

DIFFUSIONE COMPTON

Ultima modifica 13.2.2017

Introduzione

L'esperienza consiste nella verifica sperimentale della relazione tra l'energia e l'angolo del fotone diffuso nel processo di diffusione Compton, utilizzando raggi gamma nucleari. I dati raccolti permettono di ottenere la misura della massa dell'elettrone.

Materiale e descrizione

Si ha a disposizione una sorgente di ^{60}Co (attività 74 MBq a Febbraio 1997), schermata in un contenitore di piombo con collimatore a sezione circolare (due possibili valori del diametro). Diversi blocchi di piombo consentono di definire la geometria del sistema.

L'apertura del collimatore è diretta verso uno scintillatore plastico disposto ortogonalmente al flusso di fotoni e letto da un fotomoltiplicatore, che svolge la funzione di bersaglio attivo in cui avviene la diffusione Compton.

Un secondo rivelatore orientabile in angolo è costituito da un cristallo cilindrico di scintillatore inorganico NaI(Tl) di diametro ed altezza 50.8 mm contenuto in un cilindro di alluminio di spessore 810 μm ricoperto sulle pareti laterali da 1.6 mm di materiale riflettente (Al_2O_3) e con finestra di vetro di spessore 3.2 mm dal lato verso il fotomoltiplicatore EMI 9634Q (tensione di alimentazione 800-1000 V).

Il segnale del cristallo, opportunamente amplificato, può essere inviato ad un analizzatore multicanale letto da un PC. L'analizzatore multicanale CAEN N957 contiene un ADC che misura l'ampiezza di picco del segnale al suo ingresso (se questa supera una soglia prefissata o se viene fornito un segnale di *gate* sull'apposito connettore), digitizzandola e riportandola in un istogramma con 8K canali. Il segnale in ingresso al multicanale deve essere positivo (0-10V) con tempo di salita minimo 0.1 μs : il segnale analogico del PMT deve quindi invertito (NEG) e formato (tempo di picco 1-6 μs) mediante l'amplificatore Tennelec TC-241. L'uscita unipolare dell'amplificatore viene inviata all'analizzatore. Il segnale di *gate* per il multicanale CAEN N957 può essere indifferentemente NIM o TTL, e deve precedere e seguire il picco del segnale per almeno 200 ns. Fare riferimento alla

documentazione specifica su come operare il multicanale e salvare i dati raccolti su file per l'analisi.

Si hanno a disposizione varie sorgenti radioattive che possono essere utili per la calibrazione del rivelatore e del sistema di lettura: ^{241}Am , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{88}Y , ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{203}Hg , ^{57}Co , ^{90}Sr .

Per misurare lo spettro Compton, la lettura dell'ampiezza di impulso nel cristallo può essere comandata dalla coincidenza tra il segnale dell'elettrone di rinculo nello scintillatore plastico e quello del fotone deflesso nel cristallo (*trigger*) facendo uso se necessario di un modulo *linear gate* NIM (ad es. CERN N2233) che presenta all'uscita il segnale all'ingresso solo quando è presente un segnale NIM attivo sull'ingresso *gate*. Prestare particolare attenzione alla messa in tempo e alla formatura dei segnali alla coincidenza in caso di eventuali ripartenze dei discriminatori. Il segnale analogico del cristallo deve essere opportunamente ritardato per poter risultare in coincidenza con il *gate*. Prestare attenzione nel suddividere il segnale proveniente dal cristallo per inviarlo simultaneamente al modulo di coincidenza e alla catena di amplificazione e misura, se necessario utilizzando un amplificatore lineare (ad es. Philips 776).

Misure da effettuare

- Misurare sperimentalmente le caratteristiche geometriche (asse, divergenza angolare) del "fascio" di fotoni usato come definito dalla schermatura fissa e dalle lastre di piombo utilizzate.
- Curva di calibrazione in energia del cristallo e del suo sistema di lettura: "pedestallo", linearità e risoluzione energetica in funzione dell'energia facendo uso delle sorgenti appropriate.
La calibrazione deve essere effettuata con la stessa catena elettronica che verrà utilizzata per le misure successive. Controllare inoltre la stabilità della calibrazione effettuata rispetto a possibili fattori esterni che potrebbero far variare il guadagno in funzione del tempo.
- Mettere a punto un modello che descriva la risoluzione energetica in funzione dell'energia stessa del fotone diffuso, tenendo conto sia dell'effetto intrinseco di risoluzione del rivelatore che degli effetti di accettazione angolare del fotone diffuso nello scintillatore plastico e rivelato nel cristallo (scrivere un programma di simulazione per stimare gli effetti di accettazione angolare non inclusi nella calibrazione del punto precedente).

- Misurare gli spettri di energia del fotone diffuso nello scintillatore bersaglio a vari angoli (tra 30° e 60° in passi da stabilirsi). Tra un angolo ed il successivo si consiglia di ripetere la misura dello spettro in energia del fotone diffuso a zero gradi con *gate* aperto (ed eventualmente anche di qualche altra sorgente radioattiva di calibrazione) in modo da tenere sotto controllo la stabilità della scala di energia.
Dare una spiegazione qualitativa della forma e delle strutture osservate negli spettri registrati.
Giustificare la scelta del tempo di acquisizione dedicato a ciascun punto e dei valori di angolo utilizzati.
- Al fine di separare i vari contributi e misurare il numero di fotoni nei fotopicchi, eseguire un *fit* degli spettri a zero gradi con *gate* aperto usando un “modello empirico” per il segnale e il fondo. L’accuratezza del modello da utilizzare deve essere coerente con l’incertezza ottenibile sulla misura finale: dal caso più semplice di misura dei conteggi in finestre intorno ai fotopicchi senza sottrazione del fondo (valutando l’errore sistematico associato a tale scelta) all’uso delle informazioni a disposizione per la sottrazione del fondo (es. somma di due Gaussiane e funzione empirica per descrivere il resto dello spettro, o Gaussiane più funzioni lineari o esponenziali per il rumore e funzioni a scalino convolute con il modello di risoluzione energetica per le spalle Compton).
- Fit degli spettri raccolti a 10° - 60° , con la risoluzione utilizzata in precedenza.
- *Fit* della relazione teorica tra energia del fotone incidente e diffuso in funzione dell’angolo di diffusione, ed estrazione del valore della massa dell’elettrone con relativa incertezza statistica e sistematica.
- Misura della differenza di energia tra il fotopicco e la spalla Compton a differenti angoli ed estrazione della massa dell’elettrone da tali differenze con relativa incertezza statistica e sistematica. Confronto con la misura effettuata al punto precedente.

Punti per discussione quantitativa

- Prima di iniziare l’esperienza stimare un limite massimo per la dose (in Sv) che riceverete dalla sorgente durante lo svolgimento dell’esperienza.

- Differenze qualitative rispetto all'esperienza originaria di Compton.
- Perché l'esperienza viene effettuata con fotoni γ e non con fotoni visibili o X?
- Stimare la probabilità che l'elettrone fuoriesca dallo scintillatore plastico, e che il fotone diffuso venga totalmente assorbito oppure subisca diffusione Compton e fuoriesca dallo scintillatore plastico o dal cristallo. Discutere la scelta dei materiali per lo scintillatore bersaglio e per quello usato per rivelare il fotone diffuso.
- Per quale angolo di diffusione l'energia cinetica acquisita dall'elettrone nella diffusione non è sufficiente per estrarlo dall'atomo a cui è legato? (L'energia di legame dell'orbitale K del carbonio è 0.277 keV).
- Scelta del punto di lavoro: ritardi, soglie e tensioni di alimentazione per i fotomoltiplicatori utilizzati, larghezza del segnale di *gate*, distanza del bersaglio e del cristallo dalla sorgente. Errore introdotto nella misura dalla scelta del punto di lavoro. Ha rilevanza la scelta della soglia per lo scintillatore plastico e per il cristallo?
- Discussione della differenza tra gli spettri raccolti utilizzando il segnale di *trigger* o meno.
- Determinazione del numero di conteggi adeguato per la misura.
- Effetti causati da fotoni ed elettroni dovuti ad interazioni Compton nella schermatura e nei collimatori.
- Stima dell'errore sistematico totale sulla misura della massa dell'elettrone e sua sorgente principale.

Procedure

ACCENSIONE

Accendere il rack NIM con l'interruttore a destra. Per accendere l'alimentatore di alta tensione occorre spostare la levetta in basso sulla posizione "reset": se è la prima volta che si alimenta un rivelatore (o se è stato sostituito) impostare le tensioni di "preset".

ACQUISIZIONE

Accendere il PC, autenticarsi come utente "studenti" con password "lab4b4" ed avviare il programma di acquisizione "N957".

