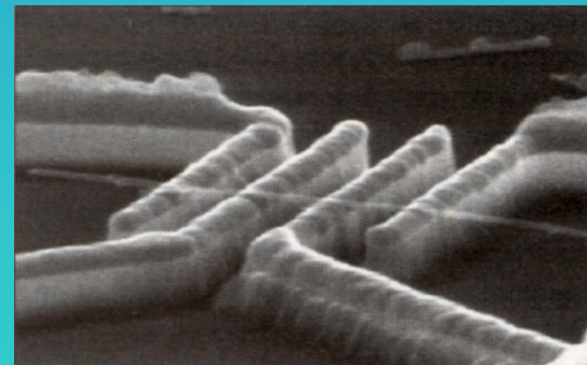
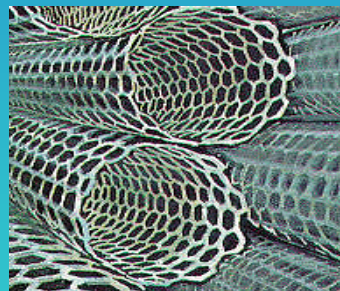


CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA O MUNDO DAS DIMENSÕES NANOMÉTRICAS

- **Nanotecnologia:.....**

**Avanços tecnológicos,
Ética, Sociedade e
Meio Ambiente**



Por Delson Torikai

O que é Nanociência & Nanotecnologia?

- Nanômetro (nm): é uma unidade de medida que corresponde à bilionésima (10^{-9}) parte do metro.
- Nanociência: estudo de materiais e fenômenos que ocorrem na escala entre 10 e 100 nm.
- Nanotecnologia: refere-se aos meios que permitem a fabricação, manipulação e usos de materiais e fenômenos que ocorrem na escala entre 10 a 100 nm

The Scale of Things – Nanometers and More

Things Natural



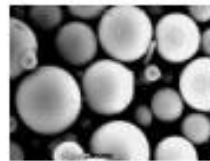
Dust mite
200 μm



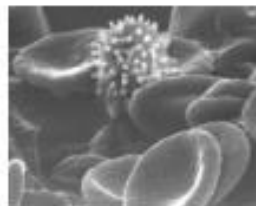
Human hair
 $\sim 60\text{-}120 \mu\text{m}$ wide



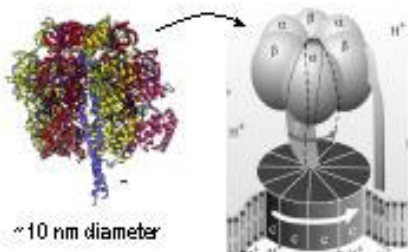
Ant
 $\sim 5 \text{ mm}$



Fly ash
 $\sim 10\text{-}20 \mu\text{m}$

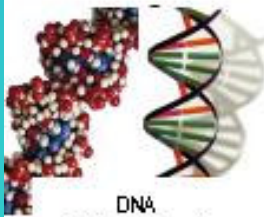


Red blood cells
with white cell
 $\sim 2\text{-}5 \mu\text{m}$

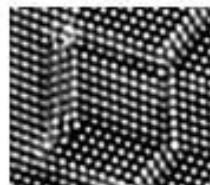


$\sim 10 \text{ nm}$ diameter

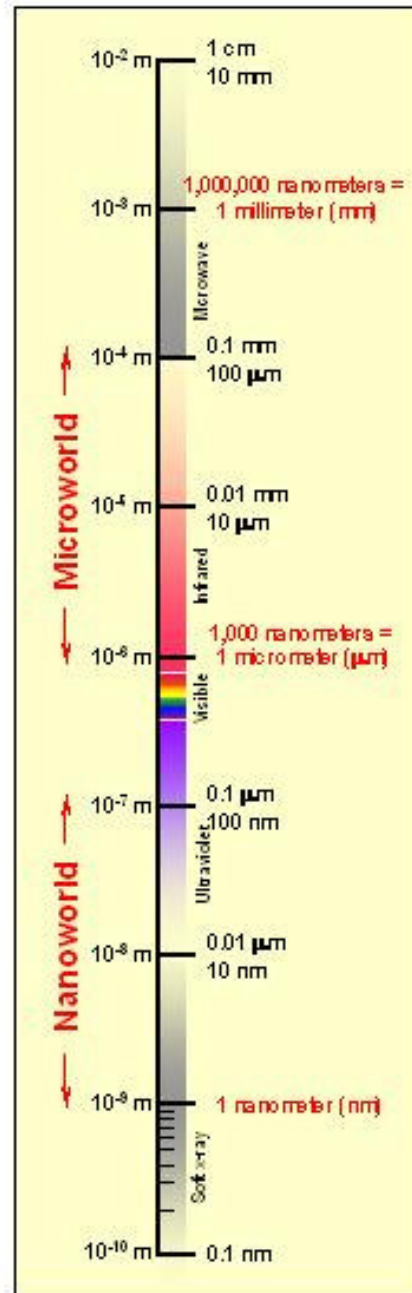
ATP synthase



DNA
 $\sim 2\text{-}12 \text{ nm}$ diameter



Atoms of silicon
spacing tenths of nm



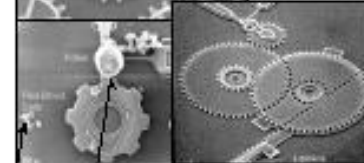
Things Manmade



Head of a pin
1-2 mm

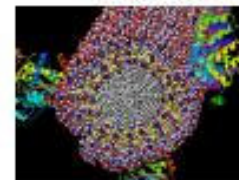


Micro Electro Mechanical (MEMS) devices
10 - 100 μm wide

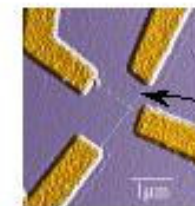


Pollen grain
Red blood cells

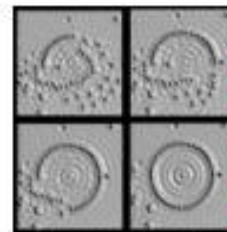
Zone plate x-ray "lens"
Outer ring spacing $\sim 35 \text{ nm}$



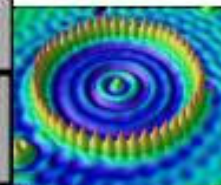
Self-assembled,
Nature-inspired structure
Many 10s of nm



Nanotube electrode

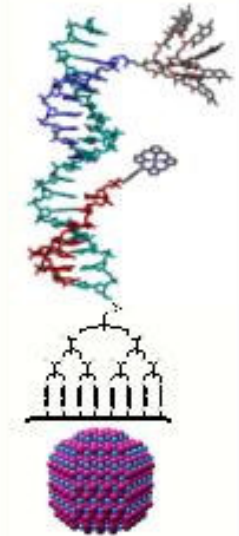


Quantum corral of 48 iron atoms on copper surface
positioned one at a time with an STM tip
Conal diameter 14 nm

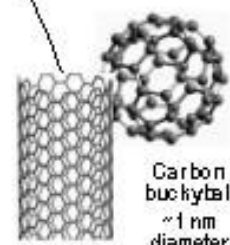


Carbon nanotube
 $\sim 1.3 \text{ nm}$ diameter

The Challenge



Fabricate and combine nanoscale building blocks to make useful devices, e.g., a photosynthetic reaction center with integral semiconductor layers.



Carbon buckyball
 $\sim 1 \text{ nm}$ diameter

Conhecimento Antigo

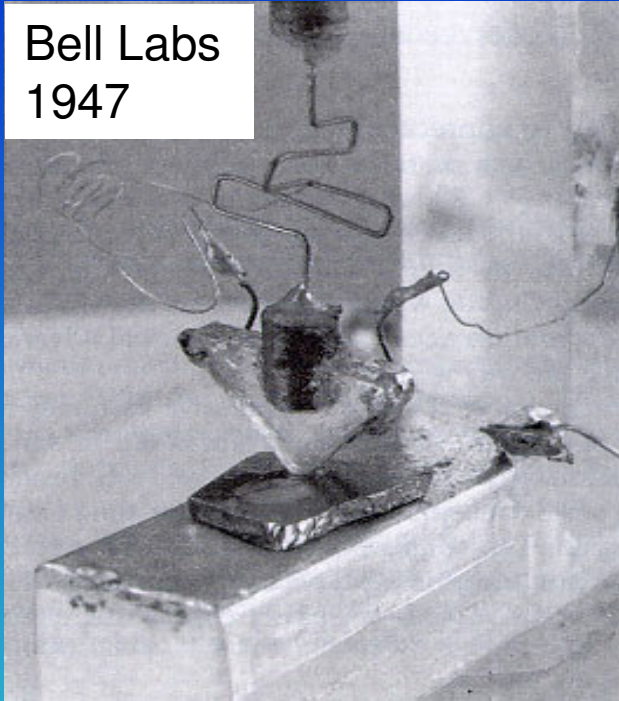
- Há mais de 2.500 anos os filósofos gregos → Átomo (menor partícula indivisível, tijolo fundamental de tudo que existe);
- século XIX os químicos → explicam quantitativamente reações químicas supondo que essas se dão entre unidades bem definidas de cada composto;
- final do século XIX físicos → teoria "estatística" da matéria, na qual se busca explicar o comportamento dos corpos através do comportamento dessas pequenas unidades "invisíveis" da matéria.
- ocorrem naturalmente no universo apenas noventa e dois tipos de átomos diferentes.

Por que tanta dificuldade para aceitar uma idéia velha de milênios?

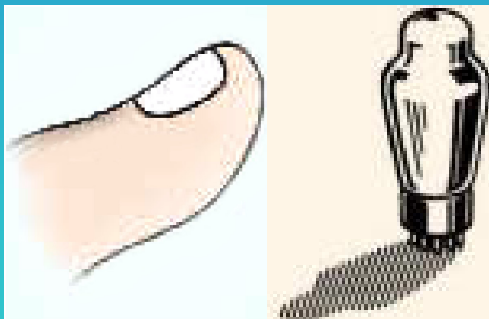
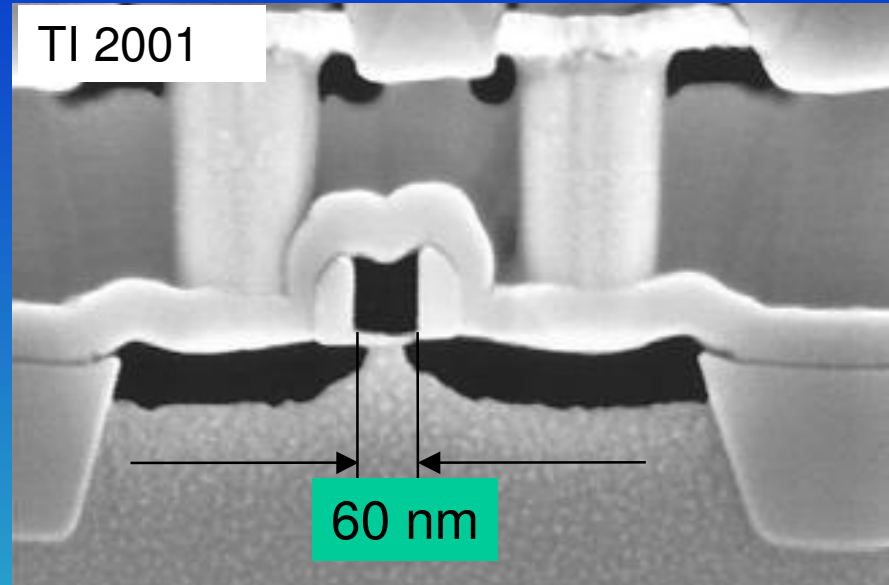
O problema é que átomos são muito pequenos, medem menos de um centésimo de bilionésimo de metro, e obedecem a leis físicas bastante diferentes daquelas com as quais estamos acostumados no nosso mundo familiar. O seu tamanho é tal que não podem ser vistos diretamente. Instrumentos especiais tiveram de ser desenvolvidos antes que fosse possível "ver" um átomo. Um dos mais práticos desses instrumentos, o microscópio de tunelamento, somente foi inventado na década de 1980. Seus inventores, Heinrich Rohrer e Gerd Binnig, dos laboratórios da IBM em Zürich, Suíça, ganharam o prêmio Nobel por seus trabalhos. O funcionamento desse microscópio depende das leis da mecânica quântica, que governam o comportamento dos átomos e moléculas. Portanto, a existência de átomos e as leis da natureza no mundo atômico tiveram de ser pacientemente descobertas a partir de experimentos especialmente concebidos. Este processo levou décadas e envolveu grandes cientistas.

Evolução Tecnológica:

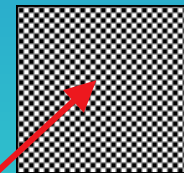
Bell Labs
1947



TI 2001



Eletrônica & Computação



Chip eletrônico
Pentium IV ~ 42Milhões

www.pbs.org/transistor/

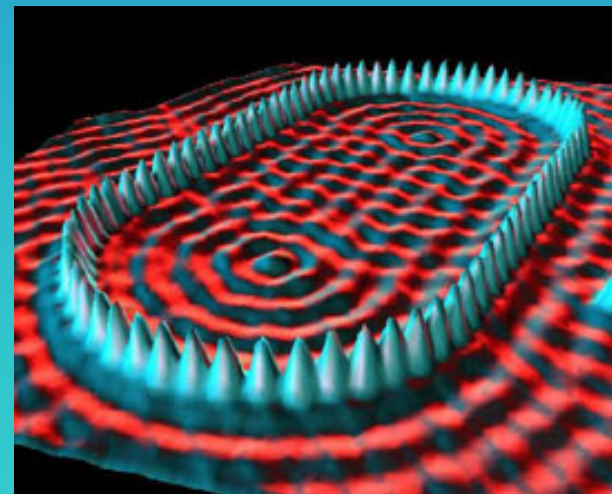
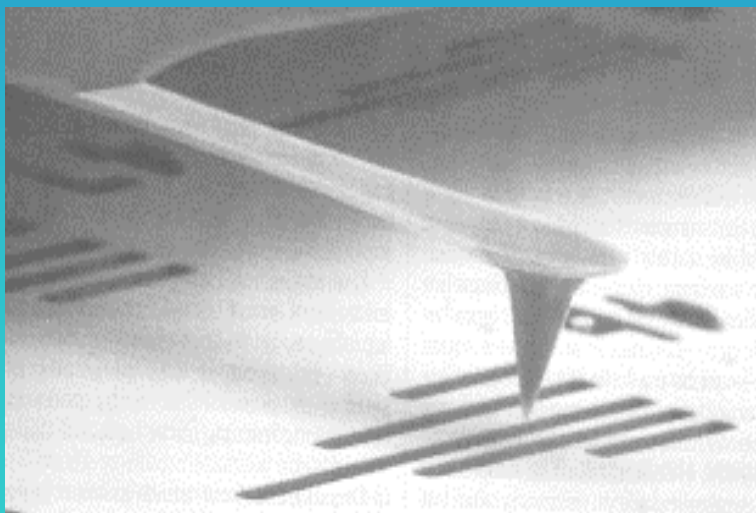
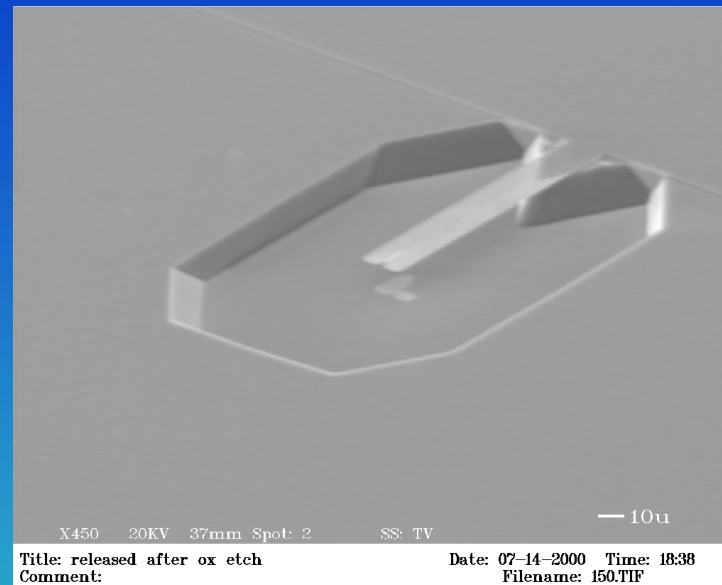
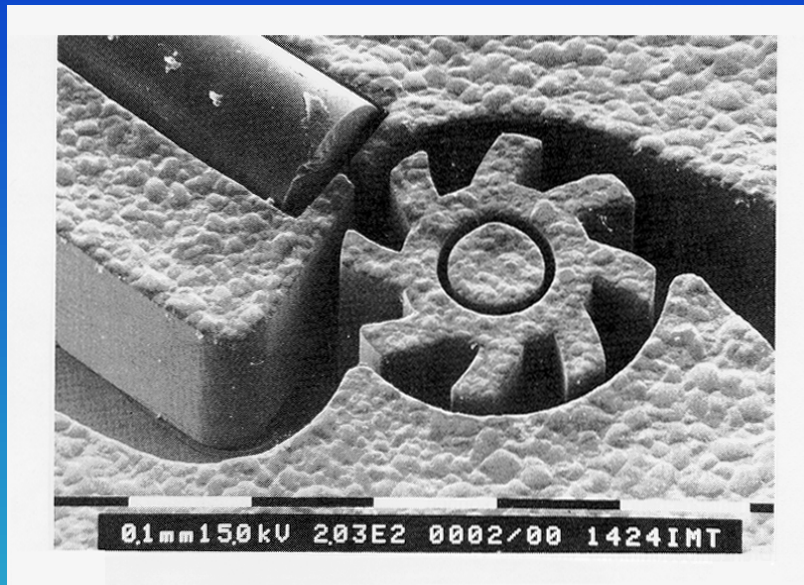
Nanociência e Nanotecnologia (N&N)

- é uma área de pesquisa multidisciplinar, que abrange partes da física, da química, da biologia, etc.;
- é hoje um dos principais focos das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em todos os países industrializados;
- estima-se que, de 2010 a 2015, o mercado mundial para materiais, produtos e processos industriais baseados em nanotecnologia será de 1 trilhão de dólares.

Campos de Aplicações Hoje:

- **Indústria automobilística e aeronáutica:** Materiais mais leves, pneus mais duráveis, plásticos não inflamáveis e mais baratos, etc.
- **Indústria eletrônica e de comunicações:** Armazenamento de dados, telas planas, aumento na velocidade de processamento, etc.
- **Indústria química e de materiais:** Catalisadores mais eficientes, ferramentas de corte mais duras, fluidos magnéticos inteligentes, etc.
- **Indústria farmacêutica, biotecnológica e biomédica:** Novos medicamentos baseados em nanoestruturas, kits de auto-diagnóstico, materiais para regeneração de ossos e tecidos, etc.
- **Setor de fabricação:** Novos microscópios e instrumentos de medida, ferramentas para manipular a matéria a nível atômico, bioestruturas, etc.
- **Setor energético:** Novos tipos de bateria, fotossíntese artificial, economia de energia ao utilizar materiais mais leves e circuitos menores, etc.
- **Meio-ambiente:** Membranas seletivas, para remover contaminantes ou sal da água, novas possibilidades de reciclagem, etc.
- **Defesa:** Detetores de agentes químicos e orgânicos, circuitos eletrônicos mais eficientes, sistemas de observação miniaturizados, tecidos mais leves, etc.

Alguns exemplos típicos :

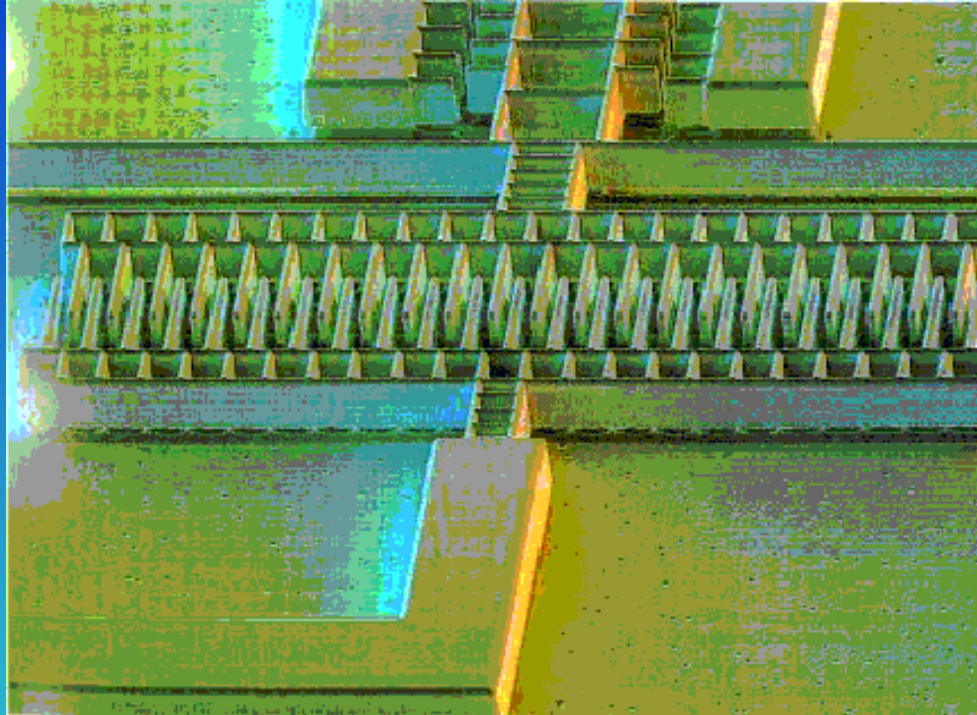


Outros exemplos:

- Os materiais empregados na construção dos lasers dos toca-disco de CD's não ocorrem naturalmente, mas são fabricados pelo homem, camada atômica sobre camada atômica. Portanto não existiria sem a nanomanipulação.
- Língua eletrônica da Embrapa

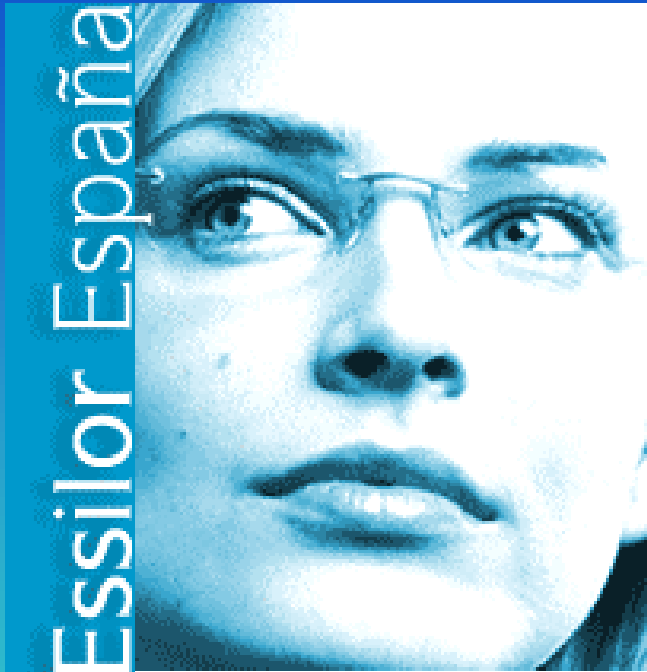


Outros exemplos:

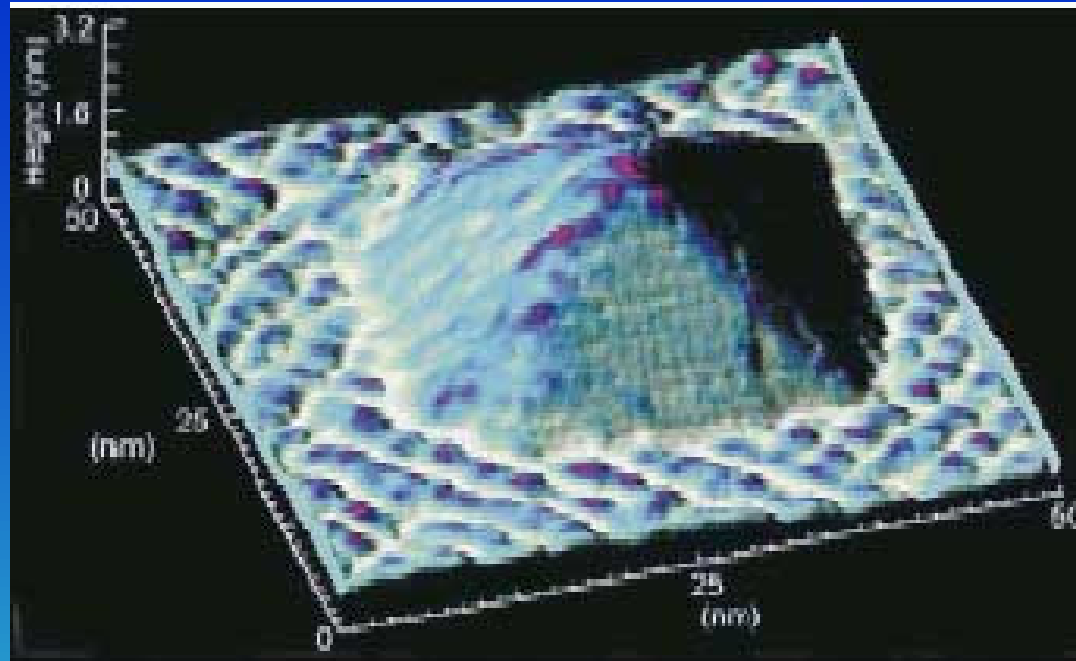


- Micro-accelerômetro (ampliação de cerca de 800x). Os dois "pentes" podem deslocar-se, um em relação ao outro, sob efeito de uma violenta aceleração. (Para uso em air-bags automotivos)

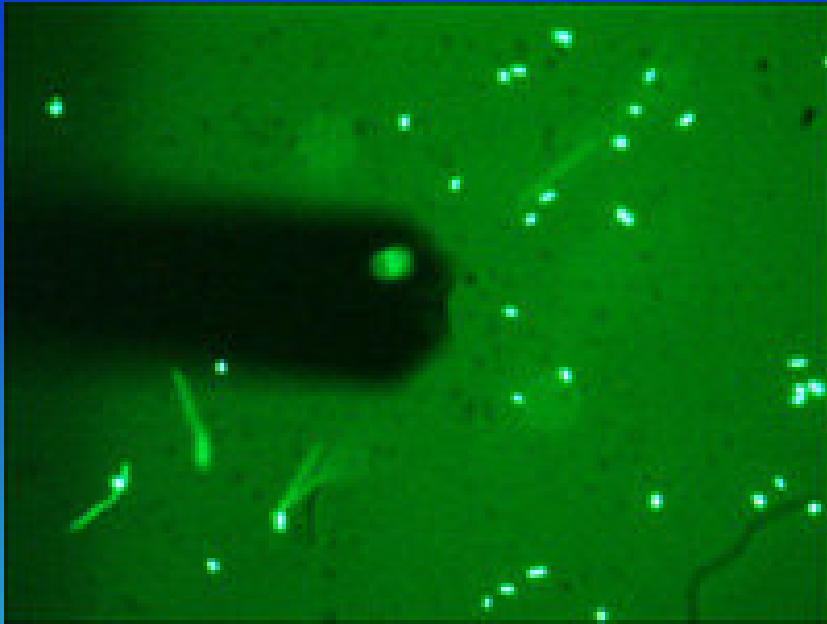
Aplicações corriqueiras: ???



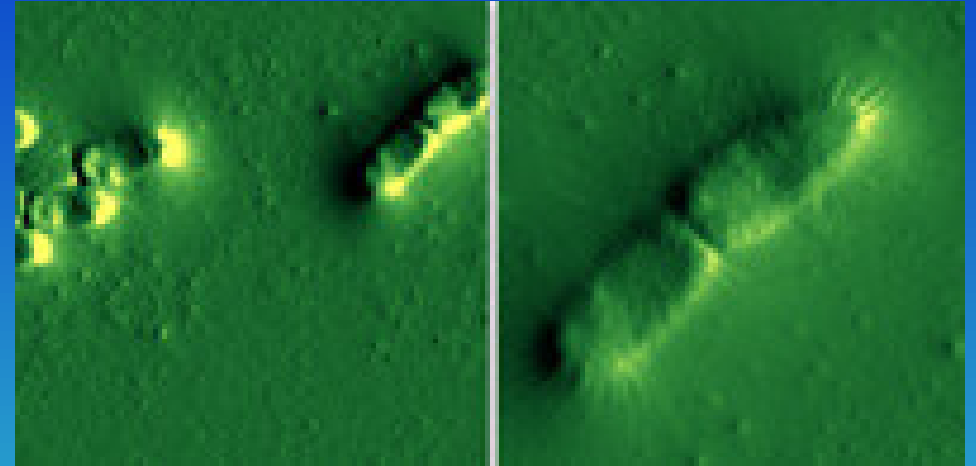
Óculos que não refletem



- Exemplo de caixa quântica de germânio, em forma de pirâmide, produzida por auto-organização espontânea durante crescimento por epitaxia de feixes moleculares. A auto-organização espontânea é uma classe muito ampla de fenômenos que tem exploração crescente em N & N.

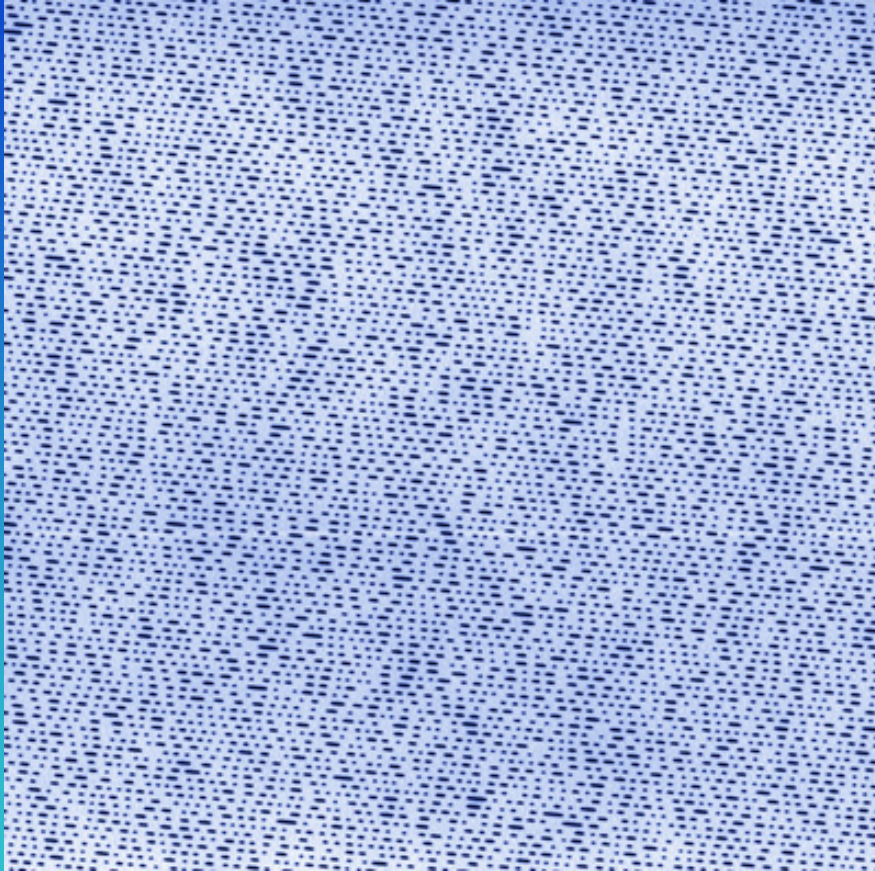


- Imagem óptica para posicionamento da ponta de prova

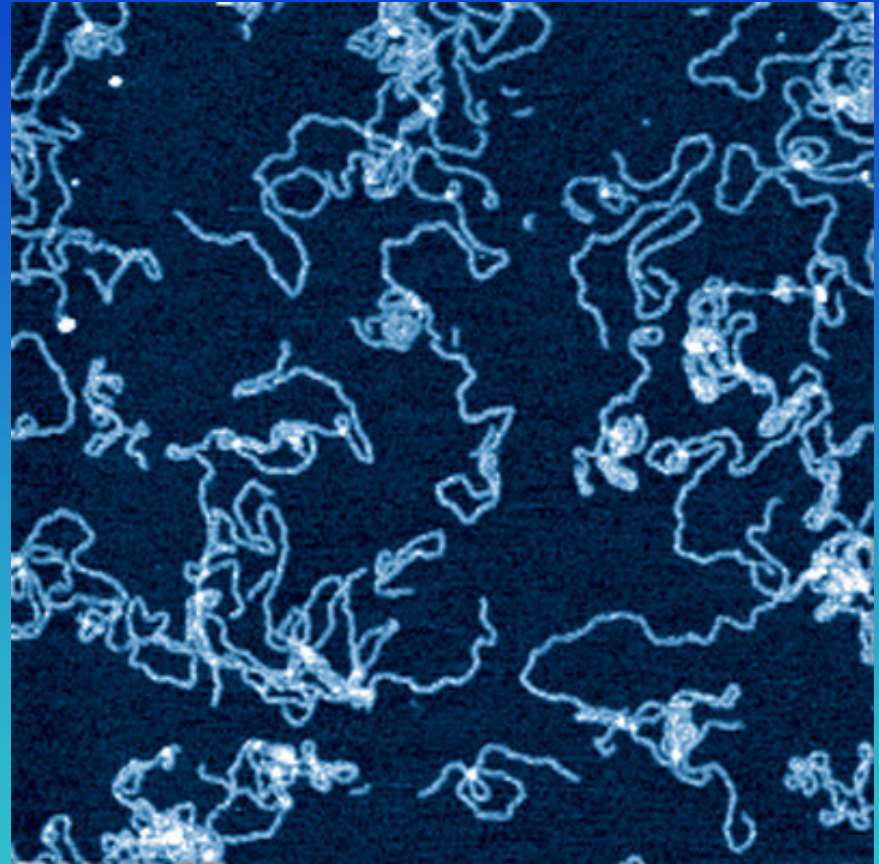


10 μ m scan (l) and 4 μ m zoom (r)
Imagem por AFM da
Bacteria *P. aeruginosa*,

- Pits em mídia de DVD
- Digestão de DNA Lambda

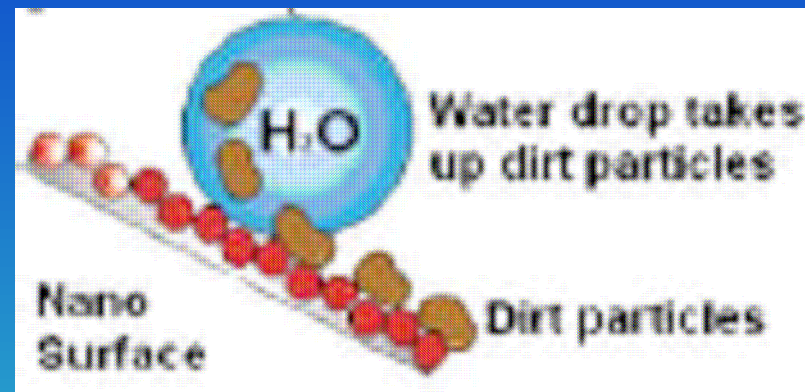


**Imagem de 5 x 5 μm
16 megapixel**



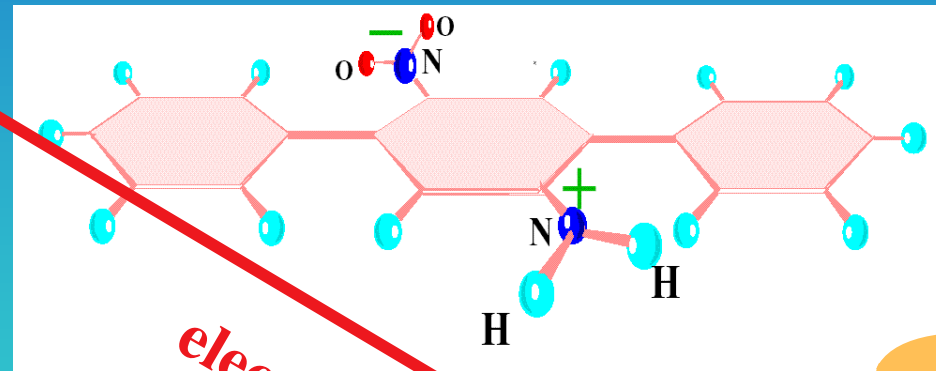
**Imagem de 1.5 x 1.5 μm
2nm de resolução espacial**

Tecnologia de Nano-Filmes



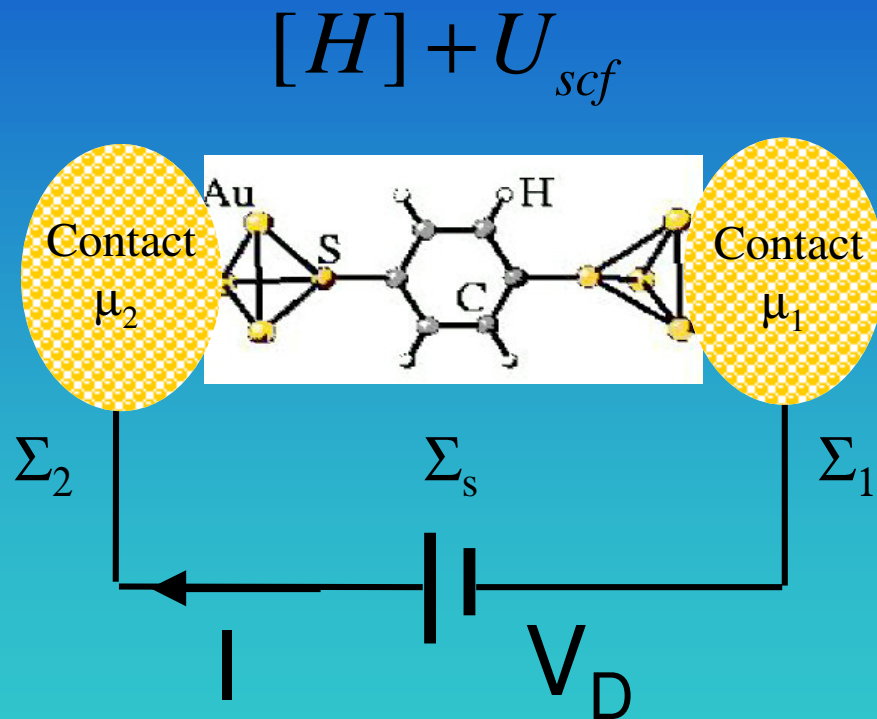
Super-hydroscopic surface effect on a sandstone rock.

Eletrônica Molecular: o casamento da eletrônica com a química

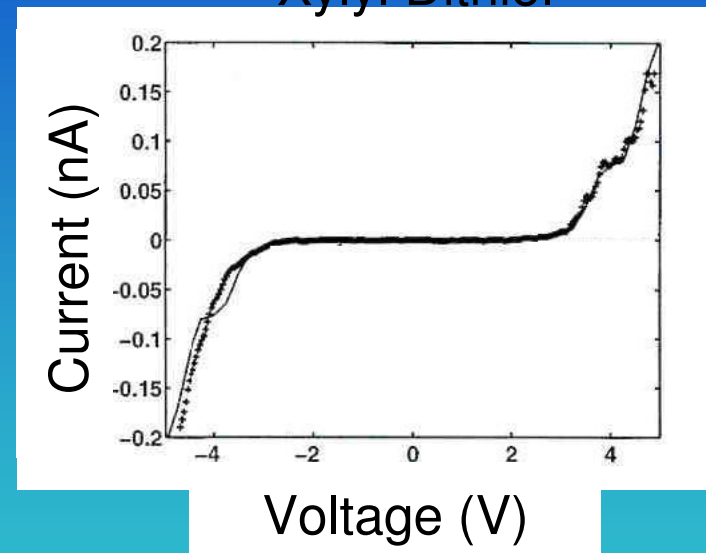


Mark Reed Group (Yale)

Da teoria para o experimento



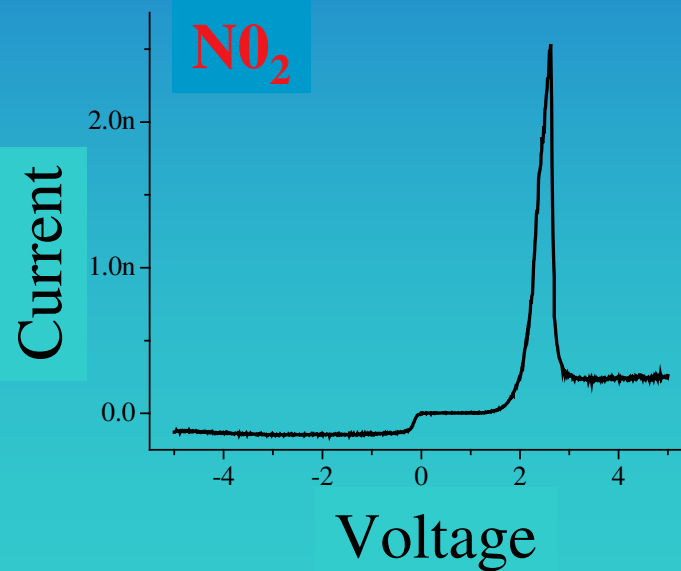
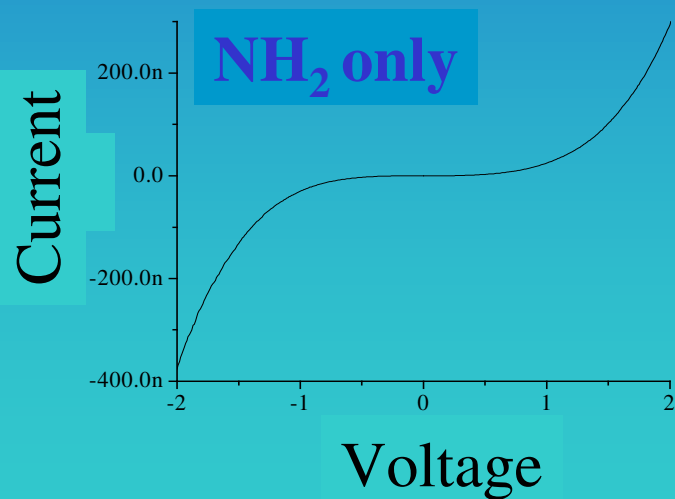
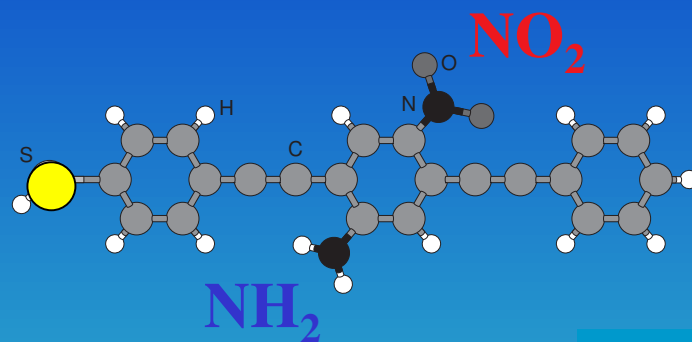
Xylyl Dithiol



S. Datta, *et al.*, Purdue

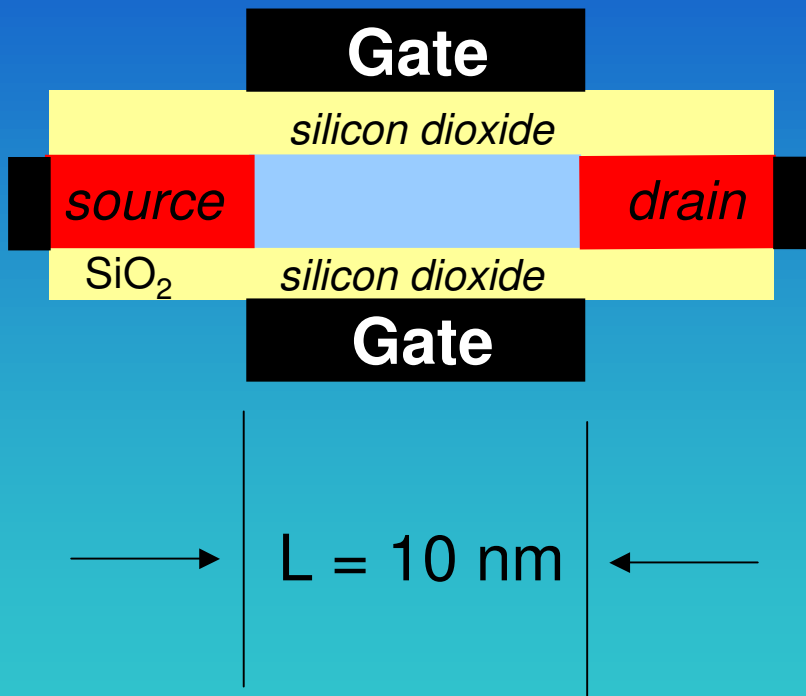
$$G = \frac{dI}{dV} = \frac{2e^2}{h} MT(E_f)$$

Estrutura molecular com funções eletrônicas

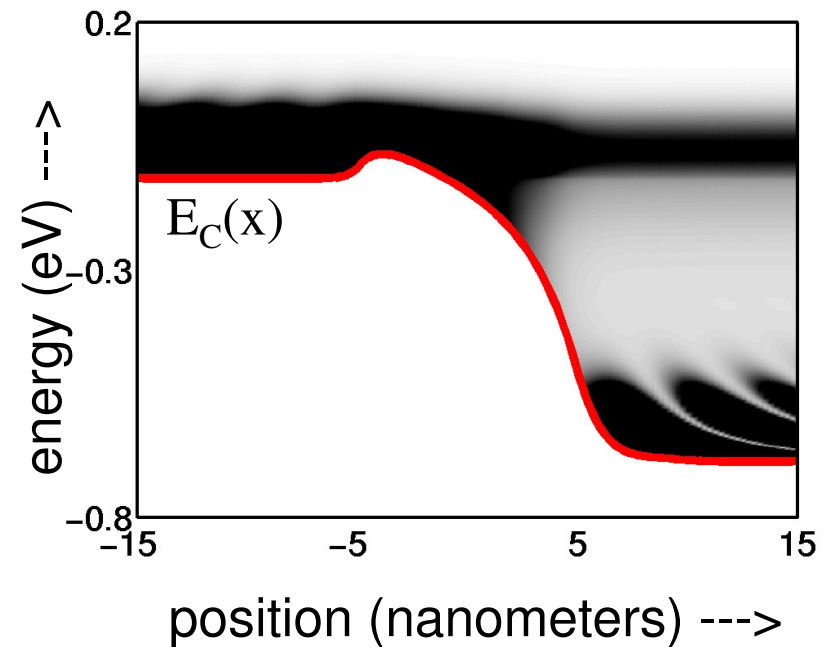


J. Chen, *et al.*, Yale

Transistor em nanoescala



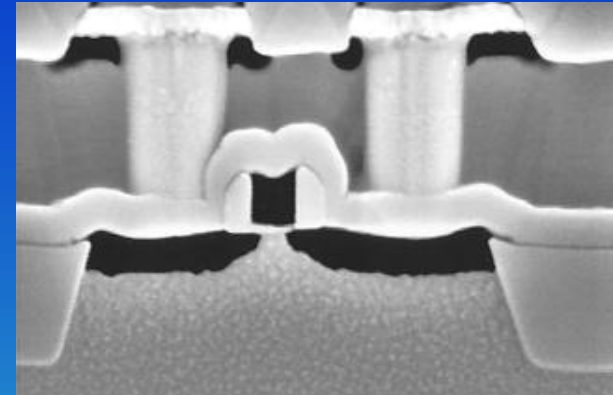
Double Gate MOSFET



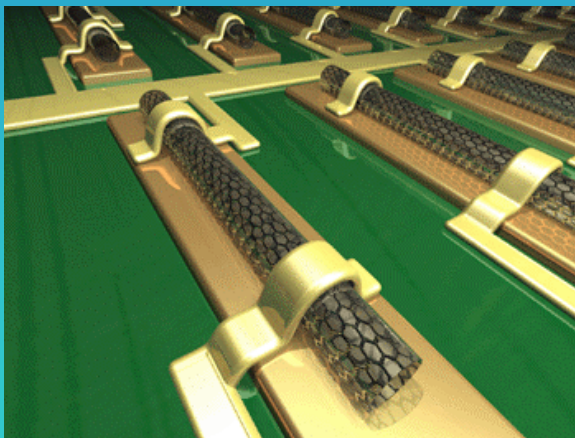
Electron density versus position and energy

Nanotransistores

Silicon transistors:
 $L \sim 10 \text{ nm}$

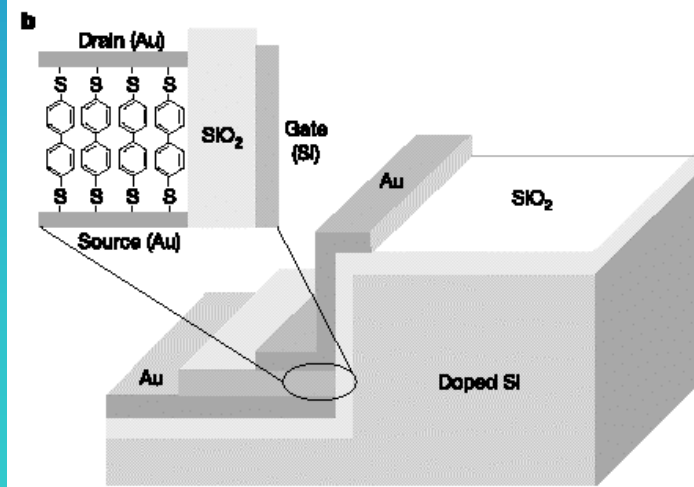


Carbon nanotube transistors:
 $D \sim 1 \text{ nm}$



Bachtold, et al., *Science*, Nov. 2001

Organic nanotransistors:
 $L \sim 0.2 \text{ nm}$



Schön, et al., *Nature*, **413**, 713, 2001

Futuro da eletrônica



2001:
> 100M
transistors



2007:
> 1B
transistors



2015:
> 10B
transistors

Nanobiotecnologia

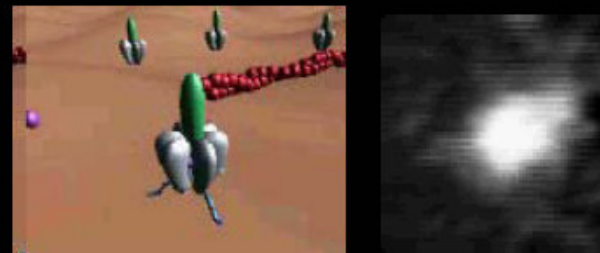
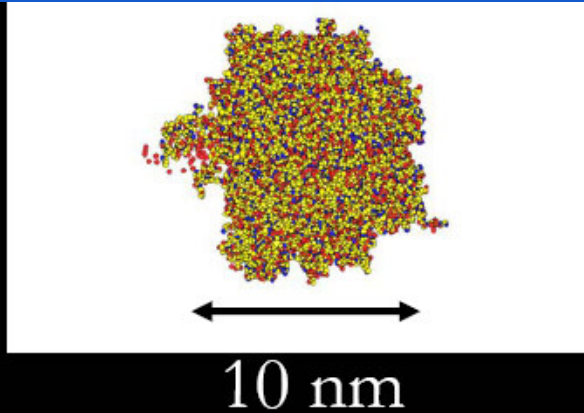
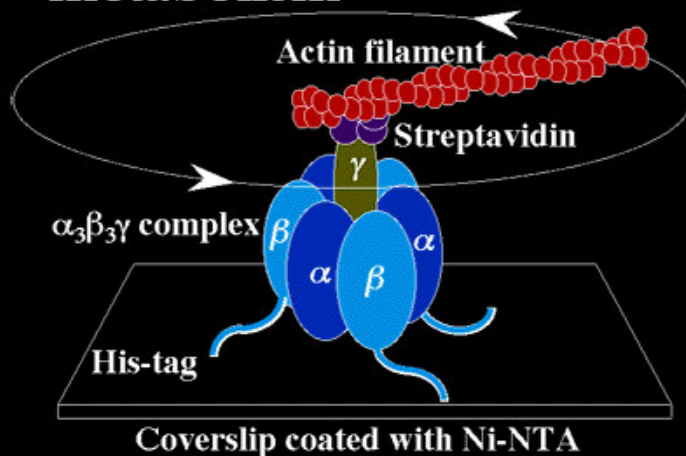
Biosistemas:

- DNA
 - 2-3 nm por par base
 - Genoma humano contém cerca de 10^9 pares base
- Proteínas:
 - tipicamente 1-10 nm em dimensão
 - ~ 100,000 proteínas diferentes no código genético humano
 - todas são sintetizadas enzimaticamente (de baixo para cima)
- Nano-motores Biologicos:
 - síntese de ATP
 - Kinesin, Actin importantes para o movimento muscular
- *Nanotechnology é importante para a vida por si mesma.*

Exemplo de Biomotor na síntese de ATP

the mitochondria
membrane

- Uses proton gradient to convert ADP to ATP
- Extremely important for metabolism



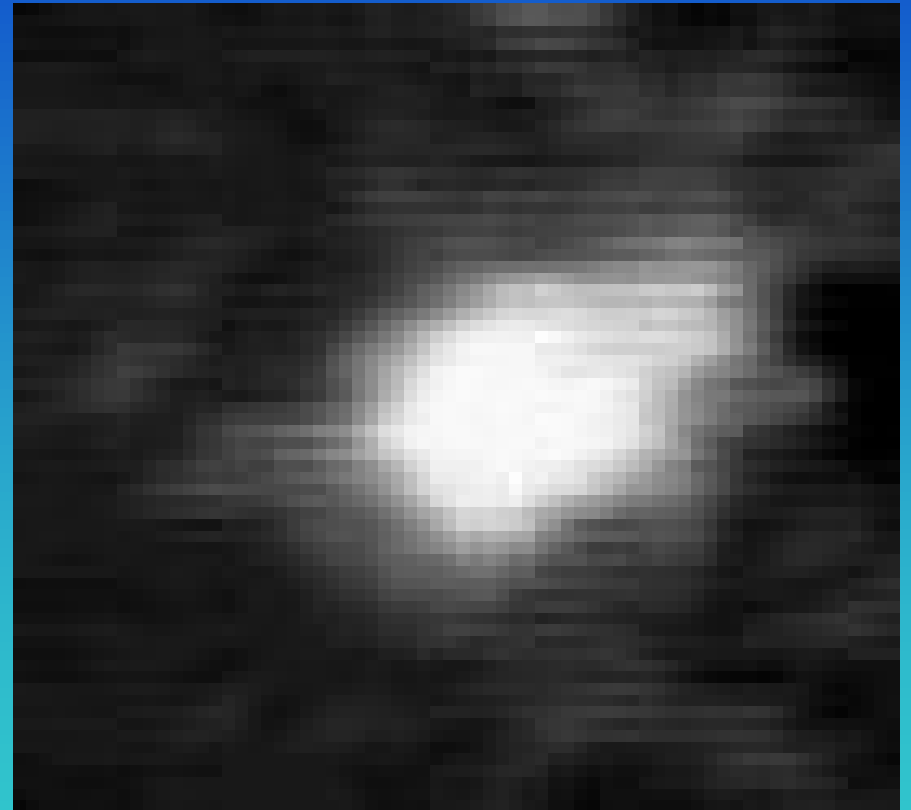
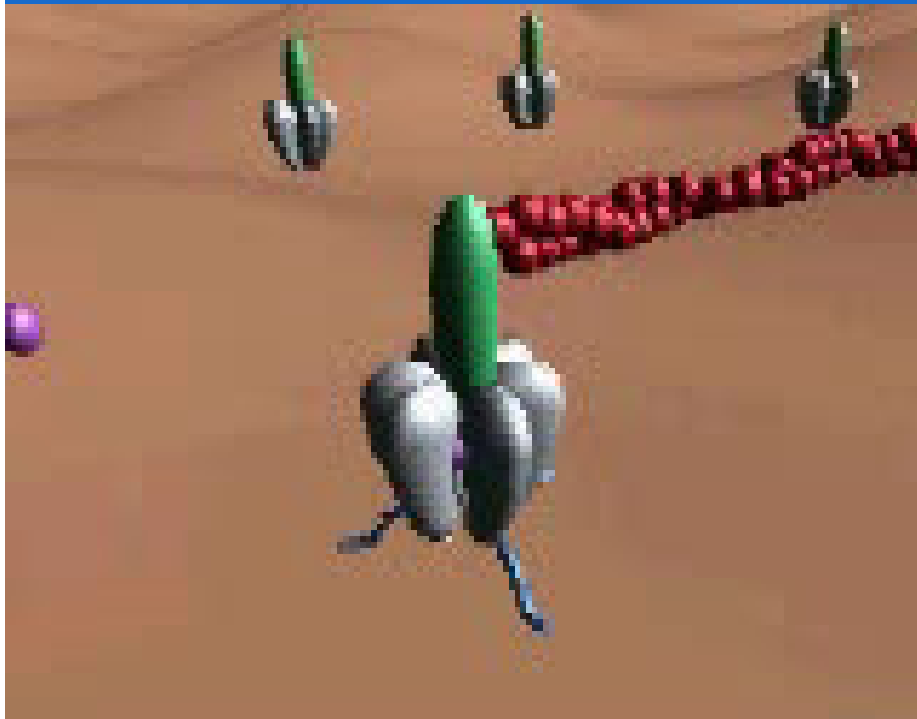
Movie source: www.res.titech.ac.jp

References: Boyer, Annu. Rev. Biochem. 1997

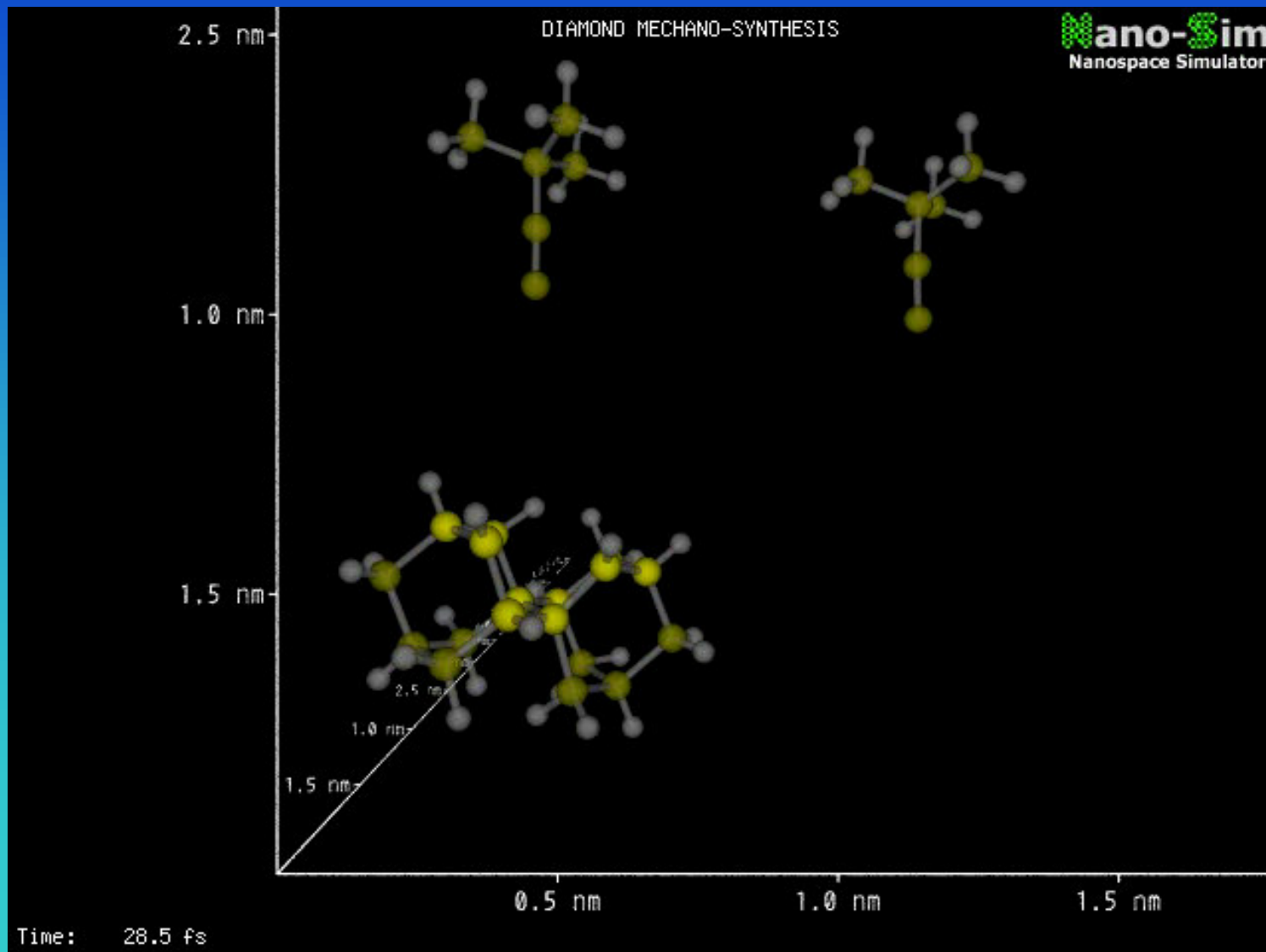
Yoshida, Nature Rev. Mol. Cell Bio. 1997

Soong, Montemagno, Nature, 2000

Animação Vs Síntese real



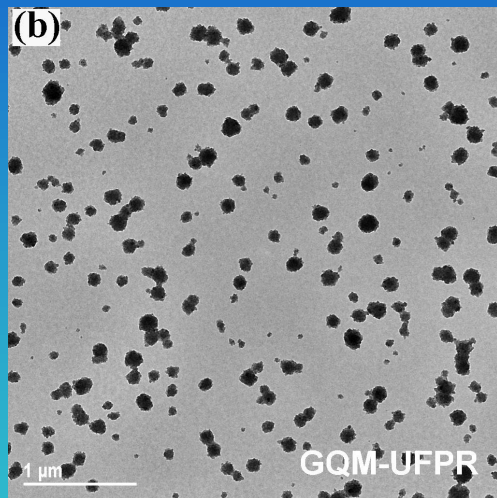
Simulação da síntese do diamante



Riscos??? Ética???

- A nanobiotecnologia tem levado à produção de novos materiais e, como é bastante recente, os **riscos para a saúde humana** e ambiente ainda não estão suficientemente avaliados. Pertencendo a uma escala nanométrica, as partículas podem atravessar poros e se acumular em determinadas células. Não se tem idéia dos efeitos que uma longa permanência de partículas magnéticas ou outra nanopartícula pode causar dentro do organismo

Riscos??? Ética???



Nanopó de óxido de
titânio utilizado em
protetores solar



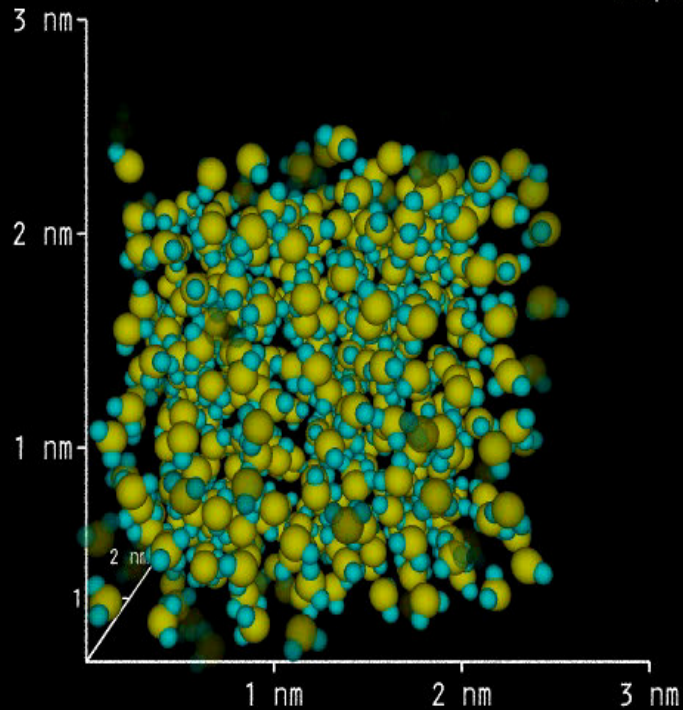
Barreiras a vencer

- Um problema prático da nanotecnologia resulta do próprio tamanho dos átomos. Se conseguirmos manipular os átomos, um a um, a fabricação de um objeto em nossa escala não nos tomaria muito tempo? (Ex. construir uma moeda de 10 centavos, juntando um milhão de átomos por segundo, tomaria mais de 13 bilhões de anos! [uma moeda contém aproximadamente quatrocentos mil bilhões de bilhões de átomos (4×10^{23} , ou seja: 4 seguido de 23 zeros!)]). Enfim, mesmo que esses problemas sejam ultrapassados, é preciso estabelecer um programa de pesquisa que permita aceder a essa tecnologia.
- Não existe ainda o problema, em princípio intransponível (como o princípio da incerteza quântica, ou mesmo a agitação contínua) dos átomos na temperatura ambiente, etc.?

As Nanoestruturas são estáticas???

LIQUID WATER

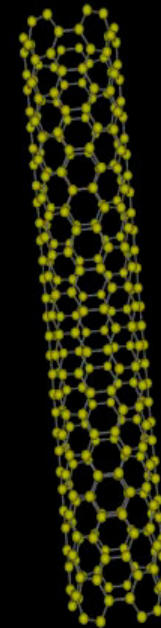
Nano-Sim
Nanospace Simulator



Time: 0.0075 ps

CARBON NANOTUBE 5,5

Nano-Hive™
Nanospace Simulator



Time (fs): 0.00
Environment Temperature (K): 300
Total Energy (kJ/mol): 0.00

Solução está na natureza?

- Não obstante todos esses problemas, os campos de aplicação desses aparelhos estão em grande desenvolvimento. Diversas empresas foram fundadas para vender tais equipamentos
- Enfim, para terminar com a questão da viabilidade da nanotecnologia, pode-se observar que nós somos a **prova** de que a nanotecnologia é possível!
- De fato, os seres vivos são constituídos de verdadeiras máquinas moleculares (DNA, RNA, ribossomos, etc.), que funcionam em escala atômica e coordenam, de maneira extremamente precisa, os átomos e as moléculas que constituem os seres vivos... e, diga-se de passagem, com muito mais sucesso!

Imitando a vida

- **evolução natural igualmente resolveu o problema da criação de seres com o nosso tamanho, átomo por átomo, em um tempo bastante razoável! Isto feito de uma maneira que será fácil reproduzir em nossas nanomáquinas, ou seja: o crescimento geométrico. No momento em que a primeira célula do futuro embrião for criada, ela se duplica; em seguida, as duas células então formadas, também se duplicam e, assim por diante.**
- **A fabricação da moeda que levaria 13 bilhões de anos para se formar átomo por átomo, se fosse fabricada dessa nova maneira, ou seja: através de uma nanomáquina se duplicando, seriam necessários menos de dois minutos para se criar uma moeda inteira!**
- **Um dos pontos fundamentais do domínio da nanotecnologia é, portanto, a criação de uma máquina, de tamanho molecular, capaz de duplicar-se a si mesma.**

Ética, Meio Ambiente, Riscos??

- A automontagem por engenharia genética permite utilizar instrumentos modernos de manipulação de pedaços de DNA. Assim, diversos laboratórios tiveram sucesso na fabricação de estruturas, criando e ligando vários segmentos de DNA entre si. Talvez seja possível criar um primeiro **montador** constituído de pedaços de DNA. Todavia, a leitura de trabalhos em curso revela que, o modo como isto seria feito, ainda não está claro...
- Se um auto-replicante sair fora de controle?? (gray goo)

Como anda a legislação em Nanotecnologia??

- Como gerenciar a Nanotecnologia?
- Criação de Comissão de Ética como foi para os Transgênicos?
- Auto regulação?
-
-

Especulações Futuristas??

- - Fabricação
- - Construção
- - Alimentação
- - Medicina
- - Expectativa de vida
- - Informática
- - Ecologia
- - Espaço
- - Armamento
- - Pintura: tela, exibição variável, etc.
- - Livros de conteúdo mutável
- - Paredes rearranjáveis, com transparência variável
- "Utility Fog" ou Névoa ferramenta

E como vai a Nanotecnologia no Brasil?

- Dentre os vinte e poucos centros brasileiros para estudo e desenvolvimento da N&N (~230 grupos de pesquisas), o melhor equipado é o LNLS, inaugurado e aberto ao público em julho de 1997. Ele é, hoje, um complexo de laboratórios centrado em torno da fonte de luz síncrotron, e complementado por vários outros laboratórios, como o Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME), o Laboratório de Microscopia de Tunelamento e Força Atômica (MTA), o Centro de Biologia Molecular Estrutural (CEBIME) e o Laboratório de Ressonância Magnética Nuclear.

Este complexo de laboratórios opera como um centro nacional aberto, oferecendo sua infra-estrutura a todos os pesquisadores do Brasil e do mundo.

E como vai a Nanotecnologia no Brasil?

Redes Nacionais de Pesquisas

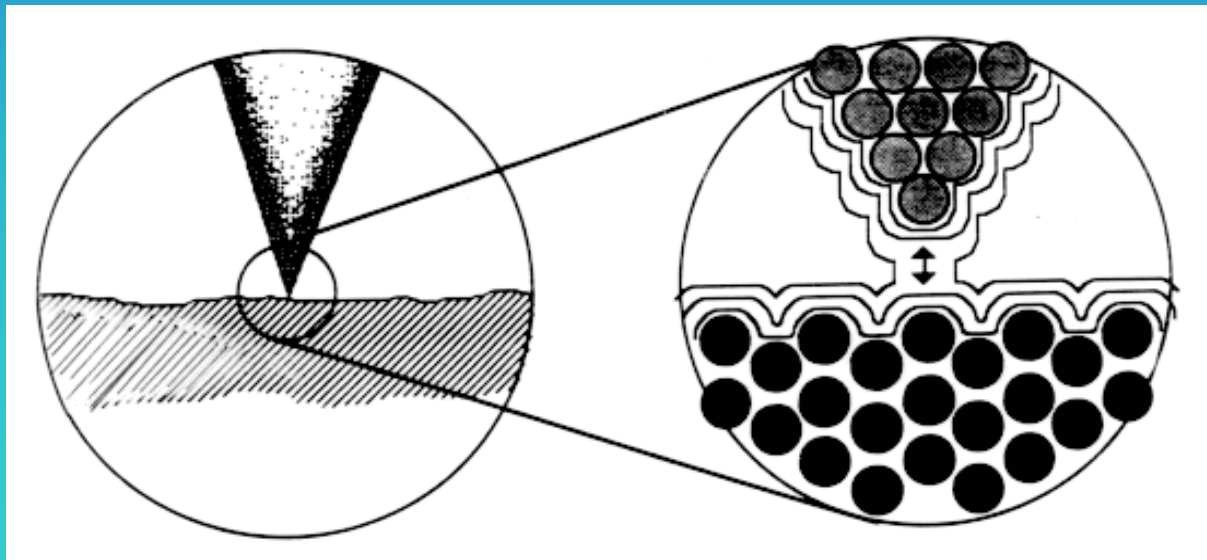
- Rede de Materiais Nanoestruturados – NanoMat
- Rede de Nanobiotecnologia – NanoBiotec
- Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces – RENAMI
- Rede de Materiais Semicondutores NanoSemiMat
- Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente - RENANOSOMA
- Rede de Pesquisa em Micro/Nano Fabricação - NanoFab

Avanços da Nanotecnologia

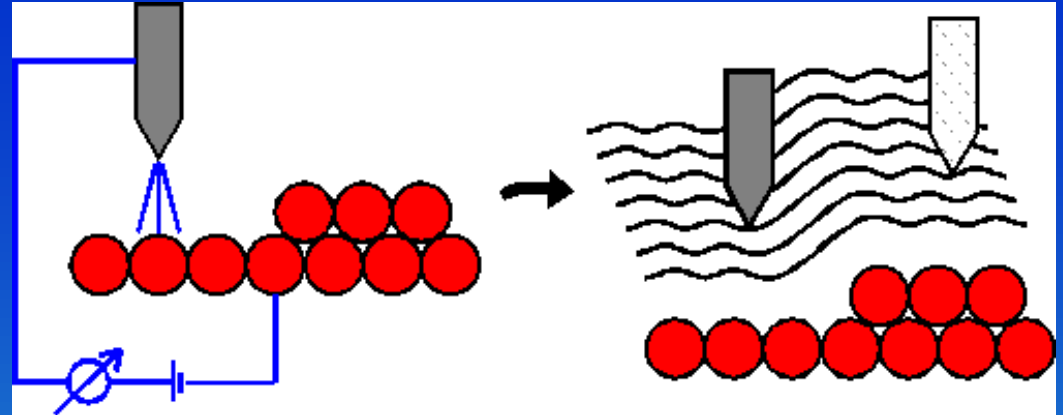
- Um dos feitos mais importantes para o desenvolvimento da N & N foi a invenção em 1981 do microscópio de varredura por tunelamento eletrônico (*scanning tunneling microscope* - STM);
- O STM deu origem a uma família de instrumentos de visualização e manipulação na escala atômica, coletivamente denominados microsondas eletrônicas de varredura (*scanning probe microscopes* - SPM);
- Invenção da epitaxia por feixes moleculares (*molecular beam epitaxy* - MBE) nos anos 1970;
- Técnicas de litografia por feixe eletrônico permitem recortar os filmes superpostos e dessa forma fabricar estruturas nanométricas nas três dimensões, criando as chamadas caixas quânticas, ou pontos quânticos.

Fundamentos dos SPMs

O microscópio de tunelamento eletrônico (STM, scanning tunnelling microscope) e o microscópio de força atômica (SFM, scanning force microscope) baseiam-se em princípios diferentes, mas possuem um significado comum: a superfície do material é percorrida com uma ponta tão fina que termina em um átomo como mostra a Figura.



Base de um STM

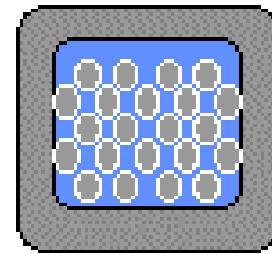


- O detector para um STM é um arame metálico terminando em ponta tão fino quanto possível.
- A posição da ponta de prova é controlada com um varredor (x, y, z) piezelétrico.
- Um varredor típico piezelétrico pode cobrir uma área de um quadrado com 4 μm (400 nm) de lado.
- Como a corrente de tunelamento só pode ser detectada quando a amostra e a ponta estão separadas a menos de 10 \AA e o posicionador pode mover-se somente alguns micrômetros, outras peças são usadas para trazer a ponta a poucos micrômetros da amostras sem se colidirem.
- Um instrumento STM deve ser isolado de vibrações e a temperatura da sala onde está o instrumento deve ser mantida constante para evitar a colisão devido a dilatações térmicas.

Esquema de um STM

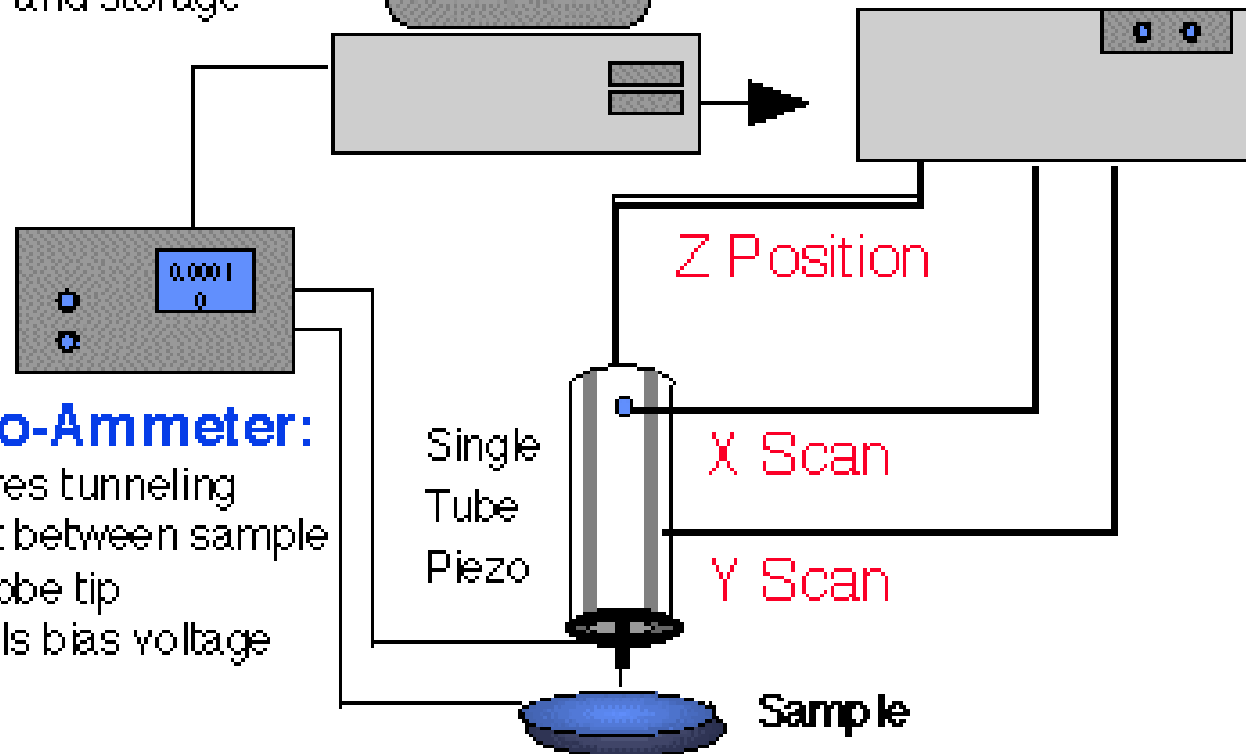
Computer:

- Image display
- Scan control
- Positioning and feedback control
- Data manipulation and storage



Signal Amplifier:

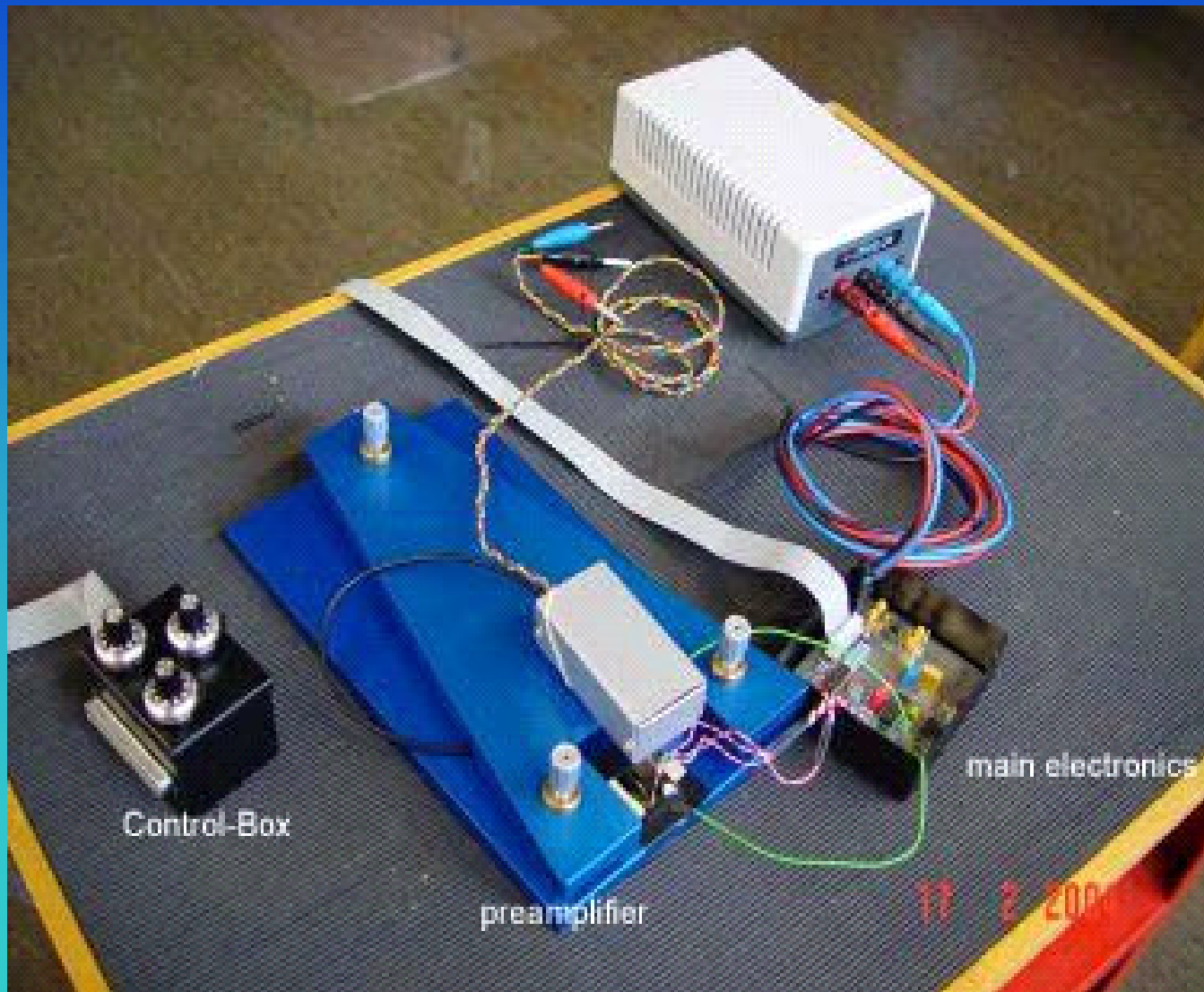
- Voltage source for piezo Scanning and Z Positioning



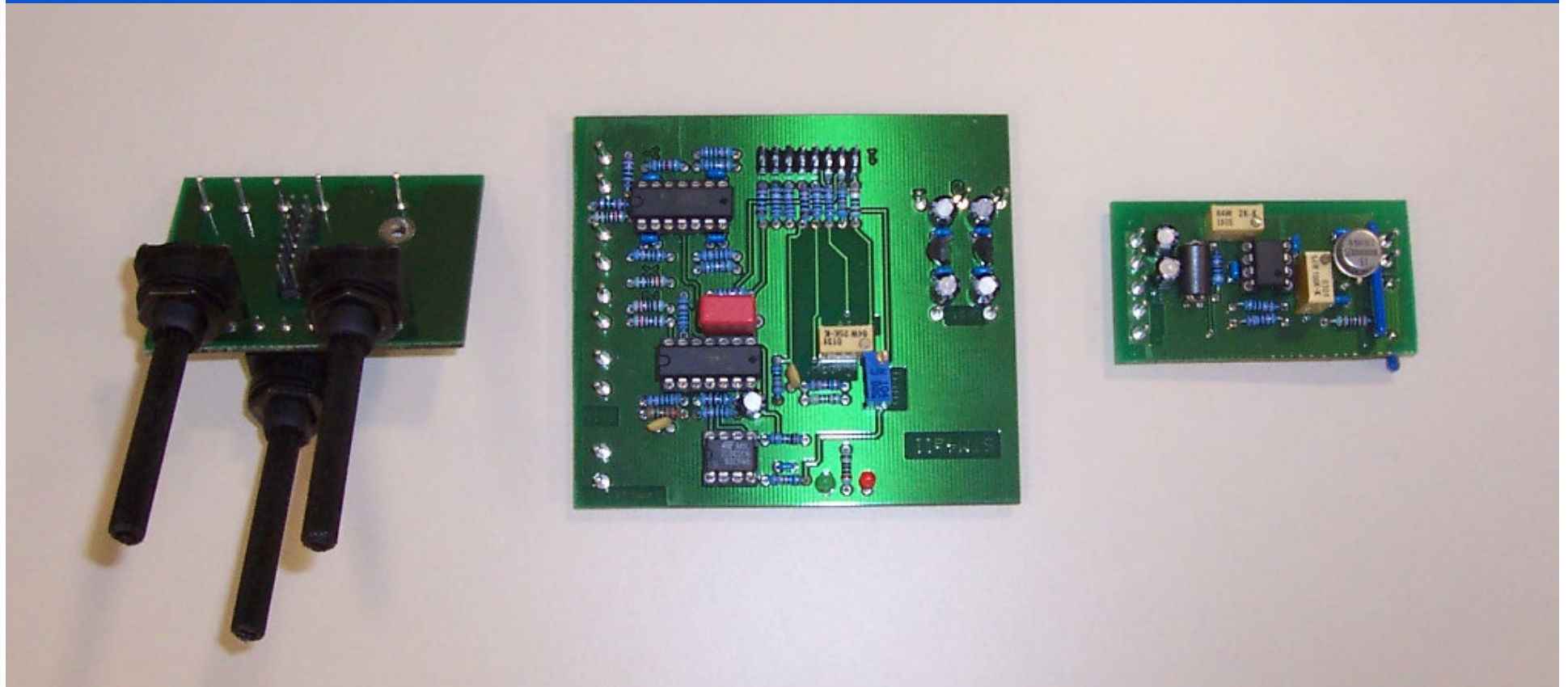
Pico-Ammeter:

- Measures tunneling current between sample and probe tip
- Controls bias voltage

Kit do STM em Construção

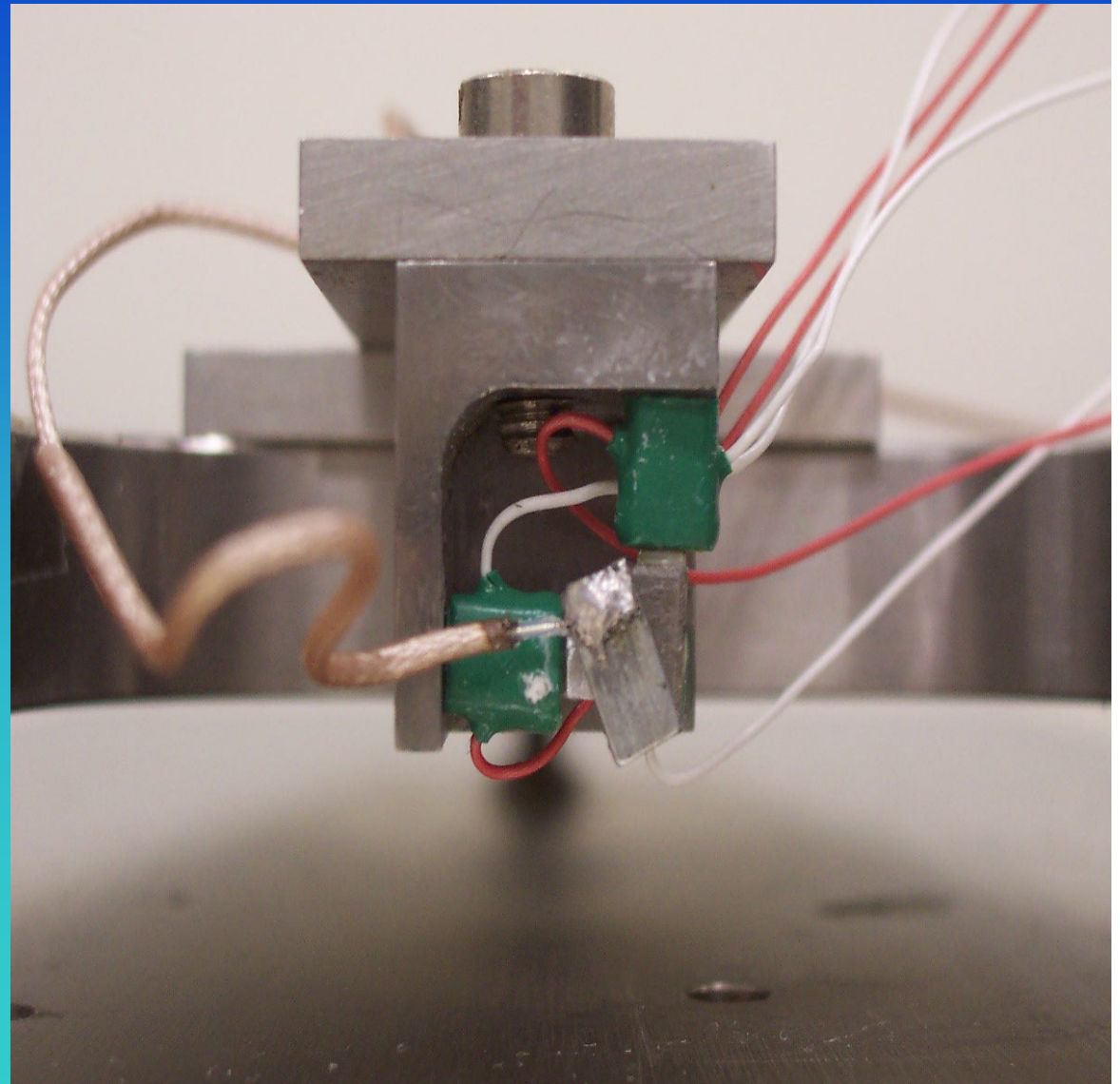
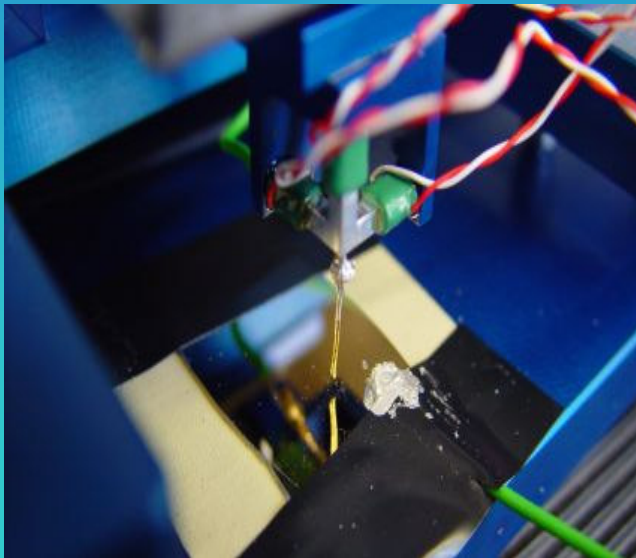
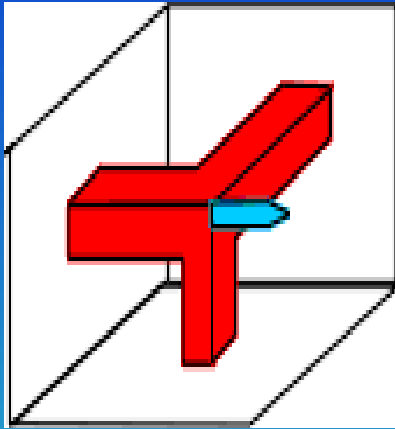


Montagem da parte Eletrônica do STM

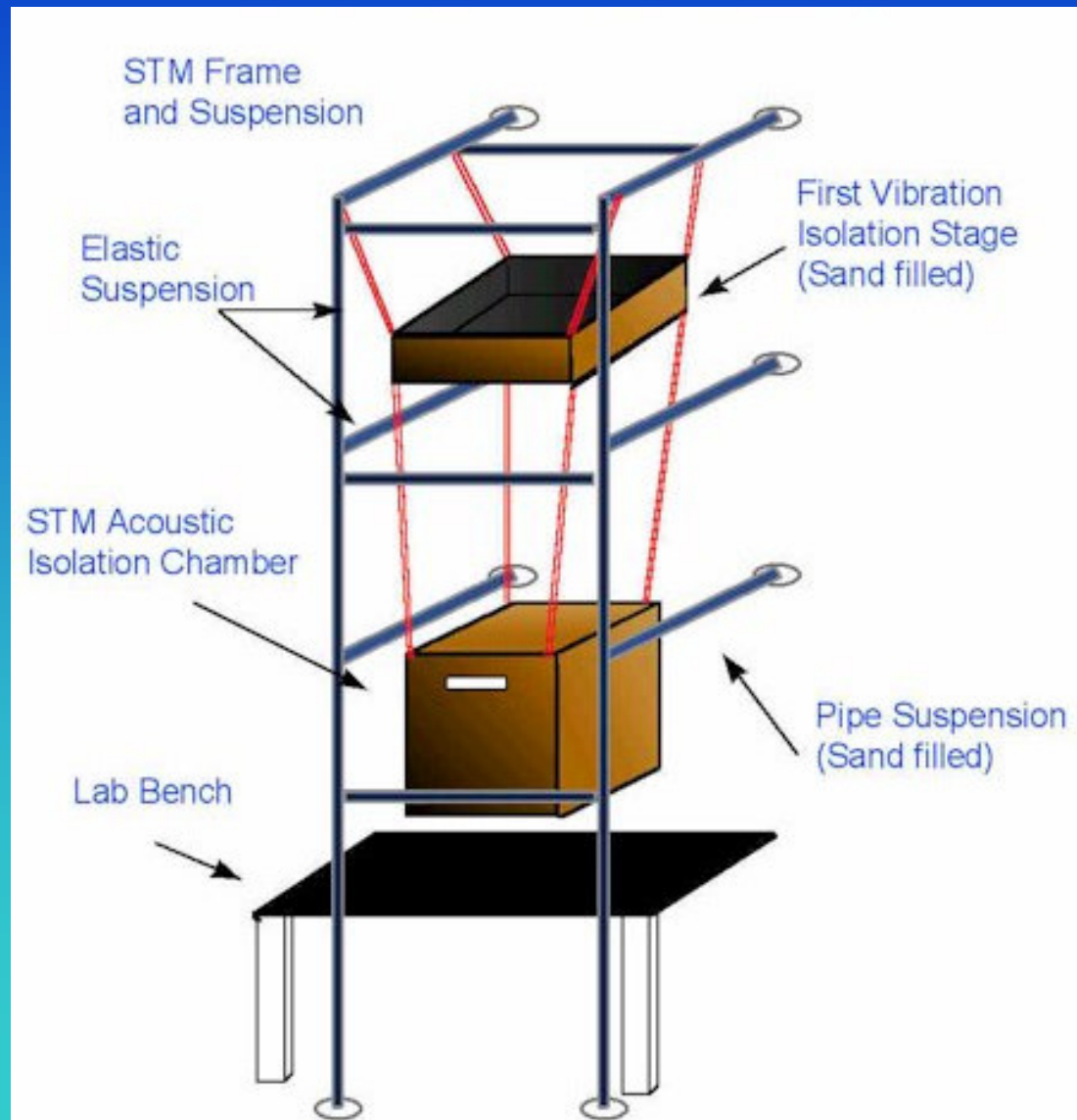


Circuitos de Controle e amplificação de sinal

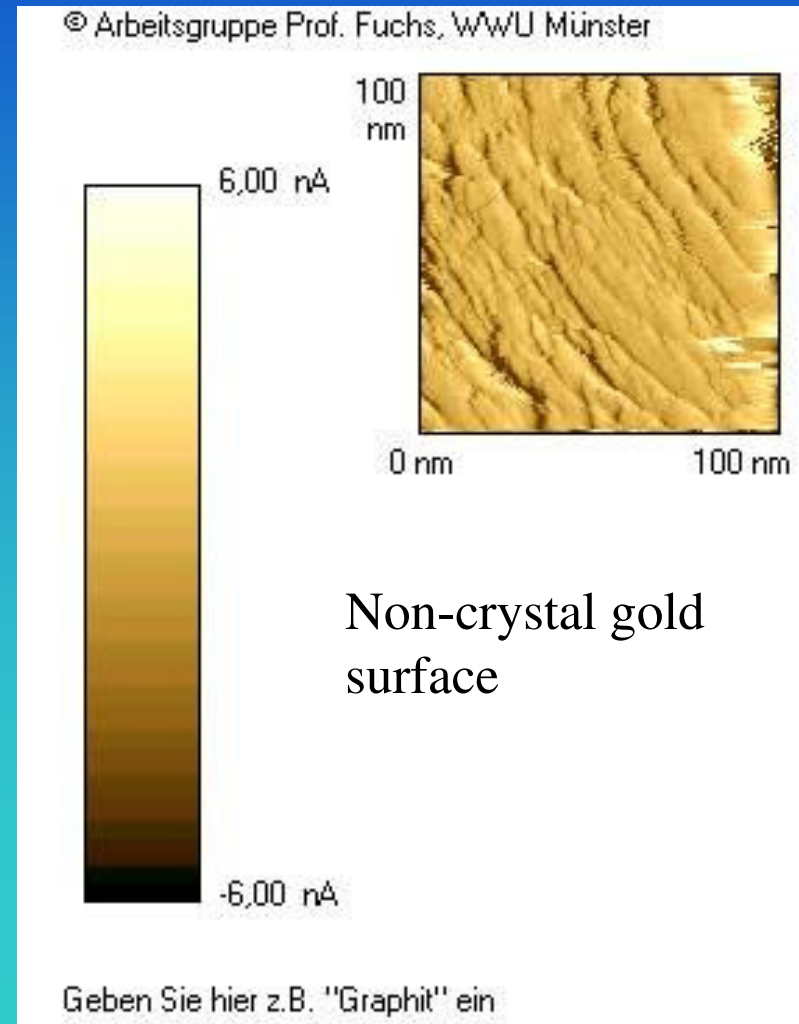
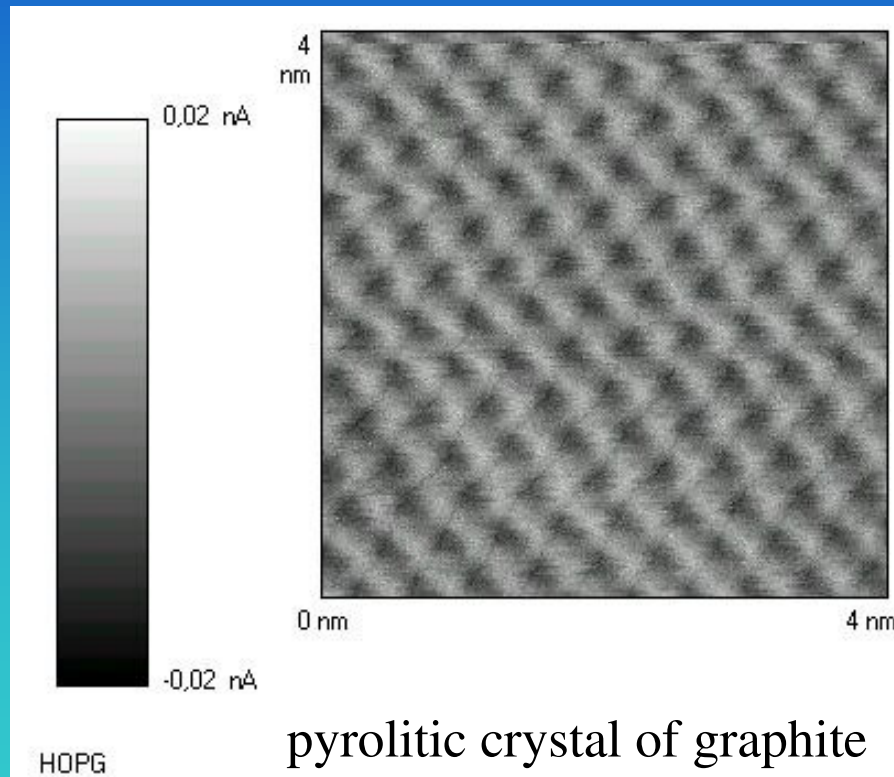
Ponta do STM



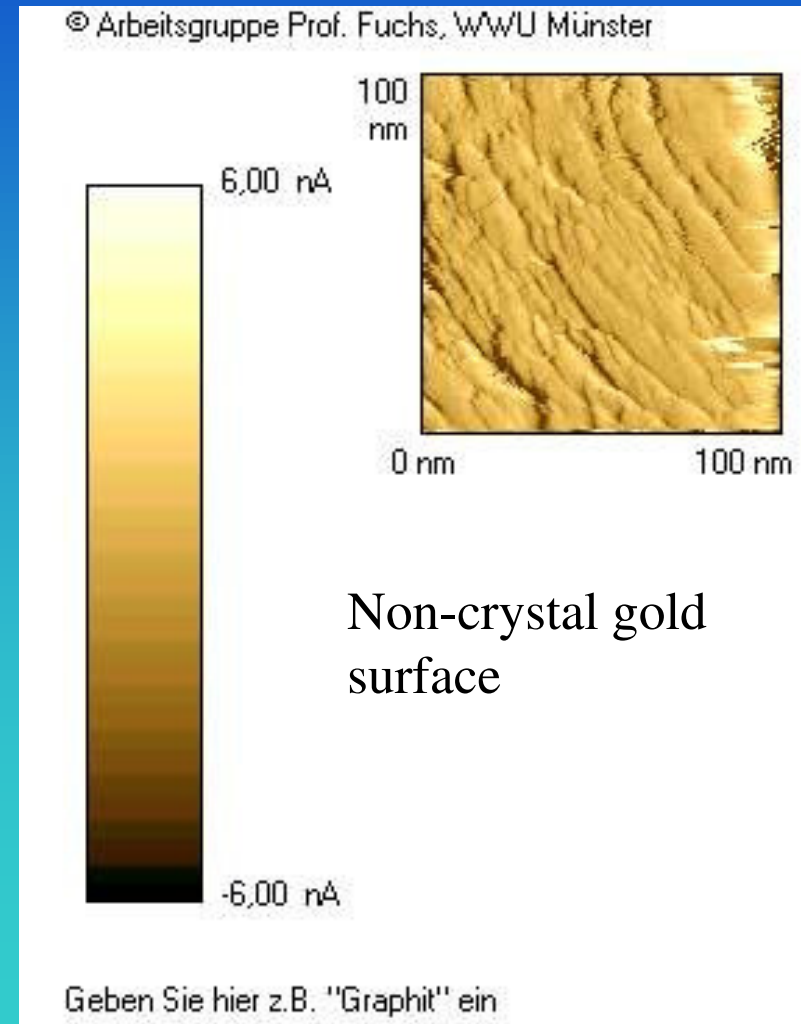
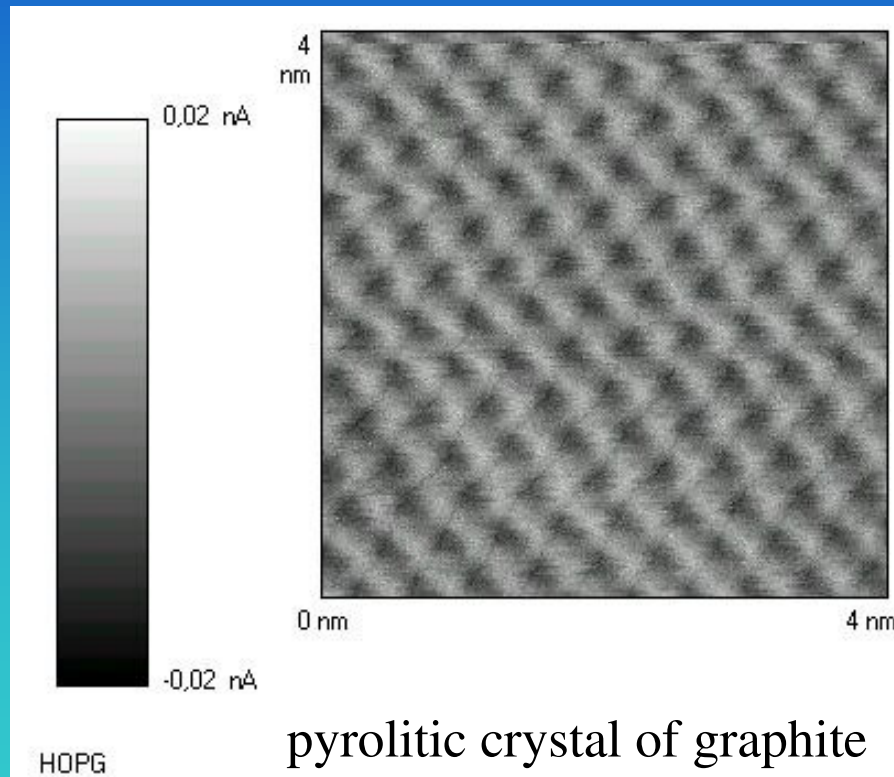
Sistema de Isolamento do STM



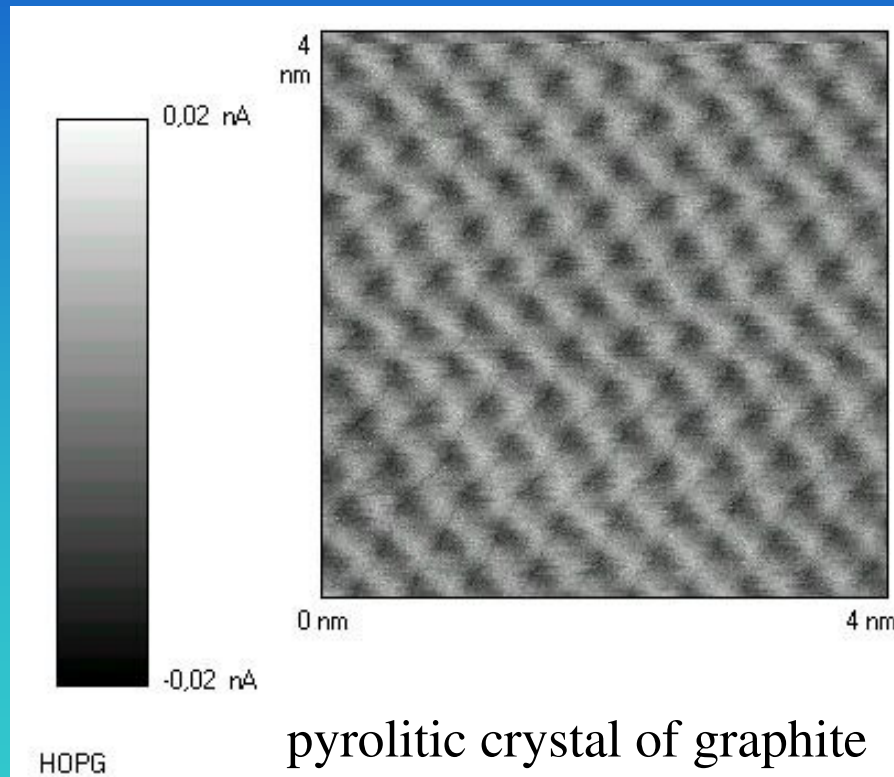
Exemplo de Imagens obtidas por STM



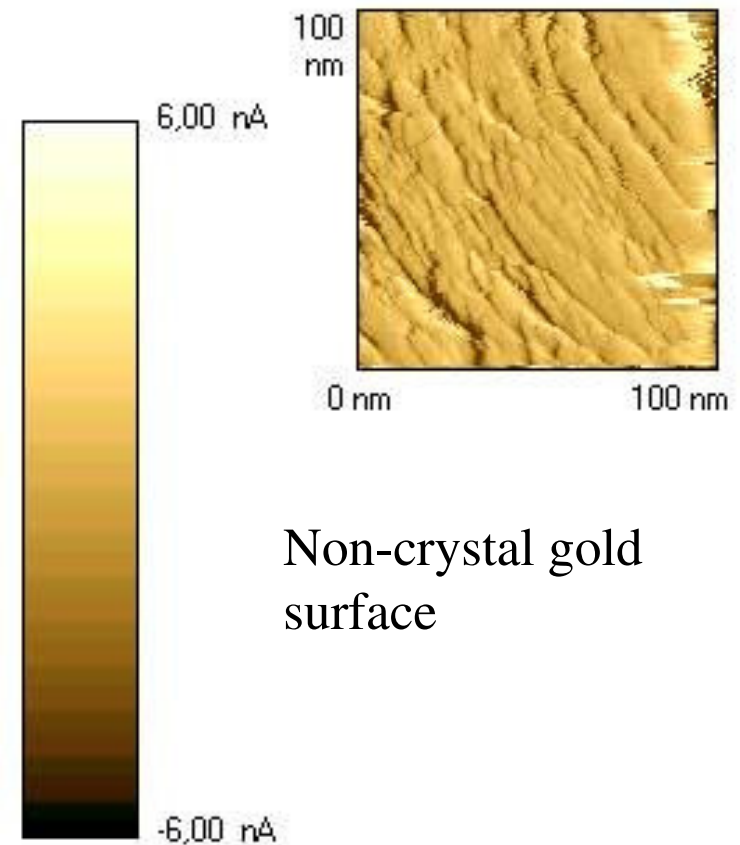
Exemplo de Imagens obtidas por STM



Exemplo de Imagens obtidas por STM



© Arbeitsgruppe Prof. Fuchs, WWU Münster



Geben Sie hier z.B. "Graphit" ein