

## Caratterizzazione dei sensori di luce per gli scintillatori dell'esperimento CaloCube

Characterization of light sensors for scintillators in CaloCube experiment

**Candidato:** Andrea Tredici ([andrea.tredici@stud.unifi.it](mailto:andrea.tredici@stud.unifi.it))

**Relatore:** Prof. Oscar Adriani ([adriani@fi.infn.it](mailto:adriani@fi.infn.it))

Con il termine *Raggi Cosmici* si indicano le particelle energetiche che arrivano in prossimità della Terra dallo spazio, con energie che vanno dai  $10^8$  eV ai  $10^{20}$  eV, ed il cui flusso diminuisce rapidamente al crescere dell'energia. Si possono rivelare in maniera indiretta (ovvero campionando lo sciame che producono interagendo con l'atmosfera, ma in questo modo non si è in grado di risalire con precisione all'energia ed alla natura della particella originaria), oppure in maniera diretta, il che necessita di installare rivelatori su satelliti al di fuori dell'atmosfera. A causa dei limiti imposti dall'installazione su satellite, i rivelatori che è possibile progettare hanno delle dimensioni abbastanza contenute, che limitano le misure fino a circa  $10^{15}$  eV.

Nello spettro di energia dei Raggi Cosmici, il punto di passaggio dai sopra citati  $10^{15}$  eV ad energie superiori è detto *ginocchio*, ed è la regione di maggior interesse perché non esiste finora un modello fisico semplice in grado di riprodurre lo spettro dei Raggi Cosmici in quella zona: uno degli scopi dell'esperimento Gamma400, tramite l'utilizzo del rivelatore calorimetrico CaloCube oggetto di questa tesi, è proprio quello di arrivare a fare misure nella regione del ginocchio, permettendo quindi di studiare le sorgenti dei meccanismi di accelerazione dei Raggi Cosmici in tale regione.

Calocube è un calorimetro omogeneo, di forma cubica, composto da circa 8000 cristalli scintillanti di CsI(Tl), la cui luce di scintillazione viene letta da due diversi fotodiodi, uno di area grande (per i segnali più piccoli) e uno di area piccola (per i segnali più grandi). Il fotodiodo di grande area selezionato è il VTH2090 della Excelitas. Lo scopo di questa tesi è determinare quale sia il fotodiodo di area piccola ottimale (da scegliere tra il VTP3310LAH, il VTP9412H ed il VTP9812FH, anch'essi della Excelitas) da accoppiare al VTH2090 (con area di due ordini di grandezza superiore agli altri) sui cubetti di CsI(Tl) di CaloCube per coprire il più ampio range dinamico nelle misure dell'energia dei fotoni emessi dai cristalli a seguito dell'attraversamento dei Raggi Cosmici. Per simulare tali fotoni in laboratorio, si sono illuminati i quattro fotodiodi con un LED verde, il cui picco di emissione a  $525\div 530$  nm è molto vicino a quello del CsI(Tl), che è circa 550 nm.

La Excelitas, però, non fornisce tutti i parametri di cui si necessita per ottimizzare la scelta: mentre vengono indicate tutte le aree attive, le indicazioni sulla risposta spettrale dei fotodiodi sono carenti. Abbiamo quindi cercato di ottenere una stima di questo parametro in corrispondenza della lunghezza d'onda di emissione del CsI(Tl) in maniera empirica, o con interpolazioni sulle curve disponibili, o per confronto con altri prodotti con le stesse caratteristiche costruttive dei quali si è in possesso di maggiori informazioni. Le misure sperimentali di questa tesi sono quindi necessarie per una reale ottimizzazione della scelta del fotodiodo piccolo.

Il sistema di acquisizione a disposizione permette di ottenere un istogramma delle distribuzioni del numero degli eventi (prodotti come risposta del sistema agli impulsi di luce) registrati in funzione dell'energia. Per ottimizzare tali distribuzioni in modo che i loro centroidi cadano tutti nella scala dell'istogramma, il sistema utilizzato consente all'utente di variare manualmente un parametro chiamato *Gain* (guadagno).

Inizialmente, si è verificato che la variazione di tale guadagno non andasse a modificare significativamente la risposta lineare del sistema di acquisizione stesso.

Dopodiché, per ogni fotodiodo, si sono acquisiti eventi per 5 valori differenti di durata dell'impulso del segnale di luce, corrispondenti a 5 diversi valori di energia iniettata nel fotodiodo. Tramite un fit lineare basato sul criterio del minimo di  $\chi^2$ , si è ottenuto il valore della pendenza  $m$  della retta dei centroidi normalizzati col guadagno in funzione della durata dell'impulso.

E' stato calcolato che, per ottenere il range di energie richiesto per gli scopi di CaloCube (da 0.5 MIP fino a  $0.5 \cdot 10^7$  MIP), il rapporto tra i segnali (le  $m$  introdotte precedentemente) misurati dai due fotodiodi accoppiati sui cubetti deve essere almeno dell'ordine di 100.

Effettuando le misure sopra indicate, per ognuna delle tre coppie di fotodiodi in esame abbiamo dunque ottenuto una stima realistica dei rapporti dei segnali, la quale tiene conto sia delle aree dei fotodiodi che della loro risposta spettrale. Da queste misure abbiamo ricavato che il maggior rapporto è prodotto dalla coppia formata dal VTH2090 e dal VTP9812FH, per i quali abbiamo ottenuto il valore  $195\pm 9$ ; per la coppia VTH2090-VTP3310LAH abbiamo ricavato  $134\pm 2$  ed infine per la coppia VTH2090-VTP9412H  $66.6\pm 0.5$ .