

Instituto de Física USP

Física V - Aula 30

Professora: Mazé Bechara

Aula 30– Soluções da equação de Schroedinger para estados estacionários não ligados.

1. Esclarecimentos de dúvidas dos alunos.
2. A partícula livre. As auto-funções de energia e de momento linear – a onda plana.
 - A impossibilidade de normalização da função de onda e a não quantização da energia. A partícula na condição inicial e sua evolução dinâmica.
 - O princípio de incerteza na onda plana.
 - O pacote de ondas planas – uma partícula “melhor” localizada no espaço.
3. Reinterpretação da conservação da partícula
 - O conceito de incidência, reflexão e transmissão da partícula por um potencial, quando em movimento unidimensional.
 - Os fluxos de incidência, reflexão e transmissão da partícula e a equação da conservação da partícula.

A solução para partícula livre – ondas planas e pacote de ondas planas

Auto-estado de energia e de momento linear – a opção pela “onda plana”;

$$\psi(x,t) = Ae^{i(kx - \frac{E}{\hbar}t)} + Be^{-i(kx + \frac{E}{\hbar}t)}$$

- A onda plana que se move no sentido de x positivo:

- $$\psi_+(x,t) = Ae^{i(kx - \frac{E}{\hbar}t)}$$

- A onda plana que se move no sentido de x negativo:

$$\psi_-(x,t) = Be^{-i(kx + \frac{E}{\hbar}t)}$$

- Os pacotes de onda: com todas as ondas planas, movendo-se no sentido positivo (ψ_+) ou negativo (ψ_-) de x:

$$\psi_+(x,t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} A(k) e^{i(kx - \frac{E}{\hbar}t)} dk \quad \psi_-(x,t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} B(k) e^{-i(kx + \frac{E}{\hbar}t)} dk$$

O princípio de incerteza das ndas planas e pacote de ondas planas

No caso da onda plana, sendo p uma constante no movimento, então a indeterminação em p_x é nula, ou seja. $\Delta p_x = 0$ e portanto $\Delta x \rightarrow \infty$, pelo princípio de indeterminação.

- No caso de um pacoate de onda, o pomento não é bem definido (constante de movimento), e então pelo princípio de incerteza $\Delta p_x \Delta x = C \geq \hbar/2$.
-
- Se o pacote de onda for gaussiano então estamos com o pacote de incerteza mínimo, ou seja, $\Delta p_x \Delta x = \hbar/2$.
- .

Conservação do fluxo de partícula a partir da equação de Schroedinger (dedução em aula)

O fluxo da partícula entre as posições x_1 e x_2 no estado $\psi(x,t)$:

$$S(x_2, t) - S(x_1, t) = -\frac{i\hbar}{2m} \left[\psi^*(x_2) \frac{\partial \Psi(x_2)}{\partial x} - \Psi(x_2) \frac{\partial \Psi^*(x_2)}{\partial x} \right] -$$
$$-\frac{i\hbar}{2m} \left[\psi^*(x_1) \frac{\partial \Psi(x_1)}{\partial x} - \Psi(x_1) \frac{\partial \Psi^*(x_1)}{\partial x} \right] = \frac{\partial P(x_1, x_2)}{\partial t}$$

- $P(x_1, x_2)$ é a probabilidade da partícula estar entre as posições x_1 e x_2 no instante t .
- Observe que se a função de onda for real os fluxos são nulos. É o caso dos estados ligados.