

Fisica Nucleare e Subnucleare

Anno Accademico 2018-2019

Canale A-DE, Shahram Rahatlou

Massa Invariante e la risoluzione sperimentale

Il bosone di Higgs ha la massa $m_H = 125$ GeV e può decadere in due fotoni nello stato finale.

Ci poniamo nel centro di massa del bosone di Higgs. In questo caso per la conservazione del momento i due fotoni sono prodotti con lo stesso impulso e versi opposti. Gli angoli θ e ϕ del fotone possono assumere qualsiasi valore.

Per studiare il contributo della risoluzione dell'energia e dell'angolo alla risoluzione della massa invariante

$$m_{ij} = \sqrt{2E_i E_j (1 - \cos \theta)}$$

potete fare il seguente esercizio generando 100 decadimenti del bosone di Higgs

1. Calcolare il modulo dell'impulso p^* dei fotoni nel centro di massa come discusso a lezione.
 - I. Generare θ_1 con $\cos \theta_1$ estratto da una distribuzione uniforme nell'intervallo $[-1, 1]$;
 - II. generare ϕ_1 in maniera uniforme in $[0, 2\pi]$.
 - III. Assegnare al secondo fotone $\theta_2 = \pi - \theta_1$ e $\phi_2 = 2\pi - \phi_1$ e lo stesso impulso p^* .
 - IV. Calcolare la massa invariante m_{ij} tra tutte le coppie ij ($i, j=1, 2000$) tra i 2000 fotoni generati evitando il caso $i=j$
 - V. Fate un istogramma di m_{ij} con i limiti della massa tra 115 e 135 GeV.
 - VI. Potete anche fare due istogrammi distinti
 - I. coppie di fotoni che provengono dallo stesso Higgs
 - II. coppie di fotoni che appartengono a Higgs diversi.
 - VII. Dovreste vedere un delta di Dirac per le combinazioni giuste e una distribuzione allargata senza picchi per le combinazioni casuali.
2. Ripetere il punto precedente ma questa volta dopo aver calcolato l'impulso p^*_1 del primo fotone, estrarre l'impulso p^*_2 del secondo fotone da una distribuzione Gaussiana con $\mu = p^*_1$ e larghezza di 1%.
 1. Rifare i grafici e notare come al posto del delta di Dirac appare ora una Gaussiana per il segnale. Potete stimare la larghezza della

distribuzione facendo un fit. Che relazione trovate tra la larghezza della massa invariante e quella dell'impulso?

3. Ripetere il punto precedente ma questa volta dopo aver generato gli angoli θ_1 e ϕ_1 del primo fotone
 1. Estrarre θ_2 da una distribuzione Gaussiana avente $\mu = \pi - \theta_1$ e larghezza di 3%.
 2. Estrarre ϕ_2 da una distribuzione Gaussiana avente $\mu = 2\pi - \phi_1$ e larghezza di 3%
 3. Rifare i grafici come prima.
 4. Stimare la larghezza della distribuzione della massa invariante e vedere come si confronta con le risoluzioni sperimentali sull'angolo e sull'energia.

Per aumentare l'effetto potete assumere che il bosone di Higgs abbia un impulso di 10 GeV. Dopo avere generato gli impulsi dei due fotoni (in ciascuno dei 3 casi), fate il boost al sistema di riferimento di laboratorio prima di calcolare la massa invariante. Come si confronta la distribuzione in lab e nel centro di massa in ciascun caso?

Potete rendere l'esercizio ancora più realistico generando i fotoni del fondo separatamente dai fotoni provenienti dall'Higgs. Ad esempio dopo aver calcolato l'energia minima e massima dei fotoni nel riferimento di lab. generate l'impulso di 100 fotoni uniformemente in questo intervallo, e poi i loro angoli θ e ϕ . A questo punto fate la massa invariante combinando a caso tutti i fotoni, sia del fondo che dell'Higgs.