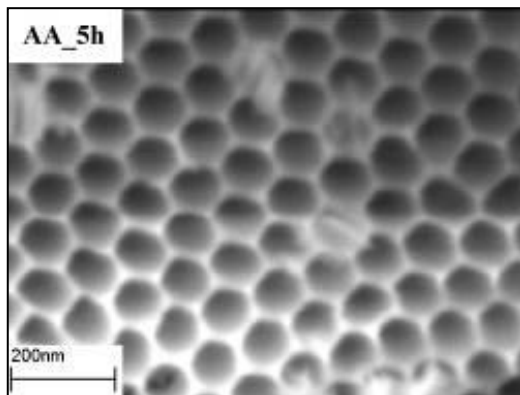
Литий – ионные аккумуляторы



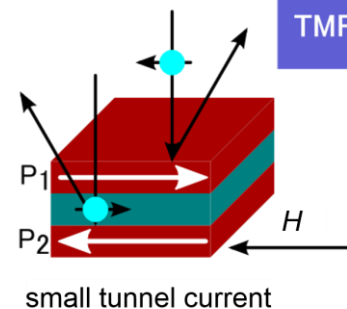
В среду, 9 октября, представители Королевской шведской академии наук огласили в Стокгольме решение о присуждении Нобелевской премии по химии за 2019 год. Лауреатами стали трое ученых – Джон Гуденаф, Стэнли Уиттингем и Акира Ёсино – «за развитие литий-ионных батарей».



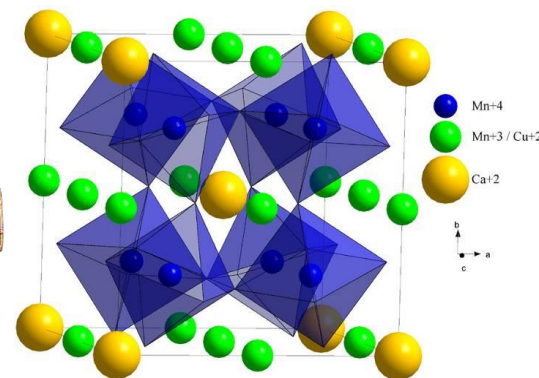
Магнитная запись и наноструктуры



$$\text{TMR} = \frac{P_1 P_2}{(1 - P_1 P_2)}$$



За открытие Гигантского МагнетоСопротивления Альберт Ферт (Франция) и Петер Грюнберг (ФРГ) в 2007 г. удостоены Нобелевской премии по физике

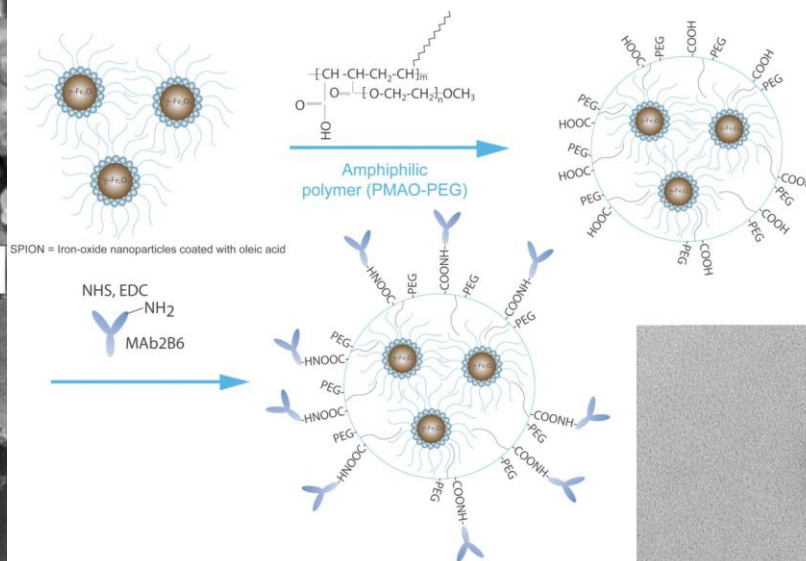
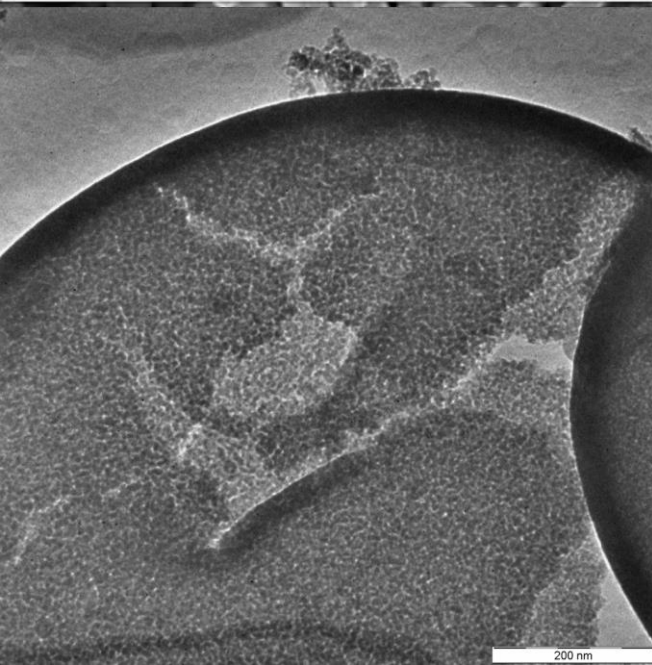
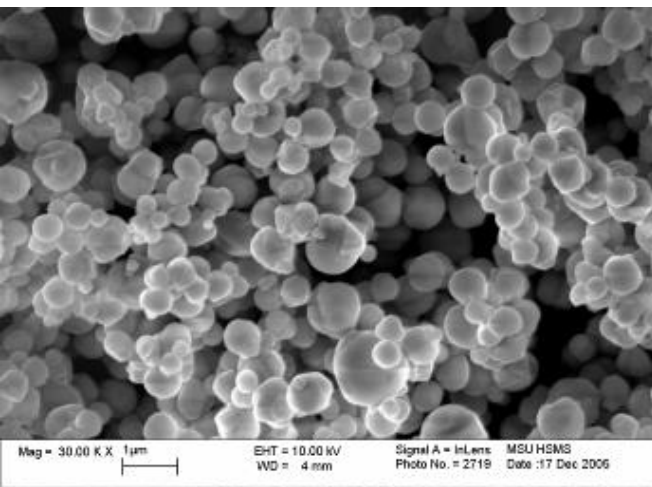


Нанобио

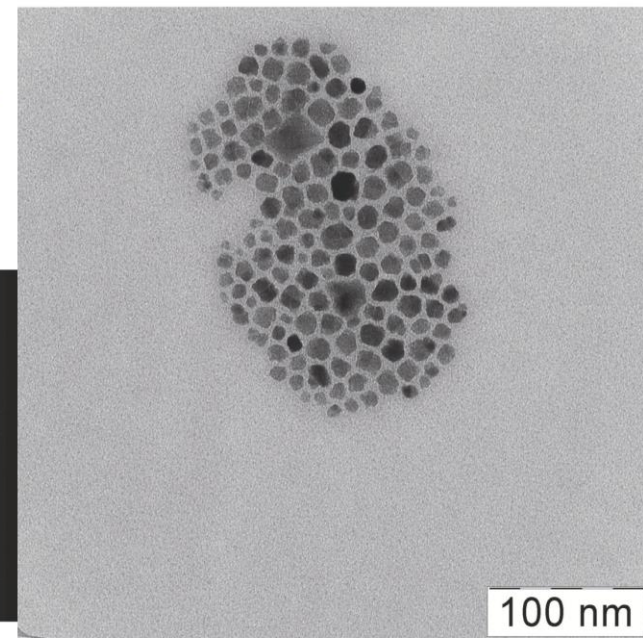
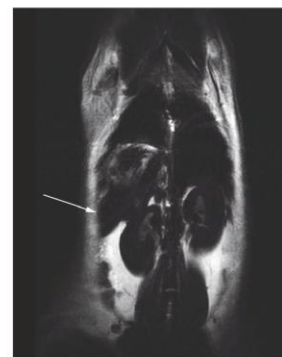
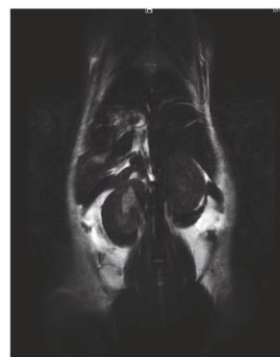


SPION:

- Малый размер, лучшее проникновение
- Высокая площадь контакта, лучше контейнеры
- Биосовместимость



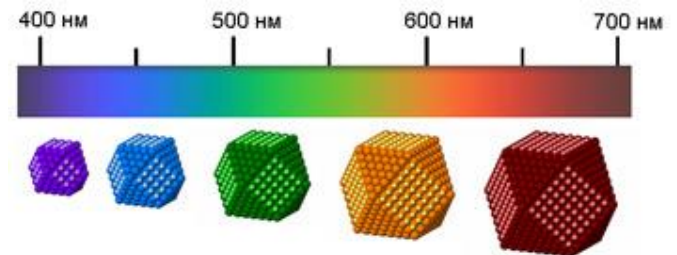
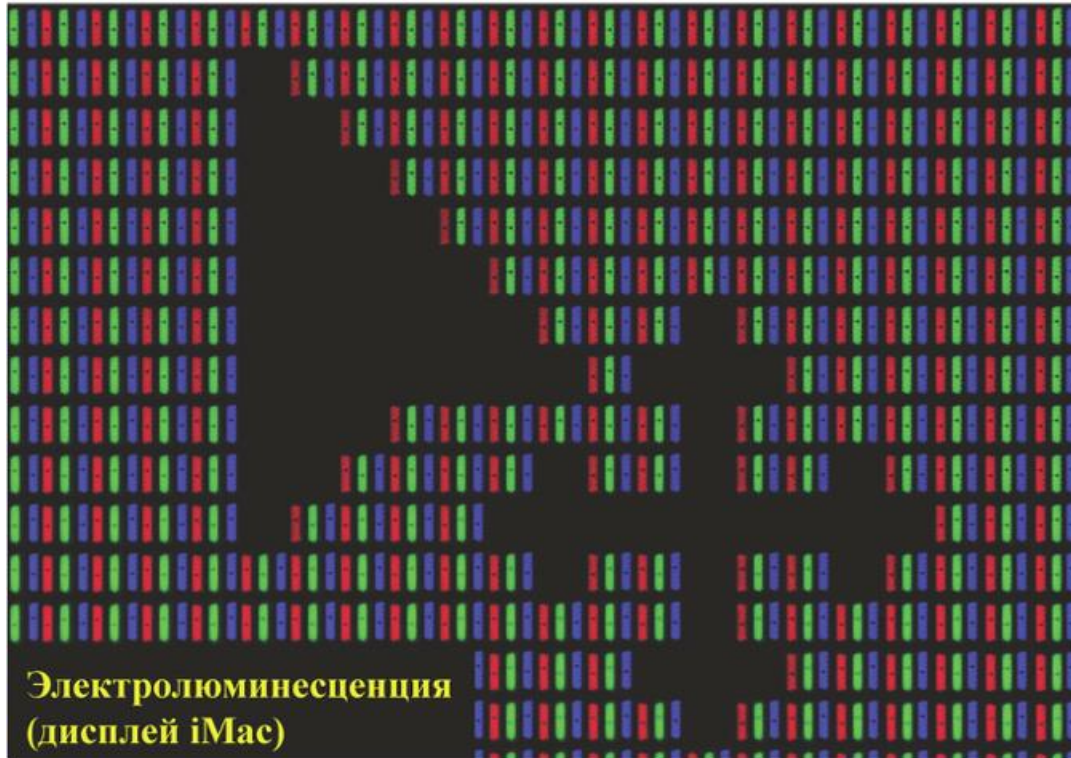
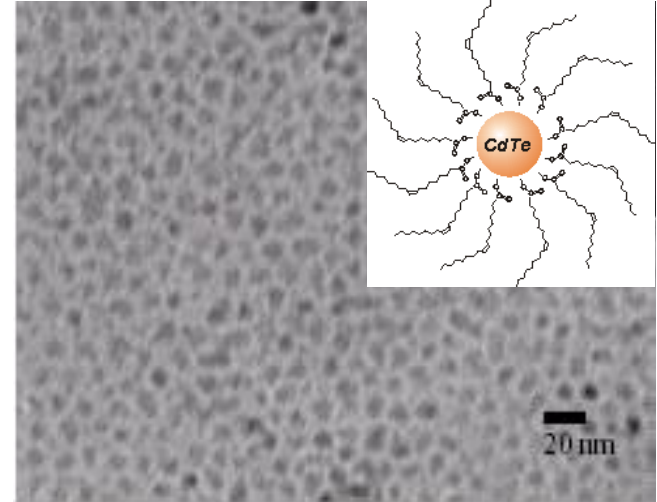
Томография



Квантовые точки



Нобелевская премия по физике за 2000: физика гетероструктур, электроника и оптоэлектроника (Жорес Иванович Алферов (ФТИ им.А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург, Россия), Герберт Кремер (Калифорнийский институт в Санта Барбаре, США), Джек С. Килби (Даллас, Техас, США)).



ГЕРБЕРТ УЭЛЛС

избранные
научно-
фантастические
произведения

Менздат. 1959

“Кейворит”

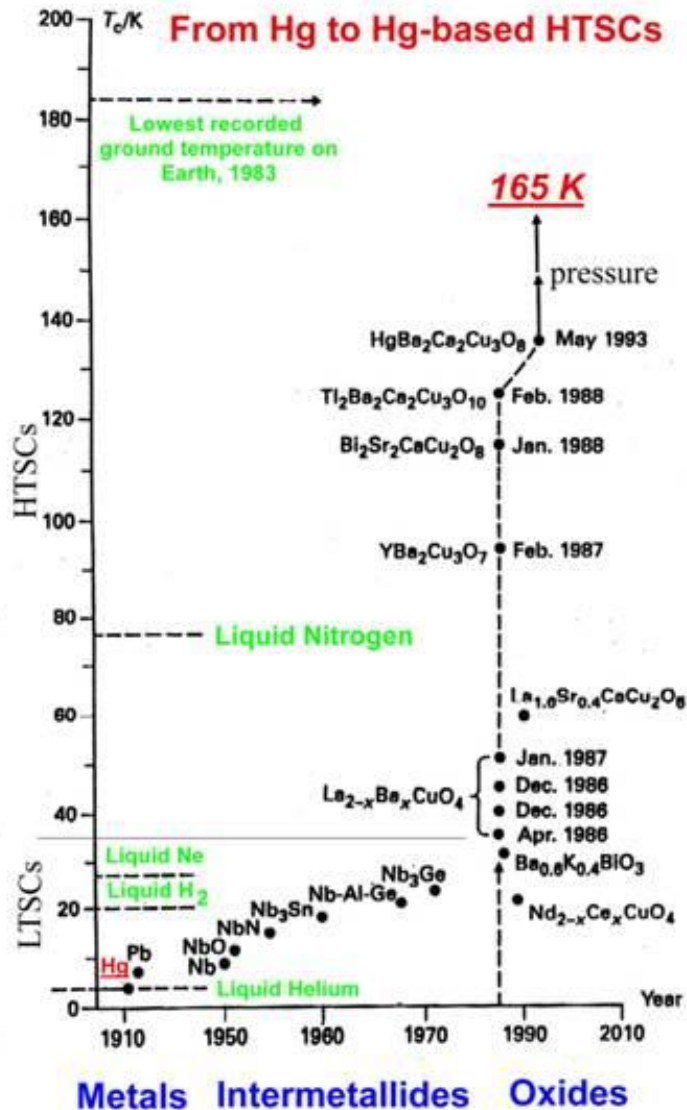
Шар
антигравитации



«Первые люди
На Луне»



ВТСП купраты: 6 Нобелевских премий



E. V. Antipov (MSU) e.a.

Hg-ВТСП

$T_c \sim 4 + 130 \text{ K}$



J. G. Bednorz, K. A. Muller
Nobel Prize 1987

evolution

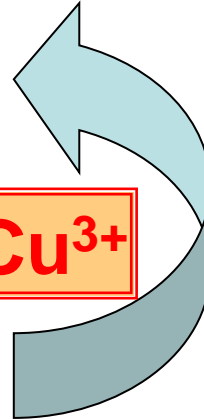
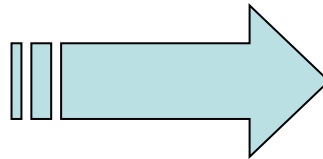
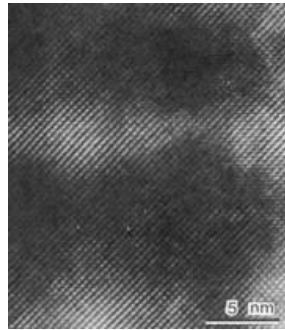
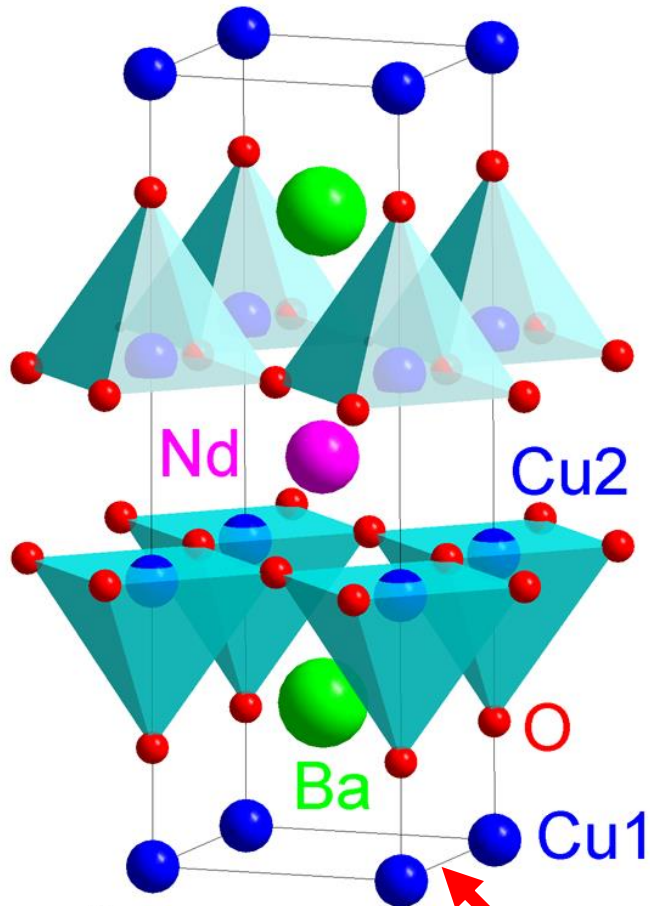


Kamerling Onnes:

Liquid He, “bad metal” Hg

$T_c \sim 4 \text{ K}$

Кристаллизация сверхпроводников



Cu^{3+}

O_2



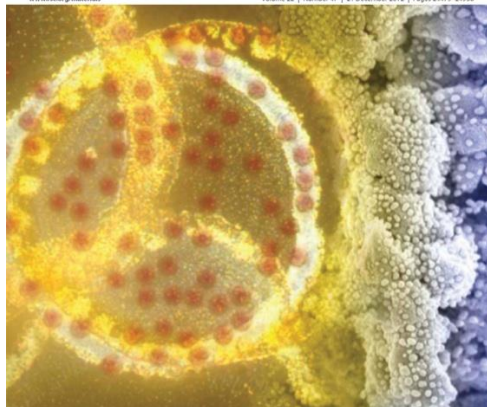
Magnetic levitation (ISTEC)

Плазмонные наночастицы

Journal of
Materials Chemistry

www.rsc.org/materials

Volume 22 | Number 47 | 21 December 2012 | Pages 2479–2498



RSC Publishing


PAPER
Eugene A. Gorbunov et al.
Plasmonic SERS nanostructures with stochastic silver ring morphology for biosensing

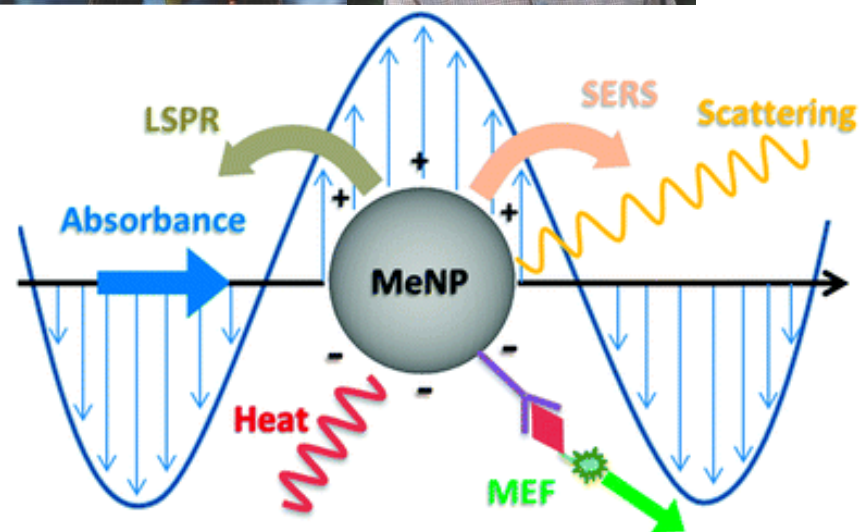


0950-4230(2012)22:47;1-B

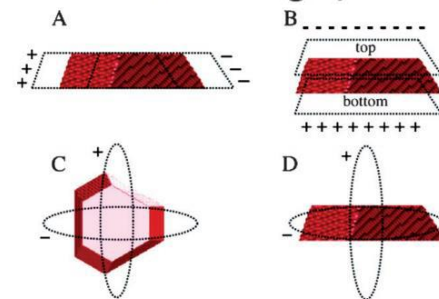
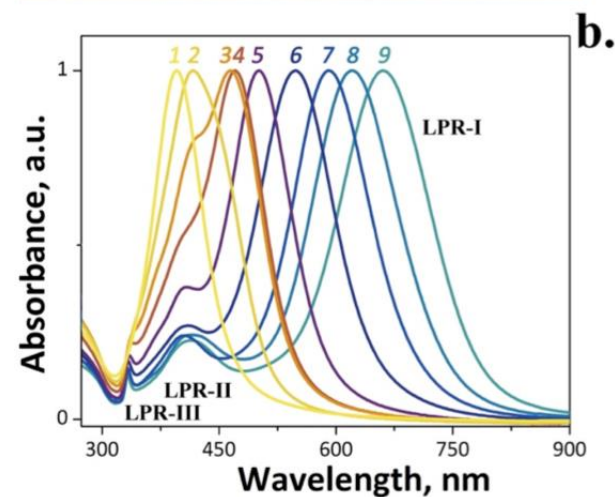
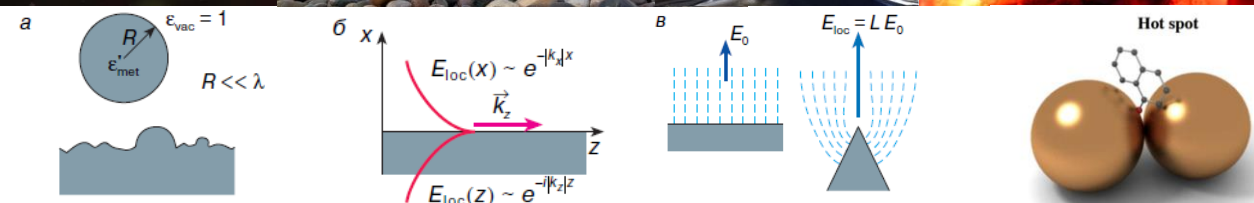


IA																	VIIIA	
H	IIA																	He
Li	Be																	
Na	Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VII	VIII	IB	IIB	Al	Si	P	S	Cl	Ar			
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	

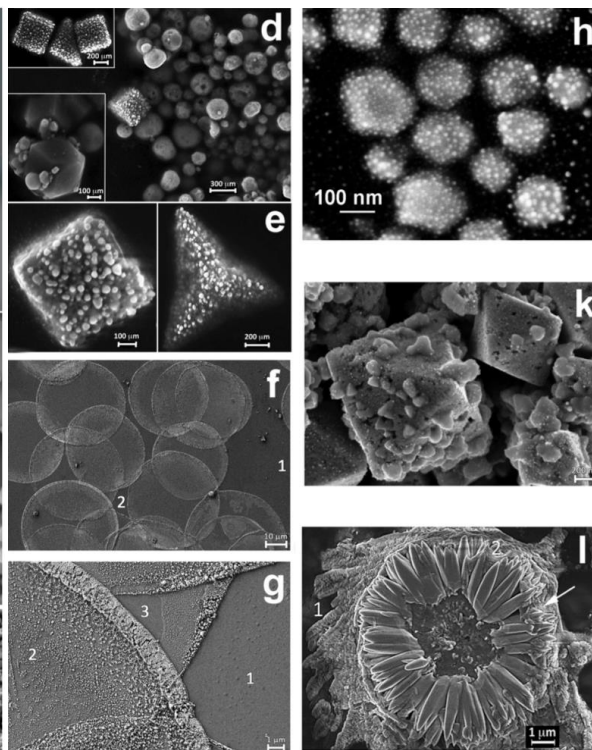
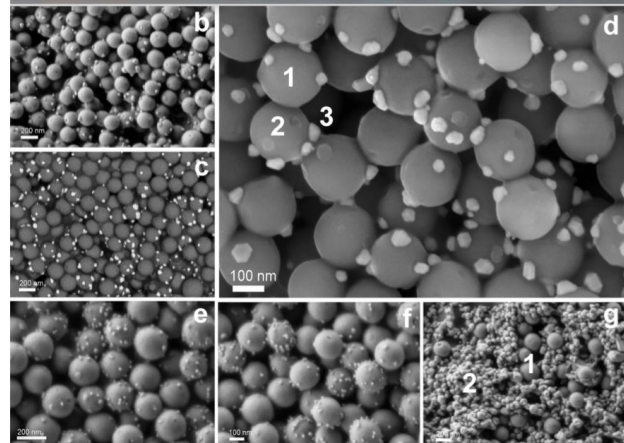
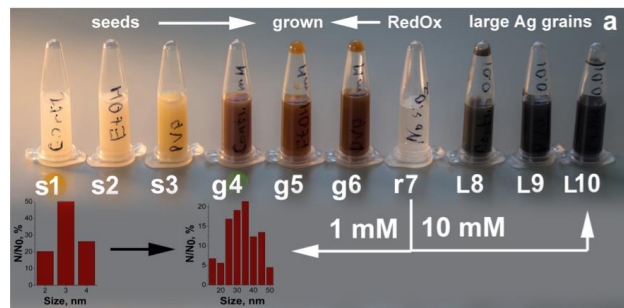




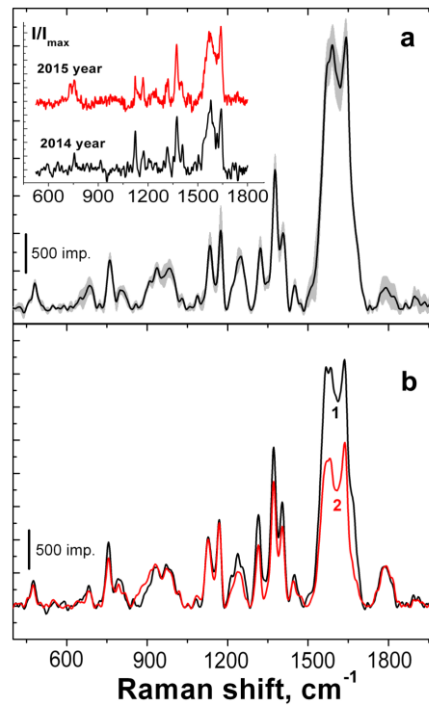
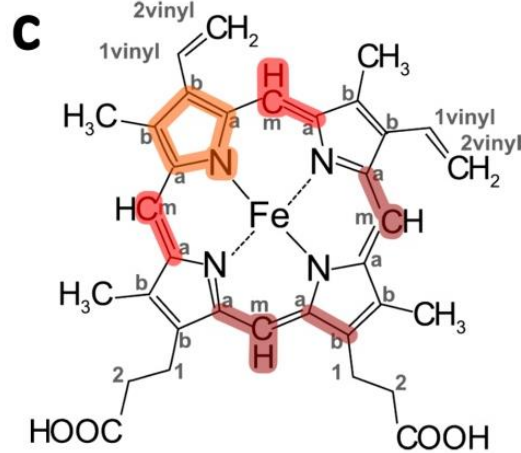
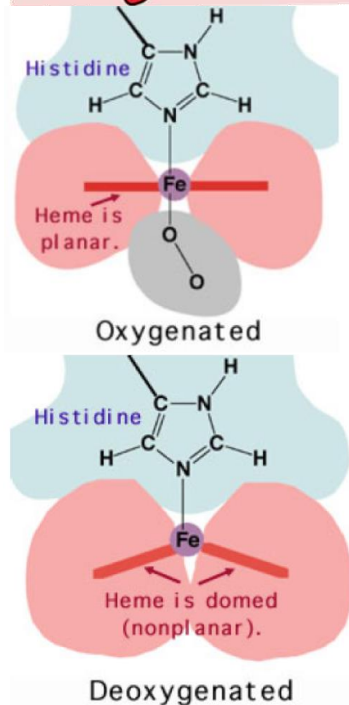
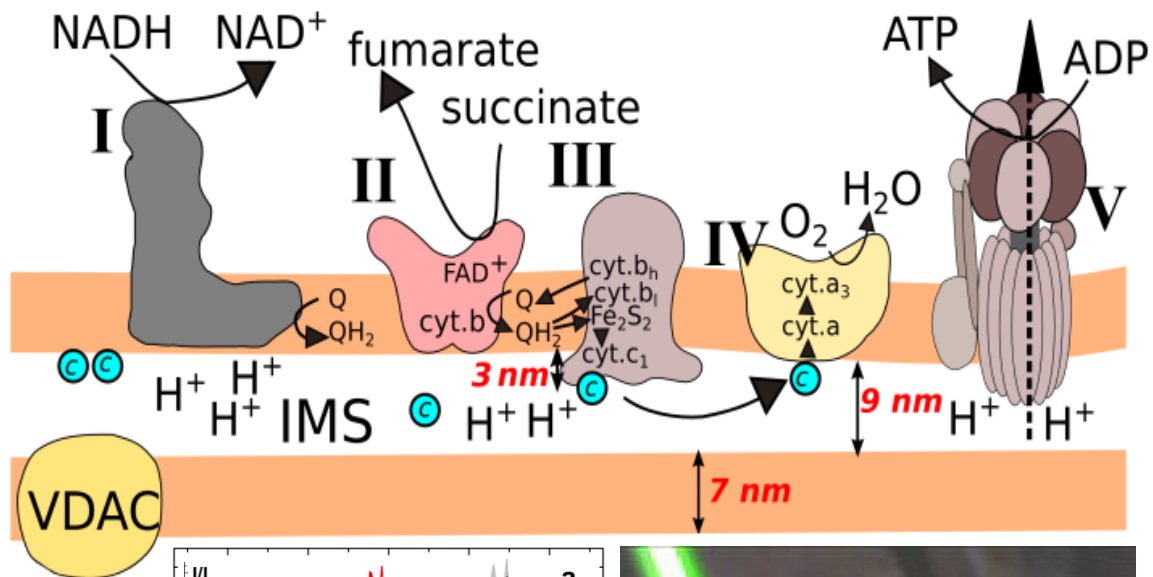
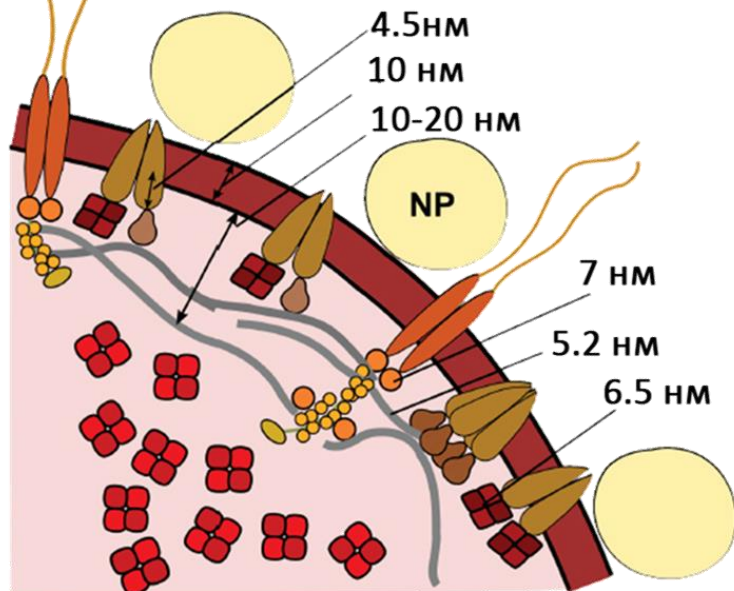
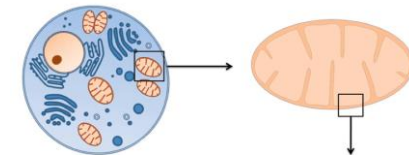
Структура и плазмоны



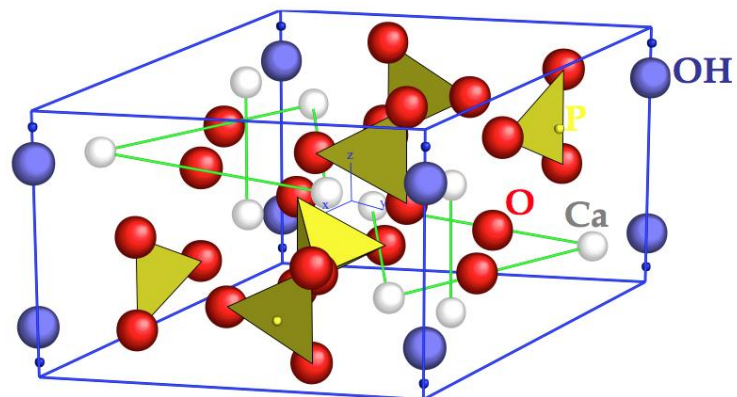
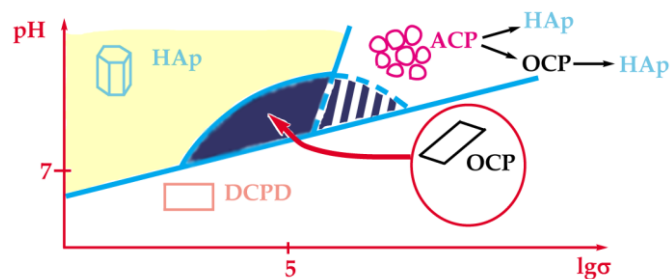
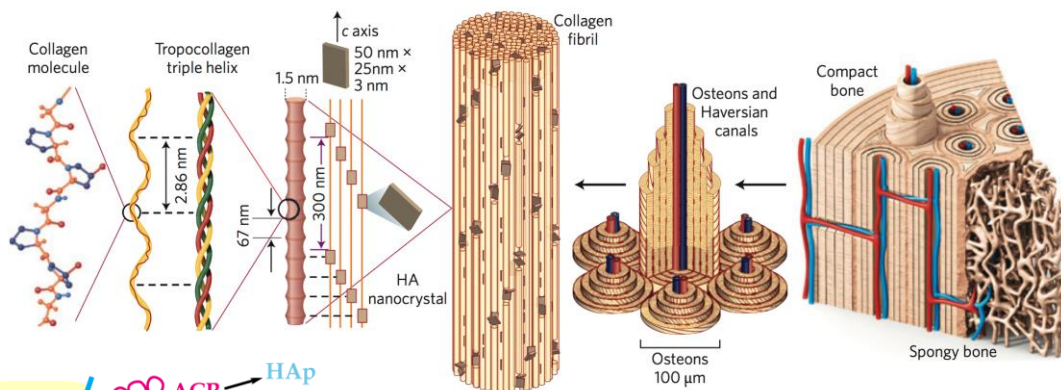
- размер
- форма
- углы
- контакты
- иерархия



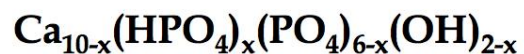
Кровь и митохондрии



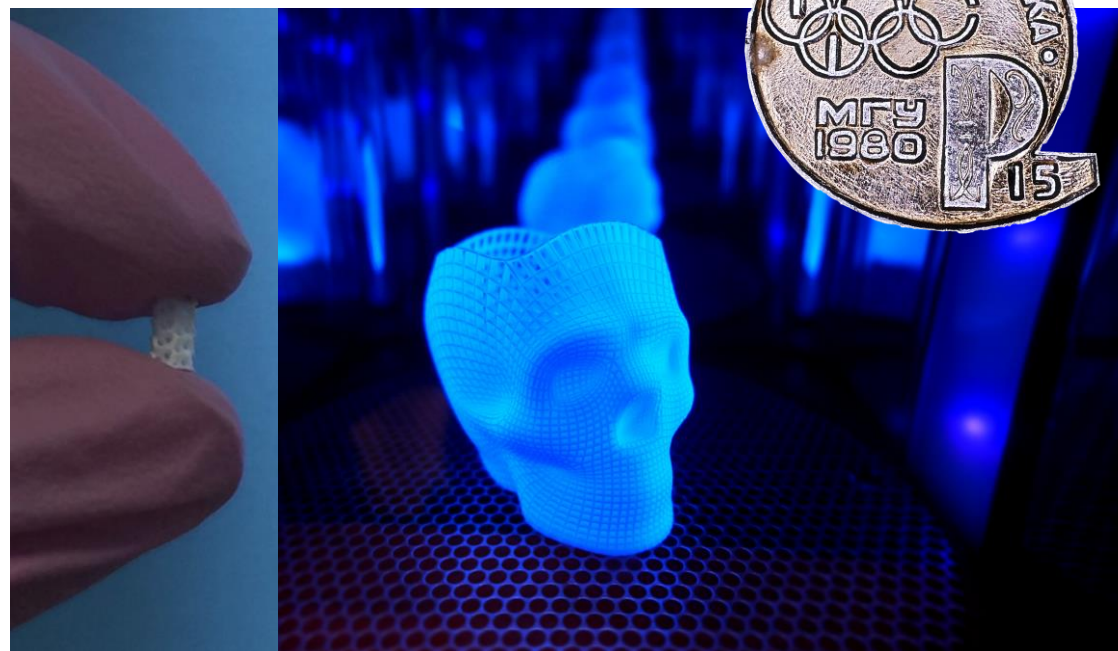
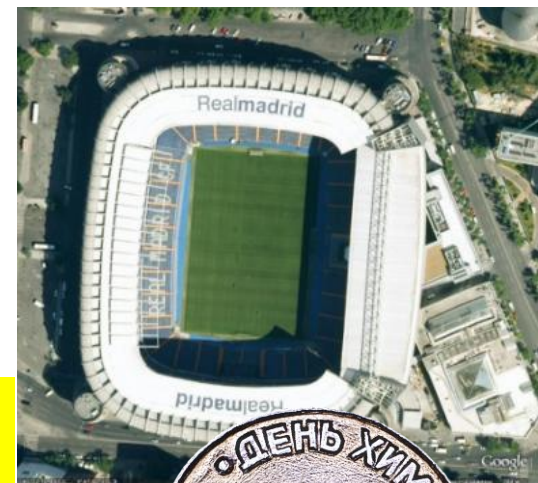
«Мягкая химия» биоматериалов



$$P6_3/m \quad a = 9.422 \text{ \AA} \\ c = 6.880 \text{ \AA}$$



=10





Благодарности

К.А.Солнцев, Ю.Гогоци, П.Вайс,
В.И.Путляев, А.А.Елисеев, А.В.Лукашин,
А.А.Семенова, Н.А.Браже, Г.В.Максимов,
А.Б.Тарасов, К.С.Напольский, Д.М.Иткис,
Р.Б.Васильев, С.Г.Дорофеев, И.А.Веселова,

Д.И.Менделеев