

Esperienza con rivelatori a scintillazione organici  
per la misura della velocità dei muoni cosmici al  
suolo

# Contents

<b>1</b>	<b>Sistema di acquisizione</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Parte I: Ottimizzazione degli strumenti</b>	<b>3</b>
2.1	Accensione degli scintillatori . . . . .	4
2.2	Ottimizzazione impulsi . . . . .	4
2.3	Scelta della tensione di alimentazione degli scintillatori . . . .	5
2.4	Coincidenze accidentali . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Parte II: flusso dei <math>\mu</math> cosmici al suolo</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Parte III: misura della velocità dei <math>\mu</math> cosmici al suolo</b>	<b>6</b>
4.1	Calibrazione strumenti . . . . .	7
4.2	Misure di tempo di volo . . . . .	7
4.3	Allargamento dovuto ai tempi di transito nel rivelatore . . . .	8
4.4	Correzione del tempo di volo per l'Amplitude Walk . . . . .	8
4.5	Correzione della distanza . . . . .	8
4.6	Valutazione della velocità dei $\mu$ . . . . .	8

### Abstract

In questa esperienza si utilizzeranno rivelatori a scintillazione organici, sfruttando la tecnica della coincidenza, per misurare e caratterizzare il flusso dei  $\mu$  cosmici al suolo, e per misurarne la velocità.

## 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 Sistema di acquisizione

Per questa esperienza si utilizza strumentazione CAMAC, dotata di una sua logica di acquisizione. È quindi necessario utilizzare/sviluppare piccoli programmi per l'acquisizione dei segnali dai vari moduli, scritti con linguaggio specifico per tale strumentazione. È disponibile sia in laboratorio che on-line, documentazione per comprenderne i principi base.

## 2 Parte I: Ottimizzazione degli strumenti

**Scopo:** trovare la tensione di lavoro ottimale per gli scintillatori, ovvero quella per cui l'efficienza di rivelazione di ciascuno è massima e il rate contenuto in una regione adeguata a non avere troppe coincidenze accidentali.

Provate a pensare come potreste effettuare questa misura, ovvero come valutare al variare della tensione di alimentazione sia il numero di impulsi registrati (e quindi il rate), sia l'efficienza di rivelazione di ciascuno scintillatore. **Non salire sopra i 2kV!**

### **SUGGERIMENTI:**

- Se provate ad aumentare la tensione cosa succede? Gli impulsi cambiano? Il numero di eventi rivelati cambia? Come?
- L'efficienza è il rapporto tra numero di eventi rivelati e quelli veri, ovvero che hanno effettivamente colpito il rivelatore. Dovete trovare un modo per misurare entrambe le quantità...;
- Conviene pensare ad una configurazione in cui riuscite a fare la misura in contemporanea per entrambi gli scintillatori grossi (sfruttate il fatto di averne altri a disposizione!);
- Guardate i moduli di elettronica che avete a disposizione. Ce ne è uno che permette di “contare” gli impulsi? Che tipo di ingresso vuole?
- Ci sono altri strumenti che vi possono essere utili per la misura?
- Provate a mettere giù uno schema...poi ne parliamo..

## **2.1 Accensione degli scintillatori**

Guardate il manuale dell'alimentatore di alta tensione per capire come usarlo. Prima di accendere:

- come funziona uno scintillatore?
- Gli scintillatori che avete vogliono tensione positiva o negativa?

Per iniziare a visualizzare gli impulsi e ottimizzarne la lettura vi consiglio di impostare temporaneamente gli scintillatori con tensioni di modulo 1.5 kV.

## **2.2 Ottimizzazione impulsi**

1. Leggete i manuali degli strumenti che vi servono... Hanno dei **requisiti per i segnali di ingresso**? Come potete assicurarvi che li soddisfino?

2. Se avete pensato lo schema nel modo corretto sarete arrivati all'idea di fare una misura in coincidenza. Per questo tipo di misure la **“sincronia” tra gli impulsi è fondamentale** e vanno messi in atto alcuni accorgimenti per ottenere la condizione ottimale.

- Cos'è che vi dice quanto devono essere sincroni gli impulsi?
- Avete modo di verificare la loro sincronia?
- Avete modo di modificare, se necessario, la loro temporizzazione relativa?
- Le modifiche che fate alla forma degli impulsi per aumentarne la sincronia, possono influenzare il numero di “coincidenze spurie”? C'è modo di ottimizzare la cosa in modo da tenere minimo il numero di queste coincidenze non volute?

### 2.3 Scelta della tensione di alimentazione degli scintillatori

Una volta che avete chiaro come svolgere la misura e lo schema della catena di lettura, e dopo che avete ottimizzato la forma degli impulsi, siete pronti per **effettuare le misure**.

Ricordatevi di **valutare gli errori!** Che tipo di distribuzione segue la misura dell'efficienza?

### 2.4 Coincidenze accidentali

Quando si effettuano misure in coincidenza si è sempre potenzialmente soggetti a coincidenze accidentali. Cosa sono?

1. Provate a farvi qualche schematizzazione di come, nella vostra configurazione sperimentale, possano avvenire coincidenze accidentali.
2. Qual è il conto che si può fare per valutare il rate di accidentali in una misura di coincidenza? Fatelo.
3. Esiste una procedura sperimentale per misurare il rate di coincidenze sperimentali. Provate a fare qualche ricerca per scoprire come... Poi effettuate la misura e confrontate la valutazione a priori con quella misurata.

---

## 3 Parte II: flusso dei $\mu$ cosmici al suolo

**Scopo:** misura dell'andamento del flusso dei  $\mu$  al suolo,  $\Phi_\mu(\theta)$ , rispetto all'angolo zenitale  $\theta$ .

Prima di pensare alla misura, trovate la risposta per le seguenti domande:

1. I  $\mu$  arrivano al suolo in modo non isotropo. Qual è l'andamento del flusso  $\Phi_\mu$  rispetto a  $\theta$ ?
2. Come è influenzato  $\Phi_\mu$  dal campo magnetico terrestre? Vi aspettate una qualche differenza a seconda dell'orientamento EST/OVEST? (Pensate a chi sono i raggi cosmici primari da cui si generano prevalentemente i  $\mu$ ).
3. Che rate di conteggi vi aspettate per i vari angoli? Tenerne conto per decidere quanto far durare le varie misure.
4. Quanto vi aspettate che siano le coincidenze accidentali in ciascuna configurazione? Se sono alte potreste pensare di misurarle..

**Effettuare misure e analizzarle** per verificare se il flusso misurato è in accordo con le attese.

---

## 4 Parte III: misura della velocità dei $\mu$ cosmici al suolo

**Scopo:** misura della velocità dei muoni cosmici al suolo, da effettuarsi tramite valutazione di *tempo di volo*, e tenendo conto delle correzioni necessarie da apportare ai dati acquisiti.

Provate a **pensare ad un possibile schema** sperimentale per effettuare questa misura. Ci sono diversi aspetti di cui tenere conto per impostarla al meglio.

### SUGGERIMENTI:

- Per valutare la velocità, come scritto sopra, è conveniente misurare il tempo di volo per varie distanze attraversate, e ricavare la velocità a posteriori dal grafico.
- Cosa potete utilizzare per traguardare i  $\mu$  tra start e stop?
- Dal momento che i rivelatori sono attraversati da varie particelle, e inoltre non tutti i  $\mu$  che attraversano S1 passeranno poi anche da S2, se usate semplicemente S1 come start ed S2 come stop, rischiate di dare priorità ad eventi in cui casualmente, ed entro tempi a caso, una particella è passata da S1 ed un'altra poi da S2. Il programma rischia di bloccarsi perchè non arriva niente allo stop entro tempi ragionevoli.

Non è quindi la scelta ottimale. Esiste un'alternativa più efficiente, quale?

- Se introducete tra segnali di start e di stop un ritardo noto, questo è un problema?
- Ricordatevi di quanto avete fatto in precedenza per sincronizzare i segnali e introducete anche qui le dovute precauzioni sul circuito.
- Che strumento avete a disposizione per misurare il tempo tra start e stop? Che tipo di segnali vuole in ingresso/uscita, come funziona? Guardate il manuale.
- Vi dice qualcosa “Amplitude Walk”? Provate a pensare come potete correggere a posteriori (via software) per questo “errore” nella valutazione dei tempi, e come vada modificato lo schema del circuito per acquisire le grandezze che vi servono per la correzione. Cosa vi serve misurare? Con che strumento? Come dovete modificare il circuito?
- Esiste un'alternativa hardware per evitare la correzione a posteriori. Con che strumento? (Ovviamente la prima via è istruttiva e quindi va comunque fatta!)

#### 4.1 Calibrazione strumenti

Prima di partire con la misura della velocità dei  $\mu$  è necessario fare qualche misura preliminare.

Lo strumento che utilizzate per misurare il tempo tra start e stop richiede una **calibrazione**, ovvero la valutazione della relazione che intercorre tra la grandezza che vi restituisce (i canali nello spettro) ed il tempo. Provate a pensare a come si può impostare questa misura (ricordatevi se dispone di qualche impostazione a priori che potete scegliere in base alla scala di tempi che vorrete acquisire nella misura della velocità dei  $\mu$ ).

Fate la misura e analizzate i dati per:

1. valutare questa relazione;
2. valutare quale risoluzione abbia lo strumento e se questa vari con l'ampiezza dell'intervallo temporale che registra. Questa potrebbe influire sulla precisione delle misure successive!

#### 4.2 Misure di tempo di volo

Una volta che avete chiaro lo schema del circuito ed avete calibrato il vostro strumento siete pronti per **effettuare le misure**. Preventivate un numero di punti sufficiente per ricavare poi la velocità dal grafico e impostate tempi

di misura adeguati ad avere abbastanza statistica.

Osservate la distribuzione dei tempi che avete ottenuto per ciascuna configurazione.

- Come sono i picchi? La loro larghezza torna con quella attesa per la sola risoluzione dello strumento?
- Quali sono le componenti che inducono allargamento dei picchi?
- Quali di queste potete valutare sperimentalmente?

### 4.3 Correzione del tempo di volo per l'Amplitude Walk

Scrivere opportuni programmi per sfruttare tutte le informazioni acquisite per applicare la correzione dell'AW ai tempi di volo misurati.

Per le misure in cui avete risolto il problema dell'AW via hardware questa correzione non dovrebbe essere necessaria... È diversa la distribuzione dei tempi nei due casi?

### 4.4 Dispersione dovuta ai tempi di raccolta nel rivelatore

Effettuate qualche misura per valutare quanto allargamento induca il tempo di raccolta differente a seconda del punto di interazione nel rivelatore.

Quanto conta questo effetto sulla risoluzione misurata? Se fosse necessario, potreste trovare un modo per correggere per questo effetto?

### 4.5 Correzione della distanza

In precedenza avete misurato l'andamento di  $\Phi_\mu(\theta)$  ed avete visto che i  $\mu$  non arrivano solo verticalmente, ma anche da altre direzioni. Alla luce di questo, siete sicuri che le distanze che avete attribuito a ciascuna misura di tempo di volo siano corrette?

Scrivendo un codice Monte Carlo potete stimare, conoscendo  $\Phi_\mu(\theta)$  e il vostro sperimentale, qual è la distanza media (e l'errore) per ciascuna configurazione usata nelle misure dei tempi di volo.

### 4.6 Valutazione della velocità dei $\mu$

Una volta applicate le correzioni ai tempi di volo e alle distanze potete valutare la velocità dei  $\mu$  al suolo. Torna con le aspettative?