

International Cosmic Day 2019 - Perugia

Maria Longobardi (longobardi.maria.02@majoranaorvieto.org)

Guglielmo Puri (puri.guglielmo.01@majoranaorvieto.org)

Liceo Scientifico Ettore Majorana - Orvieto

Abstract

Sono stati raccolti e analizzati i conteggi di muoni provenienti da raggi cosmici in funzione della inclinazione con lo zenit. È stato utilizzato un telescopio basato su scintillatori e fotorecettori a stato solido. I dati raccolti sono compatibili con il modello teorico di tipo $1/\cos^2\theta = \text{cost}$, ma sono state riscontrate rilevanti interferenze con conteggi spuri.

I raggi cosmici

Che cosa sono? Da dove vengono? Che direzione hanno? Che relazione c'è tra l'intensità e la direzione? cosa possiamo misurarne?

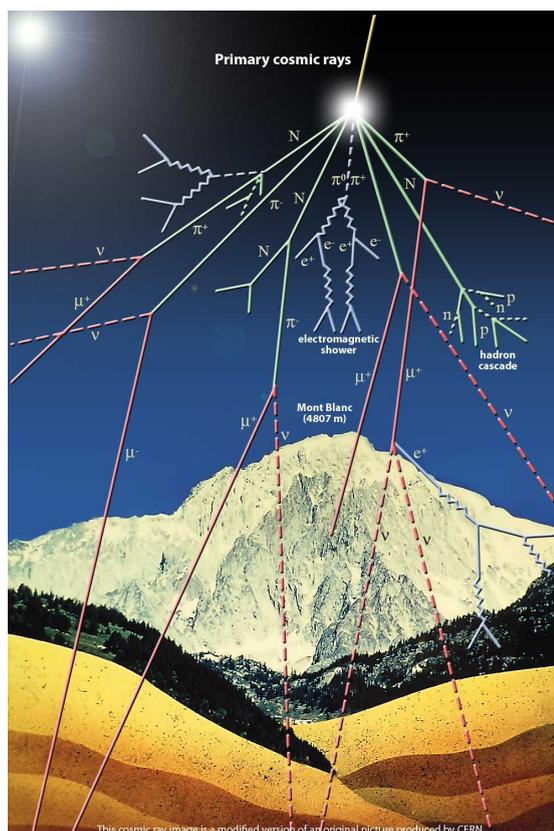
Queste sono solo alcune delle numerose domande affrontate a Perugia per l'International Cosmic Day (ICD). L'origine di queste particelle probabilmente può trovarsi nelle esplosioni di supernove, o nella presenza di nuclei galattici attivi. Le particelle a contatto con l'atmosfera, formano sciami di particelle ionizzanti.

Per le misure dei raggi cosmici si lavora sui dati trasmessi dagli shuttle quali l'AMS (Alpha Magnetic Spectrometer) in orbita e in continua acquisizione dati, oppure a terra, come ad esempio il Pierre Auger in Argentina ideato per raggi cosmici aventi una energia molto elevata. Ma come possiamo misurarli?

Descrizione teorica esperienza

Dobbiamo cercare un materiale che interagisca: questo è lo scintillatore che, attraversato da particelle ionizzanti, emette una luminescenza. Questa può essere inviata ad un fotomoltiplicatore che moltiplica i fotoni.

I fotorecettori (CCD) riconoscono e misurano la luce emessa e perciò segnalano il passaggio delle particelle. Un rivelatore a scintillazione è dunque composto da scintillatore, da fotomoltiplicatore a cui segue l'emissione di fotoni e da fotorecettore, attualmente fabbricato in silicio e non più con dei tubi a vuoto (fototubi) che, oltre a fornirci indicazioni più specifiche, è di dimensioni notevolmente inferiori e quindi più maneggevole. In realtà nel nostro apparato non era presente il fotomoltiplicatore. Una particella ionizzante tende a dissipare energia quando attraversa la materia. I muoni essendo altamente penetranti sono le uniche particelle che riescono ad attraversare l'atmosfera. E' proprio questa



caratteristica a permetterci di tracciare il passaggio dei raggi cosmici.

Per rilevare l'effettivo passaggio dei raggi cosmici è importante adoperare più di un rivelatore disponendoli su più piani in modo da formare un telescopio.

La coincidenza tra due o più rivelatori ci indica il passaggio di una particella ionizzante e ci permette di distinguerla dal rumore. Immaginando che la particella abbia una velocità uguale a quella della luce, è possibile ricavare la differenza di tempo con il quale i due segnali vengono rilevati dai fotorecettori. Potremmo ad esempio avere due scintillatori con una distanza in rispettiva di 30 cm. Se la particella viaggia alla velocità della luce impiegherà circa 1 ns per generare un segnale dal primo al secondo fotorecettore.

Descrizione pratica esperienza

Dopo aver assistito ad un'introduzione circa l'argomento ed aver visto lo strumento che avremmo utilizzato, ci è stata lanciata una sfida: studiare il cambiamento dell'intensità dei muoni in funzione dell'angolo di incidenza rispetto allo zenit.

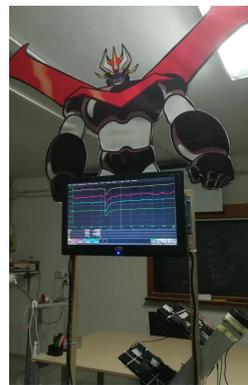
Siamo stati suddivisi in gruppi per svolgere le misurazioni. Ogni gruppo è stato incaricato di scegliere degli angoli e delle durate di misurazione, in modo da effettuare dei test in più direzioni.

Una volta allineato il telescopio nella direzione giusta, con l'aiuto di un'app goniometro su uno smartphone, bisognava attendere che i quattro fotorecettori registrassero il passaggio di un muone, prestando però attenzione alle possibili interferenze che i recettori avrebbero potuto rilevare durante la misurazione.



I dati di ogni gruppo ci sono stati condivisi, per fare un'analisi grafica.

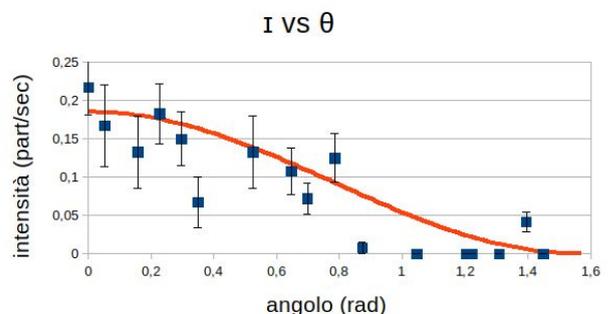
Abbiamo iniziato così a mettere in relazione i vari risultati, partendo da ciò che conoscevamo, per arrivare a verificare l'andamento dell'intensità in funzione dell'angolo rispetto alla previsione teorica che vede una legge di tipo $\cos^2\theta$ ⁽¹⁾.



Per prima cosa abbiamo calcolato l'intensità sperimentale dei raggi cosmici rilevati dal telescopio facendo il rapporto tra il numero degli eventi segnati dalla macchina (N) e il tempo di acquisizione dei dati (Δt).

$$I = N/\Delta t$$

L'intensità dei muoni doveva però essere messa in relazione con la direzione nella quale erano stati misurati. Il passo

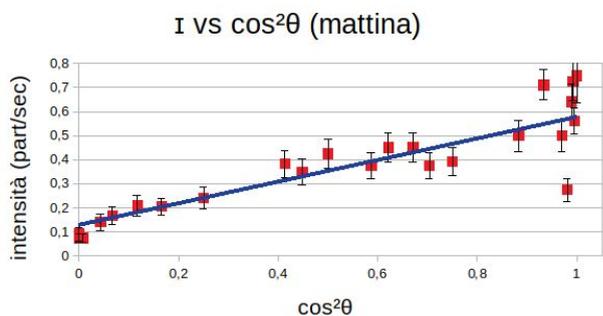
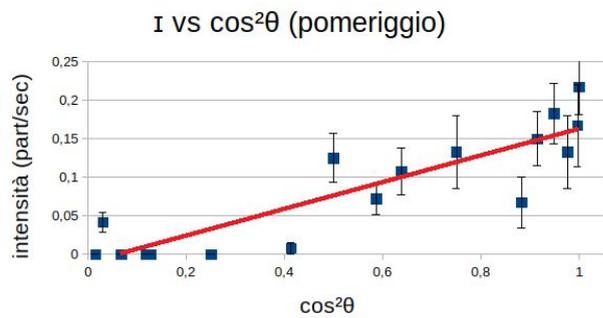


seguito è stato quindi quello di creare un grafico intensità direzione.

Si può osservare come gli eventi siano compatibili con l'andamento di $\cos^2\theta$, infatti presentano una maggiore intensità massima in direzione dello zenit, che andrà poi ad affievolirsi sempre di più arrivando perpendicolarmente ad esso. Abbiamo aggiunto delle barre di errore pari alla radice quadrata del numero degli eventi, in quanto abbiamo immaginato che questi eventi seguano una statistica di tipo poissoniano (eventi rari).

Abbiamo poi creato un grafico ponendo in relazione l'intensità ed il \cos^2 dell'angolo con lo zenit per verificare se fossero direttamente proporzionali.

Se la tesi si fosse dimostrata vera i dati sperimentali ricavati, con i dovuti errori, avrebbero mostrato il loro risiedere nell'intorno di una retta avente coefficiente angolare pari all'intensità zero.



Conclusioni

Partendo dunque dall'inclinazione del telescopio, dal numero degli eventi, e dall'intervallo di tempo, siamo riusciti a visualizzare graficamente l'andamento dell'intensità dei muoni.

Come è ben visibile dal confronto tra i grafici, le differenti misurazioni eseguite in tempi alle volte insufficienti, hanno provocato degli errori molto evidenti.

L'analisi dei due grafici finali I vs $\cos^2\theta$ mostra come i dati del pomeriggio siano fortemente influenzati da rumore, dovuto probabilmente al laboratorio, diverso da quello utilizzato la mattina.

Nella prima parte della giornata ci sono state meno interferenze e mostrano un discreto accordo con il modello lineare $I/\cos^2\theta = \text{cost}$. La giornata a Perugia è stata profondamente stimolante. Una grande opportunità per affrontare argomenti non compresi nel programma scolastico, e senza dubbio interessanti. L'ambiente universitario ci è stato presentato in maniera professionale e accogliente. Trovarsi a contatto in prima persona con laboratori e macchinari ha senz'altro contribuito alla ottima riuscita dell'ICD.

(1) <http://bit.ly/angolare>