Laboratorio di Fisica II

Distribuzione di velocità dei raggi cosmici

1 Scopo dell'esperimento

In questo esperimento si vuole misurare la distribuzione delle velocità dei raggi cosmici che arrivano con direzione approssimativamente verticale. Si vuole anche valutare approssimativamente quale frazione dei raggi è costituita da particelle penetranti.

2 Materiale a disposizione

- tre scintillatori S0, S1, S2 di area $\approx$ 10x20 cm^2 con fotomoltiplicatori XP2020
- alimentatore NIM di alta tensione a 4 canali (per fotomoltiplicatori) CAEN N470
- crate NIM (deve essere provvisto di uscita 115 V AC se si usano moduli di coincidenza LeCroy 365AL)
- moduli di ritardo e/o cavi coassiali per ritardare i segnali
- divisori resistivi *(splitter)* per segnali adattati a 50Ω
- discriminatore LeCroy 623B oppure CAEN C96
- modulo di coincidenza LeCroy 465 oppure LeCroy 365AL *(ATTENZIONE: il 365AL richiede crate NIM che fornisca 115 V AC)*
- crate CAMAC
- I/O register CAEN C219
- TDC a 8 ingressi LeCroy 2228A
- ADC a 12 ingressi LeCroy 2249W
- crate controller CAMAC mod. LeCroy 8901A per bus GPIB
- calcolatore per acquisizione eventi (*Macintosh Quadra con software LabVIEW 4.1*)

- *solo per la messa a punto: oscilloscopio digitale TDS 520, impulsatore da banco, scaler NIM, dataway display CAMAC*

3 Fase 1: Progetto

Per misurare la velocità di una particella carica occorre misurare il "tempo di volo" su una distanza nota. Per individuare con sicurezza il passaggio di un raggio cosmico servono due o (meglio) tre scintillatori posti in coincidenza.

Date le dimensioni degli scintillatori e la massima distanza verticale tra di essi ottenibile in laboratorio, calcolare i tempi di volo attesi (per $v = c$) e il numero di conteggi per unità di tempo attesi in base alle seguenti informazioni (desunte dal "Particle Data Book"):

- il flusso per unità di angolo solido della componente penetrante dei raggi cosmici (muoni) attorno alla verticale è circa 80 $m^{-2}s^{-1}sr^{-1}$
- il flusso per unità di angolo solido della componente molle dei raggi cosmici (e^+, e^-) attorno alla verticale è circa 30 $m^{-2}s^{-1}sr^{-1}$
- l'energia media dei muoni è di circa 2 GeV

Calcolare l'ordine di grandezza dell'errore relativo sul tempo di volo (sulla distanza prescelta) dovuto alle seguenti cause:

- risoluzione temporale del TDC (considerare la migliore risoluzione possibile tra quelle elencate nelle specifiche del TDC LeCroy 2228A);
- differenze di percorso dovute alle possibili direzioni del raggio cosmico entro l'accettanza geometrica degli scintillatori.

Nell'esperimento potrà essere importante il "time–slewing" del discriminatore a soglia fissa, cioè la variazione del ritardo del segnale logico in uscita dal discriminatore rispetto al passaggio della particella, dipendente dalla variazione di ampiezza del segnale del fotomoltiplicatore: si considerino i dati seguenti estratti dal Philips Data Handbook, 1978, relativi al fotomoltiplicatore XP2020:

- fluttuazione tipica del tempo di transito = 0.25 ns
- differenza di tempo di transito tra centro del fotocatodo e 18 mm dal centro = 0.25 ns

4 Fase 2: Messa a punto (moduli NIM)

La messa a punto dell'esperimento comprende la scelta della tensione di lavoro dei fotomoltiplicatori (fare una rapida misura di conteggi con una sorgente radioattiva, ad es. per 120 s per ogni tensione esaminata; per gli XP2020 la tensione di lavoro è circa 2150 V se la soglia di discriminazione è -30 mV), la verifica dei collegamenti, la regolazione delle soglie (per i segnali provenienti dagli scintillatori tener conto delle divisioni per 2 effettuate dagli splitter) e delle durate dei discriminatori, la messa in tempo delle coincidenze, la messa in tempo dei segnali che andranno successivamente inviati ai moduli ADC e TDC sul CAMAC.

Occorre prestare particolare attenzione ai seguenti punti:

1. la distanza temporale tra il COMMON START e un qualsiasi STOP deve avere un valore minimo (v. specifiche TDC: almeno 7 ns per avere buona linearità), quindi occorre ritardare gli STOP
2. la scala di tempo assoluta del TDC può essere eventualmente verificata inviando segnali di distanza nota generati da un impulsatore (notare che il TDC può funzionare con tre diversi fattori di conversione espressi in ps/canale: usare il fattore più piccolo, 50 ps/conteggio)
3. il GATE inviato all'ADC deve essere adeguato sia come sincronizzazione con i segnali analogici che come durata (v. specifiche ADC: durata minima 30 ns, i segnali analogici devono arrivare qualche ns dopo l'apertura del GATE)
4. la logica di trigger e la sequenza delle operazioni CAMAC devono assicurare che i dati letti dal TDC e dall'ADC appartengano allo stesso evento, quindi p.es. ad ogni START del TDC deve corrispondere un GATE all'ADC; il modo più semplice di realizzare questa condizione consiste nell'usare la coincidenza tripla sia per lo START sia per il GATE
5. per avere una temporizzazione coerente, la coincidenza tripla deve essere sempre riferita temporalmente al passaggio del raggio cosmico nello stesso scintillatore, cioè in S0: quindi S0 deve arrivare sempre per ultimo alla coincidenza, sia nella configurazione lontana che in quella vicina

5 Fase 3: Raccolta dati con CAMAC

Provare il programma di acquisizione CAMAC che legge 2 canali ADC e due canali TDC. A questo scopo, attivare Labview 4.1 dal "menu mela" del Macintosh o dalla c.d. Pulsantiera, ed aprire il programma *Macintosh HD2:labfis2:TOF-IOREG-Z*. L'assegnazione delle stazioni CAMAC nel pannello del programma è la seguente: stazione 15 = ADC 2249W, stazione 13

= TDC 2228A, stazione 21 = I/O register *(verificare comunque nel crate CAMAC)*. All'inizio dell'esecuzione occorre specificare il file su cui verranno scritti i dati: selezionare un nuovo file nella cartella assegnata al proprio gruppo *Macintosh HD2:labfis2:lab2_01:gruppo_X*, dove X indica il gruppo.

Verificare su alcuni eventi che i dati siano correttamente acquisiti (valori ADC non troppo vicini allo zero o al valore massimo, valori TDC diversi da zero e dal valore massimo).

Effettuare una raccolta dati prolungata in configurazione normale (allontanare il più possibile S2 da S1). Verificare l'allineamento verticale degli scintillatori e **misurarne la distanza** prima di iniziare la presa dati. Si può lasciare il sistema in acquisizione per almeno un giorno e una notte fino al mattino seguente. Registrare accuratamente l'ora di inizio e fine della presa dati. Salvare i dati su disco per l'analisi successiva.

Dopo la fine dell'acquisizione in configurazione normale, effettuare un'acquisizione per misurare lo zero della scala temporale avvicinando il più possibile S1 ad S2, mantenendo invariata la distanza S0–S1 (bastano poche centinaia di eventi). Salvare i dati su disco per l'analisi successiva.

ATTENZIONE: attualmente l'unità per dischetti del Macintosh non funziona; per trasferire files su altri calcolatori usare il programma "Fetch" che si trova su Macintosh HD2:Fetch_3.0.3:Fetch 3.0.3.

6 Fase 4: Analisi dati

L'analisi può essere fatta con (ad es.) Kaleidagraph (se disponibile) sul Macintosh, rileggendo i due files di eventi (configurazione normale e configurazione di zero) salvati in precedenza.

Analizzare le distribuzioni individuali degli ADC e TDC di S1 ed S2. Determinare per ciascun campione eventuali tagli sui valori di ADC o di TDC, in modo da ripulire il campione in esame dagli eventi spuri (ad es. valore ADC incompatibile, perchè troppo basso, con la distribuzione di Landau della maggior parte degli eventi). Questi eventi possono essere generati ad es. da coincidenze spurie, dovute a loro volta a riflessioni dei segnali analogici sui cavi.

Scartare gli eventi con valori anomali anche di un solo ADC o di un solo TDC (attenzione a non mescolare gli eventi tra di loro). Analizzare i due campioni ripuliti rimasti (configurazione normale e conf. di zero), determinando l'azzeramento dei TDC e ricavando la distribuzione dei tempi di percorso e infine delle velocità.

FACOLTATIVO: Rifare l'analisi finale (sui campioni ripuliti) cercando di applicare la correzione di ampiezza ai tempi misurati (vedere bibliografia), allo scopo di ridurre la deviazione standard della distribuzione dei tempi di volo.

7 Documenti allegati

1. schema di principio dell'apparato
2. dati sul percorso di muoni in piombo (da Review of Particle Properties)
3. bibliografia sulla correzione di ampiezza per il "time–slewing" (W. Braunschweig et al., NIM 134 (1976) 261)
4. specifiche CAMAC del TDC LeCroy 2228A
5. specifiche CAMAC dell'ADC LeCroy 2249W
6. *Manuali a disposizione in laboratorio per i moduli: CAEN N470, LeCroy 365AL, LeCroy 623B, LeCroy 2228A, LeCroy 2249W/A*