

# DA MECÂNICA QUÂNTICA À NANOTECNOLOGIA

**JOÃO PENEDONES**  
Setembro, 2008



Escola de Verão de Física



**U. PORTO**

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
UNIVERSIDADE DO PORTO

# Plano do Curso:

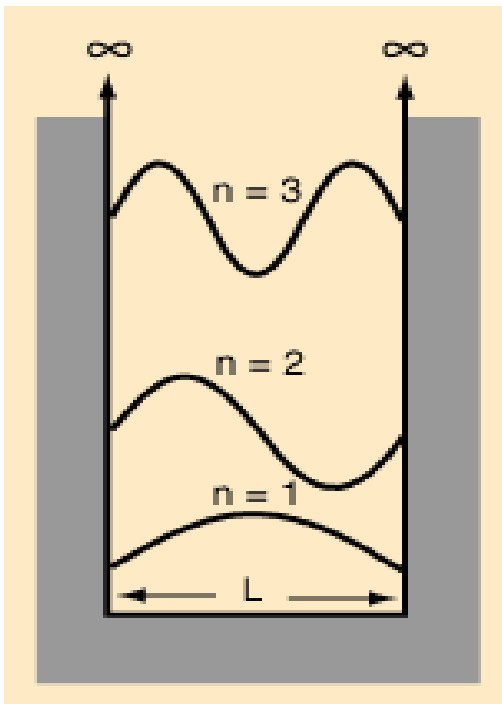
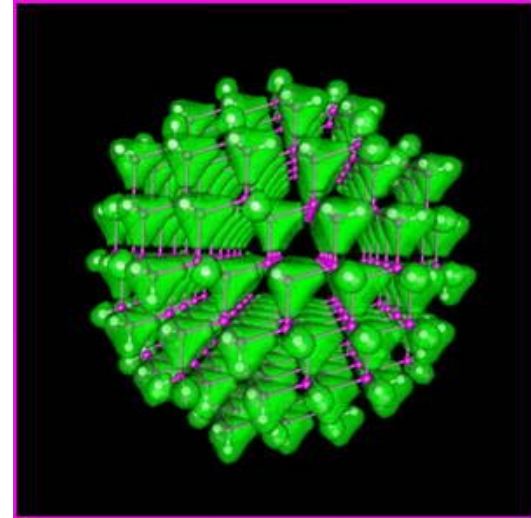
- **Experiência da dupla fenda**
- **Mecânica Quântica em todo o lado**
- **Nanotecnologia**
- **Interpretações da Mecânica Quântica**

# Nanotecnologia

# Quantum Dots

Pequenas estruturas com algumas centenas ou milhares de átomos.

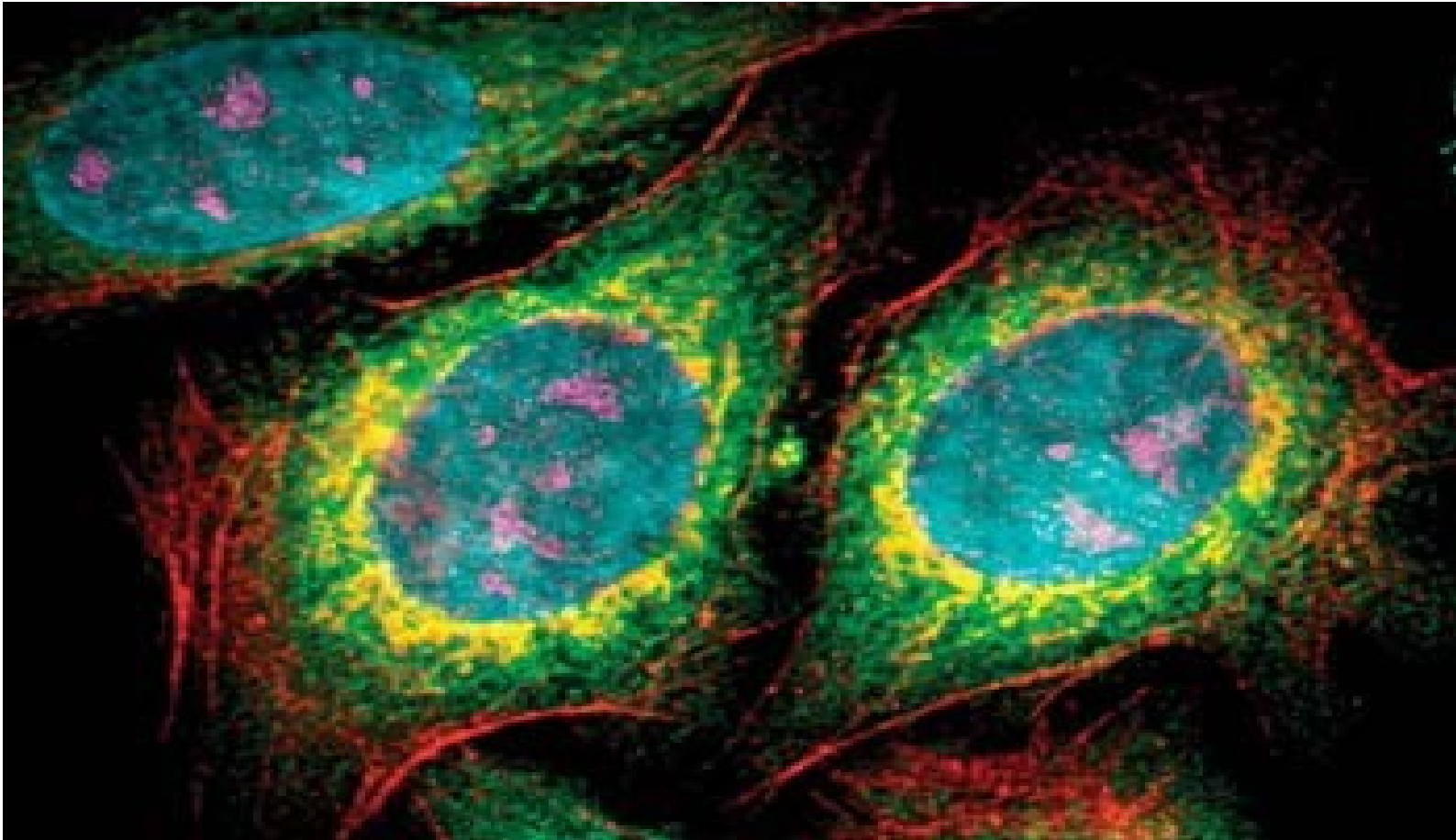
$$E \propto \frac{n^2}{L^2}$$



Alterando o tamanho podemos escolher a cor!



## Visualização de células



Here, the nucleus is blue, a specific protein within the nucleus is pink, mitochondria look yellow, microtubules are green, and actin filaments are red.

# Efeito de túnel

## Mecânica clássica

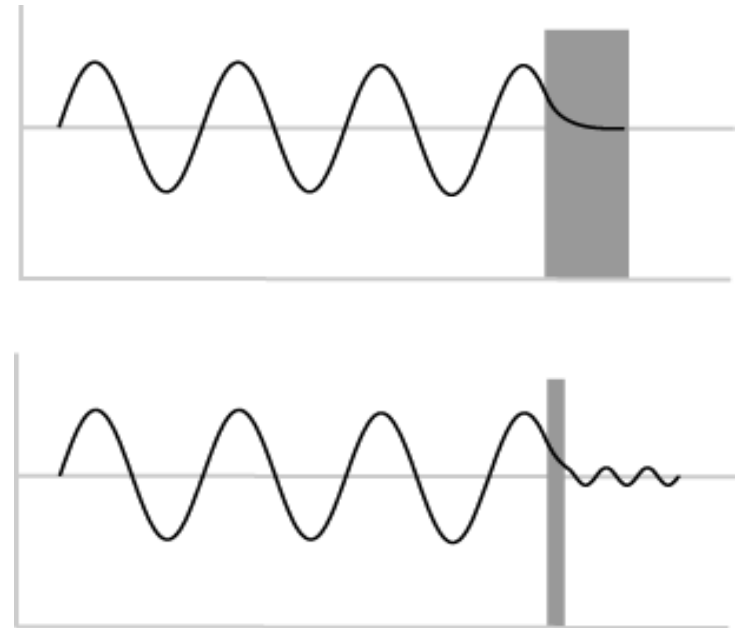
$$E = E_c + E_p$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \geq 0 \quad \Rightarrow \quad E \geq E_p$$

## Mecânica quântica

$$E > E_p \quad \Rightarrow \quad \text{Função de onda oscila}$$

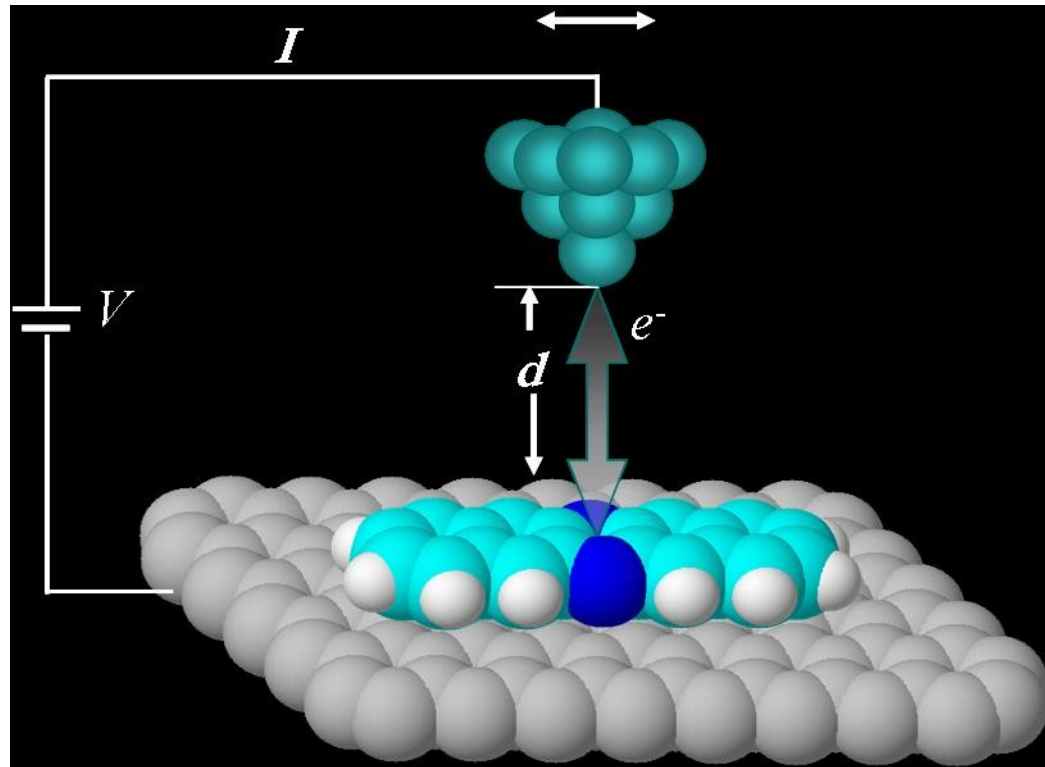
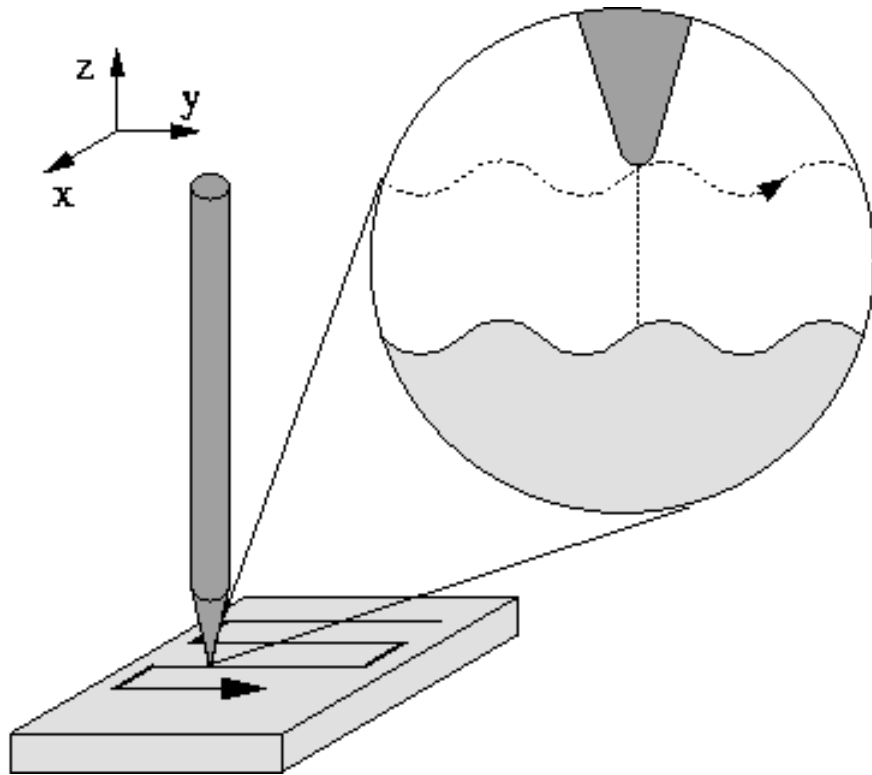
$$E < E_p \quad \Rightarrow \quad \text{Função de onda decai}$$



Existe uma pequena probabilidade de passar a barreira de potencial.

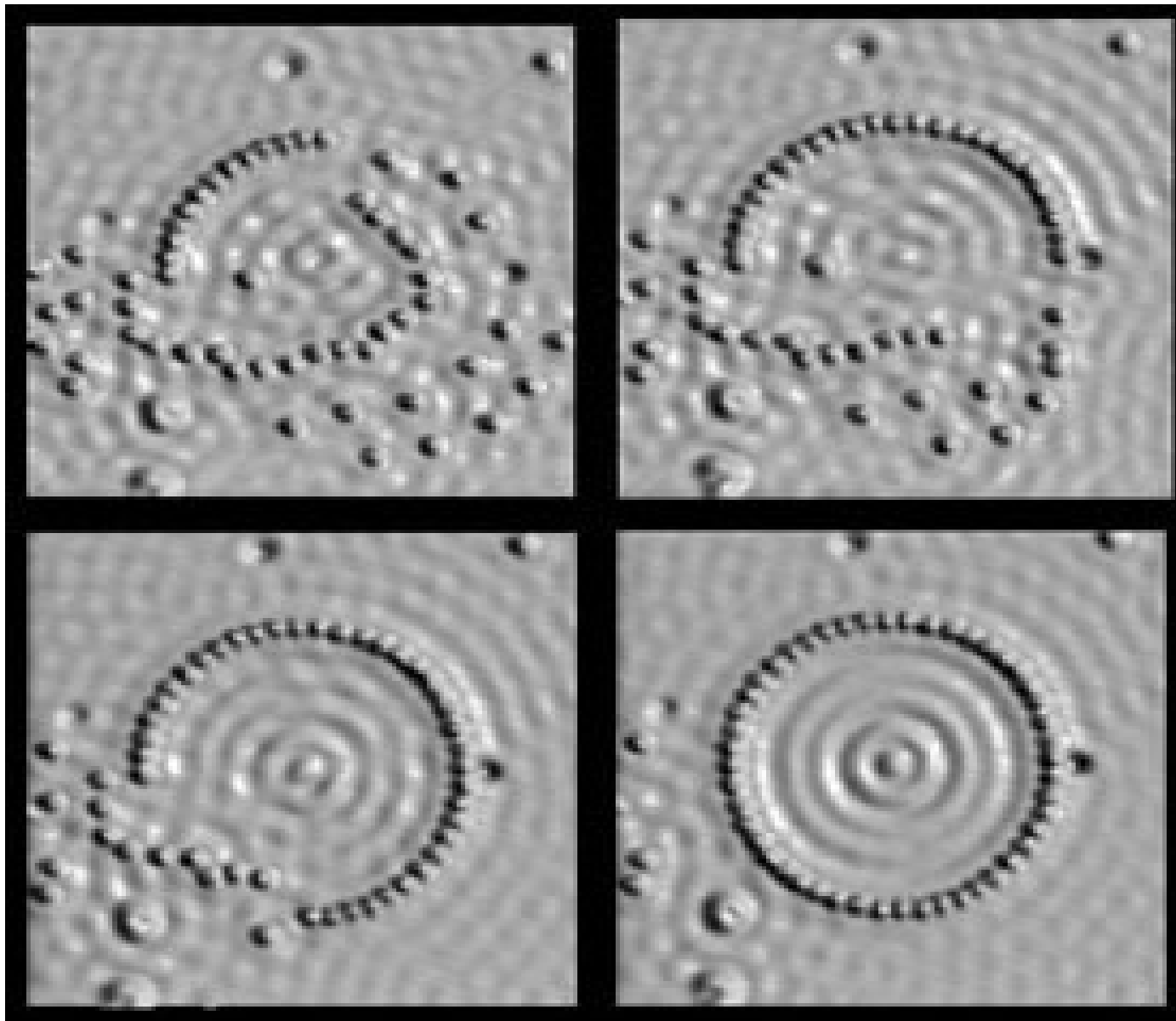
# Microscópio de efeito de túnel

Binning & Rohrer - Nobel da Física 1986



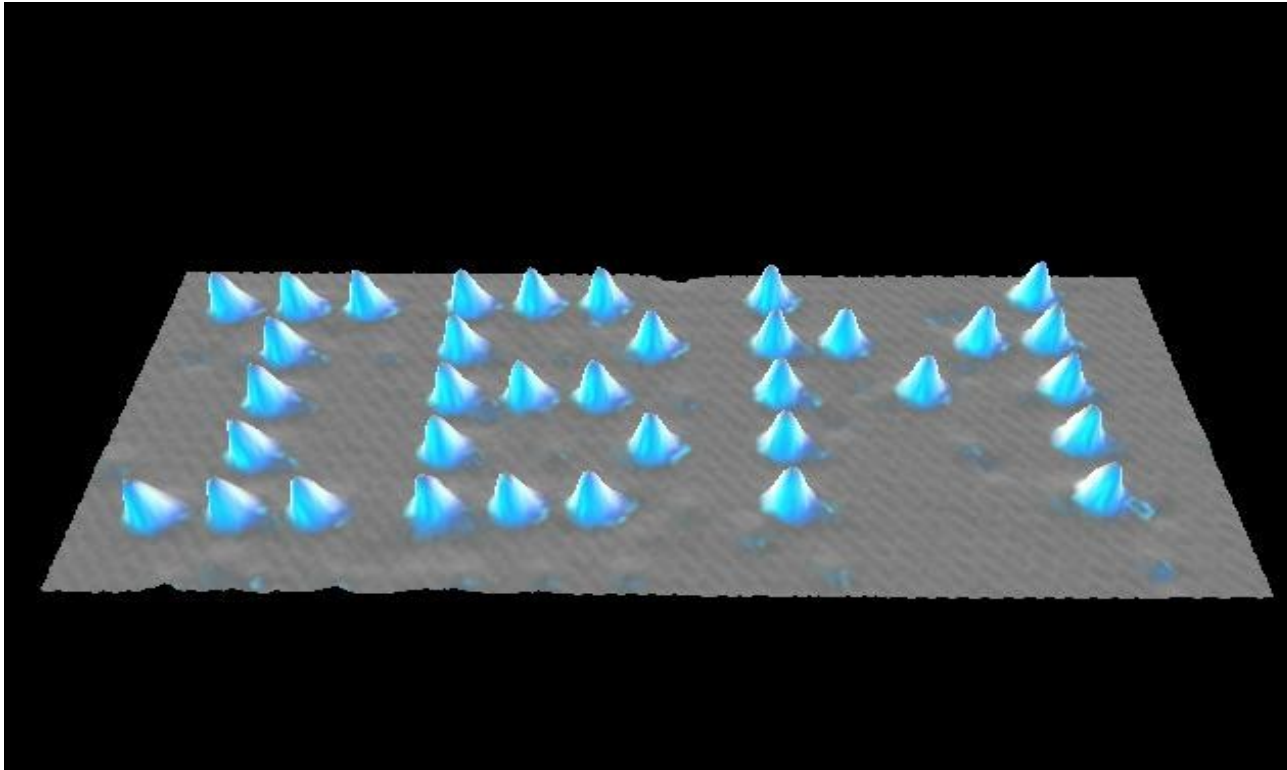
Varrimento mantendo uma distância constante entre a ponta de prova e a amostra.

# Nanolitografia

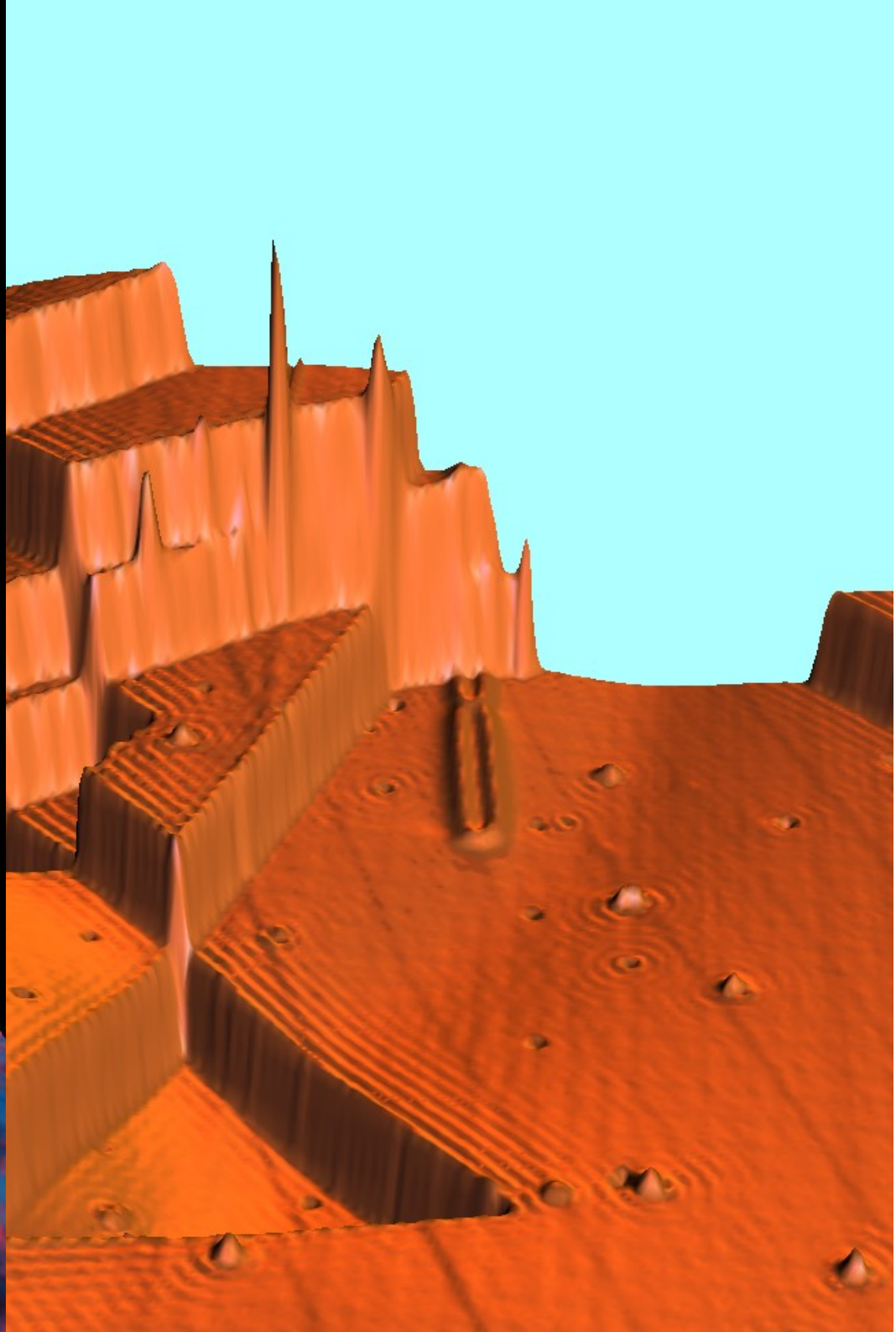
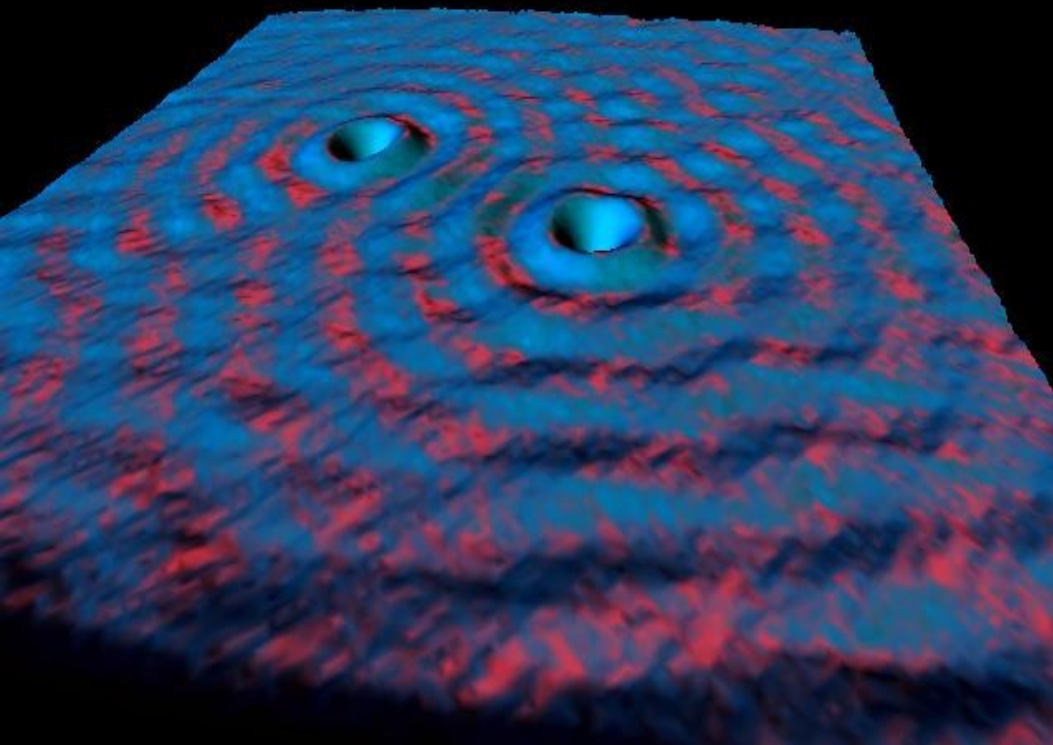
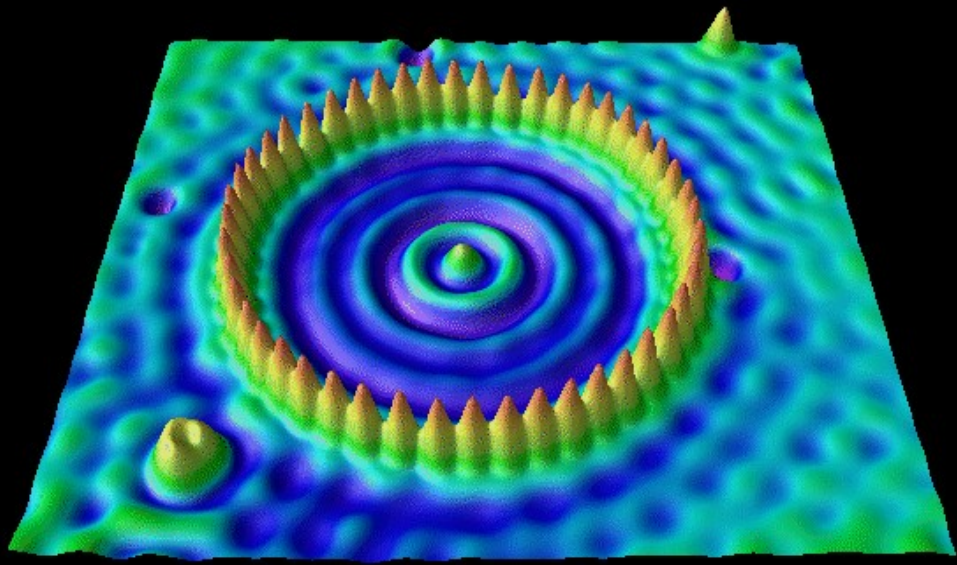


Átomos de ferro numa superfície de cobre

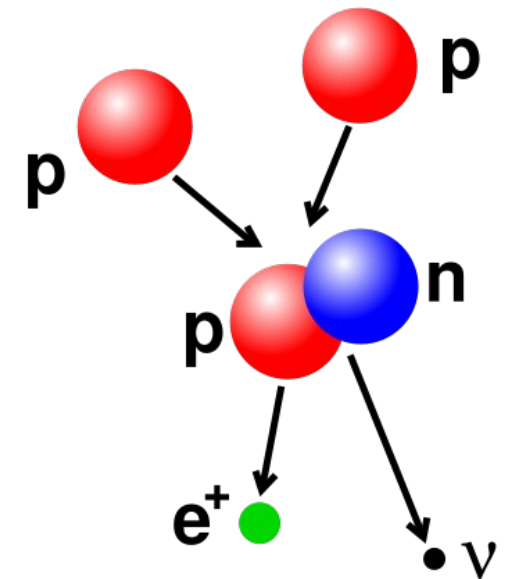
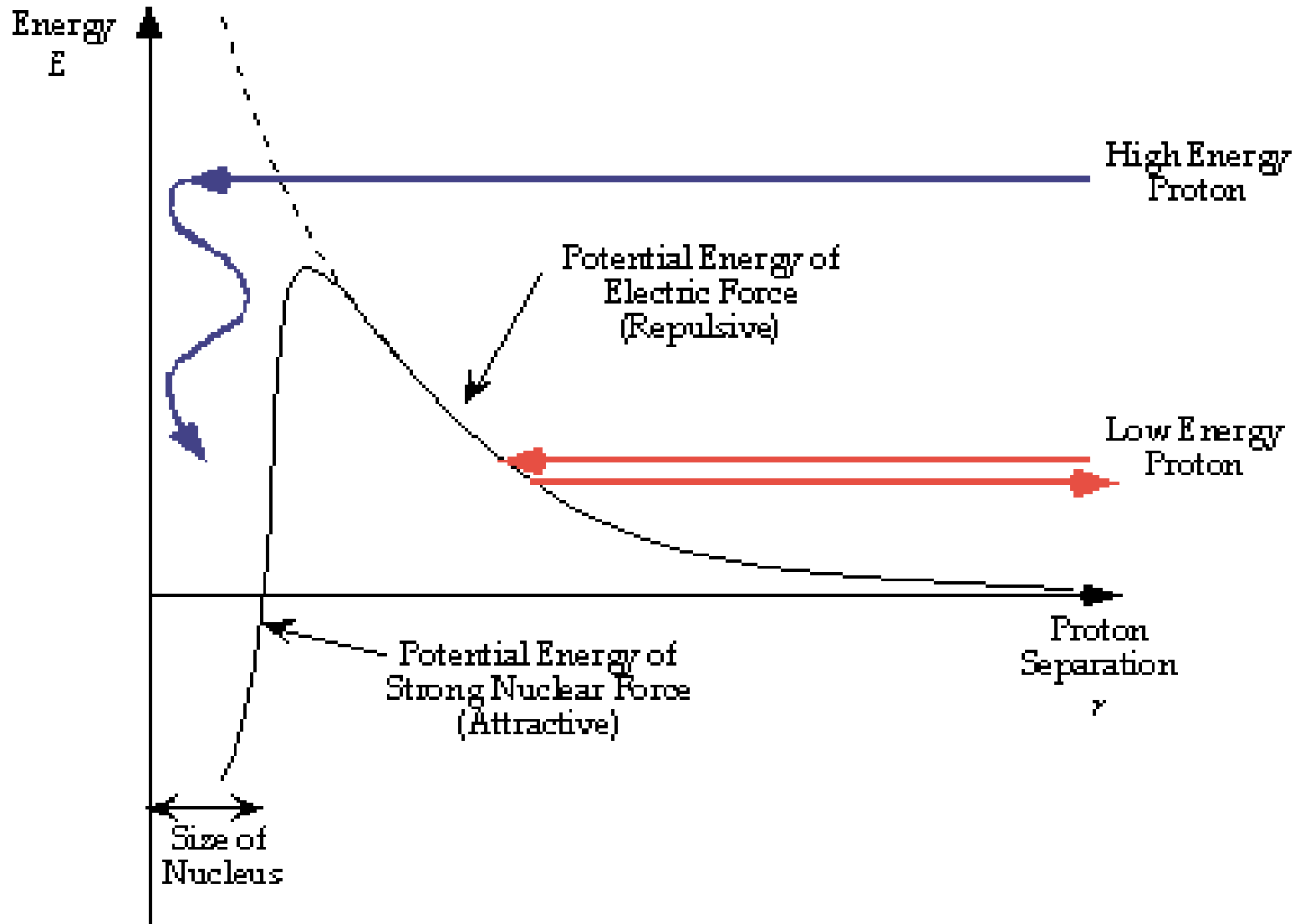




**Com este tamanho de letra podíamos escrever toda a wikipedia (cerca de 3 mil milhões de letras) numa área menor que  $1\text{mm}^2$ .**



# Fusão Nuclear



# Interpretações da mecânica quântica

# O gato de Schrodinger



$$\frac{1}{\sqrt{2}} ( |1\rangle + |2\rangle )$$



$$\frac{1}{\sqrt{2}} ( |1, \text{vivo}\rangle + |2, \text{morto}\rangle )$$



$$\frac{1}{\sqrt{2}} ( |1, \text{vivo, observo o gato vivo}\rangle + |2, \text{morto, observo o gato morto}\rangle )$$

# O gato de Schrodinger

Pode o gato estar numa sobreposição de vida e morte como o electrão que “passa” nas duas fendas?

Porque é que os objectos comuns se comportam de forma tão diferente dos electrões, se a Mecânica Quântica é universal?

O que é uma medição?

Quando é que a função de onda colapsa?

## Interpretação de Copenhaga

A função de onda não deve ser interpretada como o estado físico do sistema. A função de onda é apenas um conceito auxiliar que permite calcular a probabilidade dos resultados possíveis duma medição.

## Many Worlds

A função de onda representa o estado físico do sistema. Todas as alternativas evoluem em paralelo.

## Colapso Objectivo

A função de onda representa o estado físico do sistema. Existe um novo processo físico responsável pelo colapso da função de onda. Por exemplo, a força gravítica...

## Algumas Referências

Wikipedia

Java applets for physics: <http://www.falstad.com/mathphysics.html>

O que é uma lei física? - Richard Feynman

The Emperor's new mind – Roger Penrose

Hans Bethe Lectures: <http://bethe.cornell.edu/>

# Obrigado!