

# НАНОТЕХНОЛОГИИ

Александр Голлай

ПОНЯТИЕ

# Нанотехнологии

Нанотехнология — междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами.

# Нанотехнологии

Их поведение, благодаря высокоразвитой поверхности, сильно отличается от поведения и истинных растворов и расплавов, и объектов макромира. Как правило, такие эффекты начинают играть значительную роль, когда размер частиц лежит в диапазоне 1-100 нанометров: отсюда пришло замещение слова коллоидная физика, химия, биология на нанофизику и нанотехнологии, подразумевающая размер объектов, о которых идёт речь.

# Определение

1. В Техническом комитете ISO/TK 229 под нанотехнологиями подразумевается следующее:

- знание и управление процессами, как правило, в масштабе 1 нм, но не исключаящее масштаб менее 100 нм в одном или более измерениях, когда ввод в действие размерного эффекта (явления) приводит к возможности новых применений;
- использование свойств объектов и материалов в нанометровом масштабе, которые отличаются от свойств свободных атомов или молекул, а также от объёмных свойств вещества, состоящего из этих атомов или молекул, для создания более совершенных материалов, приборов, систем, реализующих эти свойства.

# Определение

2. Согласно «Концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года»

нанотехнология определяется как совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, хотя бы в одном измерении, и в результате этого получившие *принципиально новые качества*, позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.

# Современное состояние

Нанотехнология и в особенности молекулярная технология — новые, очень мало исследованные дисциплины. **Основные открытия, предсказываемые в этой области, пока не сделаны.** Тем не менее, проводимые исследования уже дают практические результаты. Использование в нанотехнологии передовых научных достижений позволяет относить её к высоким технологиям.

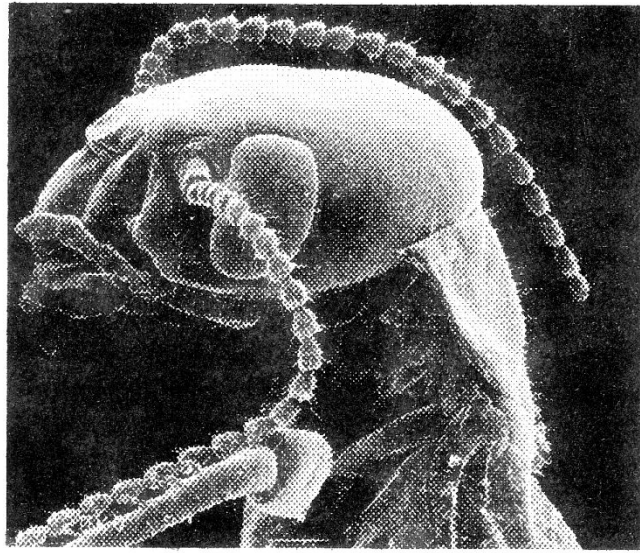
Развитие современной электроники идёт по пути уменьшения размеров устройств. С другой стороны, классические методы производства подходят к своему естественному экономическому и технологическому барьеру, когда размер устройства уменьшается ненамного, зато экономические затраты возрастают экспоненциально. Нанотехнология — следующий логический шаг развития электроники и других наукоёмких производств.



ИСТОРИЯ



# Предпосылки



- Николай Семенович Лесков 1831-1895  
Левша (Сказ о тульском косом левше и о стальной блохе)
- Последовательно возрастающая степень микроминиатюризации

# Ричард Фейнман «В том мире полно места»

1959г. - «В том мире полно места» (англ. «There's Plenty of Room at the Bottom»)

Ричард Фейнман предположил, что возможно механически перемещать одиночные атомы, при помощи манипулятора соответствующего размера, по крайней мере, такой процесс не противоречил бы известным на сегодняшний день физическим законам.

# Термин «нанотехнология»

Впервые термин «нанотехнология» употребил Норио Танигути в 1974 году. Он назвал этим термином производство изделий размером несколько нанометров.

# Термин

## «НАНОТЕХНОЛОГИЯ»

1980-х годах этот термин использовал Эрик К. Дрекслер в своих книгах: «Машины создания: грядёт эра нанотехнологии» («Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology») и «Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation». Центральное место в его исследованиях играли математические расчёты, с помощью которых можно было проанализировать работу устройства размерами в несколько нанометров.



продукты нано-2  
биотехнологии  
в медицине,  
сельском  
хозяйстве,  
экологии

наноструктуриро-  
ванные материалы  
различного  
назначения

тонкие пленки,  
приповерхностные  
слои,  
гетероструктуры

фуллерены,  
фуллериты,  
нанотрубки,  
композиты на их  
основе

элементарная база  
нанoeлектроники  
и компьютеров  
следующих  
поколений

интегрированные  
микроэлектро-  
механические  
устройства  
и нанороботы

## нанонаука и нанотехнология

компьютерное  
моделирование

квантовая  
теория

физическое  
материало-  
ведение

физика и  
химия  
поверх-  
ности

химичес-  
кий синтез

биохимия

молекуляр-  
ная  
биология

зондовые методы  
исследования и  
атомного дизайна

физика

химия

биология

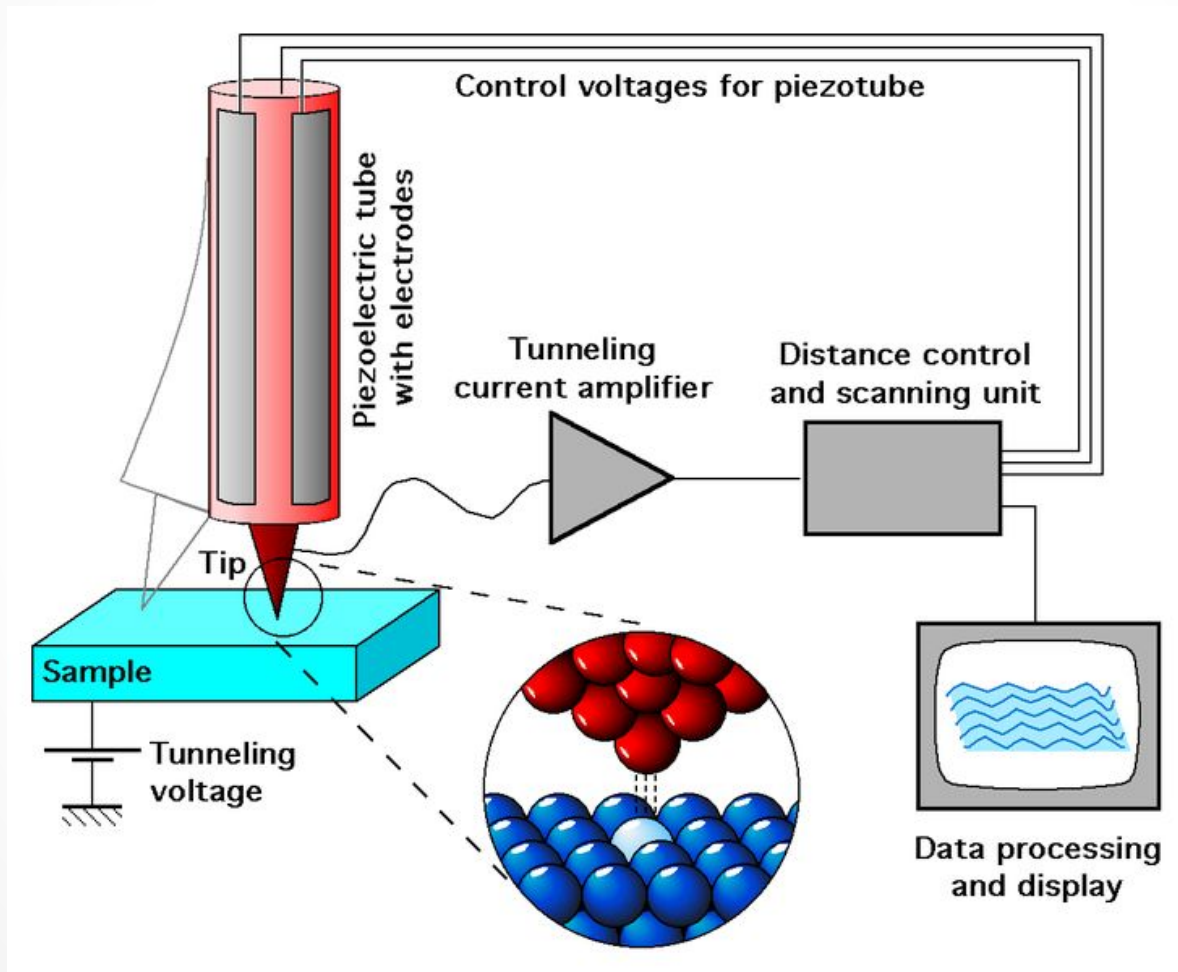
# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

# Сканирующая зондовая микроскопия

Процесс построения изображения основан на сканировании поверхности зондом. В общем случае позволяет получить трёхмерное изображение поверхности (топографию) с высоким разрешением.



# Сканирующая зондовая микроскопия

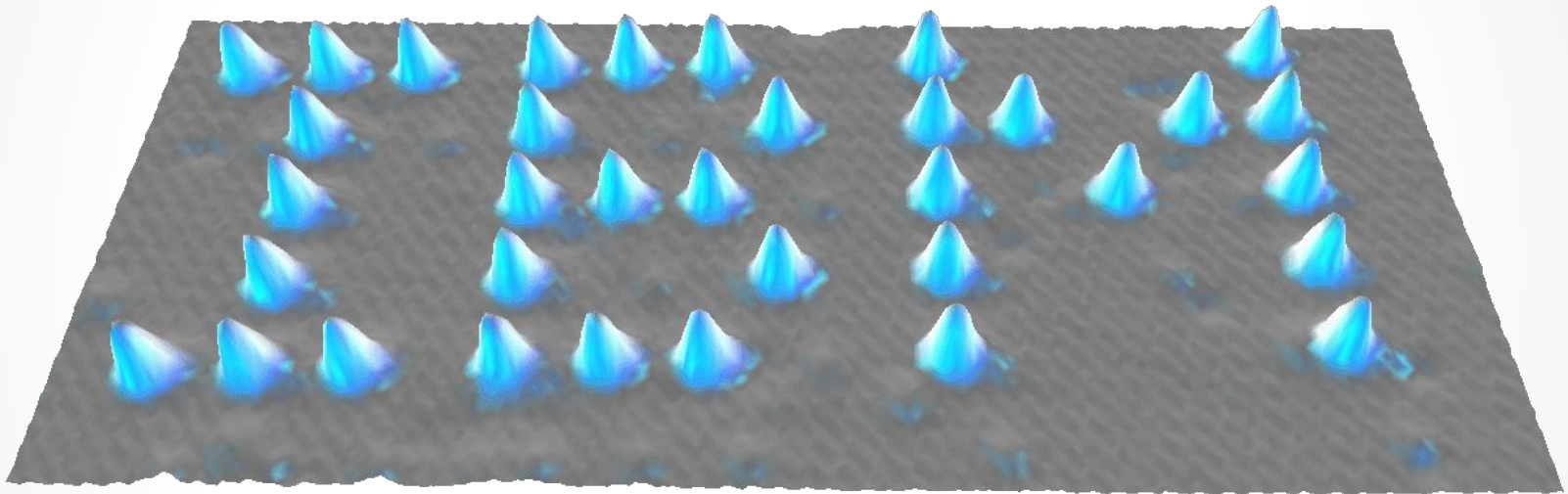




# Сканирующая зондовая микроскопия

С помощью сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) можно не только увидеть отдельные атомы, но также избирательно воздействовать на них, в частности, перемещать атомы по поверхности. Учёным уже удалось создать двумерные наноструктуры на поверхности, используя данный метод. Например, в исследовательском центре компании IBM, последовательно перемещая атомы ксенона на поверхности монокристалла никеля, сотрудники смогли выложить три буквы логотипа компании, используя 35 атомов ксенона.

# Predictions



D.M. Eigler, E.K. Schweizer. **Positioning single atoms with a scanning tunneling microscope.** *Nature* 344, 524-526 (1990).

# Сканирующая зондовая микроскопия

При выполнении подобных манипуляций возникает ряд технических трудностей. В частности, требуется создание условий сверхвысокого вакуума, необходимо охладить подложку и микроскоп до сверхнизких температур (4—10 К), поверхность подложки должна быть атомарно чистой и атомарно гладкой, для чего применяются специальные методы её приготовления.

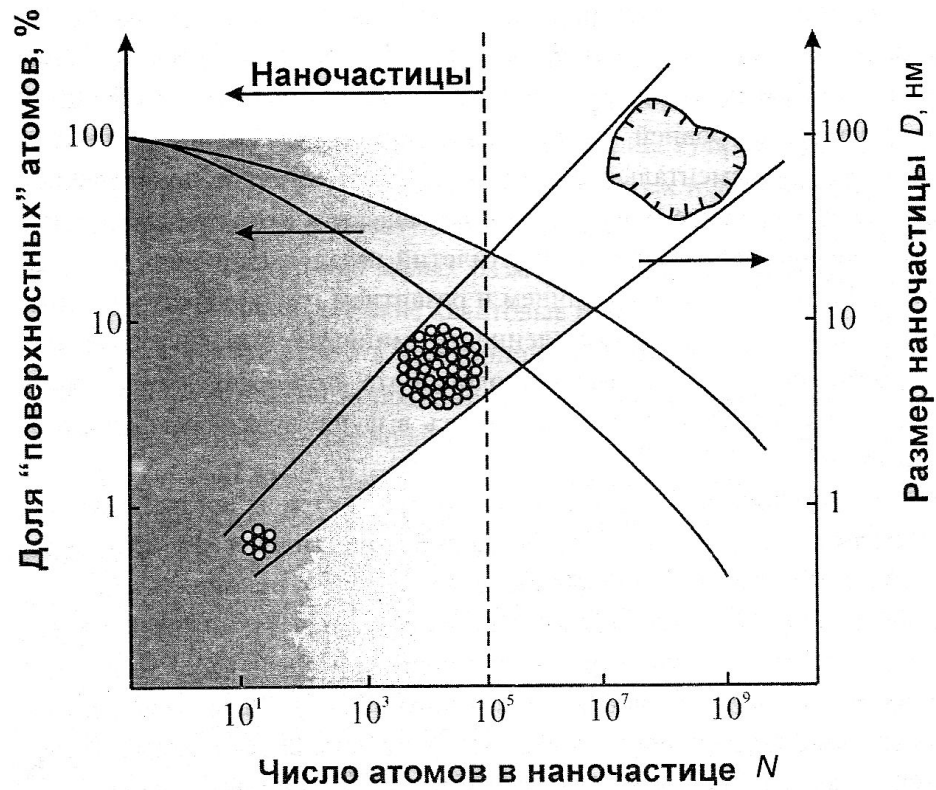
Охлаждение подложки производится с целью уменьшения поверхностной диффузии осаждаемых атомов, охлаждение микроскопа позволяет избавиться от термодрейфа.



# Наночастица

Современная тенденция к миниатюризации показала, что вещество может иметь совершенно новые свойства, если взять очень маленькую частицу этого вещества. Частицы размерами от 1 до 100 нанометров обычно называют «наночастицами».

# Наночастицы



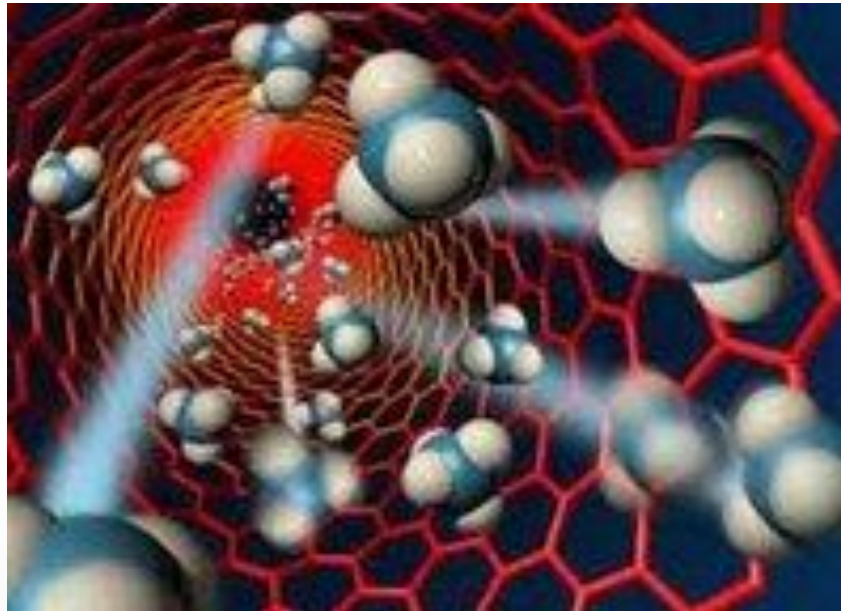
# 3 основных класса нанообъектов

- 1) трёхмерные частицы, получаемые взрывом проводников, плазменным синтезом, восстановлением тонких плёнок и т. д.;
- 2) двумерные объекты — плёнки, получаемые методами молекулярного наслаивания, CVD, ALD, методом ионного наслаивания и т. д.;
- 3) одномерные объекты — вискеры, эти объекты получают методом молекулярного наслаивания, введением веществ в цилиндрические микропоры и т. д.



# Наноккомпозиты

Также существуют наноккомпозиты — материалы, полученные введением наночастиц в какие-либо матрицы.



# Самоорганизация наночастиц

Одним из важнейших вопросов, стоящих перед нанотехнологией — как заставить молекулы группироваться определённым способом, самоорганизовываться, чтобы в итоге получить новые материалы или устройства. Этой проблемой занимается раздел химии — **супрамолекулярная химия**. Она изучает не отдельные молекулы, а взаимодействия между молекулами, которые способны упорядочить молекулы определённым способом, создавая новые вещества и материалы.





# Основные принципы нанотехнологии

- Предельная миниатюризация,
- Распределенная структура,
- Принцип построения системы «снизу-вверх»,
- Самоорганизация

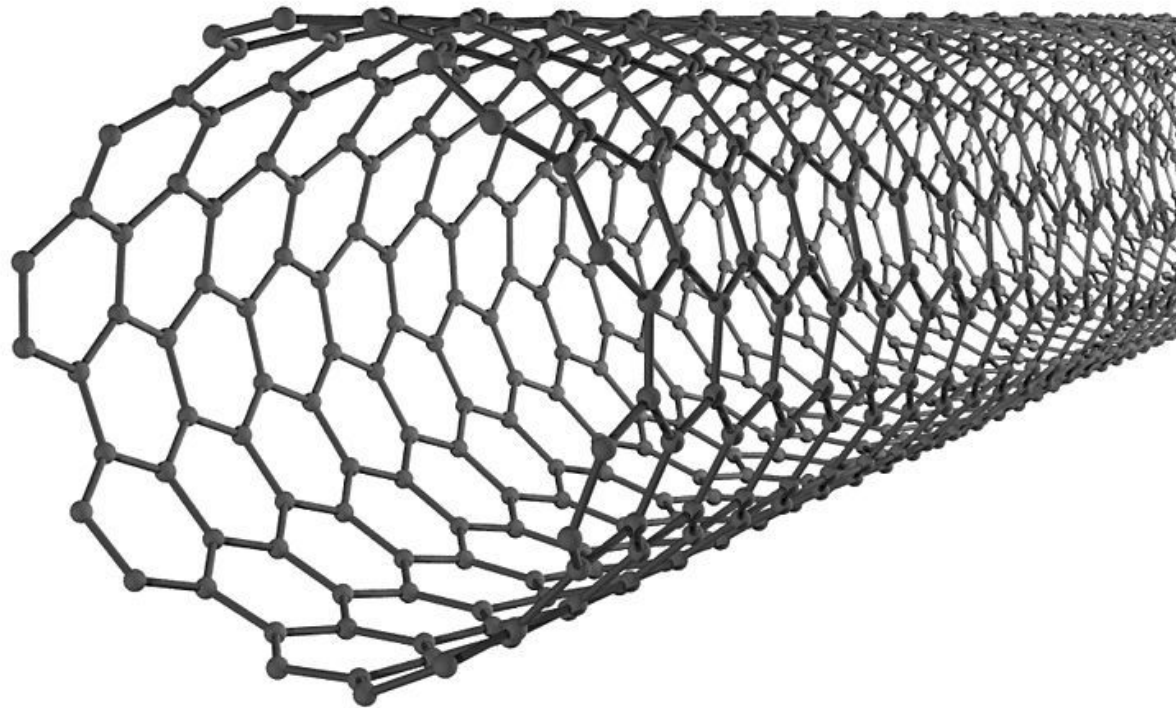
# НОВЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ

# Наноматериалы

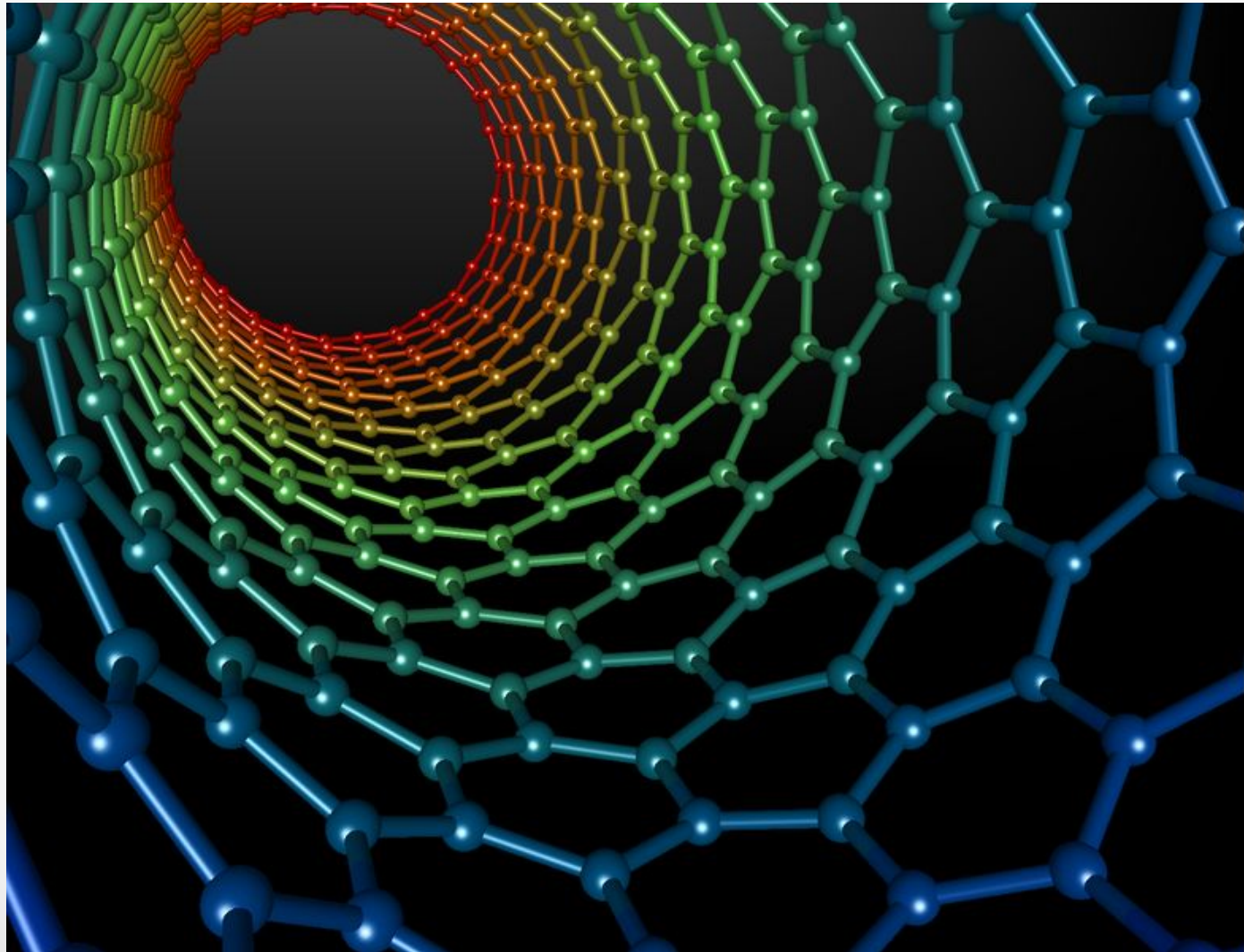
# Углеродные нанотрубки

**Углеродные нанотрубки** — протяжённые цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (**графенов**) и обычно заканчивающиеся полусферической головкой.

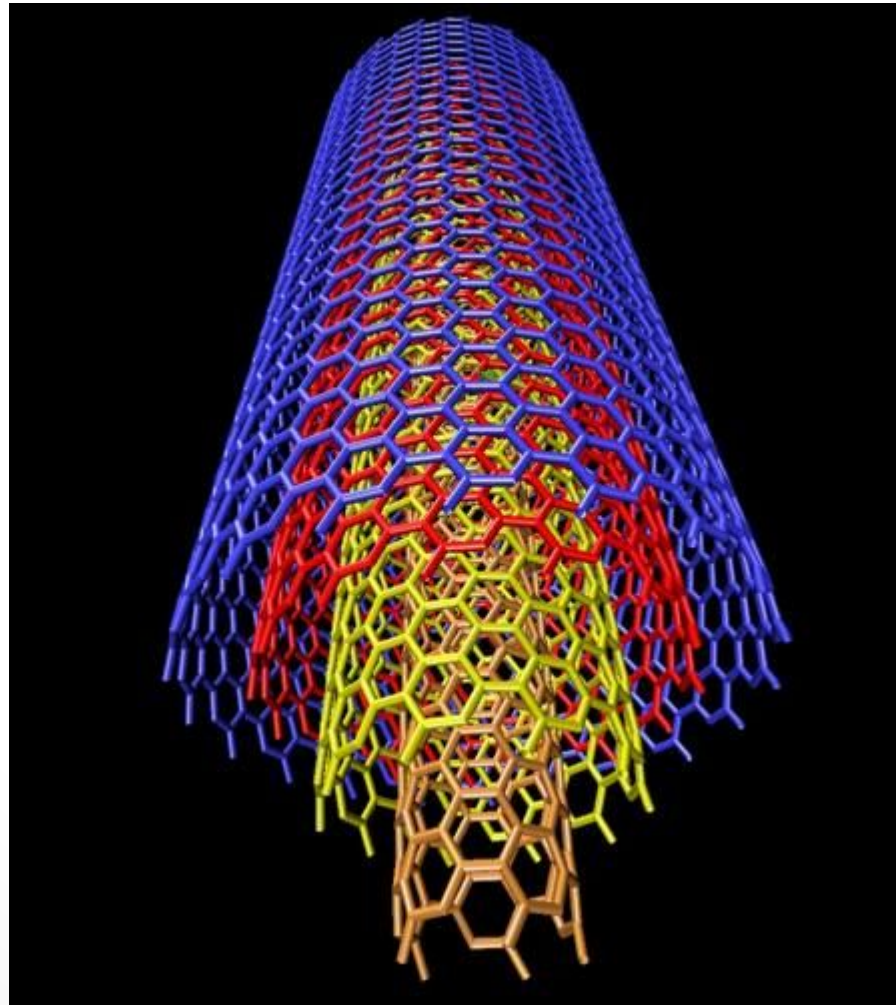
# Схематическое изображение нанотрубки



# Взгляд изнутри углеродных нанотрубок

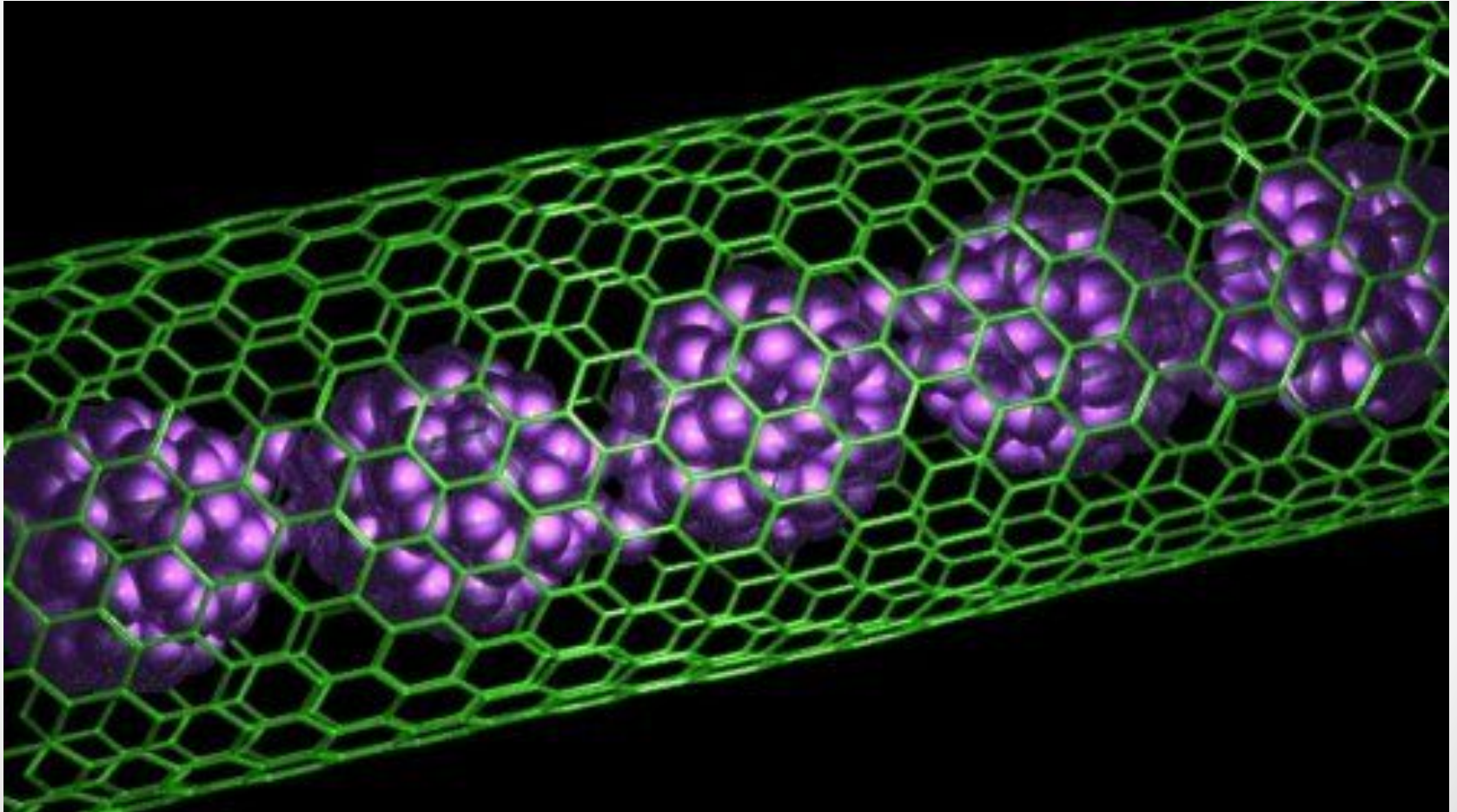


# Многослойная нанотрубка



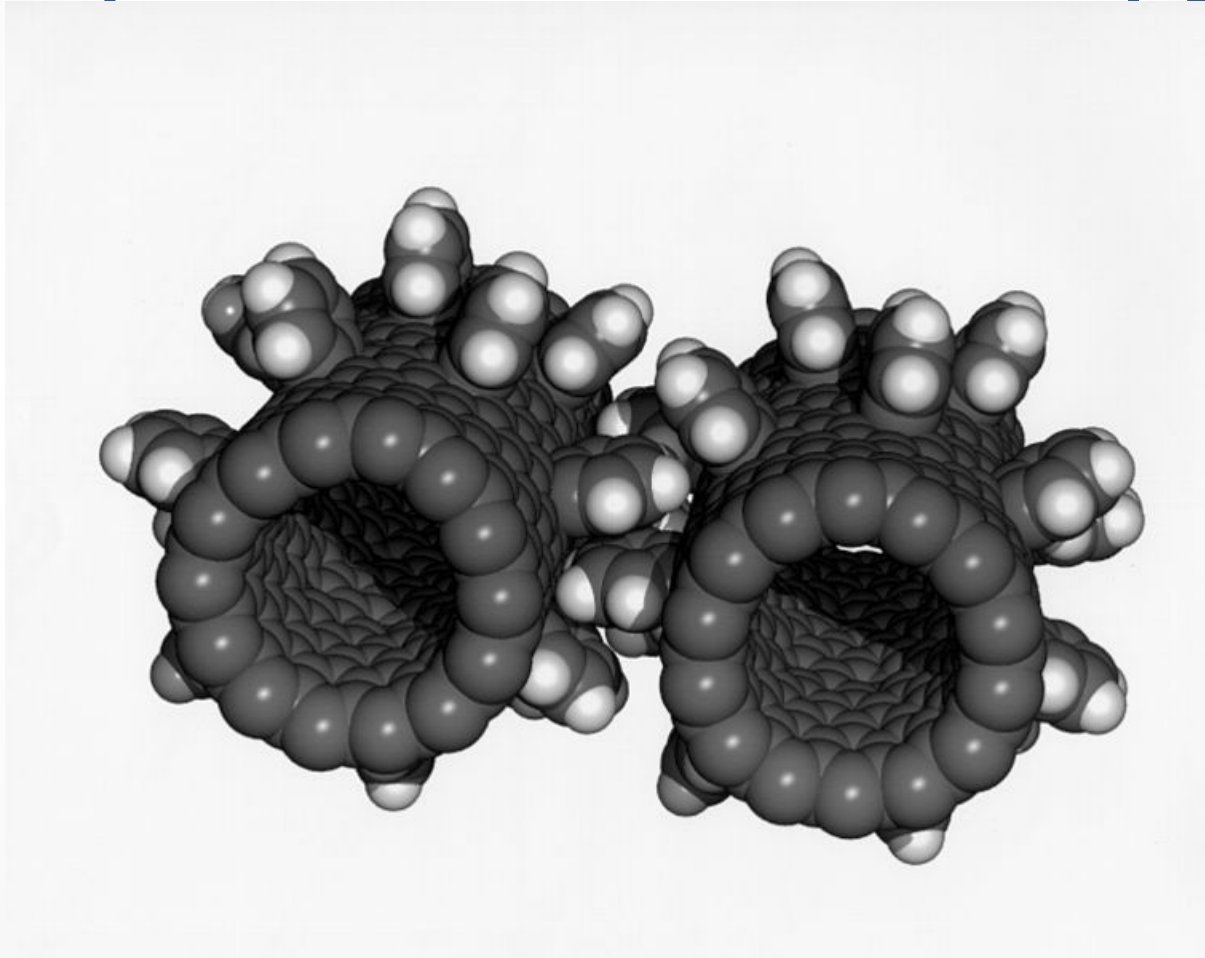


# Нанотрубка в качестве пробирки



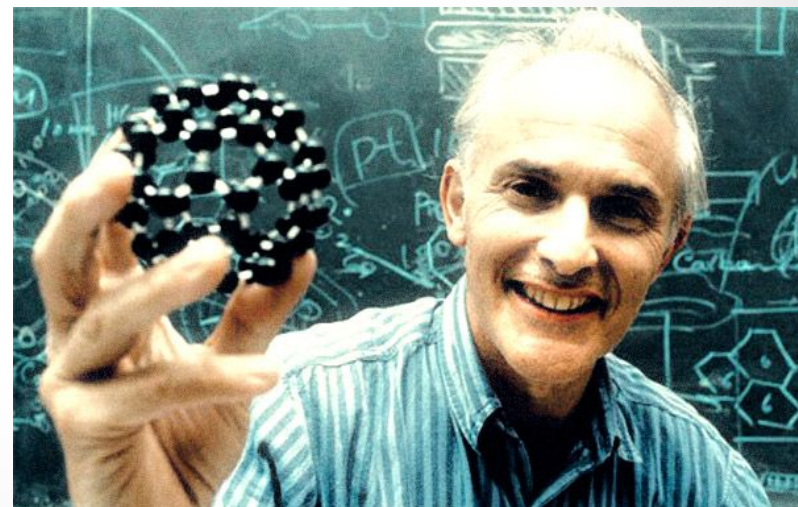


# Шестерни молекулярного размера на основе нанотрубок



# Фуллерены

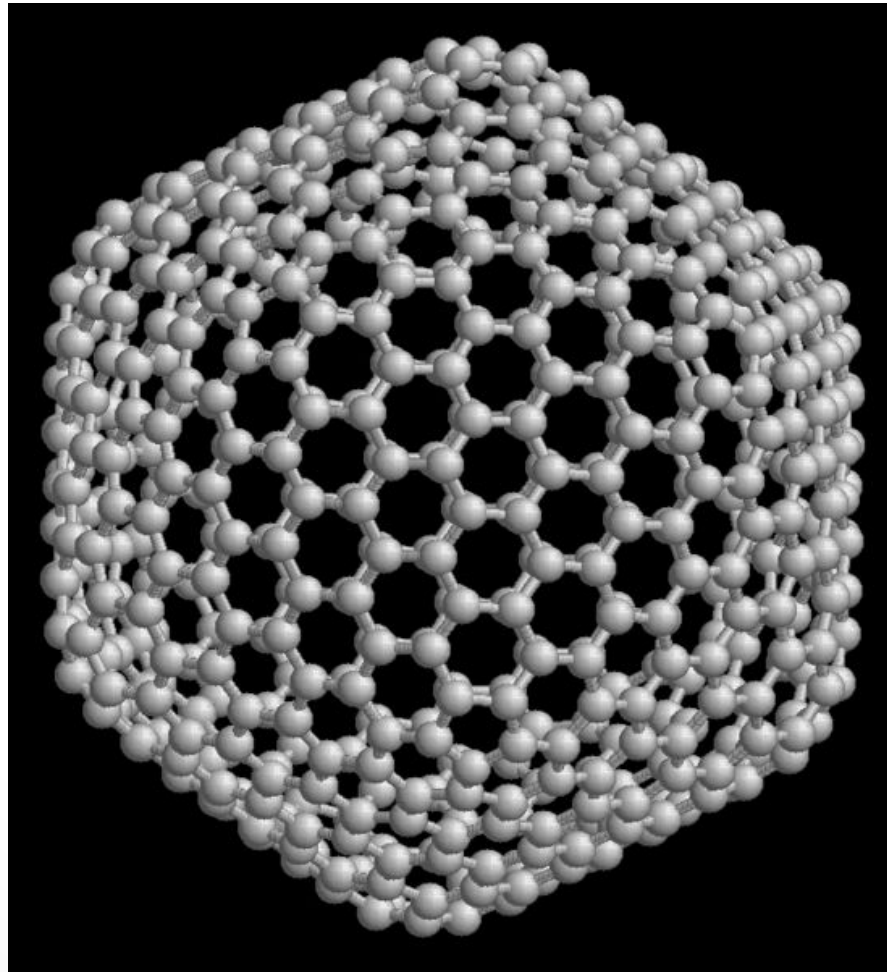
**Фуллерены** — молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода (другие — алмаз, карбин и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.



# Фуллерены

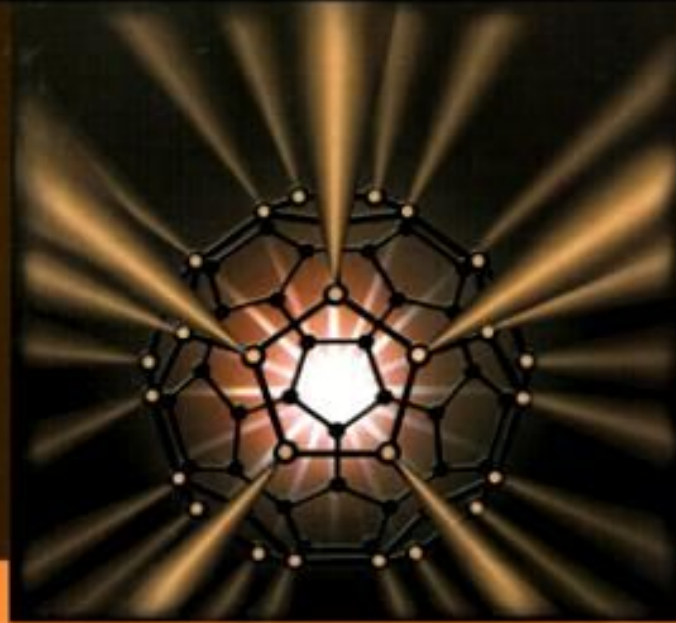


# Фуллерены



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

# ФУЛЛЕРЕНА



ЭКЗАМЕН



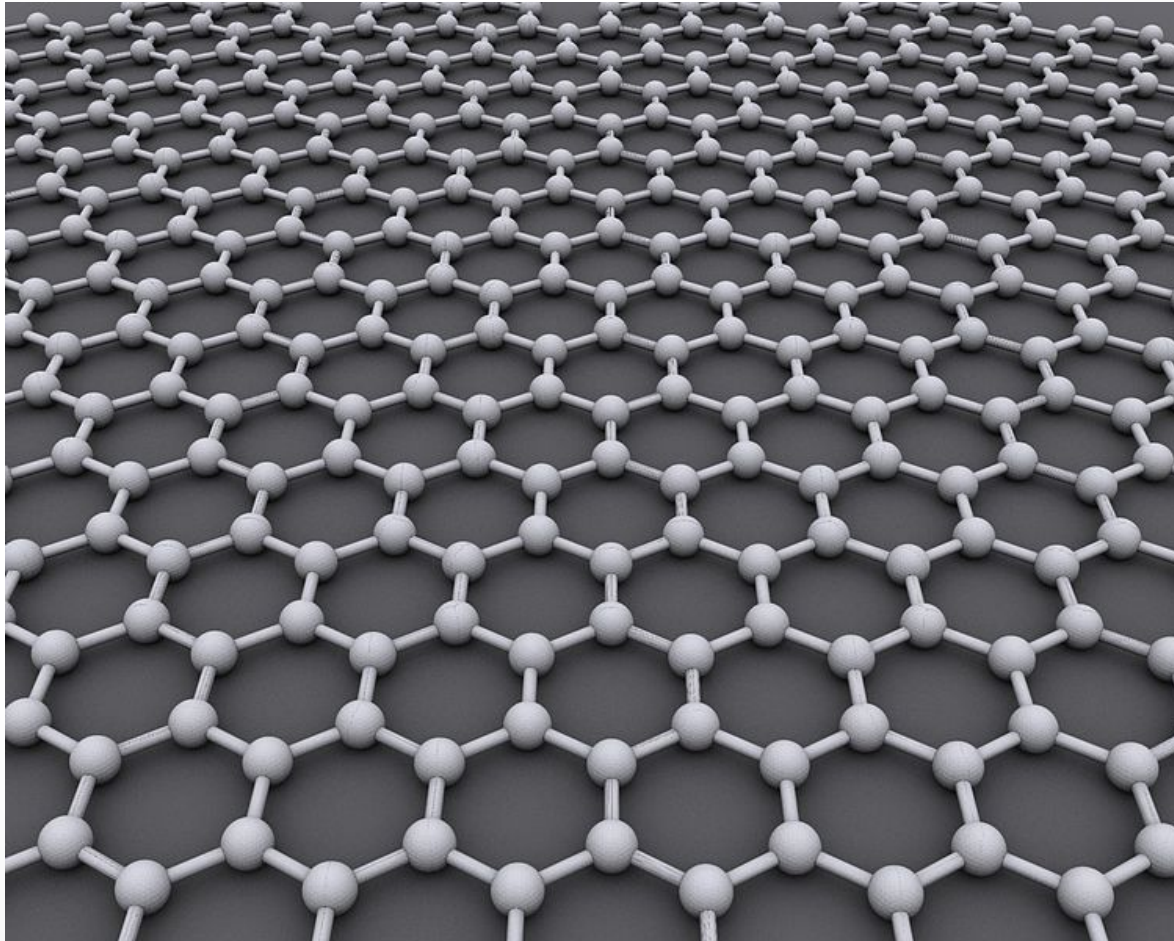


# Графен

Графен — монослой атомов углерода, полученный в октябре 2004 года в Манчестерском университете (The University Of Manchester). Носители зарядов в графене обладают высокой подвижностью при комнатной температуре, благодаря чему как только решат проблему формирования запрещённой зоны в этом полуметалле, обсуждают графен как перспективный материал, который заменит кремний в интегральных микросхемах.



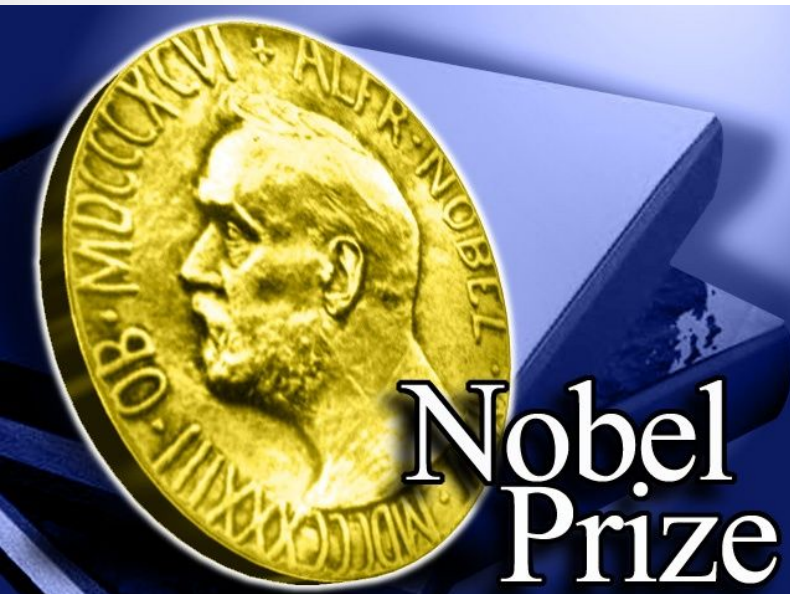
# кристаллическая структура графена



# Нобелевская премия 2010

## года по физике

- 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.



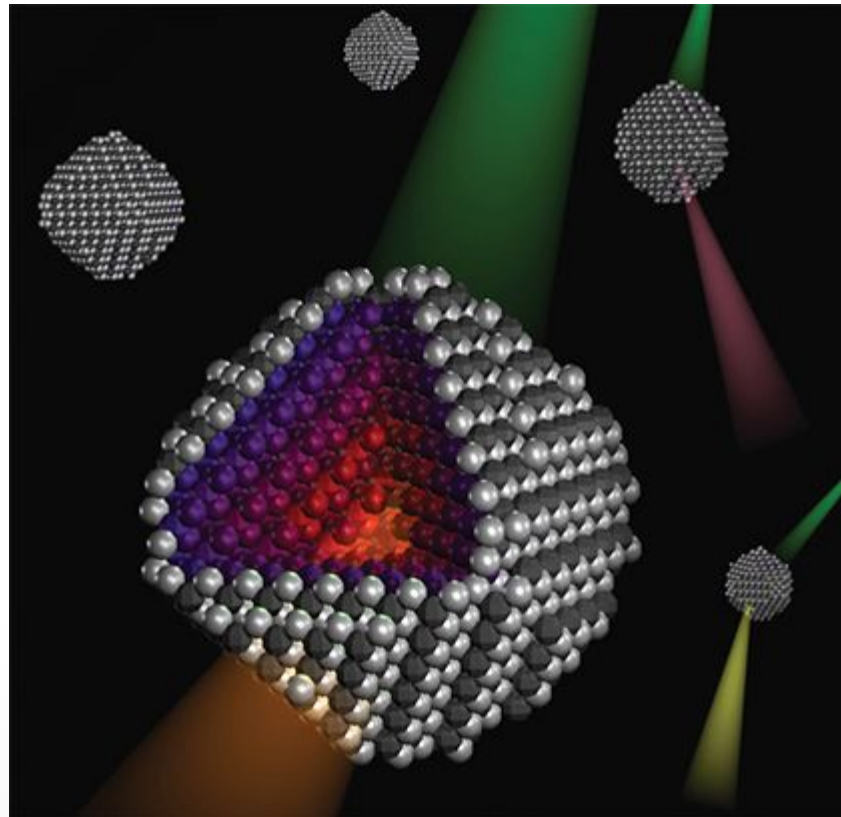


# Применение Графена

В Монреале на NanoTubes-2010 Samsung демонстрировал гибкие дисплеи с диагональю до 70 сантиметров, где один из проводящих электродов сделан из **ГРАФЕНА**. Ведь **графен** - это прозрачное вещество, обладающее высокой проводимостью. Другое направление, где находит применение **графен** – высокопроводящие прозрачные покрытия, это **фотоэлектроника**, солнечные батареи, где один из электродов должен быть прозрачным.

# Нанокристаллы

Нанокристалл - любая кристаллическая структура размерами в пределах нанометра.



# Наноаккумуляторы

**Наноаккумуляторы** — В начале 2005 года компания Altair Nanotechnologies (США) объявила о создании инновационного нанотехнологического материала для электродов литий-ионных аккумуляторов. Аккумуляторы с  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  электродами имеют время зарядки 10-15 минут. В феврале 2006 года компания начала производство аккумуляторов на своём заводе в Индиане.

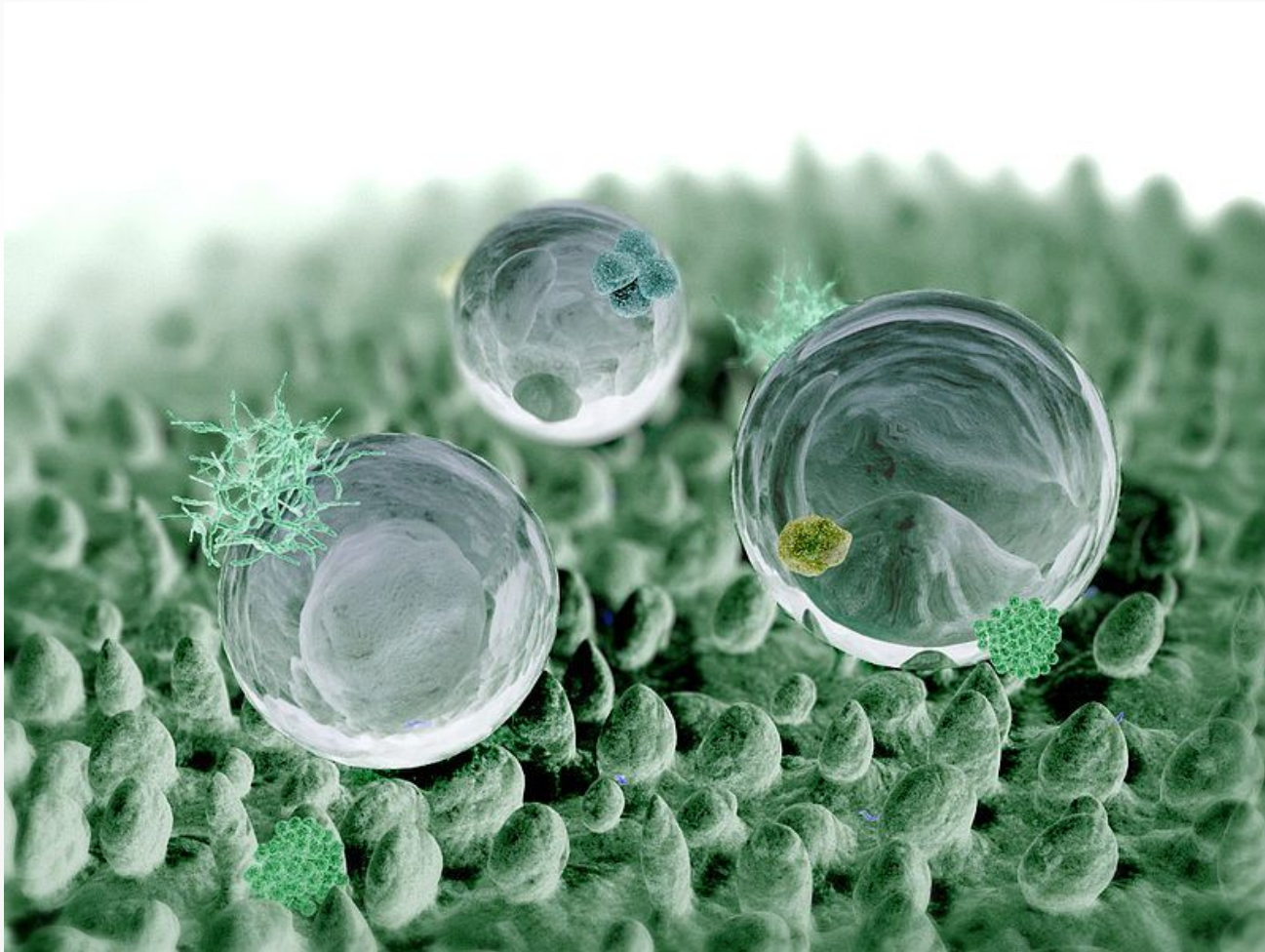
# Самоочищающиеся поверхности

Самоочищающиеся поверхности на основе эффекта лотоса.





# Эффект лотоса



ПРИМЕНЕНИЕ

# Наномедицина и химическая промышленность

- **ДНК-нанотехнологии** — используют специфические основы молекул ДНК и нуклеиновых кислот для создания на их основе четко заданных структур.
- Промышленный синтез молекул лекарств и фармакологических препаратов четко определенной формы (бис-пептиды).

# Компьютеры и микроэлектроника

Центральные процессоры

Жёсткие диски

Сканирующий зондовый микроскоп



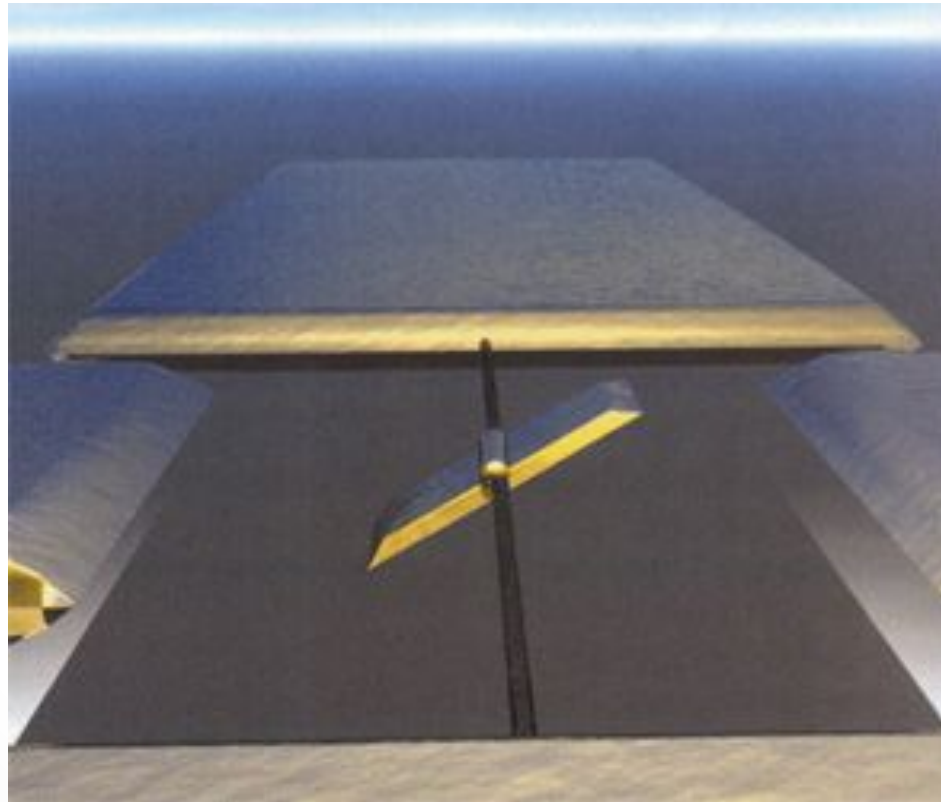
# Робототехника

Молекулярные роторы — синтетические наноразмерные двигатели, способные генерировать крутящий момент при приложении к ним достаточного количества энергии.

# Электромотор:

толщина  $\sim 100$  мкм, шпиндель –углеродная

нанотрубка



# Робототехника

- Нанороботы — роботы, созданные из наноматериалов и размером сопоставимые с молекулой, обладающие функциями движения, обработки и передачи информации, исполнения программ. Нанороботы, способные к созданию своих копий, то есть самовоспроизводству, называются репликаторами. Возможность создания нанороботов рассмотрел в своей книге «Машины создания» американский учёный Эрик Дрекслер.

Лечебная процедура: инъекция нескольких миллилитров раствора

(1-3 триллиона нанороботов)



