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
  $i\hbar \frac{\partial|\alpha, t0, t\rangle}{\partial t} = H|\alpha, t_0, t\rangle$
- Solução da Equação de Schrödinger com H independente do tempo
  $U(t,t_0) = \exp\left(\frac{-iH(t-t0)}{\hbar}\right)$
- Função de correlação (amplitude de correlação)
  $C(t) = \exp\left(\frac{-iE0t}{\hbar}\right) \int dE|g(E)|^2\, \rho(E) \exp\left(\frac{-i(E-E0)t}{\hbar}\right)$
  Se $t \to 0\ \ então |C(t)| = 1$
  Se $t \to \infty\ então |C(t)| = 0$

Relação de incerteza energia-tempo e amplitude de correlação

- Tempo característico $t \cong \frac{\hbar}{\Delta E}$ para o qual $|C(t)|$começa a se tornar diferente de 1;
- $t \cong \frac{\hbar}{\Delta E}$ 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**.

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

$e\exp(-iHt/\hbar)|\psi\rangle = \exp(-iEat/\hbar)\,|\psi\rangle$

Para uma partícula instável, um termo imaginário é adicionado à energia

$Ea \to E_0 - i\,\Gamma/2$ onde Γ é a largura do decaimento

$\psi(0) = \exp(-i(E_0 - i\Gamma/2)t/\hbar)$

$\psi(0) = \exp(-iE_0t/\hbar)\exp(-\Gamma t/2\hbar)$

Portanto, para obter a função de onda em termos de energia, tomamos a **transformada de Fourier** dessa função de tempo:

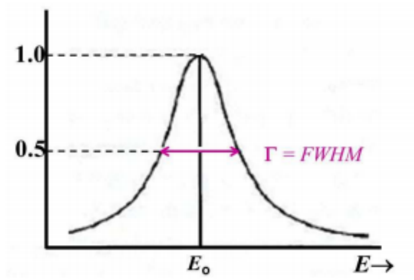
$\psi(E) = \langle\psi|exp(-iHt)\psi\rangle = \int_0^\infty \psi(0)e^{iEt}\,dt$

$\psi(E) = \int_0^\infty e^{i(E-E0+i\Gamma/2)t}\,dt$

$\psi(E) = \frac{1}{i(E-E0)+\Gamma/2}$

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

$$|\psi(E)|^2 = \frac{1}{(E-E0)^2 + \Gamma^2/4}$$



onde Γ é largura a meia altura (FWHM) e E_0 é o pico da distribuição. Como Γ está relacionado com a vida útil τ via Γ = 1 / τ , então a relação de incerteza energia tempo pode ser expressa:

$$\Delta E = \frac{\hbar}{2\Delta t} = \frac{\Gamma}{2} = \frac{\hbar}{2\tau}$$

onde τ é tomada como a incerteza no tempo τ = Δt.

Exemplo 1 - Bóson Z

Dado: Γ~ 2.5 GeV

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

Exemplo 2 - Átomo em estado excitado

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

$\Delta E = \frac{\hbar}{2\Delta t} = \frac{6.58x10^{-16}\ eV.s}{2x10^{-8}s} = 3.3x10^{-8}$ eV

Referencias

Thornton S. T. and Rex A. **Modern Physics for Scientists and Engineers 4th ed**

Site:https://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/DBailey/SubAtomic/Lectures/LectF18/Lect18.htm

Site:https://www.hep.phy.cam.ac.uk/~chpotter/particleandnuclearphysics/Lecture_02_KinematicsDecaysReactions.pdf