

Stages residenziali 2003

Rivelazione di raggi cosmici e misurazione della loro velocità.

Obiettivi:

Misurare la velocità dei raggi cosmici e calcolare il suo rapporto con la velocità della luce (β).

Strumenti:

- 2 scintillatori a paletta (dim. 30x30x0.5 cm), forniti di fotomoltiplicatore;
- 3 discriminatori;
- 1 ritardo;
- 1 coincidenza;
- 1 CAMAC crate in cui sono presenti:
 1. 1 TDC con start e stop;
 2. 1 STATUS A;
- 1 PC che comunica con il CAMAC attraverso un'interfaccia SCSI.

Metodo.

Si sono messi i 2 scintillatori a distanza fissa tra loro (4 m ca.) uno sopra l'altro. Essi emettono fotoni al passaggio di una particella al loro interno (per evitare la perdita degli stessi fotoni, gli scintillatori sono coperti di carta stagnola, e per evitarne l'ingresso di spuri sono coperti di nastro isolante nero). Questi fotoni emessi qui sono assorbiti da un materiale che riemette elettroni all'interno dei fotomoltiplicatori che, attraverso un procedimento "a cascata", amplificano il segnale analogico prodotto da questi elettroni.

Gli scintillatori sono stati poi collegati a 2 discriminatori distinti per trasformare il segnale analogico, che esce dai fotomoltiplicatori, in un segnale digitale. Poiché non tutti i segnali provenienti dagli stessi corrispondono a eventi significativi (vi è comunque un fondo di rumore), è stata fissata una soglia di intensità del segnale sotto la quale lo stesso sarebbe stato ignorato. Il segnale digitale uscente dai discriminatori aveva larghezza 50 ns.

Il segnale proveniente dal discriminatore corrispondente allo scintillatore superiore è stato inviato sia ad un secondo discriminatore, che ne ha prolungato la durata a 150 ns e poi lo ha inviato alla coincidenza, sia ad un ritardo da 200 ns che poi sarebbe andato a dare il common stop al TDC.

Il segnale proveniente dal discriminatore corrispondente allo scintillatore inferiore è stato inviato ad un ritardo da 50 ns e poi è stato inviato alla coincidenza.

Questo procedimento ci garantisce (considerando anche i ritardi dovuti ai tempi di reazione dei vari elementi ed ai fili di trasmissione dati) che, se una particella passasse attraverso i due rivelatori, i due segnali che arrivano alla

coincidenza si sovrapporranno. Se questo accade, la coincidenza emette due segnali, uno va allo "Status A" e l'altro dà il common start al TDC.

Lo "Status A", riemette poi un segnale di veto verso la coincidenza. Questo passaggio poteva essere evitato in questo esperimento, ma è utile in altri più complessi per selezionare ulteriormente i dati.

Il TDC conta i ns che intercorrono da quando riceve il segnale di common start a quando riceve quello di common stop. Lo fa contando un canale ogni ns, ma si è visto che, non essendo perfetto, ogni canale veniva contato ogni 0,984 ns (questo calcolo è eseguito a parte utilizzando un'unica sorgente e un ritardo prefissato).

Il PC, poi, realizza un istogramma su cui vengono visualizzati i tempi misurati. Il grafico così ottenuto evidenzia una distribuzione gaussiana dei tempi. Il valore cercato sarà quello dell'ampiezza della gaussiana che più si avvicina all'istogramma; esso sarà tanto più preciso ed esatto quanto più la gaussiana avrà un piccolo sigma (σ).

Ora però insorge un problema: il tempo misurato non è quello che la particella impiega ad andare da un rivelatore all'altro, ma una combinazione di questo e del tempo dovuto ai mezzi di misurazione, l'errore sistematico.

Eliminazione dell'errore sistematico.

Per calcolare il tempo effettivo, dobbiamo fare la differenza tra il tempo misurato e l'errore sistematico. Si è calcolato a quanto ammontava l'errore sistematico ponendo a contatto i 2 rivelatori. Il tempo misurato dal TDC sarebbe stato solo quello dovuto ai mezzi di misurazione, in quanto il tempo di volo in uno spazio pressoché nullo, a velocità prossime a quella della luce, sarà nullo.

Dati conosciuti e trovati direttamente.

- Distanza tra i rivelatori: $4,274 \pm 0,001$ m
- Tempo totale: $126,31 \pm 0,35587 \cdot 10^{-1}$ ns
- Tempo sistematico: $141,29 \pm 0,67823 \cdot 10^{-2}$ ns
- Velocità della luce: $2,99792458 \cdot 10^8 \pm 1$ ms⁻¹

Dati ricavati.

- Tempo effettivo $14,98 \pm 0,423693 \cdot 10^{-1}$ ns
- Errore %_{Tempo} $0,2828391188$ %
- Errore %_{Distanza} $0,02339728591$ %
- Errore %_{TOT} $0,30623640471$ %
- Velocità particelle $2,85313751 \cdot 10^8 \pm 8,737345712 \cdot 10^5$ ms⁻¹
- Beta particelle $0,951704232 \pm 2,914464817 \cdot 10^{-3}$

Metodo di calcolo.

- Tempo effettivo = tempo sistematico – tempo totale (l'errore del tempo effettivo è uguale alla somma degli errori)
- Errore $\%_{\text{Tempo}} = (\text{errore tempo} / \text{misura tempo}) \cdot 100$
- Errore $\%_{\text{Distanza}} = (\text{errore distanza} / \text{misura distanza}) \cdot 100$
- Errore $\%_{\text{TOT}} = \text{errore } \%_{\text{Tempo}} + \text{errore } \%_{\text{Distanza}}$
- Velocità particelle = distanza tra i rivelatori / tempo effettivo (l'errore è, in percentuale, l'errore $\%_{\text{TOT}}$)
- $\beta = \text{velocità particelle} / \text{velocità della luce}$

Relazione di:
Pinchetti Federico