

Misure di spettroscopia alfa

Contents

1	Programma di acquisizione	4
2	Parte I: caratterizzazione ed ottimizzazione dei rivelatori	4
2.1	Accensione del rivelatore	4
2.2	Scelta della V_{bias} ottimale	5
2.3	Forma del segnale in uscita dal rivelatore	6
2.4	Calibrazione energetica del rivelatore	6
2.4.1	Risoluzione vs. Energia e Fattore di Fano	7
3	Parte II: Misure di spettroscopia alfa	7
3.1	Misura del rate di aspirazione della pompa	7
3.2	Misura della vita media del ^{222}Rn	8
3.3	La misura della vita media del ^{219}Rn	9
3.4	Misura della vita media del ^{218}Po	9
3.5	Misura della vita media del ^{214}Po	10
3.5.1	Misura con metodo della coincidenza	10
4	Parte III: Decadimento α: relazione tra τ e Q-valore	11

Abstract

In questa esperienza si utilizzerà una cameretta da vuoto in cui verranno collocati diversi rivelatori al silicio per effettuare misure di spettroscopia α , ricavando i tempi di dimezzamento di vari isotopi radioattivi. Nell'ultima parte le misure effettuate saranno utilizzate per effettuare confronti con le previsioni di quanto-meccanica per il decadimento α .

WARNINGS

- NON TOCCARE con le dita la parte attiva del rivelatore: usare SEMPRE il “cappuccio” per montare e smontare i rivelatori;
- NON APRIRE la cameretta quando il rivelatore è su BIAS o PULSER: SPEGNERLO sempre prima di aprire;
- Fare rientrare l'aria nella cameretta (posizione VENT) prima di aprirla.
- Chiamare il docente per l'utilizzo delle sorgenti. Qualora non fosse possibile:
 - NON TOCCARE, nè con le dita, nè con le pinzette, la parte attiva della sorgente di ^{241}Am . Maneggiare, con la pinzetta verde dai bordi piatti, dal lato;
 - Quando si ripone la sorgente di ^{241}Am nella scatola, la parte attiva deve essere rivolta verso il basso.
 - Non togliere la spugnetta dal bicchierino in cui è contenuta la sorgente di uranio.
 - Lavarsi le mani dopo che si è maneggiata la sorgente di uranio.

PREMESSA

Basi fondamentali per qualunque misura di fisica sperimentale sono:

- conoscerne lo scopo;
- conoscere le basi fisiche;
- farsi un'idea di come effettuare la misura e di quali strumenti possono essere necessari (rivelatore e catena elettronica di lettura del segnale);

- farsi un'idea di come funzionano gli strumenti che si utilizzeranno, chiedendosi prima di tutto che tipo di segnale/i vogliono in ingresso e che segnale/i rilasciano in uscita (analogico, digitale NIM/TTL). Guardare i manuali;
- ove possibile, prima di far partire la misura, **servirsi dell'oscilloscopio per osservare si segnali** e fare considerazioni preliminari;
- effettuare la misura, prendendo nota di tutte le grandezze che possono servire nell'analisi dei dati successiva;
- analizzare i dati, cercando confronti con previsioni e servendosi di grafici, eventualmente da fittare se esistono relazioni note a priori di cui si vogliono trovare i parametri;
- trarre conclusioni qualitative e quantitative.

1 Programma di acquisizione

L'acquisizione è operata dal modulo **CAEN N957**.

Il programma per avviare l'acquisizione è *N957Demo* che produce in uscita il file *histo.dat*, ovvero un file di testo che riporta il contenuto di ciascun bin. Questo file costituirà quindi il dato da salvare e da analizzare per ciascuna misura, sviluppando programmi:

- per la visualizzazione del relativo spettro energetico;
- per l'analisi del medesimo (posizione, area, risoluzione energetica dei vari picchi).

2 Parte I: caratterizzazione ed ottimizzazione dei rivelatori

2.1 Accensione del rivelatore

Alcune osservazioni prima di accendere il rivelatore:

- prima di cominciare a lavorare sarebbe bene che riguardaste i principi di funzionamento del rivelatore a semiconduttore e della sua catena elettronica di lettura (quali strumenti devono esserci tra il rivelatore e l'acquisizione?).
- Dovete scegliere i rivelatori da usare per le vostre misure. Ce ne sono di tre dimensioni (50, 300, 900 mm²) e di varia età. Iniziate a farvi un'idea, in base alle misure che dovrete fare, di quale possa essere la dimensione che vi può andare meglio, cercando un compromesso tra

necessità di statistica e risoluzione. Provatene eventualmente diversi della stessa dimensione per scegliere quello “migliore”.

- L'accensione di questo rivelatore è decisamente semplice. Fatevi un'idea di come funziona e di quali accortezze vadano seguite osservando il rivelatore e guardando il manuale. Gli strumenti che vi servono per la catena elettronica standard di lettura del segnale ci sono?
- Tenete conto che il rivelatore si trova in una cameretta da vuoto. Come dovete fare per fare il vuoto nella cameretta?
- Il rivelatore va alimentato in regime di polarizzazione diretta o inversa?
- Quali ingressi/uscite ci sono?
- Che tipo di segnali ha in input/output?
- Come potete visualizzare gli impulsi di uscita?
- Come potete visualizzare uno spettro “energetico”?

2.2 Scelta della V_{bias} ottimale

Il rivelatore a semiconduttore, una volta polarizzato nel regime adeguato, può essere ottimizzato, ovvero si può trovare la V_{bias} per cui le sue prestazioni siano migliori.

1. Su cosa influisce la tensione di alimentazione? Ovvero, da cosa capisco che le prestazioni stanno migliorando o peggiorando? Quali sono i parametri interessanti di misura su cui influisce la V_{bias} ?
2. Guardando il manuale della cameretta provate a capire come potete misurare la V_{bias} e la I_{buio} .
3. Che misure potete fare per trovare la V_{bias} ottimale? Ovvero quali sono i parametri che dovete registrare? Quali gli andamenti da analizzare?
4. Che segnale potete usare per fare queste misure?

Svolgere misure specifiche e analizzarle:

trovare la tensione di lavoro ottimale, che userete poi per tutto lo svolgimento dell'esperienza (ciascun rivelatore avrà la sua). Questa scelta influenzerà la qualità di tutte le misure successive.

2.3 Forma del segnale in uscita dal rivelatore

Osservate il segnale in uscita dal rivelatore:

- Che segnale sto osservando e come me lo aspetto?
- Quanto valgono t_{rise} e t_{decay} ? A cosa sono legati?
- Cambiano al cambiare della V_{bias} ?

2.4 Calibrazione energetica del rivelatore

- Cosa riporta sull'asse x lo spettro misurato?
- Come potete fare per legare questa grandezza a quella fisicamente rilevante, ovvero l'energia rivelata?
- Che sorgenti di energia nota potete usare per questa misura?
- La sorgente di uranio, che isotopi contiene e con che abbondanza isotopica? Quali righe vi aspettate di vedere da questa?
- Che differenza c'è nell'usare una sorgente di particelle (avete a disposizione sorgente di ^{241}Am e di ^{238}U) rispetto ad una che fornisce un segnale elettrico di energia nota? (Pensateci a priori e verificatelo con misure)
- Che energie hanno le α emesse dalle due sorgenti?
- Prima di partire con la campagna di misure fatevi un'idea di quale sarà l'energia massima che vorrete misurare e aggiustate il guadagno dell'amplificatore in modo da poterla leggere sfruttando però al meglio la dinamica anche per le altre misure.

Svolgere misure e analizzarle:

per valutare la relazione tra la grandezza osservata nello spettro acquisito (CH) e l'energia (E), e verificare se ci siano differenze tra la misura con sorgente di particelle o con sorgente di impulsi elettronici. Lasciar andare la misura per un tempo sufficiente ad avere abbastanza statistica ai picchi (potrebbe volerci anche qualche giorno).

ATTENZIONE: le sorgenti di particelle potrebbero richiedere tempi di acquisizione differenti per poter avere una statistica sufficiente per ogni picco. Inoltre, è meglio lasciare la pompa in ON o OFF? Pensateci/provate...

*Al termine di questo punto avrete trovato la **curva di calibrazione**, che, in teoria, dovrebbe rimanere la stessa per tutte le misure successive.*

ATTENZIONE: questo è vero se non cambierete tensione di alimentazione e guadagno.

2.4.1 Risoluzione vs. Energia e Fattore di Fano

La risoluzione energetica è un parametro fondamentale per misure di spettroscopia. Non è un parametro costante con l'energia, e in essa entrano in gioco diverse componenti, che hanno andamenti con l'energia differenti tra loro.

- Quali sono le varie componenti della risoluzione energetica?
- Che andamento hanno con l'energia?
- Cos'è il Fattore di Fano?
- Quanto vale il Fattore di Fano per il silicio?

Svolgere misure e analizzarle:

per fare considerazioni sulla variazione della risoluzione con l'energia.

3 Parte II: Misure di spettroscopia alfa

Terminata la parte di caratterizzazione e ottimizzazione del rivelatore, potete iniziare con le misure di spettroscopia, da effettuarsi con la sorgente di uranio.

3.1 Misura del rate di aspirazione della pompa

La cameretta ha un sistema di pompaggio dell'aria al suo interno, per farci il vuoto. Può lavorare in modalità PUMP o modalità HOLD. Guardando il manuale provate a capire cosa avviene in pratica nei due casi. In questo punto lo scopo è valutare il rate di aspirazione della pompa, quindi in che modalità lavorerete?

- Cosa succede nella modalità PUMP? Provate a scrivere la relazione che vi dice la variazione di atomi di Rn nel tempo nella cameretta dN_{Rn}/dt , tenendo conto dei vari fattori che entrano in gioco per la loro produzione e per la loro scomparsa nel caso di misure in PUMP (non dimenticate il rate di aspirazione della pompa!). Ricavate da questa l'espressione per l'andamento dell'attività nel tempo.
- Vi consiglio di fare una campagna di misure di almeno 24h.

- Dovete fare misure di variazioni nel tempo...come dovrà essere organizzata la misura? Una singola misura lunga a sufficienza vi dà le informazioni che vi servono?

Svolgere misure e analizzarle:

graficare e fittare l'andamento dell'attività nel tempo. Valutare da questi fit i parametri incogniti, tra cui il rate di aspirazione della pompa.

3.2 Misura della vita media del ^{222}Rn

Prima di partire con le misure fate alcune considerazioni:

- Chi è il capostipite della catena a cui appartiene questo isotopo?
- Chi è il progenitore del ^{222}Rn ?
- Qual è la vita media del ^{222}Rn ?
- Cosa si intende per attività di una sorgente?
- Cosa si intende per raggiungimento dell'equilibrio? Tenendo conto della durata del laboratorio e guardando alla catena di decadimento a cui appartiene il ^{222}Rn , a quale equilibrio può arrivare tale isotopo lasciando la sorgente nella cameretta a far accumulare gas per un numero di giorni ragionevole? In che modalità v'è fatta questa misura? PUMP o HOLD?
- Che attività vi aspettate che raggiunga all'equilibrio il ^{222}Rn ?
- Cosa succede nella modalità HOLD? Provate a scrivere la relazione che vi dice la variazione di atomi di Rn nel tempo nella cameretta dN_{Rn}/dt , tenendo conto dei vari fattori che entrano in gioco per la loro produzione e per la loro scomparsa nel caso di misure in HOLD. Ricavate da questa l'espressione per l'andamento dell'attività nel tempo.
- Le considerazioni per la cameretta in HOLD valgono nell'ipotesi in cui la cameretta non abbia rientri d'aria...dovrete fare in modo di ridurli il più possibile. Potete verificare se rientra l'aria? Cosa comporta nello spettro il rientro d'aria?
- Dovete fare misure di variazioni nel tempo...come dovrà essere organizzata la misura? Una singola misura lunga a sufficienza vi dà le informazioni che vi servono?
- Affinchè il ^{222}Rn raggiunga l'equilibrio con il suo progenitore, per quanto deve andare la misura?

Svolgere misure e analizzarle:

osservare lo spettro e i picchi che si ottengono per evidenziare eventuali anomalie rispetto alle attese. Graficare e fittare l'andamento dell'attività nel tempo. Valutare da questi fit i parametri incogniti, tra cui la vita media del ^{222}Rn e la sua attività all'equilibrio.

3.3 La misura della vita media del ^{219}Rn

Prima di procedere fate considerazioni sulla base della vita media tabulata e di quella dei suoi progenitori.

- Se fate la misura analoga a quella fatta per il ^{222}Rn cosa vi aspettate? Provate
- Osservate quello che ottenete, torna con quello che vi aspettavate? Se non torna, provate a capire perchè.

3.4 Misura della vita media del ^{218}Po

Una volta terminata la lunga misura precedente, potete approfittare del fatto che la cameretta è ora abbastanza contaminata dei figli del ^{222}Rn , per fare la misura della vita media del ^{218}Po . Prima di partire con le misure fate alcune considerazioni:

- Chi è il capostipite della catena a cui appartiene questo isotopo?
- Chi è il progenitore del ^{218}Po ?
- Qual è la vita media del ^{214}Po ?
- Se ora che togliete la sorgente, rifate il vuoto e mettete in HOLD, cosa vi aspettate succeda?
- Provate a scrivere la relazione che vi dice la variazione di atomi di ^{218}Po nel tempo nella cameretta dN_{Rn}/dt , tenendo conto dei vari fattori che entrano in gioco per la loro produzione e per la loro scomparsa. Ricavate da questa l'espressione per l'andamento dell'attività nel tempo.
- Dovete fare misure di variazioni nel tempo...come dovrà essere organizzata la misura? Una singola misura vi dà le informazioni che vi servono?
- Che campionamento e che durata vi conviene per questa misura?

Svolgere misure e analizzarle:

graficare e fittare l'andamento dell'attività nel tempo. Valutare da questi fit i parametri incogniti, tra cui la vita media del ^{218}Po .

3.5 Misura della vita media del ^{214}Po

- Chi è il capostipite della catena a cui appartiene questo isotopo?
- Chi è il progenitore del ^{214}Po ?
- Qual è la vita media del ^{214}Po ?
- In quanto tempo raggiunge l'equilibrio e con chi?

Utilizzare le misure svolte nel punto misure e analizzarle per graficare e fittare l'andamento dell'attività nel tempo del ^{214}Po . Valutare da questi fit i parametri incogniti, tra cui la vita media del ^{214}Po . Cosa ottenete? È in accordo con quello che vi aspettavate?

3.5.1 Misura con metodo della coincidenza

Come avrete notato, nella valutazione precedente non avete ottenuto esattamente la vita media del ^{214}Po . Per poterla valutare in modo corretto si può sfruttare la ricerca della coincidenza β - α .

Scopo: andare a misurare lo spettro non più energetico, ma temporale, dei segnali dovuti al decadimento del ^{214}Po , per ricavare dalla sua analisi il tempo di decadimento. Dovrete lasciare come prima la sorgente nella cameretta, facendo il vuoto e mettendo in HOLD.

Progettazione della misura in coincidenza:

- Qual è la vita media del ^{214}Po ?
- Che andamento temporale vi aspettate di osservare per questo decadimento?
- Bisogna trovare un modo per selezionare solo (**idealmente**) gli eventi di interesse: per questo si usa la coincidenza. Osservate la catena relativa al ^{214}Po , qual è il decadimento β che conviene usare per cercare la coincidenza con gli eventi α del decadimento del ^{214}Po ?
- Che tempo ha questa coincidenza?
- Che energie hanno gli eventi *alpha* e quelli β che vorreste selezionare?
- È necessario trovare un modo per:
 1. Selezionare eventi α con l'energia del decadimento del ^{214}Po ;
 2. Selezionare eventi β con l'energia del decadimento che avete scelto per la coincidenza;

3. Trovare un modo per convertire in ampiezza la distribuzione temporale tra due eventi coincidenti;
 4. Acquisire questi tempi;
- Guardate il manuale dell'oscilloscopio. Vi permette di selezionare eventi con una certa energia e di utilizzare questa selezione come input per un modulo elettronico successivo? Che tipo di output è?
 - Quale modulo elettronico a disposizione può convertire una separazione temporale tra due segnali in un'uscita in ampiezza?
 - Che tipo di input vuole? Che tipo di output rilascia? Serve conversione di formato in qualche punto?
 - Perché sopra ho scritto **idealmente**? Cosa può comportare questo nello spettro acquisito?

Prima di iniziare la misura avrete bisogno di calibrare il vostro modulo che converte intervalli temporali in ampiezze in uno spettro acquisito.

Progettazione della misura di calibrazione:

- Che significa in pratica fare questa calibrazione? Come potete farlo?
- Avete a disposizione un modulo che possa darvi intervalli temporali noti con cui fare la calibrazione?
- Come funziona?
- Che tipo di input vuole e che tipo di output dà? Serve conversione?
- Come potete essere sicuri che gli intervalli temporali che date siano davvero quelli attesi? (il modulo non è molto preciso)

Effettuare misure di calibrazione ed analizzarle per trovare la curva di calibrazione.

Una volta effettuata la calibrazione potete procedere con la misura di coincidenza.

Effettuare misure in coincidenza e analizzarle per ricavare la vita media del ^{214}Po . Torna con le aspettative?

4 Parte III: Decadimento α : relazione tra τ e Q-valore

La teoria quanto-meccanica del decadimento α prevede una relazione tra il Q-valore del decadimento e la sua vita media τ . Provate a vedere se il valore

previsto teoricamente è in accordo con quello misurato sperimentalmente
(non sono necessarie misure ulteriori). s