

CONTATORI GEIGER E DISTRIBUZIONE DI POISSON

SCOPO:

- 1) Studio della distribuzione statistica delle misure di conteggio di decadimenti radioattivi.
- 2) Confronto statistico di misure di decadimenti radioattivi svolte con diversi strumenti e in diverse condizioni

MATERIALE:

contatori di Geiger-Müller (programmabili)
sorgente radioattiva (reticella per lampade a gas, con attività molto bassa)

INTRODUZIONE

Il tubo di Geiger-Müller è un rivelatore sensibile alla radiazione ionizzante prodotta nel decadimento radioattivo. Il processo di decadimento radioattivo di un nucleo è un fenomeno, descritto dalla meccanica quantistica, durante il quale un nucleo (A, Z) si trasforma, emettendo nel contempo particelle alfa (*radiazione alfa*: le particelle alfa sono nuclei di ${}^4\text{He}$, cioè sono costituite da due neutroni e due protoni) o elettroni (*radiazione beta*) o fotoni (*radiazione gamma*: la radiazione gamma è radiazione di tipo elettromagnetico, molto più energetica della luce visibile, emessa sotto forma di quanti detti *fotoni*).

Un contatore di Geiger-Müller è un rivelatore che conta il numero di radiazioni (alfa, beta o gamma) che attraversa il suo volume sensibile. Esso è costituito da un tubo riempito di gas e provvisto di due elettrodi che servono a creare un campo elettrico all'interno del tubo stesso. Quando la radiazione attraversa il gas contenuto nel tubo lo ionizza producendo così una scarica elettrica: si dice che il rivelatore ha registrato un conteggio.

In assenza di una specifica sorgente radioattiva il tubo di Geiger-Müller registra i conteggi dovuti alla radioattività dell'ambiente in cui esso si trova (o meglio, come già detto, quella parte di radiazione che, emessa dalla sorgente, attraversa il volume del tubo): si parla del *fondo* di conteggi ambientale. Quando utilizzato per la misura della radioattività di una sorgente il rivelatore misura, ovviamente, sia la radiazione emessa dalla sorgente sia la radiazione di fondo che non può essere in alcun modo

eliminata. Per potere valutare il conteggio netto dovuto alla radioattività della sorgente è necessario effettuare due misure: una in assenza della sorgente (misura di fondo) ed una in presenza della sorgente (misura di sorgente). Il conteggio netto dovuto alla sorgente è ottenuto per sottrazione tra le due misure (ovviamente le due misure devono essere fatte nello stesso luogo poichè la radioattività di fondo cambia da ambiente ad ambiente).

La posizione reciproca di sorgente e rivelatore determina la percentuale di radiazione che, emessa dalla sorgente, va a colpire il rivelatore (ed è da esso registrata). **Per questo motivo nel corso di una misura sorgente e rivelatore non devono essere mai spostati.**

Il tubo di Geiger-Müller non registra tutta la radiazione che lo colpisce ma solo quella che ha una certa energia minima (energia minima che è differente a seconda del tipo di radiazione). Per questo motivo non è possibile risalire in modo diretto dal numero di conteggi di sorgente per unità di tempo registrati dal rivelatore al numero di decadimenti per unità di tempo della sorgente (*attività* della sorgente). Il parametro di conversione che consente di passare dall'uno all'altro è detto *efficienza* del rivelatore e deve essere determinato mediante apposite misure con sorgenti calibrate (sorgenti di cui sia nota l'attività). Questo problema non viene affrontato nella presente esperienza. Tuttavia per poter confrontare i conteggi di due o più rivelatori è necessario conoscere almeno il rapporto tra le loro efficienze, che verrà quindi misurato nell'prima parte dell'esperienza.

PROCEDURA SPERIMENTALE

Scopo di questa esperienza è di studiare quale è la distribuzione statistica che descrive il fenomeno del decadimento radioattivo. Preliminarmente, si richiede anche di verificare che diversi strumenti siano in grado di rilevare numeri compatibili di conteggi. Si misura con il contatore di Geiger-Müller la radioattività di fondo (radioattività ambientale) e la radioattività di una sorgente (in questo caso una reticella per lampade a gas che è fatta di un materiale che contiene tracce di sostanze radioattive di origine naturale), procedendo nel seguente modo:

Verifica e calibrazione dell'apparato sperimentale: poiché in linea di principio diversi rivelatori possono avere efficienze diverse, è necessario confrontare i conteggi registrati dagli strumenti nella stessa posizione. Sfruttando il fatto che il fondo radioattivo è un **fenomeno casuale**, e quindi non ci si aspettano direzioni o posizioni del rivelatore per cui i decadimenti possano essere diversi dalla media, possiamo svolgere tre misure simultanee in posizioni vicine. Alternativamente, poiché sempre per la casualità degli eventi non ci si aspettano momenti in cui i conteggi siano diversi dalla media, potremmo anche posizionare i rivelatori nella stessa identica posizione e ripetere la misura in momenti diversi. Per motivi di tempo preferiremo seguire la prima procedura.

I contatori sono collegati a dei PC. Il collegamento viene effettuato tramite HyperTerminal. I risultati delle misure sono quindi disponibili in formato elettronico (file ASCII) e possono essere analizzati.

Si posizionano i tre contatori in punti vicini. Nel provare il funzionamento dello strumento, si esegue una breve serie di misure di 10 s che fornisca un'idea approssimata del numero di conteggi. In base a questo numero si programma una serie più lunga, costituita da un numero sufficiente di misure di 10 secondi affinché l'errore statistico sia dell'ordine del 1%.

Al termine di questa serie si possono confrontare i valori medi μ_i ottenuti con i tre strumenti e verificare la reciproca compatibilità. Qualora tale compatibilità non sia piena, si può fare l'ipotesi che i contatori abbiano efficienze leggermente diverse. Di conseguenza si possono calcolare i fattori di conversione e_i tali per cui, moltiplicando e_i per μ_i si ottengono tre valori compatibili.

Misura del fondo ambientale eseguita con diversi contatori: in questo secondo punto si studiano con precisione le caratteristiche della distribuzione statistica dei decadimenti. Si posizionano i tre contatori in punti diversi della stanza e li si programmano per effettuare due gruppi di misure: in un primo gruppo si registrano ancora per ~100 volte il numero di conteggi misurati dal contatore in un intervallo di tempo di 10 s; in un secondo gruppo si registrando per ~100 volte il numero di conteggi misurati in un intervallo di tempo di 1 min. Alla fine delle due serie di misure con i tre contatori, si effettuano le seguenti analisi: (a) per ciascun contatore, e per ciascuna serie, si determina se le misure obbediscono ad una distribuzione di Poisson, estraendo quindi valori di $\mu^{(10s)}$ e $\mu^{(1min)}$. (b) Per ciascun contatore, si stabilisce se i valori di μ scalano secondo la relazione attesa. (c) Infine si stabilisce se i valori di μ determinati dai diversi contatori sono compatibili.

Misura di sorgente: se almeno due contatori misurano il fondo ambientale in maniera compatibile, è possibile utilizzarli per la misura con la sorgente. Si lascia uno dei due contatori nella posizione in cui si trovava. Si posiziona la sorgente vicino all'altro contatore. Si impostano i due in maniera tale che registrino, nell'intervallo fra due turni di laboratorio in due giorni consecutivi, per ~1000 volte il numero di conteggi misurati in un intervallo di tempo di 1 min (**durante la misura, ovviamente, sorgente e rivelatore non devono essere mai spostati**). Quindi si confrontano i risultati ottenuti con i due contatori. E' possibile rilevare un eccesso significativo di conteggi, dovuto alla presenza della sorgente ?

NOTE

- Per confrontare le distribuzioni attese con quelle misurate utilizzare il test del χ^2 . Giustificare i risultati ottenuti.

- Nel caso in cui si possa ben approssimare la distribuzione di Poisson con la Gaussiana, si sfrutti tale fatto.