

Titolo della tesi: **Studio della risoluzione energetica di un calorimetro isotropo a cristalli per rivelazione di raggi cosmici nello spazio**

Candidato: **Niccolò Daddi** (nicdaddi@gmail.com)

Relatore: **Dott. Massimo Bongi** (massimo.bongi@unifi.it)

Nel presente lavoro di tesi viene presentato un lavoro di simulazione Monte Carlo dedicato allo studio ed all'ottimizzazione delle prestazioni di un calorimetro per la misura diretta dei raggi cosmici di altissima energia: **CaloCube**. La peculiarità del design di CaloCube, vero punto di svolta rispetto al passato, è quella di essere un calorimetro isotropo, ossia progettato in modo tale garantire che la qualità delle misure non dipenda dalla direzione di arrivo delle particelle. In aggiunta a questo, per ottenere un'elevata capacità di discriminazione tra sciame adronici ed elettromagnetici, il rivelatore è stato pensato di forma cubica e strutturato come una griglia tridimensionale simmetrica di piccoli cristalli anch'essi cubici, realizzati con materiale scintillante. Per garantire una buona risoluzione energetica l'utilizzo di scintillatori inorganici è stato preferito rispetto a quello di scintillatori organici e plastici.

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è stato quello di ricercare un'opportuna ottimizzazione del calorimetro CaloCube da un punto di vista di scelta del materiale e di configurazione geometrica, al fine di raggiungere le prestazioni migliori in termini di risoluzione energetica. Per fare questo è stato eseguito un lavoro di simulazione (mediante il software FLUKA) volto a determinare le prestazioni nel caso di vari materiali attivi (CsI:Tl, BaF<sub>2</sub>, YAP:Yb, BGO e LYSO:Ce) e diverse configurazioni geometriche. Questo è stato effettuato studiando l'interazione di varie specie nucleari (protoni, nuclei di <sup>4</sup>He e nuclei di <sup>12</sup>C) con energia compresa nell'intervallo  $1\text{ TeV} - 1\text{ PeV}$ . Selezionando eventi che interagiscano nel materiale attivo e che siano caratterizzati da un sufficiente contenimento all'interno del calorimetro, la correlazione tra lo sviluppo longitudinale dello sciame ed il segnale totale permette di ricostruire la distribuzione dell'energia depositata, a partire dalla cui larghezza si ricava la risoluzione energetica.

Nonostante i vincoli legati ad un'applicazione di tipo spaziale limitino drasticamente la profondità di un rivelatore di questo tipo a circa  $2 - 3 \lambda_I$ , la risoluzione che è possibile ottenere, per i vari materiali presi in considerazione, risulta dell'ordine del  $20 - 40\%$  (per tutte le energie all'interno dell'intervallo analizzato). In particolare inoltre, i materiali caratterizzati da un valore di densità più elevato risultano da preferire. Un altro risultato a cui si è giunti è che, aumentando la distanza di separazione tra i cristalli, risulta possibile ottenere un'accettanza maggiore per il rivelatore a scapito tuttavia della sua risoluzione energetica. Infine, all'aumentare della massa della particella incidente, a parità di energia cinetica totale, come ci si aspetta la risoluzione energetica migliora.

Un lavoro ulteriore ha riguardato lo studio dell'effetto della risoluzione energetica sulla misura dello spettro dei protoni nell'intervallo di energia  $3\text{ TeV} - 10\text{ PeV}$ , in cui le misure sembrano indicare avvenga un cambio di pendenza denominato *ginocchio*. Fissata una particolare configurazione di riferimento per il calorimetro (CsI:Tl, profondità  $1.8 \lambda_I$ ) e selezionando gli eventi in modo tale da ottenere un determinato valore di accettanza ( $1\text{ m}^2\text{sr}$ ), l'effetto sulla misura dello spettro è stato confrontato con un secondo caso in cui una scelta diversa dei tagli ha permesso di ottenere un'accettanza tripla, anche se con una risoluzione energetica peggiore. In particolare, è stato simulato un flusso di protoni che prevedesse una variazione di pendenza ad un certo valore di energia (*cutoff*) e si è verificato che l'introduzione dell'effetto della risoluzione energetica del calorimetro nella misura dello spettro permettesse di ricostruire correttamente la posizione del *cutoff* e l'andamento con l'energia. Nel caso in cui tale variazione di pendenza si trovi in corrispondenza di  $1\text{ PeV}$  questo studio sembra indicare che uno strumento caratterizzato da un'accettanza maggiore risulta preferibile nonostante una risoluzione energetica peggiore.