

RAGGI COSMICI E MUONI

Cesarano Rossella, Sorrentino Christian, Di Martino Alessandro

3A/D Liceo Scientifico Ernesto Pascal, Pompei (NA), Italia

Rossella.cesarano08@liceopascalpompei.edu.it

Christian.sorrentino@liceopascalpompei.edu.it

Alessandro.dimartino@liceopascalpompei.edu.it

L'argomento si concentra principalmente sullo studio dei raggi cosmici e dei muoni. I muoni sono particelle generate dai raggi cosmici nell'atmosfera e raggiungono la terra grazie alla dilatazione temporale relativistica. Il loro studio è utile in fisica e per applicazioni come la muografia. Per argomentare ciò abbiamo adottato come strumenti motori di ricerca ed un'applicazione, "*Cosmic Ray Live*", che monitorava le misure dei muoni stessi simulando ciò che proiettava il telescopio di raggi cosmici (*Rays Cube*).

Introduzione

Il problema scientifico nasce dallo studio dell'interazione dei raggi cosmici con l'atmosfera terrestre e la generazione di muoni.

I raggi cosmici sono particelle subatomiche ad alta energia provenienti dallo spazio, possono essere protoni, nuclei di elio (particelle alfa) o nuclei più complessi, e quando entrano nell'atmosfera terrestre, interagiscono con le particelle nell'atmosfera, causando una cascata di particelle secondarie.

Tra queste particelle secondarie c'è il muone, una particella elementare simile all'elettrone ma con una massa circa 200 volte maggiore. Il muone è instabile e decadrà in altre particelle dopo un certo tempo, ma grazie alla sua vita media (circa 2,2 microsecondi), può viaggiare abbastanza lontano nell'atmosfera prima di decadere. Questo lo rende un tracciante utile per studiare le interazioni dei raggi cosmici. L'INFN, attraverso il progetto OCRA (*Outreach Cosmic Ray Activities*), promuove l'educazione e la divulgazione scientifica nel campo della fisica dei raggi cosmici e dei muoni.

Le attività comprendono la progettazione di rivelatori portatili, come il *Cosmic Rays Cube*, che permettono di visualizzare e studiare il passaggio dei muoni prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera terrestre. Questi strumenti sono utilizzati in eventi pubblici e didattici per avvicinare studenti e appassionati alla fisica delle particelle.

Metodo di ricerca

Durante la Giornata Cosmica Internazionale (*International Cosmic Day*), studenti e ricercatori di tutto il mondo si dedicano allo studio dei raggi cosmici, particelle ad alta energia provenienti dallo spazio.

I telescopi per la rivelazione dei muoni sono strumenti progettati per studiare queste particelle secondarie, generate quando i raggi cosmici ad alta energia interagiscono con l'atmosfera terrestre. Il loro funzionamento si basa sull'utilizzo di **scintillatori plastici**, materiali che emettono luce quando attraversati da particelle cariche come i muoni.

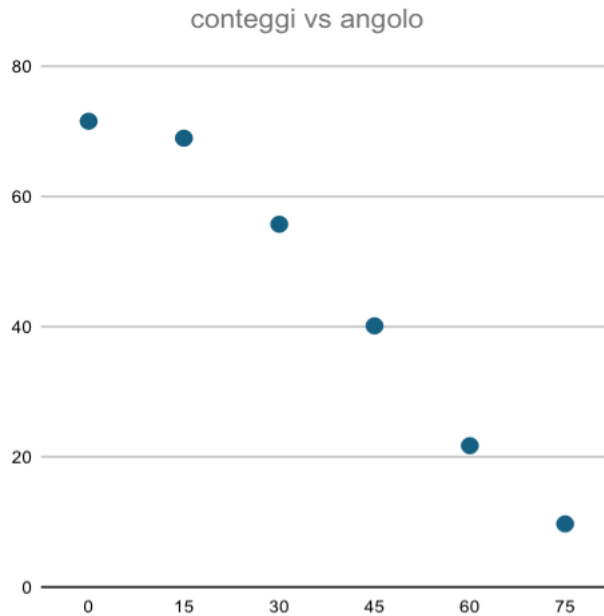
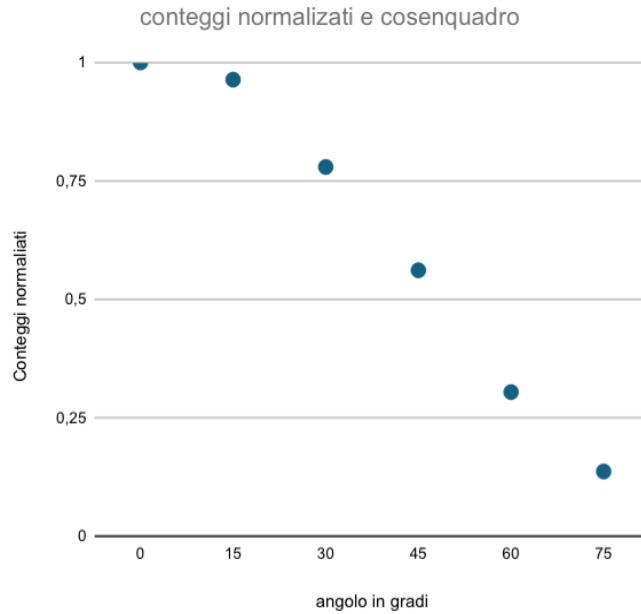
La luce prodotta viene poi amplificata dai **tubi fotomoltiplicatori (PMT)**, che trasformano il segnale luminoso in un impulso elettrico. Per distinguere i segnali

effettivi dai rumori di fondo, il telescopio utilizza **discriminatori di soglia**, circuiti elettronici che filtrano gli impulsi selezionando solo quelli che superano un certo valore. Inoltre, per confermare la presenza di un muone, il sistema si avvale della **tecnica della coincidenza**, disponendo di almeno due scintillatori sovrapposti: se entrambi vengono attraversati contemporaneamente da una particella, il segnale viene registrato come evento valido. I dati raccolti vengono digitalizzati e analizzati per studiare la distribuzione angolare e l'intensità del flusso di muoni, verificando così la loro dipendenza dall'angolo di inclinazione del rivelatore secondo la funzione $\cos^2(\theta)$. Un altro strumento utilizzato per l'osservazione dei muoni è il **Cosmic Ray Cube**, un rivelatore compatto progettato sia per scopi educativi che per ricerche scientifiche. La sua struttura modulare comprende diversi strati di scintillatori plastici accoppiati a rivelatori al silicio o tubi fotomoltiplicatori, che trasformano la luce emessa dagli scintillatori in segnali elettrici. Anche in questo caso, il principio della coincidenza viene sfruttato per garantire che il segnale rilevato sia effettivamente prodotto da un muone. Il *Cosmic Ray Cube* è particolarmente utile per esperimenti di misurazione del flusso di muoni in ambienti diversi, permettendo di confrontare i dati raccolti in spazi aperti con quelli ottenuti all'interno di edifici o sottoterra, dove il numero di muoni tende a diminuire a causa dell'assorbimento da parte dei materiali sovrastanti. Sia i telescopi per muoni che il *Cosmic Ray Cube* giocano un ruolo fondamentale nello studio dei raggi cosmici, contribuendo alla comprensione dei fenomeni fisici che regolano il flusso di queste particelle sulla Terra. Durante la lezione della giornata cosmica internazionale ci è stato mostrato come i telescopi misurano i muoni. Per selezionare quali impulsi analogici devono essere trasformati in digitali (binari o esadecimali), vengono utilizzati circuiti chiamati **discriminatori**. La misurazione dei muoni è stata effettuata tramite l'app “*cosmic rays live*” con il telescopio che partiva da un'inclinazione di 0° fino a raggiungere i 75°. Ogni giorno abbiamo contato il numero di muoni rilevati in un minuto cinque volte e anche l'errore. È importante notare che il numero di muoni è diminuito costantemente durante questo periodo poiché il percorso più breve verso la superficie terrestre è una linea retta e quindi dà meno tempo ai muoni per decadere. Abbiamo anche confrontato il grafico delle nostre misurazioni con l'andamento di \cos^2 dall'angolo di inclinazione del telescopio.

Risultati

angolo	dati 1	dati 2	dati 3	dati 4	dati 5	media	rms
0°	69	71	71	72	75	71,60	1,96
15°	70	65	60	79	71	69,00	6,36
30°	49	54	63	54	59	55,80	4,79
45°	36	39	44	33	49	40,20	5,71
60°	17	20	18	25	29	21,80	4,53
75°	10	10	11	9	9	9,80	0,75

Angolo	Media	Errore	Errore angolo	Angolo	Valori normalizzati	Errore	Angolo	Cosenquadro
0°	71,6	2,0	3	0	1	0,0274	0	1
15°	69,0	6,4	3	15	0,9637	0,0888	15	0,93301270
30°	55,8	4,8	3	30	0,7793	0,0669	30	0,75
45°	40,2	5,7	3	45	0,5615	0,0797	45	0,5
60°	21,8	4,5	3	60	0,3045	0,0633	60	0,25
75	9,8	0,7	3	75	0,1369	0,0105	75	0,06698729



Conclusione

Lo studio dei muoni è fondamentale per diverse aree della fisica, dalla ricerca sulla radiazione cosmica alla fisica delle particelle e alle applicazioni pratiche come la muografia. Analizzando il flusso di muoni che raggiunge la superficie terrestre, possiamo ottenere informazioni preziose sui raggi cosmici primari e sui meccanismi di interazione con l'atmosfera. Questo aiuta a comprendere meglio i processi astrofisici che avvengono nello spazio profondo, come le esplosioni di supernova e l'attività delle galassie attive. Infine, lo studio dei muoni ha un'importante valenza educativa, poiché permette agli studenti di avvicinarsi alla fisica moderna attraverso esperimenti concreti, come la rivelazione dei raggi cosmici e l'analisi dei dati raccolti con strumenti come i telescopi per muoni e il *Cosmic Ray Cube*.