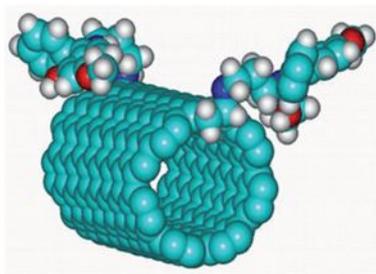


a

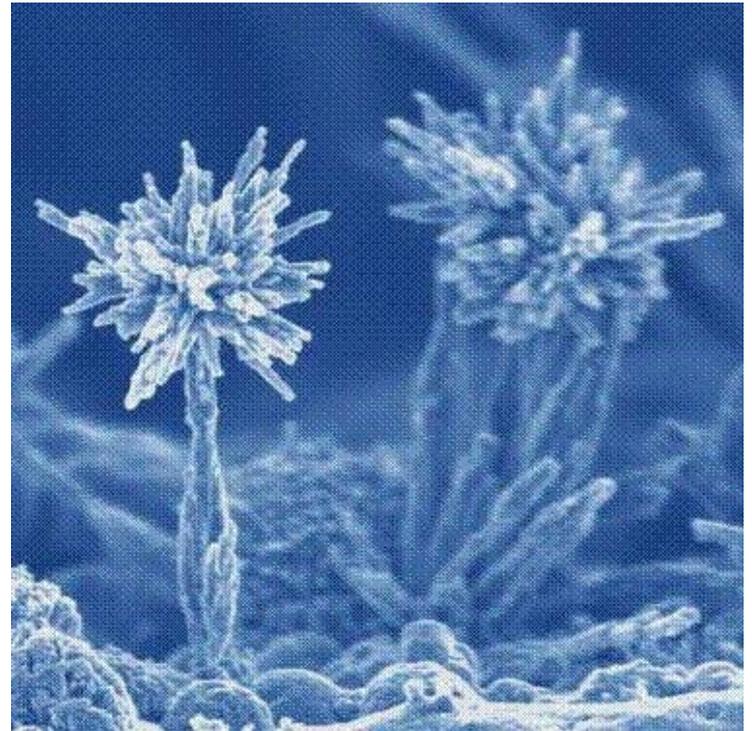


Коллоидная химия наночастиц

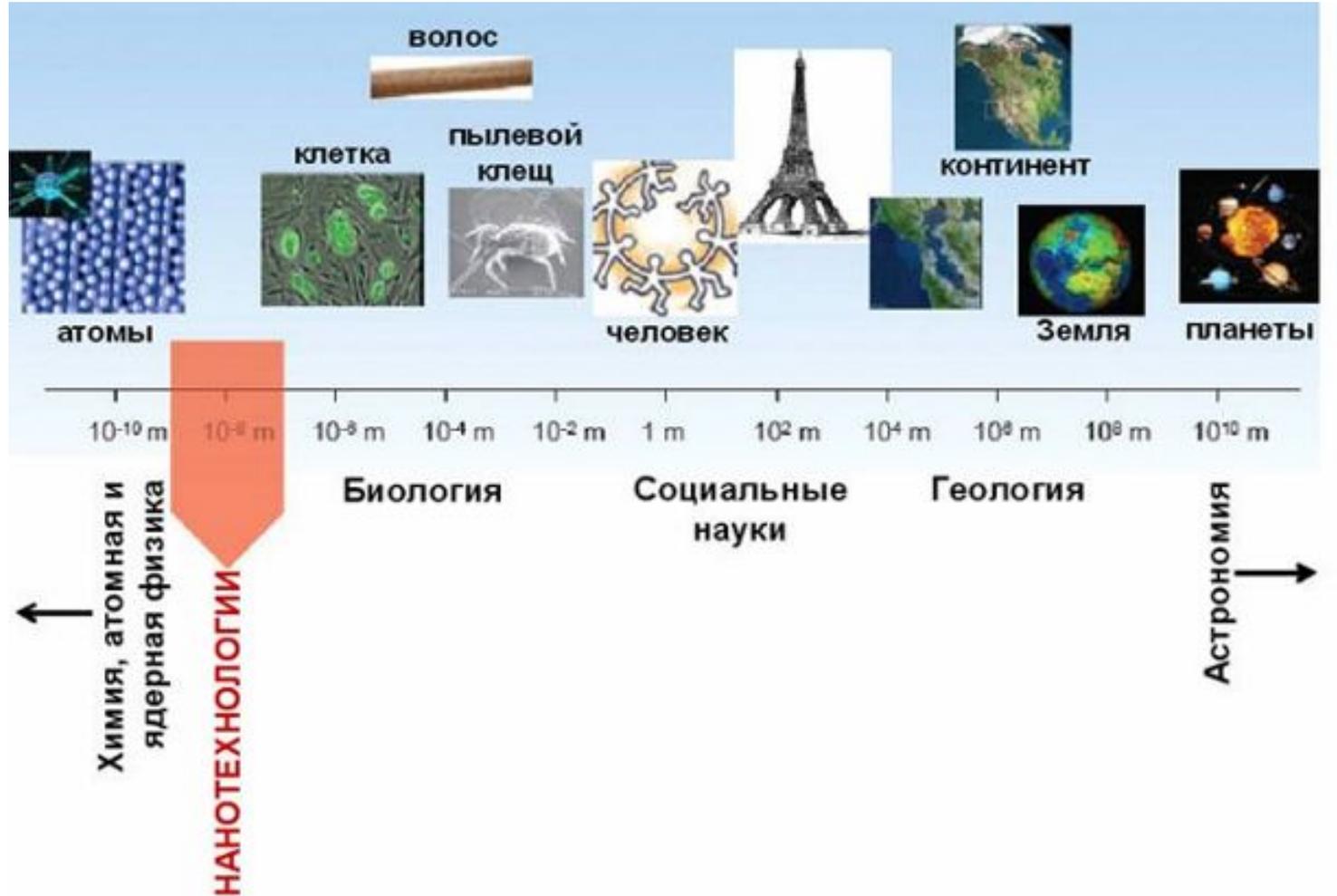


Нанотехнология - это новая область науки, которая занимается созданием, производством и применением структур, устройств и систем, размеры и формы которых контролируются в нанометровой области.

Наноматериалы –
материалы с
геометрическими
особенностями
размера < 100 нм

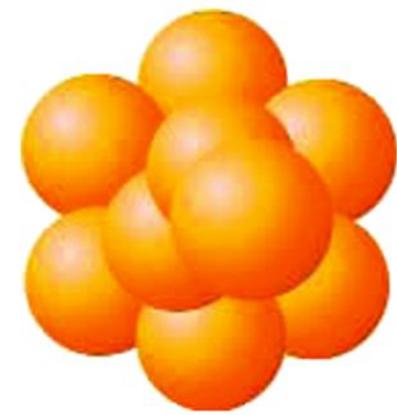


Классификация объектов в соответствии с характерными размерами



Классификация наноматериалов

- наночастицы,
- фуллерены, нанотрубки и нановолокна,
- нанопористые структуры,
- нанодисперсии,
- наноструктурированные поверхности и пленки,
- нанокристаллические материалы.

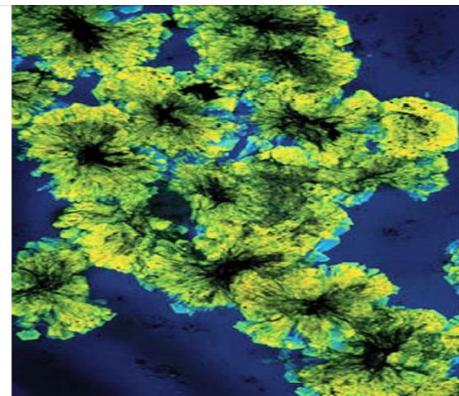


Наночастицы - это частицы, размеры которых не превышают 100 нм и состоят из 10^6 или меньшего количества атомов.

“*Нано*” означает одну миллиардную долю - 10^{-9}

Нанометр - одна миллиардная доля метра.

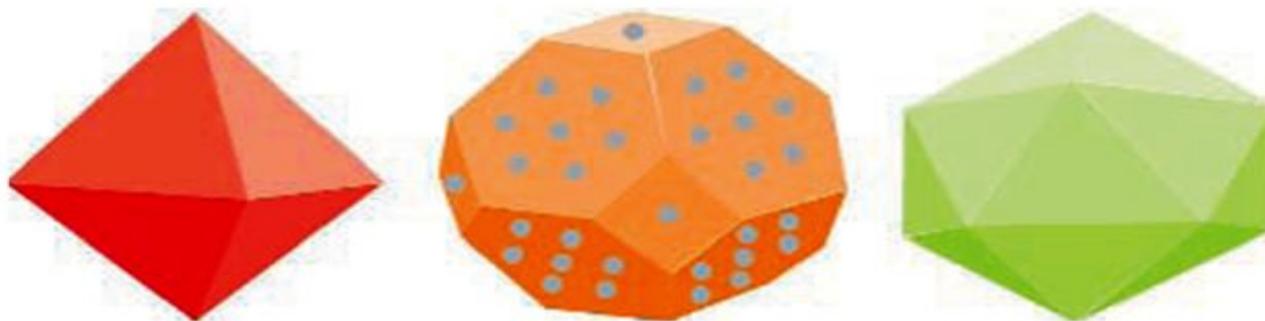
Для сравнения, человеческий волос приблизительно в шестьдесят тысяч раз толще одной молекулы.



Именно размер частиц (линейный размер, а не вес и не число частиц атомов в частице!) является важнейшим количественным показателем дисперсных систем, определяющим их качественные особенности.

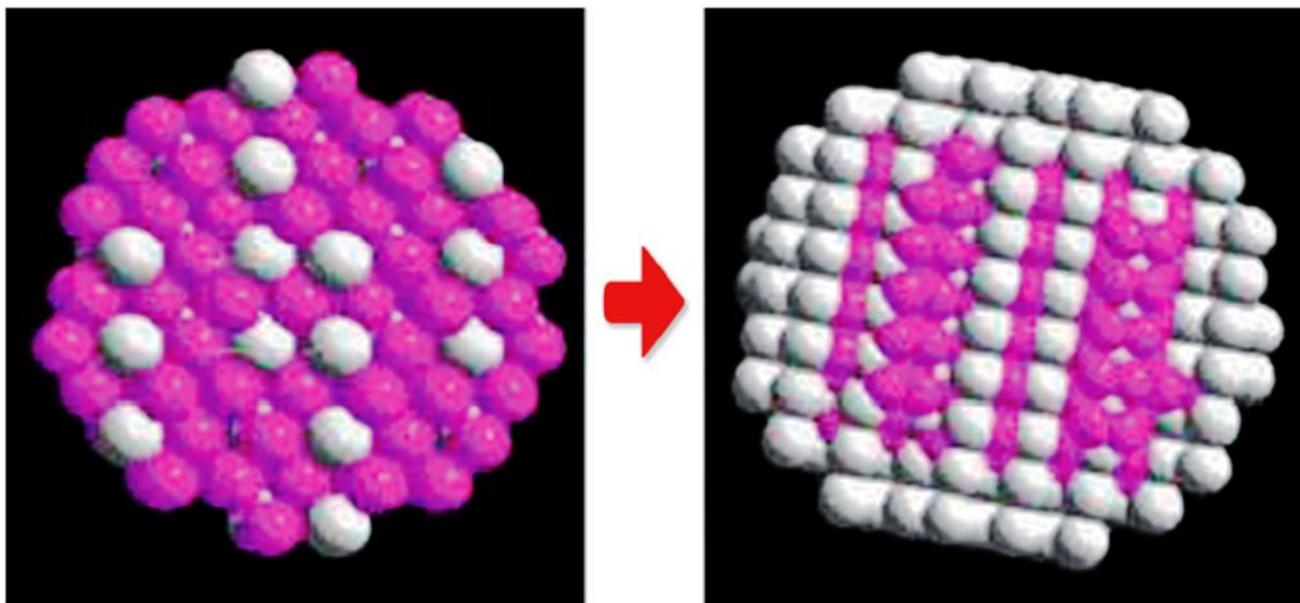
По мере изменения размеров частиц изменяются все основные свойства дисперсных систем: реакционная, адсорбционная способность; оптические, каталитические свойства и т. д.

Наноматериалы – материалы, основные физические характеристики которых определяются свойствами содержащихся в них нанобъектов; кристаллические или аморфные системы с размером частиц или кристаллов менее 100 нм.

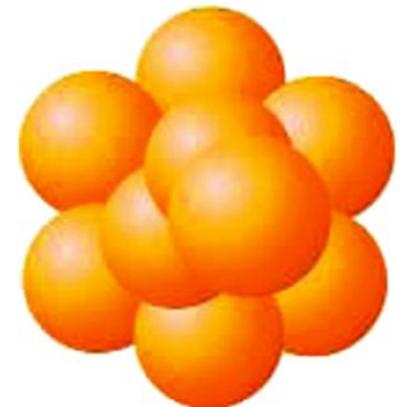


Формы металлических
наночастиц

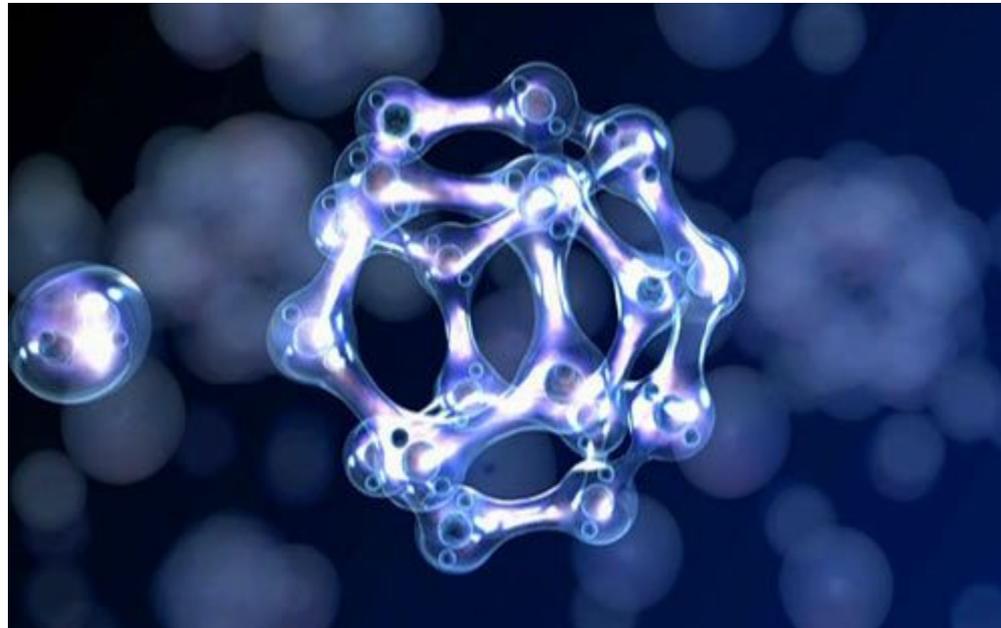
Наночастицы, состоящие из атомов платины (белые) и меди (розовые)



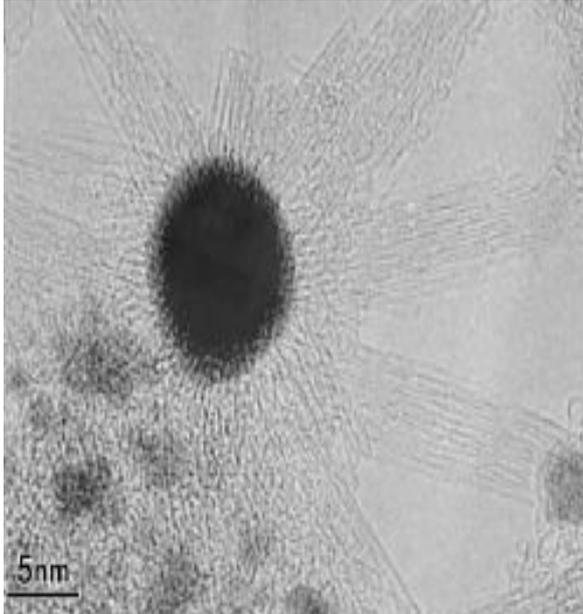
Наночастицы из атомов инертных газов являются самыми простыми нанообъектами. Атомы инертных газов с полностью заполненными электронными оболочками слабо взаимодействуют между собой посредством сил Ван-дер-Ваальса.



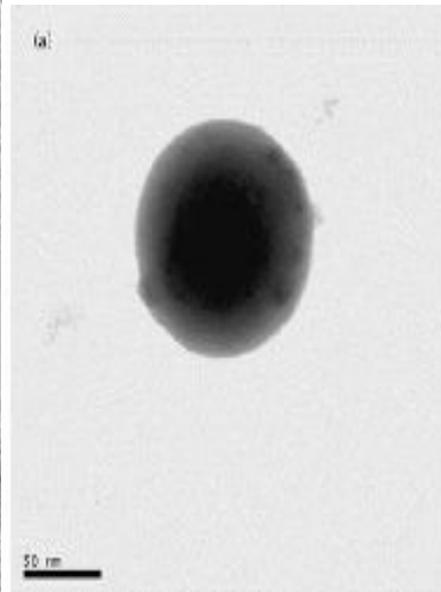
Кластер – буквально пучок



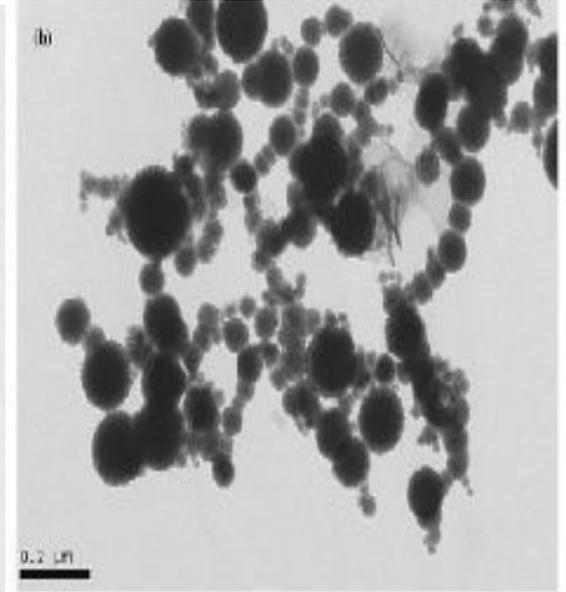
Кластер воды



Кластер железа с
растущими
углеродными
нанотрубками



Одиночный
кластер железа



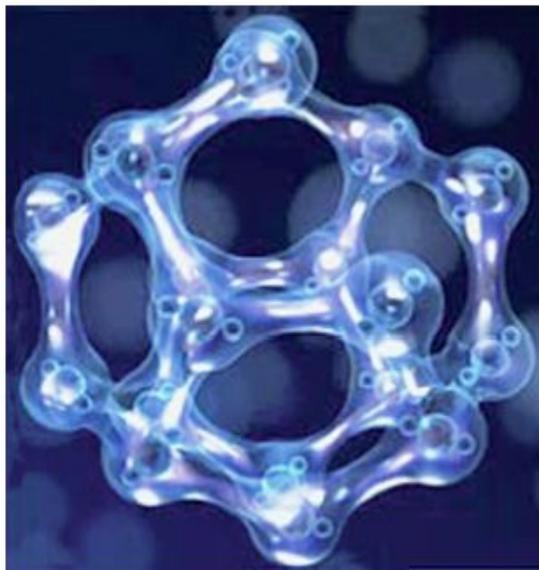
Скопление
кластеров железа

**Кластеры - минимальные
строительные «кирпичики» наночастиц.**



**Фрактальный кластер, полученный в
процессе диффузионно-ограниченной
агрегации.**

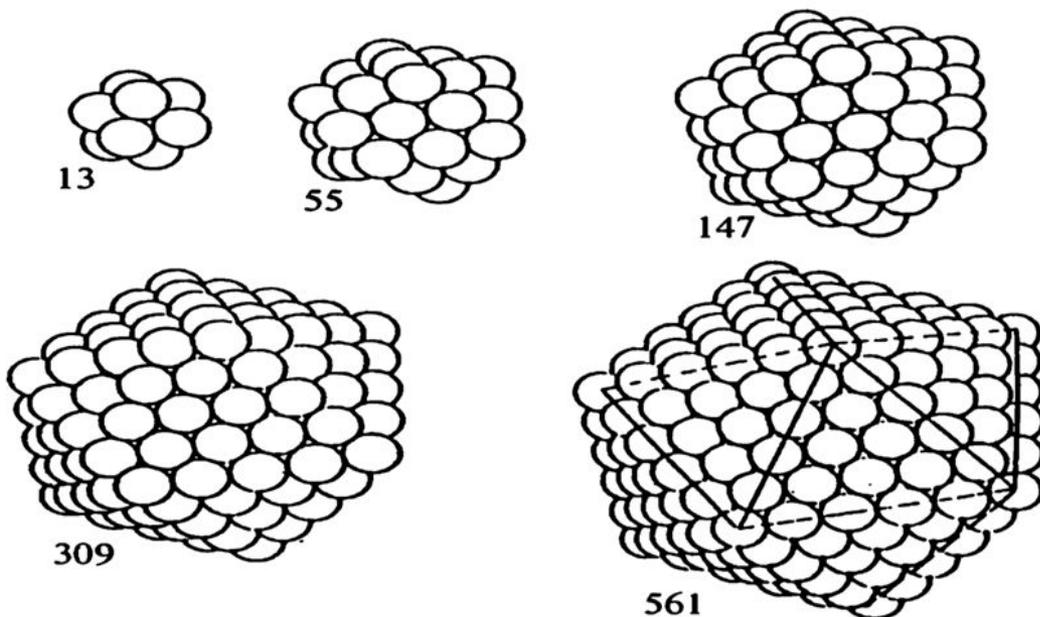
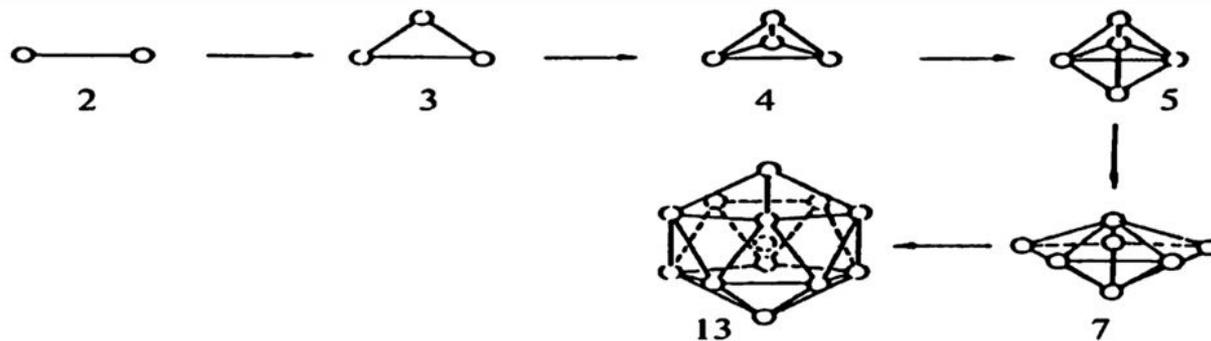
Наносистемы представляют собой взвесь наночастиц размером не более 100 нм в некоторой среде: водной, газообразной, твёрдой.



При этом сами наночастицы следует понимать как системы, состоящие из ещё более мелких единиц – **кластеров** – минимальных строительных «кирпичиков» вещества.

Например, вода состоит из кластеров. Кластер воды. Размер не превышает 10 нм

Последовательность структур при образовании кластеров инертных газов. Цифрами показано число атомов в кластере



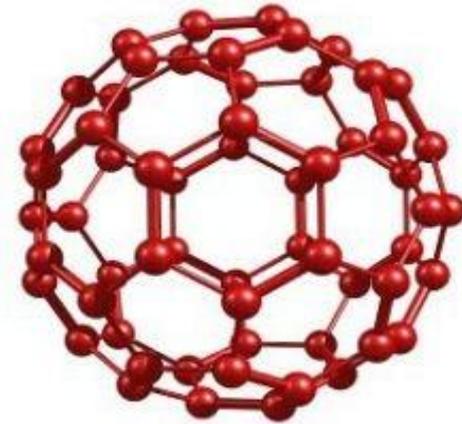
Фрактальный кластер – это объект с разветвленной структурой: сажа, коллоиды, аэрогели, аэрозоли.



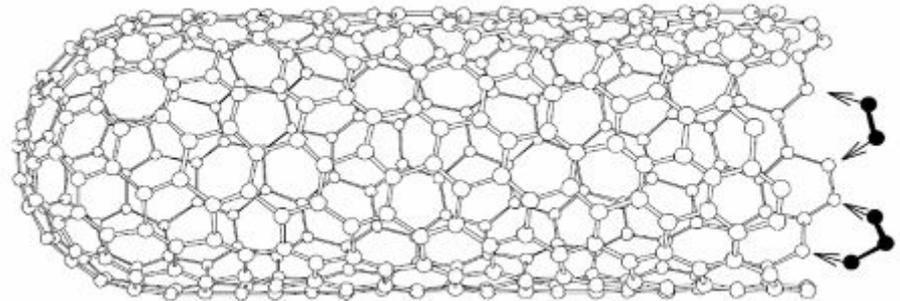
Фрактал – это такой объект, в котором при возрастающем увеличении можно увидеть, как одна и та же структура повторяется в нём на всех уровнях и во всех масштабах
Рост кластера сопровождается увеличением пустот.

Фуллерены. Нанотрубки и нановолокна.

Фуллерены – кластеры из более чем 40 атомов углерода, по форме представляющие шароподобные каркасные структуры.

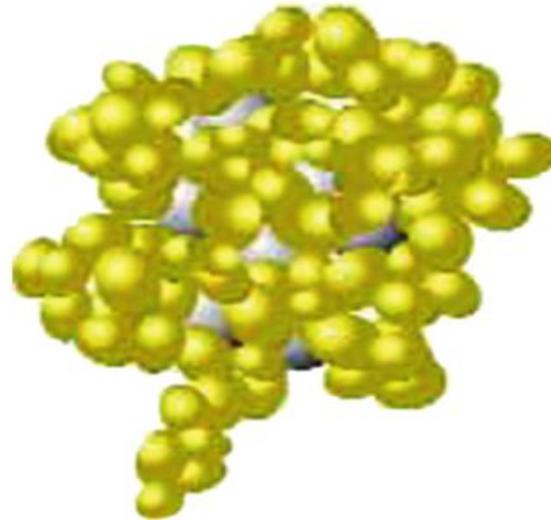


В 1991 году были обнаружены длинные углеродные структуры, получившие название **нанотрубок**.



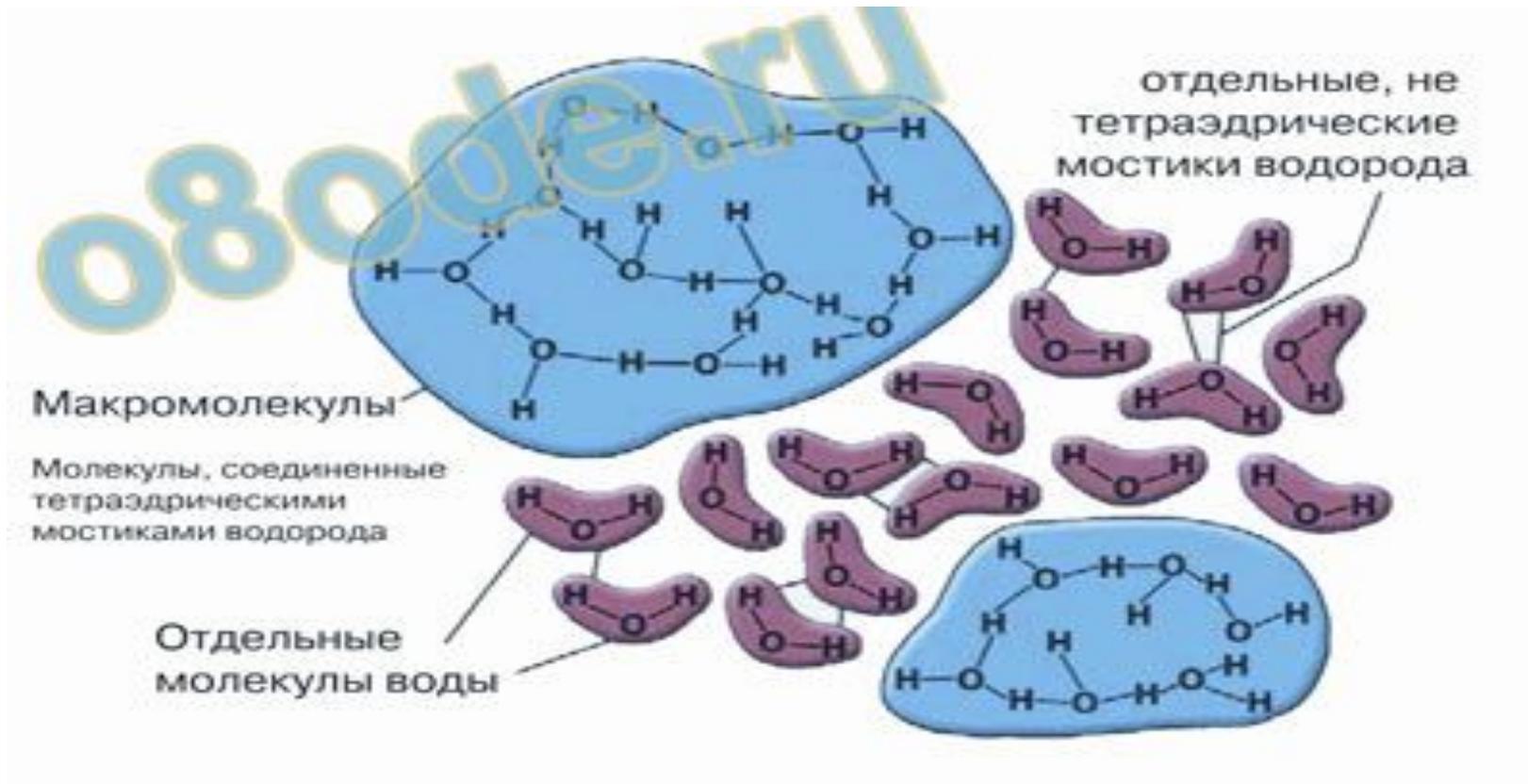
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КЛАСТЕР БЕЛКА ФЕРРИДОКСИНА

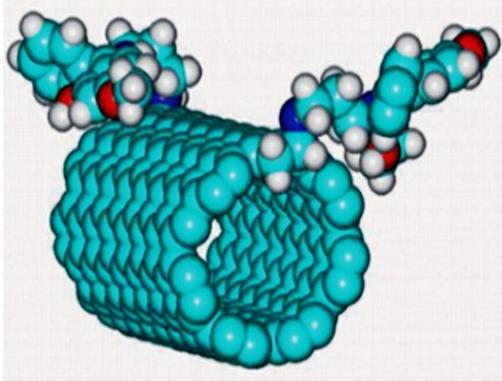
Молекулярные кластеры- кластеры, состоящие из молекул. Большинство кластеров являются молекулярными. Их число и разнообразие огромно.



Молекулярный кластер
белка ферридоксина

Современная фрактально кластерная модель воды

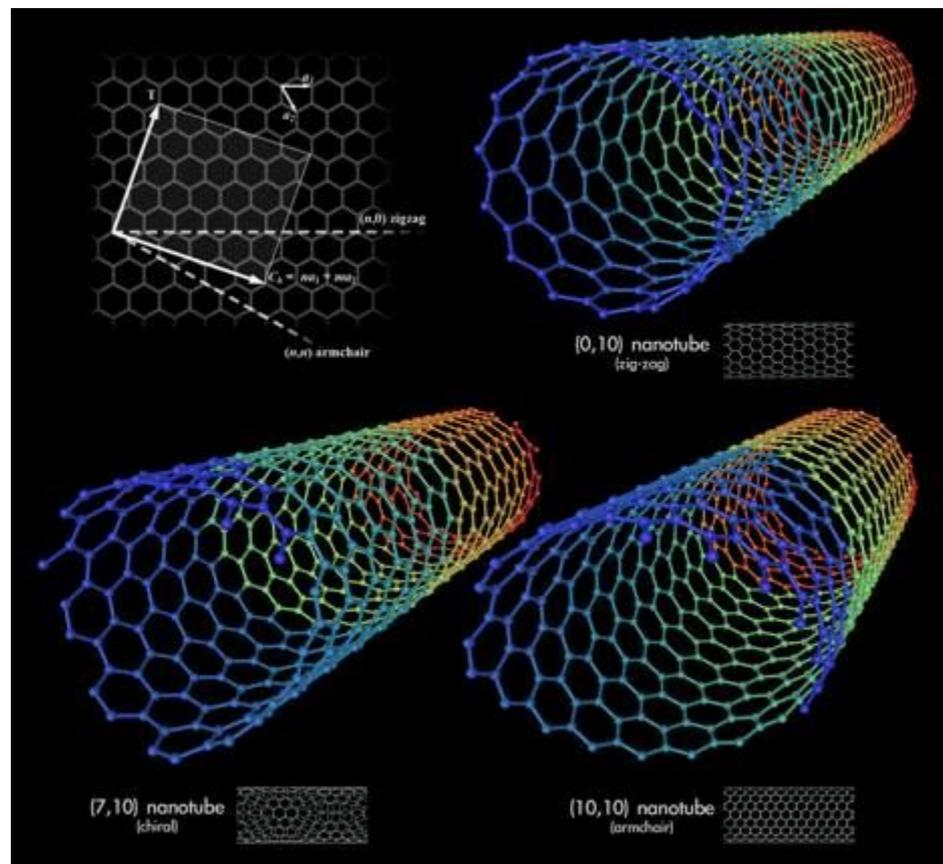




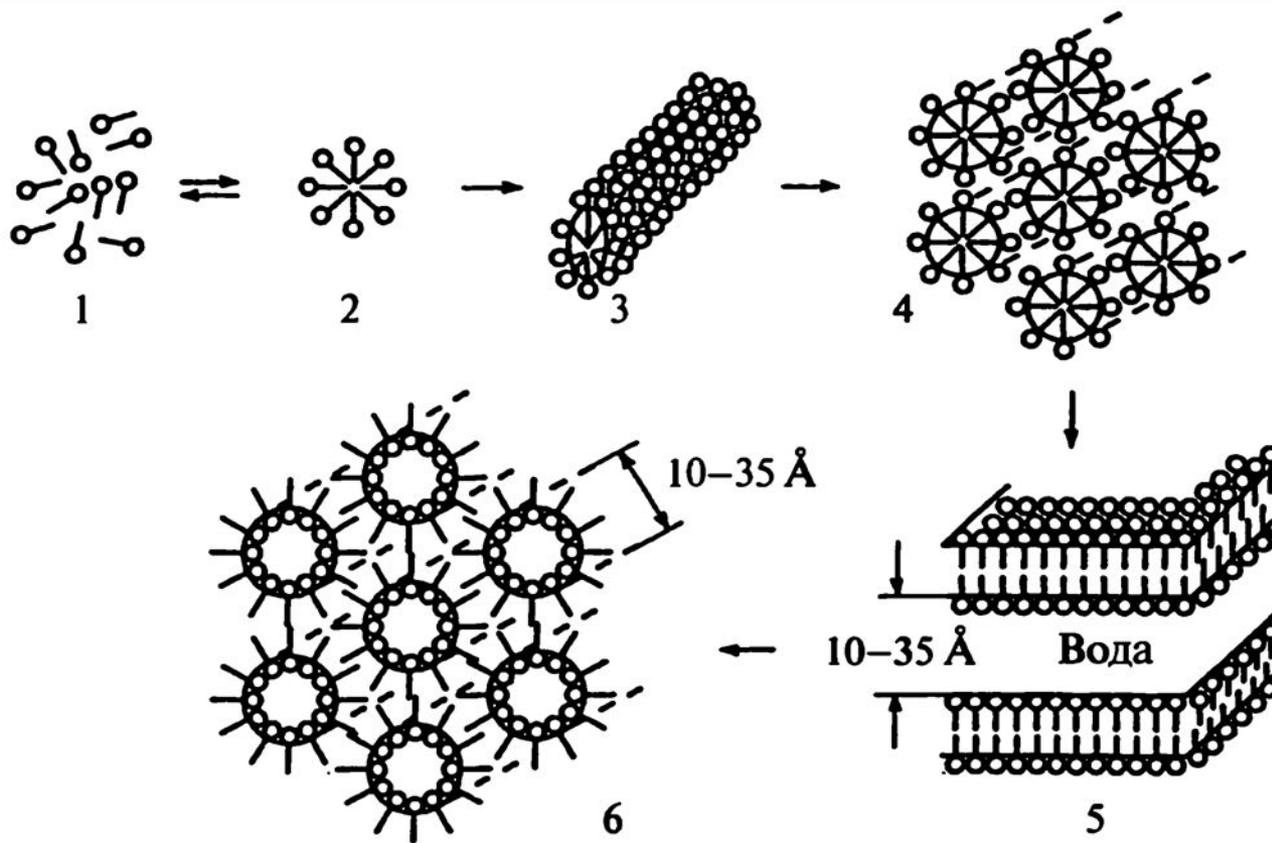
Нанотрубки – это полые внутри молекулы, состоящие примерно из 1 000 000 атомов углерода и представляющие собой однослойные трубки диаметром около нанометра и длиной в несколько десятков микрон. На поверхности нанотрубки атомы углерода расположены в вершинах правильных



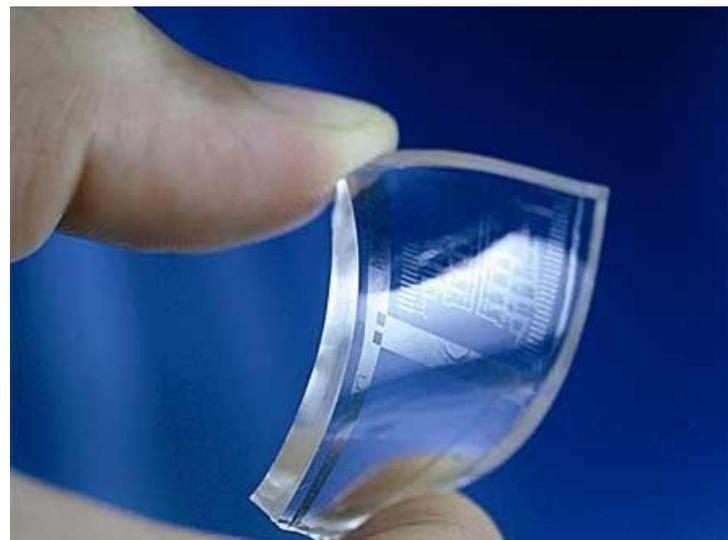
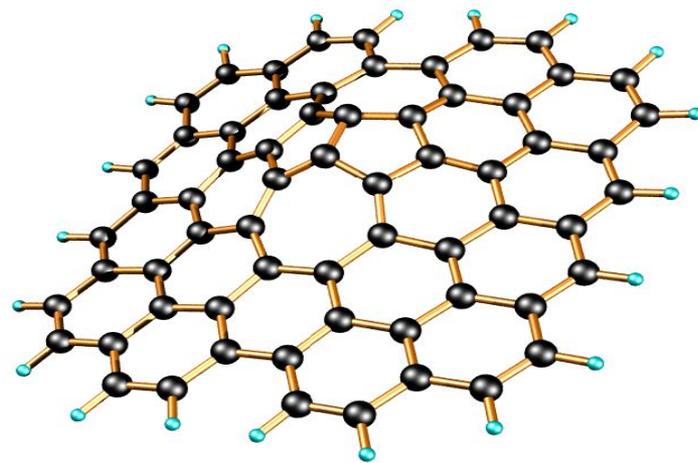
**Углеродные
нанотрубки –
протяженные
цилиндрические
структуры
диаметром
от одного до нескольких
десятков нанометров**



Наноструктуры, возникающие в растворах с участием ПАВ: 1 – мономеры, 2 – мицелла, 3 – цилиндрическая мицелла, 4 – гексагонально упакованные цилиндры мицеллы, 5 – ламелярная мицелла, 6 – гексагонально упакованные обратные мицеллы



Графен - слой атомов углерода, соединенных посредством sp^2 -связей в гексагональную двумерную кристаллическую решетку.



Графен самый тонкий и прочный материал

Подданные Нидерландов Андрей Гейм и Великобритании Константин Новоселов, у которого есть и российское гражданство, стали лауреатами Нобелевской премии по физике 2010 года за создание уникального углеродного материала — графена.



Оба лауреата — бывшие советские ученые, выпускники МФТИ. Андрей Гейм родился в 1958 году в Сочи, защитил диссертацию в Институте физики твердого тела АН СССР. Работал научным сотрудником в Черноголовке, потом эмигрировал за границу, где трудился в университетах Ноттингема, Копенгагена и Неймегена. С 2001 года работает в английском Манчестере.

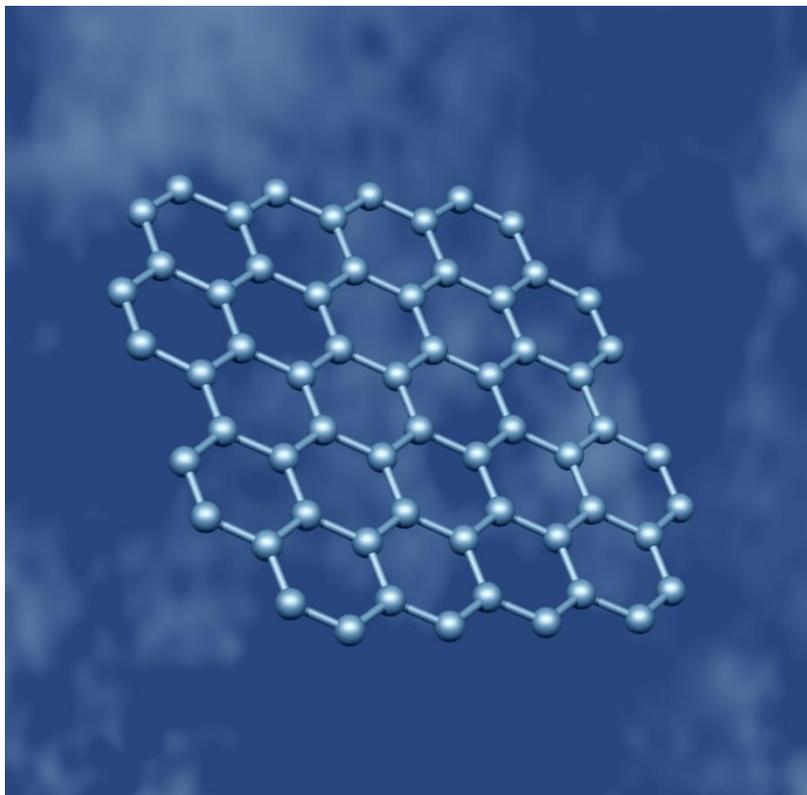
В настоящее время Гейм, который теперь носит имя Андре, возглавляет Манчестерский центр по «мезонауке и нанотехнологиям», а также отдел физики конденсированного состояния



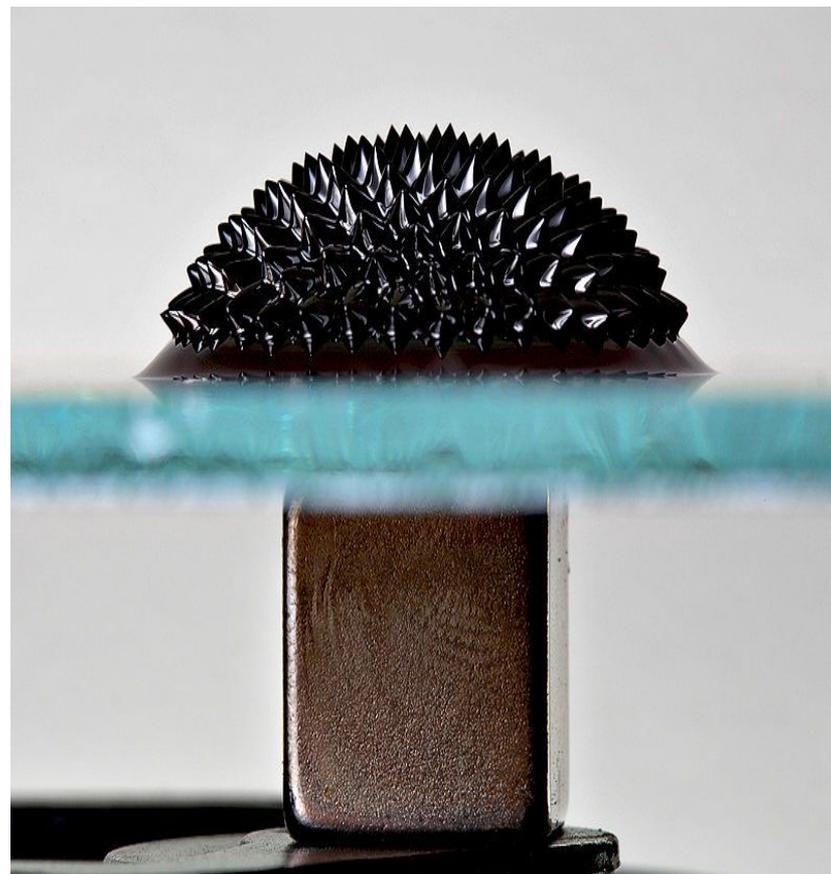
Новоселов родился в 1974 году в Нижнем Тагиле. После окончания МФТИ он несколько лет проработал в Черноголовке, после чего уехал в Университет Неймегена, где защитил диссертацию



Квантовая физика развивает теорию таких объектов, а их практические применения обещают быть поистине впечатляющими. Материалы на основе графена могут перевернуть мир электроники: в частности, ученые предполагают, что графеновые транзисторы будут работать на порядки быстрее, чем современная кремниевая техника. Графен можно использовать для производства прозрачных сенсорных экранов, световых панелей или даже солнечных батарей. В смеси с пластиками графен дает возможность создавать композитные проводящие материалы, более устойчивые к действию высоких температур. Прочность графена позволяет конструировать новые механически устойчивые материалы, сверхтонкие, эластичные и легкие. В будущем из композитных материалов на основе графена, возможно, будут делать спутники, самолеты и автомобили.



Ферромагнитная
жидкость на стекле
под воздействием
магнита под стеклом.



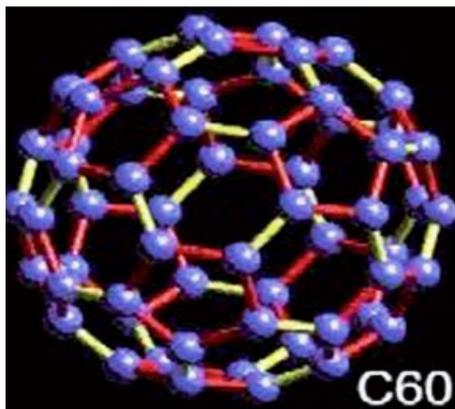
Ферромагнитная жидкость - жидкость,
способная принимать определенную
форму под действием электромагнитного
поля

Ферромагнитные жидкости представляют собой коллоидные растворы, состоящие из ферромагнитных или ферримагнитных частиц нанометровых размеров, находящихся во взвешенном состоянии в несущей жидкости, в качестве которой обычно выступает органический растворитель или вода . Для обеспечения устойчивости такой жидкости ферромагнитные частицы связываются с поверхностно-активным веществом (ПАВ), образующим защитную оболочку вокруг частиц и препятствующем

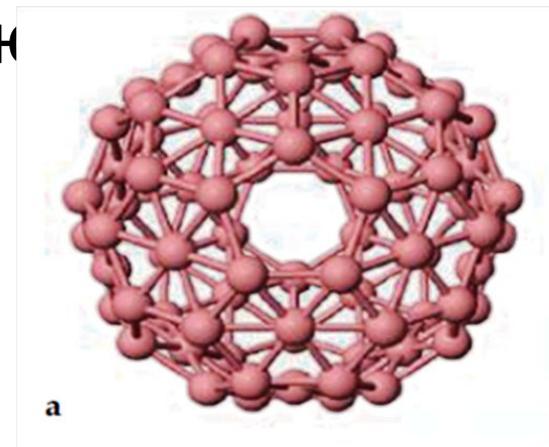
В медицине биологически совместимые ферромагнитные жидкости могут быть использованы для диагностики рака и для удаления опухолей . Предполагается, что ферромагнитная жидкость вводится в опухоль и подвергается воздействию быстро меняющегося магнитного поля, и выделяющееся от трения тепло может разрушить опухоль.



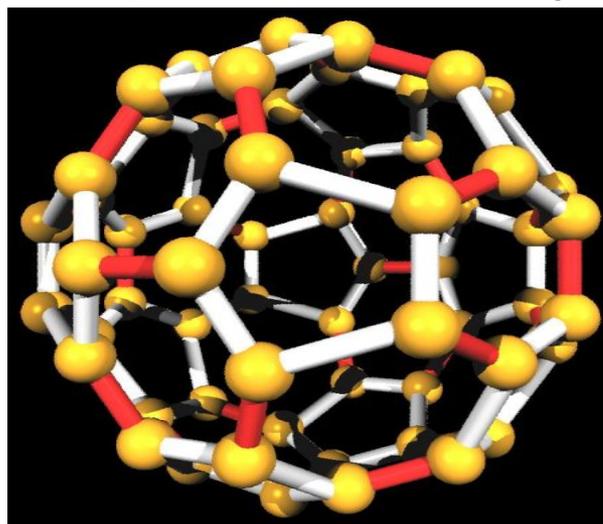
Фуллерены — это особое молекулярное состояние углерода.



Фуллерены - полые внутри частицы, образованные многогранниками из атомов углерода, связанных ковалентной связью

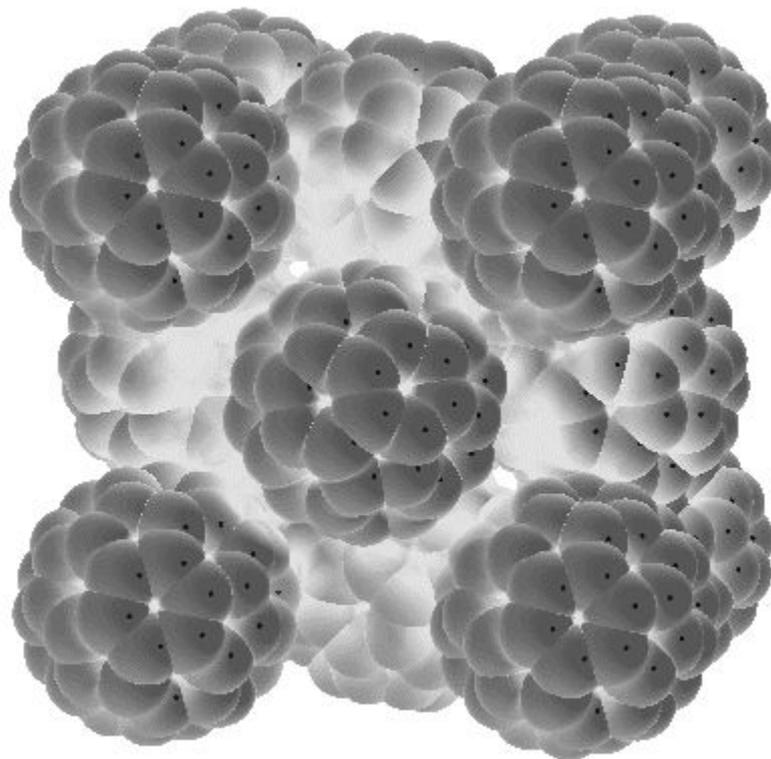
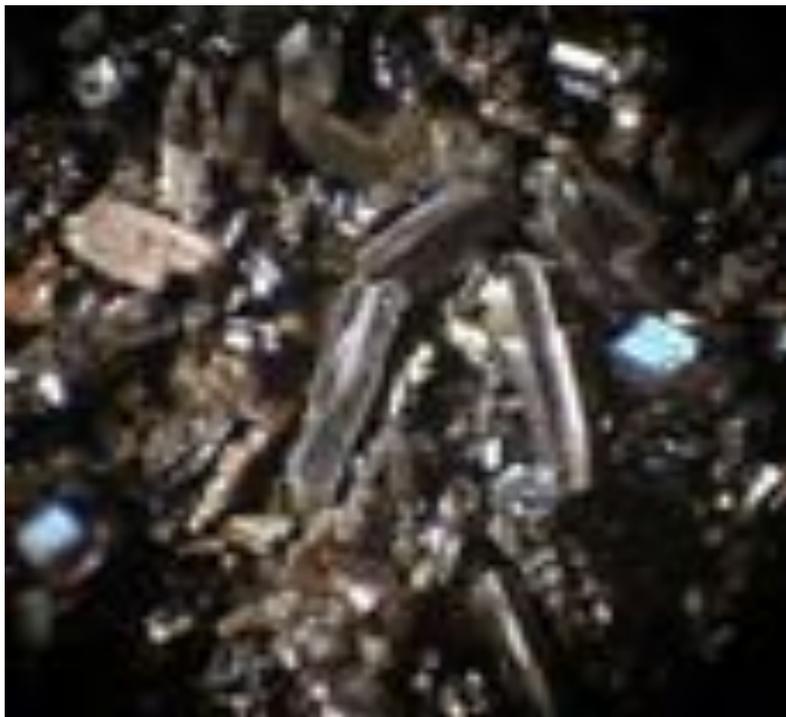


Открытие **фуллеренов** - новой формы существования углерода, признано одним из важнейших открытий в науке XX столетия.

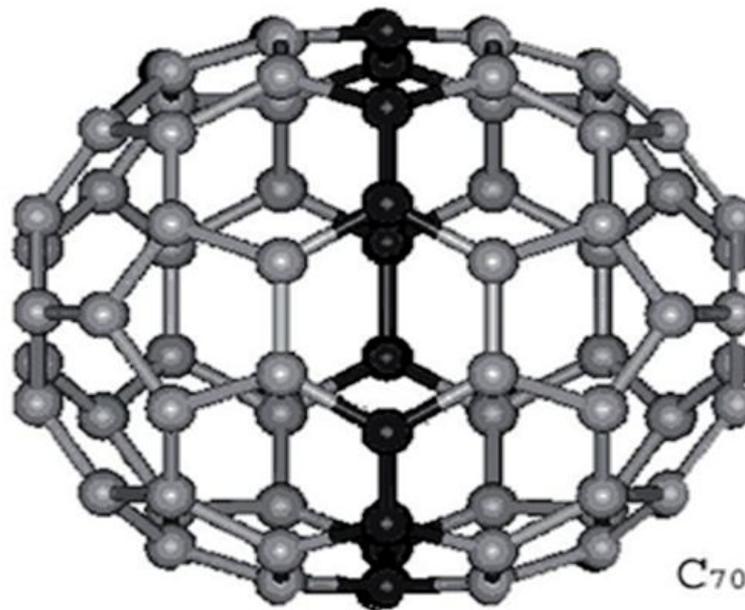


Эта недавно открытая форма углерода занимает место между уже хорошо известными — графитом и алмазом.

Фуллерит - кристалл, образуемый молекулами фуллерена C₆₀.



Классическим считается фуллерен, содержащий 60 атомов углерода, расположенных на сфере с диаметром приблизительно в 1 нм, и напоминающий футбольный мяч. Атомы углерода образуют 12 правильных пятиугольников и 20 правильных шестиугольников.



Области применения кластеров

Примеры областей применения

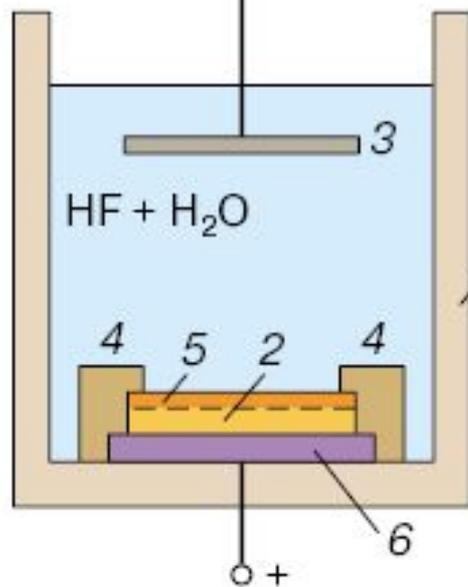
- медицина, в частности - диагностика раковых опухолей
- электроника
- производство принципиально новых материалов и покрытий
- парфюмерия

Нанопористые вещества

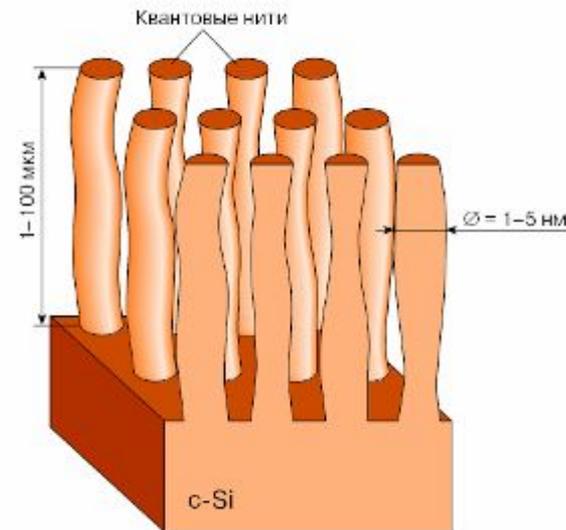
Нанопористые вещества представляют собой пористые вещества с нанометровым размером пор. Размеры нанопор находятся в пределах 1-100 нм. Выделяют микро, мезо- и макропористые материалы.

Пористость:

$$\rho = \frac{V_{\text{пор}}}{V} \cdot 100\%$$

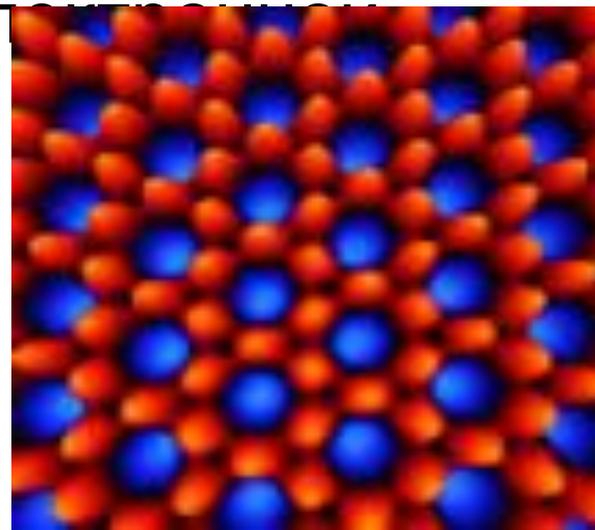


Анодное получение пористого кремния
1-корпус, 2-пластина кремния, 3-катод, 4-изолятор, 5 –растущий пористый слой, 6-анод



Модельное представление пористого кремния

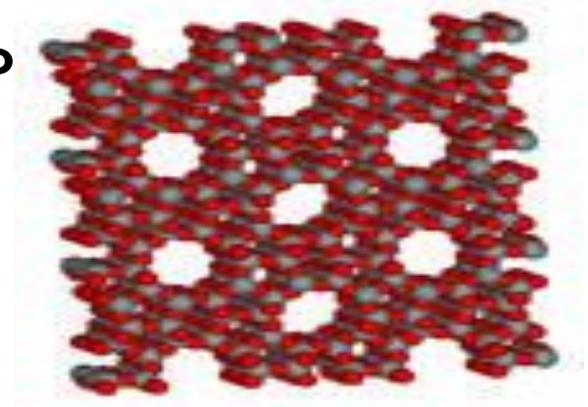
Процесс получения нового материала проходит при температуре 500 К; после нагревания органическое вещество образует на поверхности двумерную «сеть» с гексагональными ячейками нанометровых размеров. Взаимодействие двумерного электронного газа меди с этой сетью приводит к захвату электронов в ячейки с образованием так называемых квантовых точек. При этом наблюдается формирование электронно-зонной структуры.



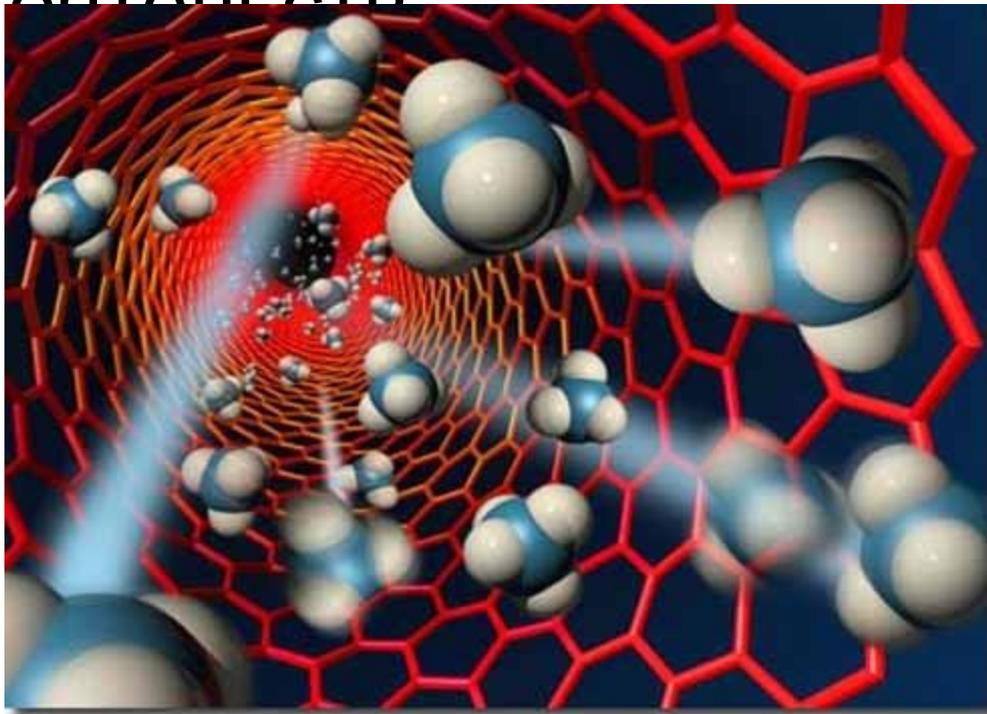
Лежащие в основе явления физические механизмы адекватно отражает сравнение электронного газа с волнами в жидкости. Как известно, волны отражаются от любого объекта на пути их распространения; если этот объект будет иметь ячеистую структуру, в каждой ячейке возникнет **стоячая волна**.

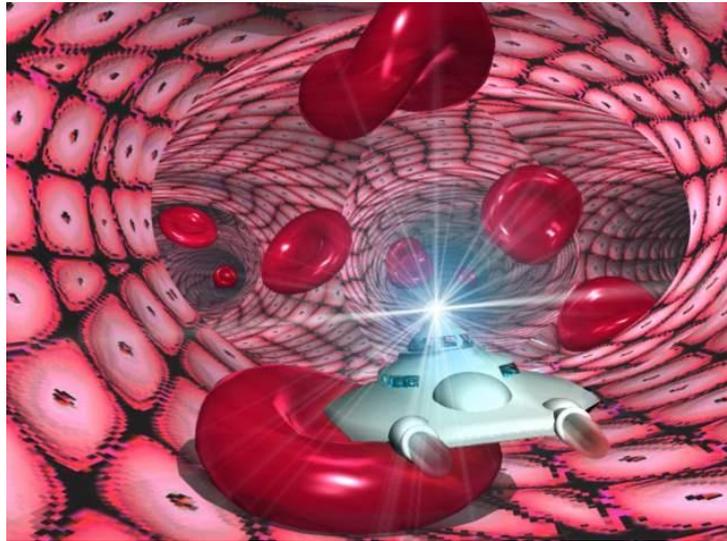
Результирующая волновая картина, таким образом, будет представлять некоторые характеристики (форму и размеры) встреченного препятствия; аналогичный процесс приводит к формированию электронной структуры нового материал

Варьируя параметры (высоту и диаметр ячеек) создаваемой сети, можно изменять характеристики материала. Кроме того возможно заполнить ячейки разными молекулами, что должно позволить управлять теми свойствами материала, которые зависят от электронной структуры (проводимостью, отражательной способностью



«Умные» наноматериалы -
материалы, активно реагирующие на
изменения окружающей среды и
изменяющие свои свойства в зависимости
от обстоятельств.

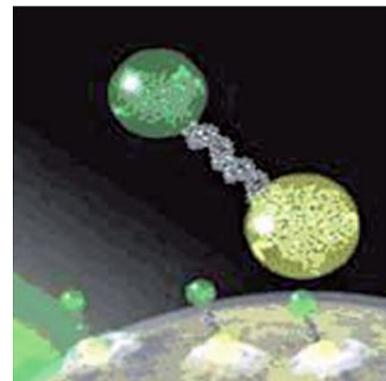




В планы ученых входит разработка «умных» лекарств, которые будут сами находить больную клетку, и действовать на нее, не задевая остальные. Благодаря ним получится, наконец, победить СПИД.

Наночастицы оксида цинка

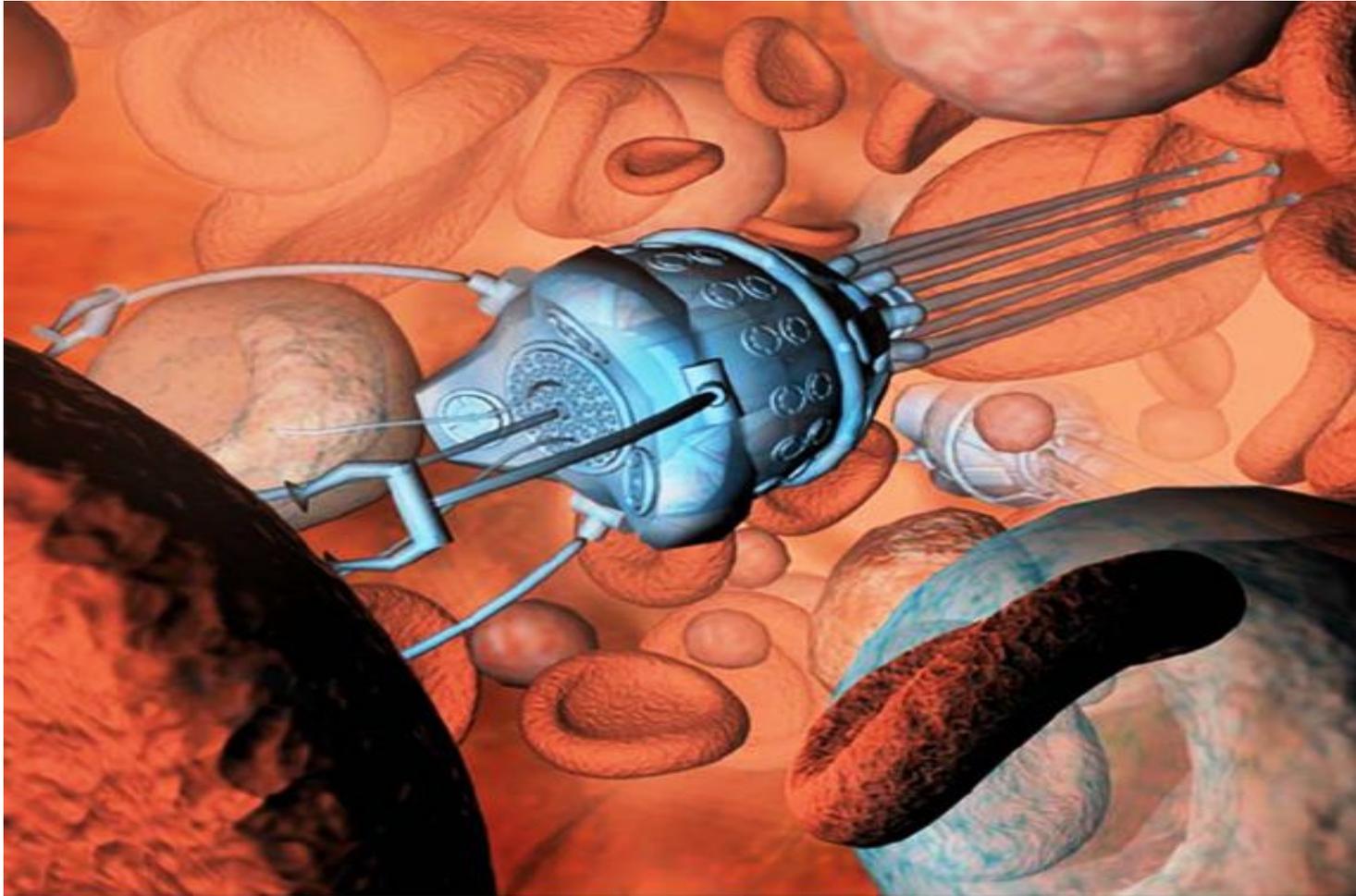
Наночастицы оксида цинка защищают от вредного воздействия УФ лучей. Их можно использовать при производстве очков, одежды, солнцезащитных кремов и пр. Кроме того, ими можно модифицировать ткани для камуфляжей и покрытий типа «стелс», невидимых в широком диапазоне частот.





Наночастицы диоксида кремния обладают удивительным свойством: если их нанести на какой-либо материал, то они присоединяются к его молекулам и позволяют поверхности отторгать грязь и воду. Нанопокрытия на основе этих частиц защищают стекла, плитку, дерево, камень и т.д. Частицы грязи не могут прилипнуть или проникнуть в защищаемую поверхность, а вода легко стекает с нее, унося любые загрязнения.

НАНОРОБОТЫ В КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЕ



Нанотехнологии позволят не только создать множество новой техники, но и усовершенствовать уже существующую. Например, в Японии успешно ведут опыты по внедрению в ноутбуки топливных ячеек, которые заменяют батареи. Ноутбук с такими ячейками способен проработать несколько суток без подзарядки.

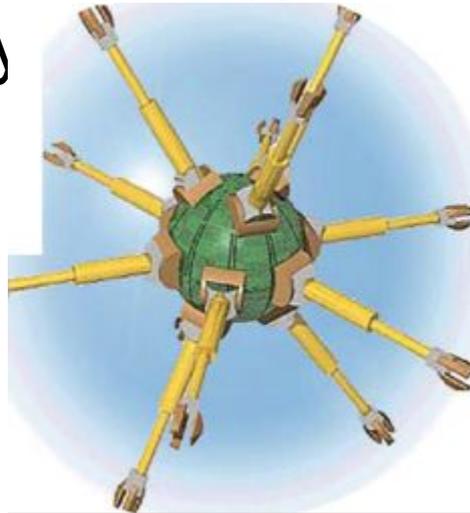
АССЕМБЛЕР

Ассемблер – это молекулярная машина, способная к саморепликации, которая может быть запрограммирована строить практически любую молекулярную структуру или устройство из более простых химических строительных блоков.

Главная задача ассемблера - соединение атомов и молекул в заданном порядке. Он должен уметь строить

Возможно, ассемблер будет чем-то похож на паука, при этом одними лапами он будет держаться за поверхность, а другими складывать сложные молекулярные структуры атом за атомом.

Наиболее популярная модель ассемблера



наиболее популярная модель наноробота

Рис . Внешний вид ассемблера

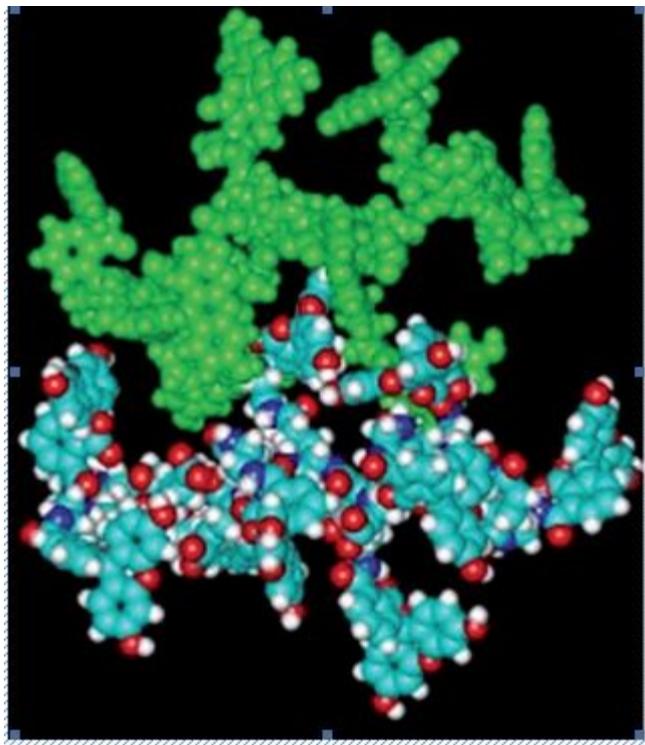


Рис. 44. Биомиметические
нано-материалы

0
б

Основу всех биомиметиков составляют искусственные белки. Подобно природным белкам, они также состоят из аминокислот, но синтезируются не рибосомой, а человеком. Причем если обычные белки имеют уникальную последовательность из 20 различных аминокислот, то белки для биомиметиков могут ограничиться одной многократно повторяющейся аминокислотой. Так получают аналоги белков - полиаминокислоты, построенные на основе одного элемента. Затем эти белковые блоки можно соединять между собой, «цеплять» к ним другие молекулы - красители, фотоактивные, электроактивные, люминесцирующие и т.д., - всякий раз получая материалы с новыми уникальными свойствами.

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ

Методы синтеза частиц можно разделить на 2 большие группы:

- диспергационные методы, или методы получения наночастиц путём измельчения обычного макрообразца;
- конденсационные методы, или методы «выращивания» наночастиц из отдельных атомов.

Диспергационный – это самый простой из всех способов создания наночастиц, своего рода «мясорубка» для макротел. Данный метод широко используется в производстве материалов для микроэлектроники.

**К конденсационным
способам получения
дисперсных систем
относятся *конденсация,
кристаллизация и
десублимация.***

Они основаны на образовании новой фазы в условиях пересыщенного состояния веществ в газовой или жидкой среде. Необходимым условием конденсации является пересыщение и неравномерное распределение веществ в дисперсионной среде (флуктуации концентрации), а также образование центров конденсации или зародышей.

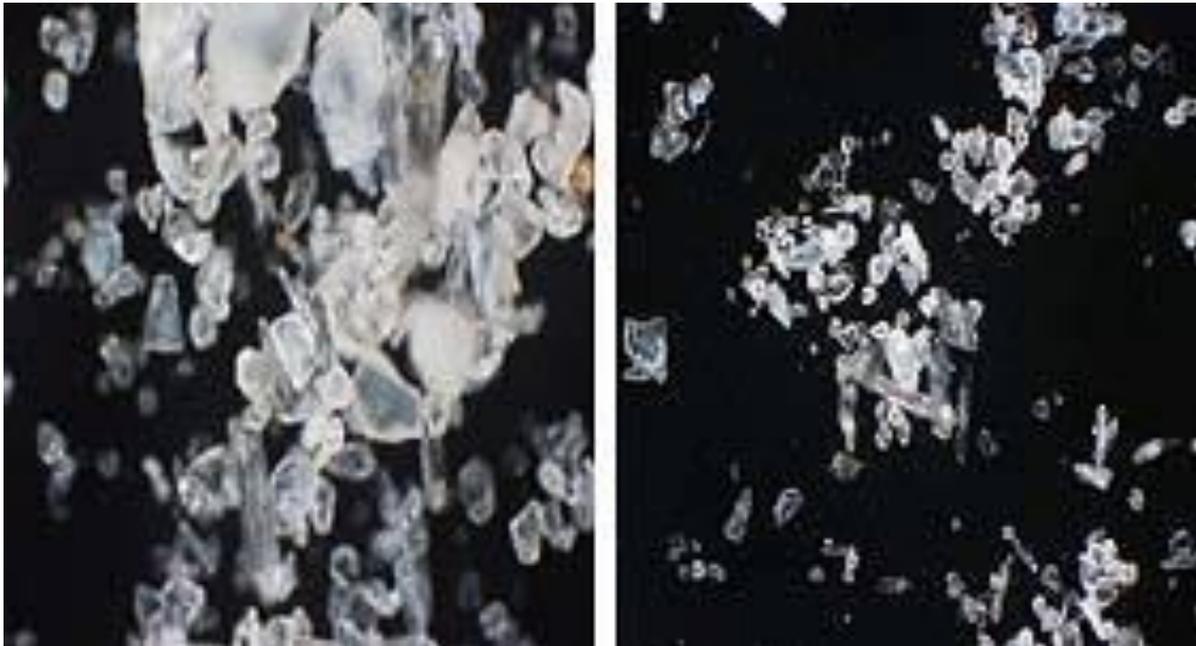
При этом система из гомогенной переходит в гетерогенную. Конденсация и десублимация характерны для газовой, а кристаллизация для жидкой среды.

Методы конденсации не требуют специальных машин и дают возможность получать дисперсные системы с меньшим размером частиц по сравнению с диспергационными методами.

При использовании конденсационных методов формируются частицы дисперсной фазы любых размеров.

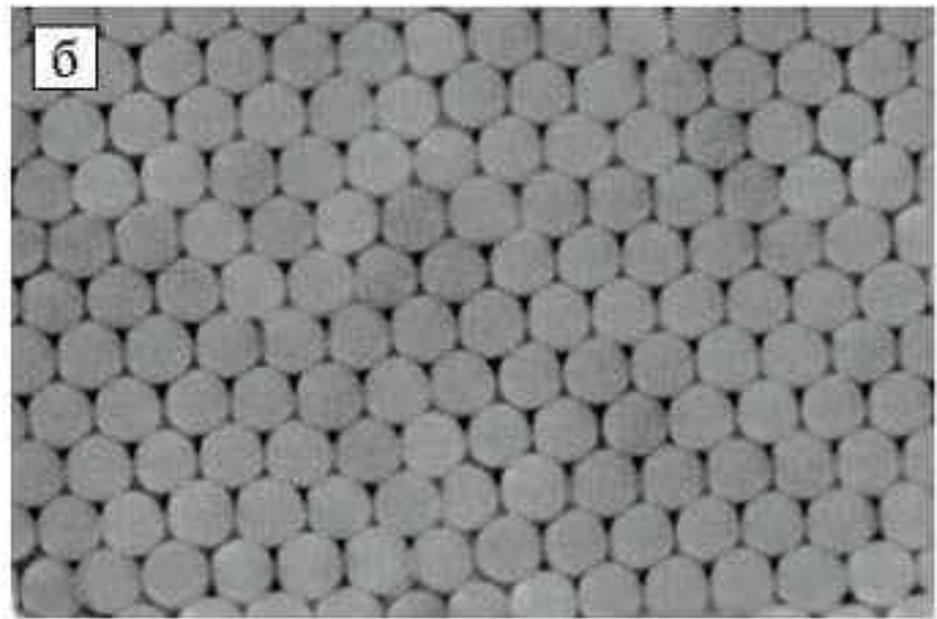
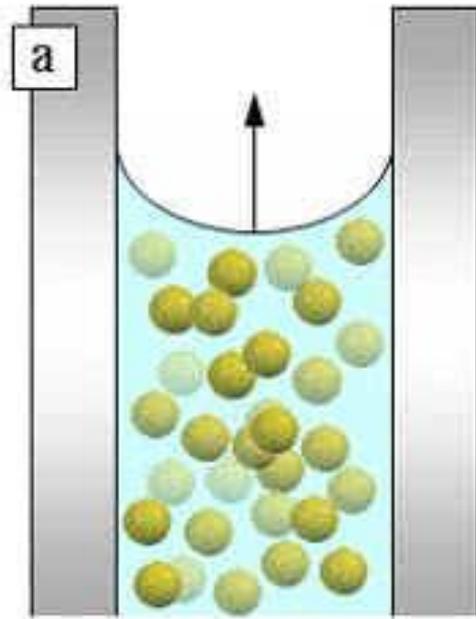
Нанодисперсии

Нанодисперсии – системы, состоящие из жидкой фазы с равномерно растворенными в ней наночастицами.



Тонкодисперсный порошок с размером частиц не более 10 микрон из природного слоистого минерала серпентинит, получаемого при помощи тщательного измельчения (в различных масштабах увеличения)

Спонтанная кристаллизация коллоидного раствора SiO_2



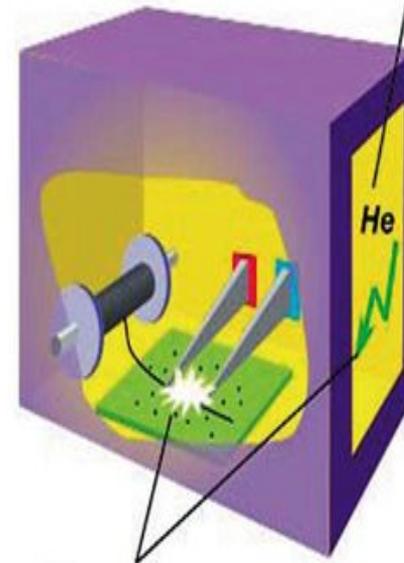
Электровзрывной метод получения наночастиц

Большие тугоплавкие электроды (чтобы они сами не сгорели вместе с проволочкой)



Сначала металлическая проволочка закрепляется между электродами

Всё происходит в атмосфере инертного газа (чтобы частицы не окислились)

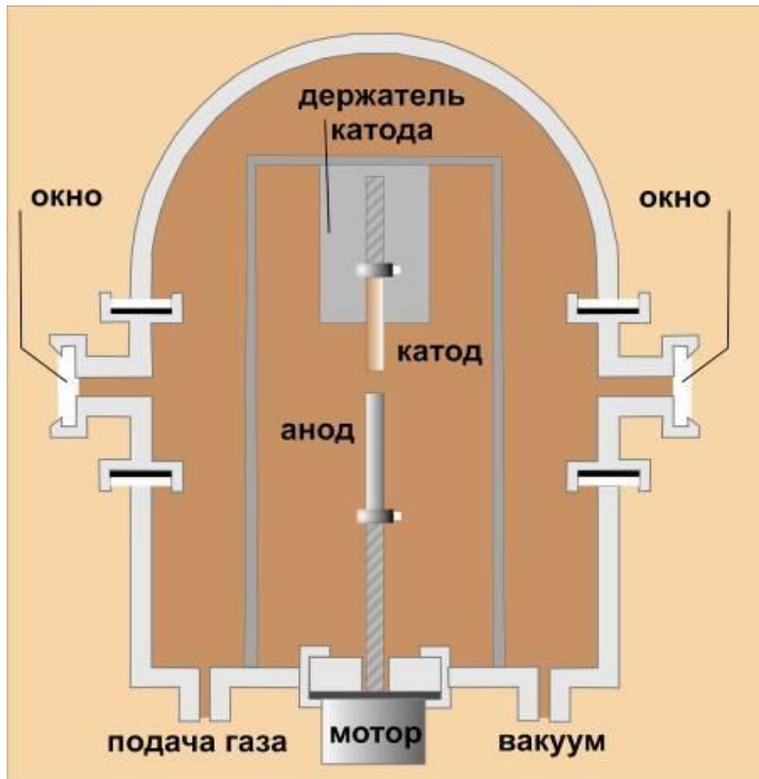


При подачи тока проволочка разлетается на наночастицы

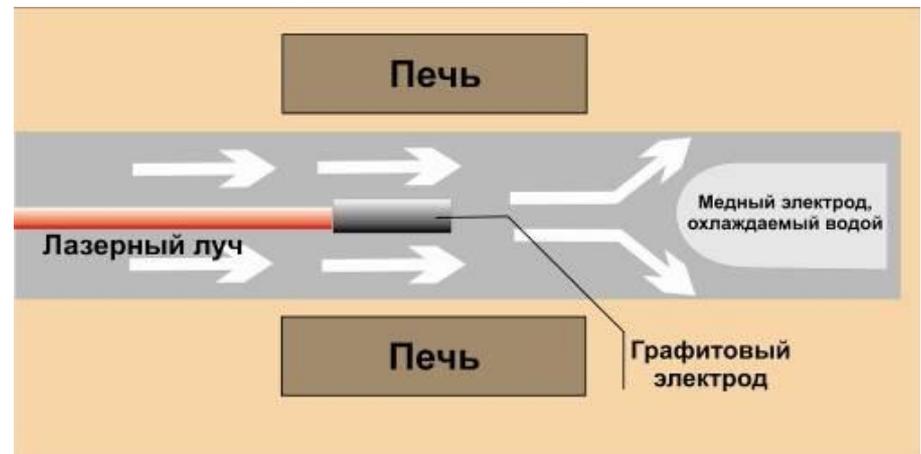
МЕТОД ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ПАРА

Это наиболее практичный и массовый способ получения углеродных нанотрубок основан на термохимическом осаждении углеродсодержащего газа на поверхности горячего металлического катализатора. Данный метод также получил название метода каталитического разложения углеводородов.

Получение углеродных наноструктур



а)



б)

Высокотемпературные методы выращивания УНТ:
а) в дуговом разряде; б) лазерным испарением

Схема установки для получения фуллеренов и нанотрубок химическим осаждением из пара



Углеродсодержащая смесь (обычно смесь ацетилена или метана с азотом) пропускается сквозь кварцевую трубку, помещенную в печь при температуре около 700–1000 градусов.

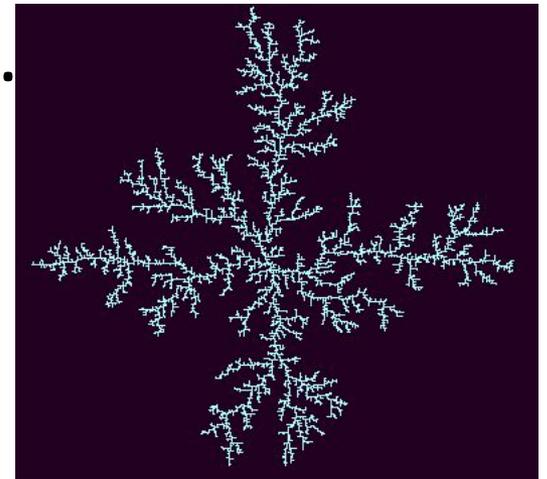
Важно отметить, что получение материалов в наноразмерном состоянии (1-100 нм) приводит не только к повышению их реакционной способности, но и к изменению целого ряда их физико-химических свойств, что в некоторых случаях может вызвать изменение механизмов различных реакций с участием таких систем.

Хорошо известно, что для многих металлов и полупроводников (Ag, Au, Pb, Sn, In, Bi, Ga, CdS) наблюдается сильное понижение температуры плавления при их переводе в наноразмерное состояние.

Двумерный «электронный метаматериал» создан путем «супрамолекулярной самосборки» на металлической поверхности. Электронные связи создаются за счет периодической нанопористой структуры

Получение фрактальных кластеров

Представим себе сферу (окружность в двумерном случае) достаточно большого радиуса на поверхности которой время от времени в случайных местах появляются частицы, которые затем диффундируют внутрь сферы.

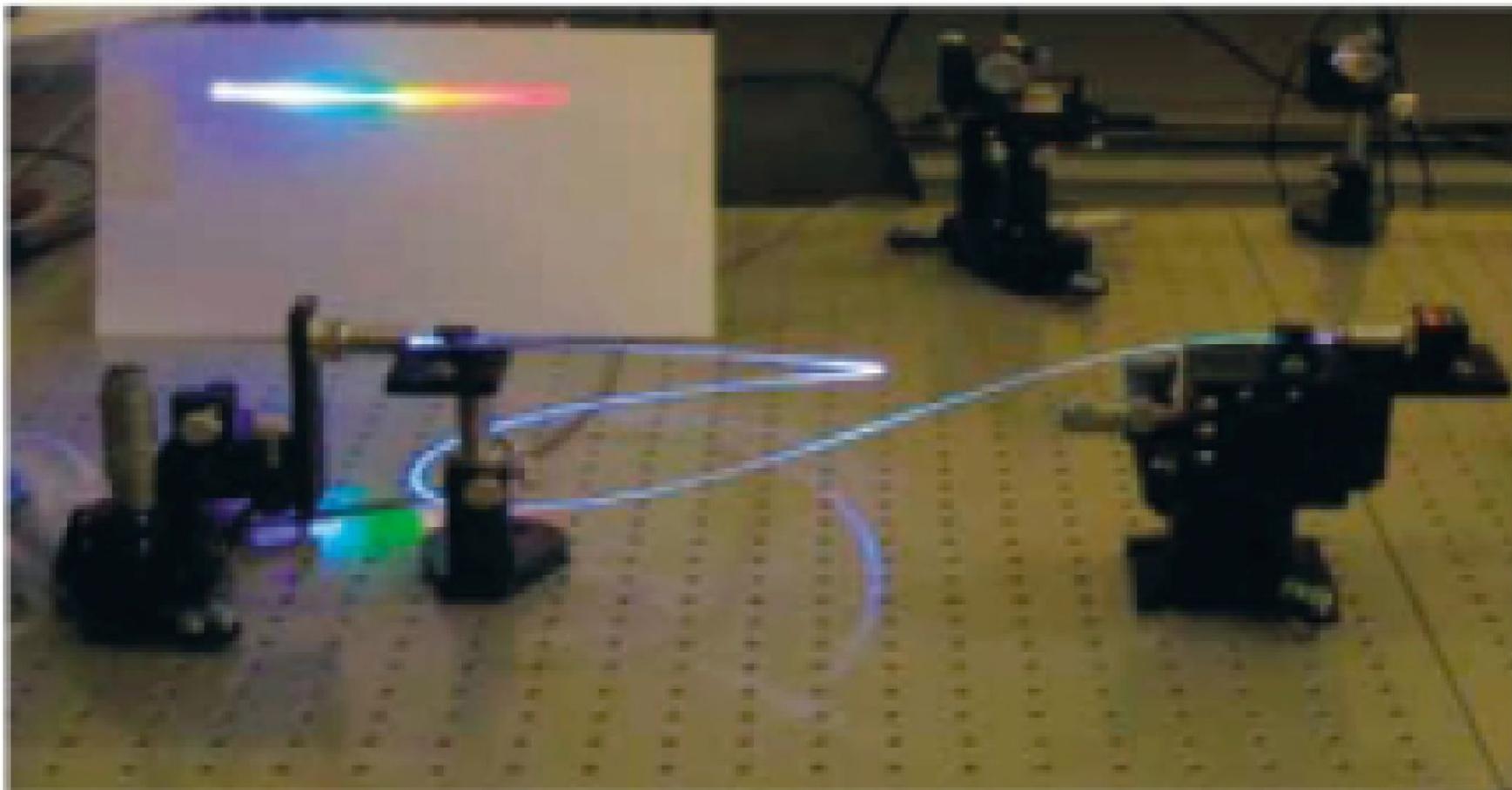


В центре сферы находится так называемый "зародыш". При столкновении с ним диффундирующая частица "прилипает" к нему и больше не движется. Затем с этим образованием сталкивается следующая, выпущенная с поверхности сферы частица, и так до бесконечности.

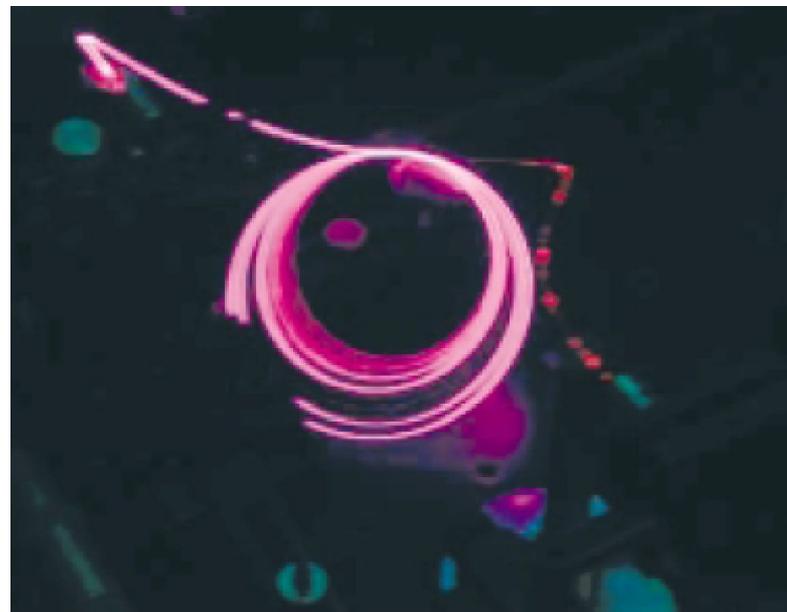
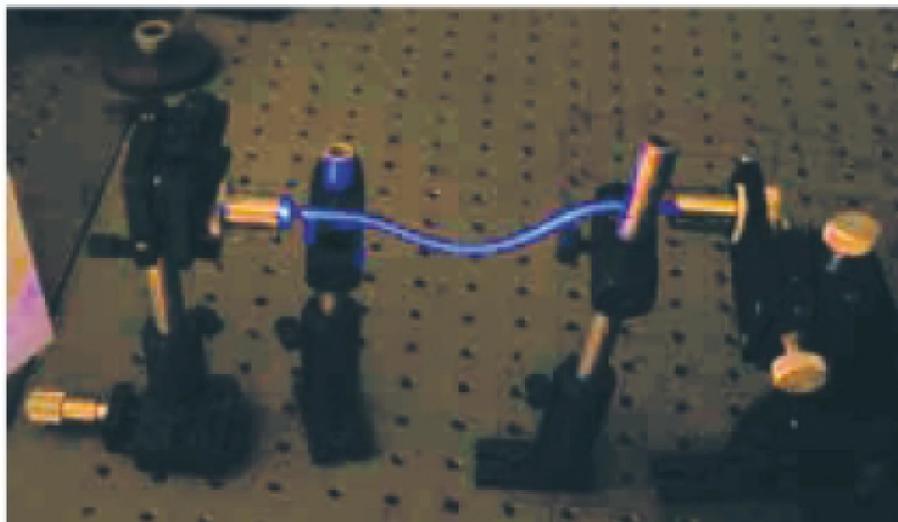
В результате образуется очень пористая структура. Большие поры внутри "экранируются" отростками достаточно большой длины. По мере роста структуры число пор и их размеры увеличиваются.

В природе подобные фрактальные кластеры встречаются очень часто. Так, например, растут кораллы, опухоли в живых организмах, обычная печная сажа, кристаллы из пересыщенного раствора, снежинки

Область применения – ВОЛОКОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ



Оптоволокно – самый быстрый и перспективный вид связи



Нанопокрyтия

- покрyтия , состоящее из полимерных слоев и наночастиц кварца (автомобильные стекла, зеркала для ванных комнат, линзы цифровых фотоаппаратов, спортивные очки и пр.)
- покрyтия на основе золь/гель – технологий (могут сделать лобовые стекла машин устойчивыми к появлению царапин)
- краска для внешних стен домов, которая «отталкивает» грязь и влагу
- многослойная бумага для струйных принтеров



Нанопокрyтие для автомобильного стекла. На верхнем рисунке обработана левая половина лобового стекла, на нижнем – правая

Катализаторы и фильтры

Наночастицы золота на пористом материале-носителе являются хорошим катализатором в автомобилях: даже при запуске холодного двигателя они разлагают оксиды азота и моноксид углерода до безвредных веществ.

Наночастицы золота могут также стать достойными катализаторами для топливных батарей.

В настоящее время испытываются свойства наночастиц золота предотвращать появление запахов. В небольших системах кондиционирования, например, в автомобилях, они могут предотвращать запахи, появляющиеся из-за присутствия в системе бактерий. Наночастицы золота уже используются в туалетах.

Исключительно важными в обработке жидкостей, а также в снабжении чистой питьевой водой становятся керамические мембраны с нанопорами. Такие мембраны позволят легко отфильтровывать бактерии и вирусы.

Нанотехнологии в медицине

-обеззараживание наночастицами серебра

Например, выпущены повязки для обеззараживания ран, содержащие наночастицы серебра. Наночастицы убивают даже те микроорганизмы, которые малочувствительны к стандартным антисептикам. Наночастицами серебра компания Samsung покрывает некоторые модели сотовых телефонов. Покрытие этими наночастицами барабана стиральной машины обеззараживает белье при стирке. Немецкие ученые ввели ионы серебра в одежду и постельное белье, которые рекомендуют использовать при экземе и других нарушениях кожного покрова.

-создание надмолекулярных лекарственных капсул

При помощи таких капсул большие дозы лекарств могут доставляться прямо в источник заболевания, не подвергая воздействию весь организм и сводя к минимуму побочные эффекты)

Нанотехнологии в парфюмерии и пищевой промышленности

Нанокапсулы, в которых содержатся полезные для кожи вещества, легко проникают внутрь клеток эпидермиса. Аналогично действуют кремы против болей в суставах и мышцах, появляющихся при интенсивных занятиях спортом.

Малые размеры нанокапсул в некоторых дезинфицирующих средствах позволяют им проникать через клеточные мембраны микроорганизмов, обеспечивая высокую эффективность при отсутствии побочных эффектов для человека.

В пищевой промышленности нанотехнология прежде всего поможет с помощью различных сенсоров контролировать качество и безопасность пищи. Наномембраны обеспечивают эффективную фильтрацию воды от примесей и микроорганизмов.

Нанотехнологии в производстве спортивных товаров

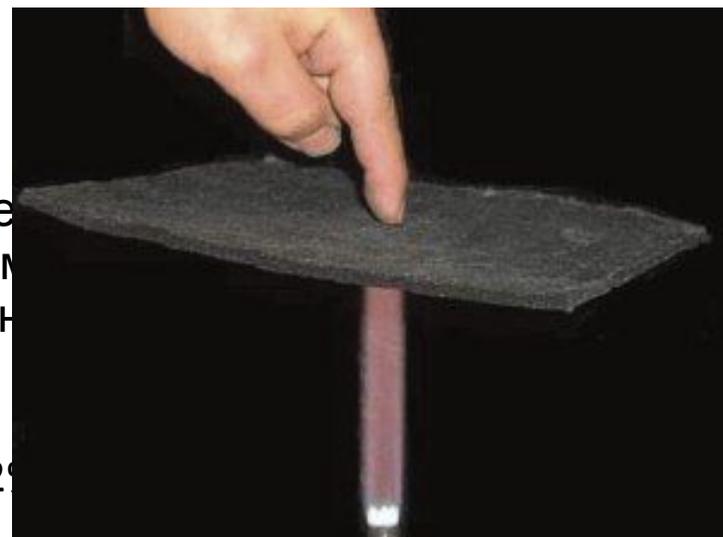
Успехи применения нанотехнологии в этой области связаны в основном с новыми материалами.

Для соревнований Tour de France-2005 изготовлен спортивный велосипед весом всего 1 кг. Его рама была сделана из композиционного материала на основе углеродных нанотрубок.

Производит клюшки для гольфа, которые на 12% жестче титановых и увеличивают дальность полета мяча на 13 метров.

Новым утеплительным материалом для обувных стелек пользуется одна из канадских лыжных команд. Материал состоит из полимера с нанопорами.

Мазь для лыж с использованием наночастиц позволяет им лучше скользить по снегу.



Теплоизолирующий материал Aspens Pyrogel AR5401

Одежда и обувь

Следует отметить «умную одежду» для опасных, экстремальных условий. Особая терморегулирующая одежда охлаждает тело в жару, а при понижении внешней температуры излучает тепло. Самым легким в мире материалом считают материал из аэрогеля, «абсолютный холод», который на 99,8% состоит из воздуха. Одежда из него предназначена для работ при температуре до -80°C .

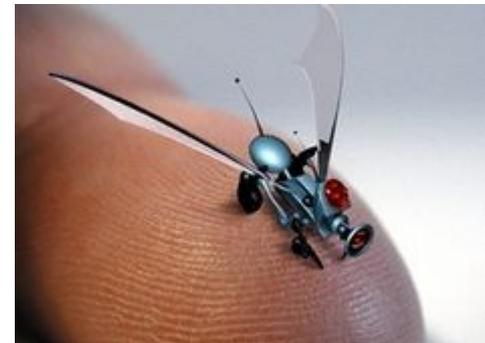
В ближайшее время обещают появление в магазинах костюмов, отгоняющих комаров и москитов, в жаркое время создающих охлаждающий эффект за счет выделения наночастиц ментола, а также носков, содержащих абсорбенты и благоухающих цветочным ароматом.

В Гонконгском политехническом университете для получения самоочищающихся тканей используют покрытие из наночастиц диоксида титана: на свету это покрытие расщепляет органические загрязнители.

Нанотехнологии в военном деле



Костюм солдата будущего



Оружие
будущих армий

Проекты на основе наноматериалов

учеными разработан материал, способный делать объекты невидимыми.

Правительство США планирует к 2018 году оснастить таким камуфляжем своих солдат.

Принцип работы костюма-невидимки будущего прост: он представляет собой наноматериал, в который встроены миниатюрные видеодатчики и светоизлучающие элементы. Каждый датчик, принимающий изображение из какой-либо точки, например, со спины, посылает видеосигнал на процессор, который перенаправляет его на соответствующий участок «экрана» спереди.

Материалы будущего



Демонстрация одного из опытных образцов костюма-невидимки...

При этом процессор моделирует траекторию луча таким образом, как если бы между принимающим датчиком и светоизлучающим элементом ничего не было. Это позволяет наблюдателю видеть предметы, которые фактически находятся за обладателем костюма.

Технологией интересуются хирурги, которым собственные руки и инструменты часто мешают видеть оперируемые органы. Летчики также будут не против «прозрачного» пола в кабине самолета, показывающего все детали посадки

УМНАЯ ПЫЛЬ

В 1998 году американские ученые из военного агентства DARPA выдвинули концепцию «умной пыли». Суть ее заключается в том, чтобы разбрасывать с самолетов над зоной боевых действий тысячи крошечных сенсоров-радиопередатчиков, которые незаметно для противника станут отслеживать все его перемещения и действия.