

Caratterizzazione di un rivelatore gamma 4π per lo studio della reazione $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$

Subtitle or Reference, if any

Paolo Pusterla

Università degli Studi di Torino

Novembre 2024



- 1 Introduzione
- 2 Obiettivi della tesi
- 3 Il rivelatore
- 4 Richiami teorici
- 5 L'elettronica
- 6 Caratterizzazione
- 7 Conclusion

- L'esperimento LUNA (Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics) ricrea i processi nucleari che sono avvenuti durante la nucleosintesi primordiale e che avvengono tutt'ora nelle stelle.
- Essendo processi molto rari, un laboratorio sulla superficie terrestre non è adatto per le misure sperimentali di questi, poiché i raggi cosmici maschererebbero il segnale debole atteso.
- Per questo motivo i Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono i luoghi adatti per questi esperimenti: le sale sperimentali in cui si effettuano sono protette e schermate dai 1400 m di roccia del monte Aquila.

- Viene studiata la reazione $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$ del ciclo CNO, determinante per la produzione di neutrini solari.
- La misura della sezione d'urto di questa reazione ha portato alla riduzione di un fattore 2 del flusso di neutrini solari prodotti dal ciclo CNO.
- Ha inoltre permesso di aggiornare la stima dell'età della Via Lattea.

Il ciclo CNO

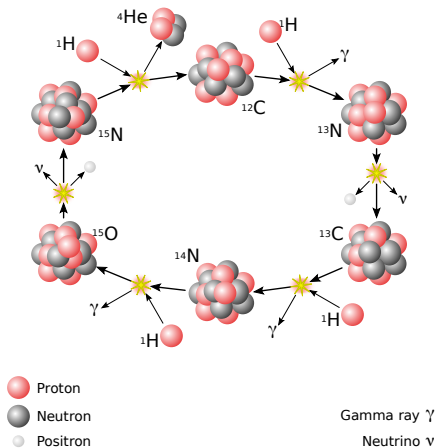


Figure: Ciclo Carbonio-Azoto-Ossigeno

- Il fascio ionico utilizzato nell'esperimento è fornito dall'acceleratore elettrostatico LUNA2 a 400 kV.
- Installato nel 2001, ha soppiantato il precedente acceleratore di 50 kV (utilizzato sino al 2003) e fornisce fasci di ioni molto più intensi e temporalmente stabili.

- L'obiettivo della tesi è quello di caratterizzare in efficienza uno scintillatore 4π utilizzato per la rivelazione di raggi γ nella riproduzione della reazione $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$.
- Include relevant equations, graphs, or figures.

- Lo scintillatore utilizzato è un rivelatore in germanato di bismuto ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$, detto BGO).
- Il cristallo, di forma cilindrica, è otticamente separato in 6 spicchi diversi.
- I fotoni di scintillazione di ciascuno dei 6 segmenti sono rivelati da due fotomoltiplicatori.

Il rivelatore 4π

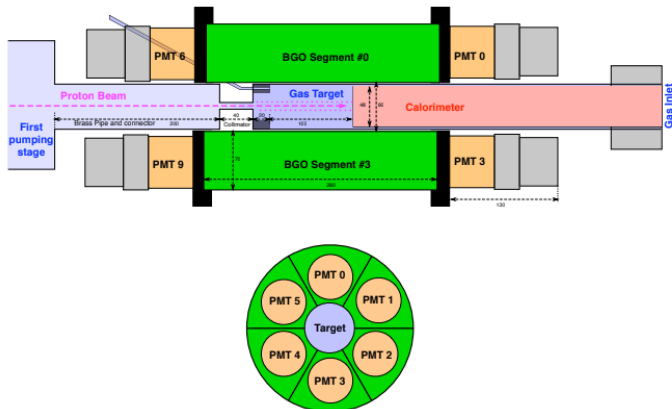


Figure: Rappresentazione schematica del rivelatore BGO. In alto una sezione sagittale, in basso una sezione trasversale.

- La *sezione d'urto* di una reazione nucleare è una grandezza utilizzata per descrivere la probabilità che la reazione avvenga.
- La si può calcolare sperimentalmente come:

- L'efficienza di uno scintillatore è il rapporto tra il numero di conteggi prodotti da esso e il numero di conteggi prodotti dalla sorgente:

$$\varepsilon = \frac{N_{\gamma}}{N_{int}} \quad (1)$$

- Si tratta pertanto di quanti fotoni lo strumento "vede" rispetto al totale
- Invertendo l'equazione possiamo ricavare N_{int} , per poi trovare la sezione d'urto

- Nel caso dei nostri istogrammi, composti da un picco gaussiano centrato su un'energia caratteristica e un fondo di *bremsstrahlung*, l'efficienza si può calcolare nel modo seguente:

$$\varepsilon = \frac{N_{cont.}}{A(t*)\Delta t} \quad (2)$$

dove $N_{cont.}$ è il numero di conteggi del picco gaussiano sottraendone il fondo, $A(t*)$ è l'attività calcolata al momento della misura, Δt è il tempo "vivo" dello strumento.

- Ogni strumento è elettronicamente vincolato a processare il segnale in ingresso
- Questo può richiedere fino a ns
- Un fotone in arrivo durante questo intervallo di tempo non può essere quindi rilevato
- Alla fine della misura verranno osservati meno fotoni di quelli effettivamente giunti allo strumento, perché quest'ultimo è attivo solo per una parte di tempo rispetto al totale della misura.
- L'intervallo in cui lo strumento è attivo e pronto a ricevere nuovi segnali è il *tempo vivo*.

- La caratterizzazione in energia è effettuata utilizzando due sorgenti radioattive: ^{60}Co e ^{137}Cs .

- Il ^{60}Co decade tramite decadimento β^- (99.75%) in ^{60}Ni ed emette due raggi gamma di energie 1.17 MeV e 1.33 MeV.
- Ha il vantaggio di emettere raggi gamma ad alta intensità con un'emivita relativamente lunga di 5.27 anni.
- Trova applicazione nella radioterapia del cancro.

- Il ^{137}Cs decade sempre tramite decadimento β^- .
- Il 94.6% dei decadimenti hanno come prodotto uno stato metastabile del ^{137}Ba .
- Questo stato eccitato emette l'85% delle volte raggi gamma di 661.7 keV decadendo nello stato fondamentale del ^{137}Ba (tutti i raggi gamma provenienti dal ^{137}Cs sono prodotti così).
- Trova applicazione nella calibrazione di strumenti.

- I modi di decadimento degli elementi utilizzati sono
- Schema?? Energie che figurano nel nostro caso

- I dati ricavati sono contenuti in file .root
- Ogni file .root contiene 8 istogrammi, con indici da 0 a 7, di conteggi
- L'istogramma 0 contiene il pulser, utilizzato per calcolare il tempo vivo dello scintillatore
- Gli istogrammi da 1 a 6 sono i singoli spicchi del BGO
- L'istogramma 7 è

METTERE FOTO DI UN ISTOGRAMMA

- La calibrazione viene effettuata sul file `run1775_coinc.root`, con entrambe le sorgenti.
- *Calibrare* uno scintillatore significa trovare il fattore di conversione da **canali** a **energia**.
- Per ogni spicchio del BGO si esegue un fit per trovare il valore dei picchi caratteristici e del picco somma in canali.

METTERE ISTOGRAMMA DEL FILE 1775

- I valori dei picchi vengono graficati contro quelli in energia caratteristici, noti.
- Si effettua dunque un fit lineare per i punti di ciascun istogramma.
- I coefficienti angolari di questi fit sono i fattori di conversione cercati.

METTERE GRAFICI DEI PLOT DELLA CALIBRAZIONE

- Per il calcolo dell'efficienza si possono applicare due metodi diversi
- Il primo metodo è geometrico, il secondo riguarda i parametri del fit sui picchi caratteristici.
- Il metodo geometrico trova applicazione nel cesio, ma poiché il cobalto presenta picchi sovrapposti, non è applicabile a quest'ultimo.

- Summarize the key takeaways from your presentation.
- Mention any future work or open questions.

Thank you!
Questions?