

Misure di interazione di particelle alfa ed
esperimento di Rutherford

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	5
2.4	Calibrazione energetica del rivelatore	6
2.4.1	Risoluzione vs. Energia e Fattore di Fano	6
3	Parte II: Interazione delle particelle α con la materia	7
3.1	Misura dello strato morto del rivelatore	7
3.2	Misura di Range e della curva di Bragg	8
3.3	Misura di Scattering Rutherford su oro e su alluminio	8

Abstract

In questa esperienza si utilizzerà una cameretta da vuoto in cui verranno collocati diversi rivelatori al silicio per effettuare studi di interazione di particelle alfa con la materia, tra cui il range in aria e la curva di Bragg. Nell'ultima parte si tenterà di riprodurre l'esperimento che condusse Rutherford a comprendere la struttura dell'atomo.

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.
- NON USATE l sorgente di uranio nella vostra cameretta, rischia di compromettere l'esito delle misure.
- 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.

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 quali possano essere le dimensioni che vi possono servire. Provatene poi diversi per scegliere quelli "migliori".

- 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 per 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?
- Che differenza c'è nell'usare una sorgente di particelle rispetto ad una che fornisce un segnale elettrico di energia nota? (Pensateci a priori e verificatelo con misure)
- 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.

CONSIGLIO: per non contaminare la cameretta con nuclidi radioattivi che possono compromettere le misure successive NON utilizzate la sorgente di ^{238}U .

*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?

Non sono richieste misure.

3 Parte II: Interazione delle particelle α con la materia

3.1 Misura dello strato morto del rivelatore

I rivelatori al silicio hanno uno “strato morto”. **Scopo** di questo punto è svolgere misure atte a valutarne lo spessore nel rivelatore in uso.

- Cosa si intende per strato morto?
- In che modo influenza le misure?
- Quanto vi aspettate che sia? (fate qualche ricerca per i rivelatori in uso)

Provate a pensare a come misurarlo.

SUGGERIMENTI:

1. Pensando al percorso della particella alfa dalla sorgente al rivelatore, quanti e quali materiali attraversa? Che equazione potreste scrivere per tener conto di tutte le possibili deposizioni di energia nel suo percorso?
2. Come dipendono dall'angolo queste deposizioni?
3. Come si esprime la deposizione di energia delle α in funzione del percorso in un materiale?
4. Quanto vale il potere frenante di un α da ~ 5 MeV in silicio? E in aria?
5. La deposizione dell' α in aria dipende dalla pressione? Se sì, fate in modo di poterne tenere conto, verificando in ogni misura la pressione che avete, e facendo in modo che rimanga costante nell'arco della misura stessa.
6. Dei rivelatori che avete a disposizione, quale dimensione è meglio per allestire la misura?
7. Tenete conto che la vostra sorgente non è puntiforme ma è un dischetto con diametro qualche mm. Come potete fare, per ovviare a questo aspetto?

Svolgere misure e analizzarle per ricavare il valore dello strato morto nel rivelatore scelto.

3.2 Misura di Range e della curva di Bragg

Le particelle α mentre attraversano un materiale perdono via via energia fino a fermarsi. Per loro può quindi essere definita una quantità chiamata *Range*, funzione del percorso fatto nel materiale. L'energia che rilasciano per unità di percorso (dE/dx) inoltre varia man mano che rallentano attraversando il materiale.

Scopo di questo punto è la misura del range per particelle di ~ 5 MeV e della loro curva di Bragg.

SUGGERIMENTI:

- Come è definito dal punto di vista operativo il Range per un fascio di particelle alfa? Che legge segue?
- Cos'è la Curva di Bragg? Che andamento vi aspettate per tale curva per un'*alpha* da 5 MeV in aria?
- Dal momento che avete bisogno, per lo meno nella regione prossima al Range, di variare il percorso in modo abbastanza continuo, difficilmente ci potete riuscire in modo geometrico. Vi viene in mente qualche altro modo per variare il “percorso equivalente” della particella?
- Potete misurare la pressione nella cameretta? Come?
- Cercate di avere una discreta statistica per ogni misura.
- Registrate per ogni punto (ovvero per ogni percorso equivalente) tutte le quantità che vi servono per valutare sia il Range che la Curva di Bragg.
- Se voleste avere una risoluzione migliore che rivelatore vi conviene usare tra quelli che avete?

Svolgere misure e analizzarle per ricavare il valore del Range e la curva di Bragg. Confrontare quest'ultima con quella attesa e ricavare il valore del potere frenante in aria alla p_{vuoto} (“il vuoto” della cameretta).

3.3 Misura di Scattering Rutherford su oro e su alluminio

Prima di svolgere questa misura riguardatevi in cosa consiste l'esperimento che portò Rutherford alla scoperta del nucleo, la relazione che esiste tra la sezione d'urto e l'angolo di scattering e tra rate di particelle misurato e

l'angolo di scattering.

Scopo di questo punto è provare a riprodurre, seppur con strumentazione differente, l'esperienza di Rutherford su bersaglio d'oro e su bersaglio di alluminio.

SUGGERIMENTI:

1. Una volta scritta l'espressione del Rate vs. θ , che parametri vi mancano?
2. Trovate un modo per valutare i parametri che vi mancano.
3. La sorgente che avete non è un fascio collimato, vi consiglierei di collimarlo per farlo incidere sul bersaglio
4. L'ideale sarebbe avere una lamina d'oro di 1-2 μm . Quanti atomi incontra la particella nell'ipotesi che attraversi trasversalmente il bersaglio? I fogli che ci sono in lab sono molto molto sottili ($\sim 0.1\mu\text{m}$) e delicati, potrebbe essere difficile ottenere uno spessore di 1-2 μm , cercate di farlo più spesso che riuscite.
5. Provate a fare la stessa misura usando l'alluminio per alimenti. Che spessore ha? Quanti atomi incontra la particella nell'ipotesi che attraversi trasversalmente il bersaglio?
6. Come potete variare l'angolo di osservazione sul rivelatore?

Svolgere misure e analizzarle per ricavare i parametri attesi e l'andamento del Rate registrato in funzione di θ . Provate a fittare la curva del Rate vs. θ per vedere se i parametri ottenuti dal fit vi tornano con quelli attesi in base alla valutazione a priori che avete fatto.