

RAGGI COSMICI E MUONI: Misure e applicazioni tecnologiche

Elena Acanfora III A SCIENTIFICO¹, Benedetta Amitrano III D SCIENTIFICO²,
Alessandra Amoruso III A SCIENTIFICO³

Liceo Ernesto Pascal, Pompei (NA)

elena.acanfora@liceopascalpompei.edu.it¹

benedetta.amitrano@liceopascalpompei.edu.it²

alessandra.amoruso08@liceopascalpompei.edu.it³

1. Estratto

I raggi cosmici sono particelle provenienti dallo spazio che investono continuamente la Terra e hanno svolto un ruolo

fondamentale nella scoperta delle particelle elementari. Questo studio si concentra sulla rilevazione dei muoni, particelle prodotte dai raggi cosmici secondari, e sulle loro proprietà fisiche, inclusa la dilatazione temporale relativistica. Durante l'International Cosmic Day (ICD), abbiamo effettuato misurazioni con il rivelatore CRC per analizzare la distribuzione angolare dei muoni. I dati raccolti mostrano che il flusso massimo si osserva per particelle che incidono perpendicolarmente sulla superficie terrestre. Inoltre, esploriamo le applicazioni tecnologiche della muografia e della tomografia muonica, con implicazioni in archeologia, geofisica e sicurezza.

Parole chiave: raggi cosmici, muoni, dilatazione temporale, rivelatori, muografia, ICD

2. Introduzione

I raggi cosmici sono stati tra le prime fonti di particelle elementari studiate, aprendo la strada alla fisica subatomica. Si ritiene che la loro origine sia legata a eventi astrofisici estremi, come le esplosioni di supernove. La loro energia è spesso superiore a quella ottenibile con gli acceleratori di particelle, rendendoli strumenti fondamentali per lo studio della fisica delle alte energie.

La ricerca sui raggi cosmici viene condotta con diverse metodologie: nello spazio, sulla Terra e nei laboratori sotterranei. In particolare, i muoni, particelle cariche instabili generate nell'alta atmosfera, permettono di

verificare effetti relativistici e trovano applicazioni in diversi campi tecnologici.

Il nostro lavoro si inserisce nell'ambito dell'International Cosmic Day (ICD), un evento di divulgazione scientifica che coinvolge laboratori e scuole a livello internazionale. Dopo una sessione plenaria introduttiva, abbiamo acquisito dati utilizzando il rivelatore CRC e analizzato il flusso angolare dei muoni, confrontando i risultati con le previsioni teoriche.

3. Metodi di ricerca

3.1 Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati abbiamo utilizzato il rivelatore **Cosmic Ray Cube (CRC)**, un dispositivo portatile basato su:

- **Scintillatori plastici**, che emettono luce quando attraversati da particelle cariche.
- **Fotomoltiplicatori al silicio (SiPM)**, che convertono la luce in segnali elettrici.
- **Elettronica di acquisizione**, che registra il passaggio delle particelle.

Il CRC è costituito da quattro moduli cubici, con scintillatori disposti ortogonalmente per identificare la direzione di arrivo delle particelle.

3.2 Procedura di analisi

1. **Raccolta dati**: le misure sono state effettuate durante l'ICD, registrando il flusso di muoni a diverse angolazioni rispetto allo zenith.
2. **Elaborazione dati**: i dati sono stati analizzati con il software *Cosmic Rays Live*, che calcola il flusso e la distribuzione angolare dei muoni.
3. **Verifica della dilatazione temporale**: il confronto tra il flusso misurato e quello atteso ha permesso di verificare gli effetti della Relatività Ristretta.

4. Risultati

L'analisi ha mostrato che il flusso di muoni è massimo per particelle che incidono perpendicolarmente sulla superficie terrestre e diminuisce per angoli maggiori. Questo è in accordo con le previsioni teoriche:

- I muoni si formano nell'alta atmosfera e viaggiano quasi alla velocità della luce.
- A causa della dilatazione temporale relativistica, la loro vita media si allunga nel sistema di riferimento terrestre, permettendo a un numero significativo di muoni di raggiungere il suolo.
- Circa il 60% dei muoni generati riesce a superare i 10 km di atmosfera, confermando i modelli relativistici.

4.1 Confronto con le aspettative

I risultati ottenuti sono in linea con gli studi precedenti e confermano che la distribuzione angolare dei muoni segue un andamento $\cos^2(\theta)$, dove θ è l'angolo rispetto allo zenith. Questo andamento deriva dalla geometria dell'interazione dei raggi cosmici con l'atmosfera e dalla probabilità di sopravvivenza dei muoni in base alla loro traiettoria.



5. Conclusioni e osservazioni finali

Questo studio ha confermato sperimentalmente l'effetto della dilatazione temporale relativistica, verificando che i muoni riescono a raggiungere la superficie terrestre in quantità superiore a quanto previsto senza relatività.

Il nostro lavoro ha inoltre messo in luce l'importanza dei rivelatori portatili, come il CRC, per lo studio dei raggi cosmici in ambienti educativi e di ricerca.

Oltre all'interesse scientifico, lo studio dei muoni ha numerose applicazioni tecnologiche, tra cui:

- **Muografia:** utilizzo dei muoni per esplorare l'interno di strutture naturali e artificiali, come vulcani e piramidi.
- **Tomografia muonica:** impiegata per il controllo di container e materiali densi nelle dogane.

Le prospettive future prevedono il miglioramento dei rivelatori e l'estensione delle misure a condizioni ambientali differenti, per affinare la comprensione della distribuzione angolare dei muoni e della loro interazione con la materia.



6. Riferimenti

[1] INFN-OCRA, <https://web.infn.it/OCRA/>