

Distribuzione di Breit-Wigner

$$\psi(\vec{r}, t) = \psi(\vec{r}) \underbrace{e^{-iE_0 t}}_{\psi(t)} e^{-\Gamma/2 t}$$

$\Gamma = \frac{1}{\tau}$ larghezza totale di decadimento
 τ : vite media propria

$\chi(E)$: funzione d'onda nello spazio di energia

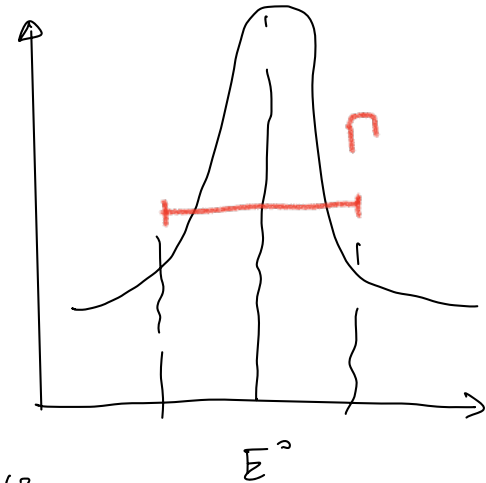
$$\begin{aligned} \chi(E) &= \psi(\vec{r}) \int dt' e^{iEt'} \psi(t') = \psi(\vec{r}) \int dt' e^{i(E-E_0)t'} e^{-\Gamma/2 t'} \\ &= \psi(\vec{r}) \frac{1}{i(E-E_0) - \frac{\Gamma}{2}} \end{aligned}$$

$$|\chi(E)|^2 dE = P(E, E+dE)$$

$$\int |\chi(E)|^2 dE = 1$$

$$|\chi(E)|^2 = \frac{1}{(E-E_0)^2 + (\frac{\Gamma}{2})^2}$$

$$\Gamma = \frac{1}{\tau} \Rightarrow \underbrace{\Gamma \cdot \tau}_{\Delta E \cdot \Delta t} \leq \frac{\hbar}{2}$$



$$\int_{-\Gamma/2}^{\Gamma/2} |\chi(E)|^2 dE \approx 70\%$$

$E^0 = m$ nel rif. solido

caratteristiche delle particelle: m, Γ

Misura sperimentale include anche la risoluzione $|\chi(E)|^2 \otimes$ Risoluzione.

Risoluzione gaussiana $G(E|E_0-E_0', \sigma) = e^{-(E-E_0-E_0')^2/2\sigma^2}$

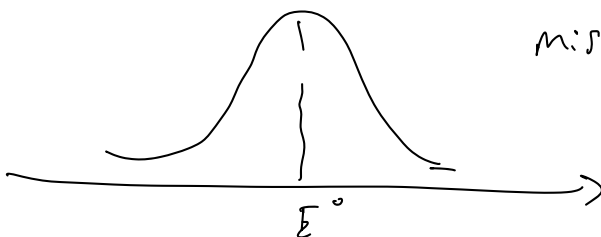
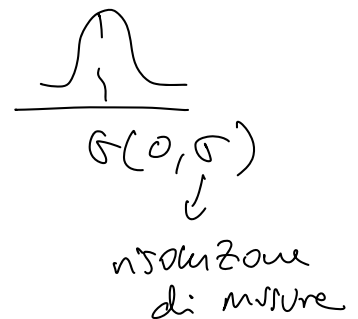
E_0 : valore vero E_0' : valore medio misurato se $E_0 \neq E_0' \Rightarrow$ bias

un buono strumento $E_0 = E_0' \Rightarrow G(E|0, \sigma) = e^{-E^2/2\sigma^2}$

$$|\chi(E)|^2 \otimes G(E|0, \sigma) = \int dE' |\chi(E')|^2 G(E'|0, \sigma)$$

$$\text{se } \tau \rightarrow 0 (\Gamma \rightarrow 0) \quad |\chi(E)|^2 \sim \delta(E-E_0)$$

$$\int dE' \delta(E'-E_0) e^{-E'^2/2\sigma^2} = e^{-E_0^2/2\sigma^2}$$



misura di E per particelle
 con $\Gamma/m \ll 1$

$$a \rightarrow b + c$$

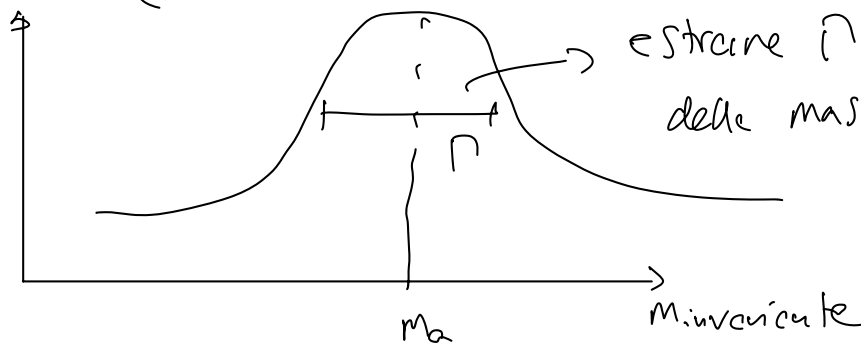
$$M_a = \sqrt{(\underline{p}_b + \underline{p}_c)^2}$$

masse invariate dei prodotti

$$\underline{p}_a \rightarrow \begin{cases} \underline{p}_b \\ \underline{p}_c \\ \underline{p}_d \end{cases} \quad \underline{p}_a = \underline{p}_b + \underline{p}_c + \underline{p}_d$$

$$a \rightarrow b + c + d$$

$$M_a = \sqrt{(\underline{p}_b + \underline{p}_c + \underline{p}_d)^2}$$



$$\underline{p}_a^2 = E_a^2 - \vec{p}_a^2 = M_a^2$$

In LAB misure

$$(E_b, \vec{p}_b)$$

$$(E_c, \vec{p}_c)$$

$$(E_d, \vec{p}_d)$$

urti

Decadimenti: 2 particelle nello stato iniziale

urti: $2 \neq 0$ ~~piu~~ particelle

$$a + b \rightarrow a + b$$

urto elastico

le particelle in $|f\rangle$ le stesse dello stato $|i\rangle$

Gracie $E^2 = p^2 + m^2$

$$a + b \rightarrow c + d$$

urto anelastico

numero e/o tipo di particelle

varia tra $|i\rangle$ e $|f\rangle$

urto Compton:

$$\gamma + e^- \rightarrow \gamma + e^-$$

$$\underline{p}_\gamma = (E, \vec{E})$$

$$\underline{p}_e = (m_e, \vec{0})$$

$$\underline{p}'_\gamma = (E', \vec{E}')$$

$$\underline{p}'_e = (E_e, \vec{p}_e)$$



$$\underline{p}_\gamma = (E_\gamma, 0, 0, E_\gamma)$$

$$\underline{p}'_\gamma = (E'_\gamma, E'_\gamma \sin \theta, 0, E'_\gamma \cos \theta)$$

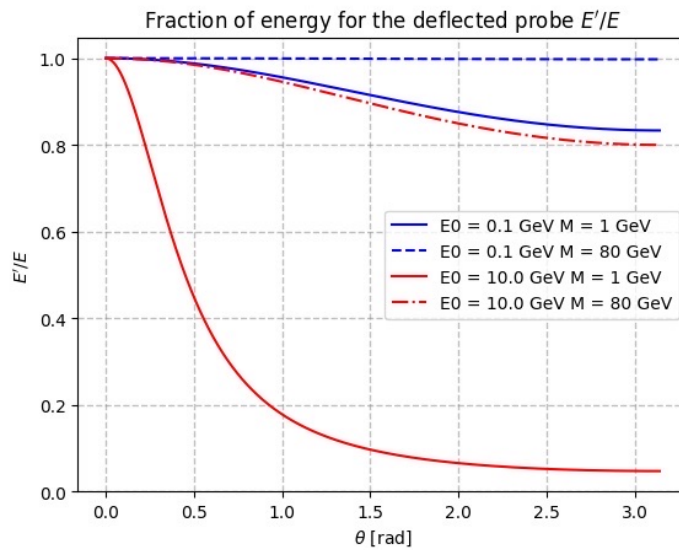
$$\underline{p}_e^i = (m_e, 0, 0, 0)$$

$$\underline{p}_e^f = (E_e, -E_e \sin \alpha, 0, E_e \cos \alpha)$$

$$m_e + E_\gamma = E'_\gamma + E_e \Rightarrow E'_\gamma < E_\gamma$$

$$\frac{E'_\gamma}{E_\gamma} = \frac{1}{1 + \frac{E_\gamma}{m_e} (1 - \cos \theta)}$$

Spettro energetico
di γ dopo l'urto



$$e^- + e^- \rightarrow e^- + e^- \quad \text{M\"oller}$$

$$e^- + e^+ \rightarrow e^- + e^+ \quad \text{Bhabha}$$

urti anelastico

cambia numero e/o natura delle particelle

$$e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$$

$$p + p \rightarrow p + p \quad \text{elastico}$$

$$\rightarrow H + X \quad \text{anelastico}$$

$$\alpha + N \rightarrow \alpha + N \quad \text{Rutherford}$$

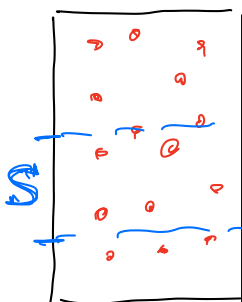
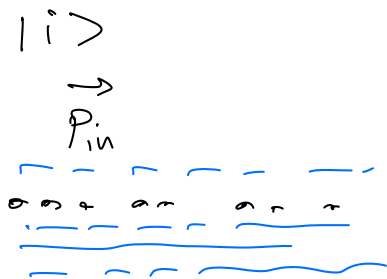
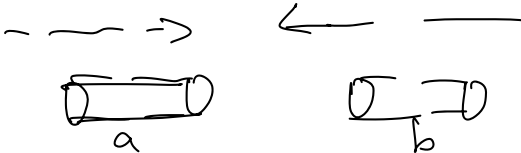
$$\alpha = {}^4_2\text{He} \quad N = \text{Au, Ag, ...}$$

urti a bersaglio fisso

--->
fascio
incidente



urti di fasci collidenti



Misure
reazioni:
(contare numero
stati finali)

S : sezione del
fascio
incidente

d : spessore del bersaglio

n_b = densità del bersaglio
 $[n_b] = L^{-3}$

$$N_B = n_b \cdot S \cdot d$$

$$\underbrace{\frac{dN_r}{dt}}_{\text{reazioni in tempo } dt} = \underbrace{\sigma}_{\text{# proiettili in } dt} \underbrace{\frac{dN_p}{dt} n_b \cdot d}_{\text{Bersaglio}}$$

Definizione
operativa
della sezione d'urto

Analisi dimensionale

$$T^{-1} \quad L^2 \quad T^{-1} \quad L^{-3} \quad L$$

σ e sezione d'urto $[\sigma] = L^2$ superficie

σ dipende dalla natura di interazione fra particelle incidenti e il bersaglio

σ dipenderà da $\langle f | H_I | i \rangle$

$$\frac{dN_r}{dt} = \sigma \frac{dN_p}{dt} n_b \cdot d \cdot \frac{S}{S} = \sigma \frac{dN_p}{dt} \frac{1}{S} \underbrace{(n_b \cdot d \cdot S)}_{N_B}$$

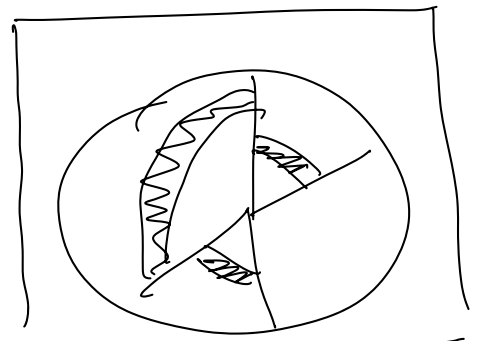
Δt : tempo di misura.

$$\frac{dN_r}{dt} \Delta t = N_r.$$

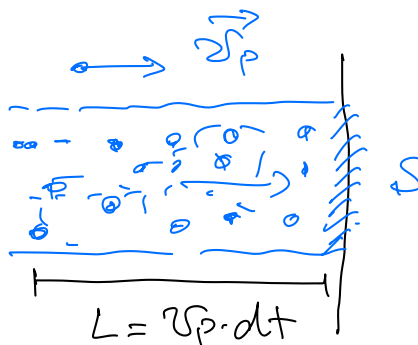
$$\frac{dN_p}{dt} \Delta t = N_p.$$

$$\frac{\frac{dN_r}{dt}}{\frac{dN_p}{dt}} = \sigma \cdot \frac{1}{S} N_B.$$

$$\frac{1}{N_B} \frac{\frac{dN_r}{dt}}{\frac{dN_p}{dt}} = \underbrace{\sigma \cdot \frac{1}{S}}_{\text{prob. di interazione per bersaglio}}$$



$$\frac{dN_p}{dt} \frac{1}{S'} = \Phi_p$$



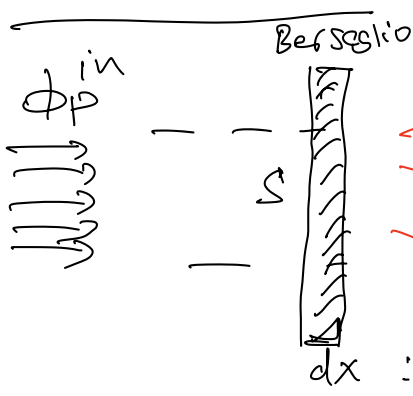
n_p : densità dei proiettili

$$N_p = \Phi_p \cdot \Delta t \cdot S'$$

$$= n_p \cdot L \cdot S = n_p \cdot v_p \cdot \Delta t \cdot S'$$

$$\Phi_p = \frac{dN_p}{dt} \frac{1}{S'} = n_p \cdot v_p$$

Misurare σ



reazioni

Φ_p^{fu} : flusso di particelle incidenti dopo bersaglio

dx : spessore bersaglio

$$\frac{dN_r}{dt} = \sigma \frac{dN_p}{dt} n_b \cdot dx$$

$$\frac{dN_r}{dt} \frac{1}{S} = \sigma \frac{dN_p}{dt} \frac{1}{S} n_b \cdot dx.$$

$$\frac{dN_r}{dt} \frac{1}{S} = -\phi_p^{in}$$

$$\frac{\#interazioni}{\Delta t \cdot S}$$

$$\phi_p^{in}$$

flusso dopo bersaglio delle particelle incidenti

$$d\phi_p^{in} = -\sigma \phi_p^{in} n_b \cdot dx = \frac{dN_r}{dt} \frac{1}{S}$$

variazione flusso particelle dopo dx

$$\Rightarrow \phi_p^{fin}(x) \text{ flusso di particelle dopo bersaglio}$$

$$-(n_b \cdot \sigma) x$$

numero di reazioni per dt per unita di sup.

$$\phi_p^{fin}(x) = \phi_p^{in}(x=0) e$$

x: spessore bersaglio

$$[n_b \cdot \sigma] = L^{-3} L^2 = L^{-1}$$

$$\frac{1}{\lambda} = n_b \cdot \sigma$$

lunghezza di attenuazione: λ

$$n_b \rightarrow 0 \quad \phi_p^{fin} \rightarrow \phi_p^{in}$$

$$\sigma \rightarrow 0$$

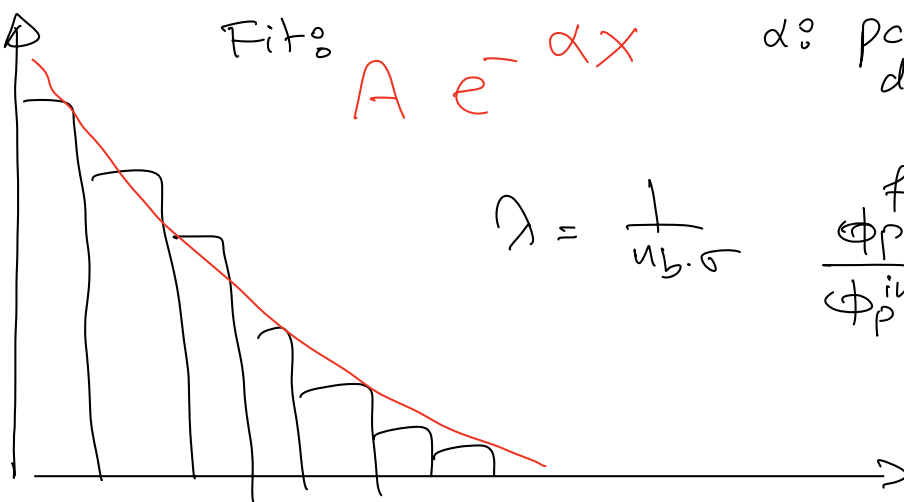
proiettili dopo bersaglio

Fit:

$$A e^{-\alpha x}$$

α : parametro del fit

$$\lambda = \frac{1}{n_b \cdot \sigma} \quad \frac{\phi_p^{fin}}{\phi_p^{in}} = e^{-\frac{x}{\lambda}}$$



Fit ai dati \Rightarrow misure $\alpha \pm \delta\alpha$

$$\alpha = n_b \cdot \sigma$$

n_b : nota allo sperimentatore.

x [cm] spessore bersaglio

$$\sigma = \frac{\alpha}{n_b}$$

misure di σ dal fit ai dati