

CANDIDATO: Guglielmo Baccani

TITOLO TESI: Costruzione e calibrazione del tracciatore di raggi cosmici MIMA per applicazioni inerenti la radiografia muonica e prime misure

RELATORE: Prof. Lorenzo Bonechi (lorenzo.bonechi@unifi.it)

CORRELATORE: Prof. Raffaello D'Alessandro (raffaello.dalessandro@unifi.it)

I raggi cosmici sono particelle altamente energetiche provenienti dallo spazio. Entrando nell'atmosfera producono una serie di particelle secondarie che decadono e interagiscono a loro volta con la materia. Le particelle più numerose al livello del suolo sono i muoni, particelle cariche con una vita media "lunga" ($2.2 \mu\text{s}$) in grado di attraversare spessori anche di centinaia di metri di roccia, rilasciando energia nella materia tramite vari processi.

I muoni più energetici generati dai raggi cosmici sono utilizzati con successo per effettuare radiografie di grandi strutture come piramidi e vulcani. L'esperimento MURAVES ha come obiettivo la realizzazione di un telescopio di muoni con un'area di 4 m^2 per studiare le cavità interne della sommità del Vesuvio grazie ad una tecnica di radiografia simile a quella a raggi X.

Dalla ricerca e dallo sviluppo di tale progetto nasce il tracciatore di muoni MIMA realizzato in questo lavoro di tesi. Esso è un rivelatore compatto, relativamente leggero e con un basso consumo di potenza che si adatta perfettamente all'utilizzo nell'ambito dell'archeologia. Attualmente è composto da quattro piani traccianti che abbiamo costruito utilizzando delle barre di scintillatore a sezione triangolare la cui luce, prodotta dal passaggio dei raggi cosmici, è rivelata da dei dispositivi SiPM opportunamente caratterizzati. Tali rivelatori sono letti da un'elettronica di *front-end* che amplifica e discrimina i segnali che sono quindi digitalizzati e memorizzati. Ogni piano tracciante è stato caratterizzato e calibrato partendo dalle distribuzioni dei segnali ottenuti per ogni barra. È stato utilizzato un metodo di baricentro per determinare la coordinata di passaggio dei muoni con una risoluzione migliore del passo di lettura. Stabilita la configurazione dei piani per la misura finale e completato l'assemblaggio ho determinato la risoluzione angolare $\sigma_\theta = (14.9 \pm 0.7) \text{ mrad}$ e il fattore geometrico del rivelatore $G = (0.1035 \pm 0.0012) \text{ m}^2\text{sr}$.

Il metodo della radiografia muonica si basa sul confronto di due misure: una con un oggetto di densità diversa dal mezzo in cui si trova posto nell'accettanza geometrica del rivelatore e una senza. Questa differenza di densità produce una variazione del numero di tracce di muoni provenienti dalla direzione in cui si trova l'oggetto che permette di ricostruire le immagini di assorbimento. Grazie alla focalizzazione di tali immagini è poi possibile determinare la distanza degli oggetti osservati. Date le dimensioni non trascurabili del rivelatore (nel caso di MIMA) rispetto agli oggetti osservati, è infatti possibile applicare un metodo di stereoscopia simile a quello della visione binoculare dell'uomo.

Ho effettuato delle misure preliminari con un tracciatore ausiliario che mi hanno permesso di verificare la validità degli algoritmi da me applicati alla radiografia muonica. Con queste misure, con cui ho sviluppato parte del *software* di analisi, ho rivelato la presenza dei blocchi di piombo posti in prossimità del rivelatore e, utilizzando un programma di rappresentazione grafica, sono riuscito ad elaborare una mappa tridimensionale del volume indagato con dentro i blocchi.

Con MIMA ho realizzato una misura di radiografia muonica il cui obiettivo è quello di osservare il segnale di assorbimento di muoni dovuto ad alcuni elementi architettonici dell'edificio dell'INFN di Firenze posizionando il rivelatore nel piano sotterraneo. Confrontandosi con le misure effettuate a cielo libero, dopo una presa dati totale di cinque giorni, si ottengono le mappe di assorbimento dei muoni che evidenziano la presenza del solaio e delle colonne del porticato.

Per il futuro è prevista la realizzazione di un'ulteriore coppia di piani traccianti grazie alla quale sarà possibile escludere le coincidenze casuali dovute al passaggio di due particelle diverse. Con questo *upgrade* si potrà determinare in maniera diretta l'efficienza di rivelazione di ogni piano che è stata misurata essere almeno pari al $(97.2 \pm 0.7)\%$. Inoltre si ridurrà il contributo di rumore realizzando una coincidenza tra almeno tre piani traccianti. Ciò permetterà diminuire la soglia di discriminazione aumentando l'efficienza di rivelazione.

Ho evidenziato come per il 6% dei muoni rivelati dal tracciatore la deviazione dovuta al *multiple scattering* nei piani del rivelatore sia maggiore della risoluzione angolare del sistema. Per ottimizzare la ricostruzione delle tracce sarà necessario alzare la soglia sull'energia dei muoni rilevabili.