

La radiografia muonica di strutture sotterranee con un odoscopio: studio della fattibilità e primi sviluppi

Candidato: Lorenzo Viliani

Relatore: Dott. Lorenzo Bonechi (lorenzo.bonechi@fi.infn.it)

Correlatore: Prof. Raffaello D'Alessandro (candi@fi.infn.it)

In questa tesi viene discusso il progetto di fattibilità di un odoscopio segmentato formato da scintillatori, per la rivelazione di muoni presenti nei raggi cosmici secondari.

Il lavoro si è incentrato nello studio della tecnica della radiografia muonica, che si basa sull'osservazione dell'assorbimento dei muoni nella materia e viene utilizzata per rivelare variazioni di densità all'interno di strutture geologiche, come possono essere i vulcani.

In particolare è stata presa in considerazione una diversa applicazione, che prevede l'utilizzo della radiografia muonica nei campi geologico e archeologico, per mettere in evidenza la presenza di eventuali strutture nel sottosuolo.

Nella parte introduttiva vengono illustrati i principali aspetti dei raggi cosmici, trattando in particolare i flussi dei raggi cosmici secondari e i processi fisici alla base dell'interazione dei muoni con la materia.

In seguito viene esposta la tecnica della radiografia muonica, discutendone il funzionamento, le caratteristiche e i principali campi di applicazione, facendo riferimento ad alcuni esperimenti, in particolar modo all'esperimento *MU-RAY*, che applica questa tecnica allo studio del vulcano Vesuvio.

Viene poi descritto il progetto dell'odoscopio e gli aspetti più importanti ad esso connessi, quali geometria e materiale del rivelatore, sistema di lettura dei segnali e tempi di acquisizione dei dati, mettendo in evidenza le principali analogie e differenze con il rivelatore utilizzato nell'esperimento *MU-RAY*.

Per la verifica della fattibilità di questa applicazione sono state effettuate varie simulazioni utilizzando il software di simulazione Geant4. Una parte consistente di questo lavoro è basata sull'analisi dei dati ottenuti dalle simulazioni per la ricostruzione di immagini bidimensionali che mostrano il diverso assorbimento dei muoni nella materia dovuto alla presenza, nel campo di vista del rivelatore, di un oggetto con una densità diversa rispetto al mezzo circostante. I risultati ottenuti dimostrano l'effettiva possibilità di impiego della radiografia muonica in questo tipo di applicazioni, con tempi di acquisizione dei dati dell'ordine del mese.

La parte successiva si è incentrata sullo studio di un metodo innovativo per la determinazione della posizione e delle dimensioni dell'oggetto, che potesse sostituire la classica triangolazione. Per ottenere questo è stato ideato e dimostrato analiticamente un metodo originale che si basa sulla retroproiezione delle tracce dei muoni misurate dall'odoscopio su superfici piane e sferiche. I risultati ottenuti hanno mostrato le potenzialità e i limiti di questo metodo alternativo, mediante il quale, in opportune condizioni, si è effettivamente in grado di determinare posizione e dimensioni dell'oggetto in analisi.

Nell'ultima parte della tesi viene discussa la realizzazione pratica dei primi elementi che compongono l'odoscopio. L'elemento di base è una barra di scintillatore organico a sezione triangolare e i fotorivelatori utilizzati, accoppiati otticamente ad un'estremità della barra, sono fotomoltiplicatori al silicio (SiPM). Vengono quindi analizzati il funzionamento e le principali caratteristiche dei SiPM, che sono stati caratterizzati da un punto di vista statico e dinamico. Infine sono state effettuate alcune misure per determinare l'efficienza degli scintillatori e del sistema di lettura dei segnali adottato, confrontando alcune tipologie di rivestimento dello scintillatore. I risultati mostrano che il metodo di rivestimento più opportuno fra quelli utilizzati consiste in un sottile film di Mylar metallizzato altamente riflettente, ricoperto a sua volta con nastro adesivo nero per realizzare la condizione di buio all'interno dello scintillatore.