

Laboratorio di Fisica delle Interazioni Fondamentali  
Università di Pisa

## SCIAMI COSMICI ESTESI

### Introduzione

Nella maggior parte delle altre esperienze si fa la tacita assunzione che la radiazione cosmica sia costituita da particelle singole, il cui arrivo nel rivelatore e' casuale e statisticamente indipendente. Tuttavia, esistono effetti fisici che potrebbero, almeno in linea di principio, causare delle correlazioni - sia in termini temporali (correlazione tra eventi distinti a tempi ravvicinati) che in termini della possibilita' di produzione di piu' particelle simultaneamente in una stessa regione spaziale. Inoltre non e' detto che il flusso si mantenga costante nel tempo; ad esempio, la rotazione terrestre orienta l'apparato verso zone diverse dello spazio nell'arco del giorno siderale; altre cause di variazione temporale sono pure possibili.

Lo scopo di questa esperienza e' la ricerca di tali possibili effetti di correlazione o di non costanza dei flussi nel tempo. A tal scopo si utilizzeranno registrazioni di lunga durata dei tempi di arrivo di particelle cariche, in due distinti sistemi di rivelazione ("telescopi"), distanziati di qualche metro.

### Apparato sperimentale

- Due 'telescopi' per raggi cosmici, costituiti da alcune lastre piane di scintillatore plastico con guide di luce e fotomoltiplicatori, distanziati di alcuni metri.
- Scheda di acquisizione dati (DE0-Nano), che consente sia di registrare segnali digitali che di acquisire segnali analogici, tramite un ADC a 12 bits con 8 inputs multiplexed. Si faccia riferimento alla documentazione fornita a parte per l'uso della scheda. (**Attenzione:** la scheda richiede inputs compresi tra 0 e 3.3V - e' necessaria una conversione di standard elettrici per collegarla ai moduli NIM).
- PC che legge i dati forniti dalla scheda di acquisizione via interfaccia USB, tramite un programma che consente di salvare i dati su un file in formato ASCII per essere successivamente analizzati *off-line* con un programma di propria scelta.
- Modulo CAEN N914 che consente l'amplificazione del segnale e l'integrazione della carica.
- Moduli logici NIM vari, ritardi, e contatori.
- Inverter, utile a rendere positivo il segnale in uscita dal CAEN N914.

**IMPORTANTE:** Il segnale di trigger inviato alla scheda DE0-Nano deve rispettare lo standard *Low Voltage TTL* (0 – 3.3V) per non danneggiare lo FPGA. Utilizzate perciò gli opportuni convertitori TTL-to-NIM e NIM-to-TTL.

### Principali obiettivi da raggiungere

1. Misurare il flusso di raggi cosmici in funzione del tempo per alcuni giorni, e determinare l'esistenza o meno di variazioni, giornaliere o aperiodiche, del flusso.
2. Verificare la possibile correlazione temporale tra arrivi di raggi cosmici in tempi successivi
3. Verificare l'esistenza di arrivi contemporanei nei due telescopi di rivelatore, e caratterizzarne la correlazione temporale, ed eventualmente la frequenza e la variazione giornaliera del flusso, se sufficientemente elevato da rendere possibile la misura. Quando ci siete riusciti, consultate i docenti per ulteriori obiettivi.

## Procedure suggerite

0. Informatevi dal tecnico di laboratorio delle procedure corrette da seguire per operare in sicurezza sul vostro apparato, e seguitene scrupolosamente le indicazioni.
1. Accendete uno per uno i contatori a scintillazione di uno dei due telescopi, e verificate il corretto funzionamento.
2. Ottimizzate una scelta delle alimentazioni di ciascun fototubo, di soglie di discriminazione, e di larghezze temporali degli impulsi, in modo da ottenere una configurazione in cui l'efficienza del telescopio per coincidenze triple sia di almeno il 50% , e la frequenza di triple casuali sia piu' bassa possibile. Annotate tale valori, e le efficienze individuali di ciascun dei tre contatori. Se le frequenze delle triple sono troppo basse, potete alternativamente limitarvi a coincidenze doppie, se con queste riuscite a ottenere prestazioni soddisfacenti.
3. Eseguite la stessa ottimizzazione sul secondo telescopio.
4. Una volta messi a punto i due telescopi, utilizzate una scheda FPGA ("D0-Nano") programmata in modalita' di acquisizione digitale (vedi istruzioni dettagliate della scheda), per iniziare a raccogliere dati per lunghi periodi. Registrare simultaneamente e separatamente i segnali che vengono dai due telescopi, in modo da poterli successivamente analizzare in dettaglio.
5. Analizzando i dati raccolti, estraete misure del rate di eventi in funzione del tempo, in bins temporali di lunghezza opportuna, per entrambi i telescopi. Cercate l'eventuale presenza di variazioni, giornaliere o aperiodiche, del flusso. Decidete se ci sono evidenze statisticamente significative di deviazioni dal comportamento nominale di un flusso costante di particelle incidenti sul vostro apparato.
6. Confrontate i rate di eventi tra i due telescopi: sono in accordo tra loro in termini assoluti? Le loro fluttuazioni temporali risultano essere indipendenti, o mostrano delle correlazioni? Caratterizzate con parametri quantitativi la uniformità, o meno, del flusso. Cercate di interpretare le vostre osservazioni in termini di ciò che sapete sui raggi cosmici.
7. Analizzate ora le distribuzioni degli intervalli temporali tra eventi successivi, in ciascun telescopio. Sono in accordo con un modello di arrivo casuale di particelle completamente indipendenti, o mostrano delle correlazioni temporali ? Ad esempio, si vedono evidenze dell'arrivo di piu' raggi cosmici separati da brevi intervalli temporali ?
8. Confrontate ora i tempi di arrivo tra i due telescopi. Riuscite a vedere evidenza di sciami estesi, che colpiscano entrambi i telescopi in tempi ravvicinati ? In caso affermativo, misurate la frequenza temporale, e studiatene la eventuale dipendenza dal tempo, cosi' come avete fatto in precedenza per gli eventi che colpiscono ciascun telescopio singolarmente.
9. Determinate la distribuzione della differenza temporale tra eventi che colpiscono i due telescopi. Che genere di informazione con significato fisico se ne puo' inferire ?
10. (facoltativo) I dispositivi di rivelazione che usate potrebbero avere delle efficienze di rivelazione che fluttuano nel tempo, anche a causa di variazioni di condizioni esterne (temperatura, tensione alimentazione, ecc.). Implementate una logica che permetta di monitorare in maniera continua nel tempo l'efficienza di rivelazione di ciascun telescopio.
11. Utilizzando l'amplificatore di carica N914, amplificate i segnali dei vostri piani scintillatori di uno dei due telescopi, e dopo aver opportunamente scelto l'uscita OHSUM o OLSUM, utilizzate l'inverter per adattarla all'ingresso di un modulo DE0-Nano in modalita' analogica e cosi realizzare una misura dell'energia rilasciata nei vostri scintillatori. Fate attenzione al timing relativo del segnale rispetto al trigger della acquisizione del ADC.

12. Misurate ora la distribuzione dell'energia rilasciata negli scintillatori di uno dei telescopi, confrontando il caso di eventi che coinvolgono un singolo telescopio, con quelli in cui si e' avuta una coincidenza tra entrambi i telescopi, che si suppongono essere dovuti all'arrivo di uno sciame esteso. Discutete i risultati sulla base di ciò che sapete sui raggi cosmici.