

Laboratorio di Fisica delle Interazioni Fondamentali  
Università di Pisa

## TRACCIAMENTO DI RAGGI COSMICI CON IL TELESCOPIO EEE Esperienza 1

Ultima modifica 11.2.2017

### Introduzione

L'esperienza consente la misura dell'intensità e delle distribuzioni angolari dei raggi cosmici che raggiungono la superficie terrestre. L'apparato consente di effettuare anche la misura del tempo di volo e quindi della velocità delle particelle. Il rivelatore utilizzato deve essere caratterizzato mediante misure di rumore, efficienza, risoluzione spaziale e tempo morto, ed è necessaria una simulazione MonteCarlo per permettere il confronto dei risultati ottenuti sperimentalmente con quelli reperibili in letteratura.

### Materiale e descrizione

I raggi cosmici che raggiungono il livello del mare sono composti essenzialmente di muoni, prodotti negli strati elevati dell'atmosfera, O(15 km) sul livello del mare. I muoni a livello del suolo hanno uno spettro energetico decrescente con l'energia al di sopra di 1 GeV, con valor medio  $\approx 4$  GeV.

L'apparato sperimentale è un telescopio costituito da tre camere a gas Multi Gap Resistive Plate Chamber (MGRPC), che fa parte del progetto EEE (Extreme Energy Events), un esperimento che si propone di misurare sciame estesi prodotti da raggi cosmici di altissima energia ( $E > 10^{19}$  eV): <http://www.centrofermi.it/eee>.

Le camere sono costituite da vari strati di vetro tra i quali c'è una miscela di gas Freon ( $C_2F_4H_2$ ) ed esafluoruro di zolfo ( $SF_6$ ), che viene ionizzato dalle particelle cariche che ne attraversano il volume. Uno schema delle camere è mostrato in figura 16.12. I segnali prodotti dalle particelle sono raccolti da strisce conduttive di rame (indicate come "pick-up electrodes" in figura). Ogni camera contiene 24 strisce di 2.5 cm di larghezza spaziate tra loro di 0.7 cm (distanza tra i centri delle strisce pari a 3.2 cm). Le camere sono operate a una tensione tale da essere in "avalanche-mode".

Le strisce sono lette da appositi circuiti elettronici alle due estremità: gli impulsi vengono digitizzati in continuazione da Time to Digital Converter (TDC)

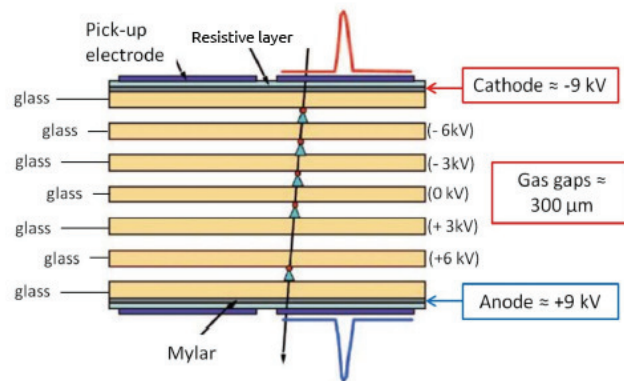


Figura 16.12: Schema dell'interno di una camera MGRPC.

che registrano il tempo del fronte iniziale ("leading edge") e finale ("trailing edge") di ogni impulso con una precisione di 100 ps. L'elettronica include anche un scheda che fornisce il segnale di OR delle 24 strisce di ogni camera. Il programma di acquisizione permette di definire il *trigger* utilizzando coincidenze di questi segnali di OR da 1, 2 o 3 camere. Il *gate* di coincidenza del *trigger* è di 75 ns. Quando la condizione di *trigger* è soddisfatta, il programma registra i segnali digitizzati da ogni lato delle 3 camere in un intervallo temporale di 450 ns, ovvero le informazioni degli eventuali impulsi vengono registrate se sono entro 450 ns dal tempo  $T_0$  del *trigger*. Il tempo dell'evento può essere ottenuto utilizzando l'informazione fornita dal modulo GPS (Global Positioning System) che fornisce il tempo assoluto del trigger ( $T_{GPS}$ ) con una precisione di 40 ns. Ulteriori dettagli riguardo l'elettronica di lettura sviluppata a Pisa possono essere trovati in: S.Mancino - Analisi di sciami atmosferici con il telescopio di camere MRPC dell'esperimento EEE - Tesi di Laurea Università di Siena (<https://dl.dropboxusercontent.com/u/63046040/Tesi-Mancino.pdf>). Le tre coordinate di ogni punto di impatto possono essere calcolate dalla posizione della camera, la posizione della striscia all'interno della camera e la differenza dei tempi di volo tra le due estremità della striscia. Inoltre il tempo medio delle due estremità fornisce un'informazione sul tempo di impatto della particella. Un programma su calcolatore permette l'acquisizione dati dei segnali e dei parametri di funzionamento, salvandoli su disco in vari formati per l'analisi successiva. Sono inoltre disponibili degli scintillatori plastici per effettuare misure di efficienza spaziale della camera. Il segnale degli scintillatori viene discriminato e il segnale digitale può essere usato come segnale di *trigger* per la selezione de-

gli eventi. La comunicazione con la scheda di discriminazione è gestita da un programma simile a quello usato per l'acquisizione dati del telescopio di camere.

### **File di dati**

Per ogni presa dati vengono prodotti due file binari, che si possono convertire in un file in formato ROOT ed uno in formato ASCII mediante il *software* a disposizione. Il file in formato ROOT contiene i dati degli eventi provenienti dalle camere, quello in formato ASCII i dati di *slow control*, cioè informazioni registrate con una frequenza più bassa rispetto a quella di *trigger*, in particolare i valori delle alte tensioni applicate alle camere, la pressione e la temperatura ambientali misurate da appositi sensori. I dati nel file ROOT contengono per ogni *hit*

- il numero dell'evento al quale appartiene;
- il tempo in valore assoluto fornito dal modulo GPS in ns ( $T_{GPS}$ );
- il piano a cui l'*hit* appartiene ( $plane=0,1,2$ , dove il piano più in alto è il numero 0);
- il tempo registrato dal TDC al bordo della striscia (*time*) in ns. La variabile *side* identifica l'estremità sinistra ( $side=0$ ) o destra ( $side=1$ ), guardando il rivelatore seduti davanti al terminale che controlla l'acquisizione; la variabile *edge* distingue il tempo del *leading edge* ( $edge==0$ ) da quello del *trailing edge* ( $edge==1$ ).

All'inizio dell'esperienza si hanno a disposizione due file di dati di esempio, con cui sviluppare il proprio programma di analisi.

### **Misure e analisi da effettuare**

Per poter confrontare il *rate* misurato con quello atteso è necessario determinare il fattore geometrico che tiene conto della frazione di raggi cosmici che attraversa il rivelatore, che dipende dalla geometria dell'apparato e dalla distribuzione angolare dei raggi cosmici. Questo richiede di:

- Misurare la geometria del telescopio e sviluppare un programma di simulazione Monte Carlo per calcolare l'accettanza geometrica del telescopio, spiegando la procedura adottata;
- valutare l'incertezza sul valore dell'accettanza ottenuta;
- inserire l'effetto delle strisce non attive nel calcolo dell'accettanza.

Quindi, per quanto riguarda la raccolta e l'analisi dei dati:

- utilizzare il file di dati di esempio e calcolare per ogni evento le coordinate e i tempi degli *hit* nelle camere e il numero di *hit* per camera. Per capire se tutto funziona correttamente è consigliabile sviluppare un semplice programma di visualizzazione degli eventi (event display) che mostri graficamente la posizione degli *hit* per ogni evento;
- misurare il rumore e l'efficienza (con le relative incertezze) delle singole camere in funzione della tensione applicata. Per la misura dell'efficienza si possono utilizzare le camere stesse o gli scintillatori plastici a disposizione, discutendone vantaggi e svantaggi;
- scegliere un punto di lavoro adeguato e fare una presa dati per determinare:
  - le strisce non attive;
  - l'allineamento delle camere;
  - la molteplicità di strisce colpite per camera;
  - la risoluzione spaziale delle camere;
  - le distribuzioni angolari in  $\theta$  e  $\phi$  dei raggi cosmici, da confrontare con quelle ottenute nella simulazione, inserendo eventuali altri effetti sperimentali che si ritengono importanti per descrivere al meglio i dati raccolti;
  - il tempo di volo e quindi la distribuzione di velocità degli eventi: verificare se ci sono eventi che arrivano dal basso;
  - la distribuzione temporale tra eventi successivi e il tempo morto del rivelatore;
  - la distribuzione che correla la velocità di un evento con la separazione temporale dall'evento precedente;
  - il *rate* di conteggi ottenuti con il rivelatore;
  - il *rate* di raggi cosmici misurato, da confrontarsi con quello atteso.

### **Punti per discussione quantitativa**

- Composizione dei raggi cosmici alla superficie: quale intensità viene misurata nell'esperienza, di quali muoni, prodotti dove e perchè? Come influisce sulla misura la composizione e lo spettro dei raggi cosmici?

- Stimare la probabilità che i muoni prodotti negli strati alti dell'atmosfera siano assorbiti prima di raggiungere il suolo: questo introduce una dipendenza angolare nel flusso misurato?
- Commentare a proposito dei raggi cosmici provenienti dall'alto e dal basso. Qual è il flusso di raggi cosmici provenienti dal basso? Quali sorgenti potrebbero generare segnali di particelle provenienti dal basso ?
- Incertezza introdotta nella misura dalla scelta del punto di lavoro.
- Determinazione del numero di conteggi adeguato per la misura.
- Stima dell'incertezza introdotta nella misura dalla conoscenza dell'accettazione.
- Effetto di un'efficienza non uniforme.
- Effetto del materiale attraversato sulla misura.
- Stima dell'incertezza sistematica totale sulla misura e sua sorgente principale.