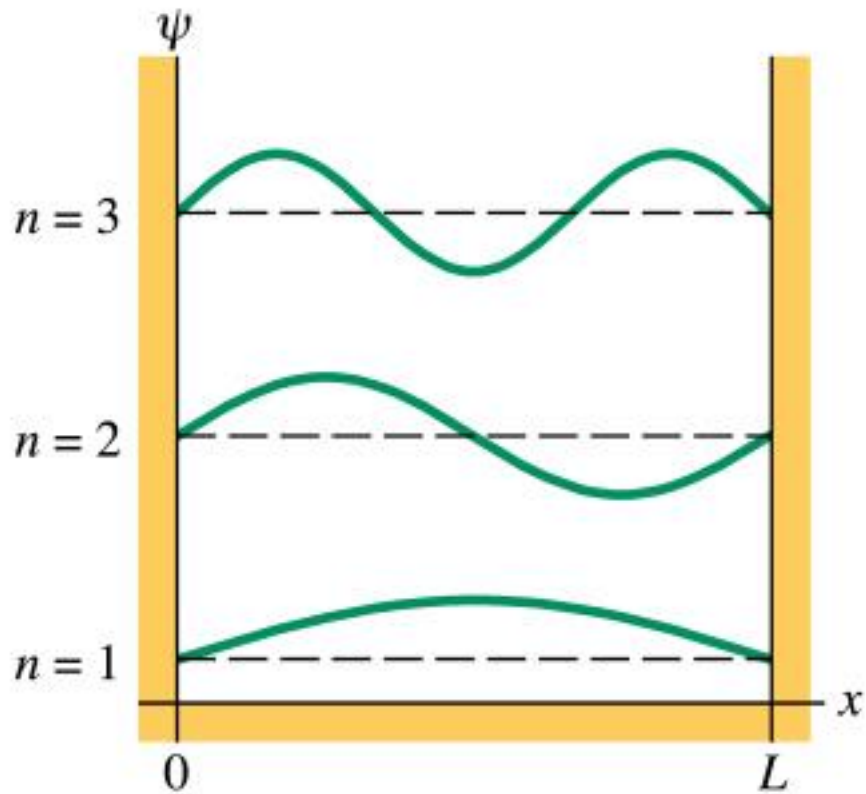


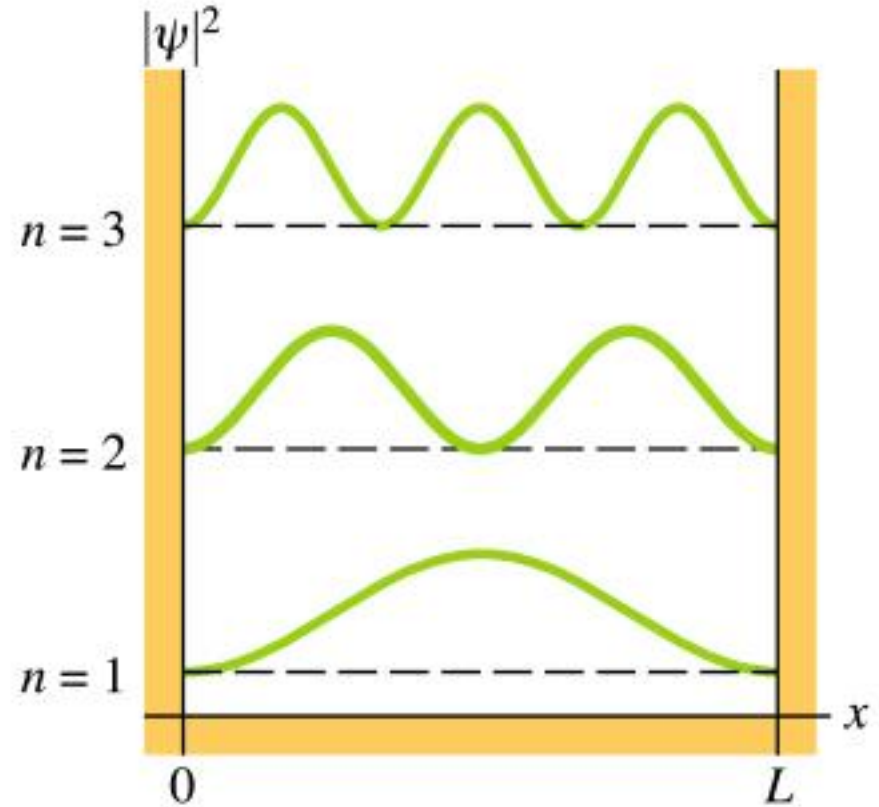
Wykład IV

- Efekt tunelowy

Nieskończenie głęboka studnia potencjału

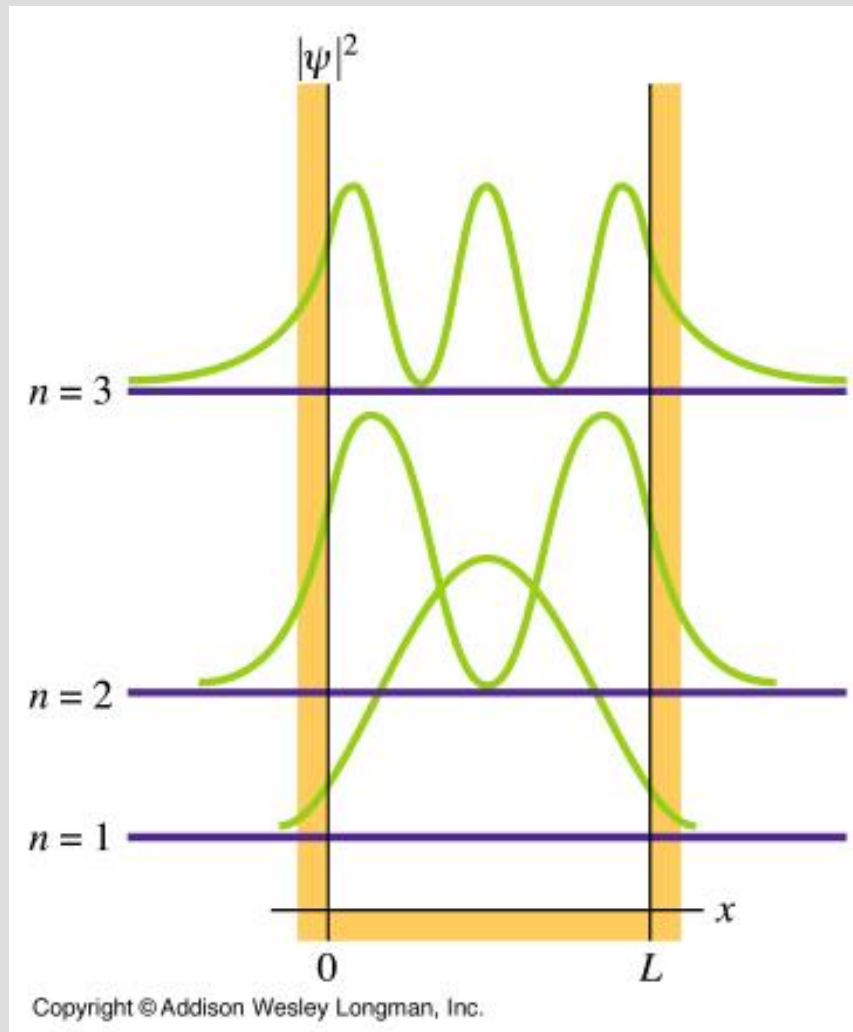


(a)



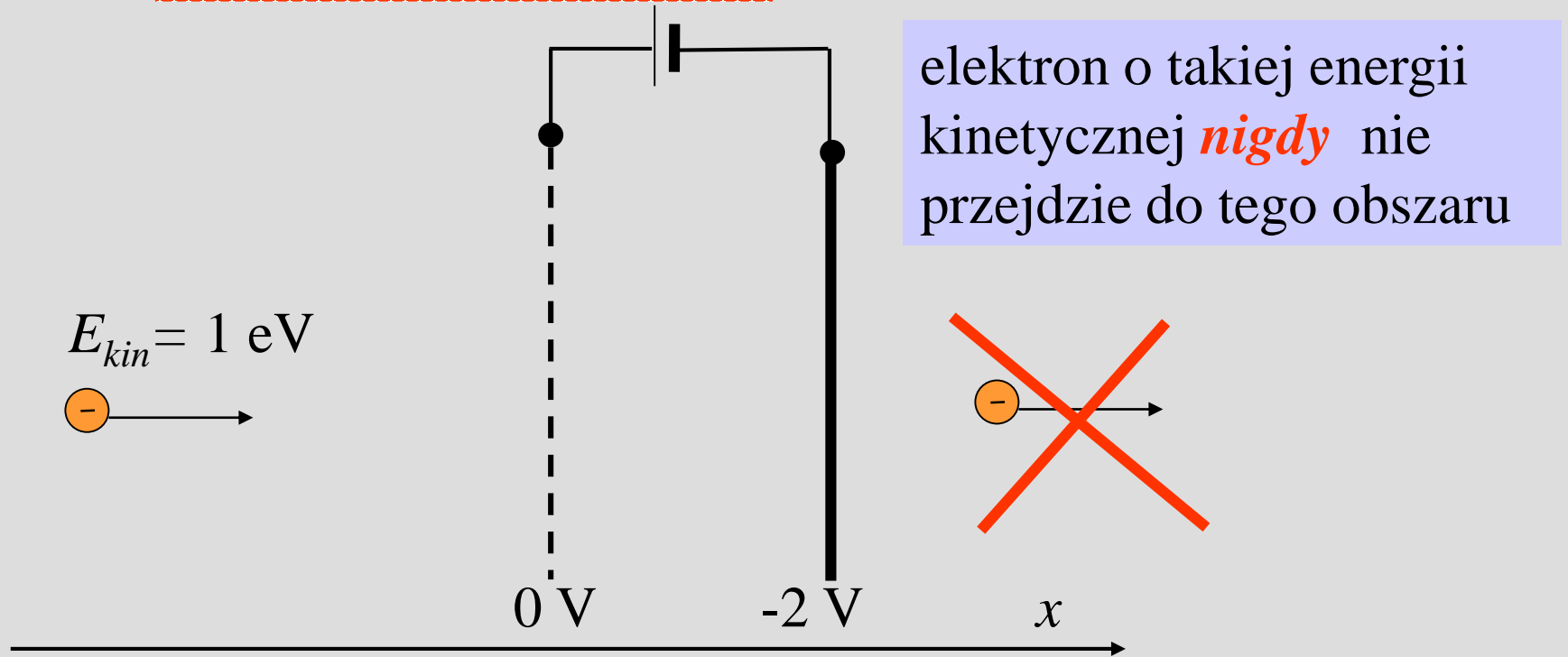
(b)

Studnia potencjału o skończonej głębokości

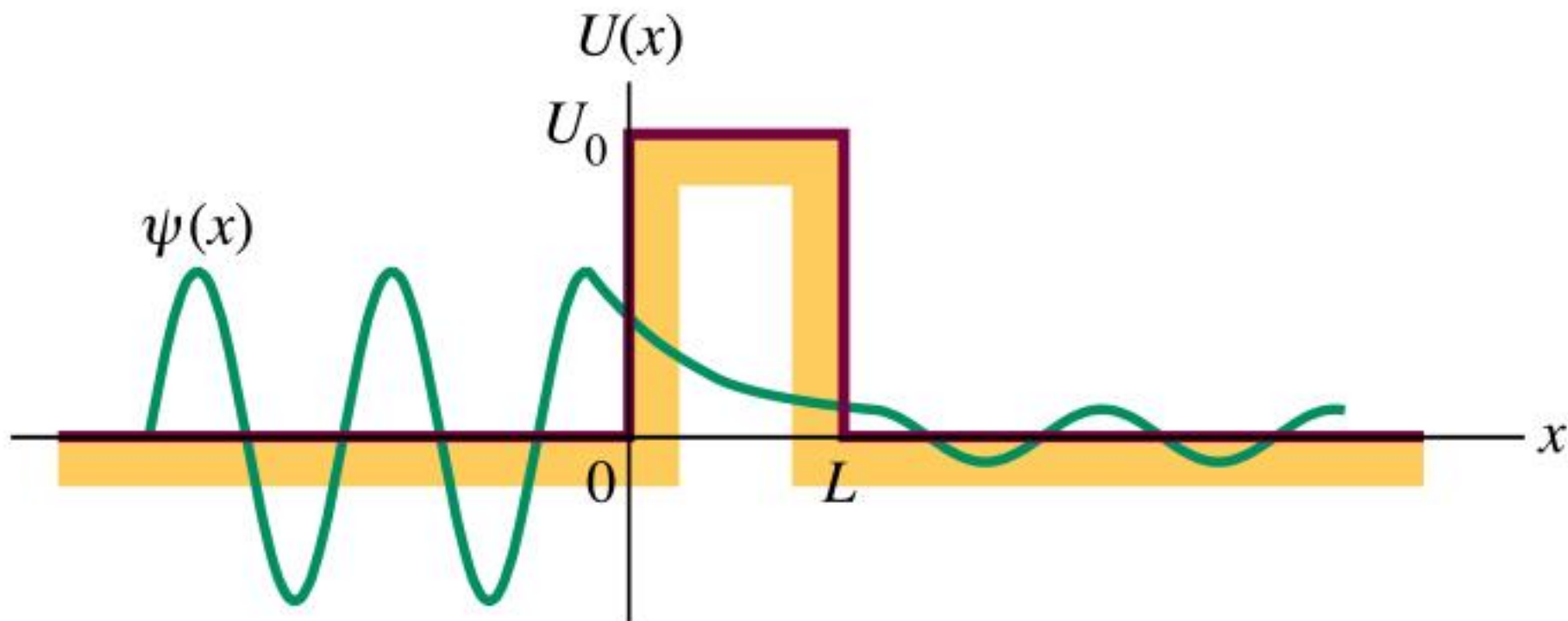


Przejście cząstki przez barierę potencjału

Podejście klasyczne

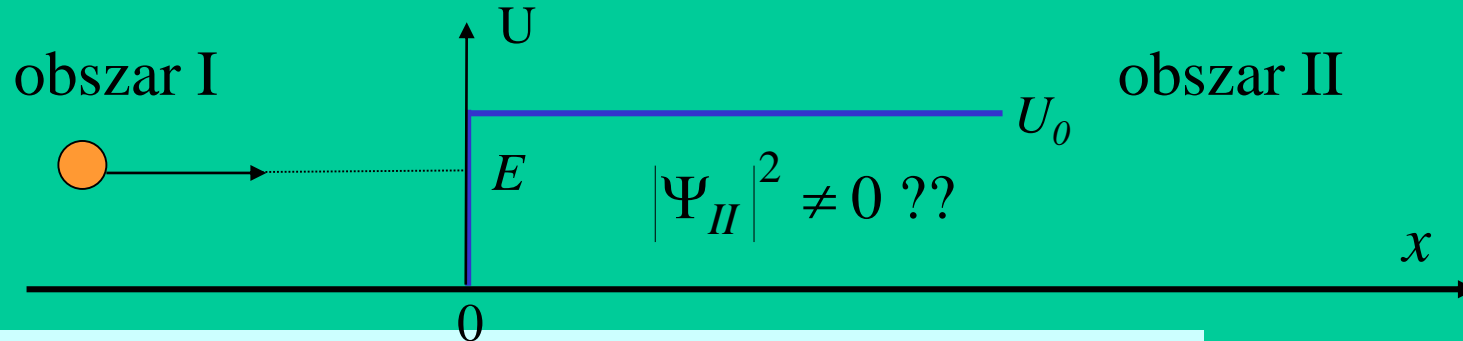


Przejście cząstki przez barierę potencjału – podejście kwantowe. Efekt tunelowy



Przejsięcie cząstki przez barierę potencjału

Podejsięcie kwantowe



Pytanie: Czy ta cząstka może znaleźć się w obszarze II ?

Równanie Schrödingera dla obszaru II

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi}{dx^2} + U_0\Psi = E\Psi$$

\Rightarrow

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} = \frac{2m}{\hbar^2} (U_0 - E)\Psi$$

Rozwiązaniem
funkcja postaci :

$$\Psi(x) = Ae^{\alpha x}$$

Przejście cząstki przez barierę potencjału

$$A\alpha^2 e^{\alpha x} = \frac{2m}{\hbar^2}(U_0 - E)Ae^{\alpha x} \Rightarrow \alpha^2 = \frac{2m}{\hbar^2}(U_0 - E)$$

Dwa rozwiązania: $\alpha_1 = +\sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}(U_0 - E)}$ lub $\alpha_2 = -\sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}(U_0 - E)}$

Warunek nakładany na funkcję falową:

$$\int_0^{\infty} |\Psi(x)|^2 dx = 1$$

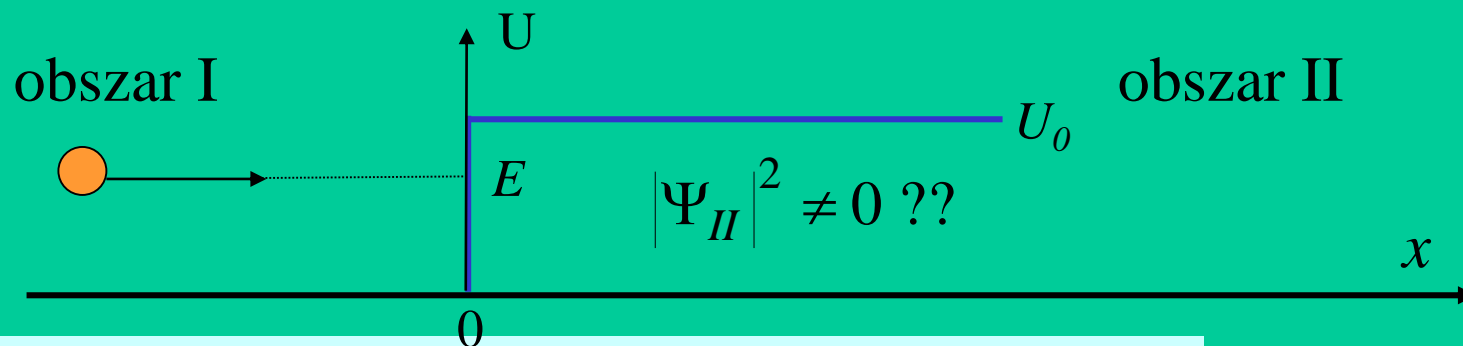
Rozwiązanie:

$$\Psi(x) = Ae^{\alpha_2 x}$$

Prawdopodobieństwo
znalezienia cząstki w
obszarze Δx obszaru II

$$p_r(x_0) = |A|^2 \exp\left(-2 \cdot \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}(U_0 - E)} x_0\right) \Delta x$$

Przejście cząstki przez barierę potencjału

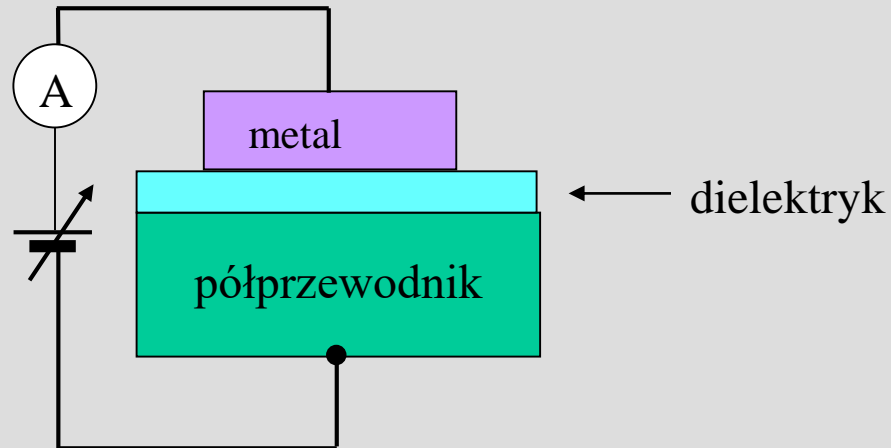


Odpowiedź: Istnieje różna od zera prawdopodobieństwo znalezienia cząstki w obszarze II.

$$p_r(x_0) = |A|^2 \exp\left(-2 \cdot \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (U_0 - E)} x_0\right) \Delta x$$

Przejsięcie cząstki przez barierę potencjału

Przykład



Strumień elektronów o energii kinetycznej $E=2$ eV każdy, pada na prostokątną barierę potencjału o wysokości $U_0=5$ eV i szerokości $L=1.0$ nm. Jaki procent elektronów przejdzie przez barierę ?

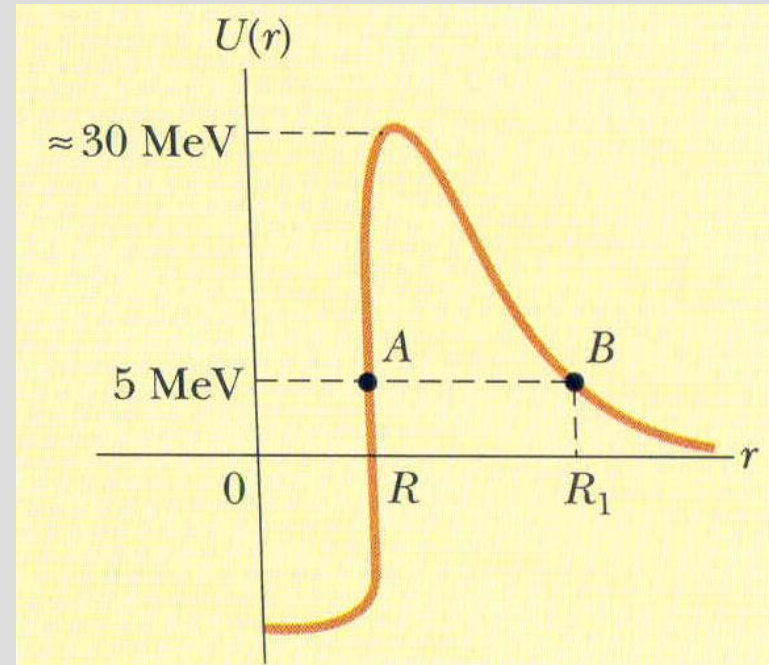
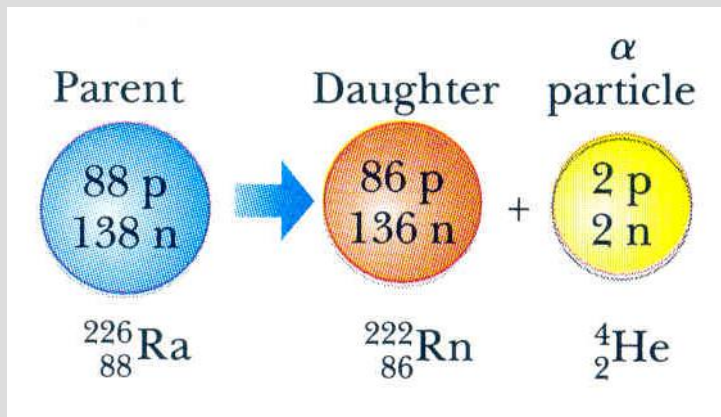
$$T = \frac{I_{trans}}{I_{pad}} = 16 \frac{E}{U_0} \left(1 - \frac{E}{U_0} \right) \exp \left(-2 \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (U_0 - E) L} \right)$$

$$T = 7.1 \cdot 10^{-8}$$

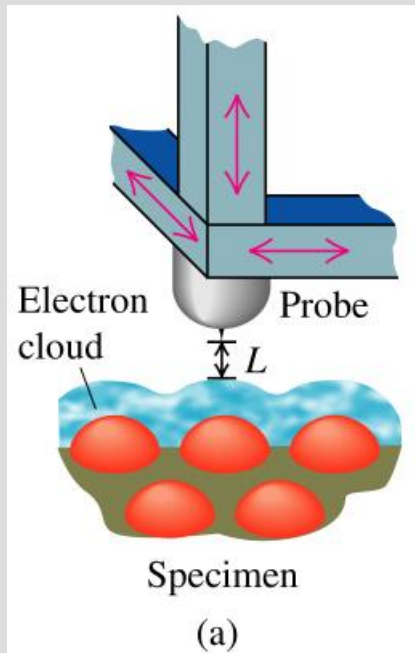
Zmniejszenie bariery o połowę ($L=0.5$ nm.) zwiększa współczynnik transmisji o cztery rzędy do $T=5.2 \cdot 10^{-4}$

Przejście cząstki przez barierę potencjału

Rozpad α jądra radu



Skaningowy mikroskop tunelowy



$$I \approx e^{-2\alpha L}$$

$$\text{gdzie } \alpha = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}(U_0 - E)}$$

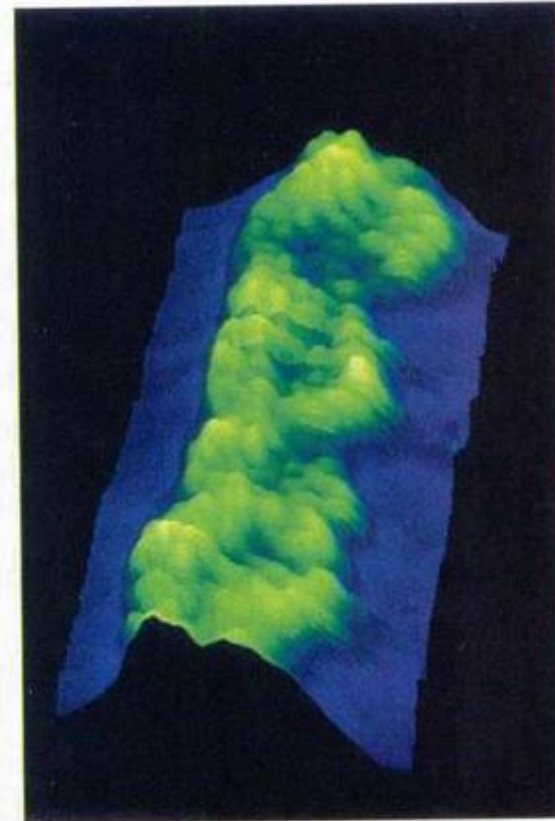
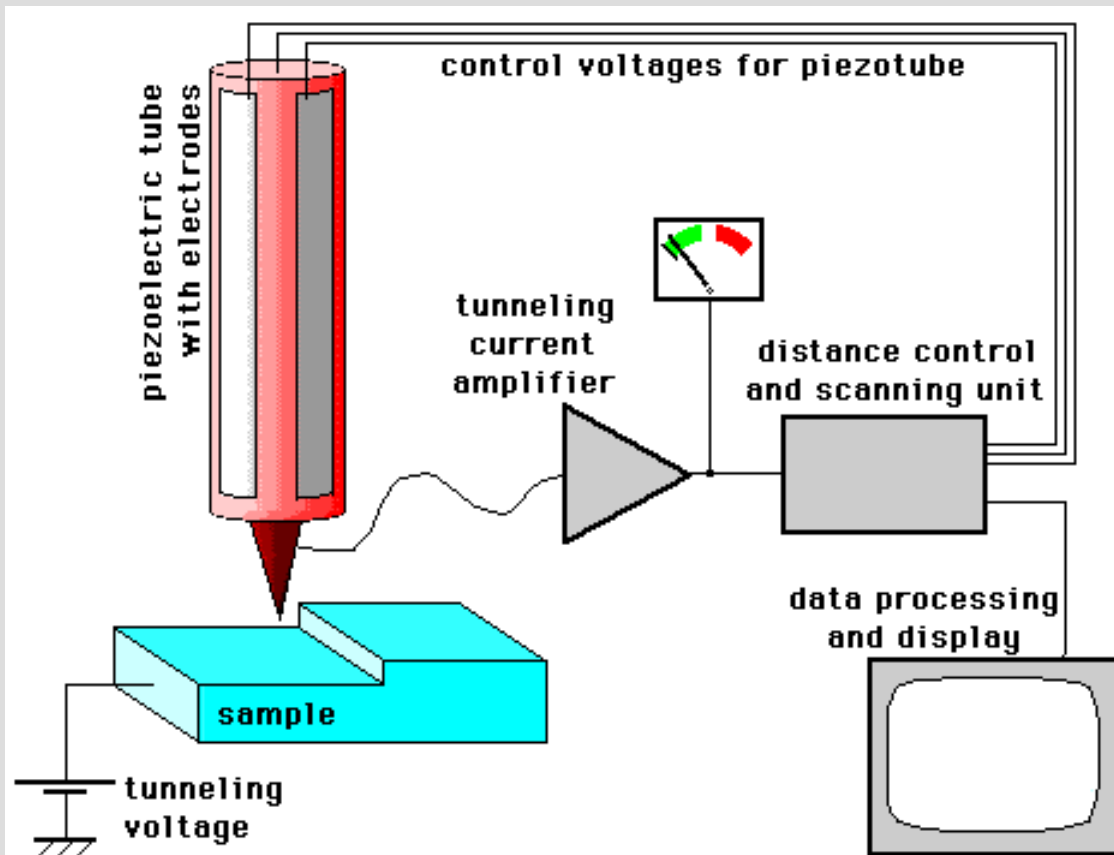


FIGURE 39-18 Image of cellular DNA, magnified about 2 million times, taken with a scanning tunneling microscope. Three turns of the DNA double helix can be seen in this false-color image.

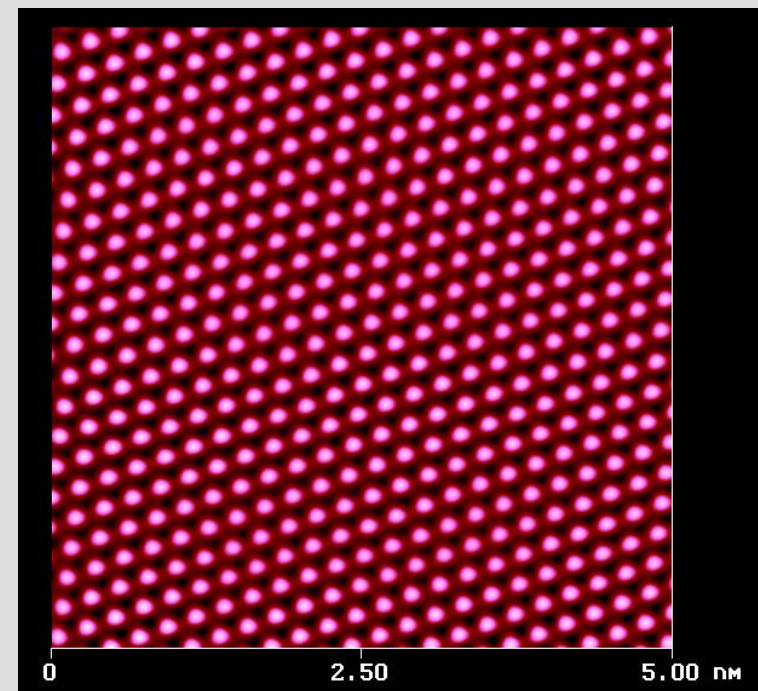
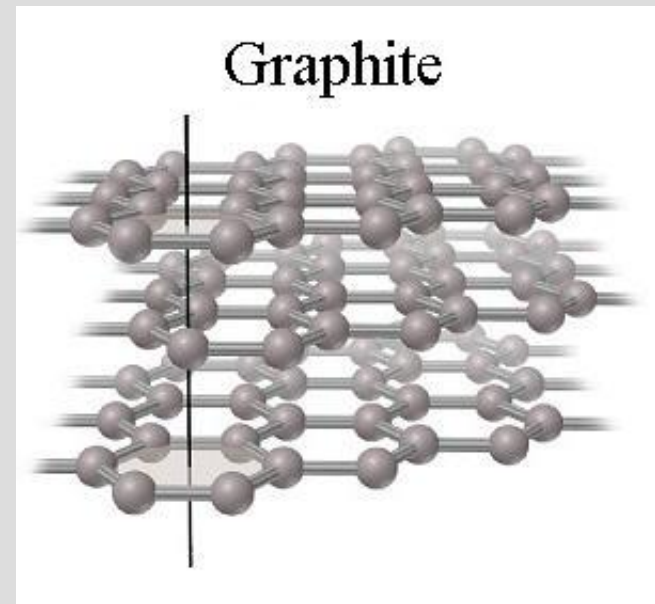
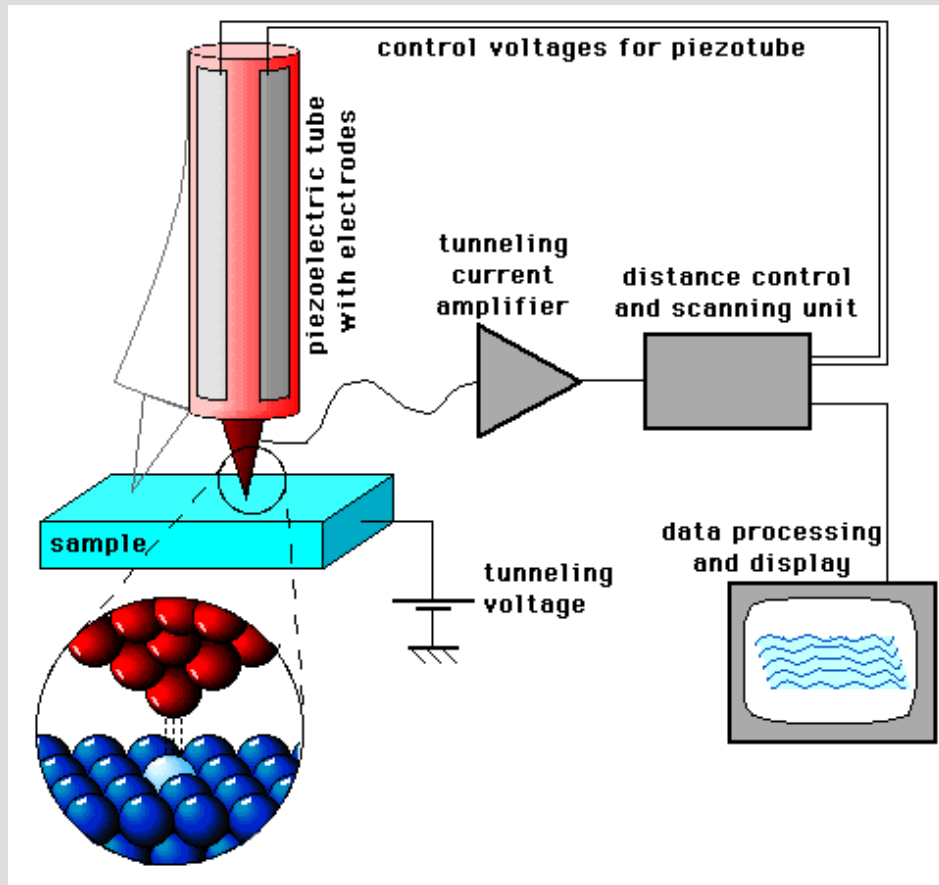
Mikroskop tunelowy



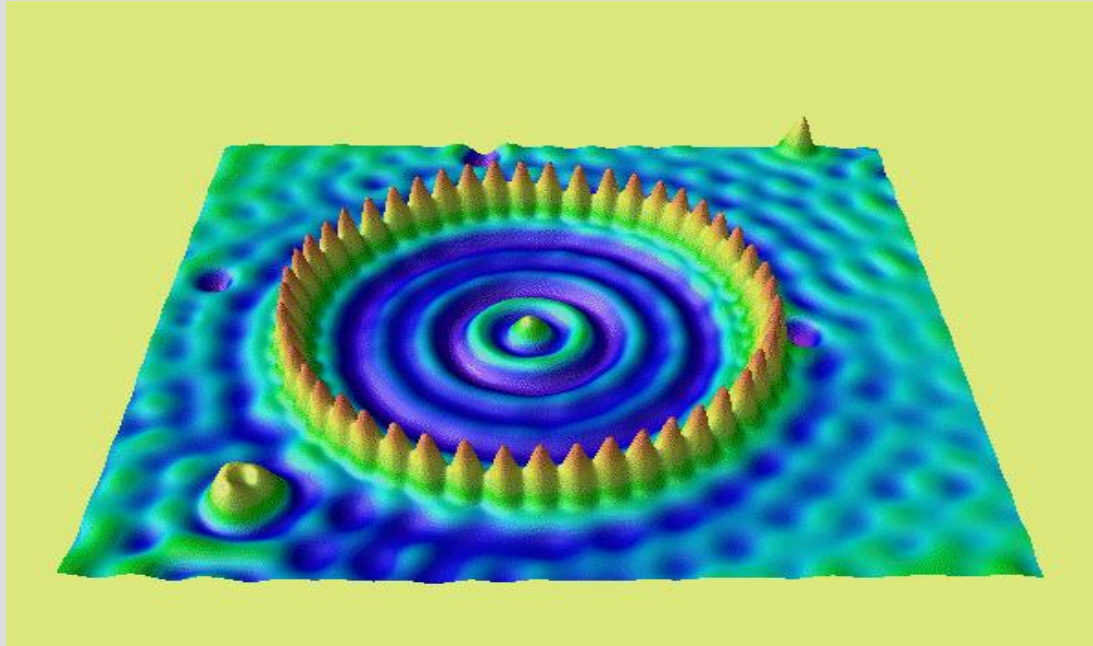
How an STM works ...

© Michael Schmid
Institut f. Allgemeine Physik
TU Wien 1997-2002

Mikroskop tunelowy



Mikroskop tunelowy



IBM, Almaden, Calif.

48 atomów Fe na powierzchni Cu (111)