Universidade Federal Fluminense
Instituto de Física
Física IV

Funções de Onda e Incerteza

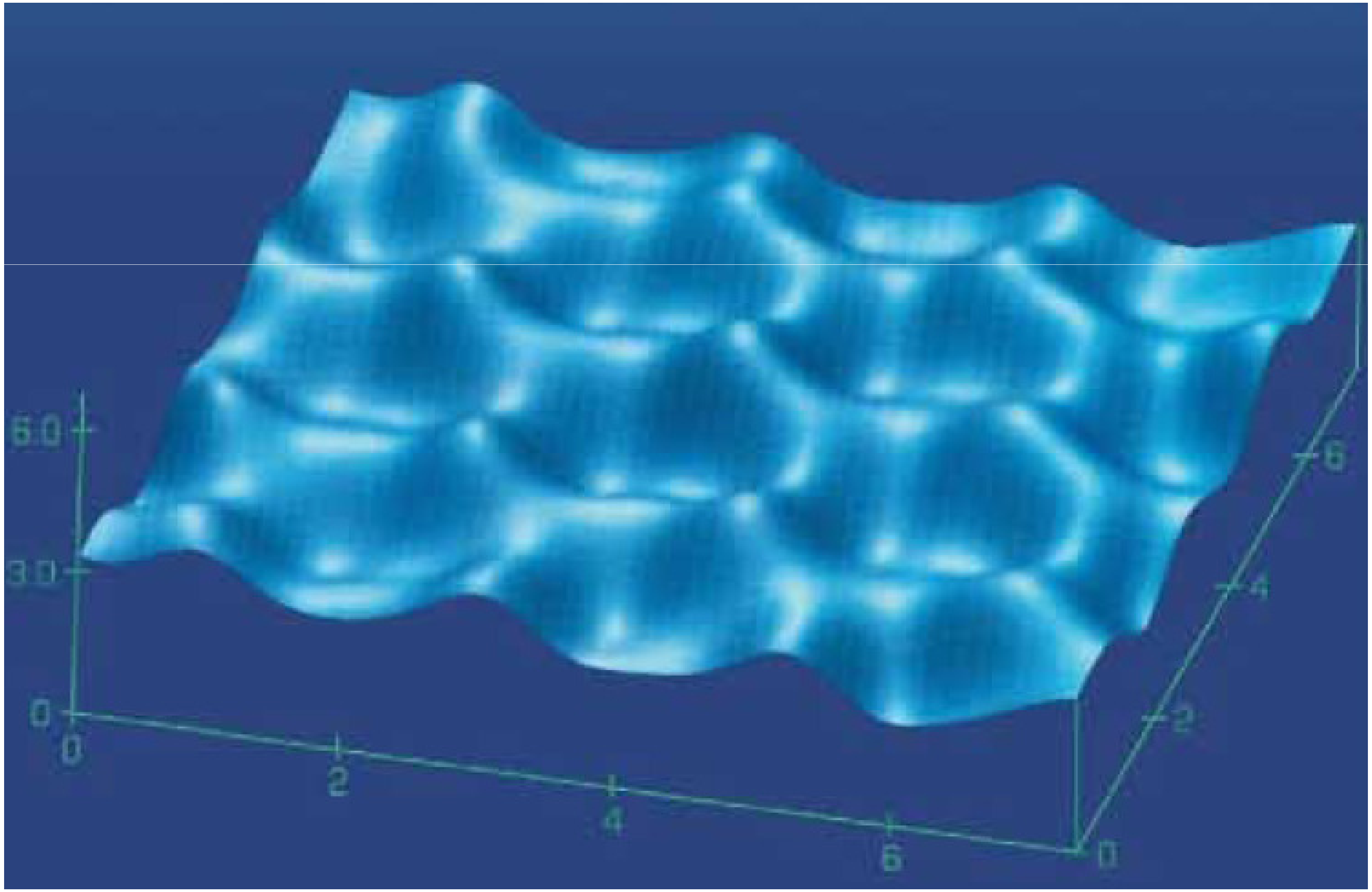
Daniel

Niterói, 10 de Setembro de 2014

Do que se trata esta imagem?

Mar?

Estrutura atômica?



Do que se trata esta imagem?

Estrutura do grafeno: uma "folha" de carbono com espessura atômica.

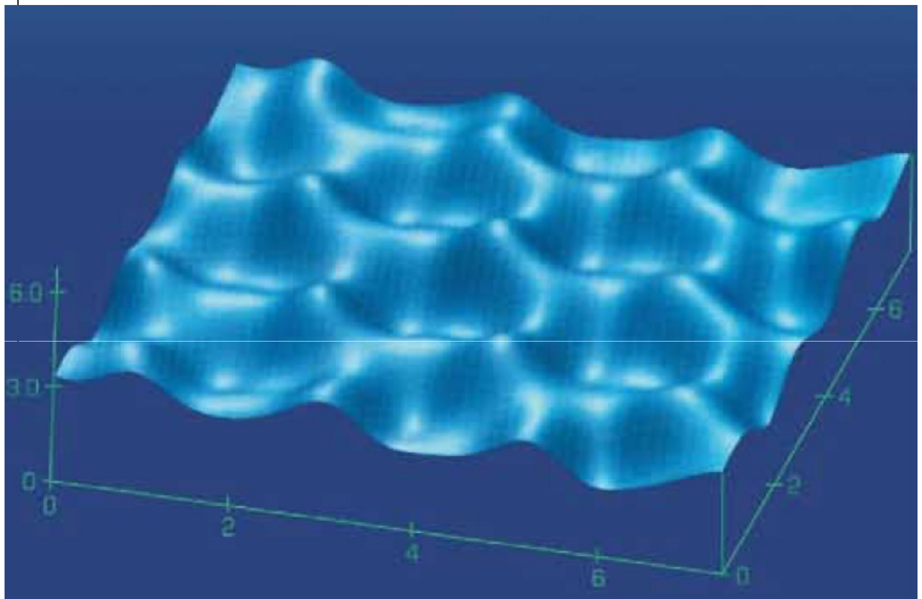
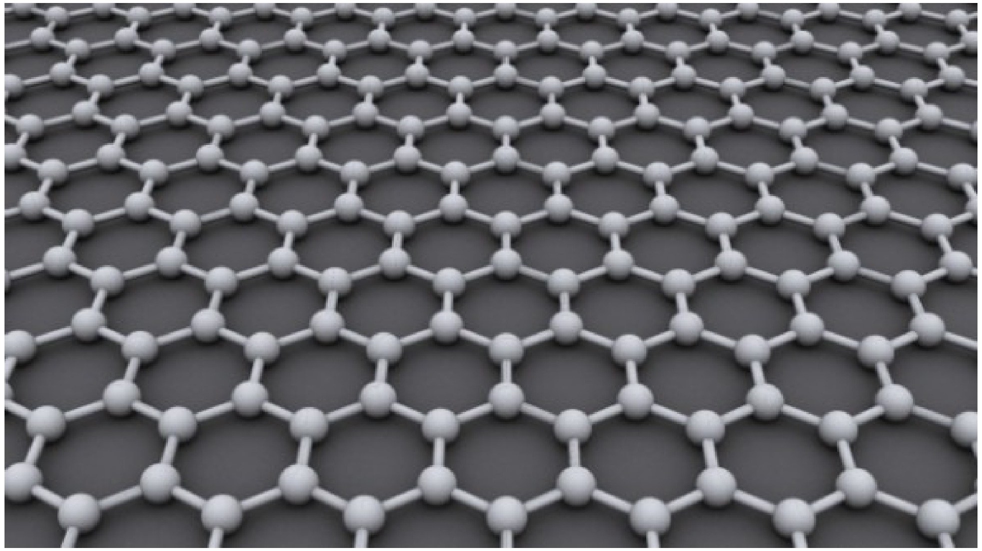


Imagem obtida com um microscópio de tunelamento: scanning tunneling microscope (STM); microscópio de tunelamento eletrônico

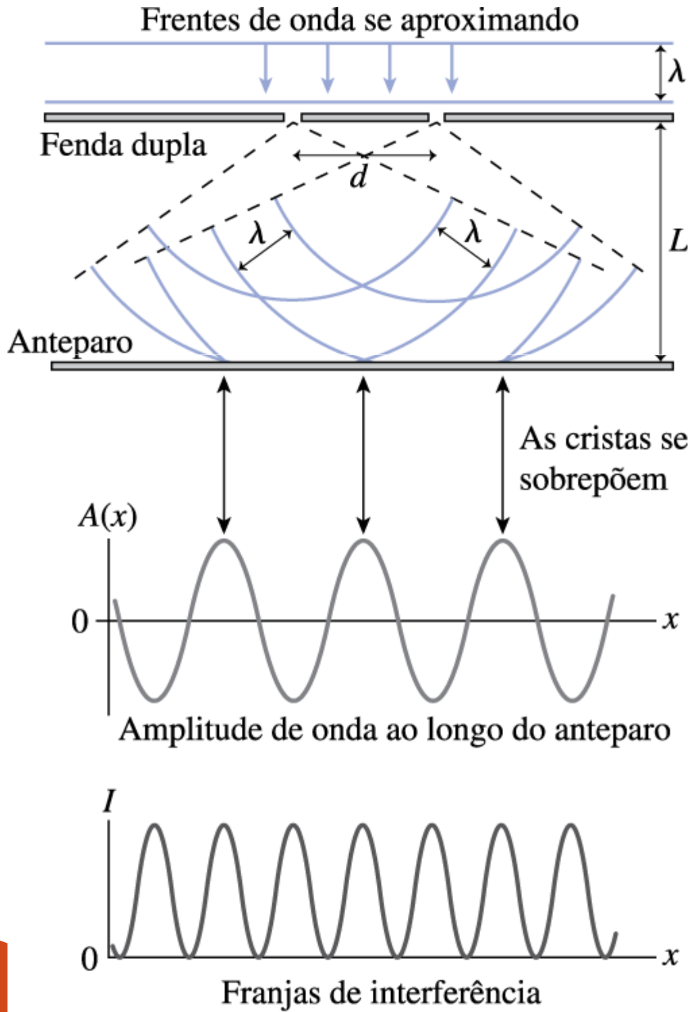


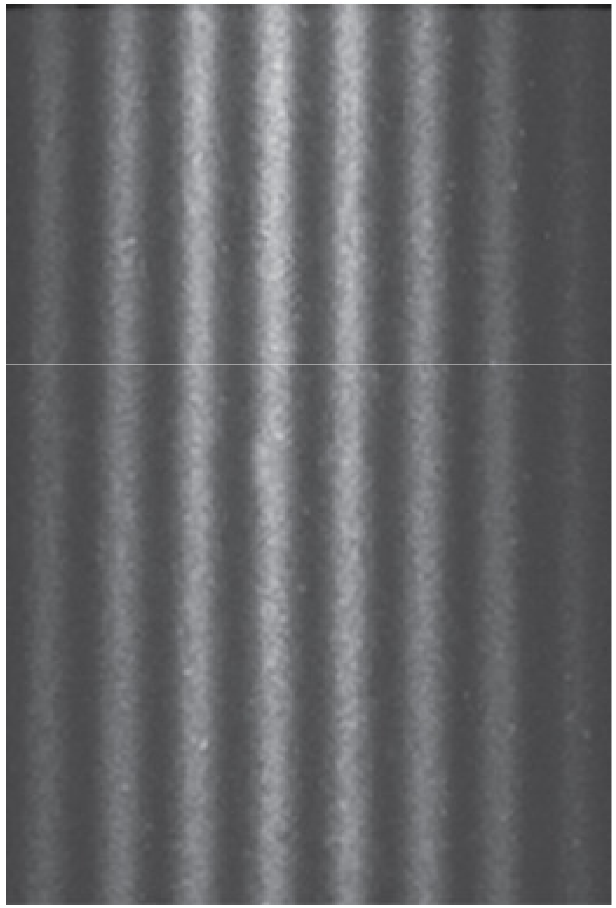
Desenho esquemático da disposição dos átomos de carbono.

A invenção STM valeu ao alemão Gerd Binnig e ao suíço HeinrichRohrer, o Prêmio Nobel de Física de 1986.

Interferência

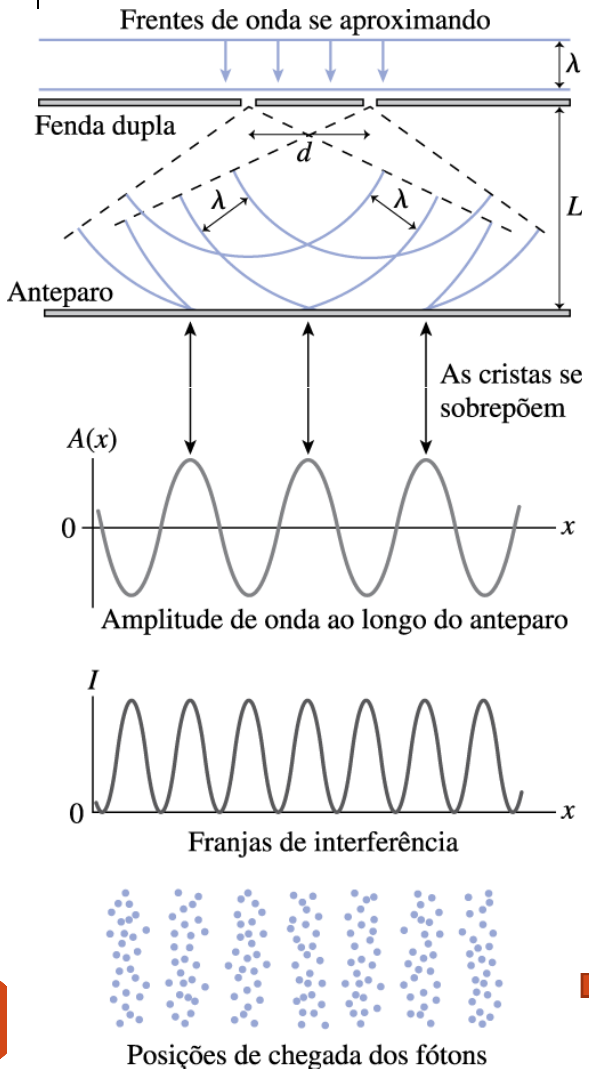
Interferência da fenda dupla



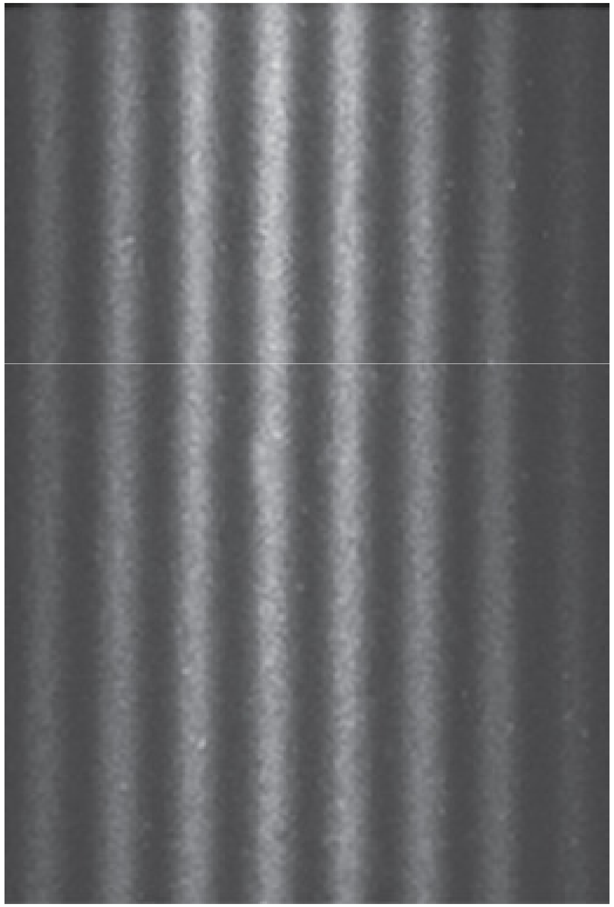


Interferência (perspectiva fótons)

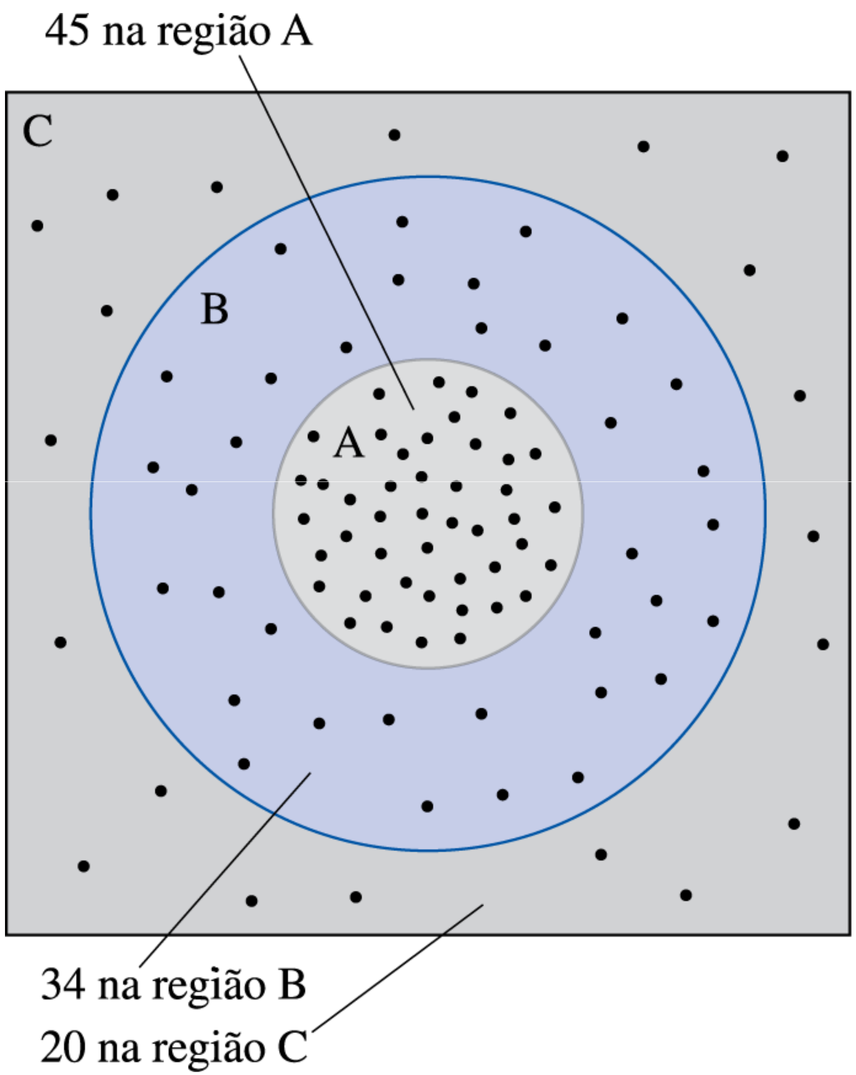
Interferência da fenda dupla



→ **Fótons**

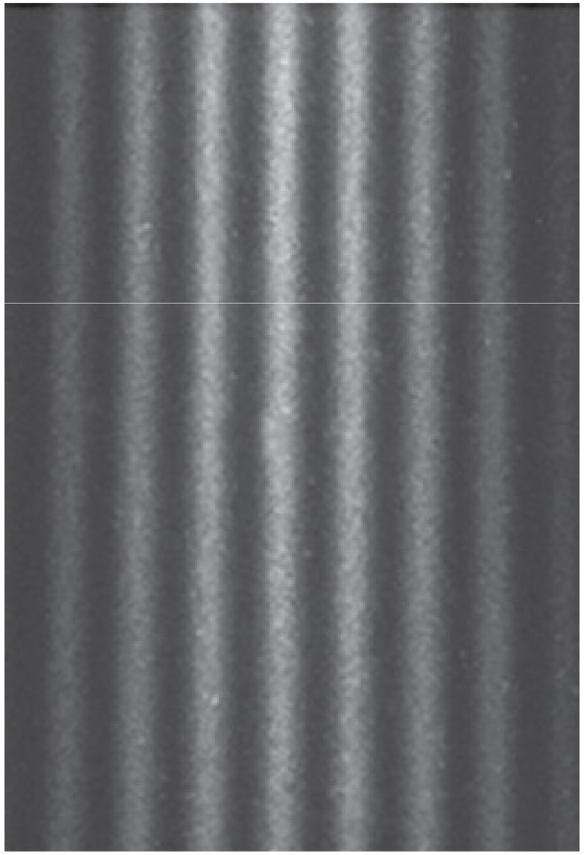


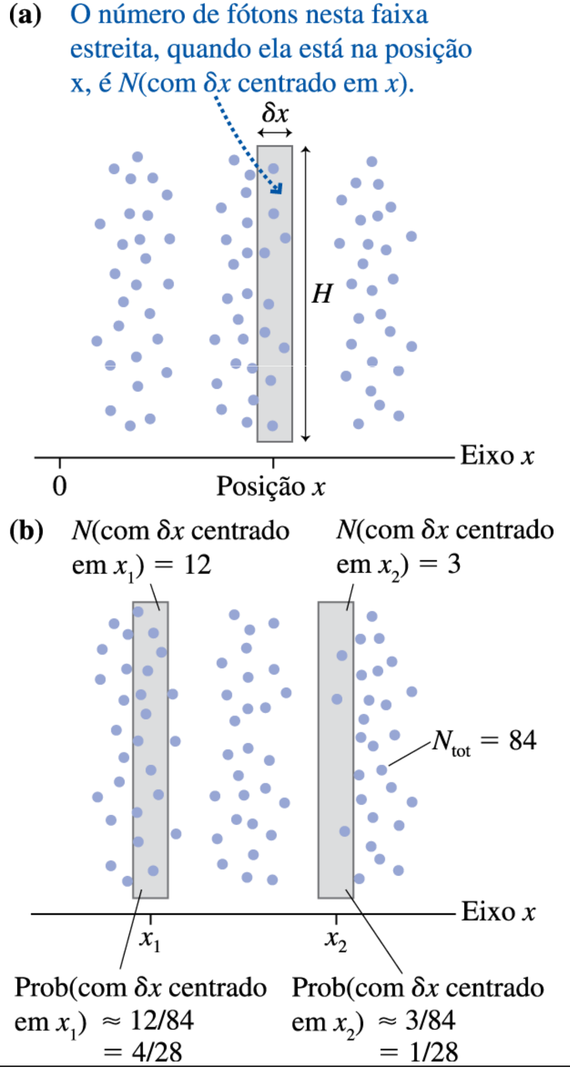
Probabilidade



Interferênica

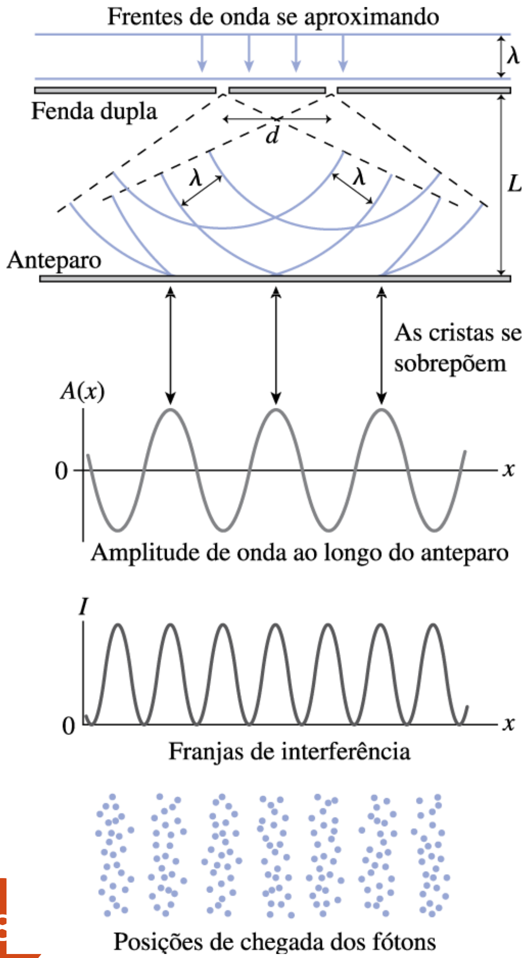
Uma análise sob o ponto de vista de fótons

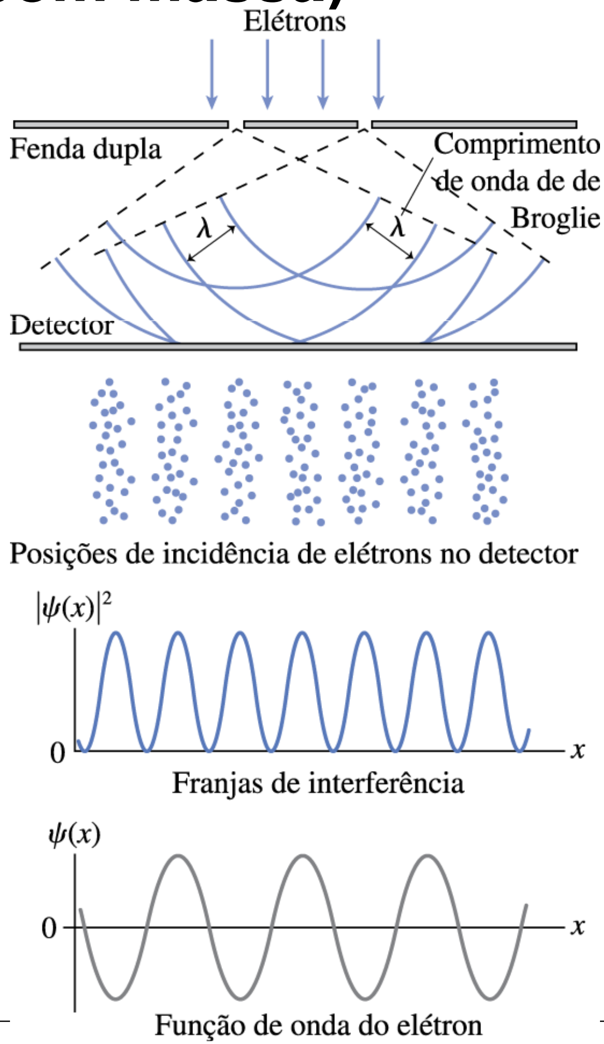


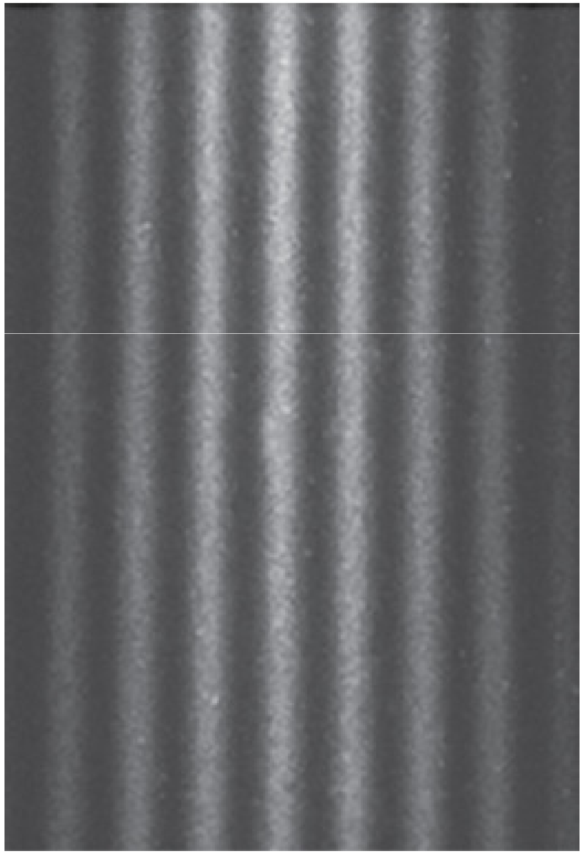


Interferênica

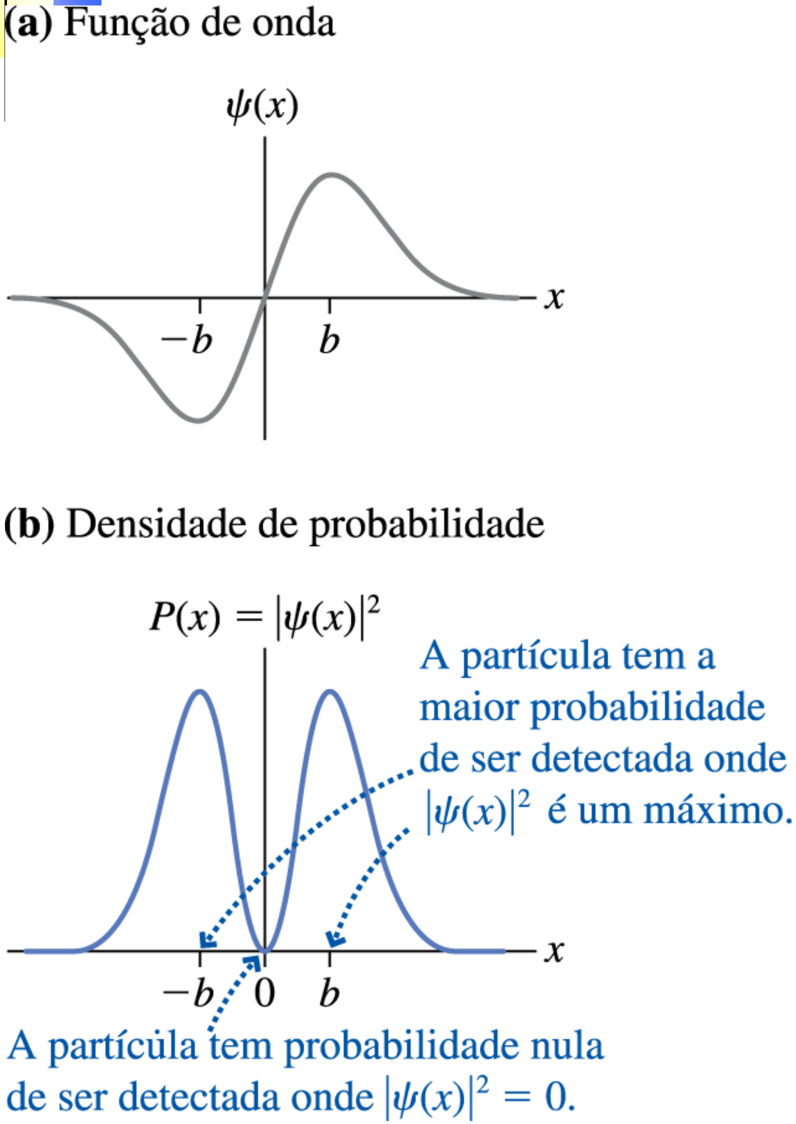
Uma análise sob o ponto de vista de elétrons (partículas com massa)



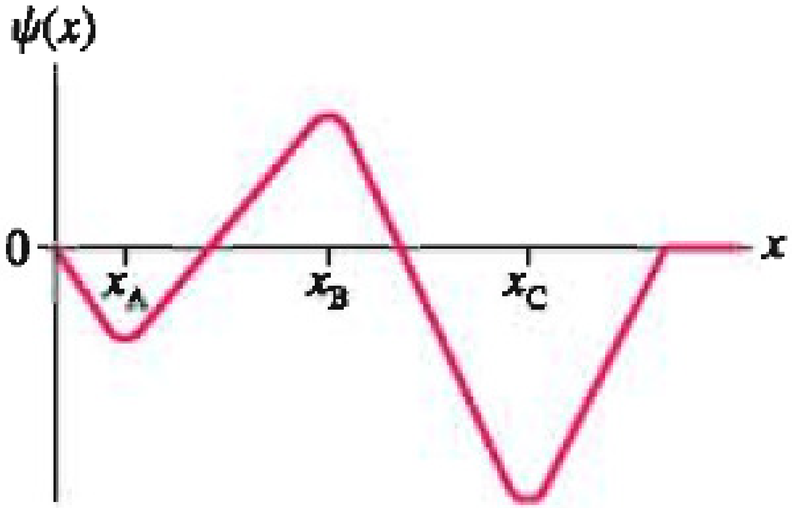




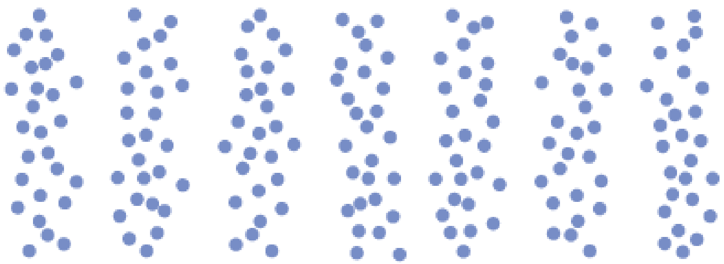
Função de onda de um elétron

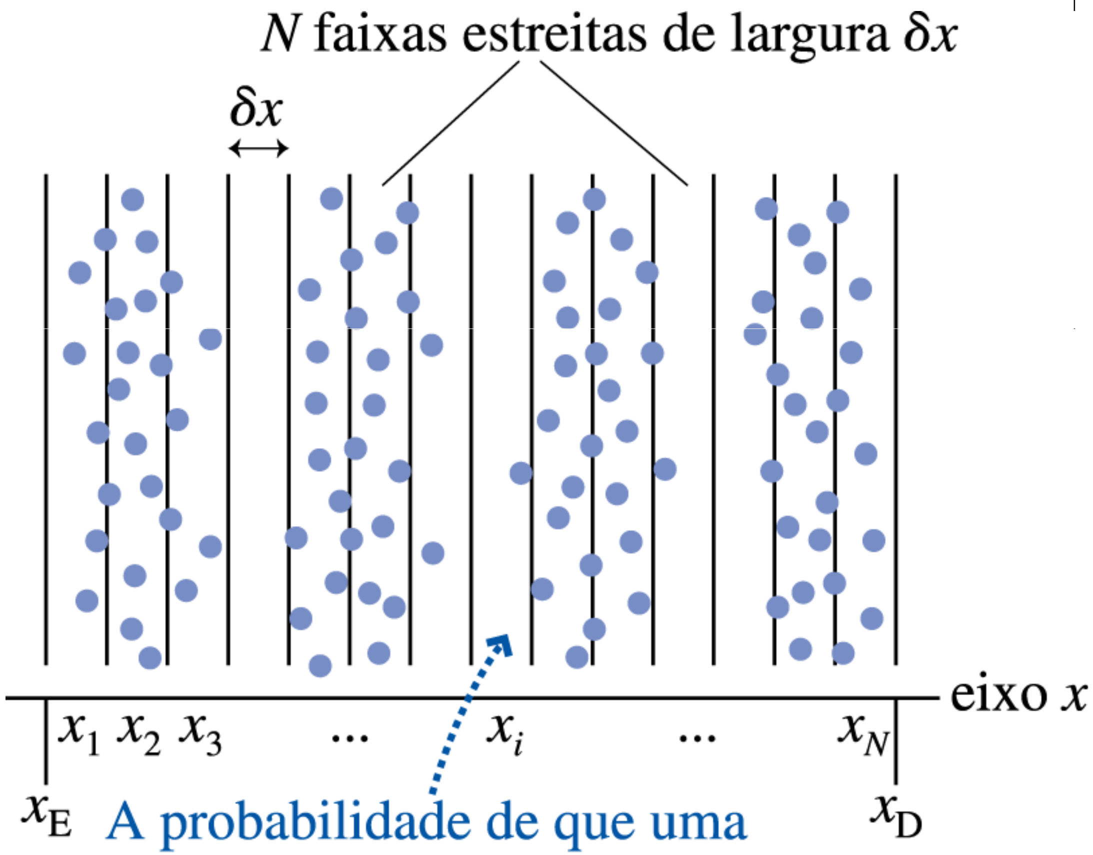


Esta é a função de onda de um nêutron. Em que valor de x há maior probabilidade de encontrarmos o nêutron?



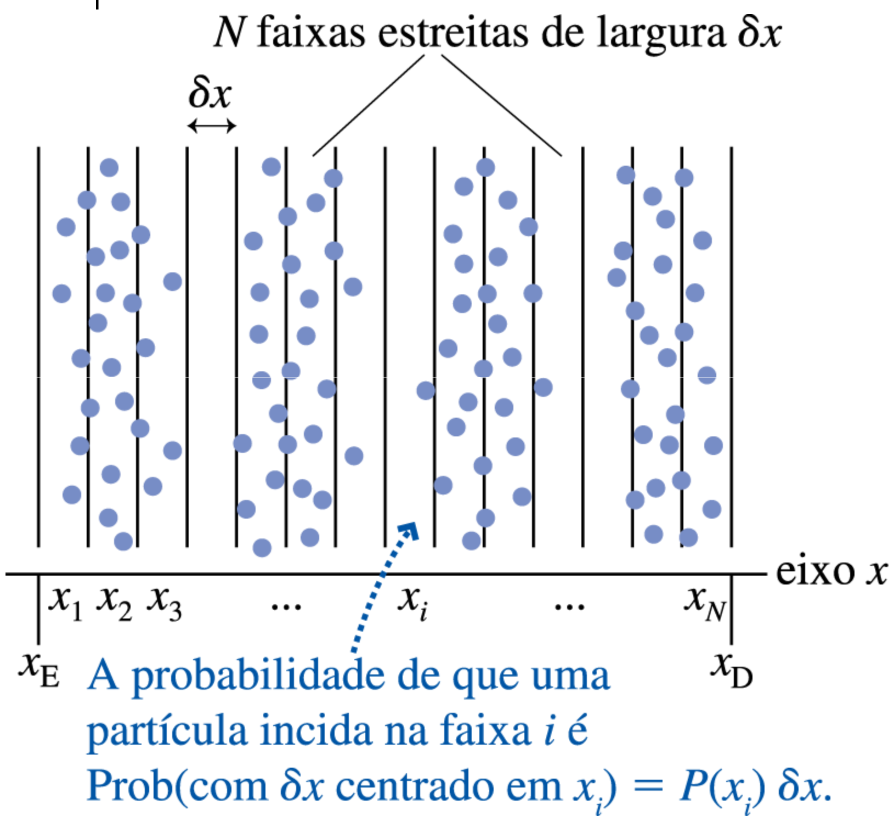
Normalização

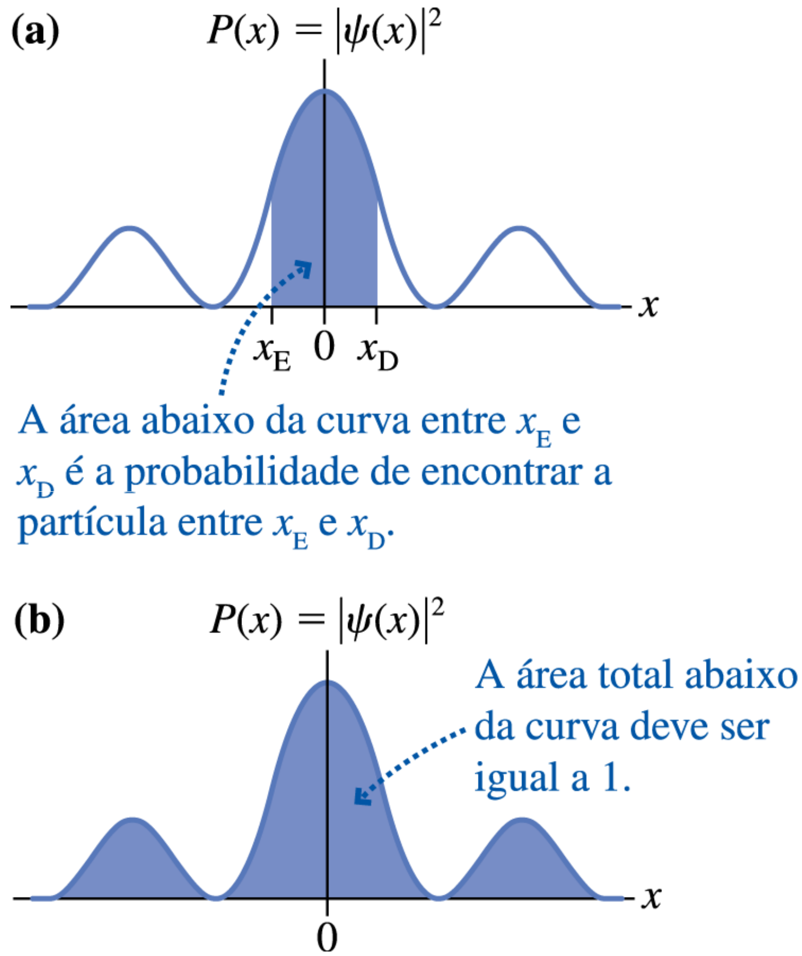




A probabilidade de que uma partícula incida na faixa i é Prob(com δx centrado em x_i) $= P(x_i)\,\delta x$.

Normalização





Em todo intervalor de x: - ∞ até + ∞

Exercício de normalização

40.2 - A figura abaixo mostra a função de onda de um partícula confinada em uma região delimitado por $x = 0$ e $x = L = 1{,}0$ nm. Fora dessa região, a função de onda é nula.

a) Determine o valor de c.

b) Desenhe o gráfico da densidade de probabilidade P(x).

c) Trace uma figura com pontos que indique onde as primeiras 40 ou 50 partículas podem se encontradas.

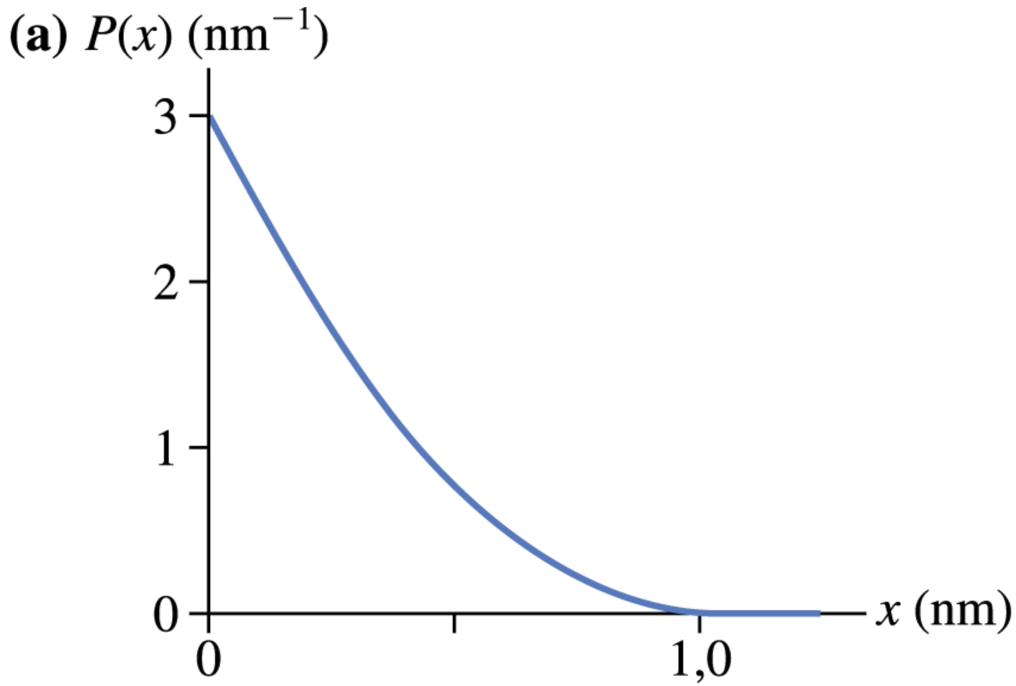
d) Calcule a probabilidade de encontrar a partícula em uma região com largura $\delta x = 0{,}01$ nm centrada nas posições $x_1 = 0{,}05$ nm, $x_2 = 0{,}5$ nm e $x_3 = = 0{,}95$ nm.

Normalização

A figura abaixo mostra a função de onda de um partícula confinada em uma região delimitado por x = 0 e x = L = 1,0 nm. Fora dessa região, a função de onda é nula.

a) Determine o valor de c.

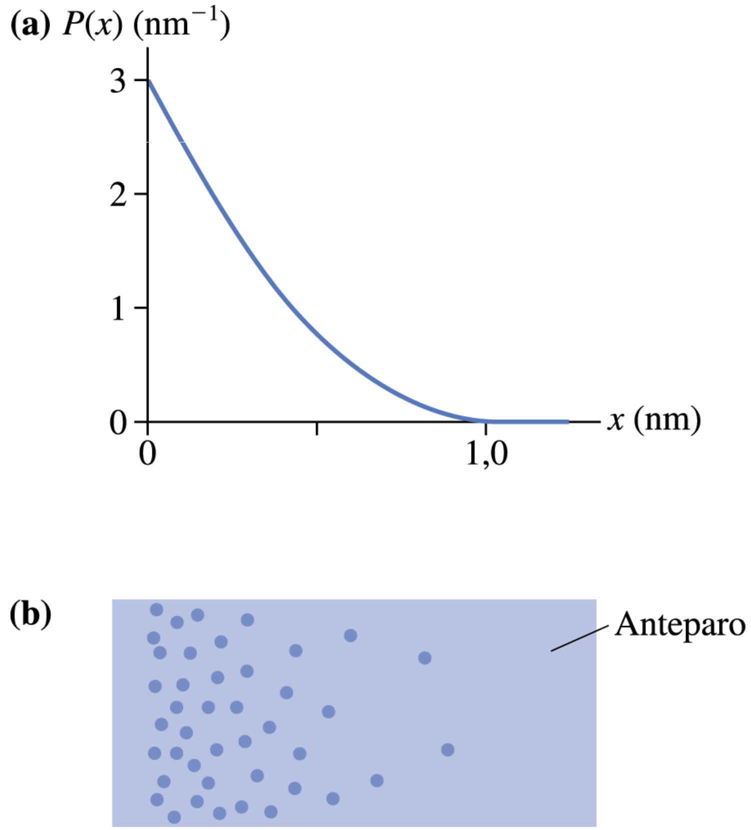
b) Desenhe o gráfico da densidade de probabilidade P(x).



Normalização

A figura abaixo mostra a função de onda de um partícula confinada em uma região delimitado por x = 0 e x = L = 1,0 nm. Fora dessa região, a função de onda é nula.

c) Trace uma figura com pontos que indique onde as primeiras 40 ou 50 partículas podem se encontradas.



Exercício de normalização

40.3 – Uma determinada partícula é descrita pela função de onda

$$\psi(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ ce^{-x/L} & x \geq 0 \end{cases} \quad \text{onde } L = 1 \text{ nm.}$$

a) Determine o valor de c.

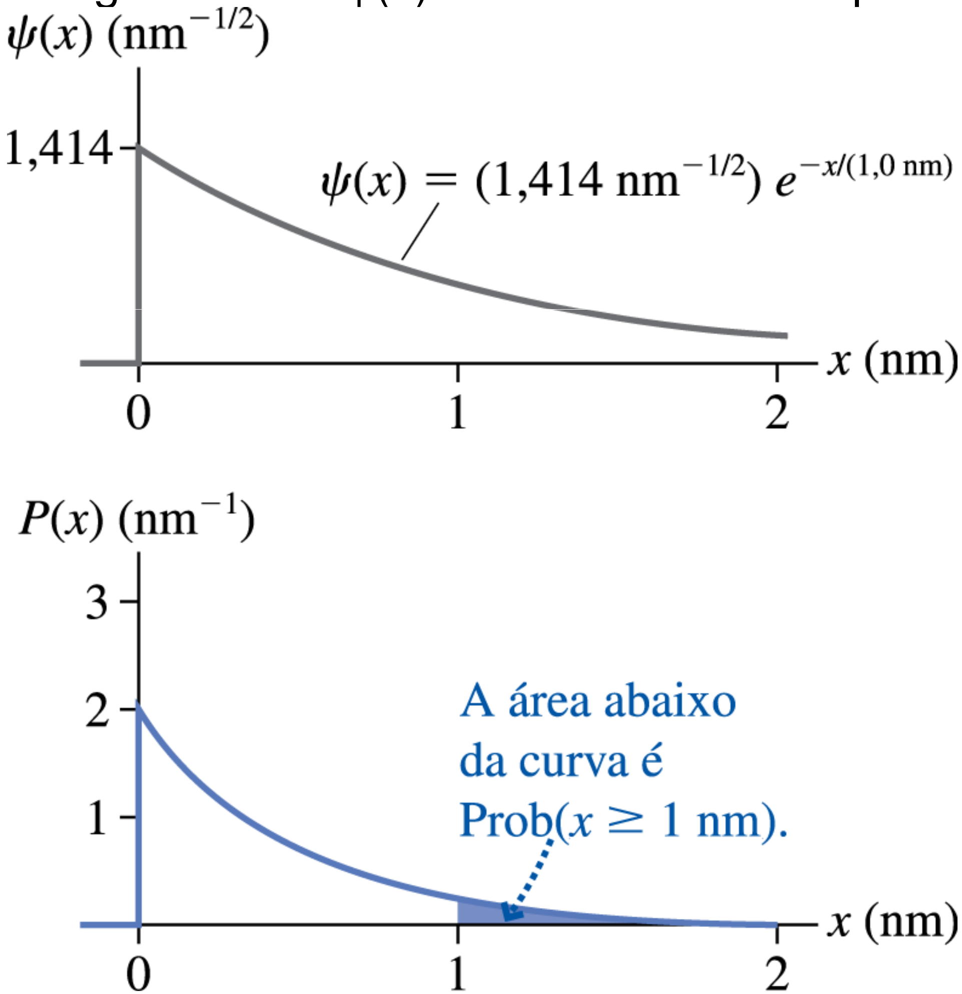
b) Desenhe os gráficos de $\psi(x)$ e da densidade de probabilidade $P(x)$.

c) Calcule a probabilidade de encontrar um partícula na região $x \geq 1$ nm

Exercício de normalização

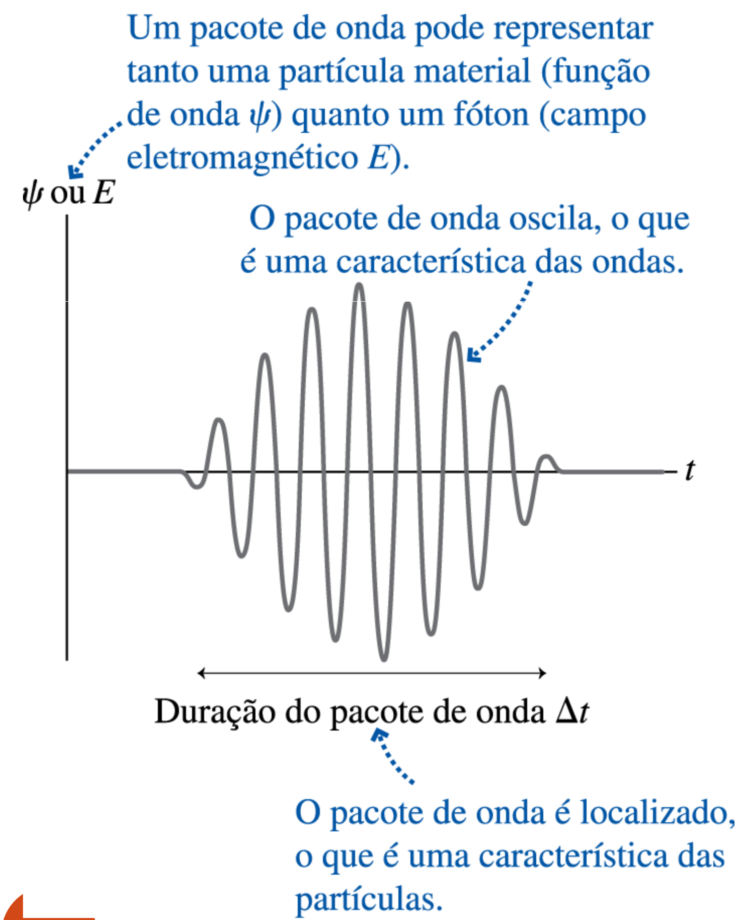
40.3 – Uma determinada partícula é descrita pela função de onda

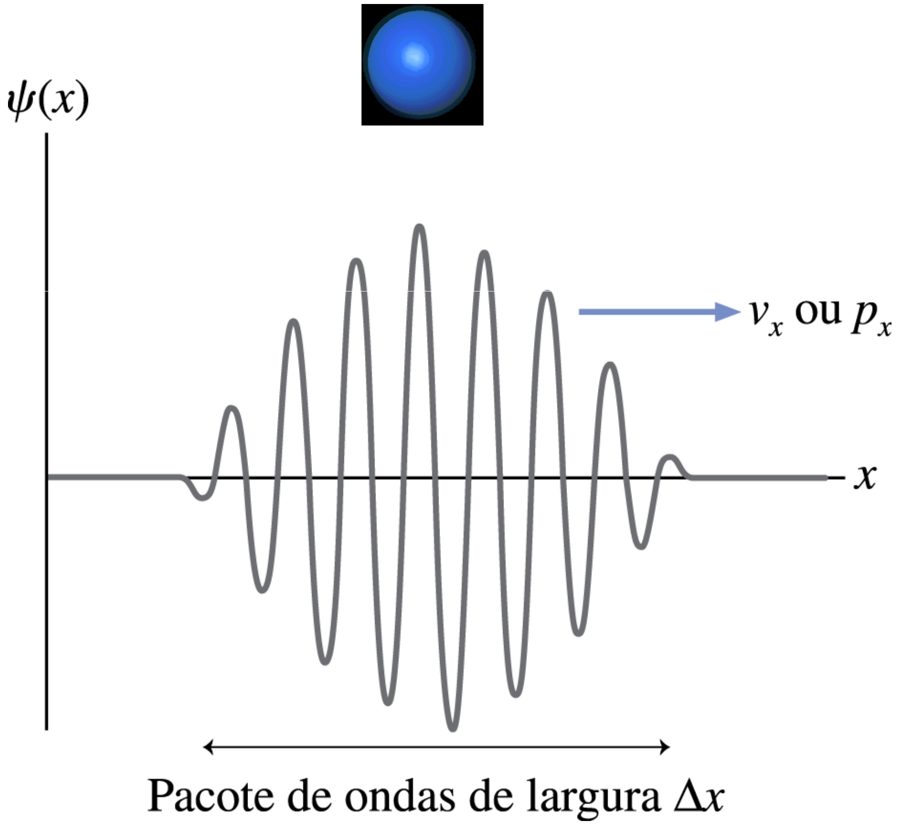
b) Desenhe os gráficos de ψ(x) e da densidade de probabilidade P(x).



Princípio da incerteza de Heisenberg

$$\Delta x \Delta p_x \geq h/2$$ Princípio da incerteza





Princípio da incerteza de Heisenberg

Incerteza de uma partícula de poeira:

Ex. 40.5 - Uma partícula de poeira com 1,0 μm de diâmetro ($m = 10^{-15}$ kg) está confinada em uma caixa de 10 μm de comprimento. Podemos afirmar, com certeza, que a partícula encontra-se em repouso? Em caso negativo, em que faixa de valores é mais provável que meçamos a velocidade da partícula?

Considerando a incerteza na posição como a largura da caixa: $\Delta x = L$ m, a incerteza na velocidade (momento) $\Delta v_x = 3 \times 10^{-14}$ m/s.

Para percorrer 1 mm levaria 2000 anos. Ainda assim, não podemos ter certeza se a partícula está “realmente” em repouso.

Princípio da incerteza de Heisenberg

A incerteza de um elétron

Ex. 40.6 – Que faixa de velocidades pode ter um elétron confinado em uma região de 0,1 nm de comprimento, o tamanho aproximado de um átomo?

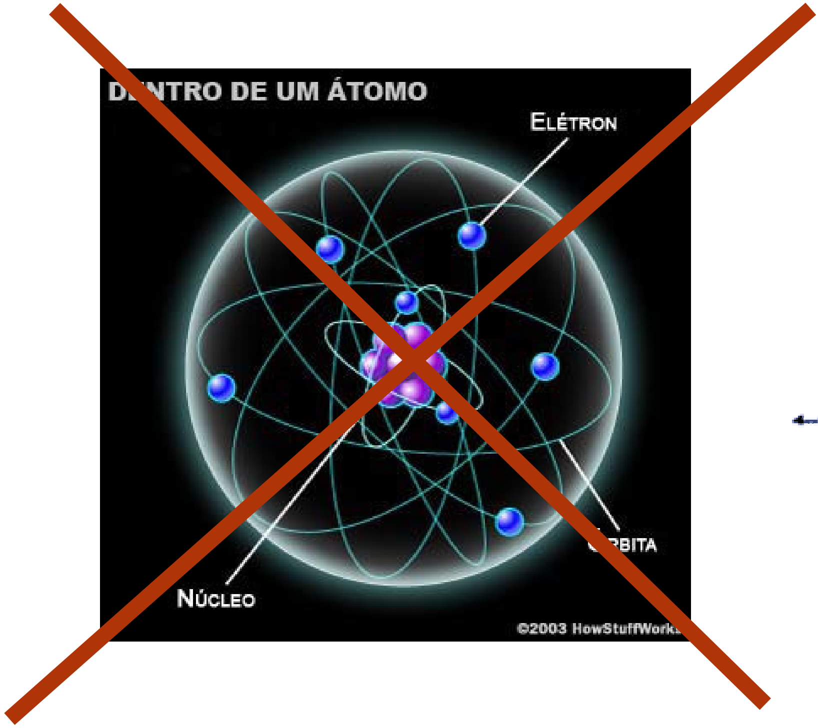
Considerando a incerteza na posição como: $\Delta x = 0{,}1$ nm, a incerteza na velocidade (momento) $\Delta v_x = 4 \times 10^6$ m/s, ou seja, tudo que podemos dizer é que a velocidade do elétron está na faixa de valores -2×10^6 m/s e 2×10^6 m/s. É impossível conhecer a velocidade desse elétron com maior precisão do que isso.

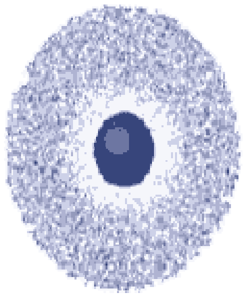
Percebam que é uma incerteza de ~ 100 % na velocidade e na posição

Princípio da incerteza de Heisenberg

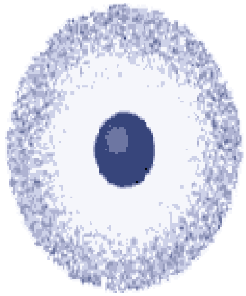
Orbitais

Orbitais atômicos, lugar com probabilidade de encontrar os elétrons

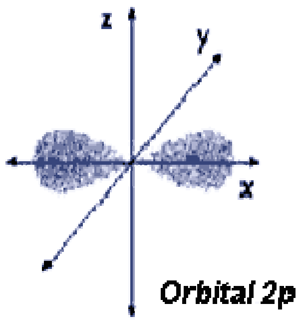


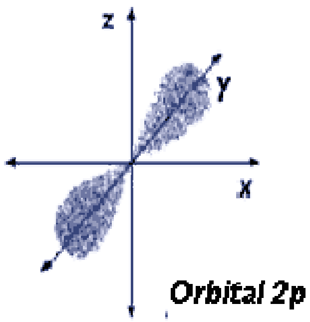


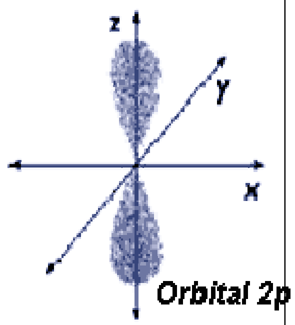
Orbital 1s



Orbital 2s



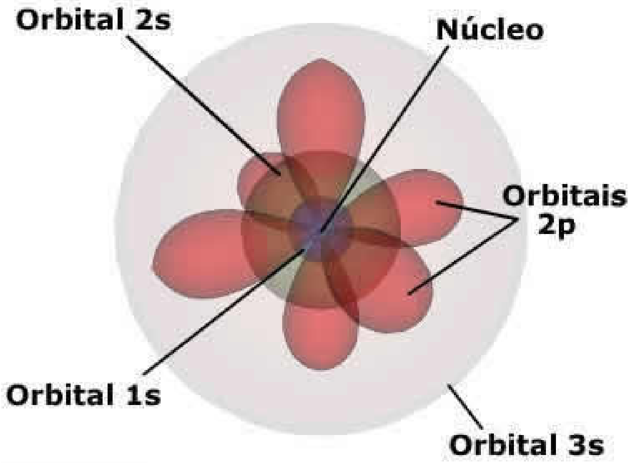


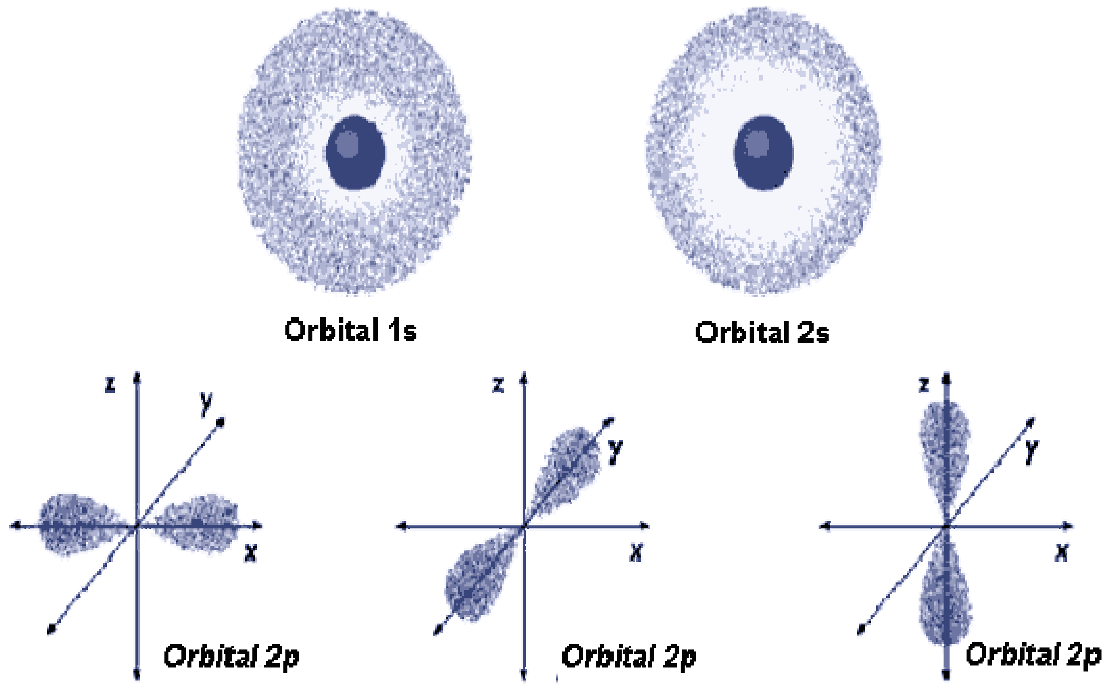


Princípio da incerteza de Heisenberg

Orbitais

Orbitais atômicos, lugar com probabilidade de encontrar os elétrons

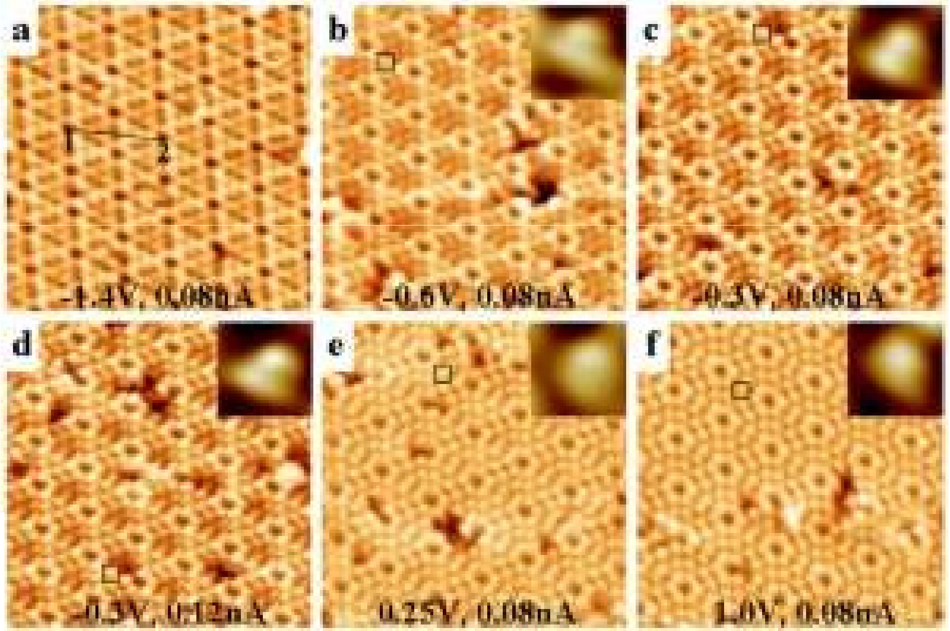


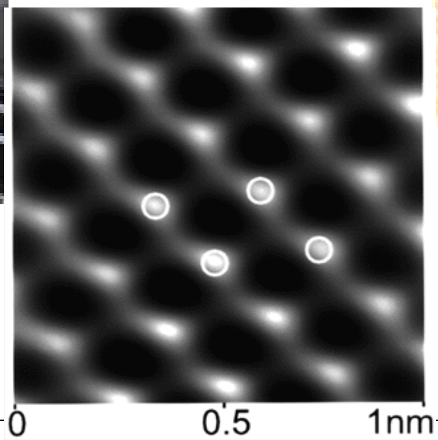


Como “ver” átomos?

Microscópio eletrônico de transmissão (MET)

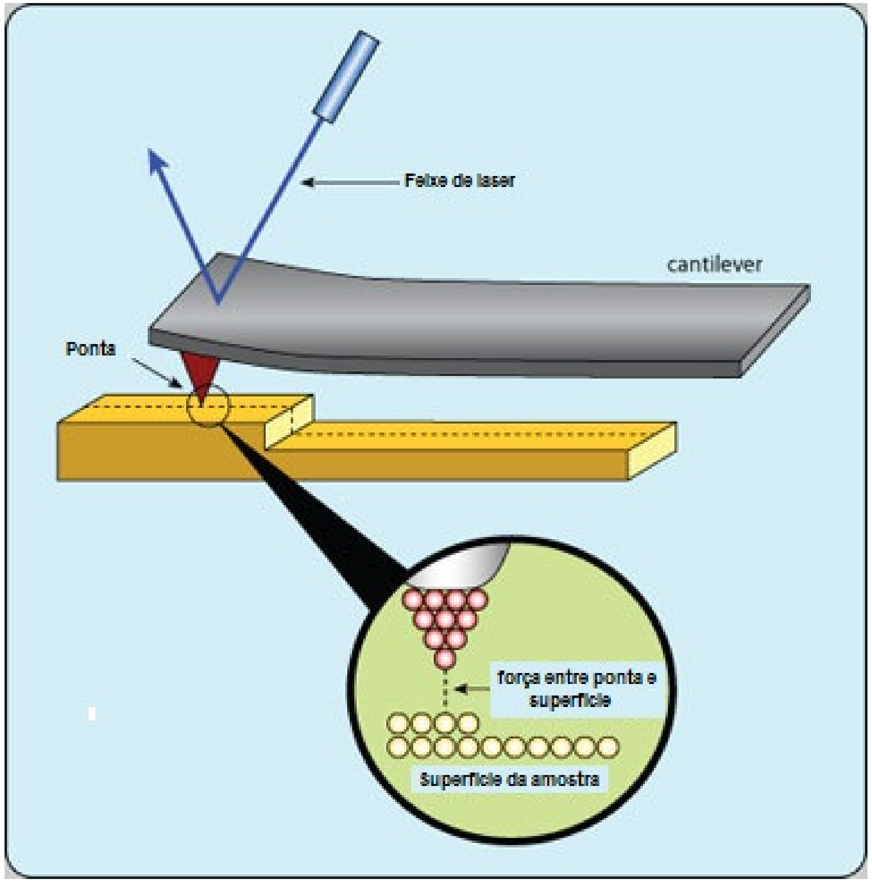
Microscópio eletrônico de Varredura (MEV)

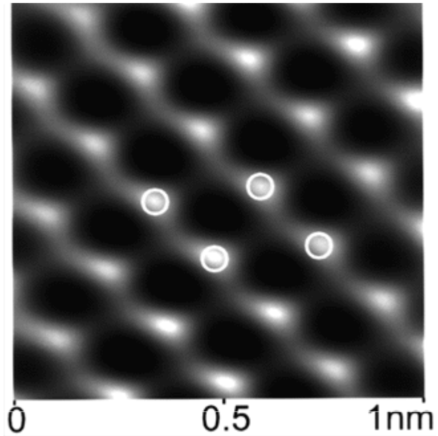




Como “ver” átomos?

Microscópio força atômica





http://www.youtube.com/watch?v=uIk9ouHrCwM