

# Studio comparato di cristalli scintillatori per il progetto CaloCube

**Candidato:** Claudia Poggiali

**Relatore:** Dott.ssa Elena Vannuccini (vannuccini@fi.infn.it)

**Correlatore:** Prof. Massimo Bongi (massimo.bongi@fi.infn.it)

I raggi cosmici sono particelle di alta energia, composti prevalentemente da protoni, nuclei di elio e nuclei più pesanti completamente ionizzati. La loro origine è varia ed è tuttora oggetto di studio. Il loro spettro energetico si estende su più di 11 ordini di grandezza e il flusso decresce rapidamente all'aumentare dell'energia. Attualmente uno degli aspetti più considerati è lo studio del flusso e della composizione dei raggi cosmici con energia dell'ordine del PeV, dove si osserva una struttura nel flusso energetico probabilmente riconducibile all'inizio dell'estinzione della componente galattica. Tuttavia, a causa delle limitazioni statistiche, questa regione è stata investigata finora esclusivamente attraverso misure indirette, effettuate a terra con apparati estesi in grado di rivelare gli sciami prodotti in alta atmosfera dai raggi cosmici di energia elevata. Queste misure sono però fortemente limitate dalle incertezze sistematiche dei modelli di sviluppo degli sciami atmosferici e dalla complessità nell'identificare la particella che ha generato lo sciame.

Il progetto CaloCube nasce nell'ottica di effettuare misure del flusso di raggi cosmici a energie dell'ordine di  $\sim 10^{15}$  eV, mediante una concezione innovativa nello sviluppo dell'apparato. CaloCube è infatti un calorimetro omogeneo di forma cubica, geometria che permette di massimizzare l'accettanza rivelando particelle incidenti su 5 facce, costituito da cristalli scintillatori. Per capire quale sia il materiale scintillatore più adatto per tale applicazione è stato testato un set di vari cristalli scintillatori inorganici durante una prova su fascio effettuata nel febbraio 2015 presso l'acceleratore SPS del CERN. I cristalli scelti sono stati selezionati in base alle loro caratteristiche ottiche e calorimetriche.

In questo lavoro di tesi si è eseguito uno studio delle proprietà dei seguenti cristalli: CsI(Tl), LYSO, BGO, CsI(Na), LuAG, BaF<sub>2</sub>, YAP e YAG(Ce). Si è innanzitutto studiato il fattore di correzione temporale per i segnali in ogni cristallo, in quanto i segnali presentano un effetto di correlazione temporale dovuto al particolare funzionamento dell'elettronica di lettura. La correzione è risultata essere rilevante per gli scintillatori più lenti, cioè il CsI(Tl), CsI(Na), LuAG e il BaF<sub>2</sub>. Si è poi caratterizzato la risposta dei cristalli in funzione del numero atomico per ioni di alta energia (30 GeV/nucleone). L'andamento del segnale ottenuto è non lineare in  $Z^2$ . Questo risultato è noto in letteratura e ampiamente modellizzato mediante la legge di Birks, per scintillatori organici. Per le altre tipologie di scintillatori sono state proposte varie modifiche al modello di Birks, tra cui il modello di Tarlé per gli scintillatori inorganici. Questi modelli sono stati sviluppati soprattutto per basse energie, mentre sono pochi gli studi condotti con ioni di alta energia. L'andamento ottenuto è stato dunque interpolato con la legge di Tarlé, trovando che per i cristalli esaminati è adeguata solo per elementi con  $Z > 4$ . Tra tutti, il LYSO è risultato essere il cristallo in cui la saturazione inizia per numeri atomici più bassi, mentre il CsI(Tl) quello in cui inizia per  $Z$  più alti.