

- Le **larghezze** delle distribuzioni in energia di ionizzazione si riducono notevolmente quando si ripartiscono i dati secondo diversi intervalli f/s. Di conseguenza la **risoluzione energetica**, calcolata come il rapporto tra la larghezza della distribuzione e il suo valore medio, **migliora**.

- Nel caso infinito e, ad es., per il caso a 30 GeV, essa vale:

- Senza divisione in intervalli f/s: 5.90%
- Con divisione in intervalli f/s, in media: 3.40%.

Si ha cioè un **miglioramento della risoluzione** di circa il **40%**.

- Nel caso finito e sempre per il caso a 30 GeV, essa vale:

- Senza divisione in intervalli f/s: 6.93%
- Con divisione in intervalli f/s, in media: 4.01%.

Anche in questo caso, nonostante la risoluzione sia peggiore, essa migliora sempre del 40%.

## Misura dei rapporti f/s da Test Beam presso SPS, CERN

- Sono stati analizzati dati acquisiti durante due **Test Beam** realizzati ad agosto e settembre 2015 presso SPS, CERN. Sono stati inviati fasci di elettroni e pioni da 50 GeV su una batteria di cristalli di CsI(Tl) e BaF<sub>2</sub>. Il cristallo di cui sono stati analizzati i dati è l'ultimo della batteria a ricevere il fascio.

- Per il **fascio di elettroni** a 50 GeV l'istogramma dei valori f/s è riportato in fig. 3, mentre in fig. 4 è riportato quello per il **fascio di pioni**.

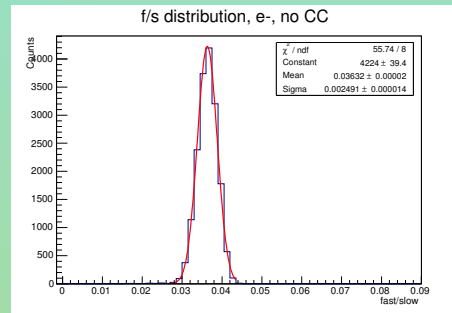


Figura 3

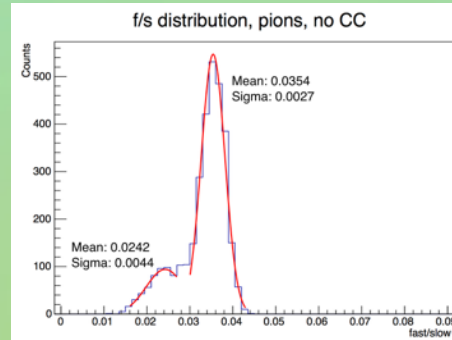


Figura 4

Il picco attribuibile ai pioni è quello a sinistra. Quello a destra è dato dagli elettroni prodotti nello sciame indotto dai pioni nel passaggio degli altri cristalli.

## Conclusioni

In questo lavoro è stato mostrato come la risoluzione energetica di un calorimetro di BaF<sub>2</sub> migliori del 40% circa quando si utilizzano i rapporti f/s per discriminare le componenti e.m. e adroniche di uno sciame.

Inoltre i risultati sperimentali, seppure frutto di un'analisi ancora in fase preliminare, danno indicazioni molto forti sulle possibilità di applicazione del metodo sviluppato.

## Ringraziamenti

Si ringraziano sentitamente il prof. S. Albergo e i dott. M. Bongi e G. Cappello per il supporto e la dedizione che hanno dimostrato nei confronti di questo lavoro.



UNIVERSITÀ degli STUDI di CATANIA  
DIPARTIMENTO di FISICA e ASTRONOMIA

Corso di Laurea Magistrale in Fisica

## *Studio di fattibilità di un calorimetro compensato di BaF<sub>2</sub> per futuri esperimenti di alta energia*

**Alessia Saggio**

Relatore:

Prof. **Sebastiano Albergo**

Correlatori:

Dott. **Massimo Bongi**

Dott. **Gigi Cappello**

Anno Accademico 2014/2015

## Introduzione

- Lo sviluppo delle **tecniche di rivelazione calorimetriche** è di fondamentale importanza nella fisica sperimentale delle particelle e delle astroparticelle. Esse consentono di ottenere precise misurazioni di caratteristiche chiave per la determinazione cinematica e l'identificazione di una particella.
- Il **BaF<sub>2</sub>** è uno scintillatore che presenta due componenti di emissione della luce di scintillazione: una **veloce** a circa 600 ps e una **lenta** a circa 600 ns. Il rapporto veloce/lento (**f/s**) è caratteristico del tipo di particella ed è quindi una **variabile discriminante**.
- Lo **scopo** di questa tesi è uno **studio di fattibilità di un calorimetro di BaF<sub>2</sub>** che utilizzi il rapporto f/s per il miglioramento della risoluzione energetica, da utilizzare sia per i grandi esperimenti a terra che per la fisica dei raggi cosmici. Questo studio è stato sviluppato nell'ambito del progetto R&D CaloCube, finanziato dall'INFN.

## Calorimetria e risoluzione energetica

- Calorimetri elettromagnetici:** la particella e.m. incidente innesca uno sciame e.m., composto da e+, e- e fotoni creati per bremsstrahlung e creazione di coppie. Sciame compatto e confinato.
- Calorimetri adronici:** l'adrone incidente innesca uno sciame adronico composto per 1/3 da componente e.m. Sciame più largo ed esteso.
- In un calorimetro l'efficienza di rivelazione sull'**energia ricostruita** è:

$$\langle E_{rec} \rangle = \langle f_{em} E \rangle \langle e \rangle + (1 - \langle f_{em} \rangle) E \langle h \rangle$$

Con *f<sub>em</sub>*: frazione di energia elettromagnetica;  
*e*, *h*: efficienze di rivelazione rispettivamente della componente elettromagnetica e adronica.

- Diverse risposte calorimetriche ad adroni ed elettroni causano grandi fluttuazioni sulla *f<sub>em</sub>* → peggioramento della risoluzione energetica nei calorimetri adronici.
- Calorimetro compensato:** si ha quando  $\langle e \rangle \approx \langle h \rangle$  ovvero quando le fluttuazioni sulla *f<sub>em</sub>* sono molto ridotte. Stimare la componente e.m. evento per evento significa diminuire le fluttuazioni sulla *f<sub>em</sub>* e di conseguenza sull'energia ricostruita → miglioramento della risoluzione energetica.
- La luce di scintillazione è data dalla perdita di energia per **ionizzazione**. In un calorimetro adronico, circa il 30-40% dell'energia iniziale viene spesa sotto forma di energia invisibile (ad es. neutrini o usata per la rottura dei nuclei), detta di **non ionizzazione**, che non è misurabile sperimentalmente, al contrario dell'energia di ionizzazione. Non è quindi misurabile sperimentalmente neanche l'**energia totale**, somma delle energie di ionizzazione e di non ionizzazione.

## Risultati simulazioni FLUKA

- Sono stati assegnati i seguenti rapporti:  
 $f/s = 25\%$  per **elettroni**;  
 $f/s = 13\%$  per **pioni carichi**;  
 $f/s = 9\%$  per **protoni**.
- Più elettroni si sviluppano nello sciame, ovvero più è **alto** il rapporto **f/s**, più **grande** è l'**energia di ionizzazione** (fig. 1).

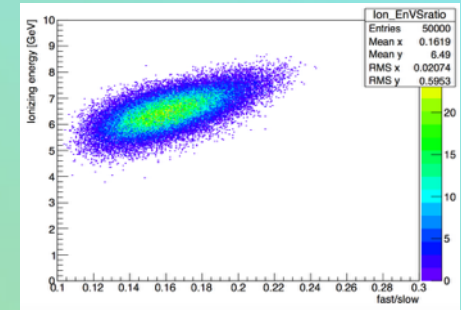
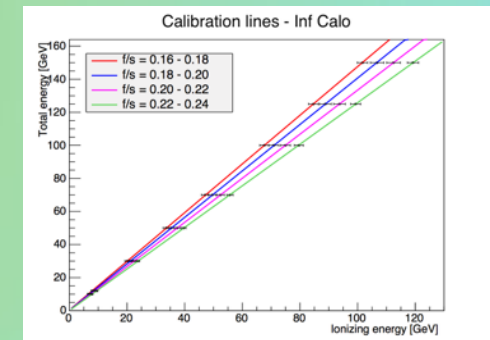


Figura 1

- Sono state eseguite otto simulazioni facendo incidere protoni su BaF<sub>2</sub> di energie 10, 12, 30, 50, 70, 100, 125 e 150 GeV e realizzate le rette di calibrazione **En. di ionizzazione - En. totale** dividendo i dati in **sottogruppi di diversi f/s**, essendo le coordinate di ogni punto date dai centroidi delle relative distribuzioni. Nel caso di calorimetro di 1000000 m<sup>3</sup> (**infinito**) si ottiene:



Nel caso **finito** (8 m<sup>3</sup>) si ottiene:

