

Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

Trieste, 4 e 6 novembre 2019

Misura del flusso di raggi cosmici

Cecilia Pizzolotto



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Trieste

Metodo scientifico

- IL METODO SCIENTIFICO -



1. OSSERVARE IL FENOMENO



2. FORMULARE DOMANDE



3. FORMULARE IPOTESI



4. FARE GLI ESPERIMENTI



5. REGISTRARE E ANALIZZARE I DATI



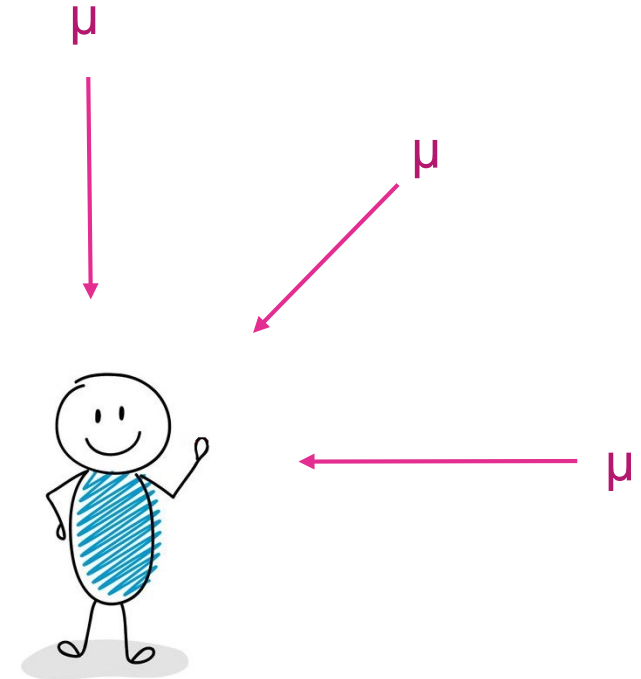
6. TRARRE UNA CONCLUSIONE

Misura della dipendenza angolare

Il *flusso di muoni*

(numero di muoni per unità di tempo e unità di superficie) a livello del mare è

$$\frac{1 \text{ muone}}{\text{cm}^2 \text{ s}}$$



Il flusso di muoni varia in funzione della direzione di arrivo?

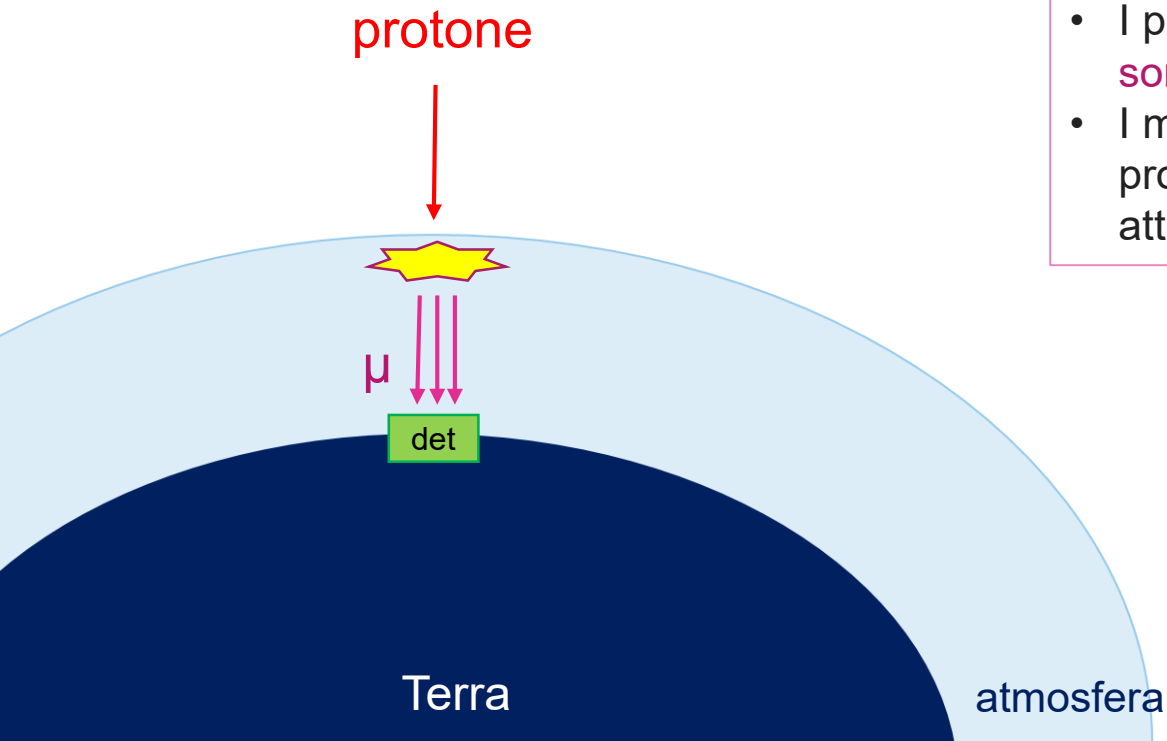


Dipendenza angolare: formulare ipotesi



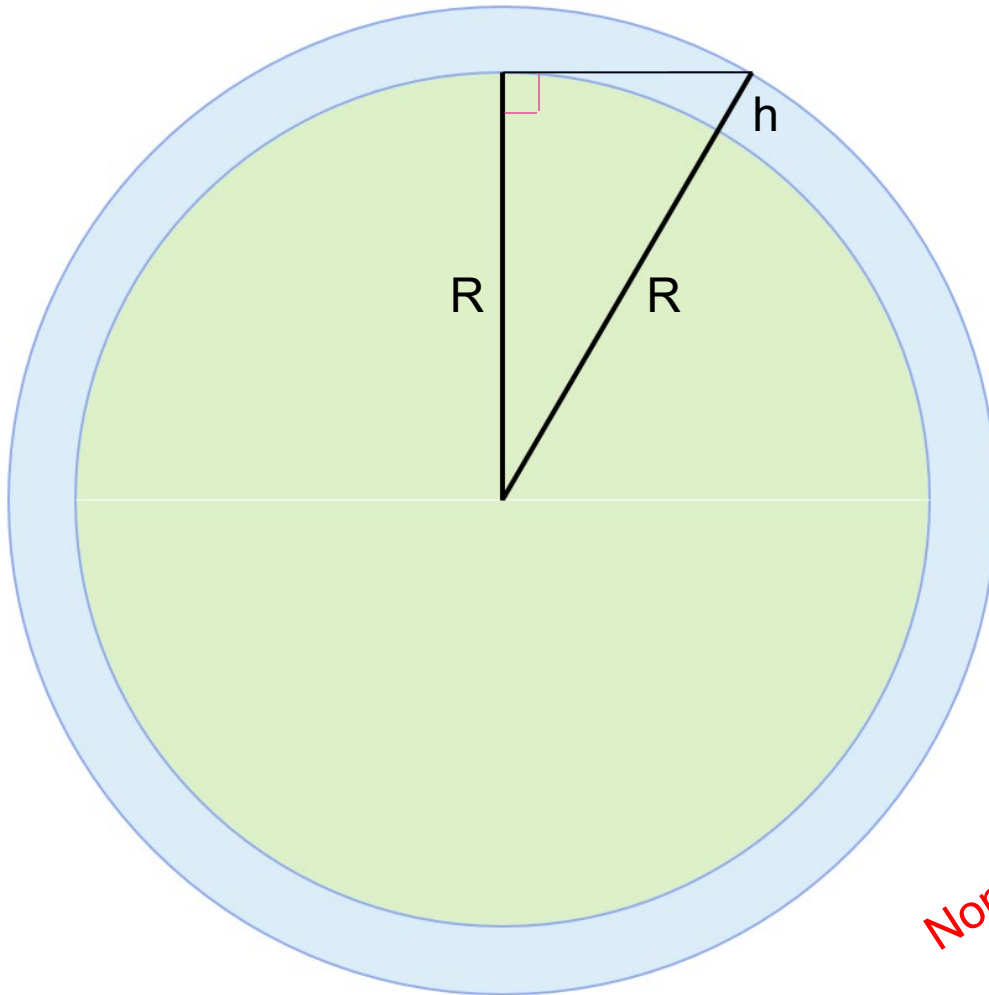
Per aiutarci nel formulare delle ipotesi è lecito fare delle **approssimazioni**.

Cosa ci aspettiamo per un muone che arriva con una direzione diversa?



- i raggi cosmici primari: 90% protoni
- I protoni dallo spazio esterno arrivano allo stesso modo da tutte le direzioni
- Interagiscono **immediatamente** appena raggiungono il bordo esterno dell'atmosfera terrestre
- I prodotti finali di interazione che misuriamo **sono quasi tutti muoni**
- I muoni vanno tutti nella stessa direzione del protone iniziale **e non cambiano direzione** attraversando l'atmosfera

Quanta atmosfera attraversano?



Muone verticale:

Viaggia una distanza h

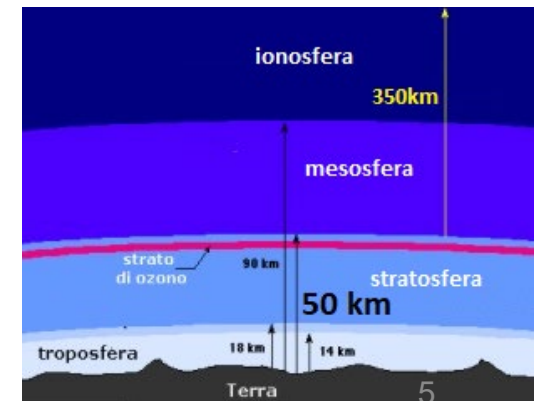
Muone orizzontale viaggia una
distanza molto più lunga

$\approx 16 \cdot h$

h = altezza dell'atmosfera 50 km

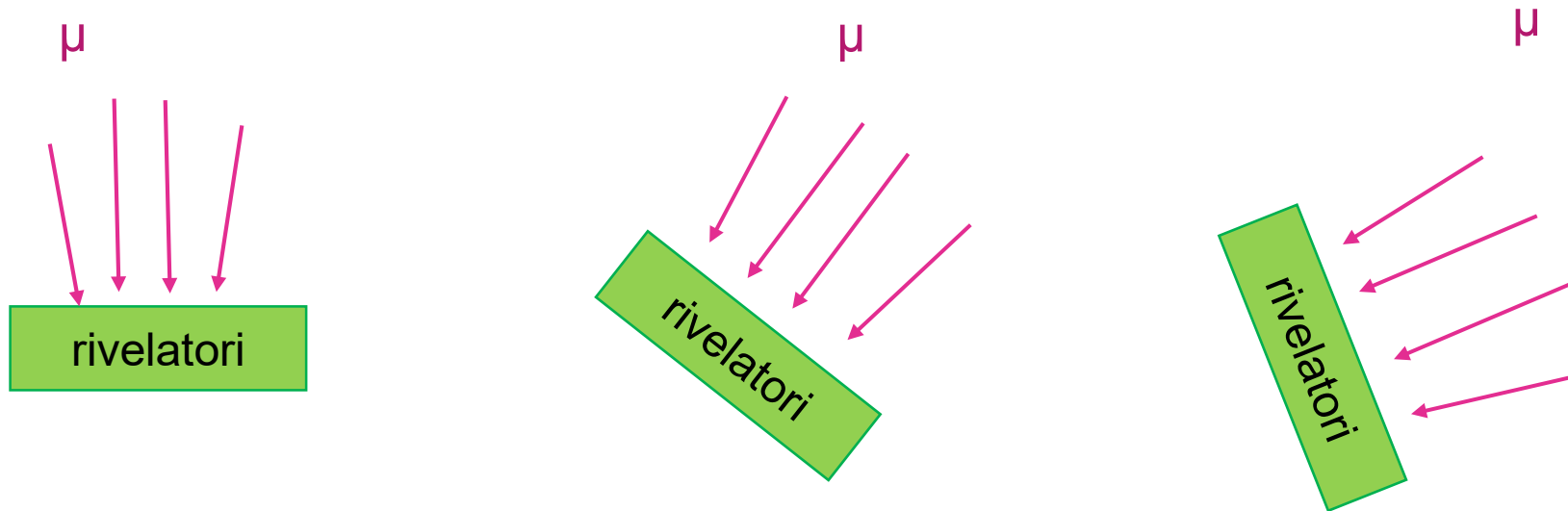
R = raggio della terra 6371 km

Non è in scala!!!

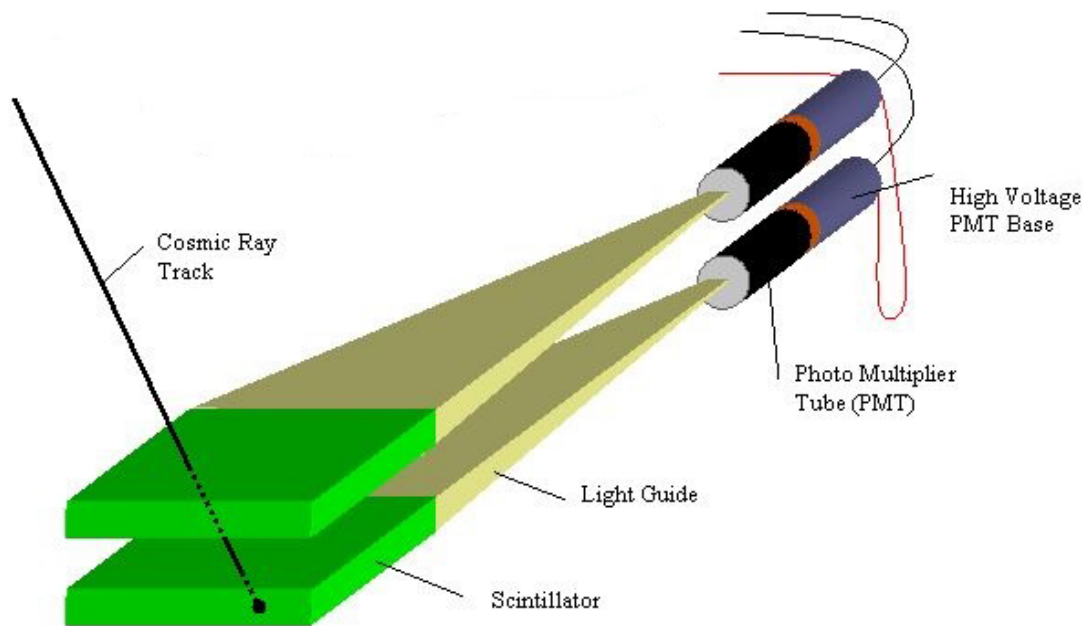


Misura della dipendenza angolare

Apparato con degli scintillatori che ci permette di misurare l'intensità del flusso in funzione dell'angolo

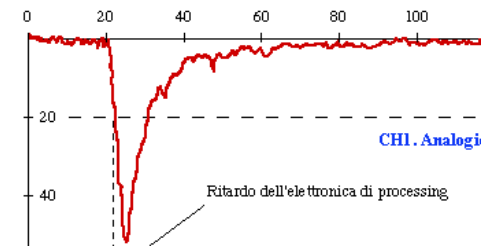


Strumentazione: Telescopio di scintillatori



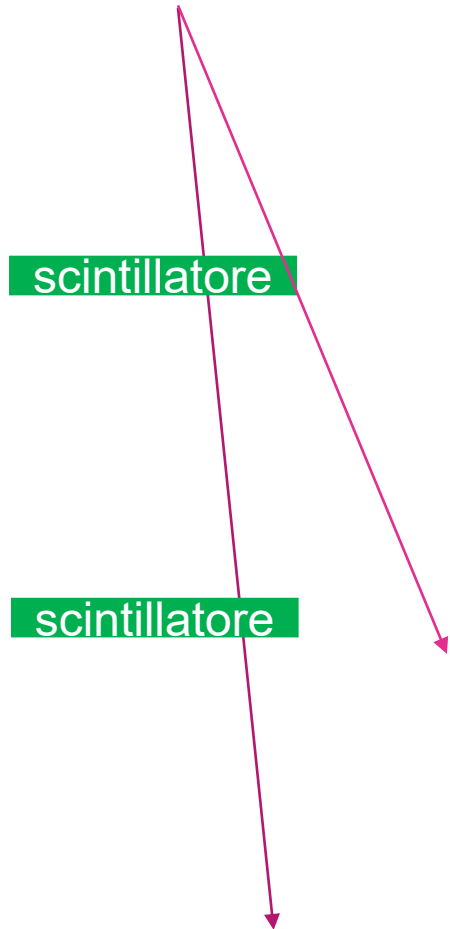
Scintillatore: materiale che emette luce quando attraversato da una particella carica

Fotomoltiplicatore:
Strumento che converte la luce in un segnale elettrico



E' passato un muone! 😊

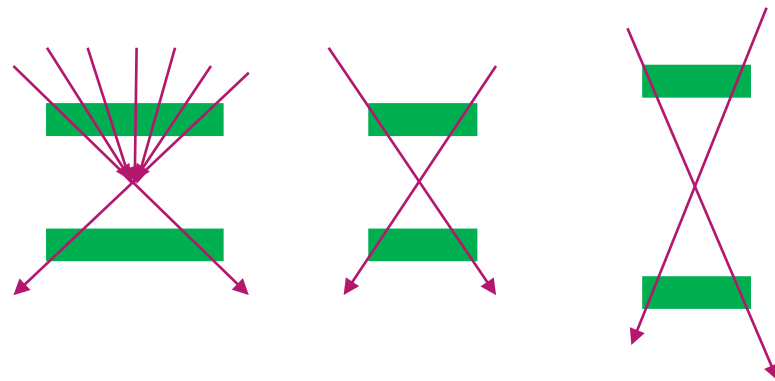
Come misurare la dipendenza angolare?



Mettiamo in **'coincidenza'** due scintillatori
Cioè chiediamo che ci sia un segnale **contemporaneamente** entrambi i rivelatori

Un muone va circa alla velocità della luce.
Quanto tempo impiega a percorrere la distanza tra gli scintillatori (circa 30 cm)?

Più piccoli e più distanti tra loro sono i rivelatori, maggiormente sarà definito l'angolo di provenienza dei muoni



Accettanza di un rivelatore: porzione di angolo solido entro il quale sono visti (accettati) gli eventi. E' una proprietà geometrica

Apparato sperimentale

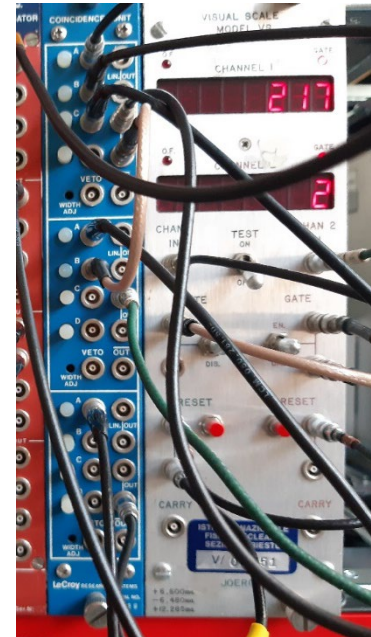
Tre rivelatori posizionati su un supporto che può ruotare

Area attiva
14x11 cm²



Distanza 30 cm

10x10 cm²

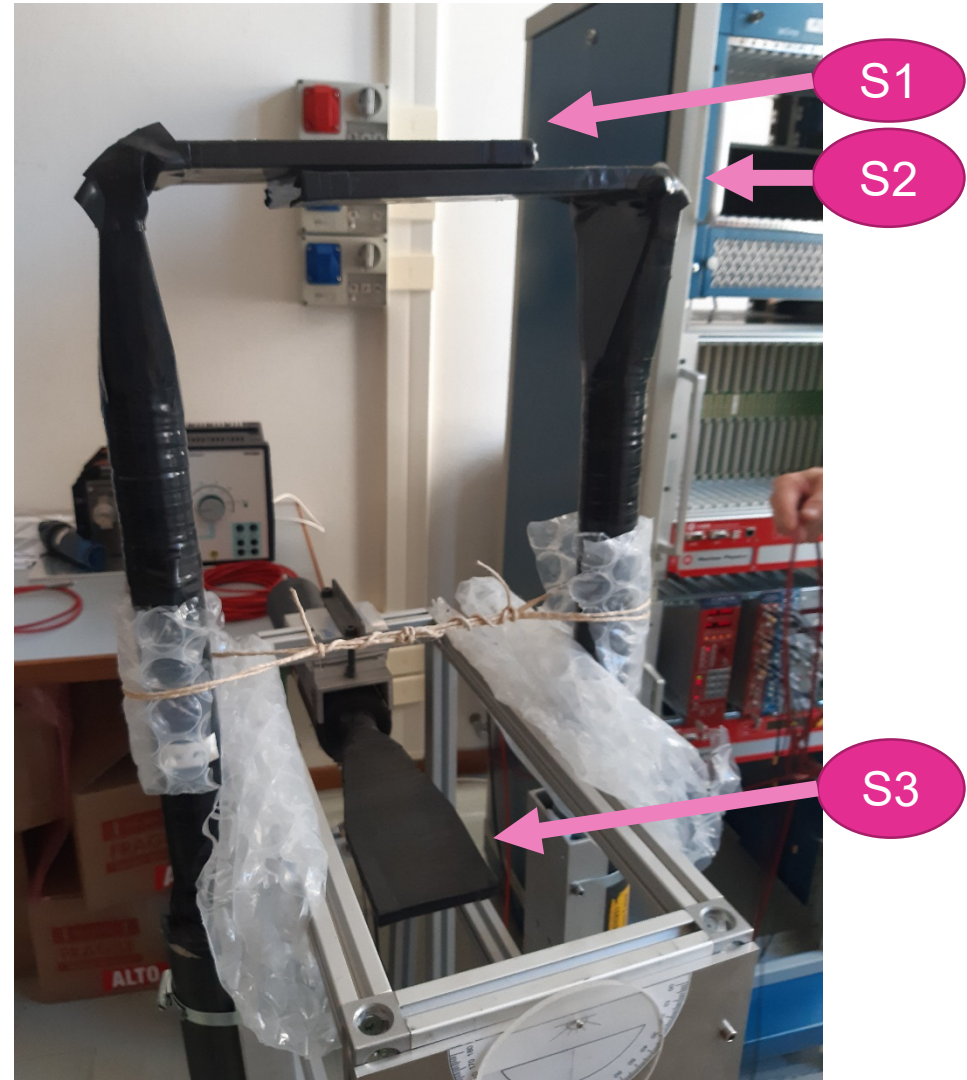


CONTATORI

S1&S2

S1&S2&S3

Apparato sperimentale

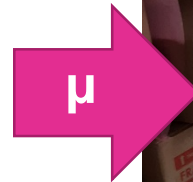


Apparato sperimentale

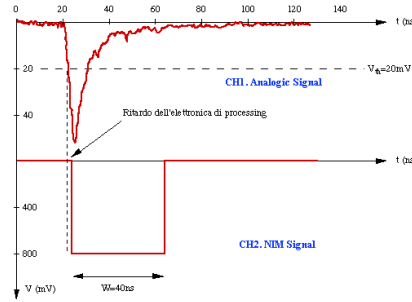
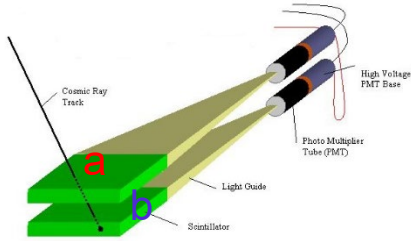
INCLINAZIONE 0 gradi



INCLINAZIONE 90 gradi



1. Muone



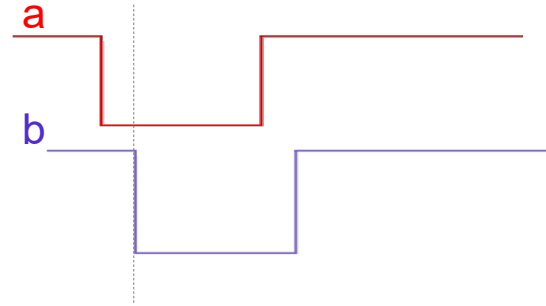
2. Luce nello scintillatore

3. Segnale elettrico analogico

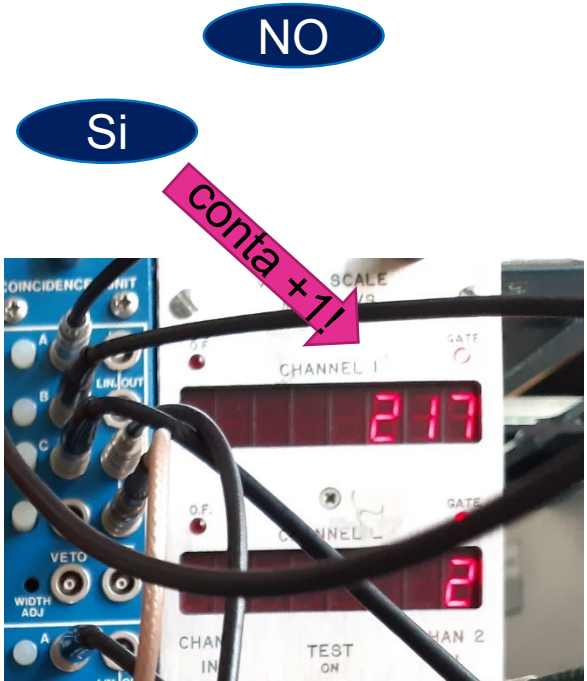
3. Conversione in segnale digitale



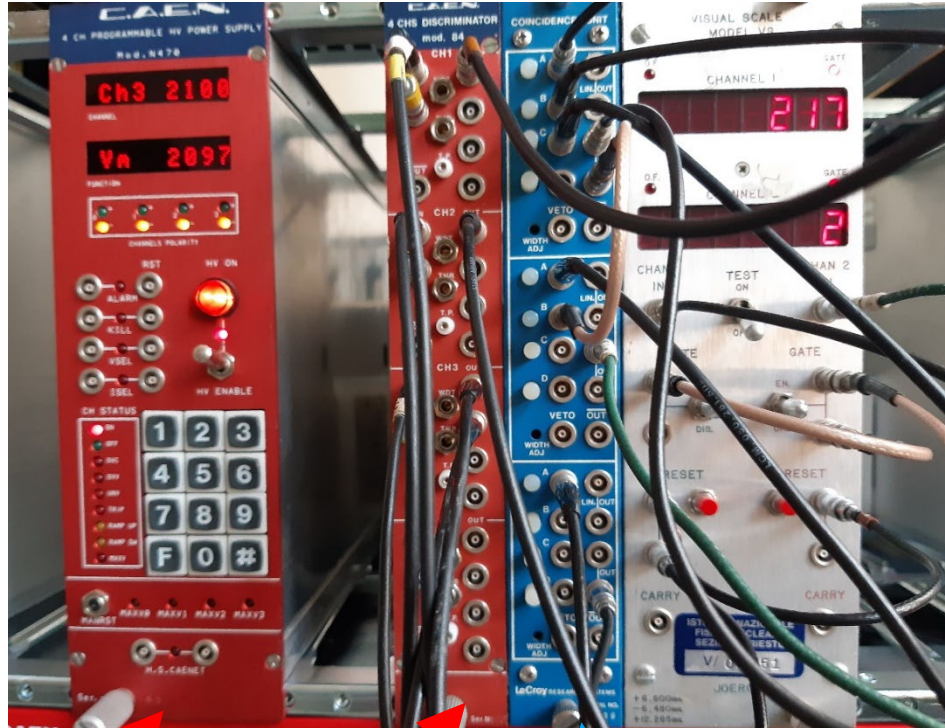
Bisogna definire un intervallo temporale che definisce la «contemporaneità»



4. C'è la coincidenza dei segnali di più rivelatori?



Elettronica



CONTATORI

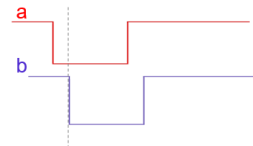
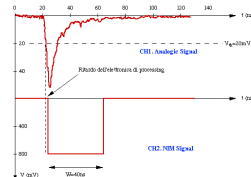
← A&B

← A&B&C

Alimentatore:
Voltaggio per i
fototubi

Digitalizza il
segnale

coincidenza



Pianificare la misura

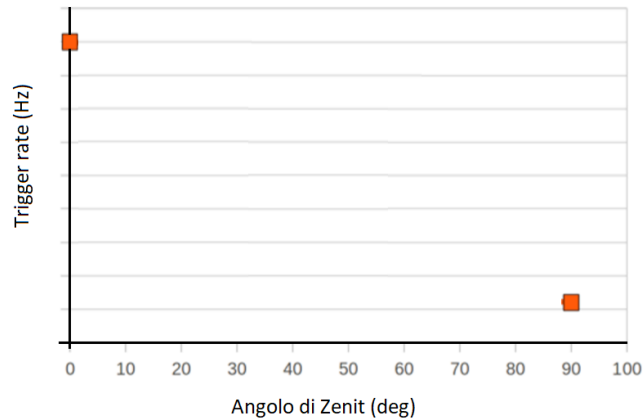


Prima di entrare in laboratorio bisogna avere le idee chiare 😊

- il flusso di muoni in funzione dell'angolo
- scintillatori su un supporto che può ruotare

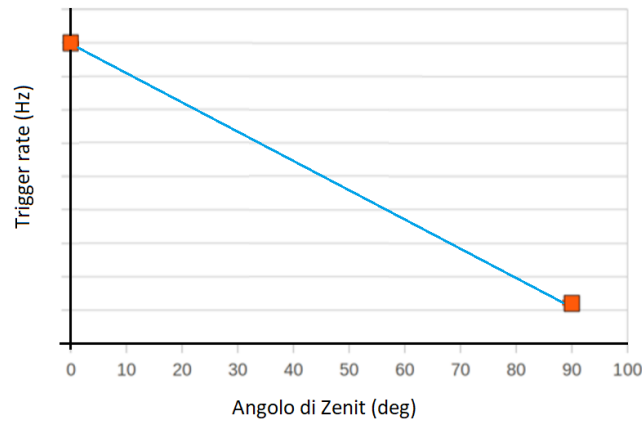
Quante misure vogliamo fare?

Rate: numero di conteggi per unità di tempo

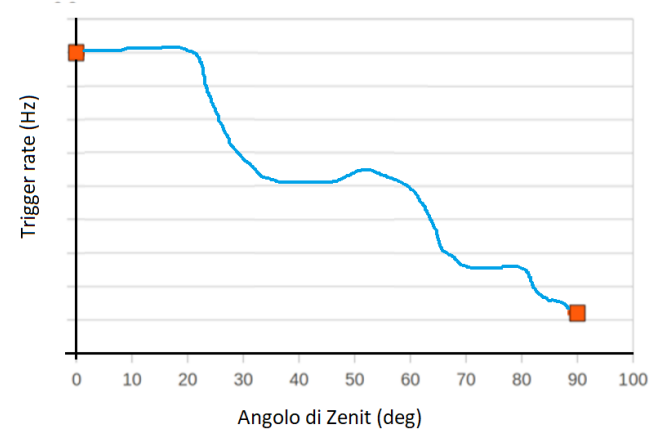


Pianificare la misura

Sarà lineare?



Avrà un andamento bizzarro?



Due punti soltanto portano poche informazioni

Abbiamo bisogno di più punti.

Quanti punti?

Quanto tempo ci impieghiamo?

Ha senso misurare per esempio ogni grado?

*Ne parliamo
anche mercoledì*

Svolgimento

Misurerete 5 punti:

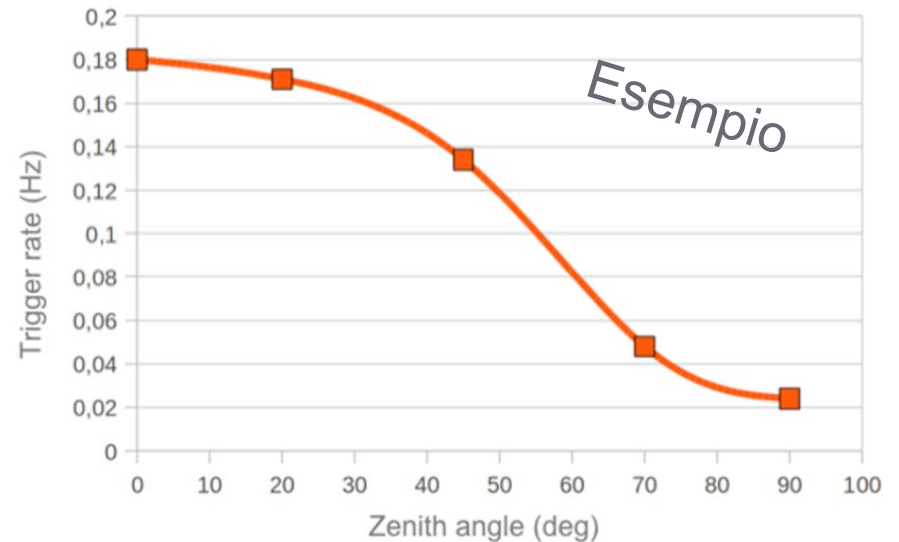
- 0 gradi (flusso verticale)
- 90 gradi (flusso orizzontale)
- Altri 3 punti ad angolazione intermedia

Ciascuna misura avrà una durata di circa 45 minuti.

La misura a 90 gradi (orizzontale, che richiede più tempo perché la frequenza di conteggi è bassa), verrà cominciata da noi la sera precedente.

Vi sarà richiesto di visualizzare la misura su un grafico.

Ricordate che state misurando un **numero di conteggi**, per confrontare più punti nel grafico avete bisogno di tenere in considerazione anche la **durata della misura**.



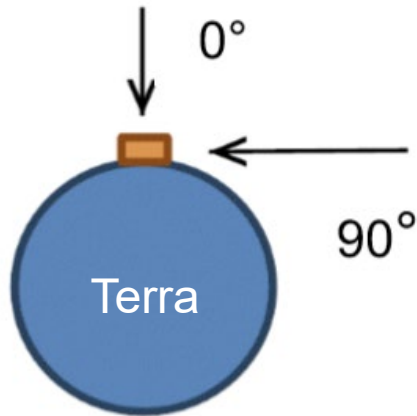
Nell'esempio, non sono mostrati gli ERRORI di MISURA del punto.
Una misura scientifica però deve sempre riportare il suo errore

+ mercoledì

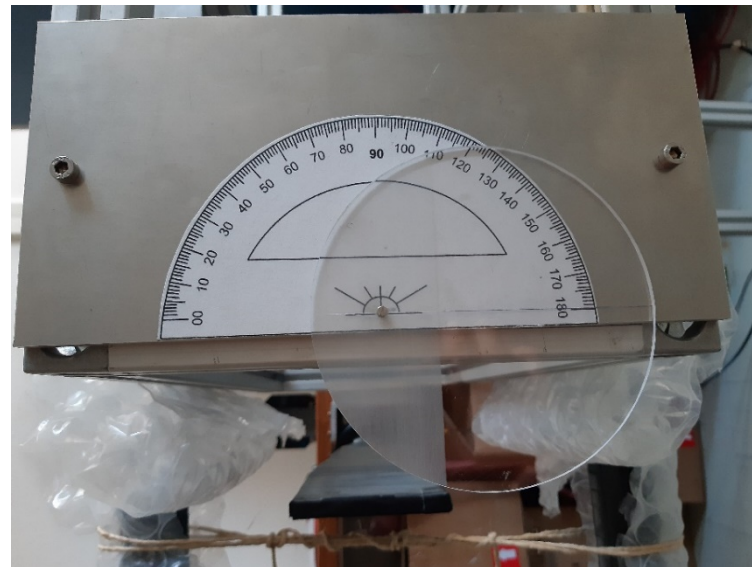
Convenzione degli angoli

Attenzione ad usare tutti la stessa convenzione degli angoli in modo da potersi confrontare anche con i gruppi in remoto

Corretta:



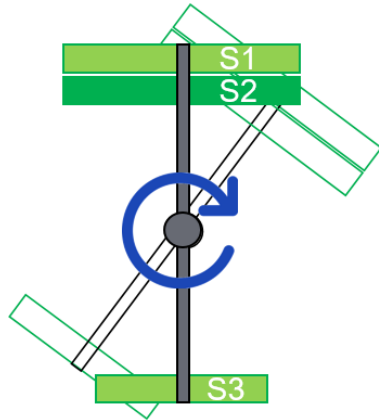
No! In laboratorio non è rispettata



«Ovviamente» la scala che troverete in laboratorio usa una convenzione diversa! Attenzione a come registrate i dati

La misura in breve:

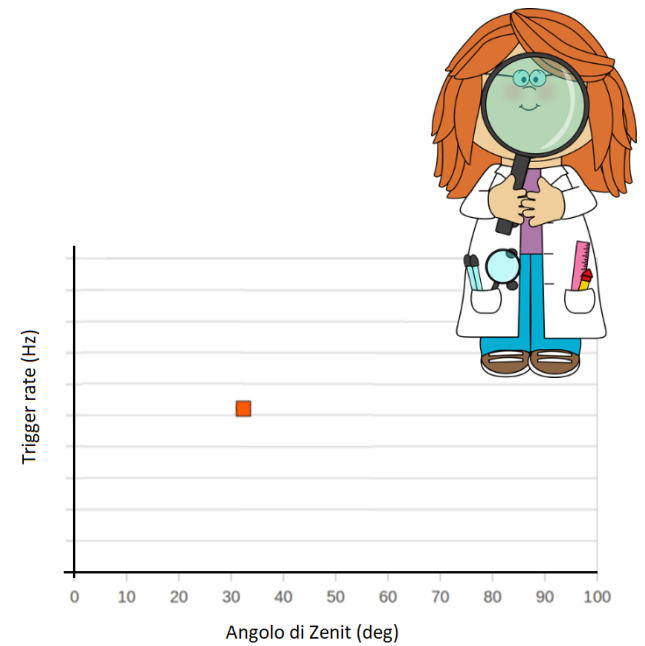
Posizionare il telescopio ad un certo angolo



Misurare i conteggi tenendo conto del tempo di misura



A&B&C



Riportare i punti su un grafico

Muoni dai raggi cosmici

Sfruttiamo i muoni dei raggi cosmici per fare la TOMOGRAFIA MUONICA

ALCUNI ESEMPI:

Archeologia e studi del sottosuolo



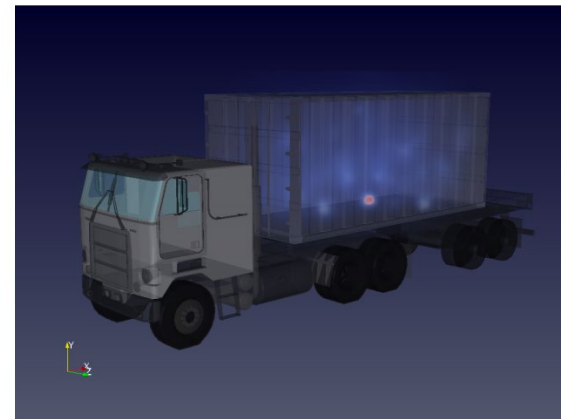
- Nel 2016 ricercatori hanno trovato delle stanze nascoste utilizzando tra gli altri, una tomografia muonica (= misurando variazioni intattese del flusso)

Solo due delle innumerevoli applicazioni della tomografia muonica

Vi verrà raccontato di più in collegamento con Firenze

Sicurezza & ambiente

Security and Environmental Protection



Simulated image of a truck being inspected in a cargo scanner using muon scattering tomography. (Image: CMTp)

- Tomografia muonica per contrastare il contrabbando di materiali nucleari (plutonio/uranio)

Cercate altre applicazioni!