Física Moderna I
Aula 14

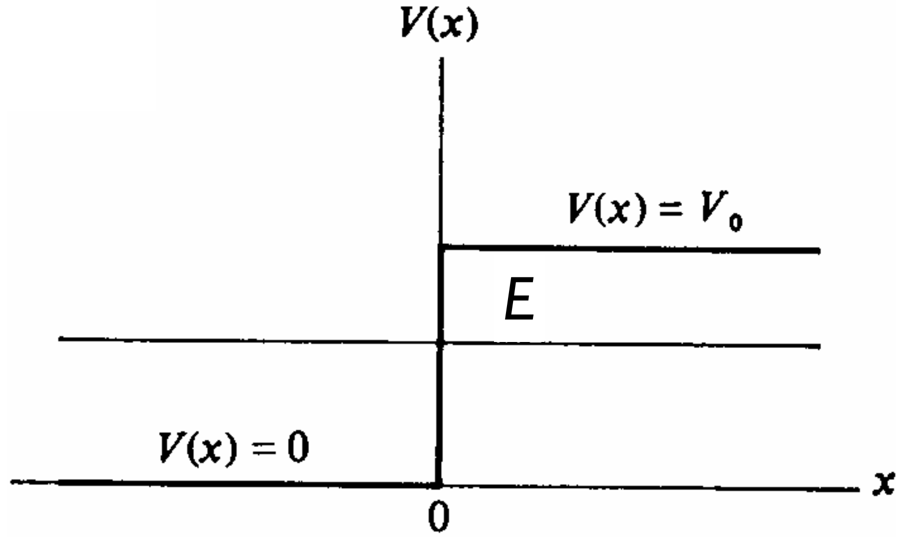
Marcelo G Munhoz
Edifício HEPIC, sala 212, ramal 916940
munhoz@if.usp.br

Potencial Degrau

- O potencial degrau é uma das configurações mais simples de se resolver a equação de Schroedinger

- Apesar de idealizado, este potencial apresenta algumas aplicações práticas

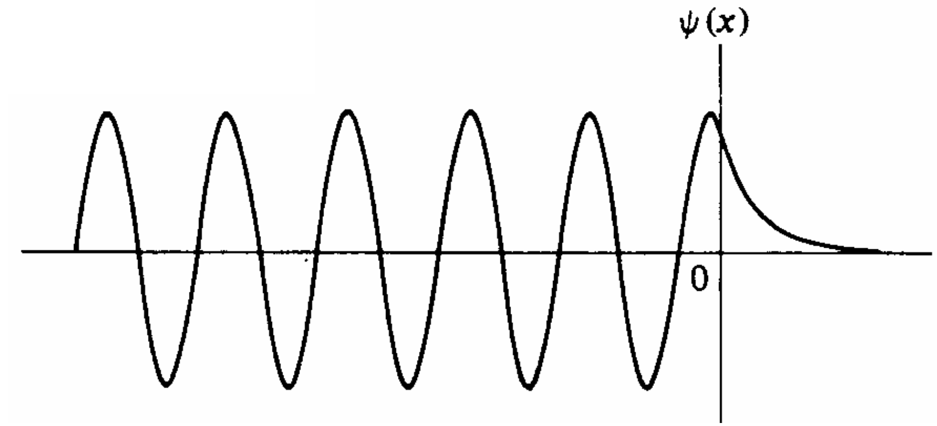
- Inicialmente, vamos estudar o caso em que $E < V_0$

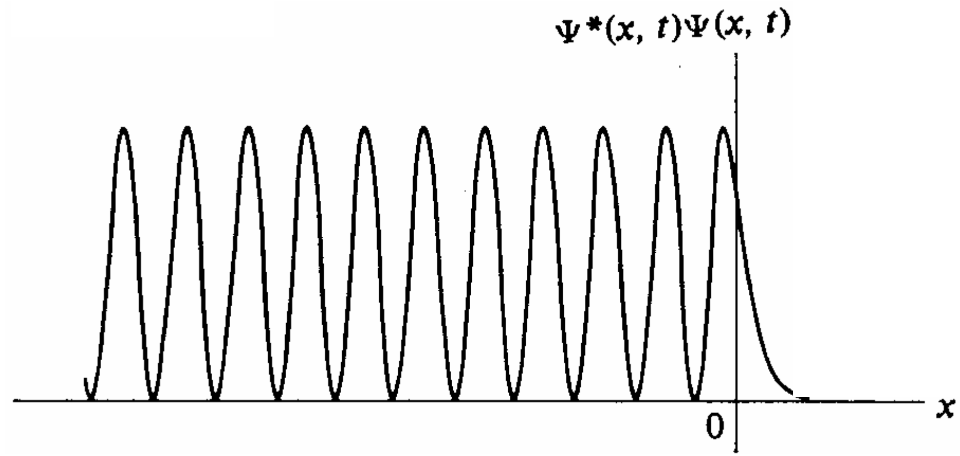


Potencial Degrau

- Como esperado, tem-se a função de onda da partícula livre para x<0

- Para x>0, como no caso do poço de potencial finito, existe uma probabilidade da partícula ser encontrada na região classicamente proibida





Potencial Degrau

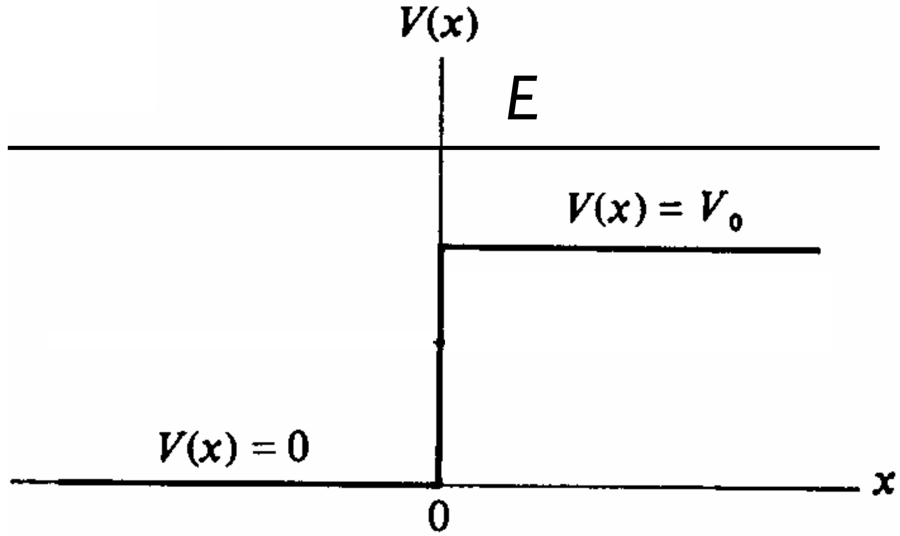
- Apesar disso, calculando-se o chamado coeficiente de reflexão da onda incidente (*R*), que é dado pela razão entre o quadrado da amplitude da onda que viaja na direção de *x* negativo (*B*) e o quadrado da amplitude da onda que viaja na direção de *x* positivo (*A*)

$$R = \frac{B^*B}{A^*A} = \frac{(1 - ik'/k)^*(1 - ik'/k)}{(1 + ik'/k)^*(1 + ik'/k)} = \frac{(1 + ik'/k)(1 - ik'/k)}{(1 - ik'/k)(1 + ik'/k)} = 1$$

tem-se que *R* = *1*

Potencial Degrau

- Neste caso, $E > V_0$
- Este tipo de problema reproduz, por exemplo, o efeito fotoelétrico quando o elétron tem energia ligeiramente superior à energia de ligação do átomo
- Classicamente, espera-se que a partícula apenas diminua sua velocidade ao passar por x=0



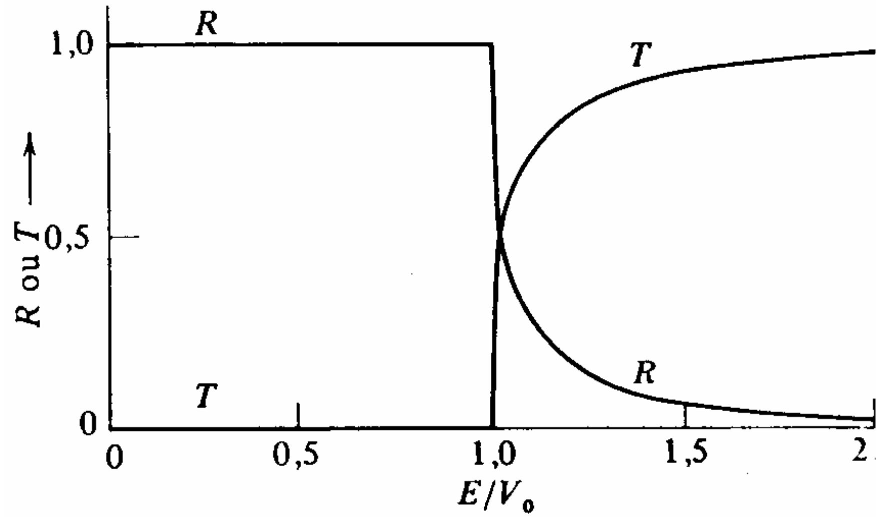
Potencial Degrau

- O resultado surpreendente neste caso é que *R > 0*, pois:
$$R = \frac{B^*B}{A^*A} = \left(\frac{k-k'}{k+k'}\right)^* \left(\frac{k-k'}{k+k'}\right) = \left(\frac{k-k'}{k+k'}\right)^2$$
enquanto classicamente não se espera nenhuma reflexão.

- Podemos calcular também o coeficiente de transmissão pela barreira (*T*), sabendo que:
$$R + T = 1 \Rightarrow T = \frac{4kk'}{(k+k')^2}$$

Potencial Degrau

- Portanto, quando a energia da partícula é ligeiramente maior que a amplitude da barreira, existe uma probabilidade da partícula ser refletida, contrariando a expectativa da física clássica



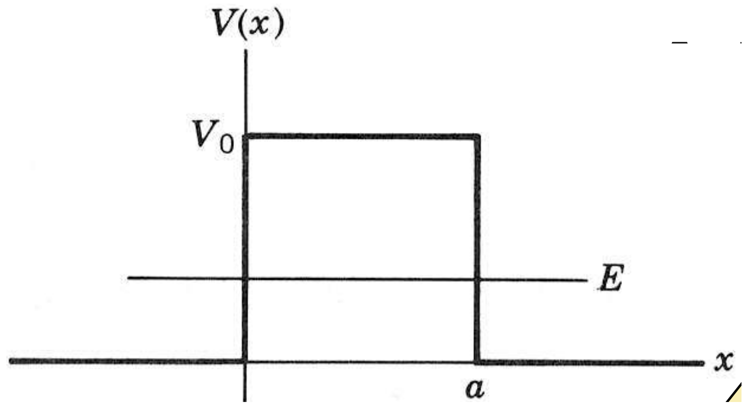
$$R = 1 - T = \left(\frac{1 - \sqrt{1 - V_0/E}}{1 + \sqrt{1 - V_0/E}} \right)^2$$

para $E/V_0 > 1$

$$R = 1 - T = 1$$ para $E/V_0 < 1$

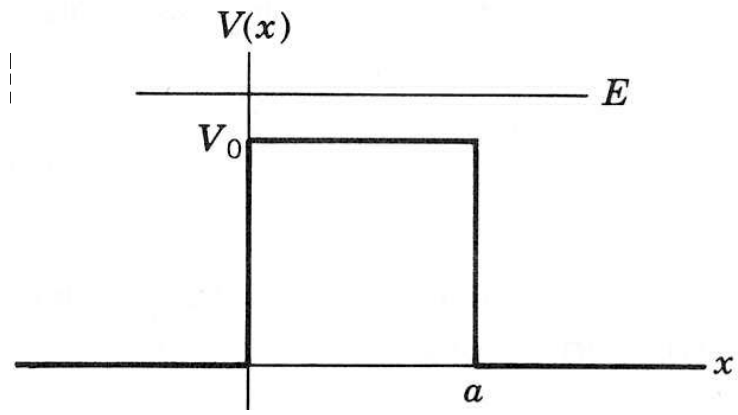
Barreira de Potencial

- Se o potencial apresentar um valor V_0 para apenas um intervalo de *x*, dizemos se tratar de uma barreira de potencial
- Existem vários sistemas físicos que podem ser tratados com um potencial com este
- Inicialmente, vamos resolver o problema para o caso em que $E < V_0$



Barreira de Potencial

- Para o caso em que $E > V_0$, a solução é bastante similar à anterior, porém a função de onda em $0 < x < a$ também é periódica (e não exponencial)



Barreira de Potencial

- Os valores dos coeficientes de reflexão e transmissão no caso da barreira de potencial são similares ao caso do potencial degrau, porém, devido ao efeito de *tunelamento* pela barreira, *R* < *1* e *T* > *0*, mesmo para E < V_0