[redacted] «سری نهم» «[illegible]» [redacted]

$$i\hbar \sum_k \frac{\partial c_k(t)}{\partial t} |k\rangle = \sum_n V_I(t)\, c_n(t)\, |n\rangle$$ 1. الف)

$\langle k|$

$$\Rightarrow i\hbar \frac{\partial c_k(t)}{\partial t} = \sum_n c_n(t) \langle k| V_I(t) |n\rangle$$

$$\Rightarrow \left\{ i\hbar \frac{\partial c_k(t)}{\partial t} = \sum_n c_n(t) e^{i\omega_{kn} t} \langle k| V(t) |n\rangle \right\}$$

$$, i\hbar \frac{\partial c_k(t)}{\partial t} = \sum_n c_n(t) e^{i\omega_{kn} t} V_{kn}$$

$$\Rightarrow i\hbar \begin{pmatrix} \dot{c}_1 \\ \dot{c}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & V_{12} e^{i\omega_{12} t} \\ V_{12} e^{-i\omega_{12} t} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} i\hbar \dfrac{\partial c_1}{\partial t} = \gamma e^{i(\omega+\omega_{12})t} c_2 \\ i\hbar \dfrac{\partial c_2}{\partial t} = \gamma e^{-i(\omega+\omega_{12})t} c_1 \end{cases} \quad , c_1(t) = a e^{i\lambda_+ t} + b e^{i\lambda_- t}$$

$$, \begin{cases} i\hbar \ddot{c}_1 = \gamma e^{i(\omega+\omega_{12})t} \dot{c}_2 + i(\omega+\omega_{12}) \gamma e^{i(\omega+\omega_{12})t} c_2 \\ , \dot{c}_2 = \dfrac{\gamma}{i\hbar} e^{-i(\omega+\omega_{12})t} c_1 \\ , c_2 = \dfrac{i\hbar}{\gamma} \dot{c}_1 e^{-i(\omega+\omega_{12})t} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \lambda_\pm = \dfrac{(\omega+\omega_{12}) \pm \sqrt{(\omega+\omega_{12})^2 - \left(\frac{2\gamma}{\hbar}\right)^2}}{2} \\ c_2(t) = \dfrac{i\hbar}{\gamma} e^{-i(\omega+\omega_{12})t} \left[i\lambda_+ a e^{i\lambda_+ t} + i\lambda_- b e^{i\lambda_- t} \right] \end{cases}$$

Initial values: $\begin{cases} c_1(t=0) = 1 \\ c_2(t=0) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a+b=1 \\ \lambda_+ a + \lambda_- b = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \dfrac{\lambda_-}{\lambda_- - \lambda_+} \\ b = \dfrac{\lambda_+}{\lambda_+ - \lambda_-} \end{cases}$

$$\Rightarrow \begin{cases} |C_1(t)|^2 = 1 - |C_2(t)|^2 = 1 - \left(\frac{\gamma}{\hbar}\right)^2 \frac{\sin^2 \Omega t}{\left(\frac{\gamma}{\hbar}\right)^2 + \left(\frac{\omega - \omega_{12}}{2}\right)^2} \\ |C_2(t)|^2 = \left(\frac{\gamma}{\hbar}\right)^2 \frac{\sin^2 \Omega t}{\left(\frac{\gamma}{\hbar}\right)^2 + \frac{(\omega - \omega_{12})^2}{4}} \end{cases} , \quad \Omega = \sqrt{\left(\frac{\gamma}{\hbar}\right)^2 + \left(\frac{\omega - \omega_{12}}{2}\right)^2}$$

$$C_n(t) = \langle n | 1 + \frac{1}{i\hbar} \int_0^t V_I(t') dt' + \left(\frac{1}{i\hbar}\right)^2 \int_0^t \int_0^{t'} V_I(t) V_I(t'') + \dots | \ell \rangle \quad (ب$$

$$\left\{ C_n^{(1)}(t) = \frac{1}{i\hbar} \langle n | \int_0^t V_I(t) dt' | \ell \rangle \right\} , \quad \left\{ C_n^{(0)}(t) = \langle n | \ell \rangle = \delta_{n\ell} \right\}$$

$$\left\{ C_n^{(1)}(t) = \frac{1}{i\hbar} \langle n | \int_0^t e^{i\omega_{n\ell} t'} V_{n\ell}(t') dt' | \ell \rangle \right\}$$

$$\Rightarrow C_1(t) = 1 + \frac{1}{i\hbar} \int_0^t \gamma e^{i(\omega + \omega_{12})t} dt' = 1 + \frac{\gamma}{i\hbar} \frac{e^{i(\omega + \omega_{12})t} - 1}{i(\omega + \omega_{12})}$$

$$\Rightarrow C_1(t) = 1 - \left(\frac{\gamma}{\hbar}\right) \frac{e^{i(\omega + \omega_{12})t} - 1}{(\omega + \omega_{12})} = \frac{\hbar(\omega + \omega_{12}) + \gamma - \gamma e^{i(\omega + \omega_{12})t}}{\hbar(\omega + \omega_{12})}$$

$$\Rightarrow \left\{ |C_1(t)|^2 = \frac{\hbar^2(\omega + \omega_{12})^2 + \gamma^2 + 2\hbar\gamma(\omega + \omega_{12}) - 2\gamma(\hbar(\omega + \omega_{12}) + \gamma)\cos(\omega + \omega_{12})t}{\hbar^2(\omega + \omega_{12})^2} \right\}$$

$$C_2(t) = 1 + \frac{\gamma}{i\hbar} \frac{e^{-i(\omega + \omega_{12})t} - 1}{-i(\omega + \omega_{12})}$$

$$\Rightarrow \left\{ |C_2(t)|^2 = \frac{\hbar^2(\omega + \omega_{12})^2 + \gamma^2 - 2\hbar\gamma(\omega + \omega_{12}) + 2\gamma(-\hbar(\omega + \omega_{12}) + \gamma)\cos(\omega + \omega_{12})t}{\hbar^2(\omega + \omega_{12})^2} \right.$$

این decay یعنی گذار حالت، ولی منظور ما واپاشی هسته‌ها نیست. در واپاشی هسته‌ها باید از فضای فوک استفاده کنیم:

$$|k_1, k_2\rangle \longrightarrow |k_1\rangle$$

یک ذره در حالت k_2

- اما در این سؤال:

$$\begin{cases} |\psi(0)\rangle = \sum c_n |n\rangle \\ |\psi(t)\rangle = \sum c_n(t)\, e^{-iE_n t/\hbar} |n\rangle \end{cases}$$

$$c_1(t) = e^{-i\Delta_1 t/\hbar} \quad , \quad \Delta E = E' - E_i$$

$$\Rightarrow \left\{ \Delta_i = (E_0 - \Delta E) - i\left(\frac{\Gamma_i}{2}\right) \right\}$$

$$\Rightarrow \left\{ c_i = e^{\frac{-i}{\hbar}(E_0 - \Delta E) - \frac{\Gamma_i t}{\hbar^2}} \right\}$$

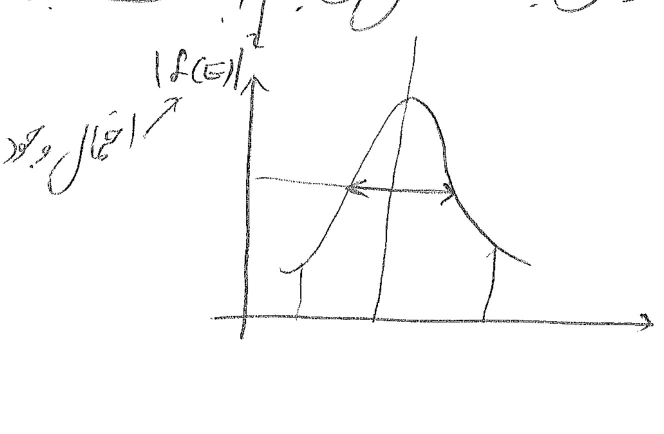
$$\Rightarrow \left\{ |f(E)|^2 \propto \frac{1}{(E - (E_i + \Delta E))^2 + \frac{\Gamma_i^2}{4\hbar^2}} \right\} \quad , \quad \sigma \propto |f(E)|^2$$

سطح مقطع واکنش

توزیع کوشی

$$\Rightarrow p(x) = \frac{1}{x^2 + \alpha^2}$$

* ΔE در واقع اختلال انرژی مستقل از زمان است یعنی یک اختلال می‌دهیم که باعث جابجایی تراز انرژی شود



$$|f(E)|^2 \propto \frac{1}{\left(E-(E_i+\Delta E)\right)^2+\frac{\Gamma_i^2}{4\hbar^2}}$$

max

$$\frac{1}{2}|f_m|^2 = \frac{2}{\Gamma_i^2} = \frac{1}{(E+\Delta E-E_i)^2+\frac{\Gamma_i^2}{4}} \Rightarrow \Delta E^2 = \frac{\Gamma_i^2}{4}$$

$$\Rightarrow \left\{\Delta E = \frac{\Gamma_i}{2}\right\}$$

- پس با مطالعه پهنای خطوط می‌توان Γ_i را بدست آورد. $\frac{1}{\Gamma_i}$ زمان واپاشی است.

* اگر یک الکترون و پروتون را به اندازه انرژی دهیم در یک انرژی خاص J/ψ یک ذره واسط می‌شود و الکترون و پروتون همدیگر را می‌بینند و در نتیجه ناگهان پراکندگی زیادی می‌شود و پیک می‌بینیم.