Laboratorio di Fisica II

Misure con sorgenti γ

1 Scopo dell'esperimento

Calibrazione di un rivelatore a Ge con sorgenti γ di varia energia. Misura del coefficiente di attenuazione per raggi γ con diversi assorbitori. *(Momentaneamente non disponibile per problemi tecnici: Misura della distribuzione degli intervalli di tempo tra due decadimenti successivi)*

2 Materiale a disposizione

- sorgenti γ: ^{22}Na, ^{60}Co, ^{65}Zn, ^{133}Ba, ^{137}Cs (attività nominale 1μCi $\pm$20% al 1/4/1995)
- assorbitori di vari materiali: Al, Cu, Pb
- rivelatore al Ge mod. GMX-30190-P della EG&G con preamplificatore mod. 237N
- alimentatore da 5 kV NIM mod. 659 EG&G
- amplificatore da spettroscopia NIM mod. 672 EG&G
- crate NIM della EG&G
- sist. di acquisizione EG&G: Multi Channel Buffer NIM mod. 919, scheda per P.C., software GammaVision su P.C. "ex-ALFIS1"

Per la misura degli intervalli di tempo - momentaneamente non disponibile:

- adattatore TTL/NIM LRS 688AL
- discriminatore CAEN N417
- coincidenza quadrupla LeCroy 365AL (necessita di un crate NIM che fornisca 115 V AC)
- dual timer CAEN N93B
- generatore di clock a 6 MHz

- fast carry scaler (modello CERN)
- crate CAMAC
- TDC LeCroy 2228A
- scaler CAMAC a 16 canali CAEN mod. C257
- output register a 16 uscite SEN mod. OR 2088
- CAMAC crate controller per P.C. (CAEN mod. C111)
- calcolatore per acquisizione dati (*P.C. con software GWBASIC sotto MS-DOS*)

3 Osservazioni preliminari sul rivelatore al Ge

Per usare il rivelatore al germanio sono necessarie alcune operazioni preliminari (che vengono svolte prima dell'inizio di un ciclo di misure); occorre inoltre osservare alcune regole di base durante il funzionamento.

Innanzitutto viene effettuato il riempimento del dewar (avendo prima rimosso il rivelatore dal dewar stesso) con azoto liquido (la carica di circa 25 l è sufficiente per circa 15 giorni).

Successivamente viene montato il rivelatore (provvisto di cavi di alimentazione e di segnale, che vanno collegati ai moduli NIM) in modo che la parte inferiore del criostato peschi nell'azoto liquido. Per il raffreddamento completo del rivelatore occorre attendere almeno 6 ore.

In seguito si accende il crate NIM dove è alloggiato l'alimentatore da 5 kV mod. 659 e si comincia gradualmente ad aumentare la tensione fino al valore di lavoro che è di norma 3500 V. Un dispositivo di sicurezza (Bias Shutdown) impedisce di dare tensione se il rivelatore non è freddo.

Per fare misure affidabili e riproducibili sia il rivelatore che la catena elettronica devono essere accesi in condizioni di lavoro per almeno un'ora.

La testata del rivelatore è normalmente protetta da un cappuccio di plastica, che serve ad *evitare contatti accidentali con la finestra di berillio.* Il cappuccio va tolto solo se richiesto dal tipo di misura e solo per il tempo della misura, *evitando sempre di toccare con le mani la finestra superiore del rivelatore*, dato che c'è un rischio sia pure molto ridotto di implosione (a causa del vuoto che serve da isolante termico per il criostato) con conseguente rischio di contatto con il berillio che è tossico.

4 Calibrazione in energia del rivelatore a Ge

In questa prima parte dell'esperimento si effettua una calibrazione del rivelatore usando alcune sorgenti che emettono raggi γ di energia nota, in modo da stabilire una relazione tra l'energia in keV e la scala in canali ADC. In seguito (v. sezione successiva) si misura il coefficiente di attenuazione dei raggi γ in vari materiali.

Per minimizzare il fondo ambientale (ad es. radioattività emessa dalle pareti o da materiali presenti in laboratorio) le misure vanno effettuate con il rivelatore inserito (dal basso) in un pozzetto di piombo. Il campione da misurare (o la sorgente di calibrazione) va anch'esso inserito nel pozzetto di piombo, e il coperchio del pozzetto va chiuso. Nel caso della calibrazione in energia è possibile appoggiare semplicemente la sorgente radioattiva sulla testata del rivelatore (v. più avanti per la misura del coefficiente di attenuazione).

Le misure di calibrazione, e le successive misure del coefficiente di attenuazione, vanno effettuate sempre nelle **stesse condizioni elettroniche**: tensione di polarizzazione del rivelatore, guadagno e parametri di shaping dell'amplificatore, come precisato di seguito. Come già indicato prima, la tensione normale di **polarizzazione del rivelatore** a Ge è pari a 3500 V. L'amplificatore da spettroscopia mod. 672 presenta numerosi controlli sul pannello frontale. In primo luogo va scelta l'**amplificazione**, che sarà pari al prodotto del guadagno fine *(fine gain)*, regolabile nell'intervallo 0.5-1.5 tramite un potenziometro a 10 giri, per il guadagno grossolano *(coarse gain)*, regolabile a scatti nell'intervallo 5-1000. Normalmente l'amplificazione va regolata in modo che il picco di energia più elevata disponibile (nel nostro caso: ^{60}Co a 1.33 MeV) non saturi l'amplificatore.

In secondo luogo va scelto il tipo di **formatura** *(shaping)*, che può essere triangolare o gaussiana, e il tempo caratteristico di formatura, regolabile a scatti tra 0.5 e 10 μs *(ATTENZIONE: il bottone di regolazione del tempo di formatura è rotto - rilevare il tempo di formatura in uso osservando i segnali unipolare e bipolare all'oscilloscopio)*. Le forme d'onda prodotte dall'amplificatore in varie condizioni di formatura sono raffigurate nella sezione 4 del manuale *"Model 672 Spectroscopy Amplifier Operating Manual"*. Generalmente si ha una maggiore precisione di misura con tempi di formatura più lunghi, accompagnata però da una riduzione del massimo tasso di eventi analizzati al secondo.

Infine vi sono sul pannello frontale del mod. 672 altre due regolazioni, meno critiche delle precedenti. Per l'uso comune è consigliabile regolare la cancellazione automatica del polo zero (commutatore PZ) su "AUTO" e scegliere il modo "PZ" di ritorno a zero della linea di base *(BLR RATE)*. Con la sorgente posizionata in modo da generare tra 1000 e 10000 conteggi al secondo, premere il pulsante PZ e attendere la fine della regolazione (spegnimento del LED rosso). Va inoltre ricordato che sono predisposte le connessioni che permettono di rigettare gli impulsi troppo vicini *(PUR, Pile Up Rejection)* e il calcolo automatico del tempo vivo di misura.

Predisporre le condizioni elettroniche sopra descritte. Acquisire in successione spettri con diverse sorgenti γ, identificare per ciascuna di esse i picchi più notevoli ed effettuare la **calibrazione in energia** (vedere il “Gamma Vision Software User's Manual” pag. 15–19). La calibrazione in energia si svolge in modo incrementale, e deve essere chiusa provvisoriamente prima di acquisire un nuovo spettro. Conviene salvare man mano gli spettri su disco (in formato .SPC) e la calibrazione finale nell'area del proprio gruppo (*sul P.C. ex-ALFIS1, disco D*), per documentazione ed eventuale rianalisi.

5 Misura del coefficiente di attenuazione

La sorgente viene posizionata tramite un'asta con vite che permette di porla a una distanza nota dalla testata del rivelatore. Conviene porre la sorgente il più in alto possibile (compatibilmente con la chiusura del coperchio del pozzetto) in modo da poter aggiungere parecchie lastre di assorbitore senza variare la distanza sorgente-rivelatore.

Tutte le misure vanno effettuate nelle **stesse condizioni geometriche**: distanza verticale sorgente-rivelatore fissata, centraggio della sorgente sull'asse del rivelatore, posizione del rivelatore leggermente al di sotto del bordo del pozzetto in modo da poter appoggiare le lastre di assorbitore senza toccare il rivelatore.

La misura del coefficiente di attenuazione lineare per un dato materiale (sono disponibili Al, Cu e Pb) va fatta acquisendo lo spettro di una sorgente prescelta con diversi spessori di assorbitore interposti (ad es. 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 spessori); per facilitare l'analisi va impiegato lo stesso tempo vivo (almeno 15 minuti) per ogni spessore. Conviene anche misurare in ultimo lo spettro del fondo (senza sorgente) per un tempo vivo pari a quello di una delle misure precedenti. Salvare anche in questo caso gli spettri su disco. Conviene visualizzare sullo schermo e poi stampare per ogni spessore l'area (ovvero l'integrale dei conteggi) del picco in esame, dato che questo dato sarà quello usato nel seguito per la determinazione del coefficiente di attenuazione. Il programma GammaVision effettua una sottrazione del fondo sotto il picco e calcola l'errore statistico sull'integrale.

La procedura per stampare una finestra di GammaVision è la seguente:

- attivare il programma Fullshot *(C:\FULLSHOT\FULLSHOT.EXE)* e lasciarlo attivo nella barra delle applicazioni;
- usare i tasti *control-2* per catturare la finestra attiva di GammaVision contenente lo spettro e i dati numerici da stampare: viene creato un file

di tipo bitmap *C:\WINDOWS\TEMP\shotxxxxx.bmp*, dove *xxxxx* è un numero progressivo;

- aprire il file suddetto con Paint *(Avvio→Programmi→Accessori)* e stamparlo.

Si noti che è sempre possibile rileggere da GammaVision in un secondo tempo gli spettri salvati su disco e ristamparli. La stampa diretta da GammaVision NON produce un grafico ma solo una lista di numeri.

6 Misura degli intervalli di tempo - *momentaneamente non disponibile*

Il principio di questa parte dell'esperimento è di misurare il tempo tra due eventi successivi di emissione γ, contando i cicli di clock (a 6 MHz) tra un evento e il successivo tramite uno scaler CAMAC.

È possibile, a scelta, usare l'uscita CRM (discriminatore a bassa soglia) dell'amplificatore 672, oppure inserire un discriminatore sull'uscita bipolare del 672 per contare in questo caso solo gli eventi del picco fotoelettrico a energia più alta. Il segnale discriminato va inserito nel circuito di moduli NIM indicato in figura.

La funzione del circuito di moduli NIM è di far partire (START) il clock su un raggio γ e di fermarlo (STOP) sul successivo; in seguito il sistema rimane occupato (insensibile a raggi γ) finchè il calcolatore non lo libera (RESET) dopo aver effettuato la lettura e l'azzeramento dello scaler CAMAC. In questo modo si misura al più il 50% degli intervalli di tempo (ad es. l'intervallo tra il secondo e il terzo γ viene sicuramente perso), ma poichè il campionamento è casuale la distribuzione degli intervalli viene misurata correttamente, tranne per intervalli molto corti (cioè paragonabili al tempo di elaborazione di un impulso nella catena elettronica).

Verificare i collegamenti rispetto allo schema fornito e controllare i segnali nei vari punti del circuito con l'oscilloscopio (a questo scopo è necessario escludere l'intervento del calcolatore, ad es. impostando un tempo non infinito sulla sezione inferiore del dual timer che normalmente riceve il RESET dal calcolatore).

Provare il programma di acquisizione con pochi eventi e verificare che vengano scritti correttamente su disco (per facilitare il controllo conviene fare la prova senza sorgente, in modo che gli intervalli di tempo siano lunghi). Per far partire il programma: attivare una finestra MS-DOS *(Avvio→Prompt di MD-DOS)*, andare su *C:\PC-CAMAC\PCAT*, dare il comando *GWBASIC*; ci si trova in ambiente BASIC (per ritornare al sistema operativo il comando è *system*), dal quale si può caricare il programma di acquisizione *INTERV.BAS*.

Introdurre la sorgente prescelta a distanza nota dal rivelatore, selezionare la soglia di discriminazione in modo da contare solo gli eventi del picco fotoelettrico (oppure usare l'uscita CRM a bassa soglia sul lato posteriore del 672). Effettuare la misura degli intervalli di tempo (almeno 3 volte per 32000 eventi). Se rimane tempo a disposizione, ripetere con un'altra sorgente. Salvare in ogni caso i dati su disco per l'analisi ulteriore.

7 Analisi dati

Determinare il coefficiente di attenuazione separatamente per ogni energia esaminata (in base al picco o ai picchi più rilevanti della sorgente usata) e per ogni materiale assorbitore usato. Usare la formula $I(x) = I_0 e^{-x\rho/\mu}$ (x=spessore in cm, ρ=densità dell'assorbitore in g cm^{-3} , μ=coefficiente di attenuazione in g cm^{-2}). Per quanto riguarda il valore di intensità $I(x)$ da attribuire ad ogni spessore x, si consiglia di usare l'integrale del picco (con sottrazione del fondo) e il relativo errore, ottenibili mediante il software GammaVision. Si consiglia di effettuare il fit con il programma ORIGIN a partire da una tabella a tre colonne contenenti risp. X = spessore, Y = conteggi, ±ErY = errori sui conteggi, usando la funzione "exponential decay" Ae^{-tx} e attivando l'uso degli errori come pesi nel fit.

Paragonare i risultati ottenuti con i dati ufficiali della base dati XCOM mantenuta dal NIST (National Institute of Standards and Technology, USA) sul sito `http://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/Text/XCOM.html` .

Infine, calcolare la sezione d'urto microscopica usando il coefficiente di attenuazione e la densità del materiale.

(Momentaneamente non disponibile - Effettuare un fit esponenziale alla distribuzione degli intervalli di tempo di ciascuna sorgente, v. cap. 26 di Evans nella bibliografia)

8 Documenti allegati

1. schema di principio dell'apparato
2. schema della temporizzazione dei segnali
3. bibliografia sulla distribuzione degli intervalli di tempo (da cap. 26 di Evans, The Atomic Nucleus, 1955)
4. schemi di decadimento di ^{22}Na, ^{60}Co, ^{133}Ba e ^{137}Cs (da Preston e Dietz, The Art of Experimental Physics, J.Wiley and sons, 1991)
5. grafici del coefficiente di attenuazione di massa (cm^2/g) in funzione dell'energia del raggio γ per Al, Cu e Pb (da Evans, The Atomic Nucelus, 1955)

6. specifiche CAMAC del TDC LeCroy 2228A
7. specifiche CAMAC dello scaler CAEN C257
8. specifiche CAMAC dell'output register SEN mod. OR 2088
9. *manuali a disposizione in laboratorio*