

ПРИНЦИПЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

*Есть время чего-то и время
всего; время большого и
время малого*

Мигель де Сервантес Сааведра

Карта технологических укладов по Кондратьеву



VI технологический уклад

Биотехнологии

Нанотехнологии

Проектирование живого

Вложения в человека

Новое природопользование

Роботехника

Новая медицина

Высокие гуманитарные технологии

Проектирование будущего и управление им

Технологии сборки и уничтожения социальных субъектов

V технологический уклад

Компьютеры

Малотоннажная химия

Телекоммуникации

Электроника

Интернет

IV технологический уклад

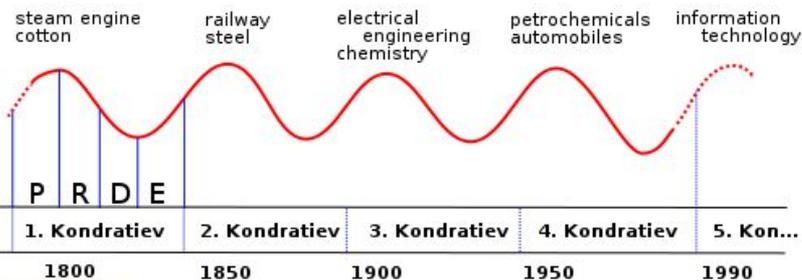
Массовое производство

Автомобили

Самолеты

Тяжелое машиностроение

Большая химия



P: prosperity
R: recession
D: depression
E: improvement

Инфратраектория циклов Кондратьева



XX век: дымящие трубы - символ индустриальной эпохи



XXI век: время нанотехнологий —
постиндустриальная эпоха



Наукоемкие технологии

фундаментальная наука + цифровые технологии

- микропроцессорные
- информационные
- лазерные
- плазмохимические
- ионно-лучевые
- телекоммуникационные
- космические
- биотехнологии



- НАНОТЕХНОЛОГИИ

Что же такое нанотехнология?

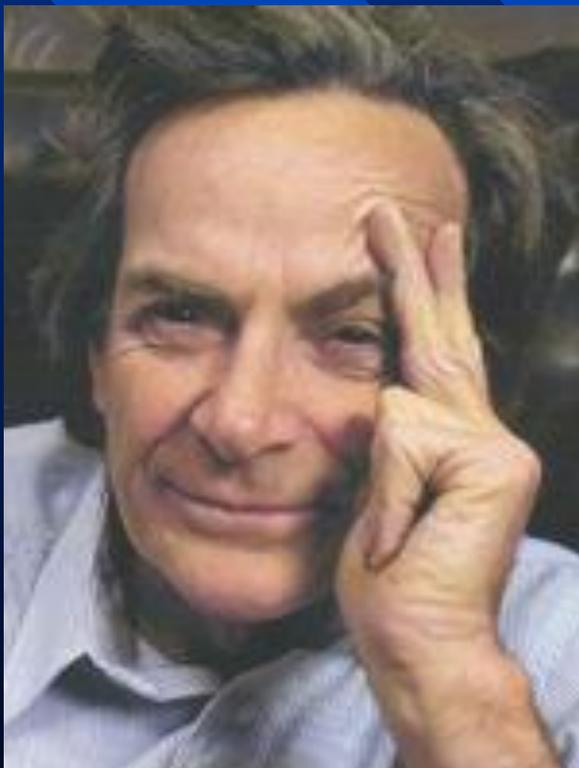
Нанотехнология – понятие, относящееся к широкому кругу технологий, которые измеряют, манипулируют и включают манипулируют, или включают в себя материалы и объекты, которые хотя бы в одном измерении находятся приблизительно между 1 и 100 нм, по своим свойствам отличающихся от макроскопических систем больших размеров.

Нанонаука – изучение материалов, процессов и устройств нанометровом диапазоне.

Терминологический стандарт E2456-06

Терминология для нанотехнологии «ASTM International»

The First Big Idea (1960 год)

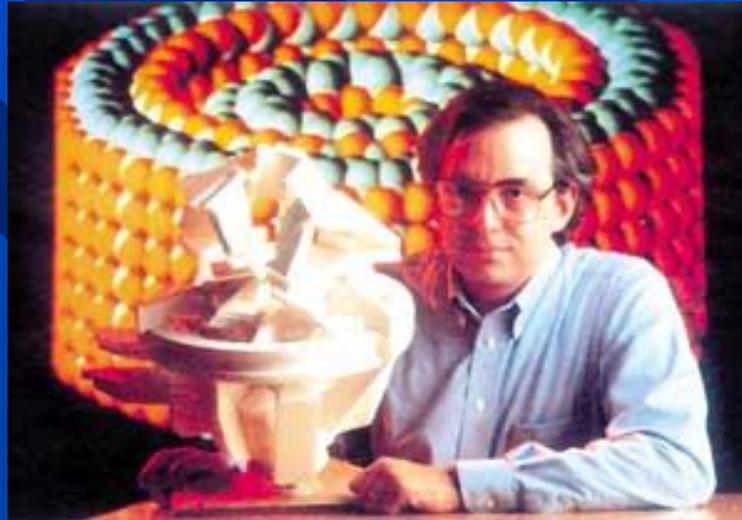


*“Внизу полным-полно места:
приглашение в новый мир физики...
...Когда-нибудь (например, в 2000 г.)
люди будут удивляться тому, что
до 1960 г. никто серьезно не
относился к исследованию
наномира...”*

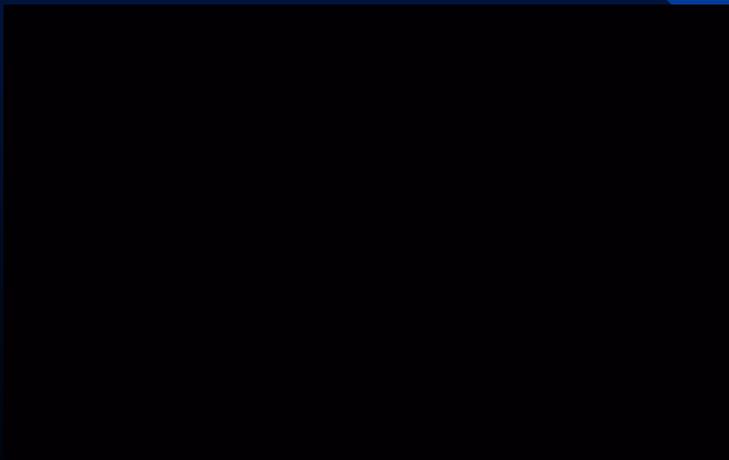
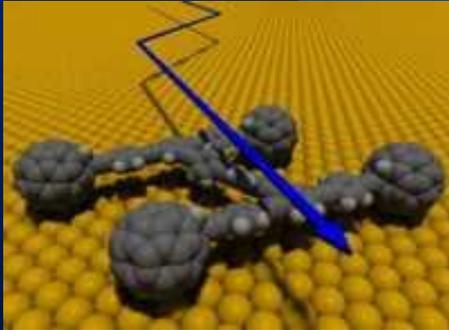
1960 год

Ричард Фейнман, лауреат
Нобелевской премии 1965 г.

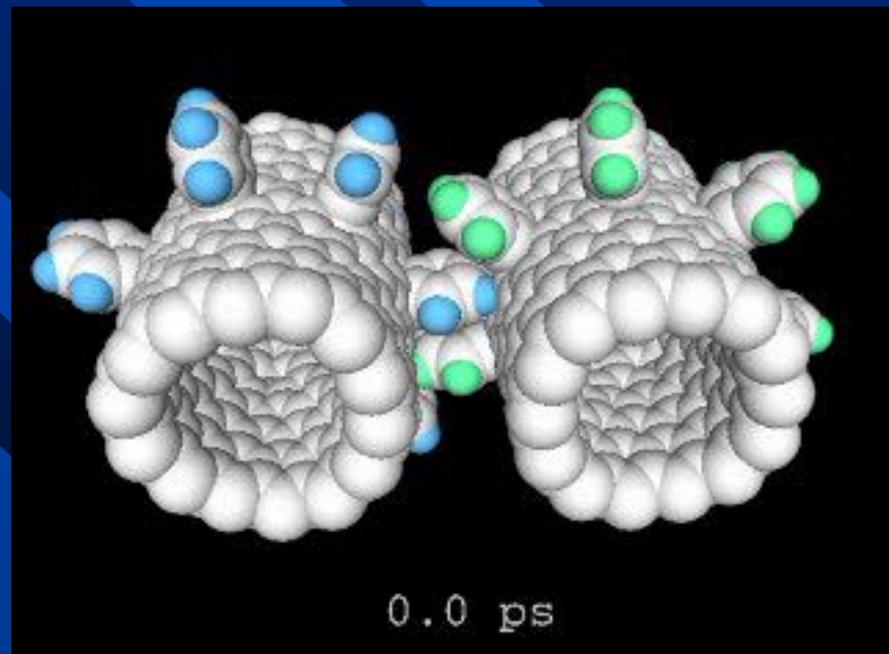
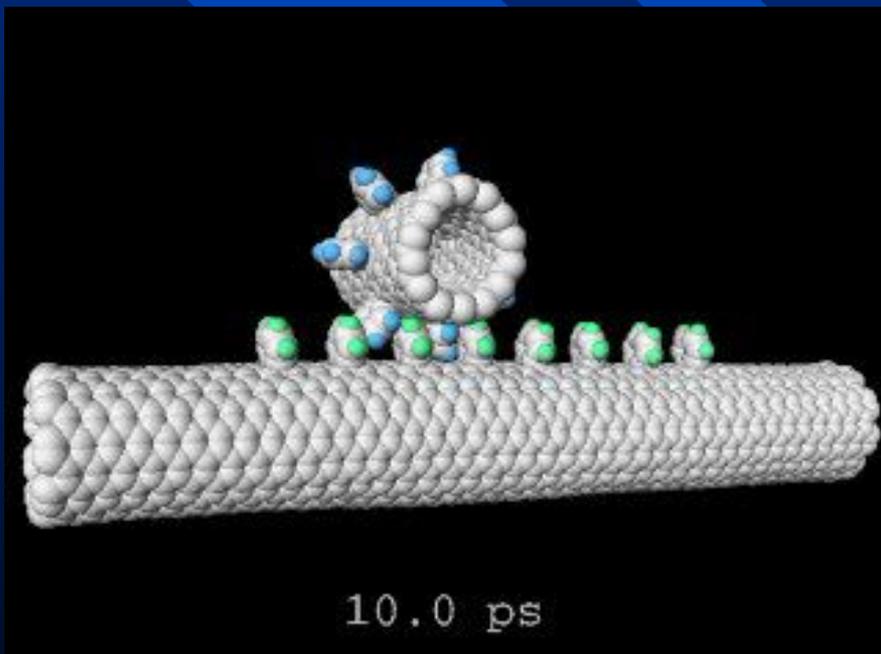
The Next Big Idea (1970 год)



Эрик Дрекслер



Наномашины



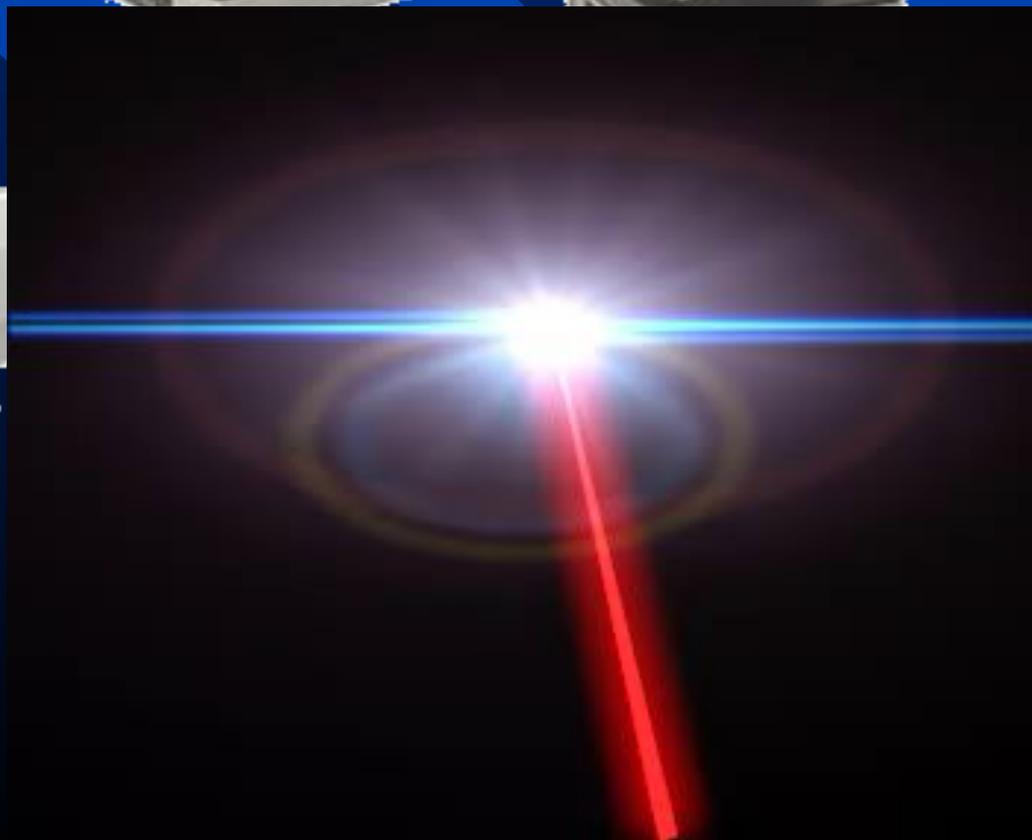
**Первая Нобелевская премия по физике в
области нанотехнологий (1986 год) –
Сканирующая туннельная микроскопия**



Генрих Рорер и Герд Биннинг

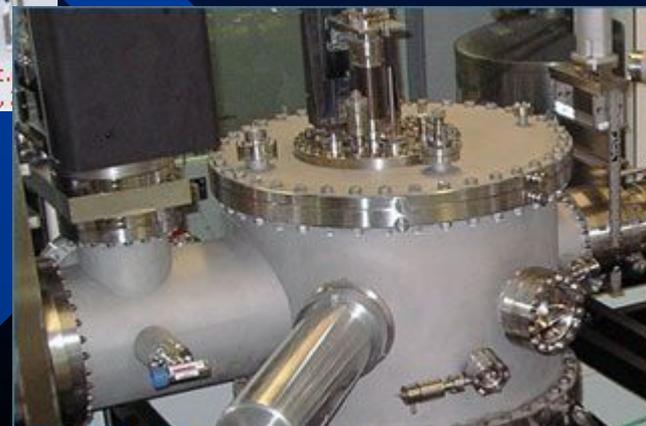
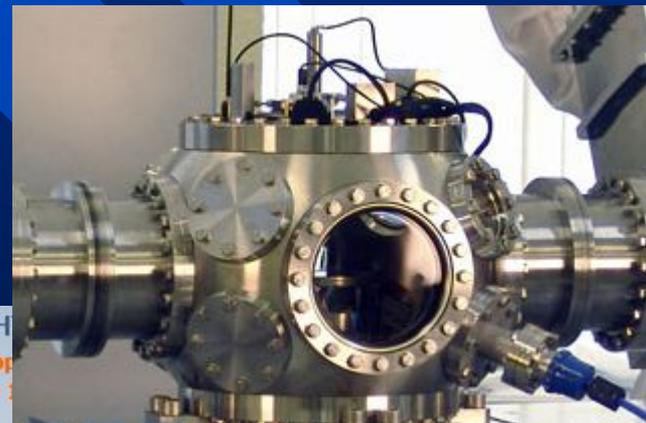
Сотрудники исследовательского отдела фирмы ИВМ,
Цюрихская научная лаборатория, Рюмликон, Швейцария

Главный инструмент нанотехнологии – сканирующая зондовая микроскопия



Нанофабрика

фирма NT-MDT, Зеленоград (2008 год)

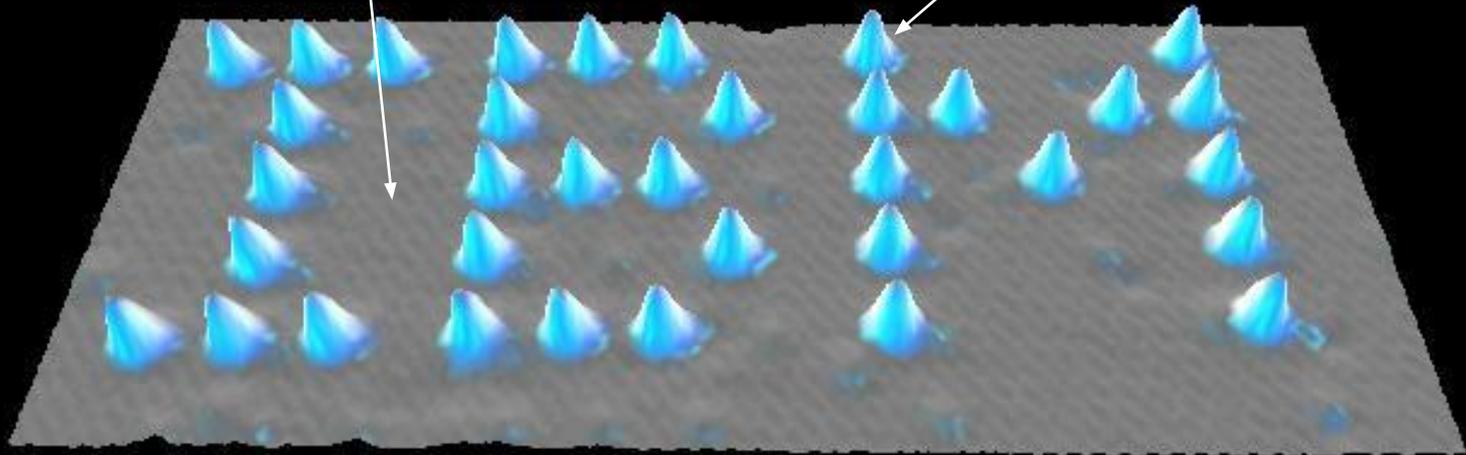


www.ntmdt.ru
NT-MDT,

Первое программированное письмо из атомов (1990 год)

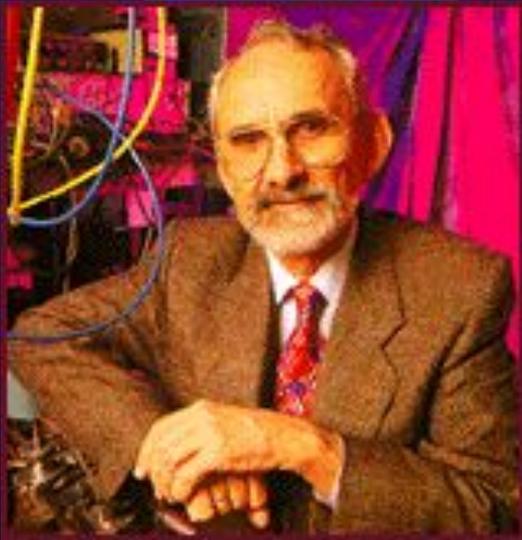
подложка
(монокристаллический
никель)

АТОМЫ КСЕНОНА

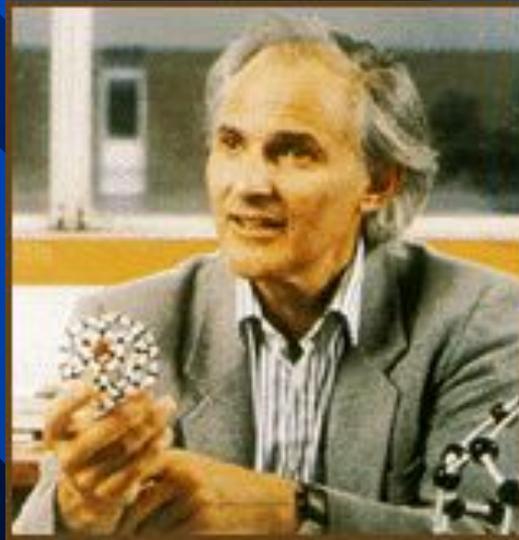


Xenon on Nickel (110)

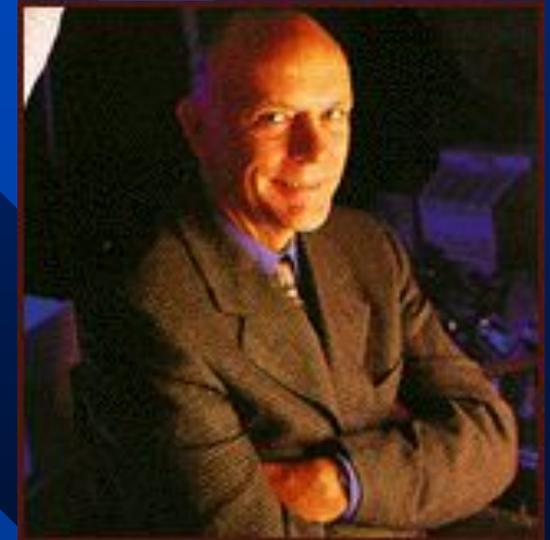
Открытие фуллерена C_{60} (1993 год)



Prof Robert F. Curl Jr
Rice University, Houston
TX, USA

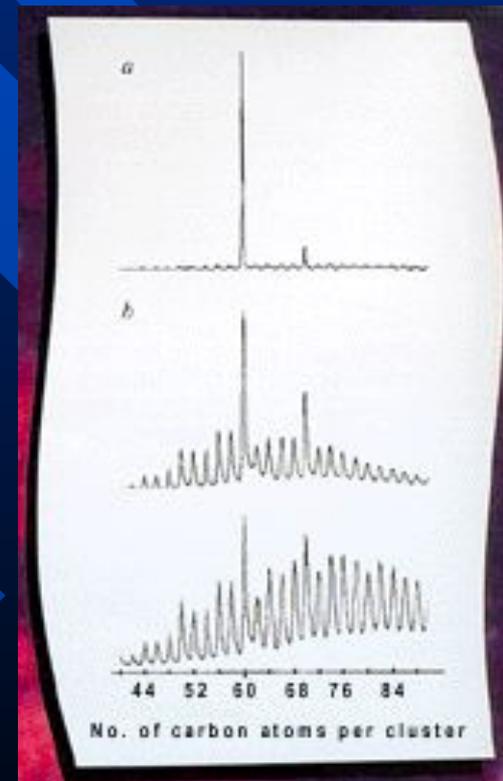
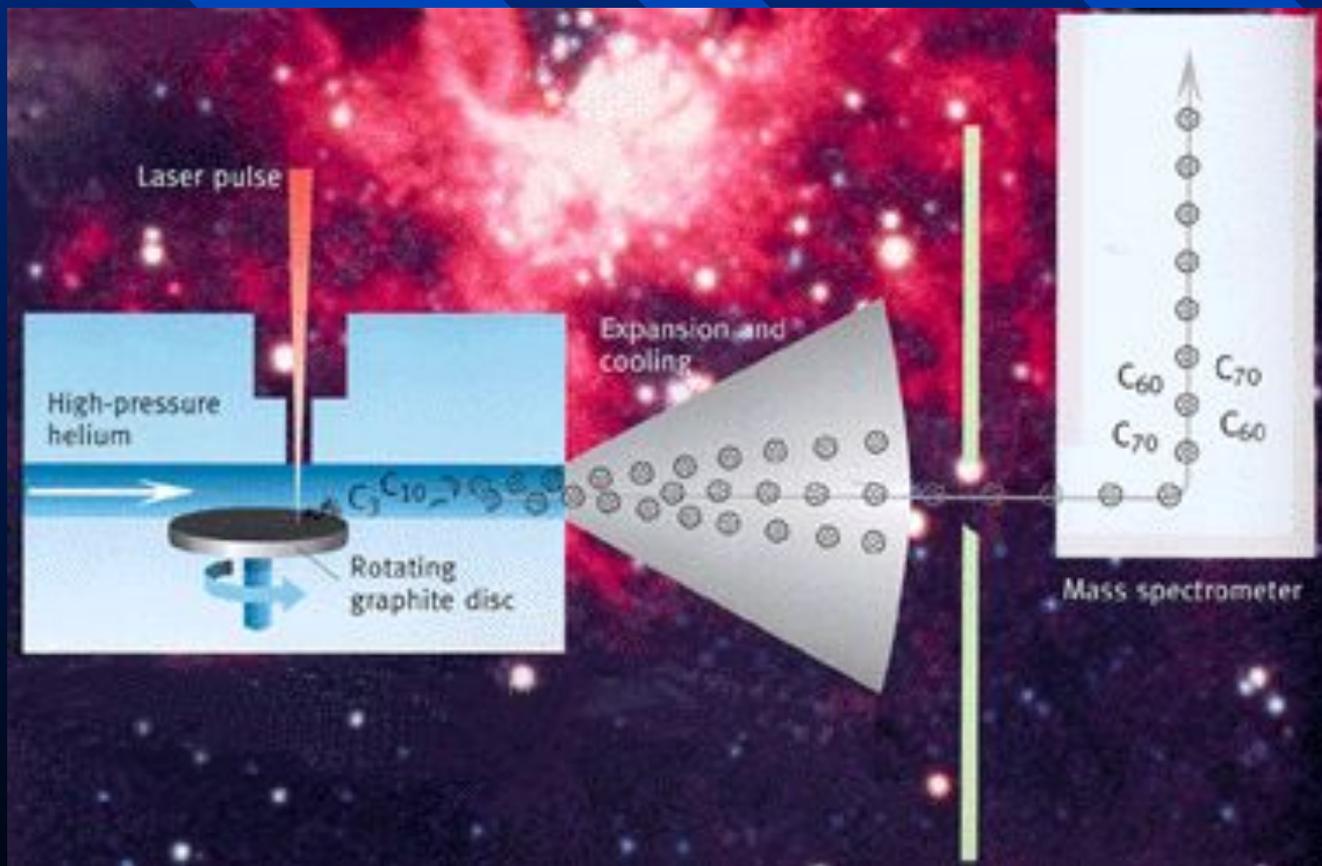


Prof Sir Harold W. Kroto
University of Sussex
Brighton, England



Prof Richard E. Smalley
Rice University, Houston
TX, USA

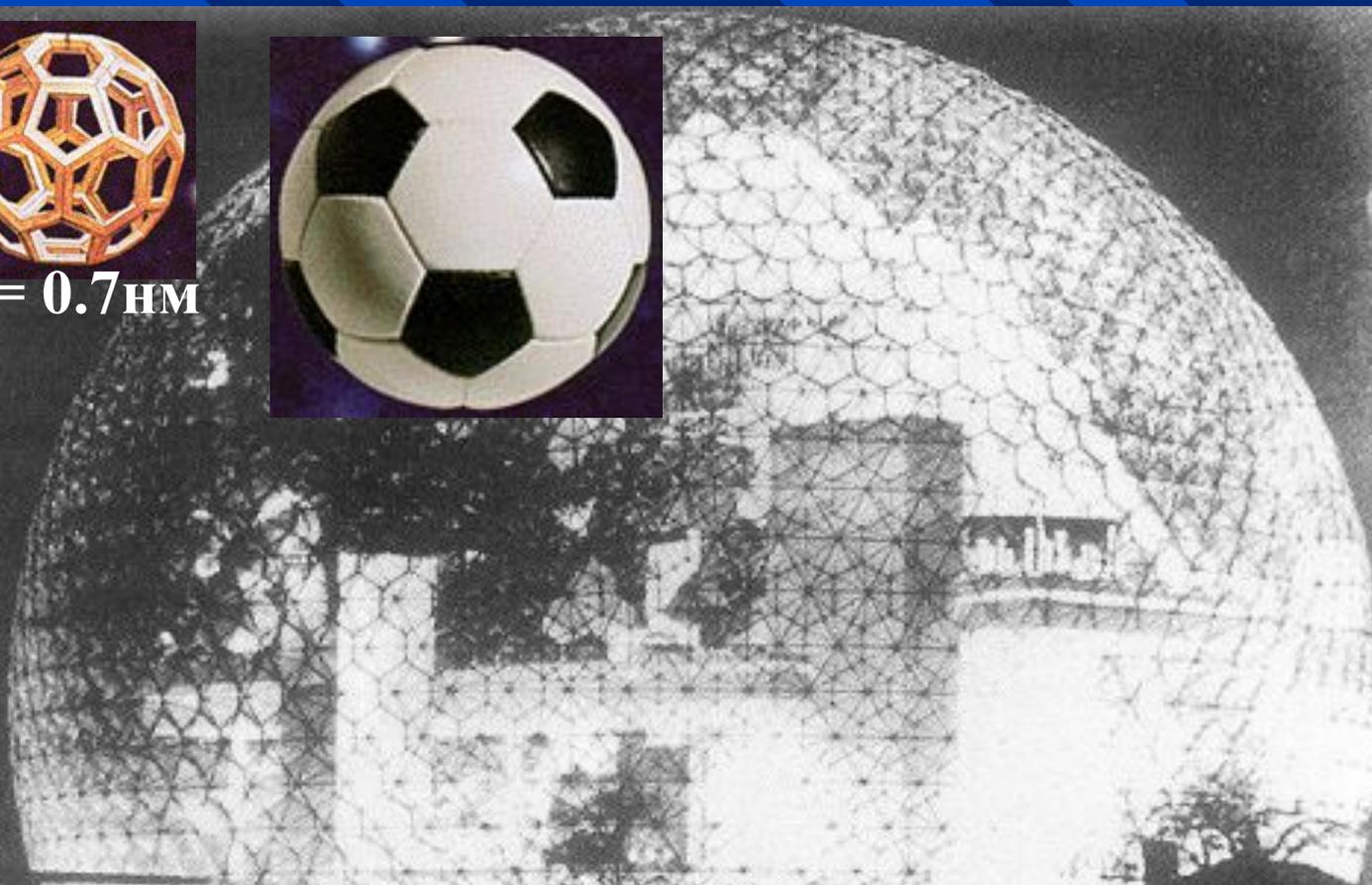
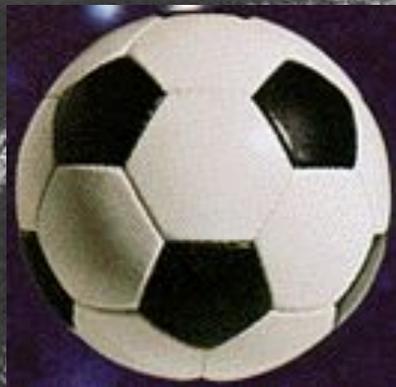
Образование фуллеренов во Вселенной и в лаборатории



Структура фуллерена (молекулярная форма углерода)

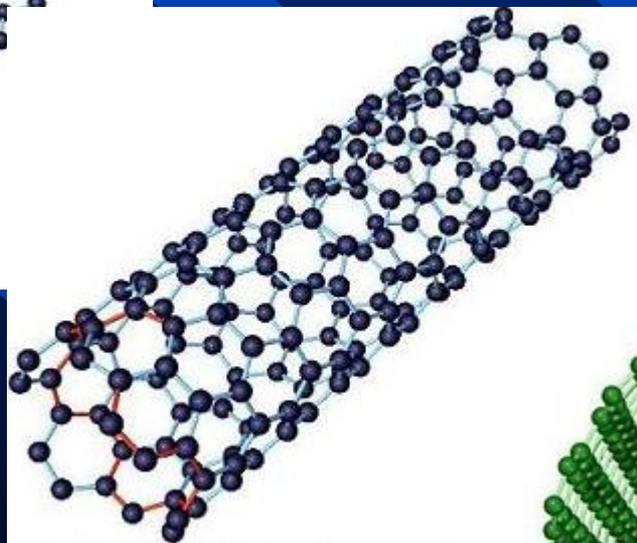
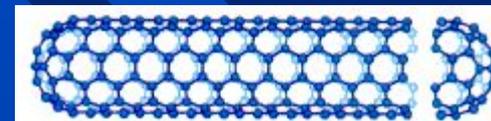
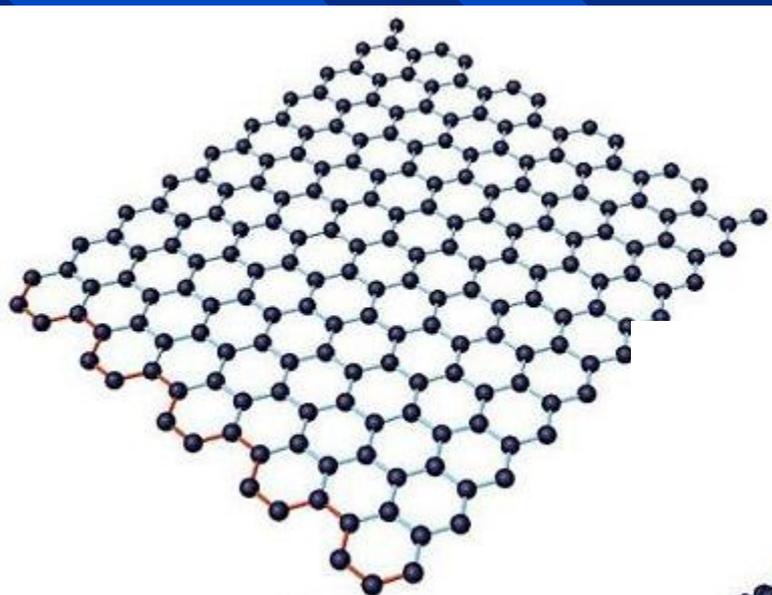


$D = 0.7 \text{ нм}$

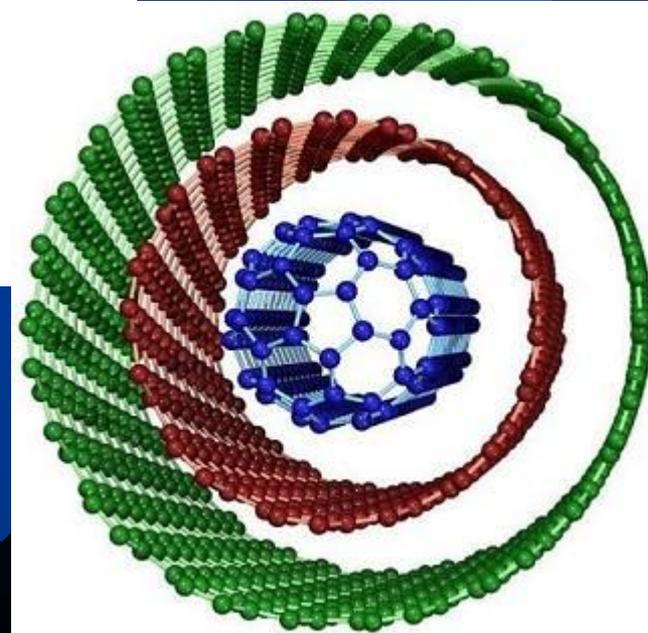


Выставочный комплекс,
Канада, архитектор Бакминстер Фуллер, 1930 год

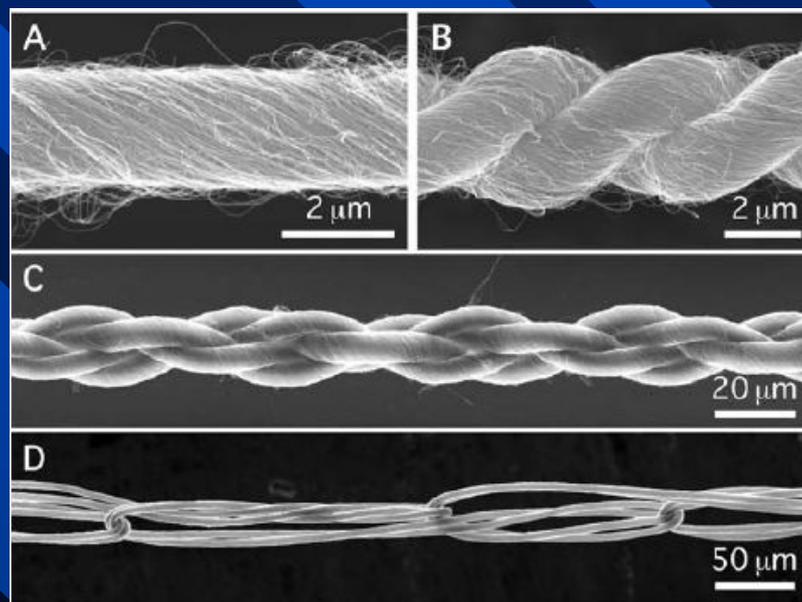
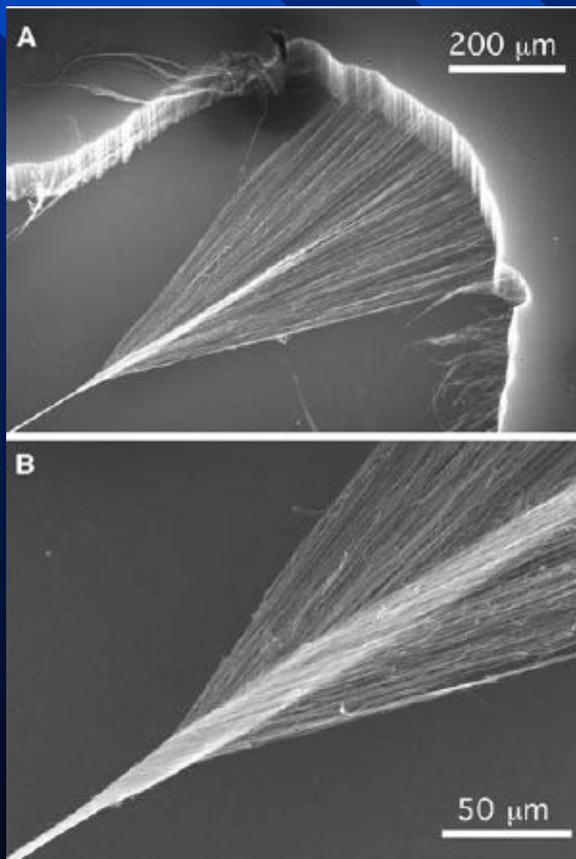
Углеродные нанотрубки – суперматериал



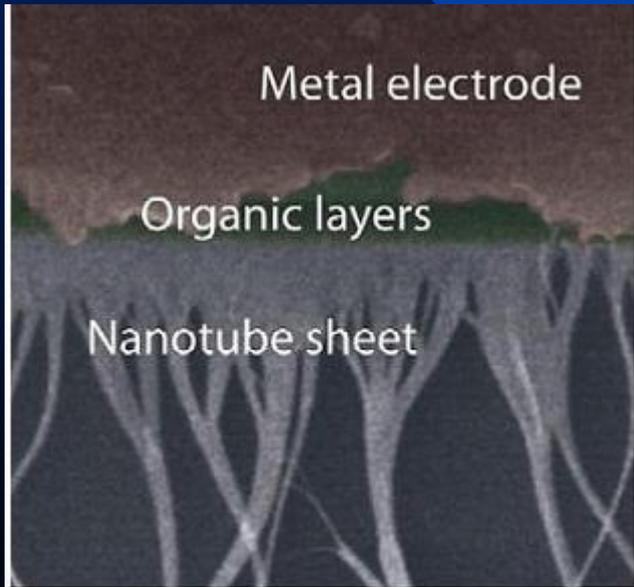
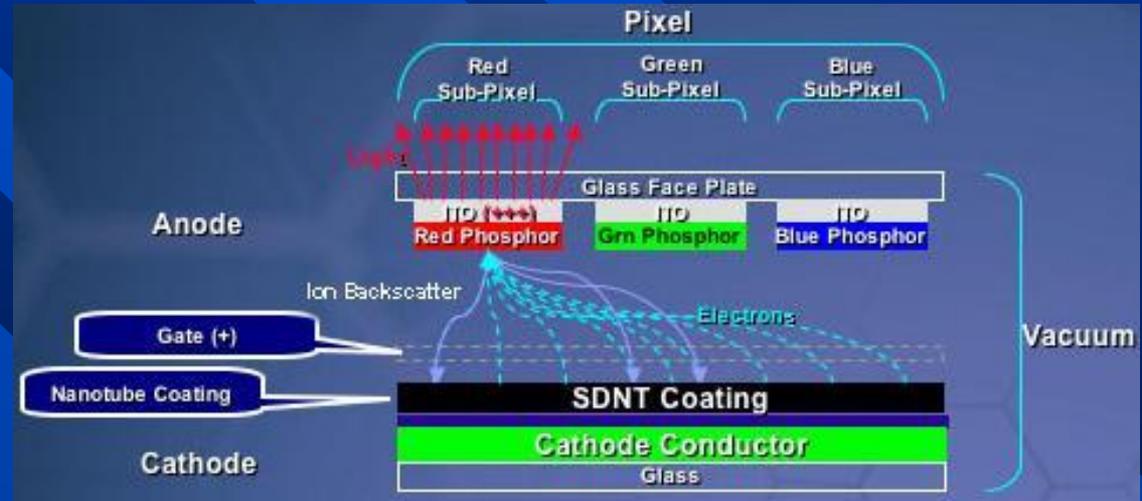
$D = 1-10 \text{ нм}$



Многофункциональные УНТ пряжи, выполненные в микромасштабе по древней технологии



Нанотрубки в электронике



Структура OLED на базе углеродных нанотрубок

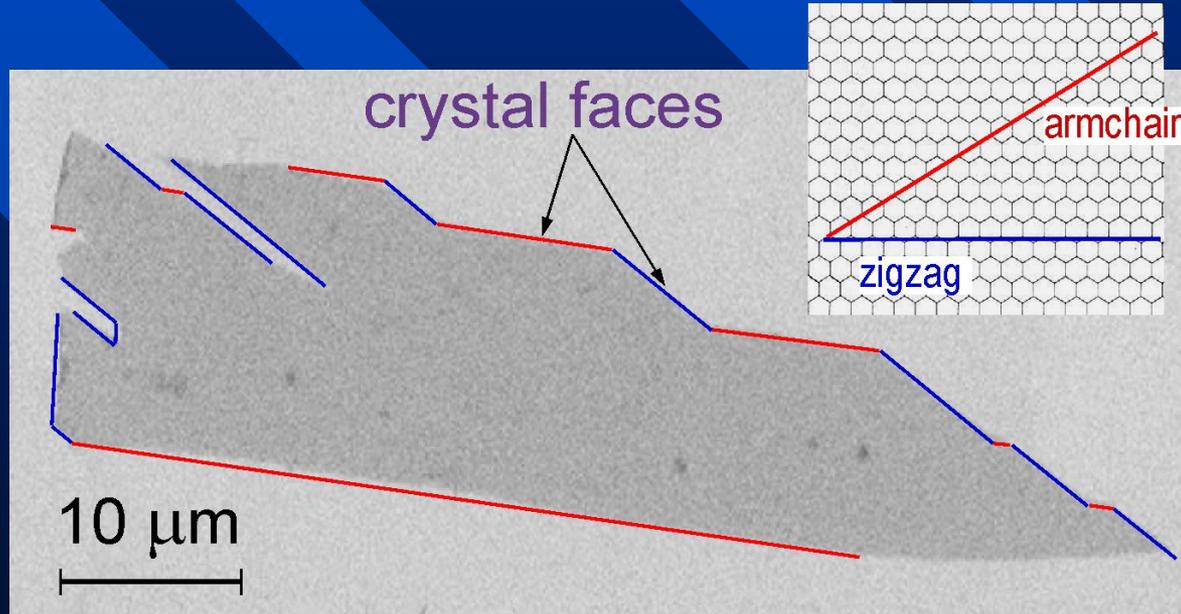


гибкий дисплей



графен

Методика получения графена **последовательное отделение слоев от микрокристалла графита до тех пор, пока в нем не останется всего один графеновый слой** K.S. Novoselov et al. **Science 306, 666 (2004)**

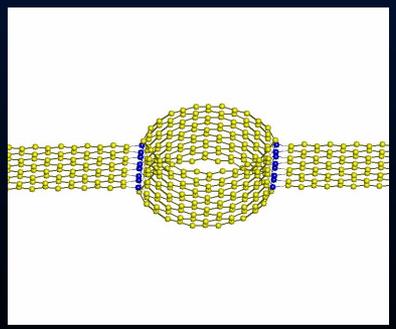
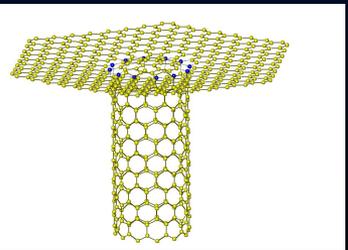


Фотография графена сделанная с помощью сканирующего туннельного микроскопа. Красным и синим показаны кресельные и зигзагные края графена [A.K. Geim, K.S. Novoselov, *Nature Materials* 6, 183 (2007)]

Графеновые структуры:

уникальные электронные, магнитные и механические свойства

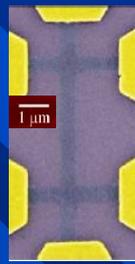
- одно- и двухслойные структуры;
- графеновые наноленты и структуры из них;
- графеновые структуры с вакансиями и топологическими дефектами; графены с «линиями» ковалентно-присоединенных атомов водорода - новые квази-двумерные электронные сверхрешетки и гетероструктуры.



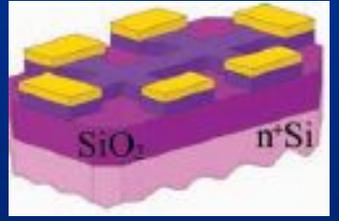
ковалентно-связанные графен-нанотрубные структуры



A)

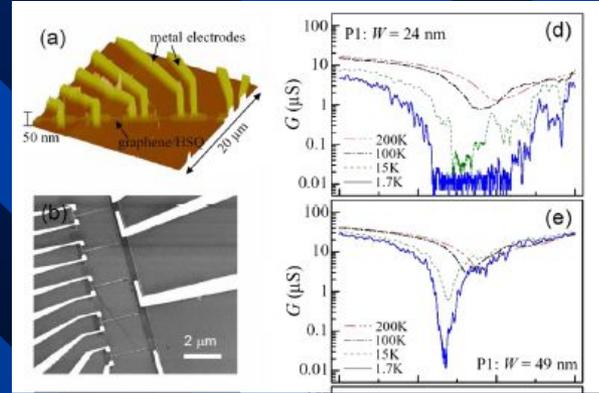


B)

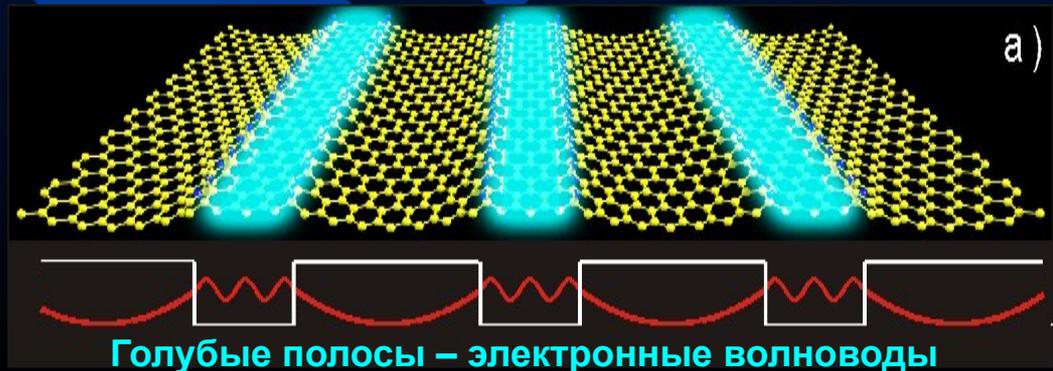


C)

A) АФМ изображение монослоя графена (коричневый - SiO₂ поверхность; красный - 0.8 нм; желто-коричневый внизу - 1.2 нм; оранжевый вверху 2.5 нм
 B) СЭМ изображение C) схема измерительного устройства.

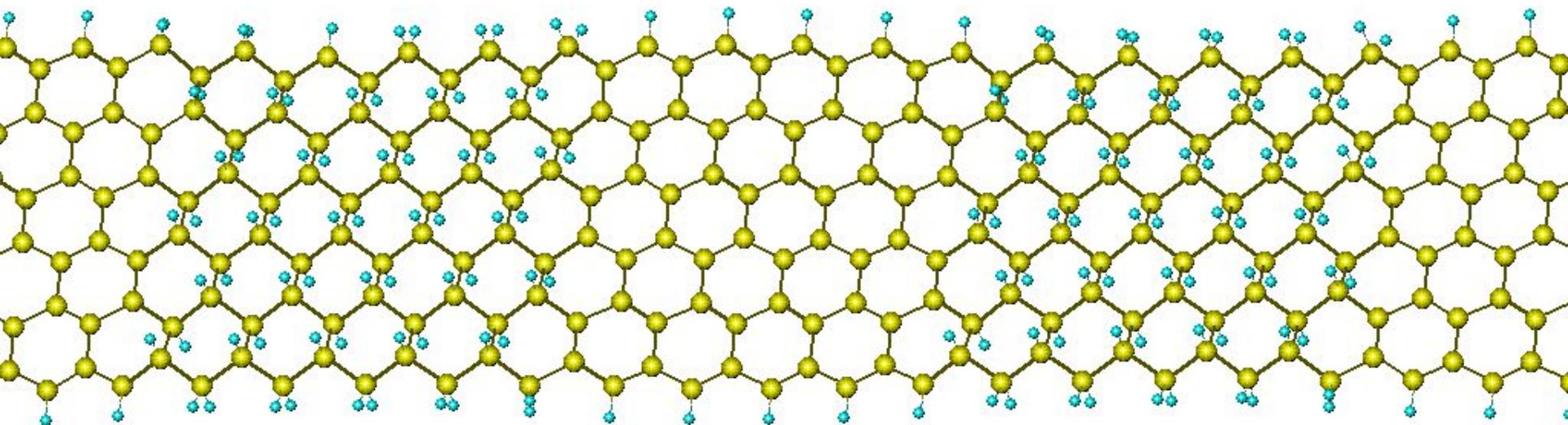


ТРАНЗИСТОРЫ НА графеновых нанолентах



Голубые полосы – электронные волноводы

Схема сверхрешетки на наноленте Graphene-Graphane NR



Graphene

Graphane

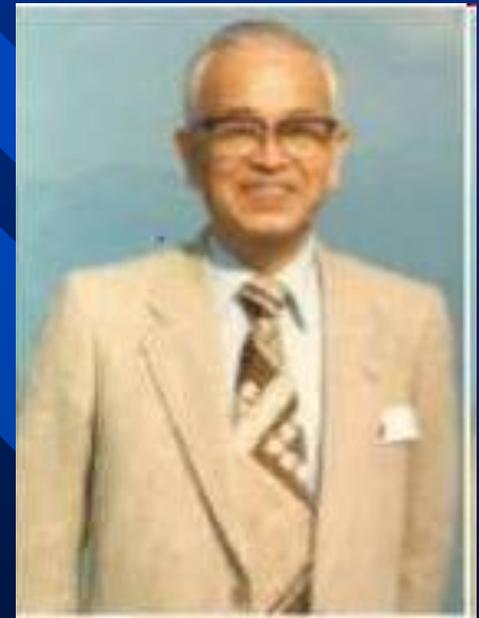
Graphene

Graphane

The Next Big Idea (1973 год)

От микро- к нанoeлектронике!

*Вниз по шкале
размерности!*



Норио Танигучи

японский профессор

Впервые предложил термин
«**Нанотехнологии**»

Вниз и вверх по шкале размерности

макро



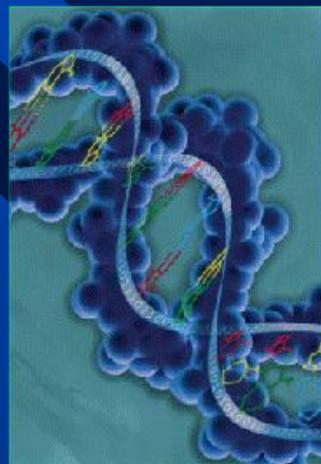
10^0 м

микро



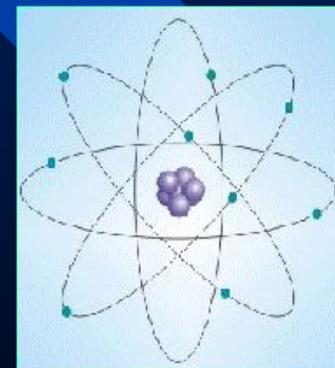
10^{-6} м

нано



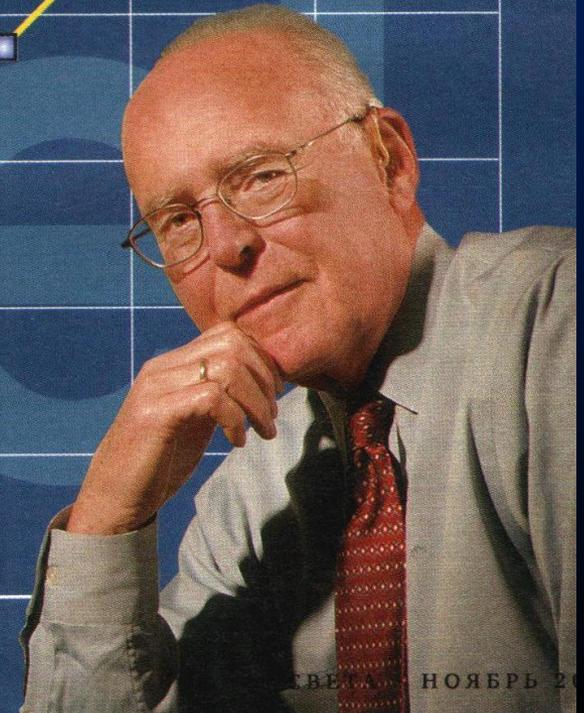
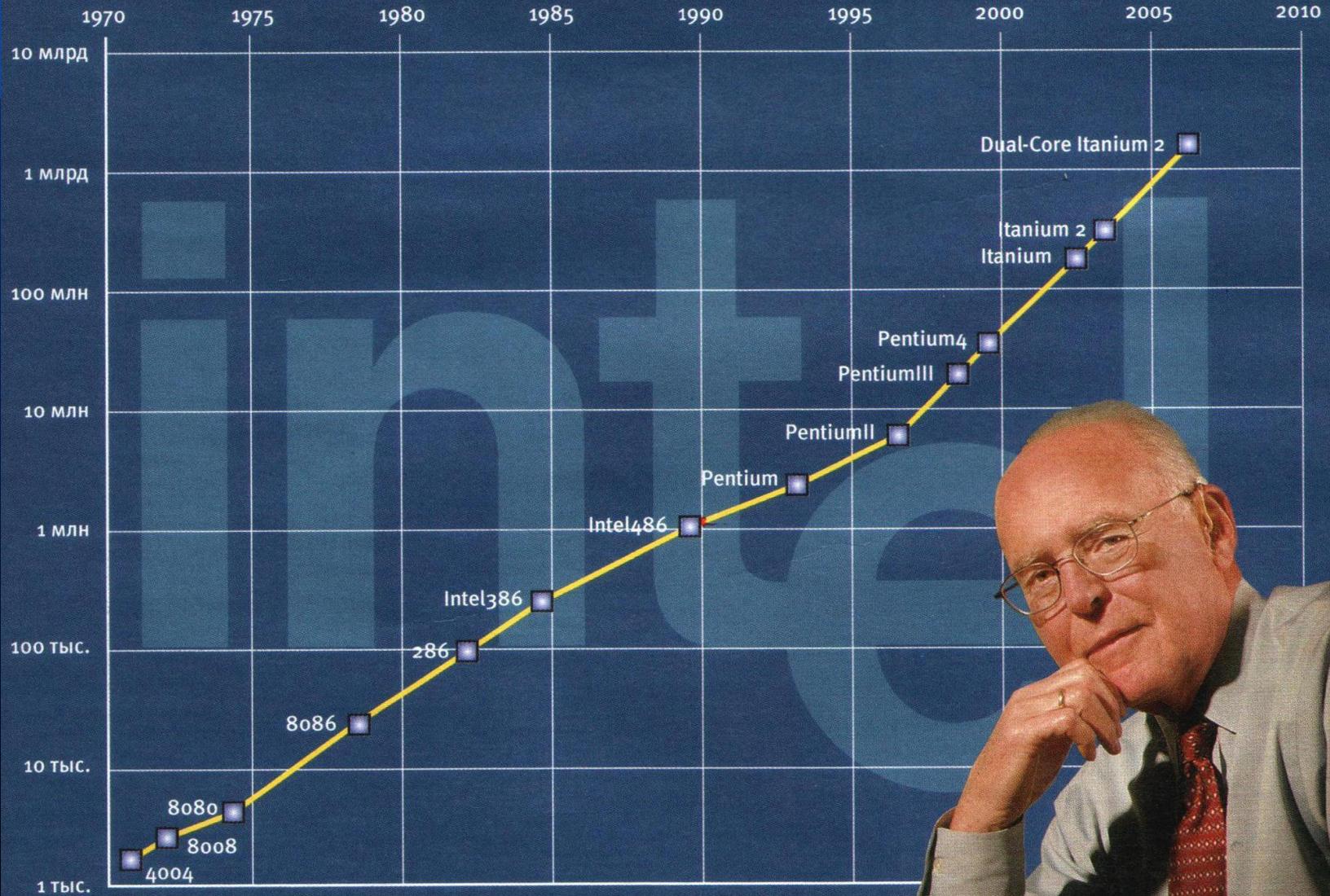
$(100 \div 1) \times 10^{-9} \text{ м}$

атом



10^{-10} м

Закон Мура



Парадигмы в электронике



Рис. 4.1. Развитие вычислительной техники за последнее столетие в соответствии с формальной «версией» закона Мура. Каждая точка соответствует параметрам конкретного вычислительного устройства (из книги Рэя Курцвейля)

Закон Мура в действии

Международная маршрутная карта технологии полупроводников *

Год начала массового производства	2001	2003** 2004	2005** 2007	2007** 2010	2009** 2013	2011** 2016
Этапы технологий приборов (Плотность экспонируемых линий в резисте)	130 нм	90 нм	65 нм	45 нм	32 нм	22 нм
Изолированные линии (в резисте) (“физический” размер затвора после травления)	90 нм [65 нм]	53 нм [37 нм]	35 нм [25 нм]	25 нм [18 нм]	18 нм [13 нм]	13 нм [9 нм]
Частота чипа, ГГц	1.7 ГГц	4.0 ГГц	6.8 ГГц	12 ГГц	19 ГГц	29 ГГц
Количество транзисторов на чип (крупносерийное производство) (3 × для НР; 5 × для ASICs)***	100 млн	190 млн	390 млн	780 млн	1.5 млрд	3.1 млрд
Динамическая память ОЗУ	510 Мбит	1.1 Гбит	4.3 Гбит	8.6 Гбит	34 Гбит	69 Гбит
Контроль критического размера затвора, нм (3σ, после травления)	5 нм	3 нм	2 нм	1.5 нм	1.1 нм	0.7 нм
Размер корпуса (нм×нм)	25×32	25×32	22×26	22×26	22×26	22×26
Размер чипа (нм) (2.2 × для НР; до 4 × для ASIC)***	140	140	140	140	140	140
Размер пластины (диаметр)	300 мм	300 мм	300 мм	450 мм	450 мм	450 мм

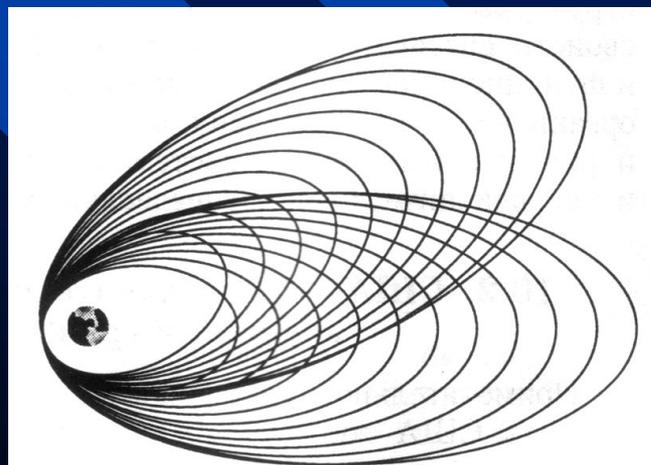
Примечание: * по данным ассоциации полупроводниковой промышленности (АПП);

** возможный двухгодовой цикл;

*** НР – интегральные схемы фирмы Хьюлетт Паккард (Hewlett Packard), ASIC – специализированные интегральные схемы (прим. переводчика).

Системный принцип нанотехнологии

Первая государственная нанотехнологическая программа США, 2000 г.



Орбиты наноспутников в проекте Национального управления США по аэронавтике и исследованию космоса и Годдардовского космического летного центра



Русские идут! (2009 год)



«Наша посткризисная экономика должна базироваться на знаниях, должна базироваться на инновационных технологиях, а не на сырьевых возможностях России»

Дмитрий Медведев

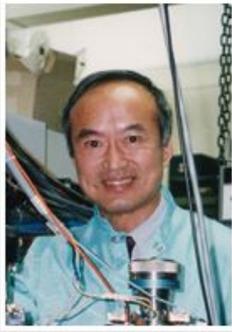
RUSNANOPRIZE. Международная премия в области нан...

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

http://www.rusnanoprize.ru

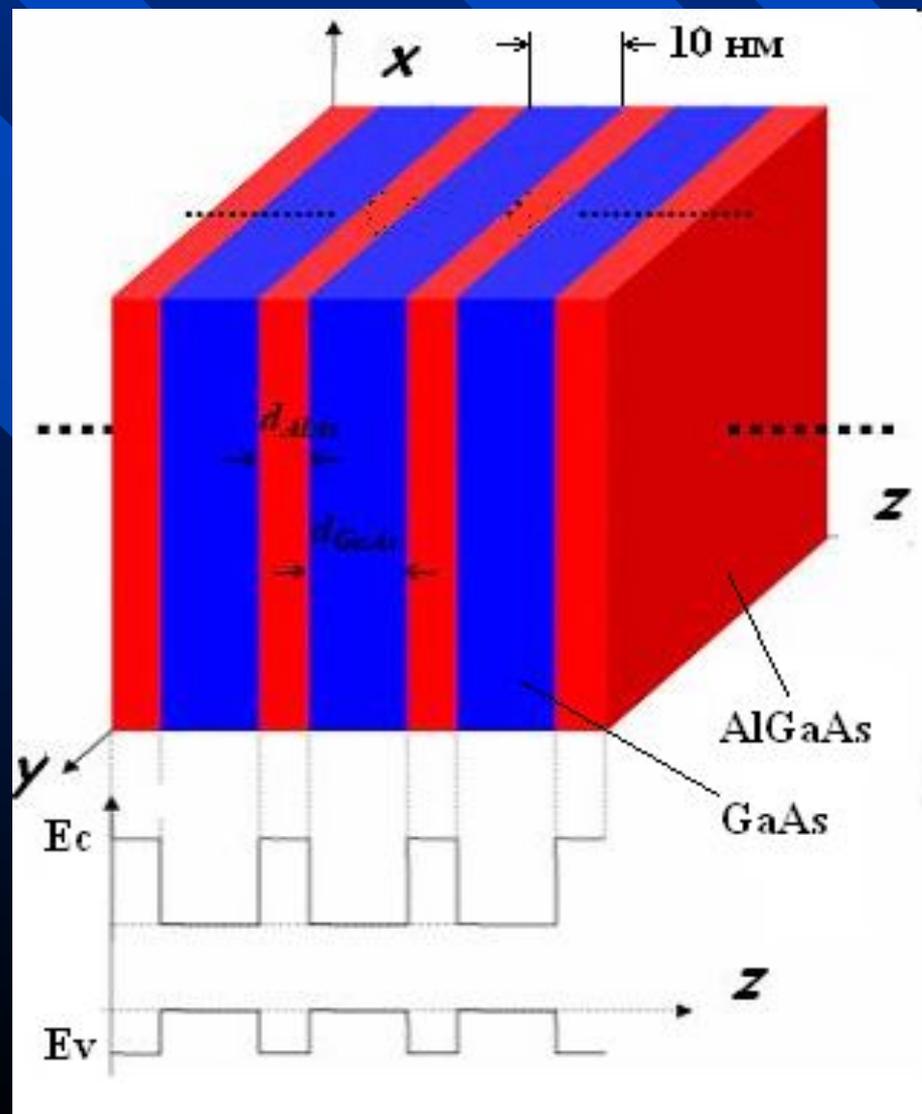
Лауреаты Международной премии в области нанотехнологий RUSNANOPRIZE-2009 по направлению «наноэлектроника»

«Полупроводниковые сверхрешетки и технология молекулярно-пучковой эпитаксии»

 <p>Леонид Келдыш Россия Советник Российской академии наук</p> <p>«за пионерские исследования полупроводниковых сверхрешеток и туннельных эффектов в полупроводниках, широко используемых в технологиях наноэлектронных приборов, особенно в молекулярно-лучевой эпитаксии».</p> <p>Речь лауреата</p>	 <p>Альфред И Чо США Вице-президент по направлению «Исследования в области полупроводников» Bell Labs</p> <p>«за исследования и разработку технологии молекулярно-лучевой эпитаксии, необходимой для получения наногетероструктур и их применения в наноэлектронике».</p> <p>Речь лауреата</p>	 <p>Компания RIBER S.A. Франция</p> <p>«за вклад компании в разработку оборудования для молекулярно-лучевой эпитаксии».</p> <p>Речь Президента RIBER S.A.</p>
---	--	---

Готово

Сверхрешетка AlGaAs-GaAs



Многие из приведенных структур, которые являются лишь каркасом открытий в нанотехнологиях последнего десятилетия, были получены сначала теоретически, а затем обнаружены в экспериментах. Сегодняшний потенциал вычислительных методов открывает широкие перспективы для прогнозирования и исследований свойств новых наноструктур и перечисленных выше.



ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ (НАНОТЕХНОЛОГИИ) 2007 ГОДА



Albert Fert

France

Université Paris-Sud; Unité Mixte de Physique

CNRS/THALES

Orsay, France

b. 1938



Peter Grünberg

Germany

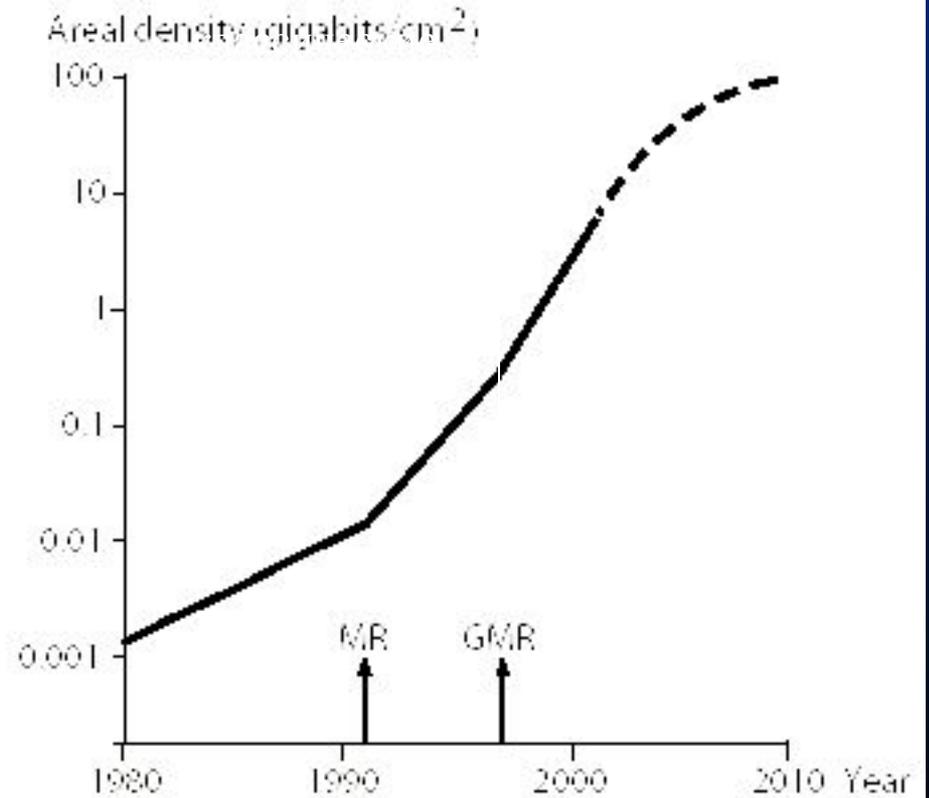
Forschungszentrum Jülich

Jülich, Germany

b. 1939

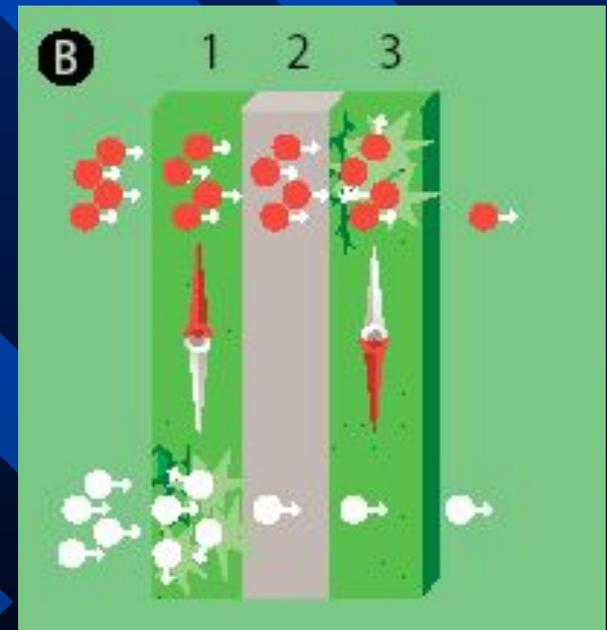
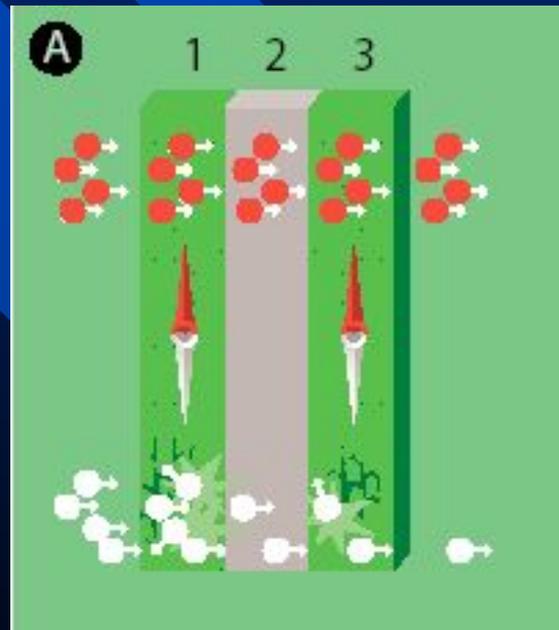
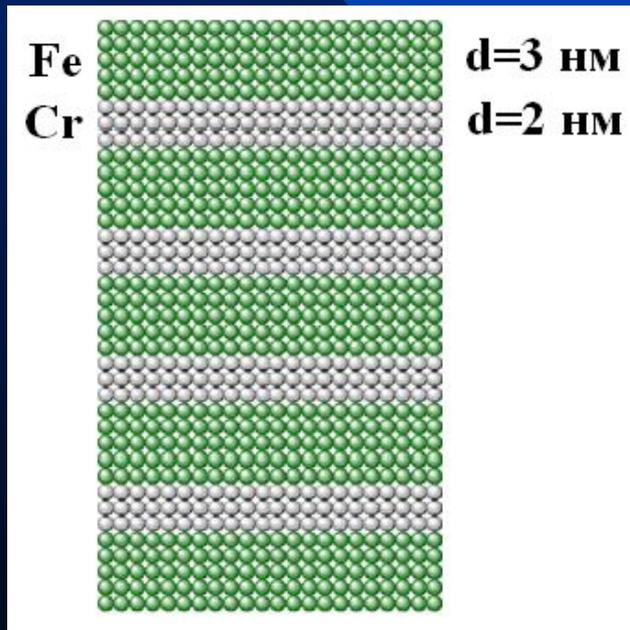


РОСТ ПЛОТНОСТИ ЗАПИСИ ЖЕСТКИХ ДИСКОВ

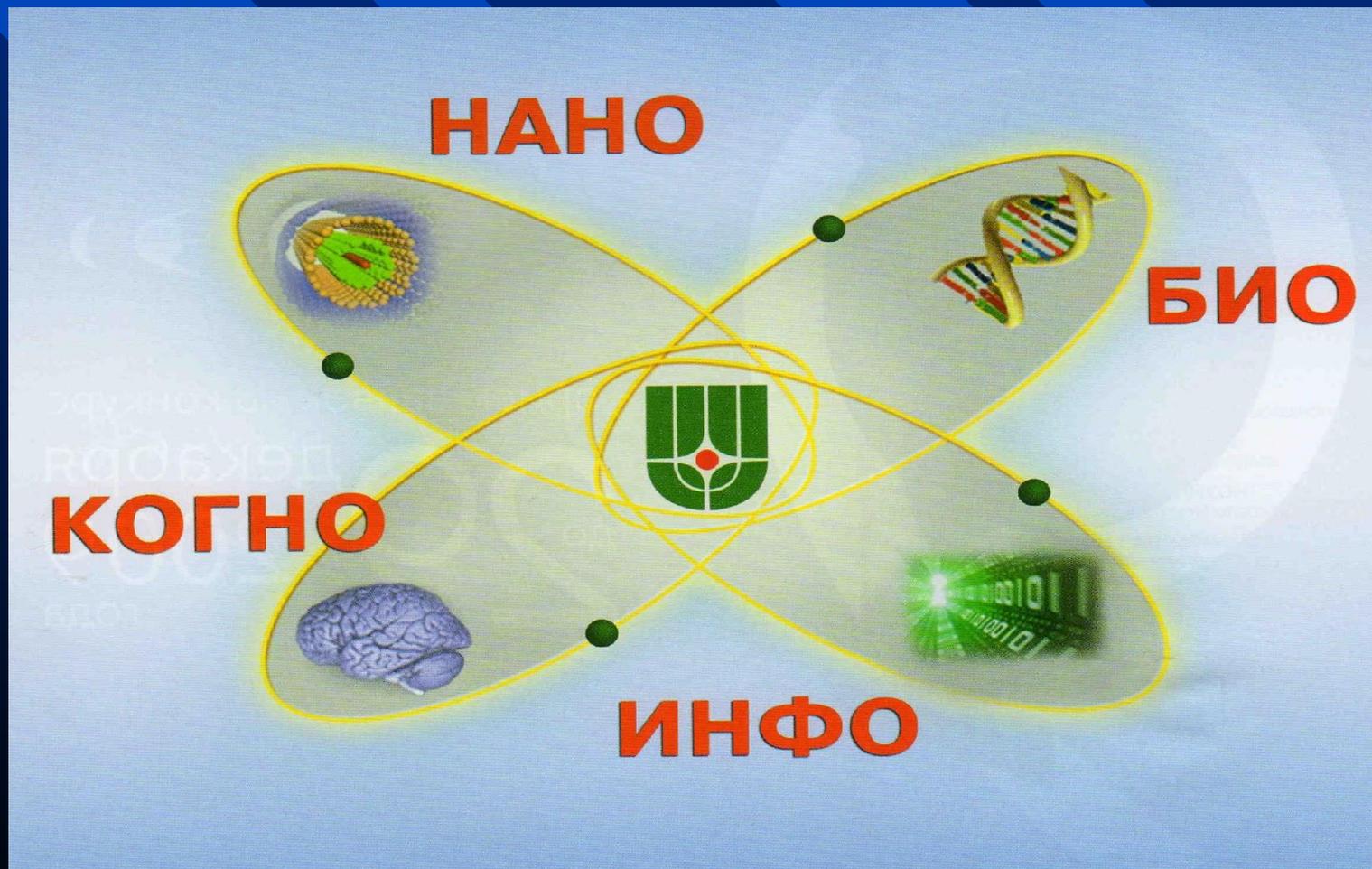




Сверхрешетки Fe-Cr – считывающие головки жестких дисков на основе НТ, использующие эффект гигантского магнетосопротивления



Принцип NBIC-НБИК(нано-био-инфо-когно)



Принцип NBIC-НБИК(нано-био-инфо-когно)

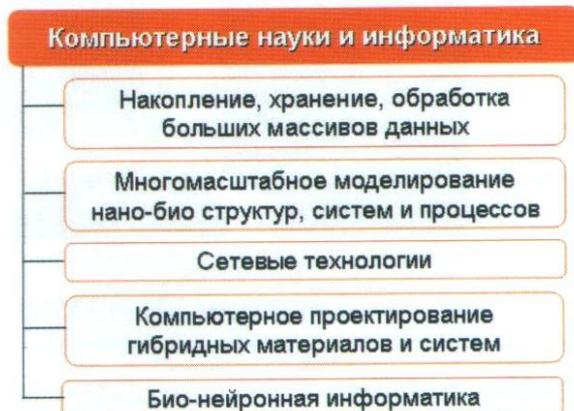


КУРЧАТОВСКИЙ НБИК-ЦЕНТР

НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

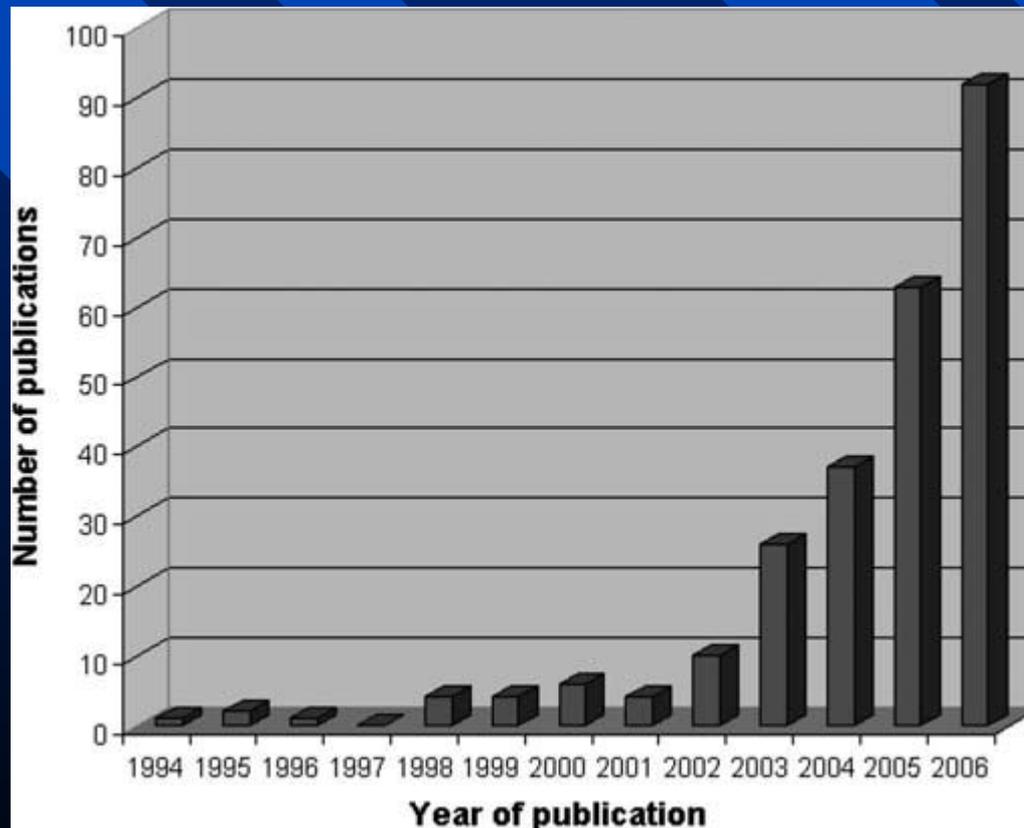


Суперкомпьютерный центр

КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



Динамика числа публикаций по тематике гибридные наноматериалы (1994-2006г.)



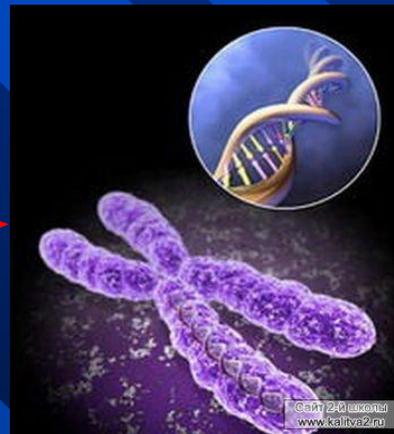
Конвергенция наук при создании гибридных наноматериалов



материаловедение



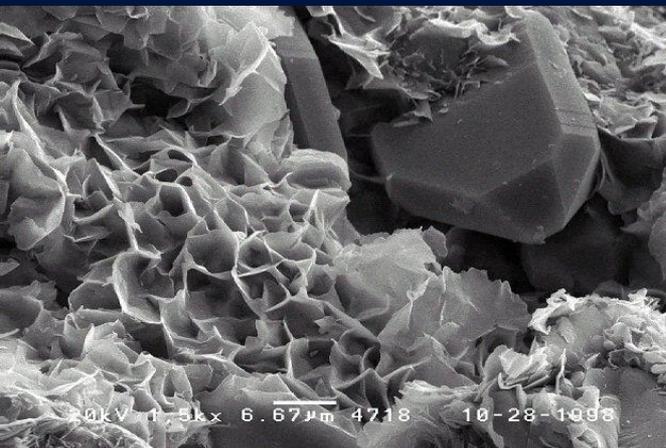
физика



биология,
биохимия



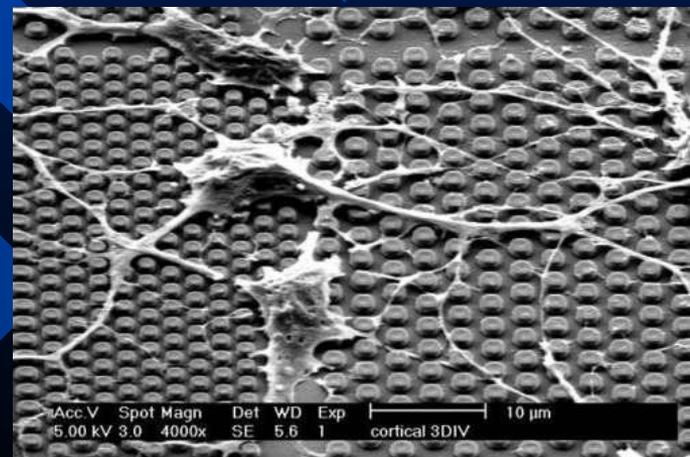
медицина



Полимер на основе
органоглина

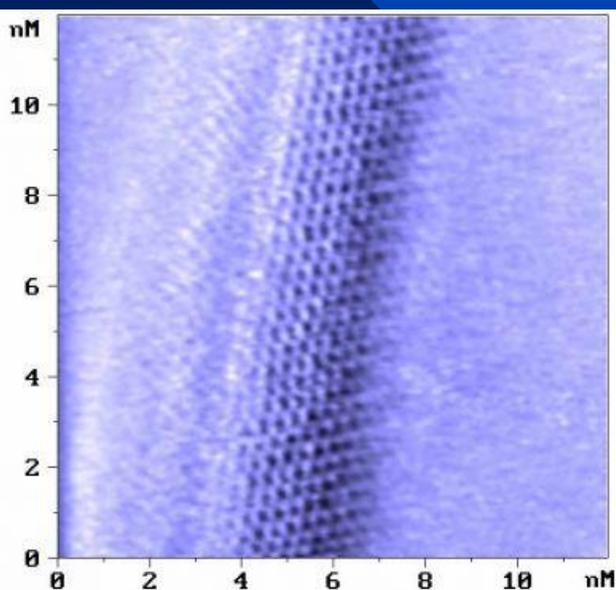


Биосовместимые протезы

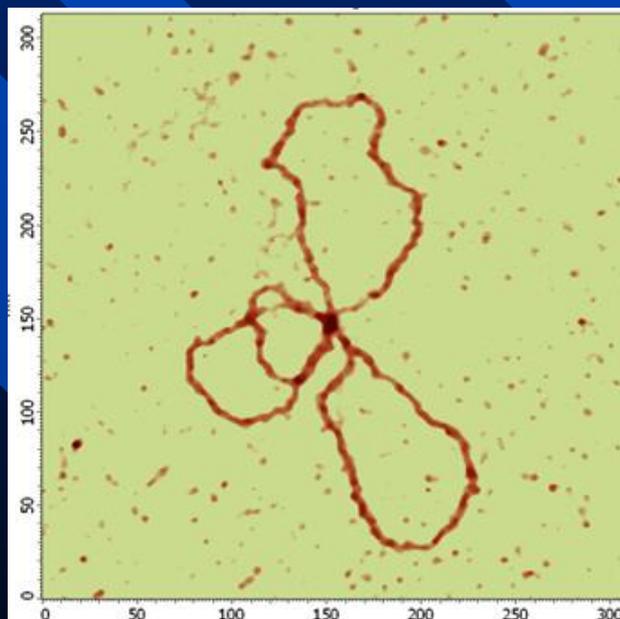


Нейроны крысы на чипе

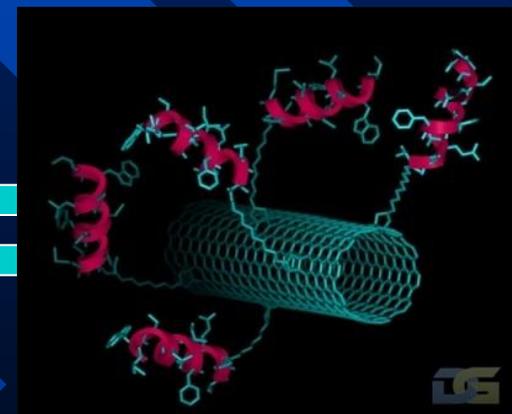
Единение живой и неживой природы в гибридных наноматериалах



Нанотрубка (2нм)



ДНК (0.1 нм)



Элементная база
электроники
6 поколения

Сочетание свойств:

Неорганические материалы:

- ❖ Термодинамическая и структурная стабильность
- ❖ Детектирование сигналов (шина детектор сигнала)

Органо и Био материалы:

- Полифункциональность
- Био совместимость
- Адаптивность
- Морфогенез
- Иерархичность
- Нелинейность

ЗА НАНОТЕХНОЛОГИЯМИ БУДУЩЕЕ!



**И ЭТО
НЕ ОБСУЖДАЕТСЯ.**

Жорес Алферов
Физик, Лауреат Нобелевское Премии.

Дерево развития нанотехнологий с 2003 по 2050 год

*Великое состоит из малого,
а многое из немногого...
Лао-цзы, III вв до н.э.*

