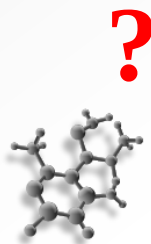




Нанотехнологии: идеи и возможности

Что такое НАНО?



Нанообъекты — это объекты, хотя бы один из геометрических размеров которых лежит в пределах 1 – 100 нм (но часто сюда же относят объекты с размерами 100 – 1000 нм)

Основные типы наночастиц

```
graph TD; A[Основные типы наночастиц] --> B[Наночастицы металлов (например, золота и серебра)]; A --> C[Фуллерены и нанотрубки]; A --> D[Наночастицы сложных соединений и квантовые точки];
```

Наночастицы
металлов (например,
золота и серебра)

Фуллерены и
нанотрубки

Наночасти-
цы сложных
соединений
и квантовые
точки

Наночастицы металлов



Ag



Au



Pt

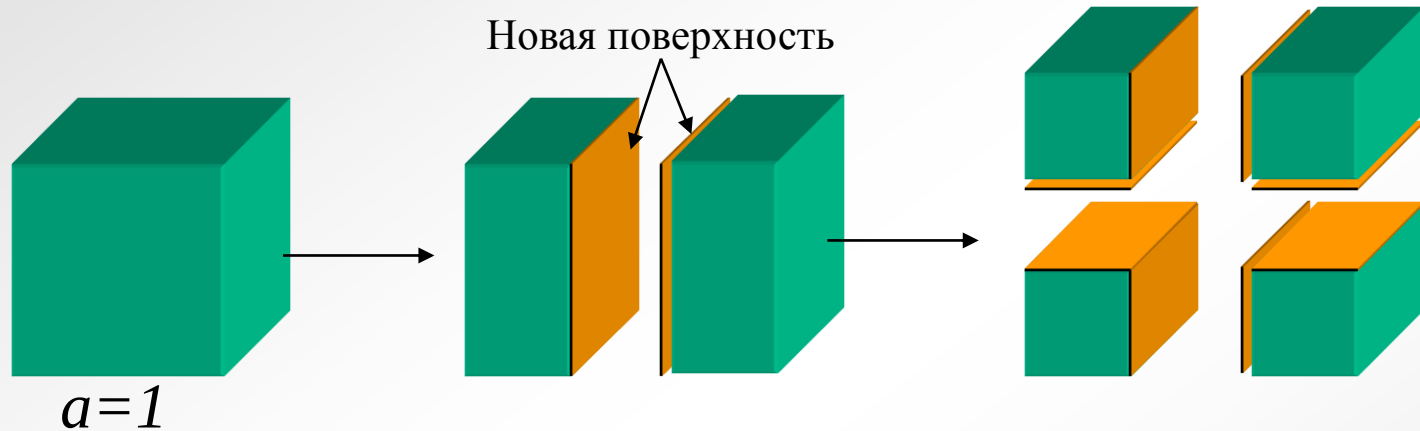


Ti



В чем причина такого резкого отличия между нанометаллом и металлом?

Все дело в поверхности!

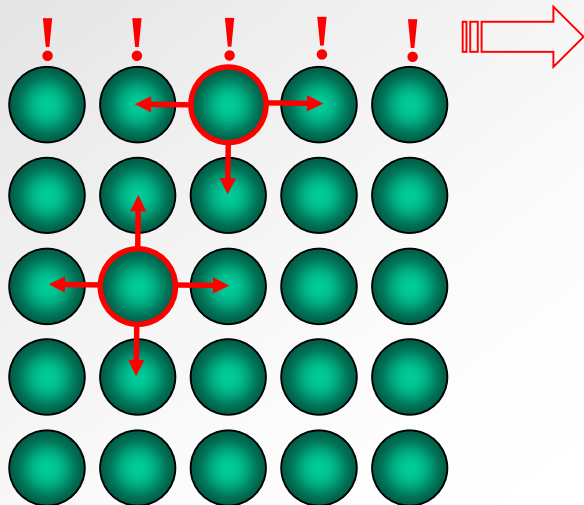


V	1	$1/2$	$1/4$
S	6	4	$5/2$
S/V	6	8	10

Вывод: чем меньше частица, тем больше вклад поверхности.

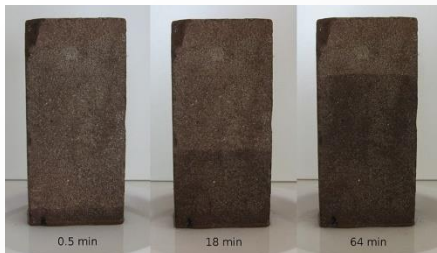
... а атомы на поверхности сильно отличаются по свойствам от атомов внутри материала

Поверхность – особое «состояние» вещества

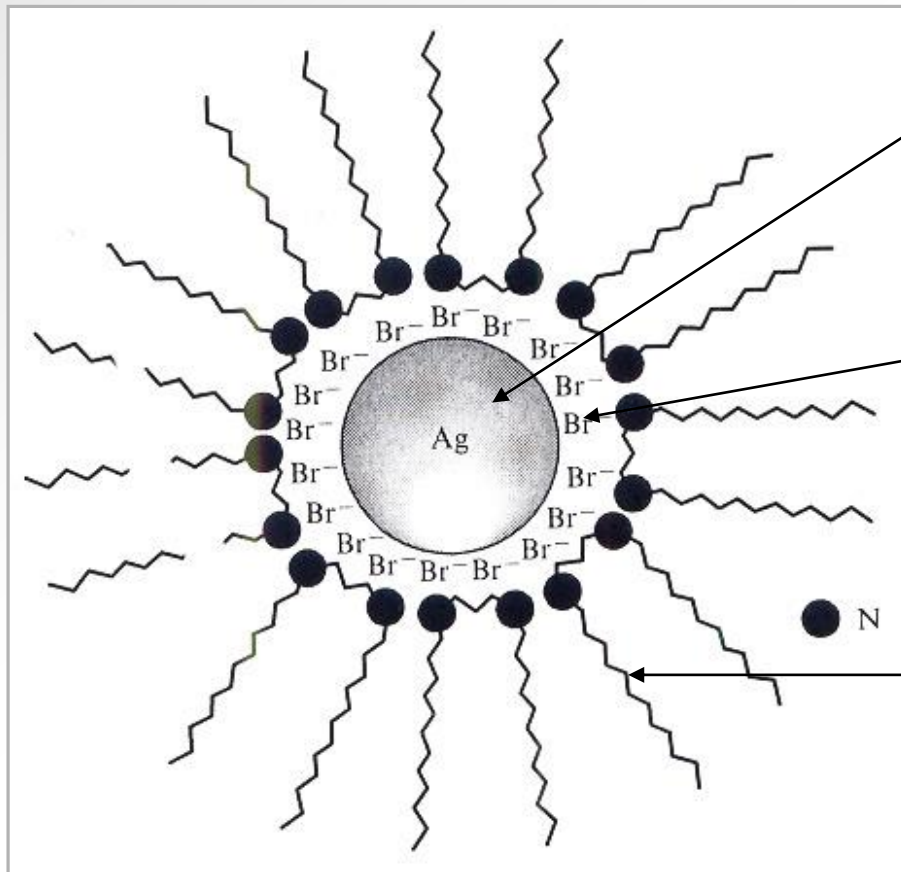


Избыточная реакционная
способность = избыточная
поверхностная энергия

$$E_{\text{пов}} = \sigma S$$



Как «устроены» наночастицы?



Собственно
металлическая
наночастица

Слой ионов (атомов),
образующих прочную
связь с поверхностью
металла

Слой молекул,
препятствующий
сближению и «слипанию»
(агрегации) наночастиц и
придающий им
определенные свойства

Как получают наночастицы?

Способы синтеза наночастиц:

1 м		
10^{-1} м	деци	макромир ("наш" мир)
10^{-2} м	санти	
10^{-3} м	милли	
10^{-6} м	микро	микромир
10^{-9} м	нано	наномир
		молекулы атомы
10^{-12} м	пико	

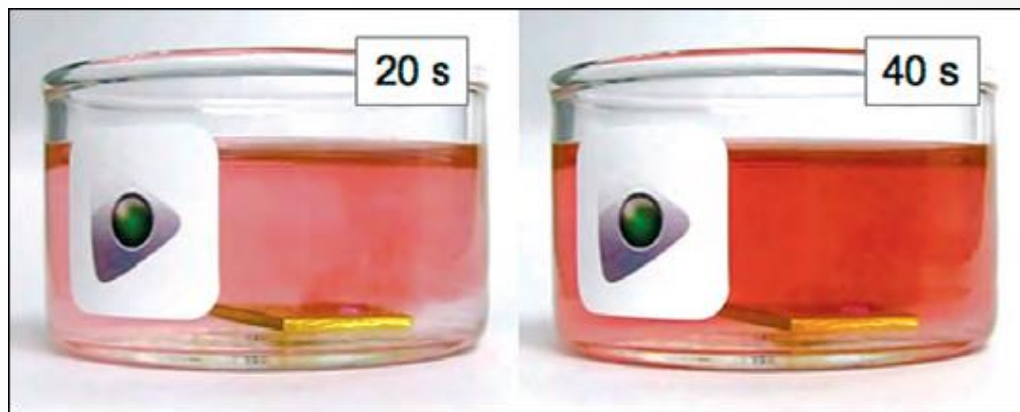
Сверху вниз →

Нужно
«раздробить»
материал

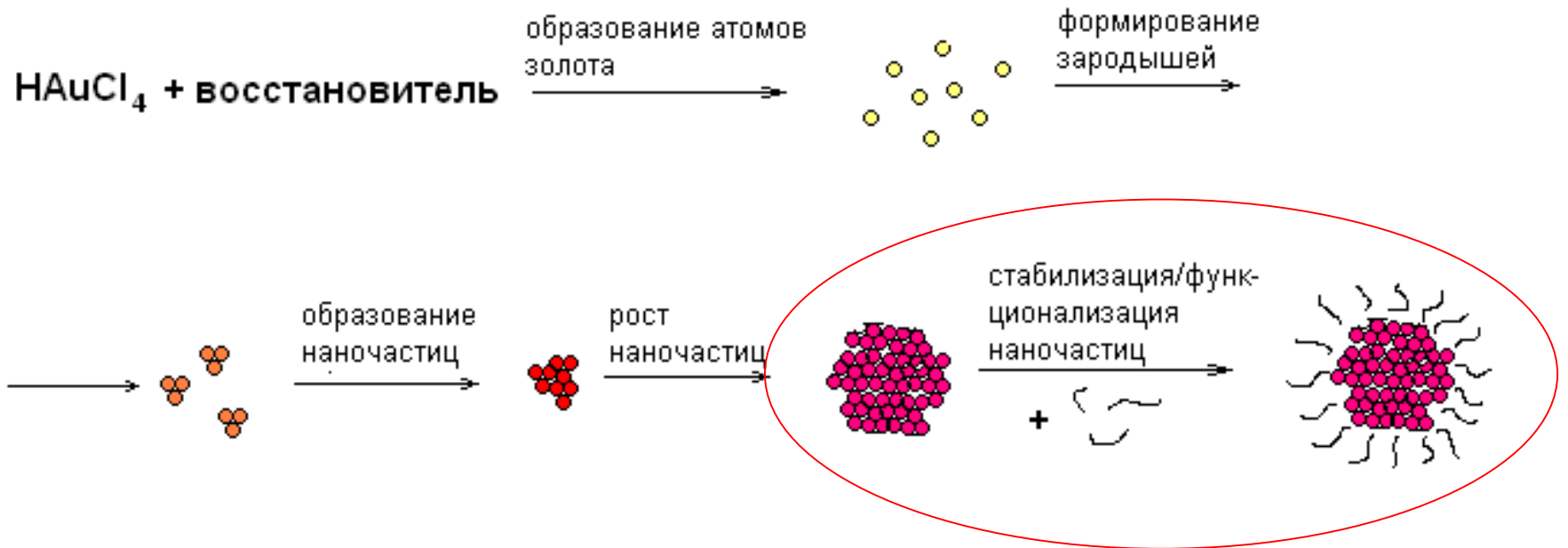
Снизу вверх →

Нужно
«слепить»
атомы или
молекулы

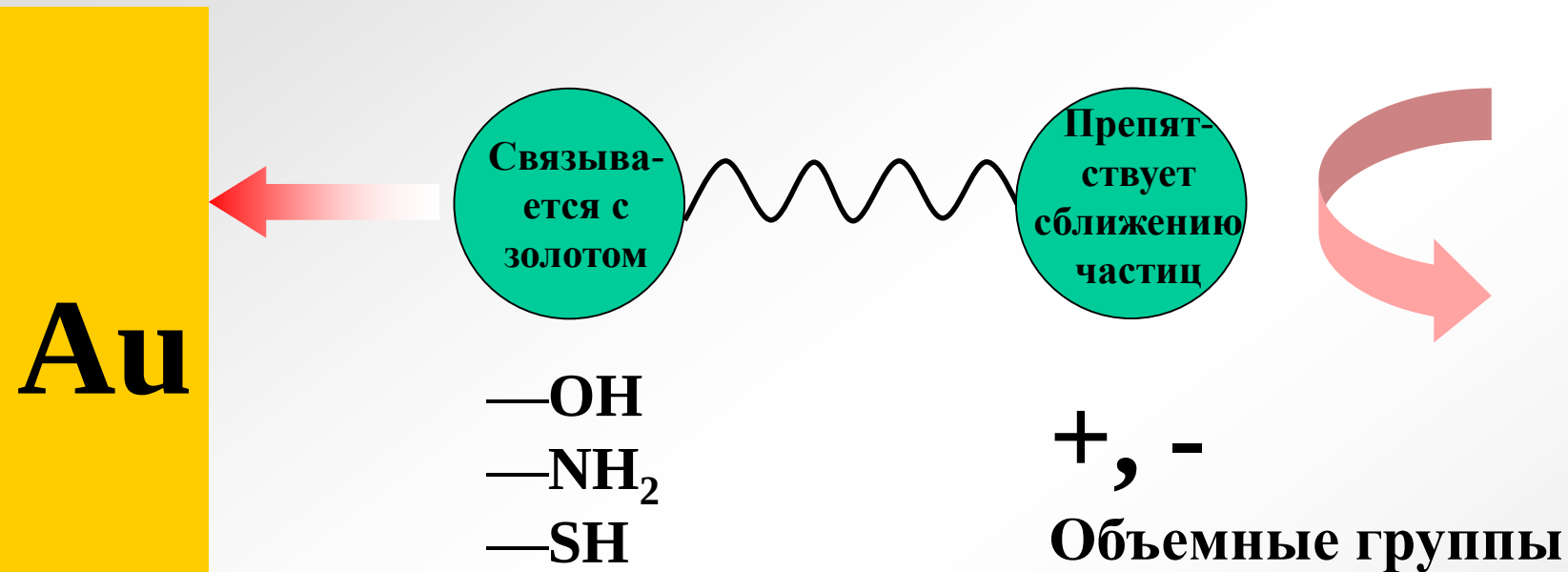
Синтез наночастиц золота «сверху вниз» с помощью лазера



Синтез наночастиц золота «снизу вверх»



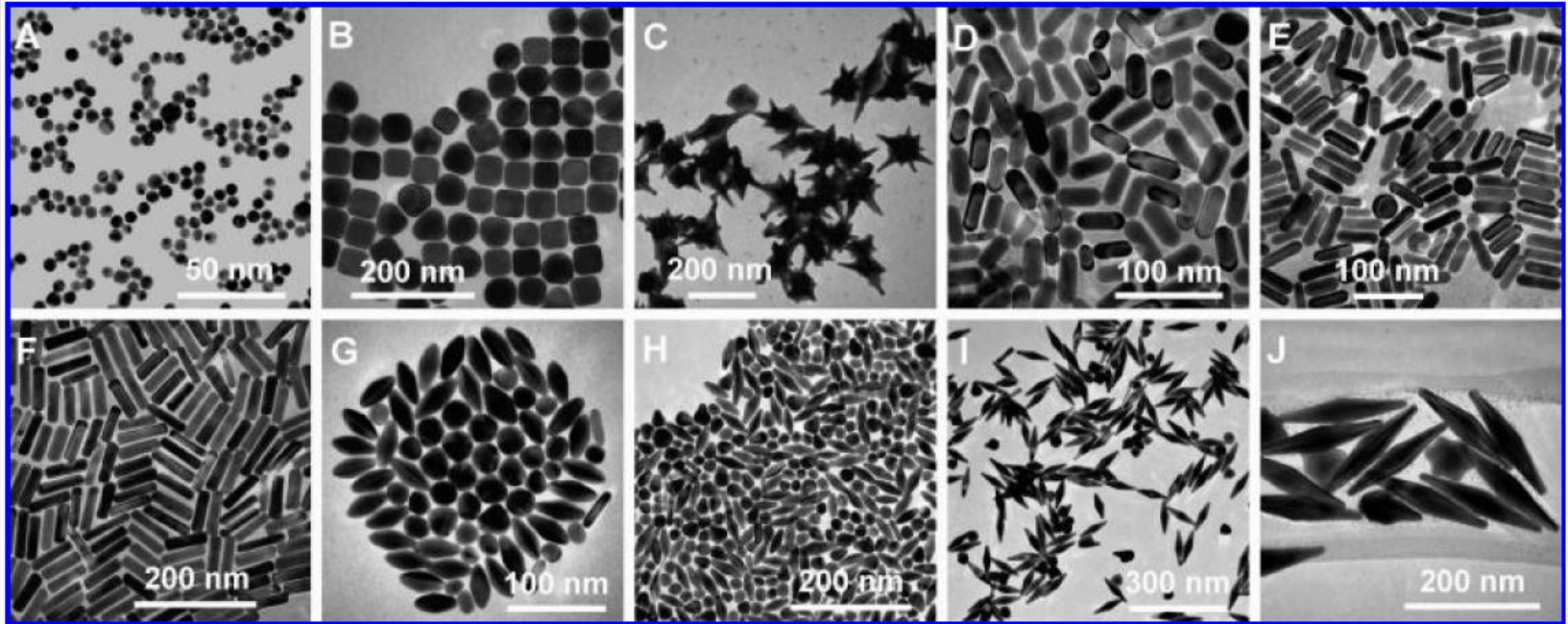
Как стабилизировать наночастицу?



Примеры:

- Меркаптосоединения
- ПАВ
- Белки
- ДНК
- Другое...

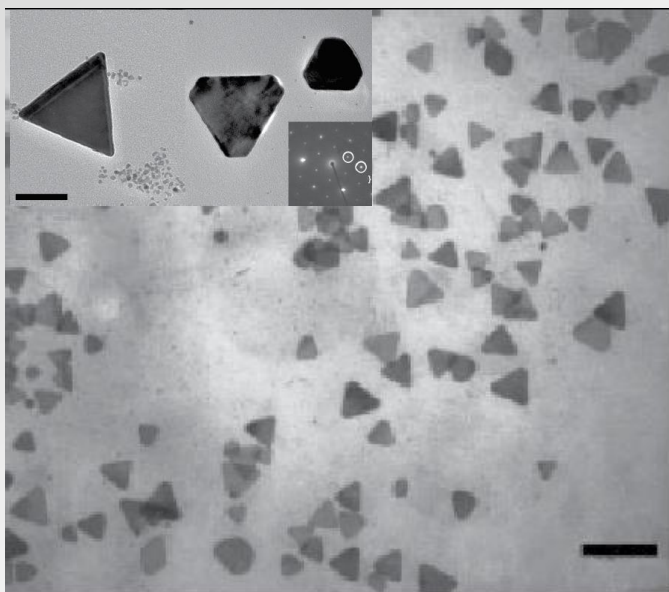
Наночастицы могут различаться по форме



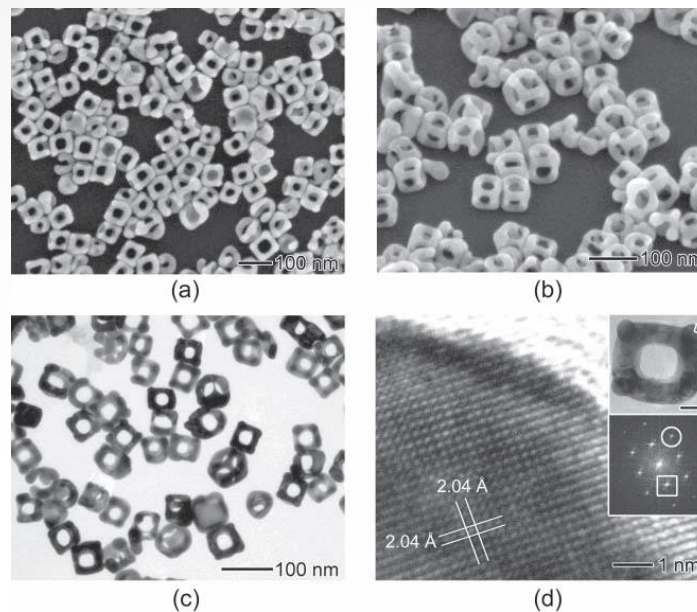
Наночастицы золота различной формы:

- A) Наносферы
- B) Нанокубы
- C) Разветвленные наночастицы
- D) – F) Нанопалочки (наностержни)
- G) – J) Нанобипирамиды

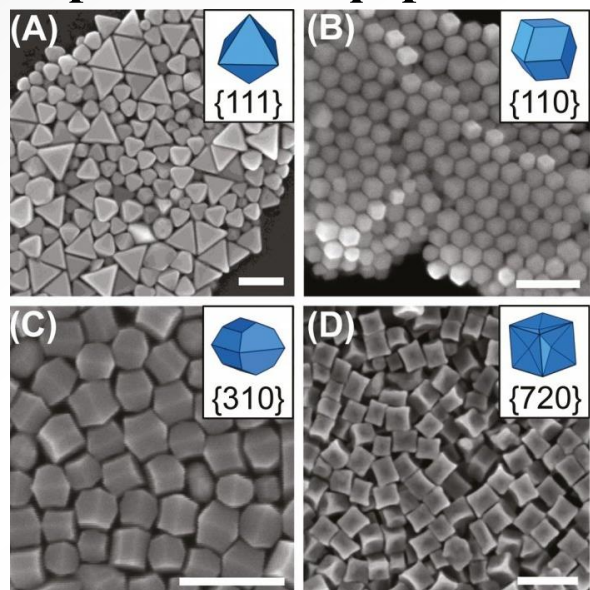
Нанотреугольники и нанопластины



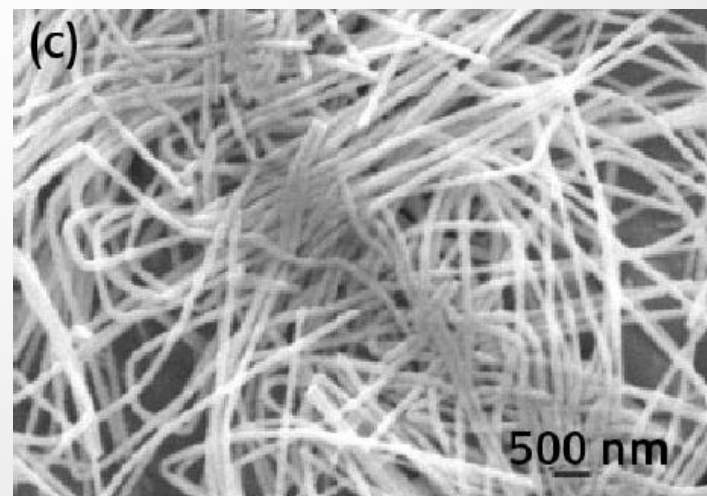
Нанокоробки



Наночастицы золота-серебра различной формы

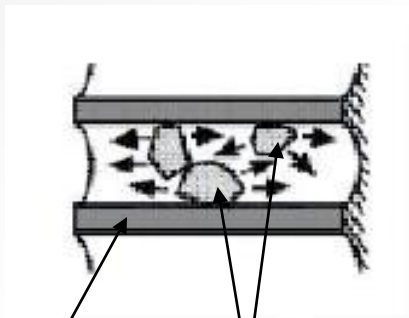


Нанопроволока

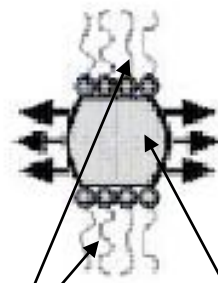


Основные приемы синтеза несферических наночастиц

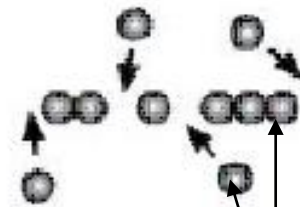
Рост внутри нанопор
определенной формы



Химическое
блокирование
определенных
направлений роста



Сборка из
сферических
наночастиц



Нанопора

Растущие
наночастицы

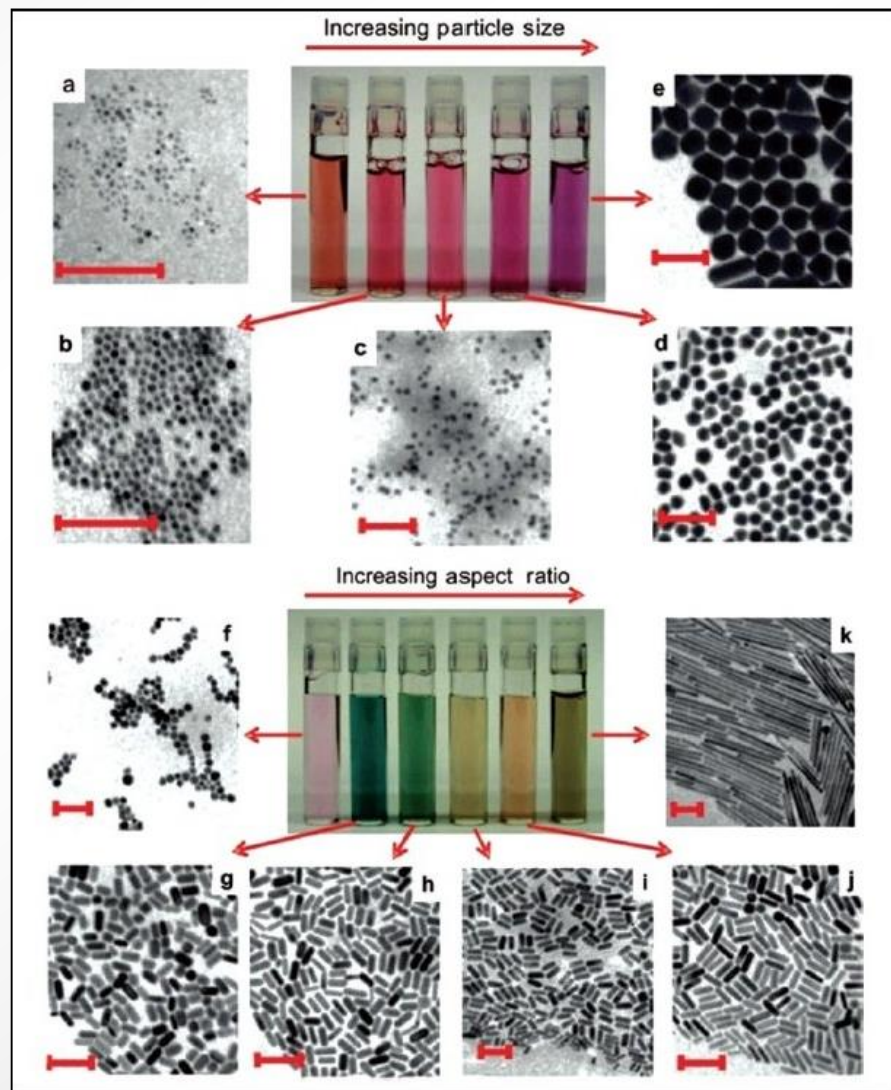
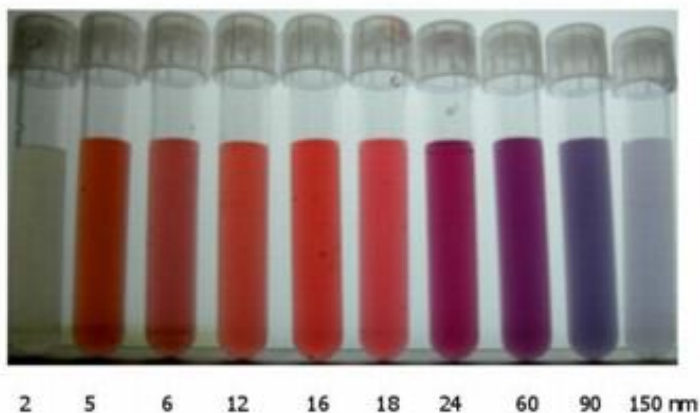
Вещество,
блокирующее
рост в
поперечном
направлении

Растущая
наночастица

Сферические
наночастицы

Размер и форма наночастиц СИЛЬНО ВЛИЯЮТ на их свойства

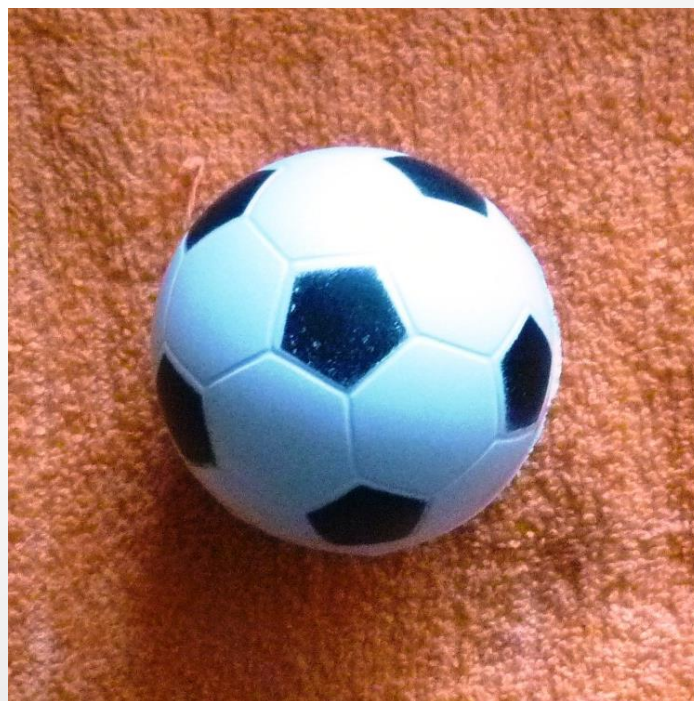
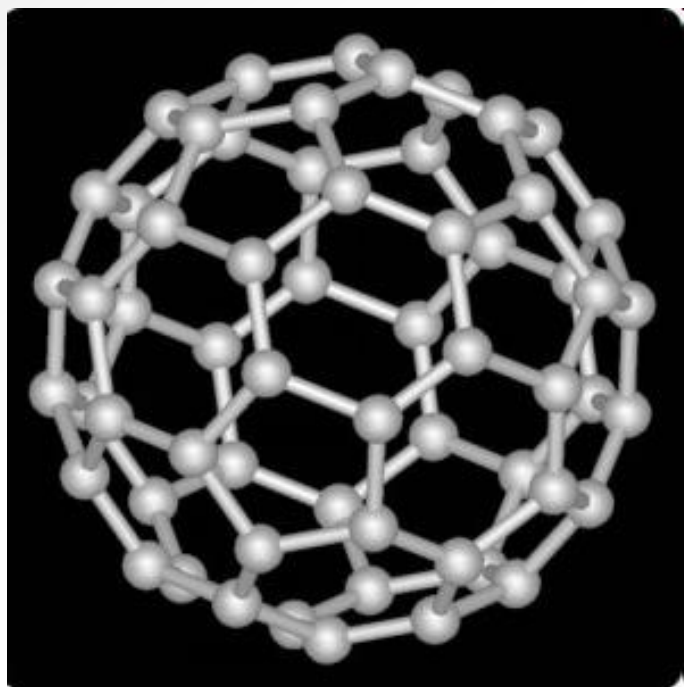
Наночастицы золота
различных размеров



Фуллерены и нанотрубки – наноформы существования углерода

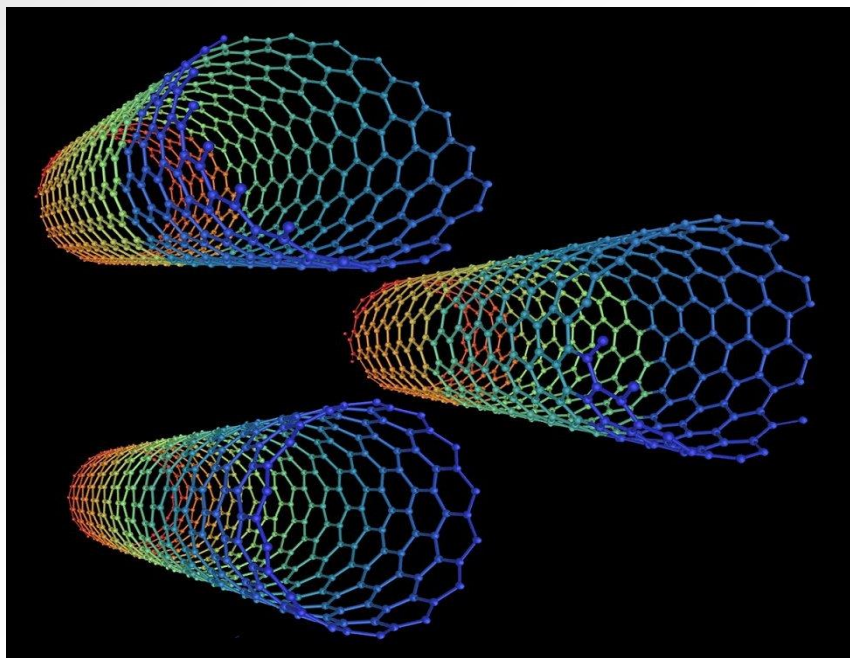
Фуллерены – аллотропные молекулярные формы углерода, атомы в которых расположены в вершинах выпуклого многогранника

Модель молекулы фуллерена C_{60} :

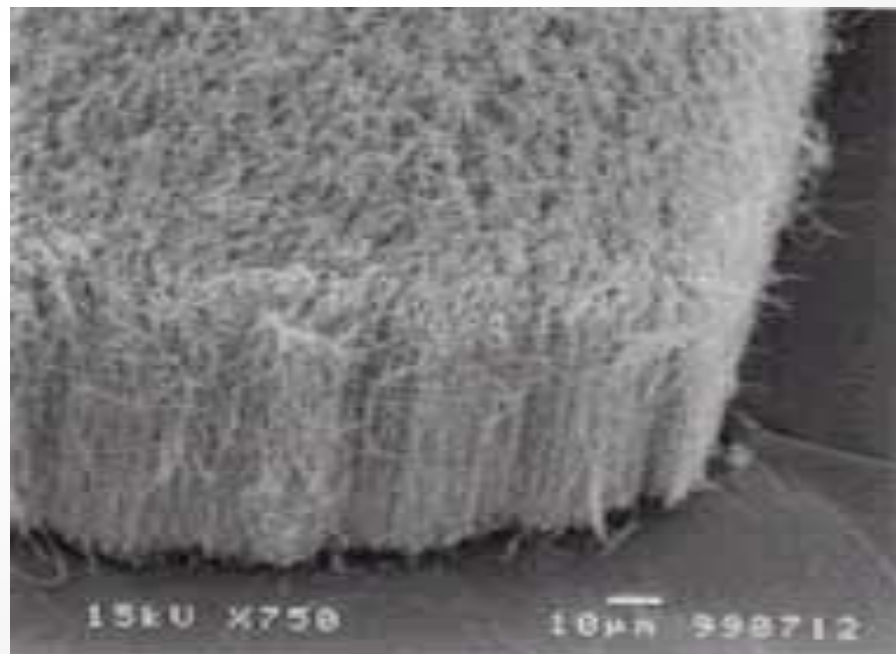


Углеродные нанотрубки - цилиндрические структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток, образованных атомами углерода.

Модель нанотрубки:



Углеродные нанотрубки под электронным микроскопом:



Нанотрубки

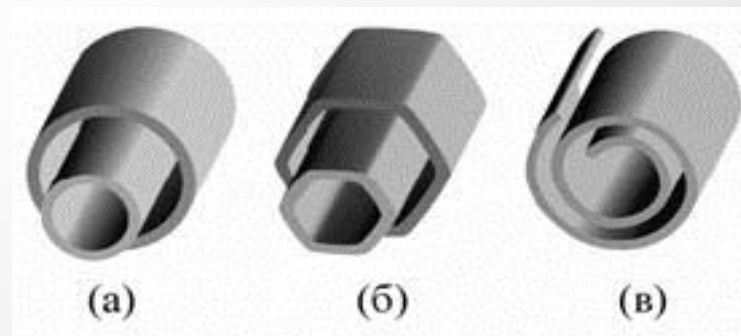
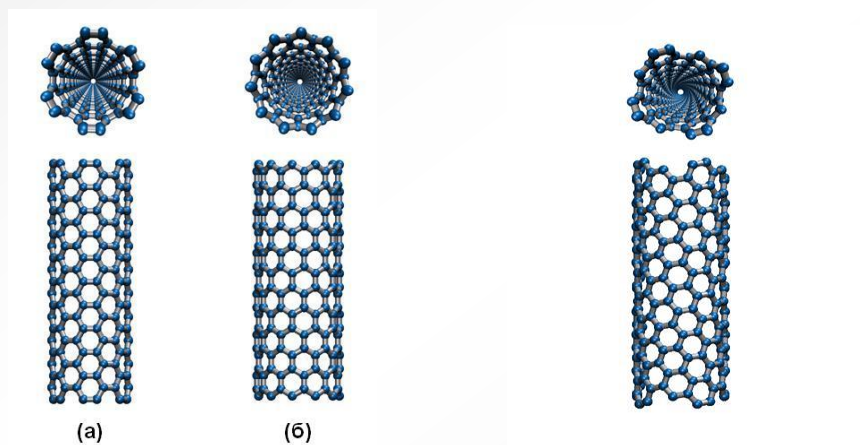
Однослойные

Многослойные

прямые

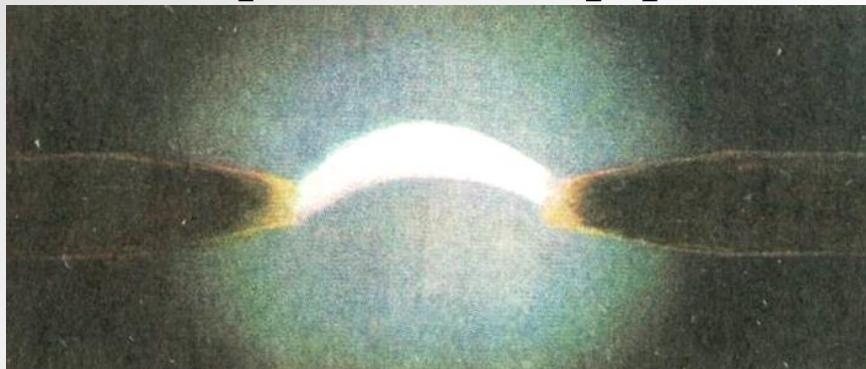
спиральные

- матрешка
- шестигранная призма
- СВИТОК

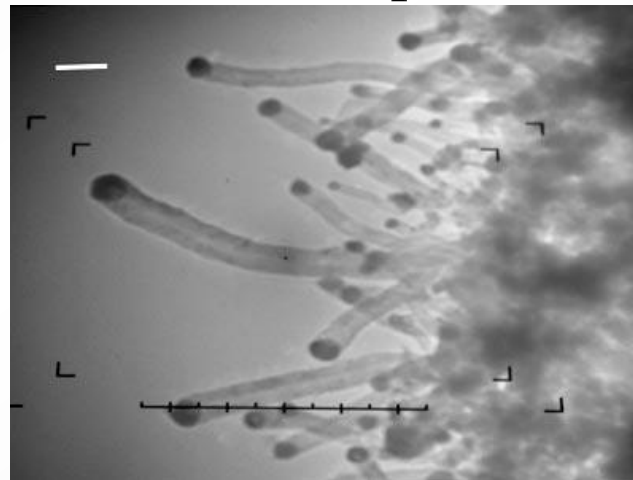


Получение фуллеренов и нанотрубок

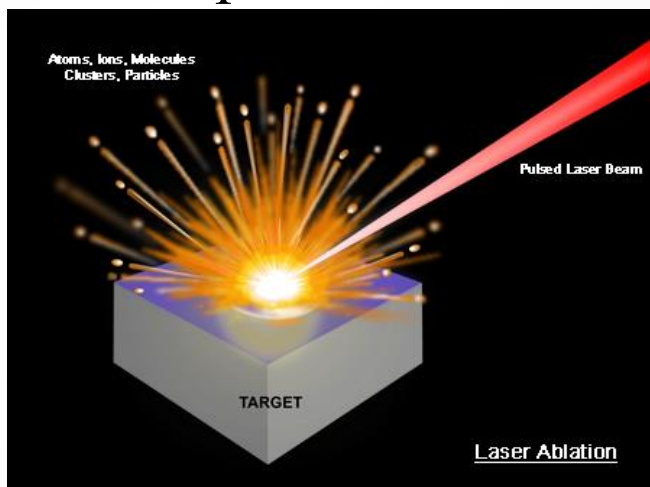
Дуговой разряд в
инертной атмосфере



Химическое осаждение из
газовой фазы



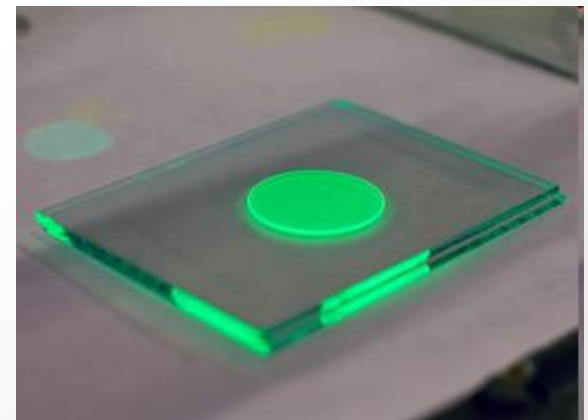
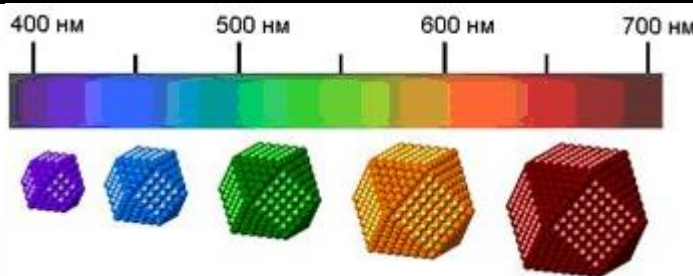
Лазерная абляция



Квантовые точки

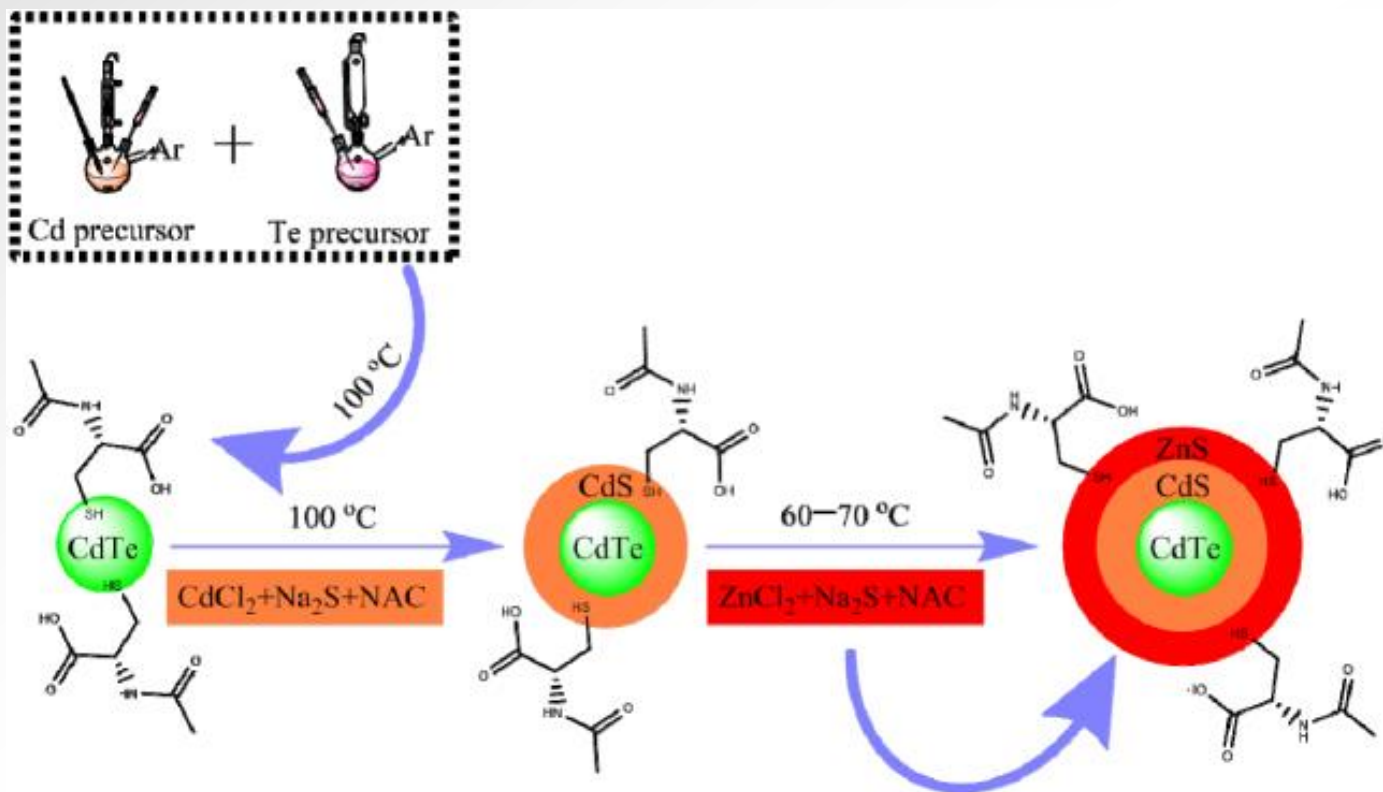
Квантовые точки – это изолированные нанокристаллы металла или полупроводника

Как правило, представляют собой полупроводниковые нанокристаллы на основе таких соединений, как ZnSe, CdSe, GaN, ZnS, CdTe, PbS

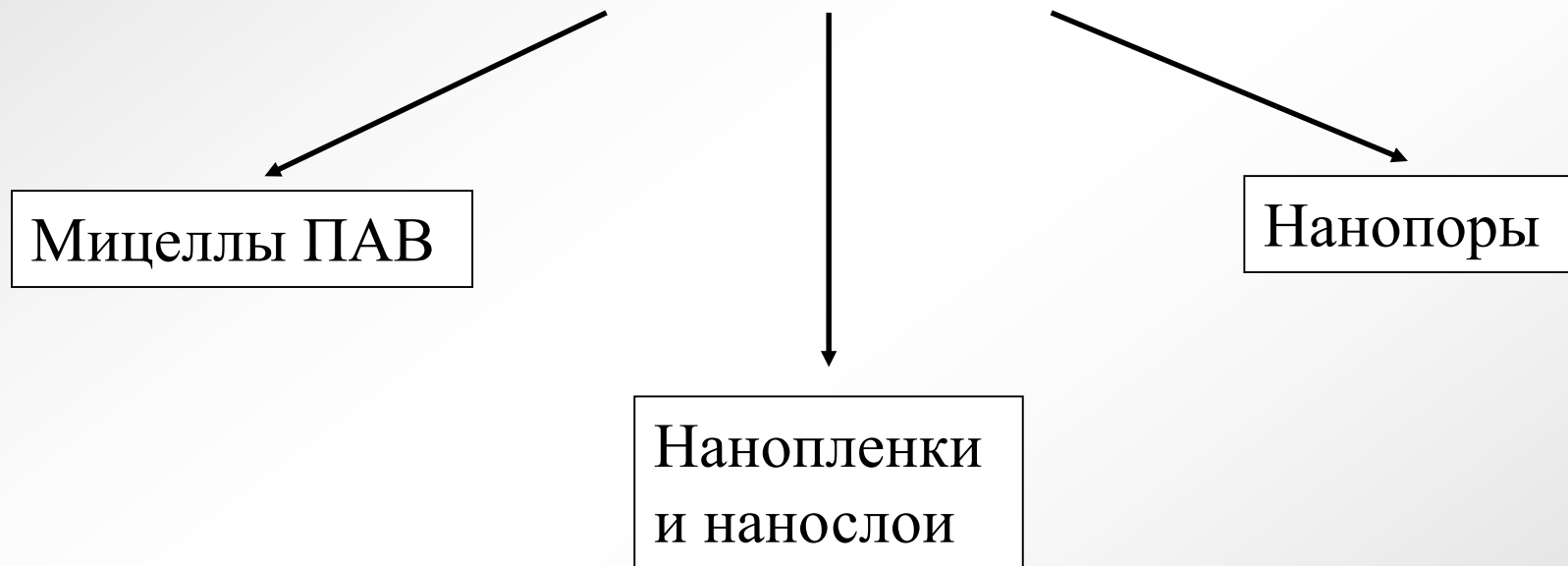


- ☐ Высокая интенсивность люминесценции
- ☐ Спектральная чистота цвета
- ☐ Стабильность характеристик
- ☐ Устойчивость

Получение квантовых точек



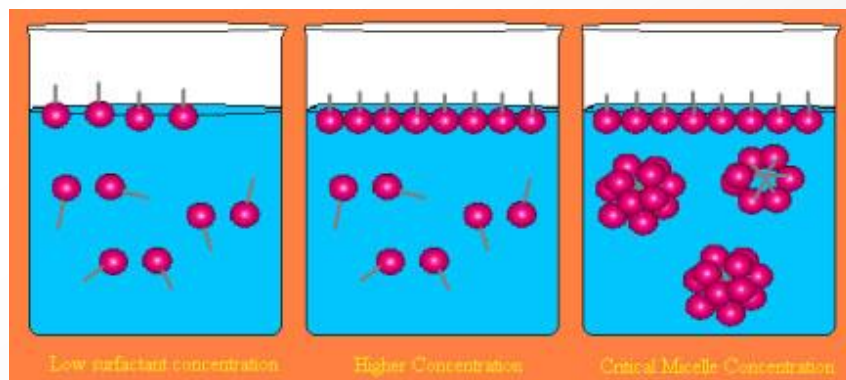
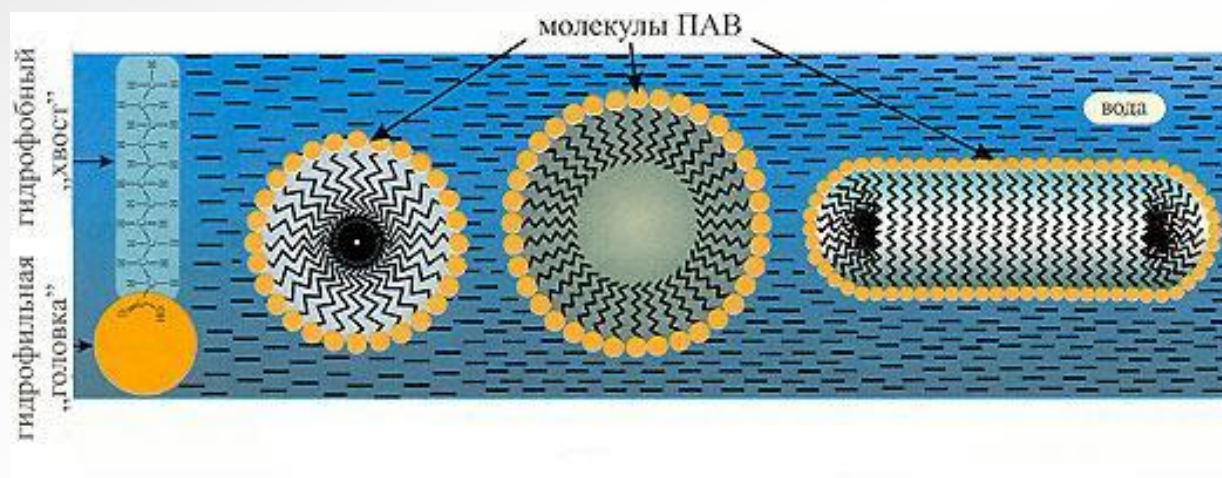
Другие нанообъекты (нано«нечастичцы»)



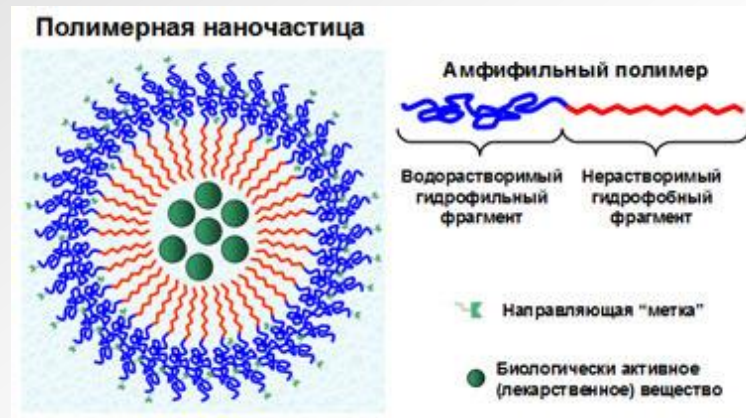


Мицеллы ПАВ

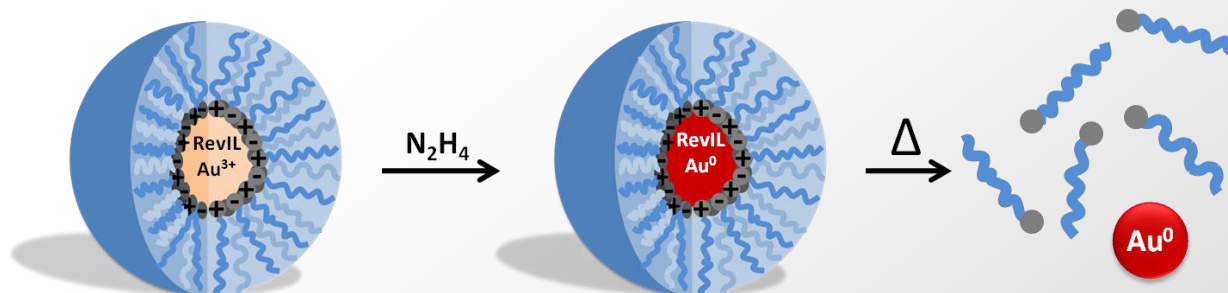
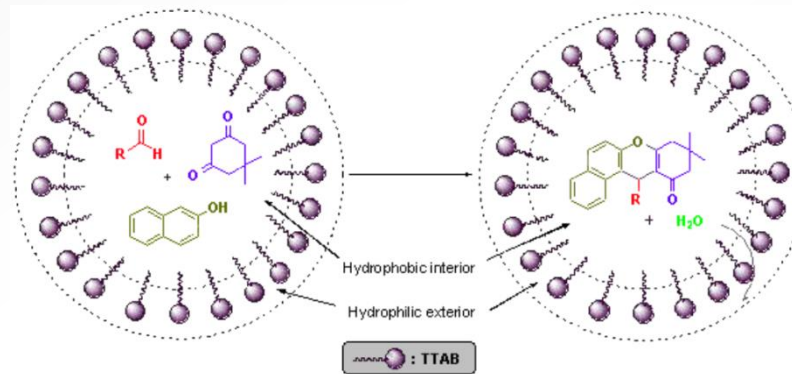
Почему мыло так хорошо удаляет с поверхности жир?



- Мицеллы как нанокапсулы

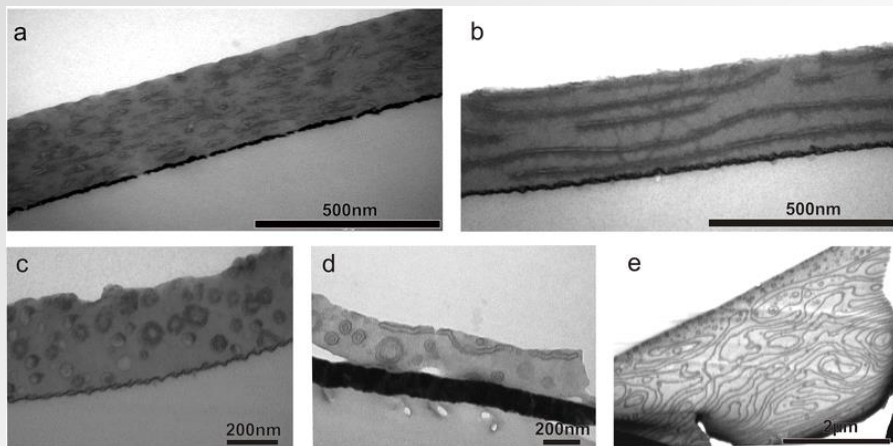


- Мицеллы как нанореакторы

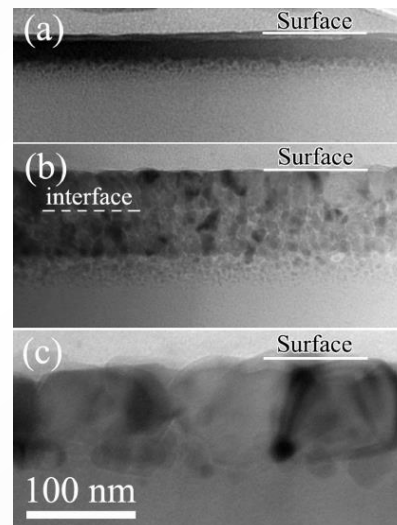


Нанопленки

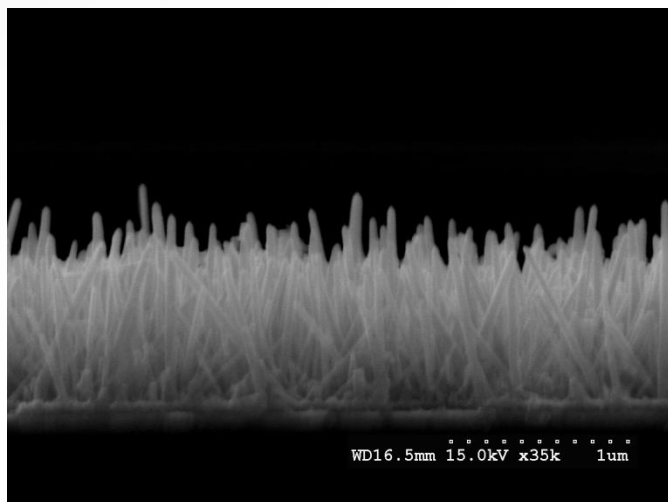
Нанопленки полимера



Нанопленки TiO_2



Нанопленка из наностержней ZnO



Пленки из слоев ПАВ (пленки Ленгмюра-Блоджетт)



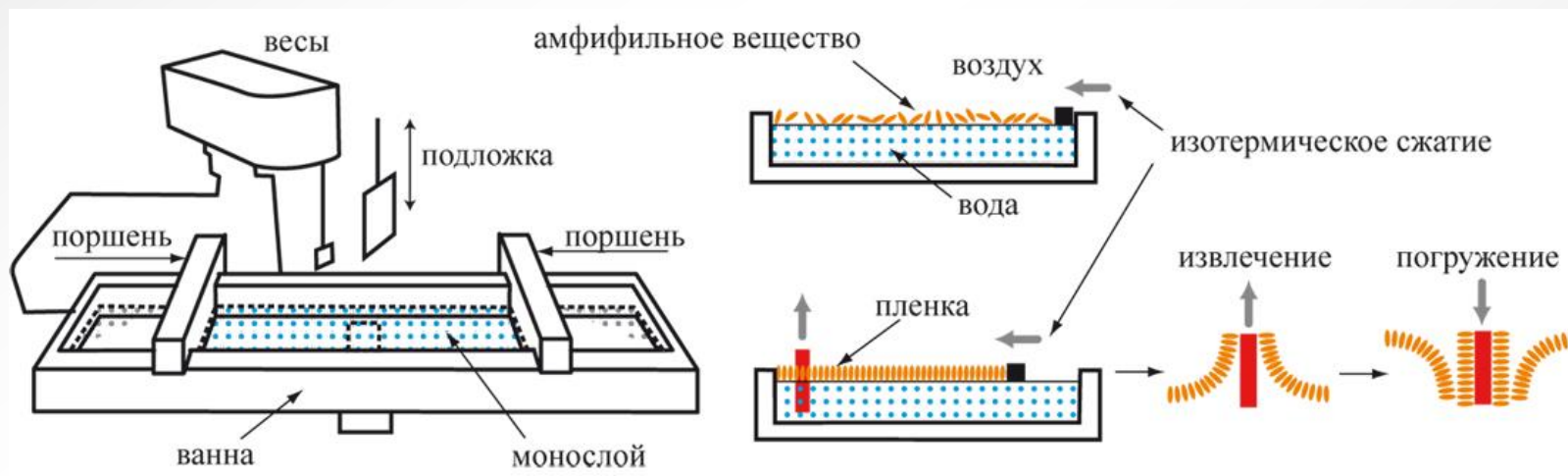


Пленки Ленгмюра-Блоджетт

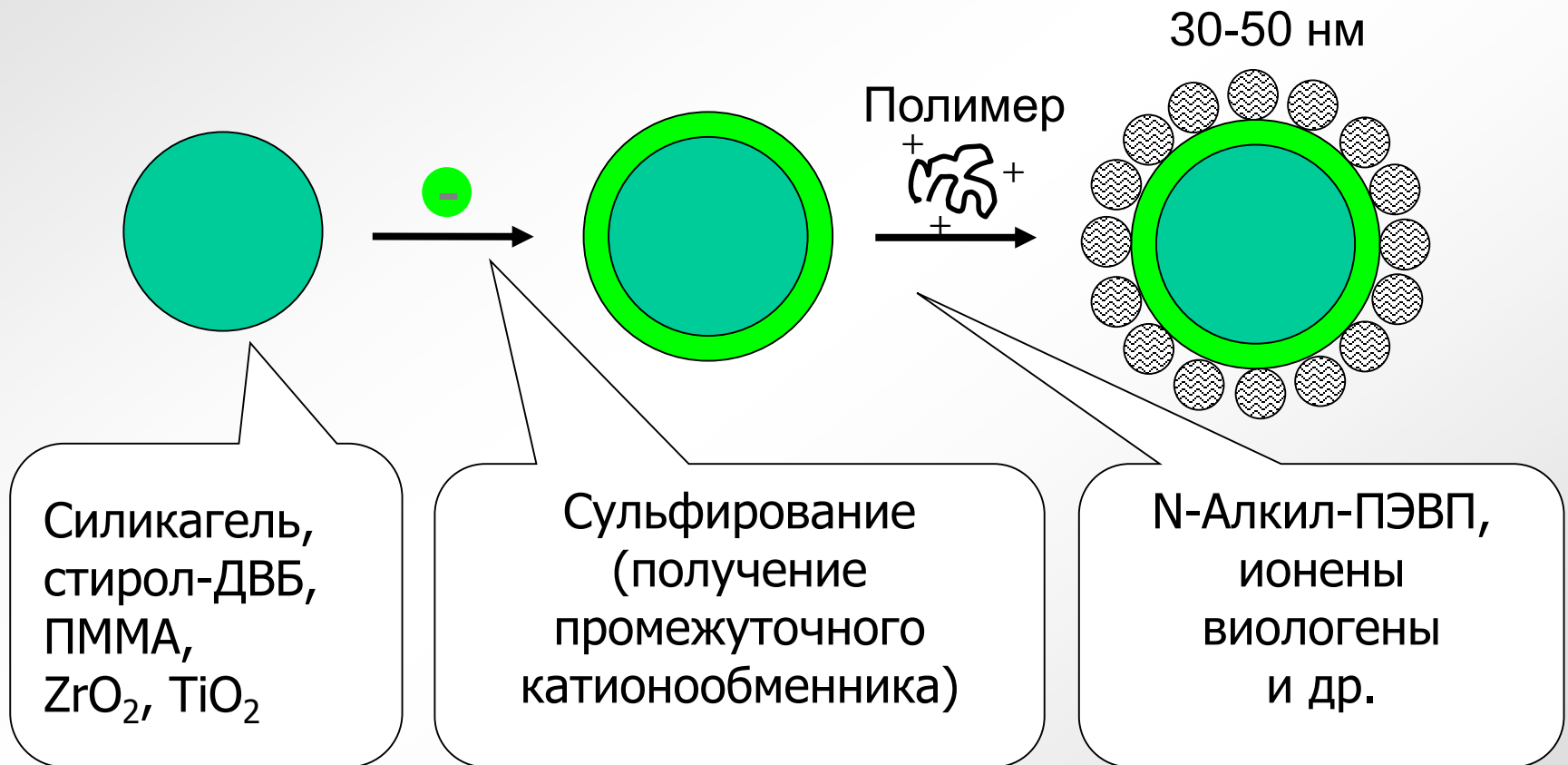


Ирвинг Ленгмюр

Катрин Блоджетт

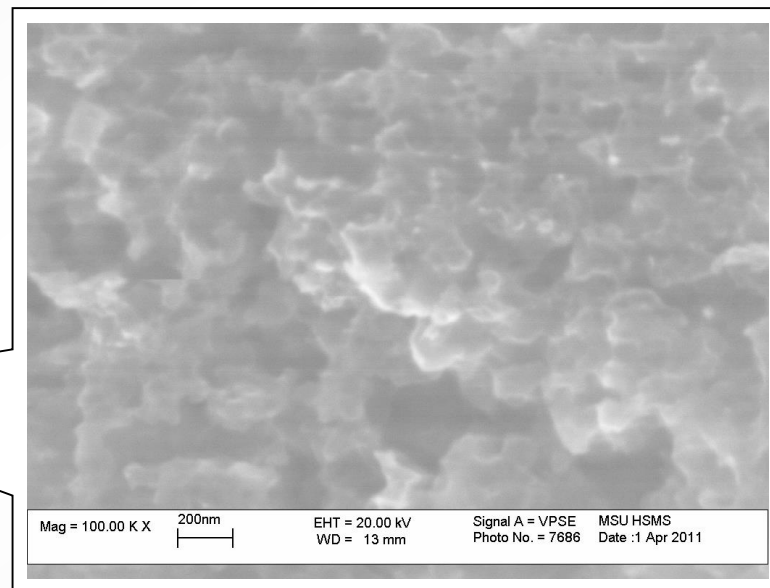
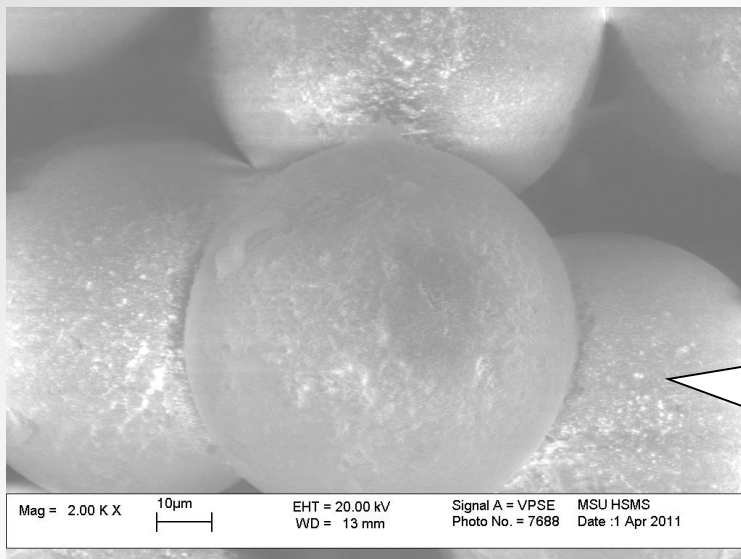


Нанослои



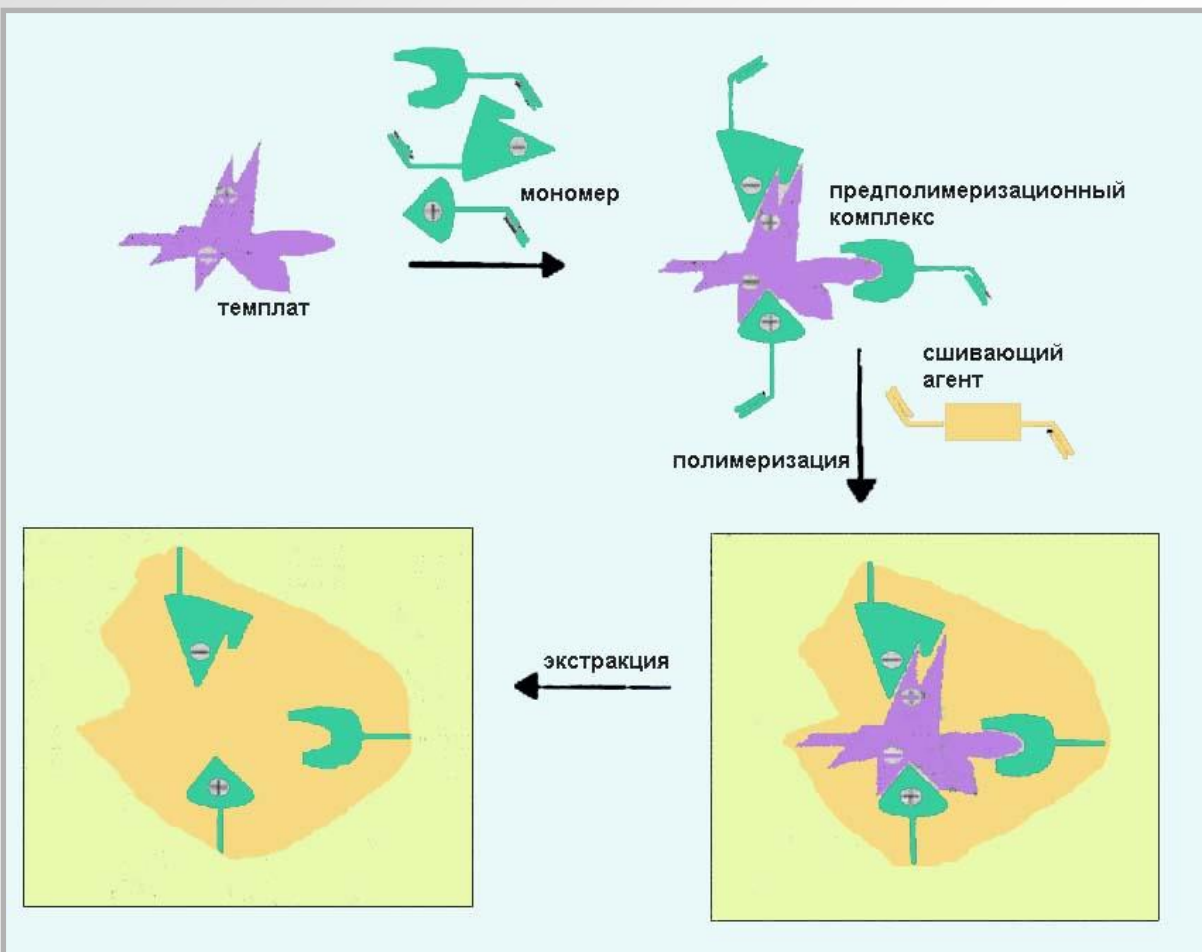
Нанопоры

- Сверхсшитый полистирол



Отделение крупных молекул от маленьких

- Полимеры с молекулярными отпечатками (ПМО), молекулярный импринтинг



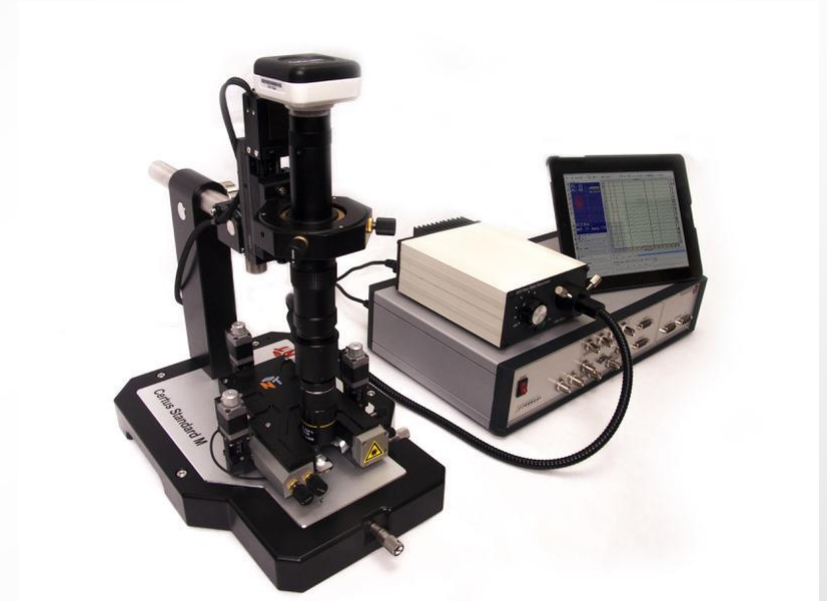
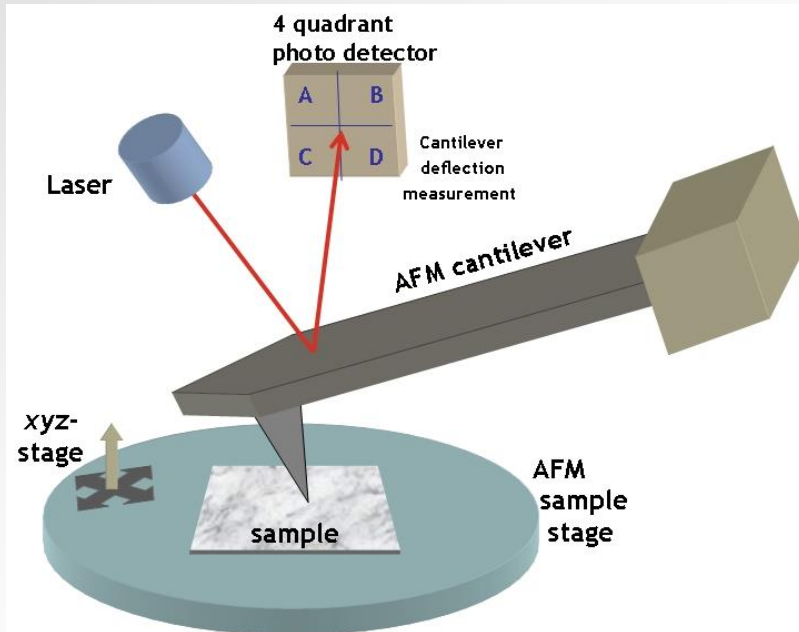
Получены ПМО на:

- Пестициды, например 2,4-Д
- Антиоксиданты, например кверцетин
- Лекарственные вещества, например, сульфаниламиды, барбитал
- Другое...

Методы исследования нанообъектов

- Сканирующая зондовая микроскопия: сканирующая туннельная, атомно-силовая
- Электронная микроскопия: сканирующая, просвечивающая
- Электронная спектроскопия: рентгеновская фотоэлектронная, Оже
- Оптическая спектроскопия в видимой и УФ областях
- Дифракция электронов
- Фракционирование в потоке с наложенным полем (FFF)

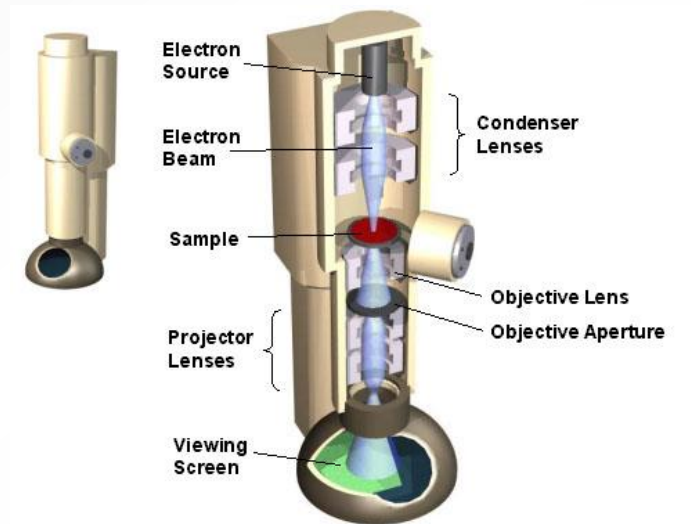
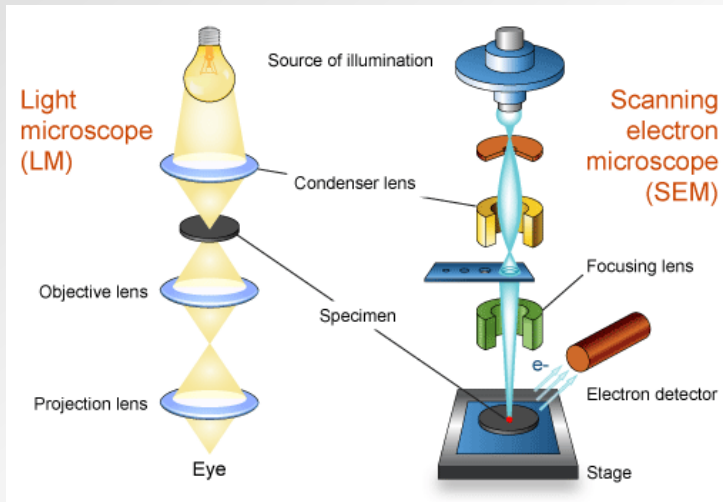
Сканирующая зондовая микроскопия



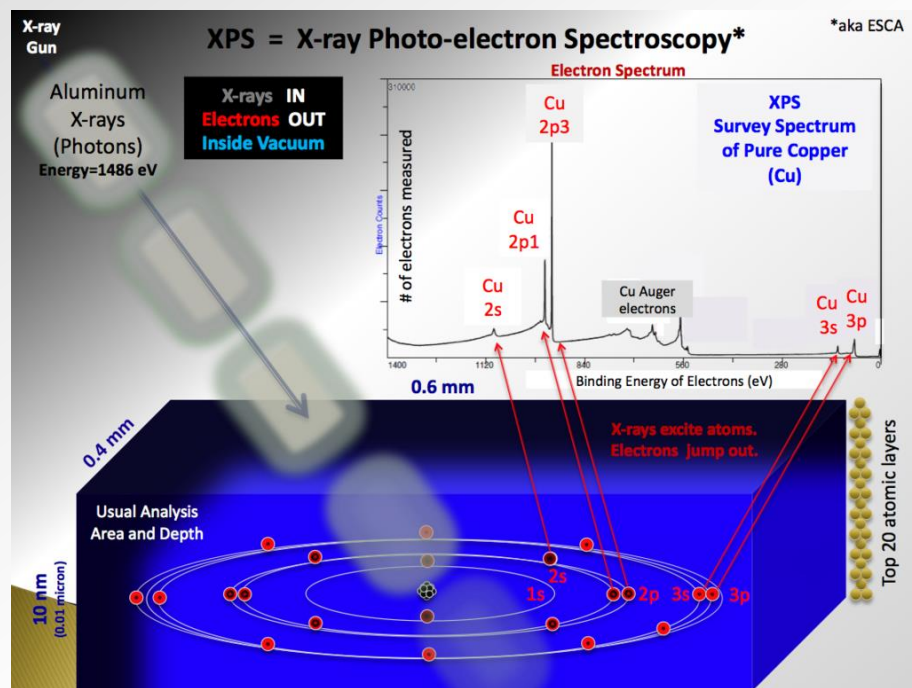
Электронная микроскопия

Сканирующая

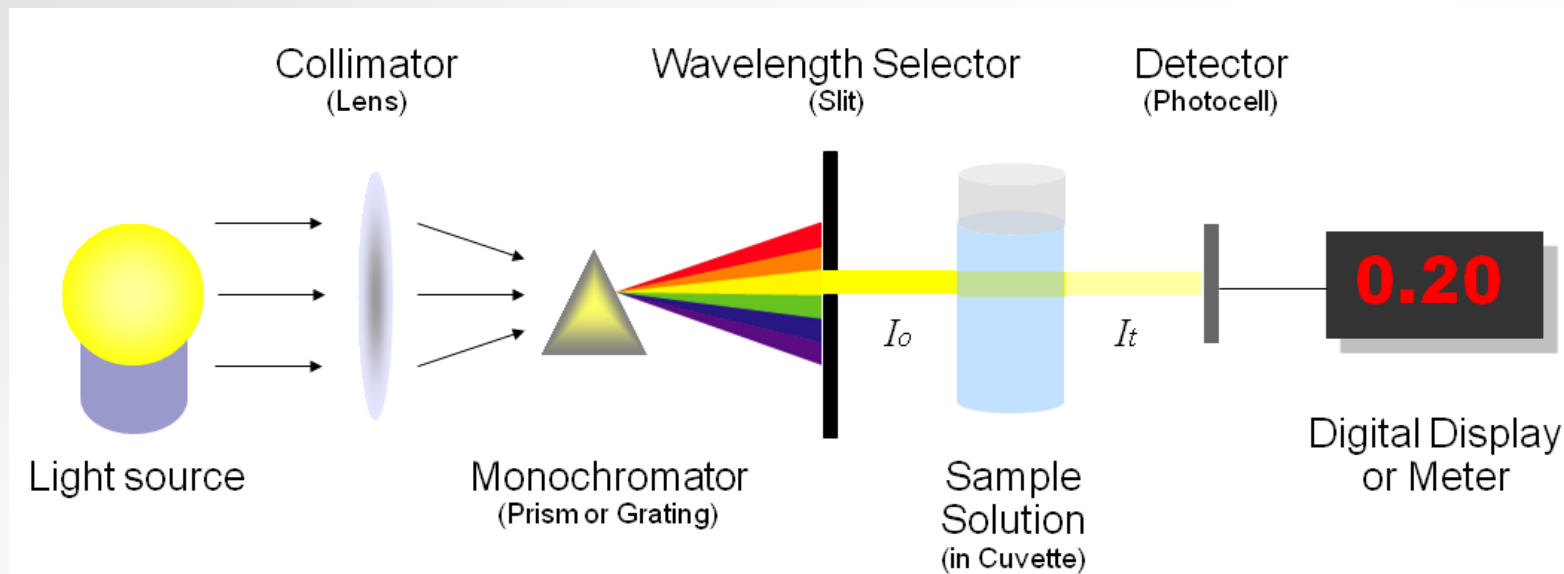
Просвечивающая



Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия

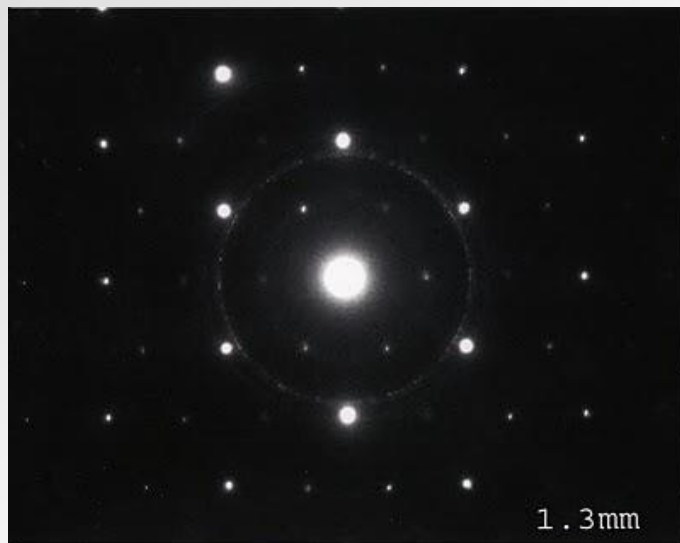


Оптическая спектроскопия в видимой и УФ областях (спектрофотометрия)

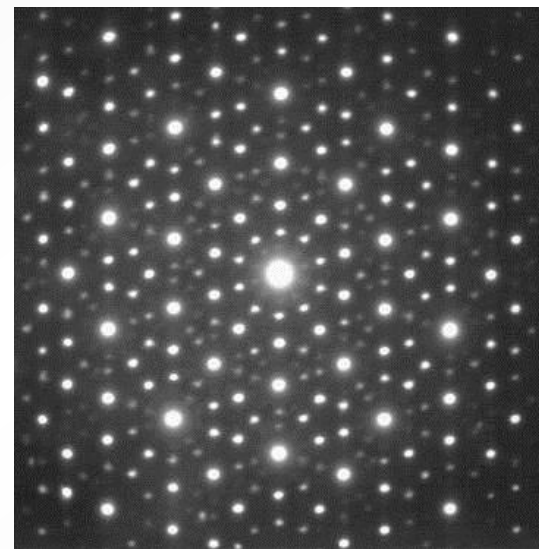


Дифракция электронов

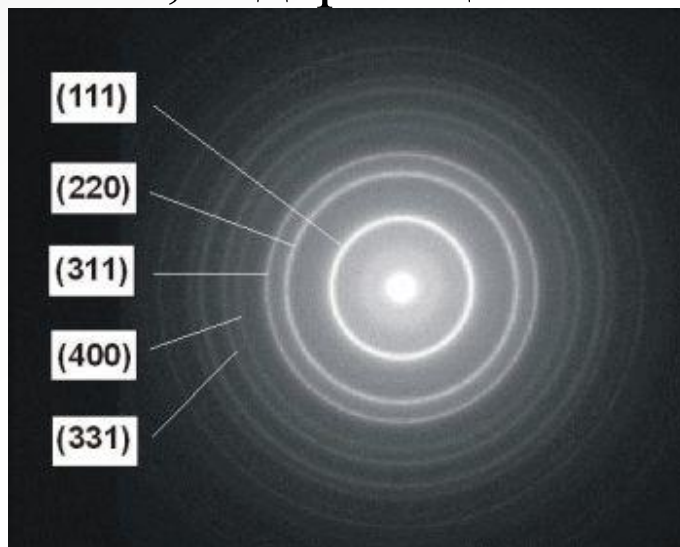
Силицид марганца



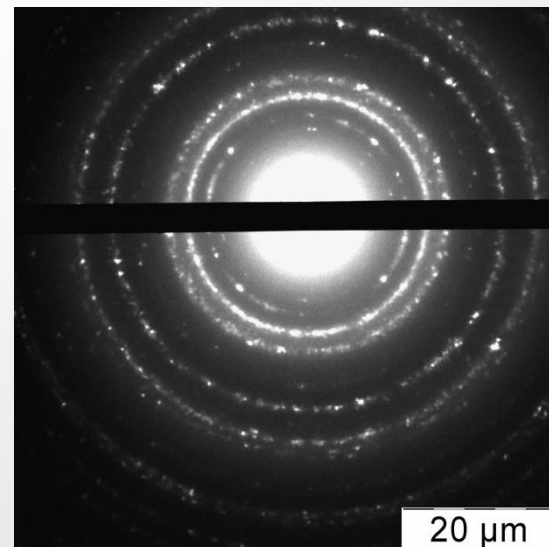
Икосаэдрический Zn-Mg-No



Пленка, содержащая наноалмазы



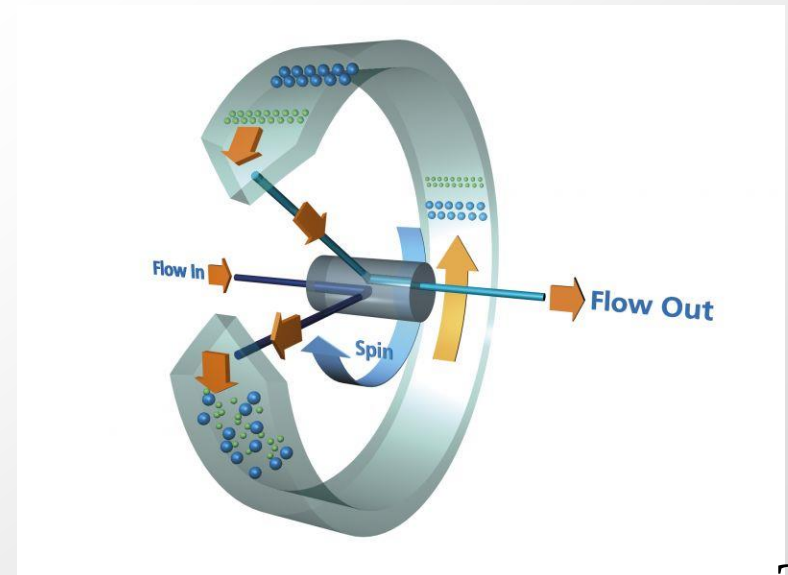
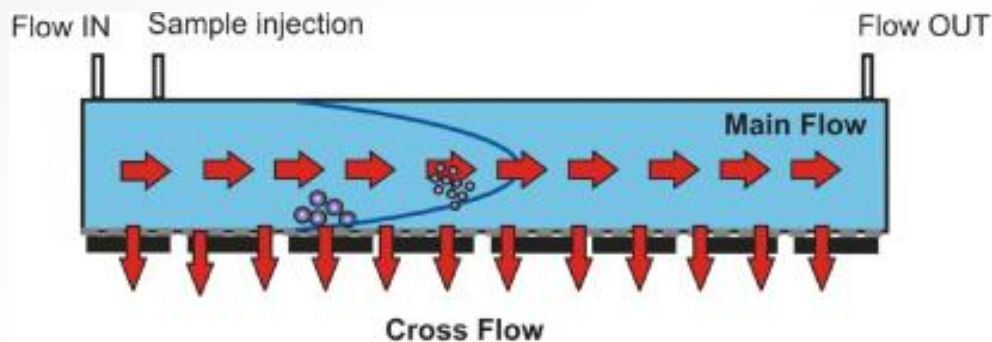
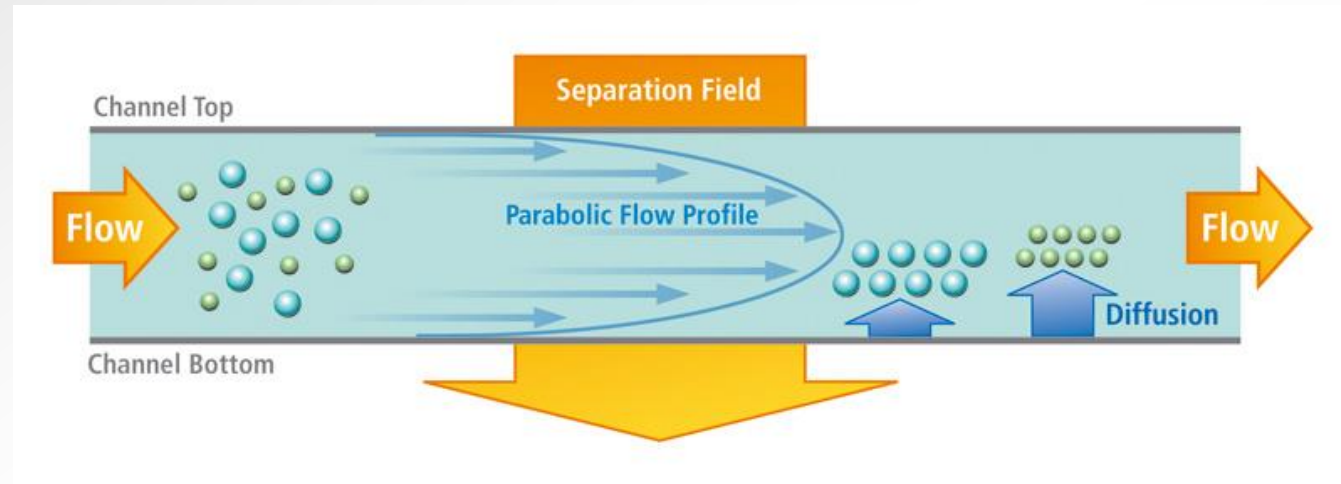
Нанозолото



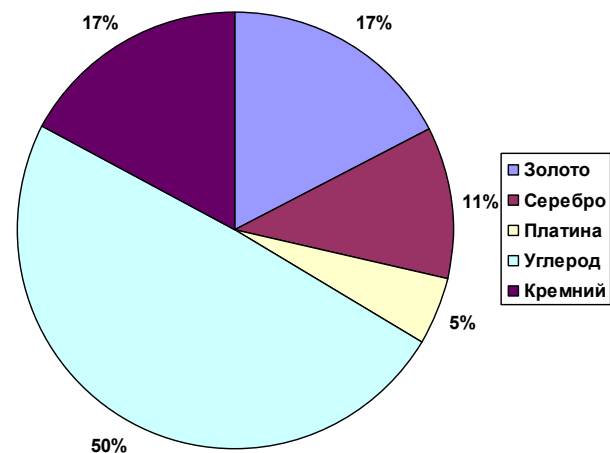
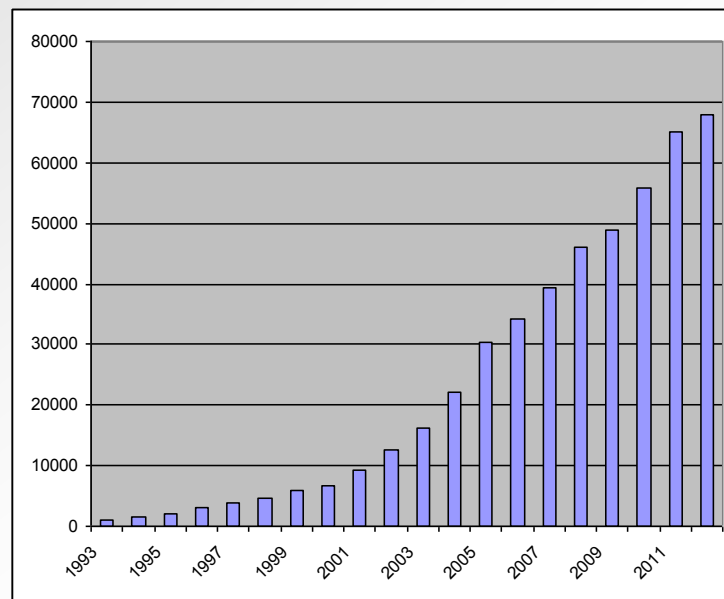
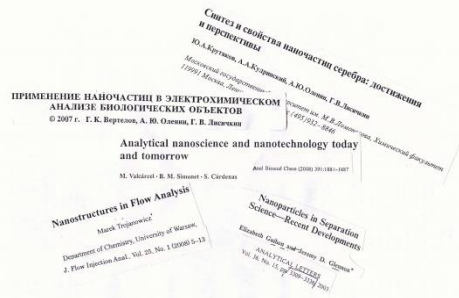
Фракционирование в потоке с наложенным полем (FFF)

Виды силовых полей:

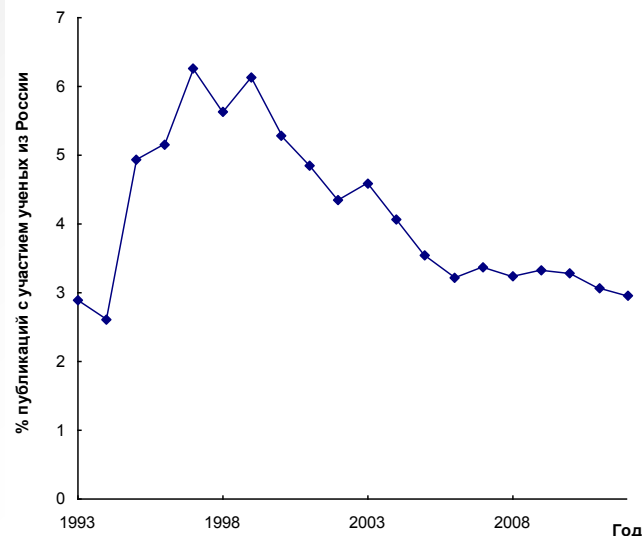
- Гидродинамическое
- Центробежное
- Гравитационное
- Термическое



Публикации в области «нано»



Подсчитывали число публикаций по данным Scopus, в названиях которых встречается приставка «нано»



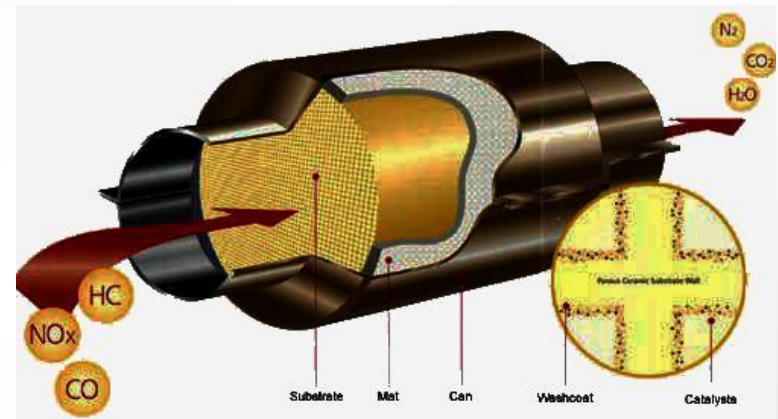
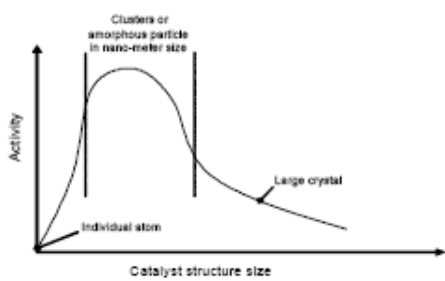
- 12 июля 1996 Приказы правительства РФ об утверждении приоритетных направлений развития науки и техники и о критических технологиях федерального уровня
- 30 марта 2002 Приказы Президента РФ о приоритетных направлениях науки и техники, перечне критических технологий и об основах политики РФ в области развития науки и технологий на период до 2010 г и дальнейшую перспективу
- 18 ноября 2004 Концепция развития в РФ работ в области нанотехнологий на период до 2010 г
- С 2006 Большое число законопроектов и мероприятий в области НАНО

Применение нанообъектов

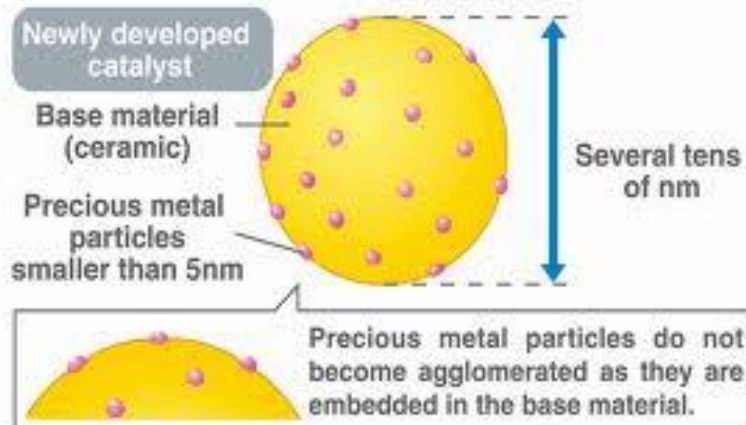
- ☐ Как катализаторы (вещества, ускоряющие взаимодействие)
- ☐ Как аналитические реагенты (при анализе разных объектов)
- ☐ Как сорбенты (материалы для извлечения веществ из смесей и очистки)
- ☐ В различных сенсорах (устройствах, реагирующих на присутствие определенных веществ)
- ☐ В электрохимии в качестве модификаторов электродов
- ☐ В медицине для диагностики и лечения заболеваний
- ☐ В биологии для идентификации вирусов, клеток и др.
- ☐ В электронике и оптике
- ☐ В науке о материалах для создания материалов с новыми характеристиками

Использование наночастиц в роли катализаторов

Каталитический конвертор ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ



Термически стабильная
каталитическая система на
основе наночастиц



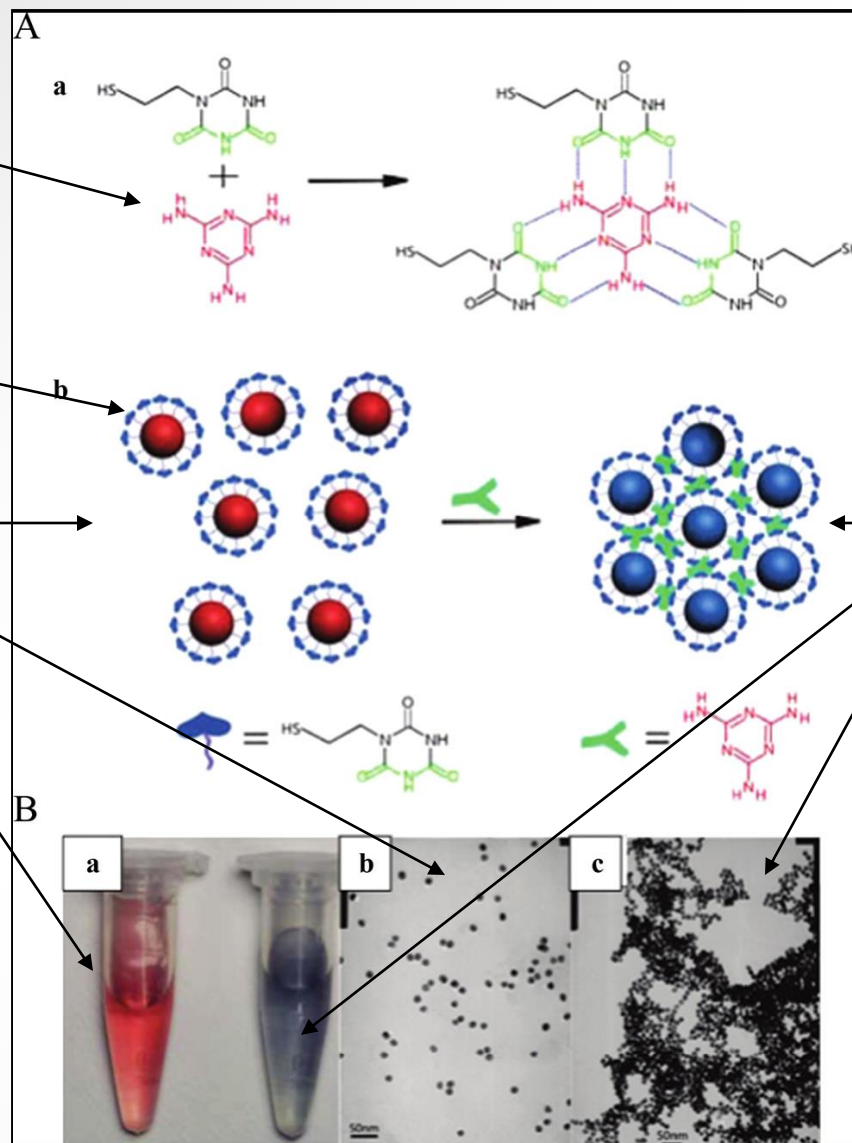
Использование наночастиц для обнаружения веществ

Меламин
(использовали для
фальсифицирования
молочной продукции)

Наночастицы золота

Без меламина

В присутствии
меламина

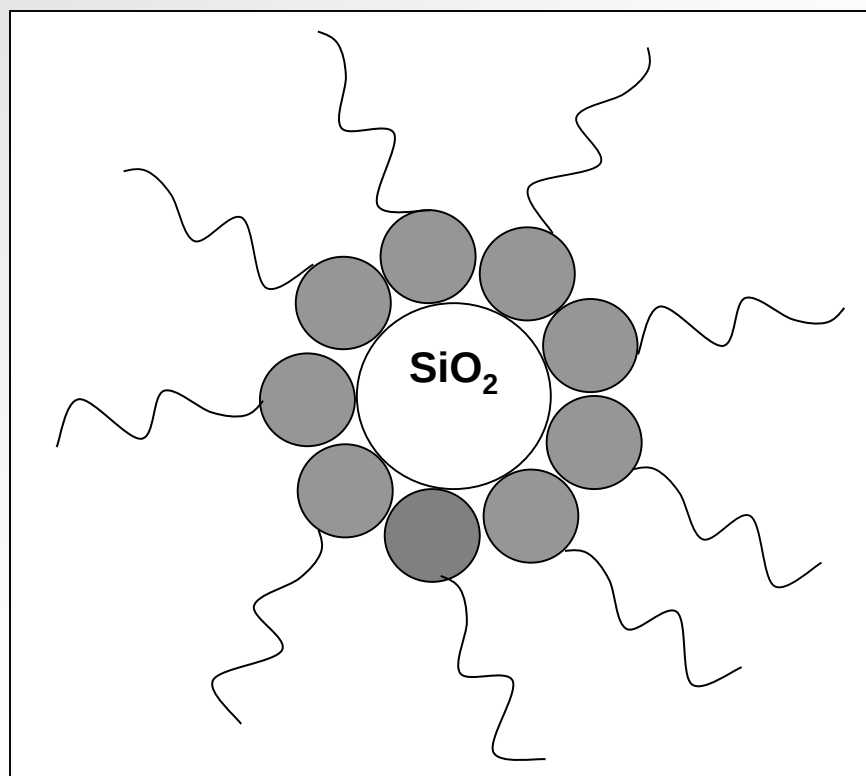


Иногда подобное определение
очень чувствительно

**Есть пример определения ДНК на
zeptomolarном уровне (10^{-21} моль) ~
1000 молекул**

Для сравнения: в 1 г поваренной соли
содержится $\sim 10^{22}$ «молекул» =
1000000000000000000000000 «молекул»

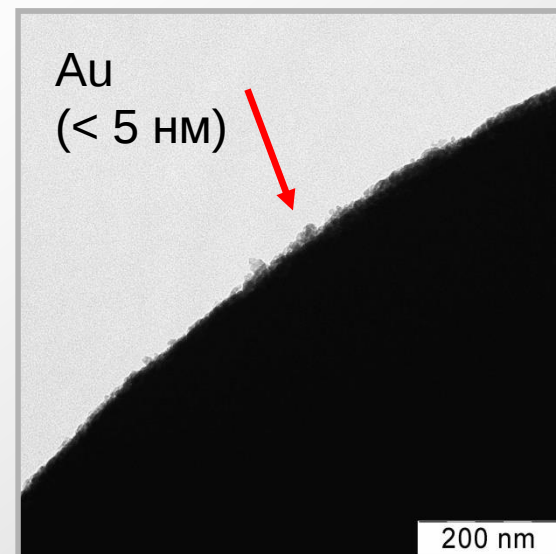
Структура сорбента для разделения смесей веществ



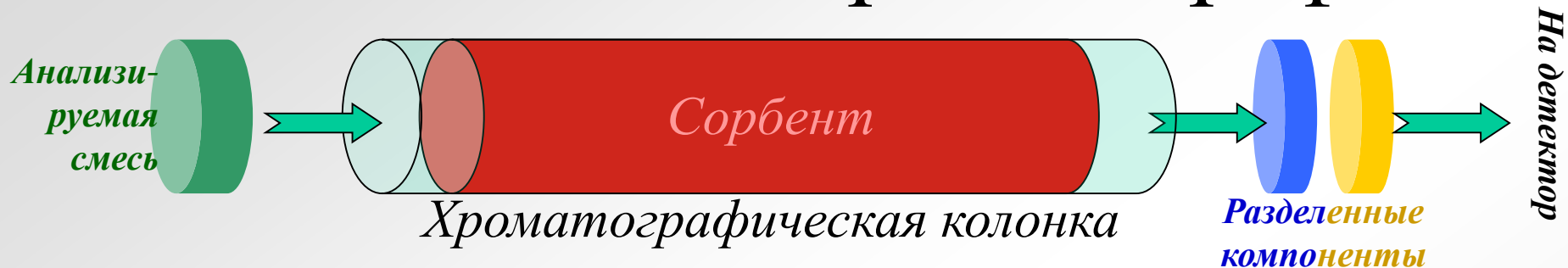
● Au

~~~~~ -  $\text{SCH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$

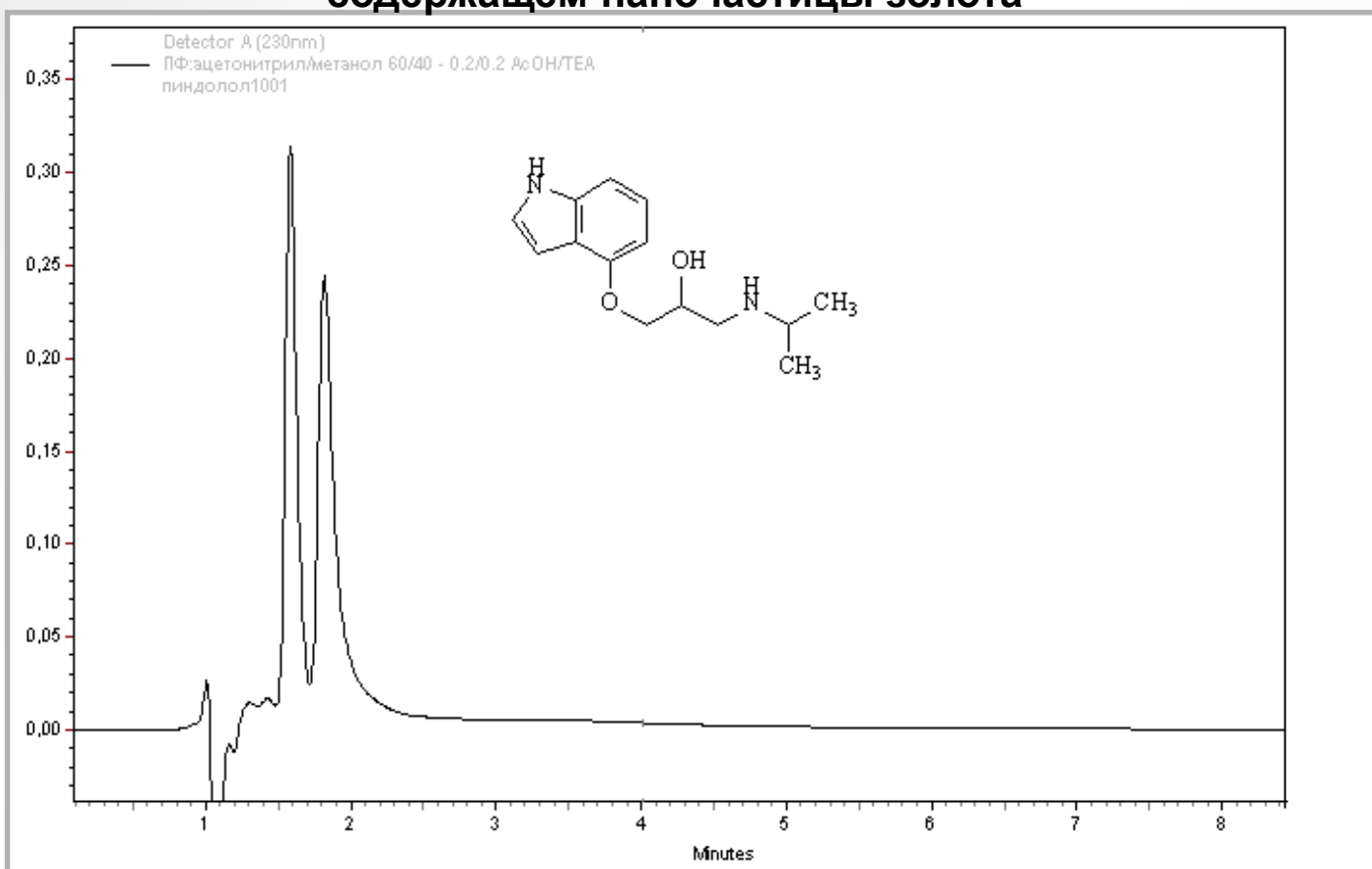
Наночастицы золота  
ковалентно  
закреплены на  
силикагеле с  
помощью групп L-  
цистеина



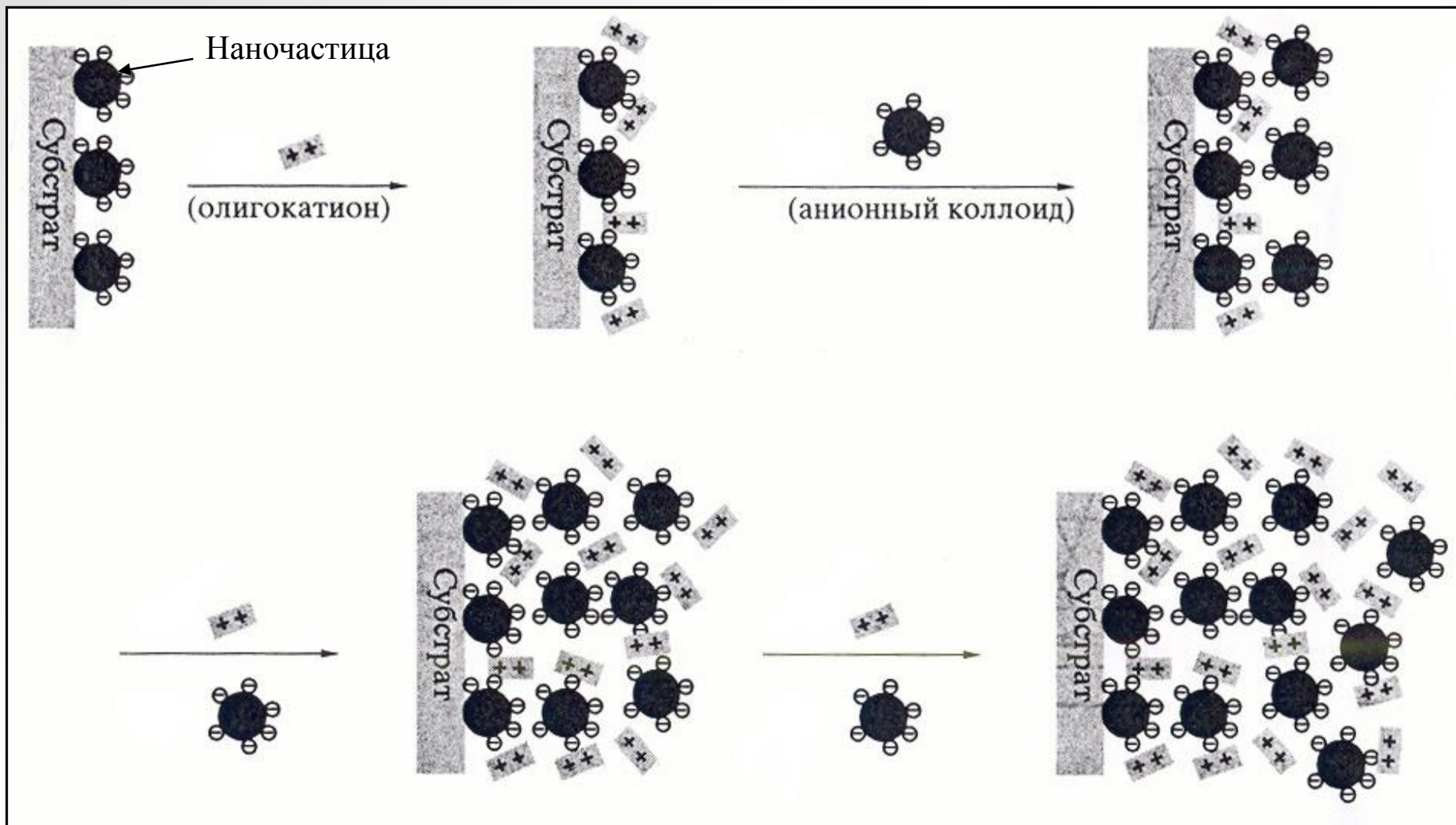
# Наночастицы в хроматографии



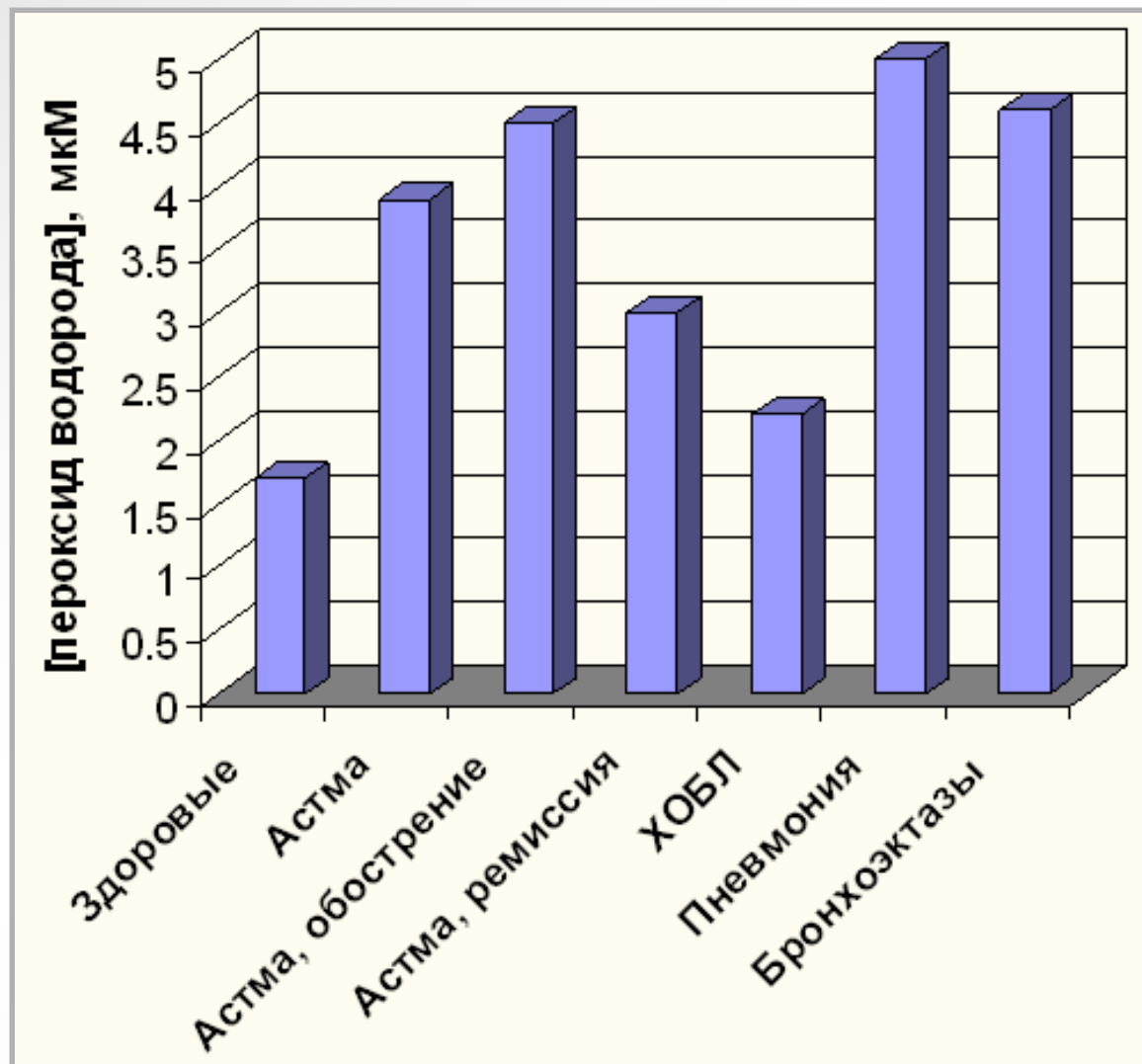
**Разделение оптических изомеров пиндолола на материале, содержащем наночастицы золота**



# Модифицирование электрода наночастицами



# Использование модифицированного электрода для диагностики заболеваний по содержанию пероксида водорода в конденсате выдыхаемого воздуха

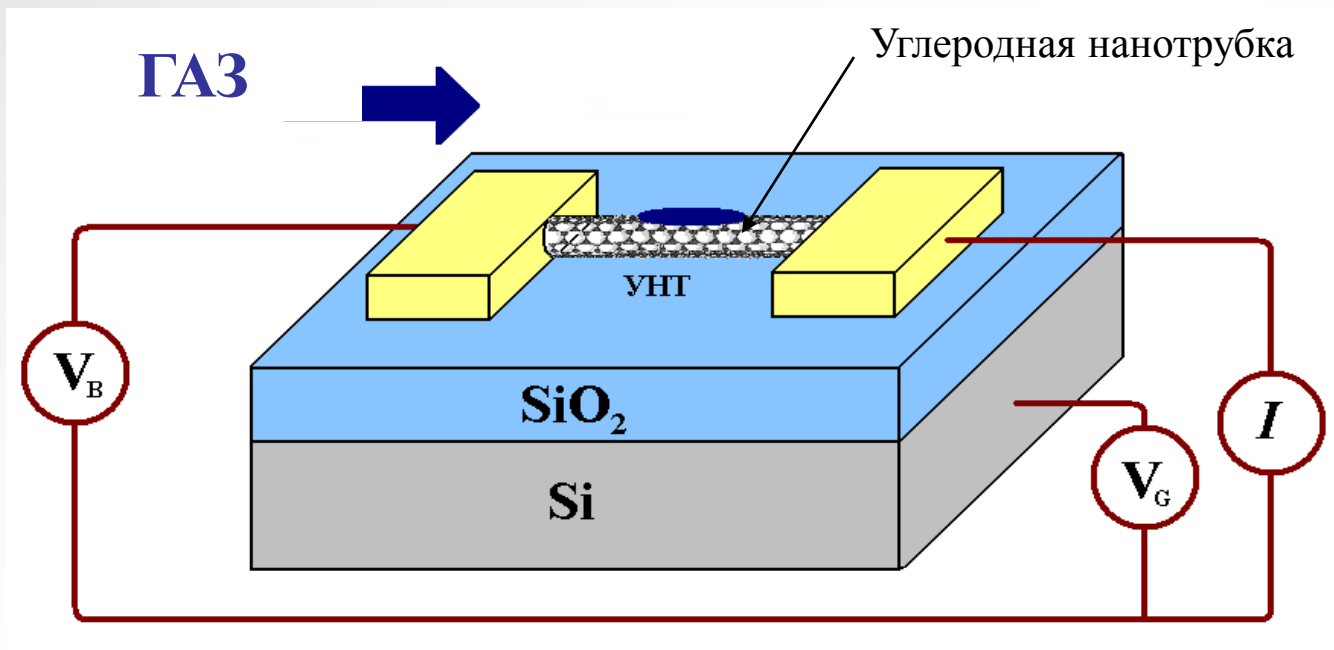


# Использование модифицированного электрода для идентификации фальсифицированных вин

|                                          | [глюкоза],<br>ммоль/л | [сахароза],<br>ммоль/л |
|------------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| <i>Шампанское «Брют», Россия</i>         | 52                    | 0.2                    |
| <i>Цинандали, Грузия (белое)</i>         | 41                    | 0.5                    |
| <i>Baron de Valls, Франция (красное)</i> | 45                    | 0.05                   |
| <i>La Bifora, Италия (красное)</i>       | 42                    | 0.05                   |
| <i>Le Chabrote, Франция (красное)</i>    | 48                    | 0.05                   |
| <i>Каберне, Россия (красное)</i>         | 36                    | 13                     |
| <i>Свадебное, Россия (белое)</i>         | 20                    | 10                     |

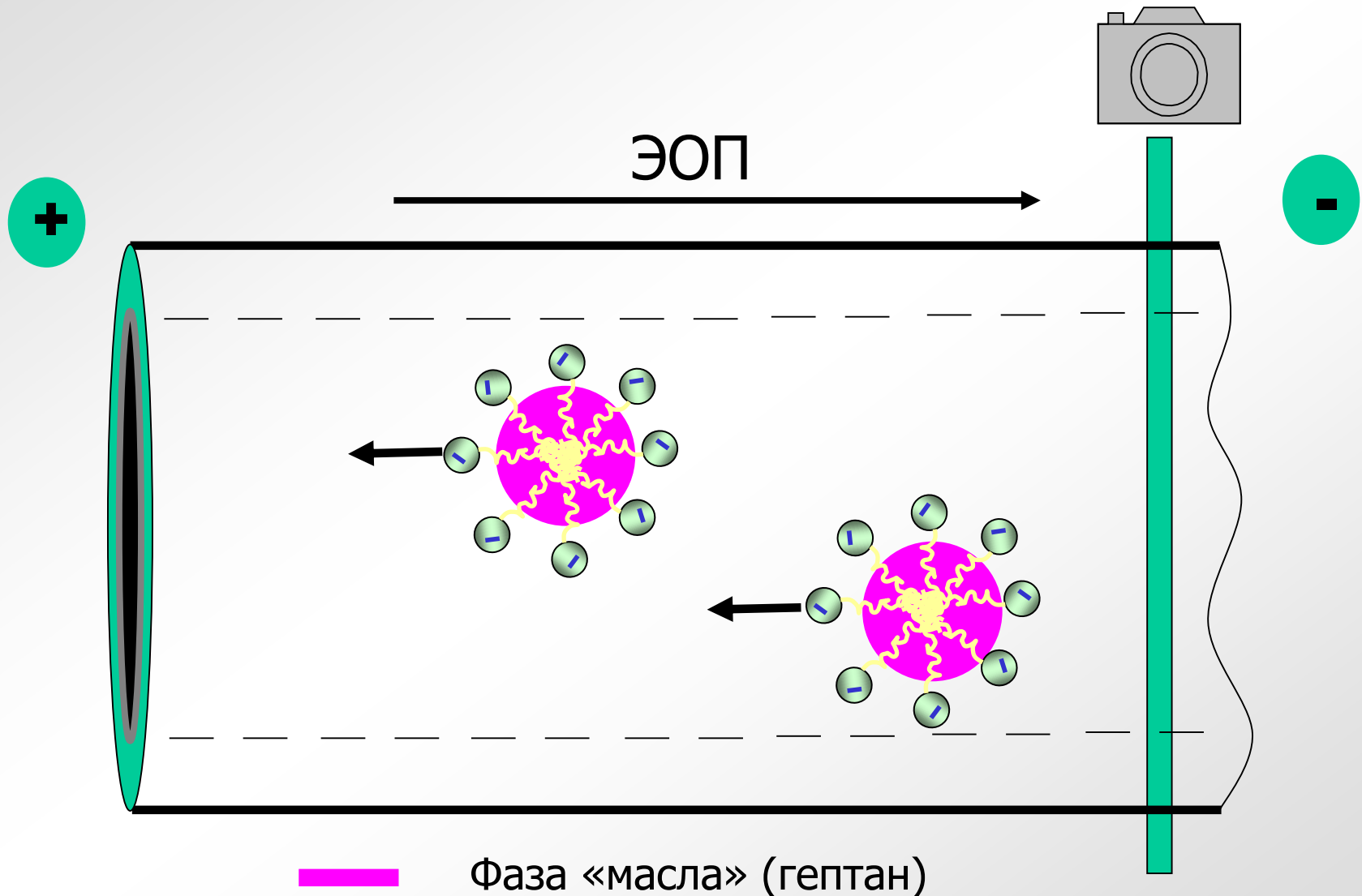
**(Виноград не содержит сахарозы!)**

# Сенсоры на газы на основе полевых транзисторов с нанотрубками



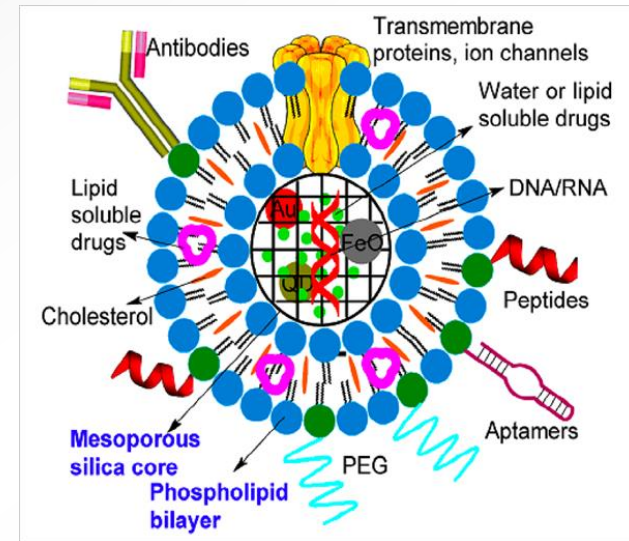
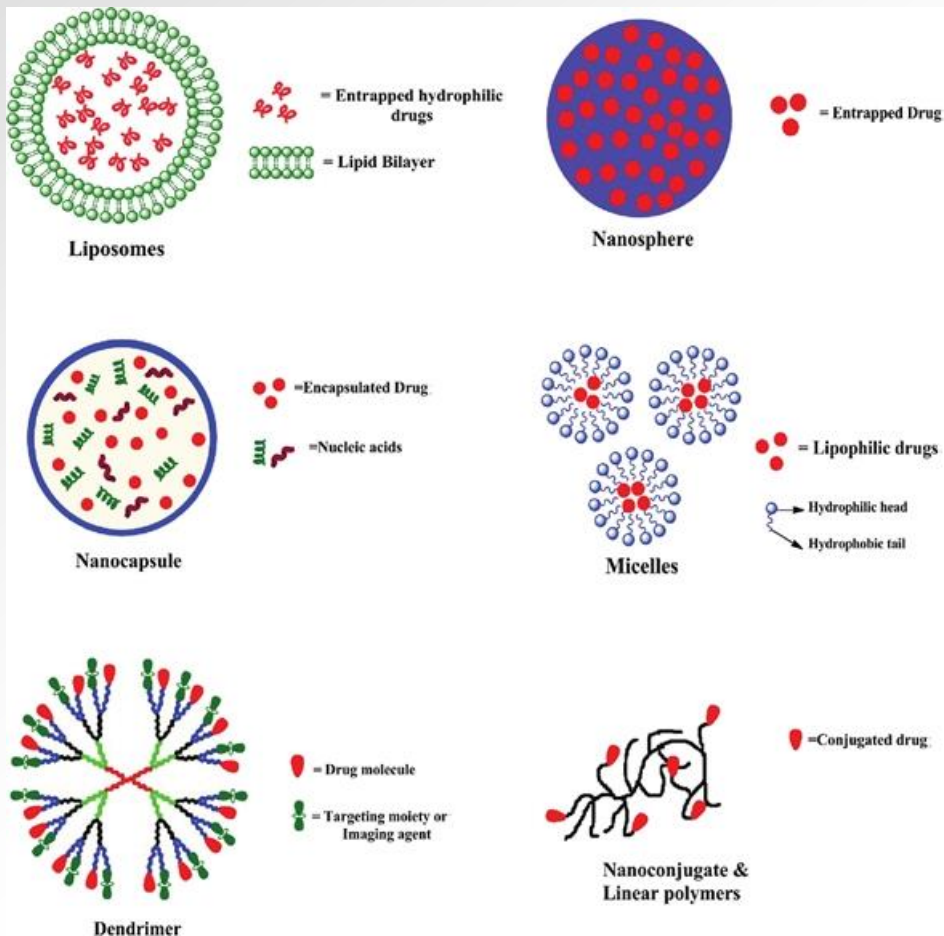
**Газы:** O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO

# Микроэмульсионная электрокинетическая хроматография

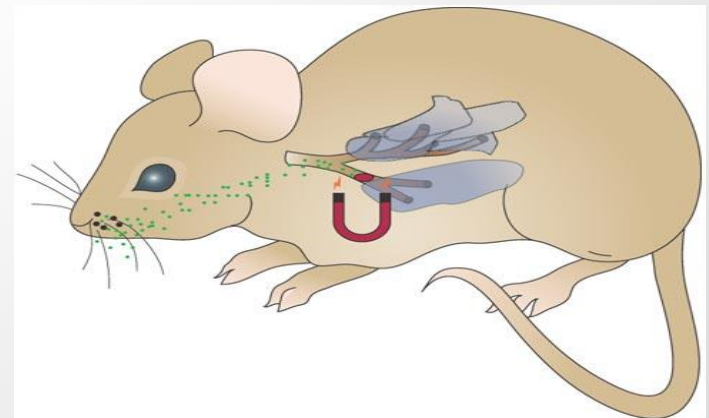


# Адресная доставка лекарств

## Варианты наносистем для адресной доставки лекарств

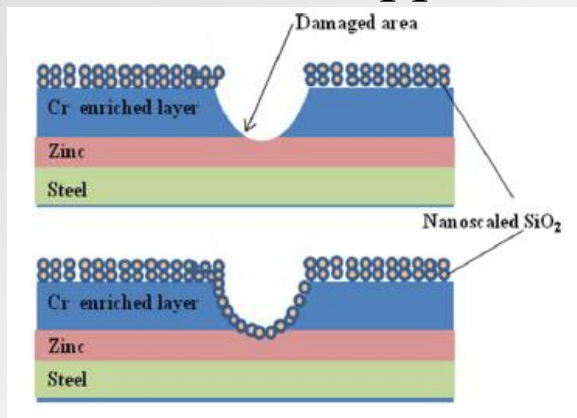


**Наночастицы оксида железа направляются в легкие под воздействием внешнего магнитного поля**



# Нано в автомобилестроении

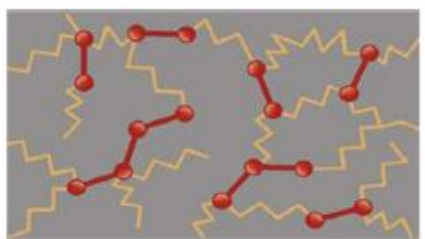
## Защита от коррозии



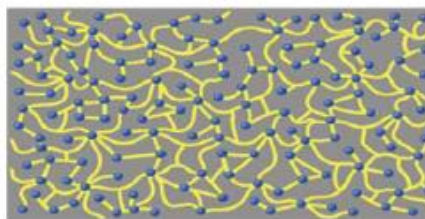
## Улучшение характеристики шин



## Новые лакокрасочные покрытия (в сравнении с обычным)



(a)

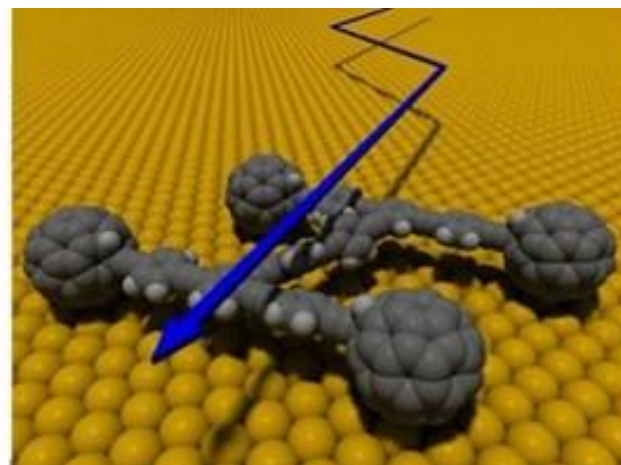
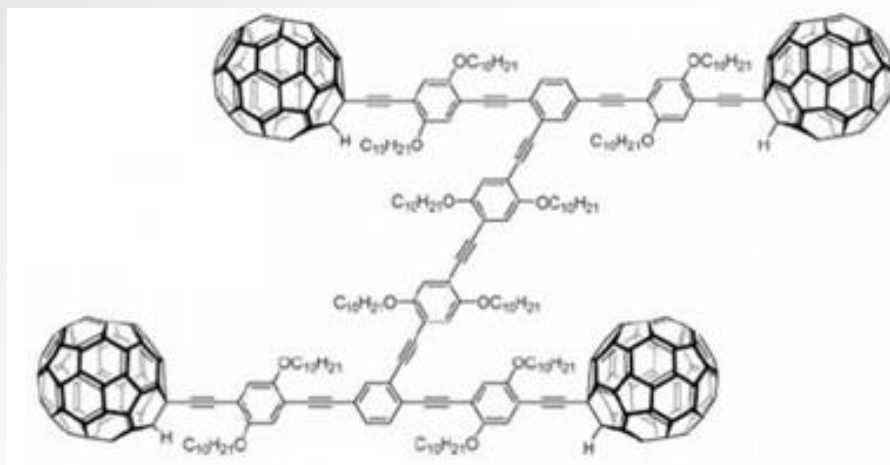


(b)

## Присадки к топливу



# Наномашины



# Наночастицы «далеко»?

## Основные источники наночастиц внутри помещений:

- Химические реакции с участием озона (например, терпенов)
- Нелетучие остатки капель (увлажнители воздуха распылительного типа)
- Принтеры (сателлитные частицы от струйных принтеров, остатки тонера от лазерных)
- Сжигание (приготовление пищи на газовой плите, курение сигарет)
- Биоаэрозоли (вирусы)
- Наружные источники



# Где нано нуно, а где не нуно?



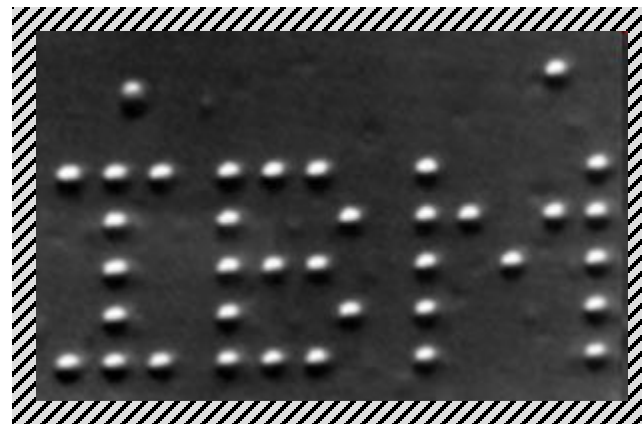
- Там, где нужны оптические наноэффекты
- Катализ
- Медицина
- Электроника
- Там, где «нано» характеризует не размер
- Там, где на самом деле «микро»
- (Когда что-то хорошо знакомо под другим «именем»)?

# «Нанокискусство»

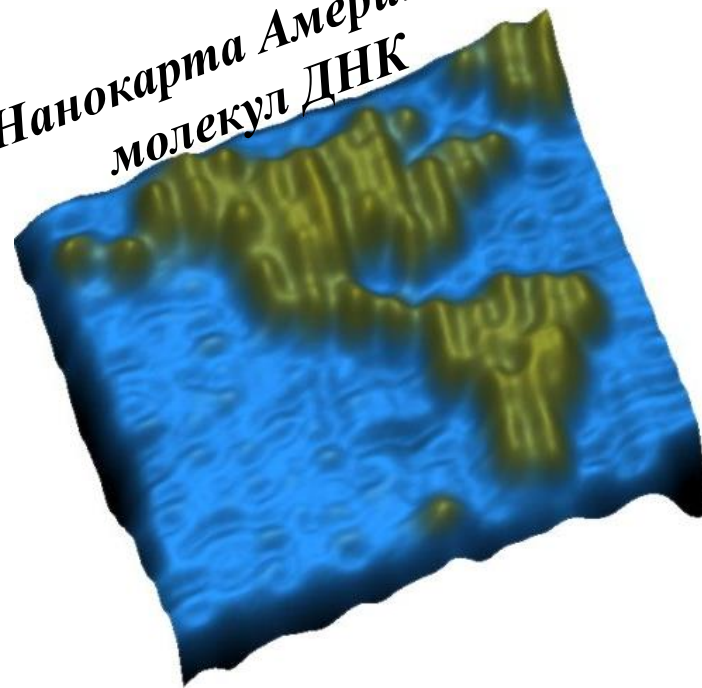
*Молекулы ДНК на подложке*



*Атомы на подложке*



*Нанокарта Америк из  
молекул ДНК*



Спасибо за внимание!

