

Cosmic Box Contest 2025



Liceo Scientifico «G. Banzi Bazoli» - Lecce



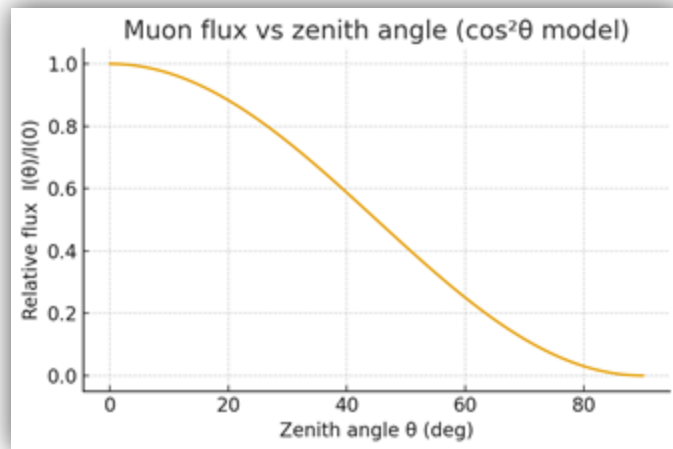
I nostri obiettivi

- Studiare l'andamento del rate in funzione dell'angolo assunto dal rivelatore rispetto alla verticale (angolo di zenit);
- Provare a verificare sperimentalmente l'effetto “**Est-Ovest**” scoperto da Bruno Rossi;
- Studiare l'assorbimento del flusso delle particelle cariche secondarie da parte della materia attraversata.

Flusso di muoni in funzione dell'angolo di zenit

- L'angolo di zenit θ indica quanto il fascio è inclinato rispetto alla verticale:
 - $\theta = 0^\circ \rightarrow$ muoni verticali
 - $\theta \rightarrow 90^\circ \rightarrow$ muoni quasi orizzontali

- Più un muone è inclinato \rightarrow più atmosfera attraversa \rightarrow maggiore è la probabilità di decadimento o assorbimento \rightarrow il flusso diminuisce



- Al livello del mare, per angoli non troppo grandi (circa $0-60^\circ$), il flusso può essere descritto in prima approssimazione da:

$$I(\theta) = I(0) \cos^n \theta, \text{ con } n = 2 \text{ (muoni)}$$

- Vicino all'orizzonte l'andamento reale si discosta dalla semplice legge $\cos^n \theta$, ma resta molto più basso che in verticale.

Rate della cosmic box inclinabile vs angolo di zenit

- Il flusso angolare $I(\theta)$ indica quanti muoni arrivano per unità di area, tempo e angolo solido \rightarrow Il rate $R(\theta)$ è il numero di conteggi al secondo registrati dal rivelatore.
- Con una Cosmic Box inclinabile, in ogni misura si orienta il rivelatore in modo che la sua normale sia allineata con la direzione che si vuole studiare (angolo di zenit θ). In questo modo l'area efficace è semplicemente A
- In queste condizioni, il rate misurato è:

$$R(\theta) = I(\theta) \times A \times \Delta\Omega \times \varepsilon$$

- Quindi

$$I(\theta)/I(0) = R(\theta)/R(0) \Rightarrow R(\theta) = R(0) \cos^n \theta, \text{ con } n = 2 \text{ (muoni)}$$

Schema dell'esperimento con cosmic box inclinabile

Obiettivo

Misurare come varia il flusso (o il rate) dei muoni cosmici in funzione dell'angolo di zenit θ , usando una cosmic box che può essere inclinata.

Setup sperimentale

- Rivelatore a scintillatore: Cosmic Box
- Supporto inclinabile, con goniometro per misurare l'angolo di zenit θ .
- Installazione all'aperto, per evitare l'assorbimento dei muoni da parte di strutture adiacenti.

Procedimento di misura

1. Scegliamo alcuni valori dell'angolo di zenit (ad esempio: 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90°).
2. Per ogni angolo, inclino la Cosmic Box in modo che la sua normale sia allineata con la direzione corrispondente a θ .
3. Fisso un tempo di acquisizione $T(\theta)$ in modo di avere circa lo stesso numero di eventi per ogni angolo

$$T(\theta) = T(0)/\cos^2(\theta)$$

1. Registro il numero di conteggi $N(\theta)$ per ogni posizione.
2. Calcolo il rate: $R(\theta) = N(\theta) / T(\theta)$

Effetto Est-Ovest

Descrizione:

Asimmetria nel flusso di raggi cosmici secondari (muoni): alle medie latitudini arrivano **più particelle da Ovest che da Est**.

Origine fisica:

I raggi cosmici primari sono per lo più **protoni** (carica positiva). Nel **campo geomagnetico**, le particelle cariche subiscono la forza di Lorentz

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

La combinazione tra **direzione di B** e **segno della carica** fa sì che molte particelle positive provenienti da Est vengano deviate e non raggiungano l'atmosfera

Tempo di esposizione

$N_E \rightarrow$ particelle da est, $N_W \rightarrow$ particelle da ovest (eventi poissoniani) $\rightarrow \sigma_E = \sqrt{N_E}$, $\sigma_W = \sqrt{N_W}$

$$\Delta N = N_E - N_W, \quad N = N_E + N_W \rightarrow \sigma_{\Delta N} = \sqrt{N_E + N_W} = \sqrt{N}$$

$S = \Delta N / \sigma_{\Delta N} \rightarrow$ di quante deviazioni standard ΔN scarta dallo zero. Assumiamo che se

- $S < 3 \rightarrow$ lo scarto è una fluttuazione statistica
- $S \geq 3 \rightarrow$ lo scarto origine di origine fisica (**effetto est-ovest**)

$P = \Delta N / N \rightarrow$ variazione percentuale $\rightarrow S = P\sqrt{N} \rightarrow \mathbf{N = (S/P)^2}$

$$N = RT \rightarrow T = \frac{S^2}{P^2 R_0 \cos^2 \theta}$$

$T \rightarrow$ tempo di esposizione, $\theta \rightarrow$ angolo di zenit, $R_0 \rightarrow$ rate verticale

Cosmic Box $\rightarrow R_0 \approx 0.5 \text{ Hz}$, assumiamo $S = 3$, $\theta = 45^\circ$, $p = 5\%$, troviamo **T = 4h**

Assorbimento dovuto all'edificio scolastico

Obiettivo dell'esperimento

- Stimare la **lunghezza di attenuazione** λ dei muoni cosmici nel calcestruzzo dell'edificio
- Confrontare il **rate di muoni** misurato con la Cosmic Box a diversi spessori di solaio sopra il rivelatore.

Legge di attenuazione esponenziale

Assumiamo che il flusso (o rate) di muoni che attraversa uno spessore x di calcestruzzo segua:

$$I(x) = I_0 e^{-x/\lambda}$$

Dove I_0 è il flusso senza schermo di calcestruzzo. Prendendo il logaritmo:

$$\ln I(x) = \ln I_0 - \frac{x}{\lambda}$$

→ci aspettiamo una **retta** in un grafico $\ln I$ vs x con pendenza $-1/\lambda$.

Assorbimento dovuto all'edificio scolastico

Progettazione della misura

- Posizionare la Cosmic Box e prendere misure: sul terrazzo, secondo piano, primo piano, piano terra, seminterrato
- Per ogni posizione:
 - misurare il **numero di conteggi** N_i in un tempo di acquisizione T uguale per tutte le posizioni (2-3h),
 - Misurare la pressione (per un'eventuale correzione barometrica del rate)

Si cercherà di collocare la CB in posizioni non dissimili da un piano all'altro in modo da ridurre variazioni dovute alle differenze della struttura circostante. Inoltre si prenderanno le misure nella stessa parte della giornata