



RELAÇÃO DE INCERTEZA ENERGIA-TEMPO

Aluno: Elsa B Pimenta RA: 261868

Prof: Marco Aurelio P Lima

REVISÃO DA AULA PASSADA (AULA 7)

- Definição do operador de evolução temporal

$$|\alpha, t_0, t\rangle = U(t, t_0) |\alpha, t_0\rangle$$

- Equação de Schrödinger para o operador de evolução temporal

$$i\hbar \partial |\alpha, t_0, t\rangle / \partial t = H |\alpha, t_0, t\rangle$$

- Solução da Equação de Schrödinger com H independente do tempo

$$U(t, t_0) = \exp(-iH(t-t_0)/\hbar)$$

- Função de correlação (amplitude de correlação)

$$C(t) = \exp(-iE_0 t/\hbar) \int \rho(E) \exp(-i(E-E_0)t/\hbar) dE$$

Se $t \rightarrow 0$ então $|C(t)| = 1$

Se $t \rightarrow \infty$ então $|C(t)| = 0$



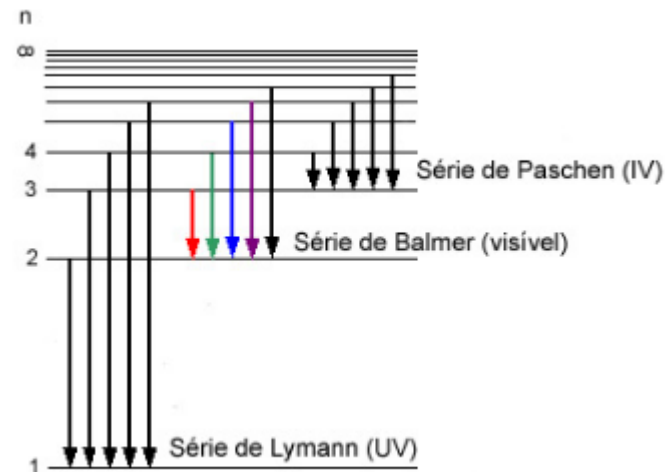
RELAÇÃO DE INCERTEZA ENERGIA-TEMPO E AMPLITUDE DE CORRELAÇÃO

- Tempo característico $t \cong \hbar/\Delta E$ para o qual $|C(t)|$ começa a se tornar diferente de 1;
- $t \cong \hbar/\Delta E$ é o limite de tempo (inferior) que faz o ket de estado de um sistema físico perder sua forma original;



EXEMPLO – LARGURA DE LINHA ESPECTRAL

- A interação do átomo com o campo de radiação através da emissão e absorção de fótons leva à largura da linha natural relacionada à **emissão espontânea** e a uma **mudança na energia de transição**.



EXEMPLO – LARGURA DE LINHA ESPECTRAL

- A parte dependente do tempo da função de onda para a partícula com energia total é

$$\psi(t) = \exp(-iE_a t/\hbar)$$

$E_a \rightarrow_{\tau} E_0 - i\Gamma/2$ onde Γ é a largura do decaimento

$$\psi(t) = \exp(-i(E_0 - i\Gamma/2)t/\hbar)$$

$$\psi(t) = \exp(-iE_0 t/\hbar) \exp(-\Gamma t/2\hbar)$$

- Tomando a **transformada de Fourier**:

- $\psi(E) = \int_0^{\infty} \psi(t) e^{iEt} dt$

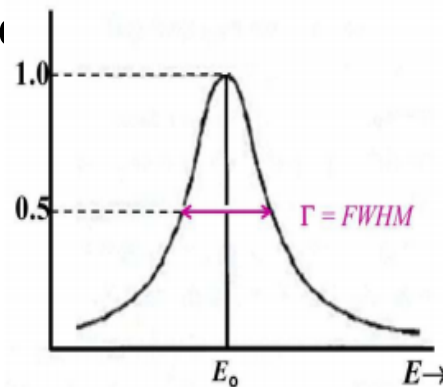


EXEMPLO – LARGURA DE LINHA ESPECTRAL

$$\psi(E) = \int_0^{\infty} \psi(0) e^{iEt} dt = \int_0^{\infty} e^{i(E-E_0 + i\Gamma/2)t} dt$$

$$\psi(E) = \frac{1}{i(E-E_0) + \Gamma/2} \rightarrow |\psi(E)|^2 = \frac{1}{(E-E_0)^2 + \Gamma^2/4}$$

A densidade de probabilidade é a distribuição de energia de um **estado instável**, chamada **Breit-Wigner**:



onde Γ é largura a meia altura (FWHM) e E_0 é o pico da distribuição

EXEMPLO – LARGURA DE LINHA ESPECTRAL

Γ está relacionado com a vida útil τ via $\Gamma = 1 / \tau$, então a **relação de incerteza energia tempo** pode ser expressa:

$$\Delta E = \hbar / 2 \Delta t = \Gamma / 2 = \hbar / 2 \tau$$

onde τ é tomada como a incerteza no tempo $\tau = \Delta t$.

Exemplo 1 - Bóson Z

Dado: $\Gamma \sim 2.5 \text{ GeV}$

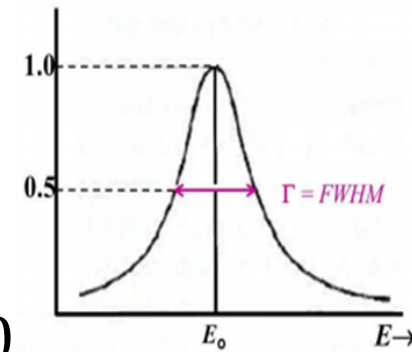
$$\Delta t = \tau = 1 / \Gamma = 0.4 \text{ GeV}^{-1} = 0.4 \times \hbar = 2.5 \times 10^{-25} \text{ s}$$

Exemplo 2 - Átomo em estado excitado

Dado: $\tau = 10^{-8} \text{ s}$

$$\Delta E = \hbar / 2 \Delta t = 6.58 \times 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s} / 2 \times 10^{-8} \text{ s}$$

eV



REFERENCIAS

- [1] J.J. Sakurai and J. Napolitano, Modern Quantum Mechanics (Pearson, Upper Saddle River, 2013), 2nd ed.
- [2] Thornton S. T. and Rex A. Modern Physics for Scientists and Engineers 4th ed
- [3]<https://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/DBailey/SubAtomic/Lectures/LectF18/Lect18.htm>
- [4]https://www.hep.phy.cam.ac.uk/~chpotter/particleandnuclearphysics/Lecture_02_KinematicsDecaysReactions.pdf

