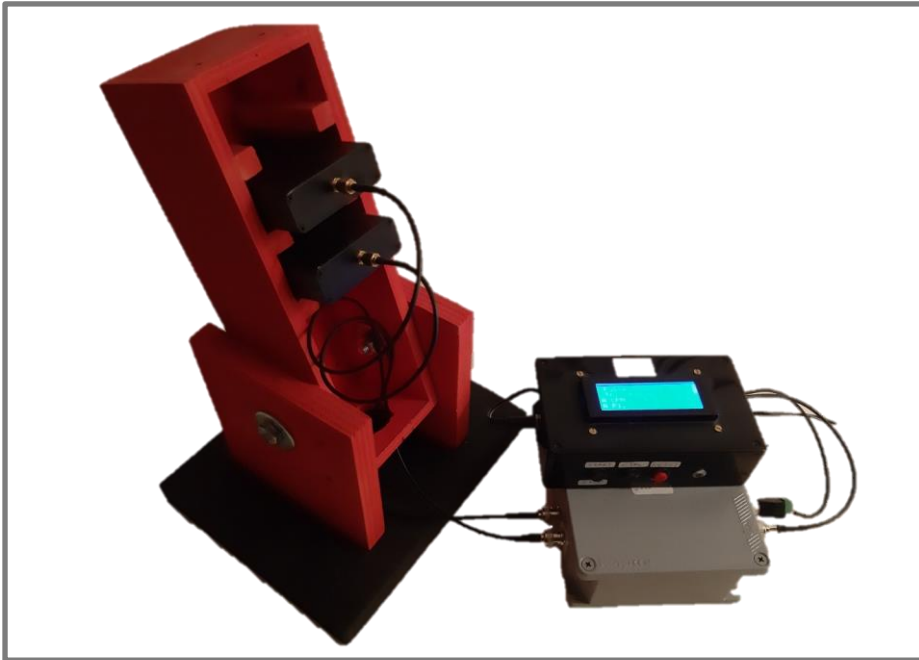


PhysicsOpenLab

Modern DIY Physics Laboratory for Science Enthusiasts

Rilevazione dei Raggi cosmici



La Storia

La “data di nascita” dei raggi cosmici può essere collocata agli inizi del novecento quando grazie agli studi, indipendenti e contemporanei, dell'austriaco **Franz Hess** e del fisico italiano **Domenico Pacini**, è stata capita l'origine extraterrestre di questa forma di radiazione. Gli studi sono proseguiti ad opera soprattutto di **Millikan**, **Compton** e del fisico italiano **Bruno Rossi**. Attorno agli anni 40 anche **Enrico Fermi** dette il suo contributo proponendo un possibile meccanismo di accelerazione dei raggi cosmici. Gli studi proseguono tuttora grazie alla strumentazione posta su satelliti e ad osservatori dedicati in particolare a raggi cosmici ad alta energia

Scopo dell'Esperimento

L'esperimento ha lo scopo di effettuare rilevazioni e misurazioni sul flusso dei raggi cosmici che giungono sulla superficie terrestre. L'apparecchiatura è basata su di una coppia di **scintillatori plastici** accoppiati a **fotomoltiplicatori al silicio (SiPM)**. La rilevazione è basata sulla **tecnica della coincidenza** degli impulsi.

Fondamenti

I raggi cosmici sono particelle elettricamente cariche costituite principalmente da protoni (circa per il 90%), nuclei di elio (circa 9%) e il rimanente 1% da tutti gli altri nuclei atomici della tavola periodica, elettroni e le rispettive anti-particelle.

Cosa succede quando un raggio cosmico entra nell'atmosfera terrestre?

Quando un raggio cosmico primario, molto probabilmente si tratta di un protone, entra nell'atmosfera terrestre subisce una “collisione” con i nuclei dei gas presenti nell'aria. Questa interazione è simile in tutto e per tutto a quelle che avvengono nei più potenti acceleratori di particelle costruiti dall'uomo, come LHC al CERN. Con i raggi

cosmici si possono però avere interazioni ad energie anche più elevate.

Il risultato di questi urti è la produzione di un gran numero di altre particelle (mesoni), principalmente pioni.

Il primario non viene distrutto in questa interazione ma continua a muoversi verso il suolo, anche se con energia ridotta e subisce nuove successive analoghe interazioni.

I mesoni invece, a loro volta, possono decadere o interagire anche essi con un nucleo di un gas. Le particelle elettromagnetiche (elettroni, positroni e fotoni) ed i **muoni** sono prodotti essenzialmente nel decadimento dei pioni. I pioni neutri decadono immediatamente in due fotoni e producono dei sotto-sciami puramente elettromagnetici, i pioni carichi sono invece i maggiori responsabili della produzione dei **muoni**.

L'insieme di questi complessi processi genera i cosiddetti "Sciame Atmosferici Estesi", in pratica viene prodotta una pioggia di particelle (i cosiddetti **raggi cosmici secondari**) che arriva al suolo contenuta in un disco con uno spessore di pochi metri.

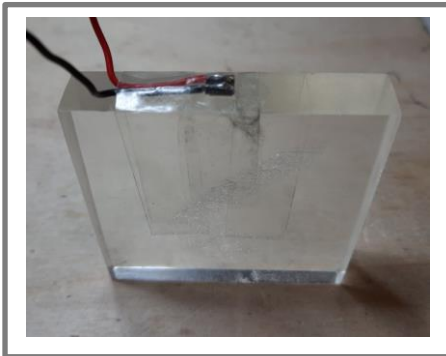
Dal punto di vista sperimentale la componente secondaria carica dei raggi cosmici viene generalmente separata in:

- componente 'dura', costituita da **muoni** con $E > 200\text{MeV}$
- componente 'soft', principalmente composta da elettroni e positroni

La parte maggioritaria delle particelle che arrivano al suolo è quindi costituita dai **muoni**.

Apparati

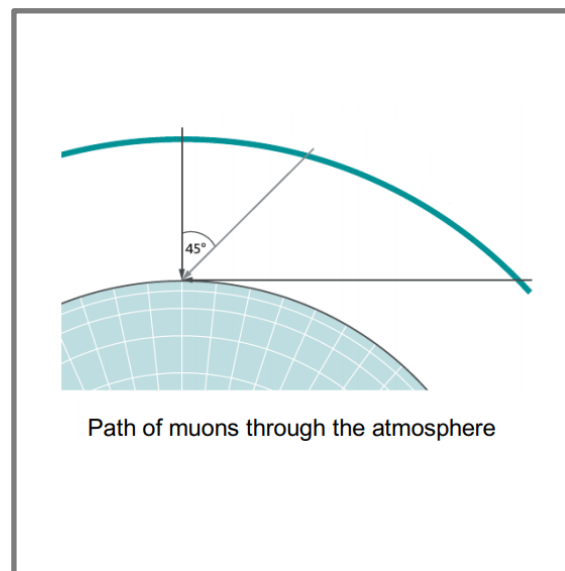
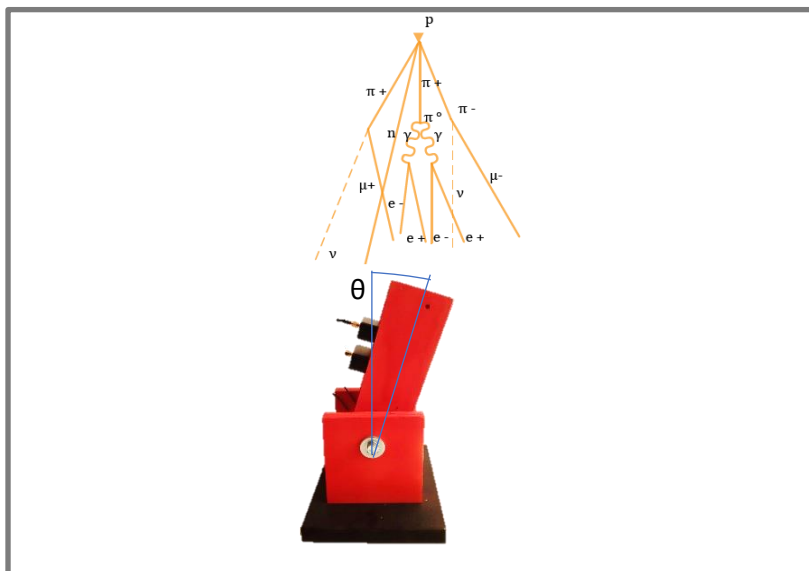
- 2 rilevatori a scintillazione con SiPM
- Power supply e Front-End per i SiPM
- Pulse e Coincidence Counter



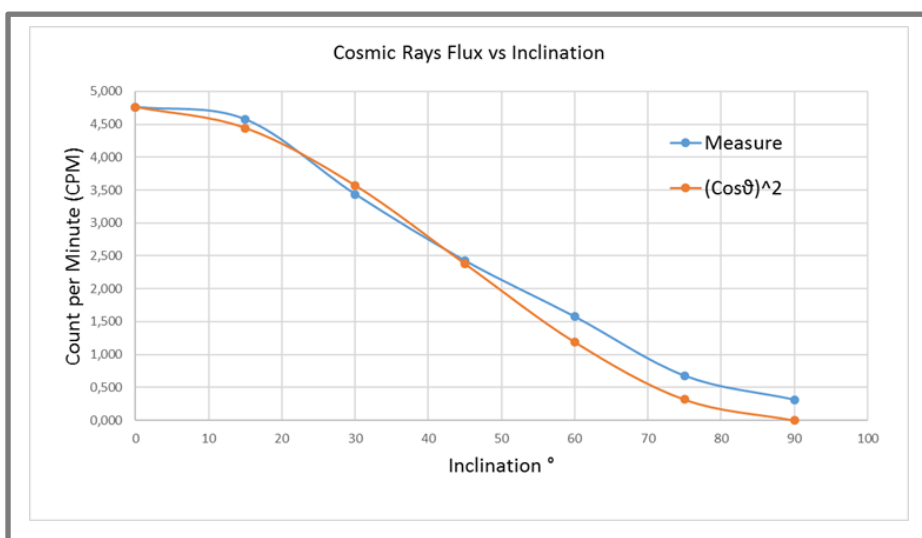
Esperimento

Distanziando i due scintillatori viene in pratica selezionato un angolo solido di provenienza dei raggi cosmici: maggiore è la distanza tra i due scintillatori e minore sarà l'ampiezza dell'angolo solido di "accettazione" e di conseguenza minore sarà anche il numero di eventi registrati dall'apparato. L'esperimento consiste principalmente nella misurazione del numero di **eventi di coincidenza** ottenuti dal "telescopio" in funzione dell'angolo rispetto alla verticale.

Il flusso dei raggi cosmici dipende fortemente dalla angolazione rispetto alla verticale perché, all'aumentare della angolazione, aumenta anche la lunghezza del percorso dei muoni attraverso l'atmosfera e di conseguenza aumenta la probabilità che questi vengano assorbiti.



Risultati



La misura viene effettuata inclinando il telescopio progressivamente da 0° a 90°, a step di 10°. La lettura del dato viene fatta quando la misura in **CPM** (counts per minute) è sufficientemente stabile, questo può richiedere molti minuti per ogni misura. La curva che si ottiene dovrebbe approssimarsi ad una legge del tipo $\cos^2\theta$

Idee & Approfondimenti

Gli esperimenti che si possono fare con il telescopio per muoni, oltre alla misura del flusso in funzione della inclinazione, sono molteplici; ne riportiamo alcuni come esempio:

- Dimostrazione dell'effetto Est – Ovest
- Posizionando gli scintillatori sul medesimo piano e a distanze crescenti si può dimostrare l'esistenza delle cascate di particelle
- Effettuando la misura a differenti altitudini, a partire dal livello del mare e arrivando a fare la misura in alta montagna, si dimostra come il flusso – a causa dell'assorbimento dei gas atmosferici - aumenti all'aumentare dell'altitudine