

**Università degli Studi di Bari**  
Dipartimento Interateneo di Fisica  
Dottorato di Ricerca in Fisica XXX ciclo



**Programma di Ricerca**

Misura della sezione d'urto della reazione  $^{18}\text{O}(p, \gamma)^{19}\text{F}$   
(ciclo CNO) a LUNA

Dottoranda: Francesca Romana Pantaleo

Proposta tutore: Dott. Roberto Perrino

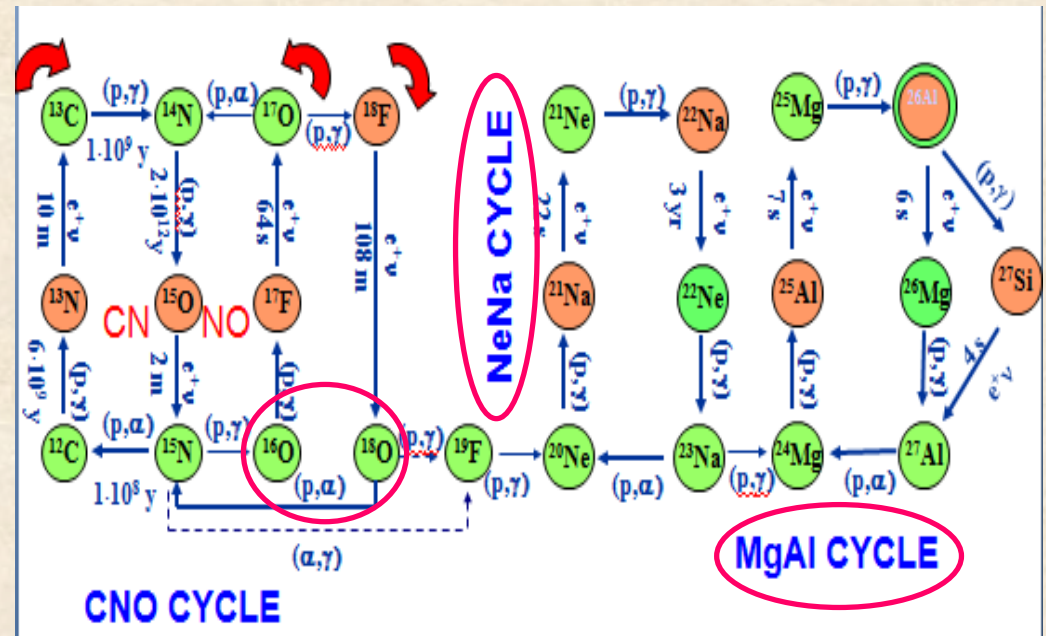
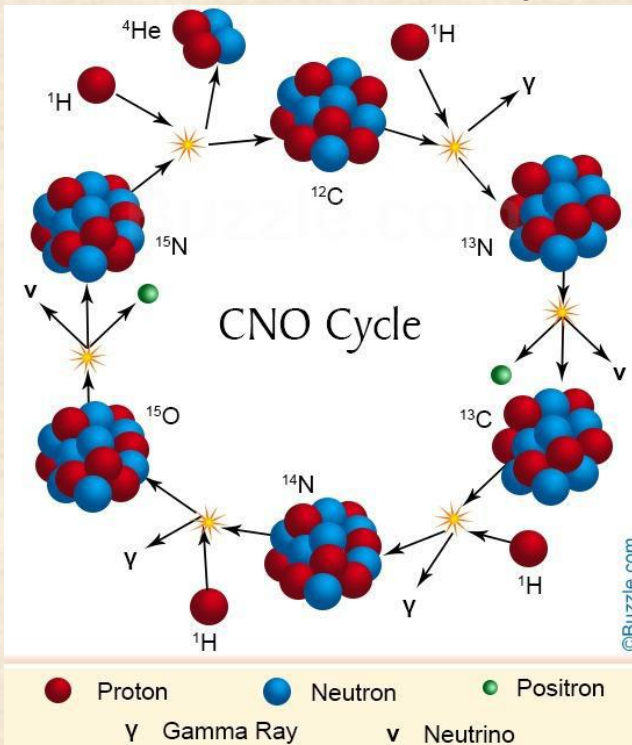
# ESPERIMENTO LUNA

(Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics)

Obiettivo:

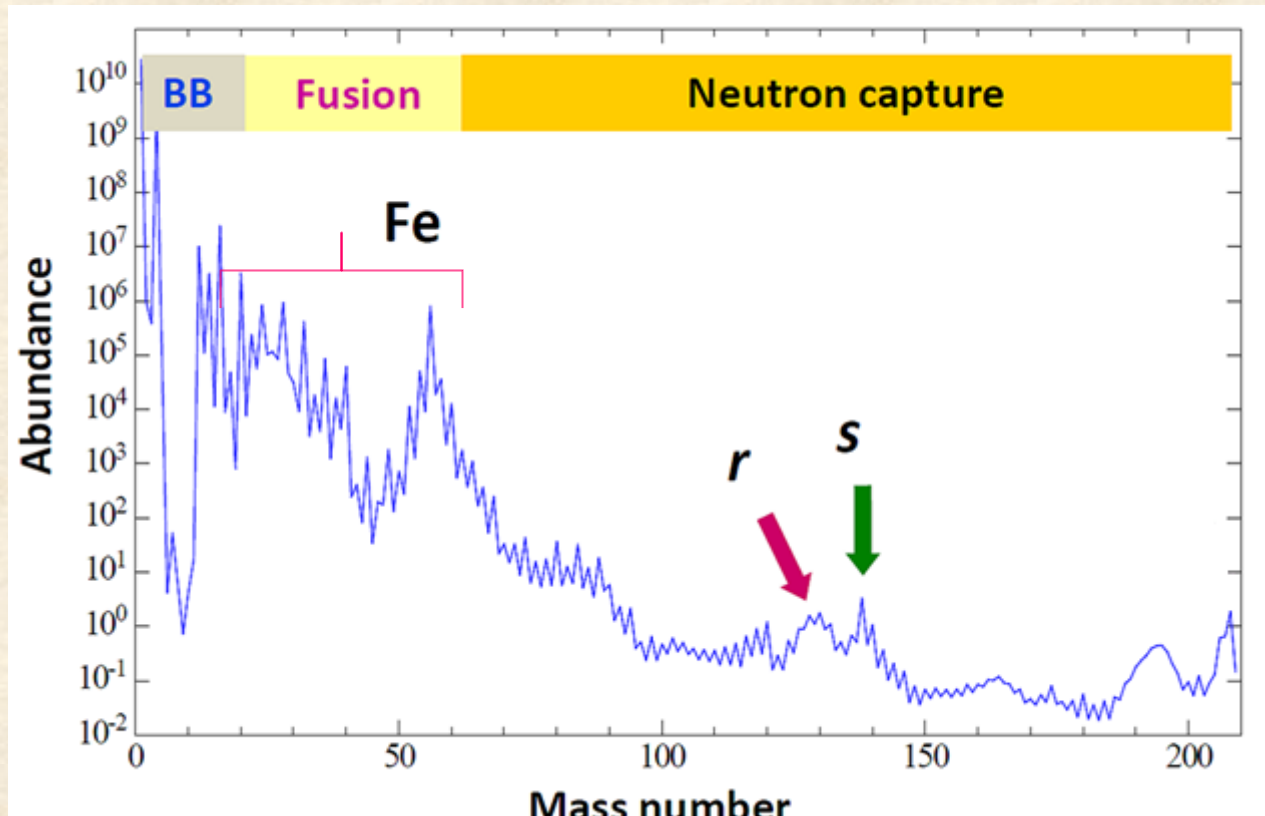


Misura della sezione d'urto della reazione:  $^{18}\text{O}(p, \gamma)^{19}\text{F}$  appartenente al IV ramo del ciclo CNO di interesse per le stelle AGB (Asymptotic Giant Branch) ( $T=0.03-0.1$  GK, e  $0.1M_{\odot} < M < 8M_{\odot}$ ).



# CONSEGUENZE DELLE REAZIONI TERMONUCLEARI

- Ⓢ Produzione di energia nelle stelle,
- Ⓢ Nucleosintesi



# REAZIONI TERMONUCLEARI NELLE STELLE

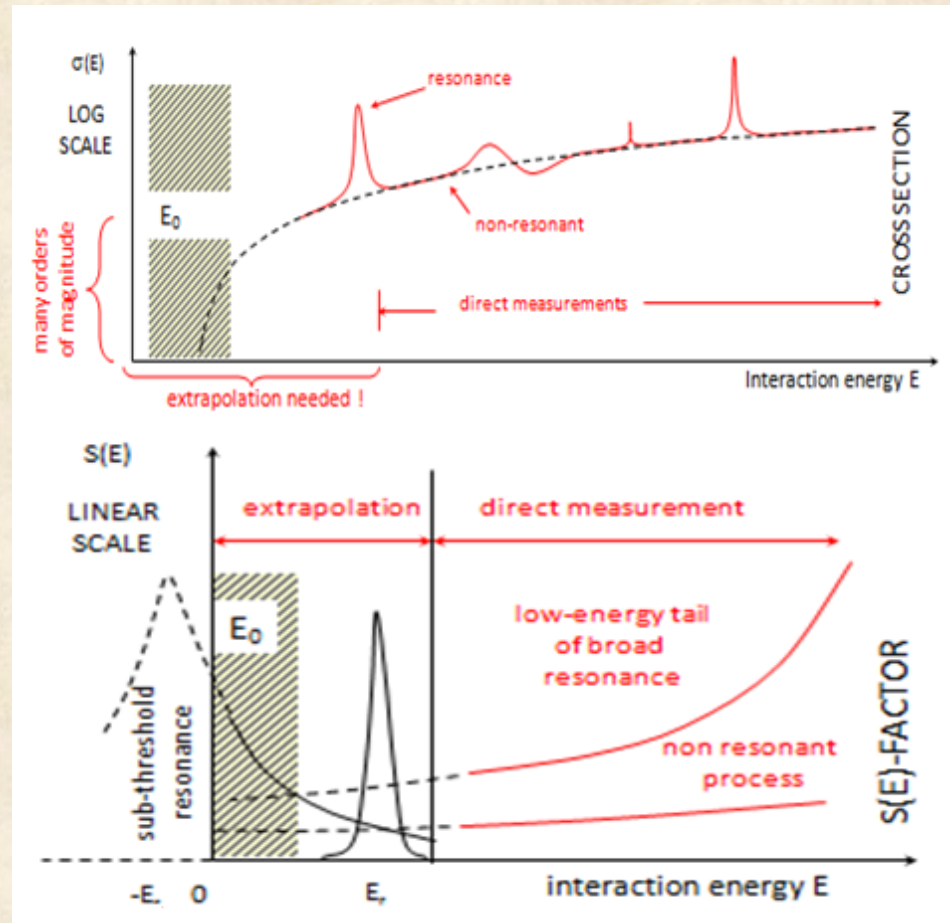
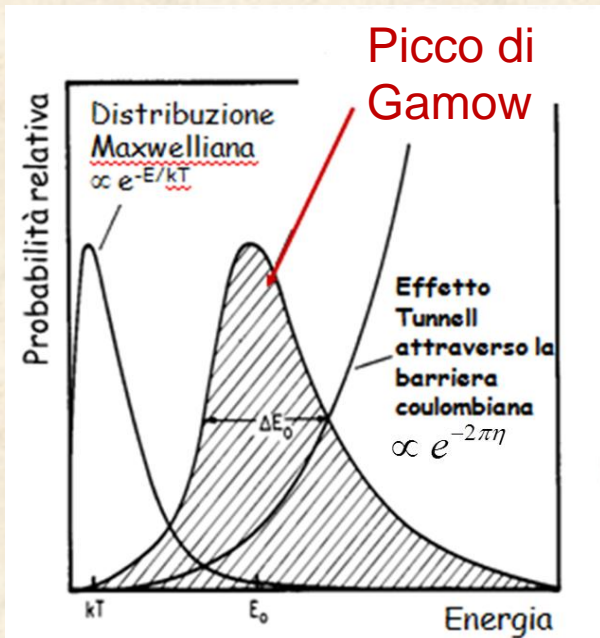
L'esperimento LUNA studia reazioni termonucleari di cattura radiativa alla stessa energia, alcune decine di keV, alla quale esse avvengono nelle stelle.

$$\sigma(E) = S(E) \frac{1}{E} \exp(-2\pi\eta)$$

Fattore astrofisico, legato ad effetti nucleari puri

Sezione d'urto semiclassica

Parametro di Sommerfeld



$$\langle \sigma v \rangle = \sqrt{\frac{8}{\pi\mu}} \frac{1}{(KT)^{3/2}} \int_0^{\infty} e^{-2\pi\eta} S(E) e^{-E/KT} dE$$

dove:

- $\mu$  è la massa ridotta,
- $E$  è l'energia nel centro di massa,
- $S(E)$  è il fattore astrofisico.

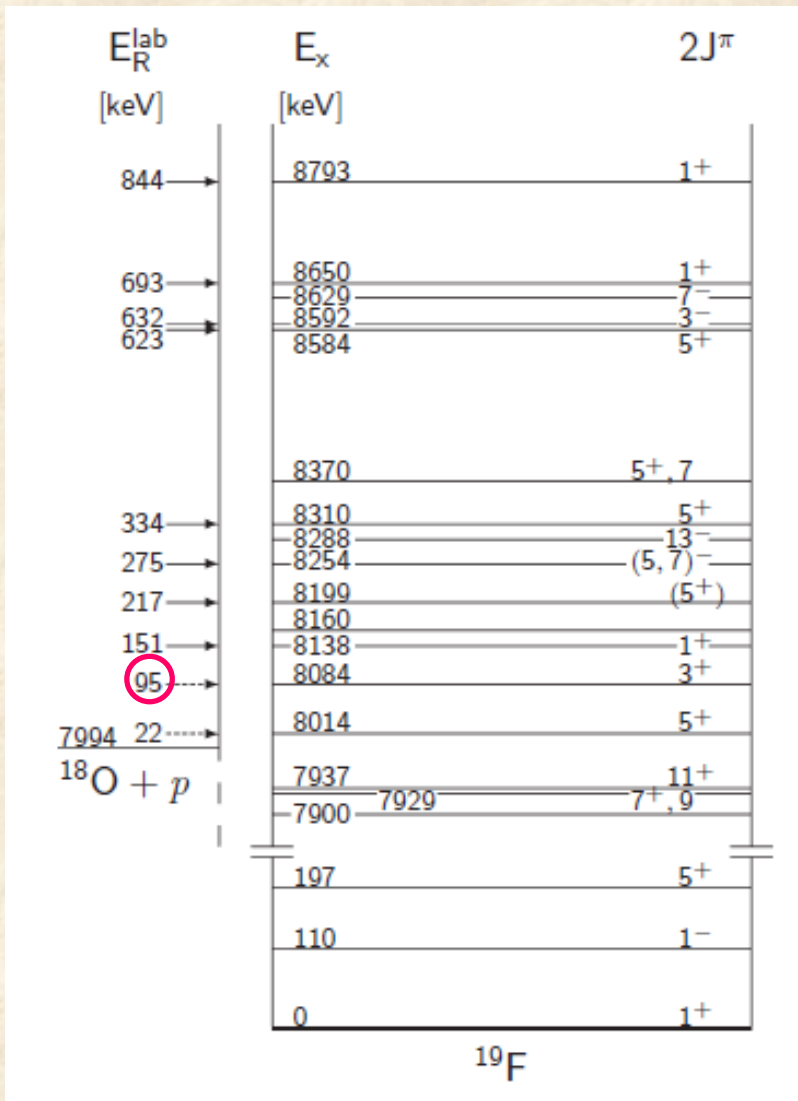


# PERCHE' SI STUDIA LA REAZIONE $^{18}\text{O}(p,\gamma)^{19}\text{F}$ ?

⊗ Chiarire il problema dell'abbondanza isotopica relativa, osservata per gli isotopi stabili dell'ossigeno nell'universo.

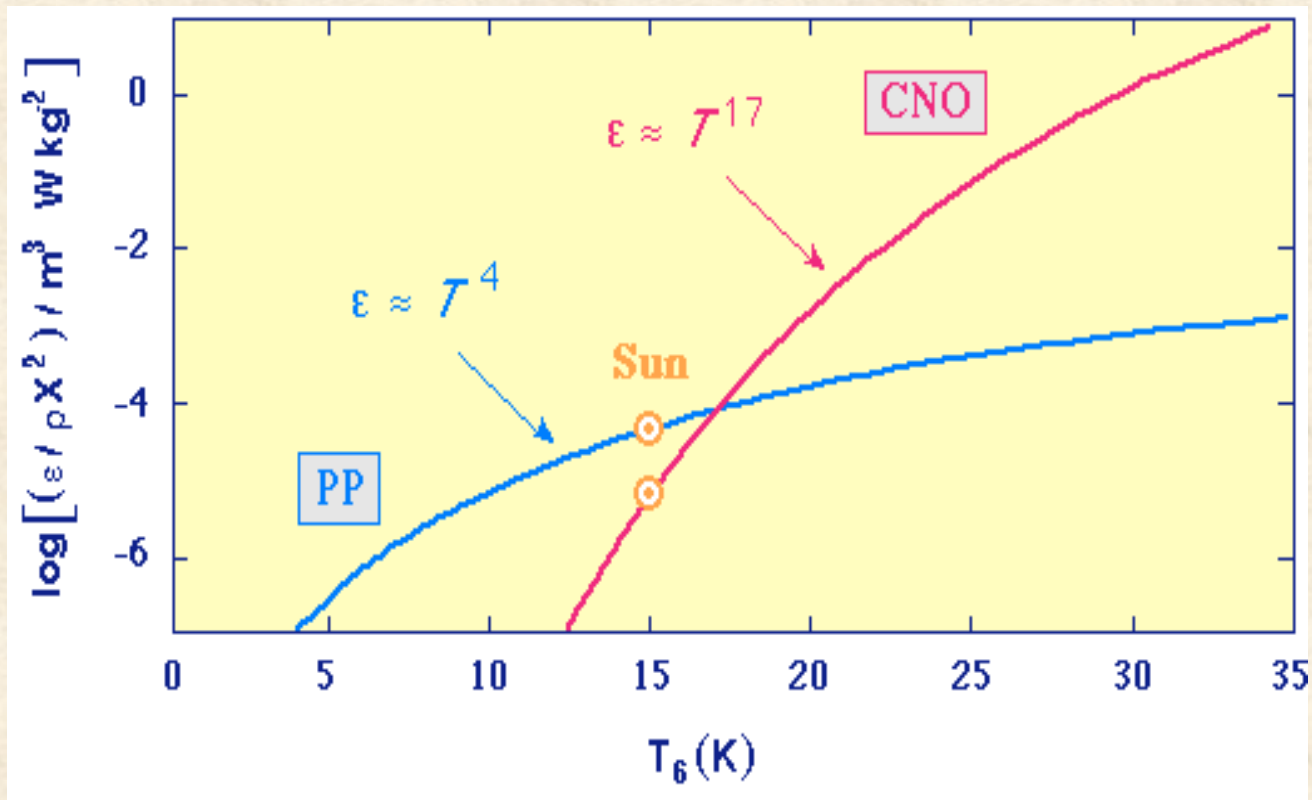
⊗ Sintesi di elementi più pesanti, quali il neon e il sodio (ciclo NeNa), il magnesio e l'alluminio (ciclo MgAl).

⊗ Sfida sperimentale: misurare la risonanza a 95 keV di cui non ci sono dati sperimentali.



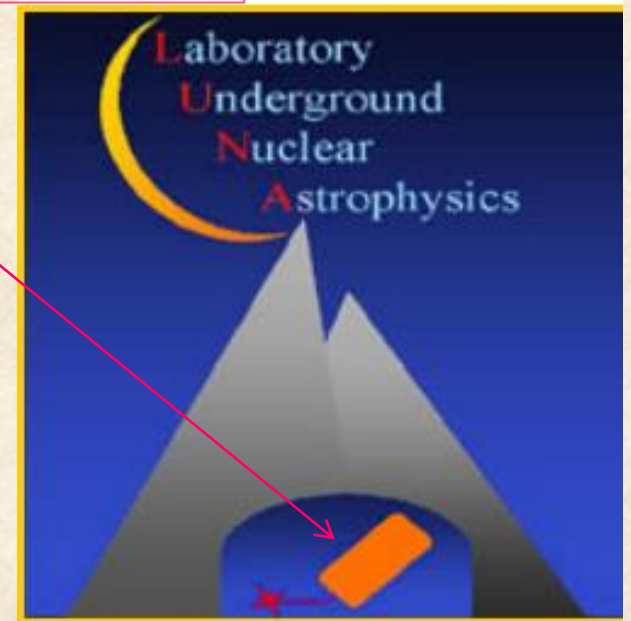
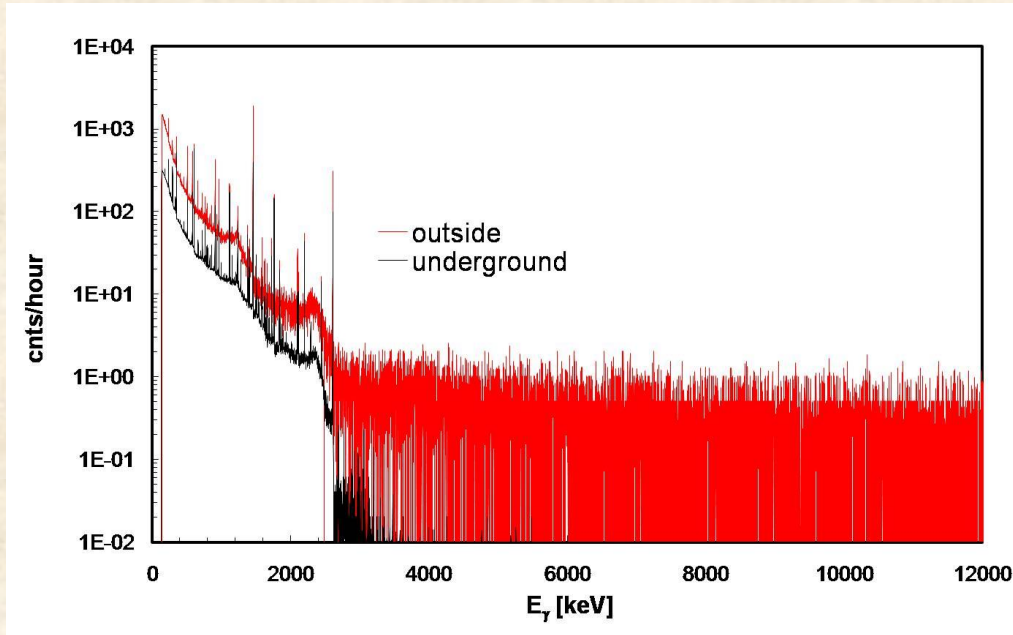
# CICLO CNO: QUALI LE CONDIZIONI AFFINCHE' AVVENGA?

Il ciclo CNO avviene in stelle di massa  $> \sim 1.5 \text{ Mo}$ , a temperature  $\sim 10^8 \text{ K}$ . Carbonio, Azoto e Ossigeno agiscono solo come catalizzatori, ovvero l'abbondanza totale dei nuclei pesanti non cambia durante la fase di bruciamento dell'idrogeno.



# DOVE VENGONO EFFETTUATE LE MISURE DI SEZIONI D'URTO?

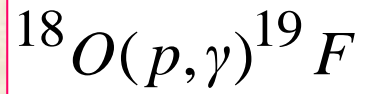
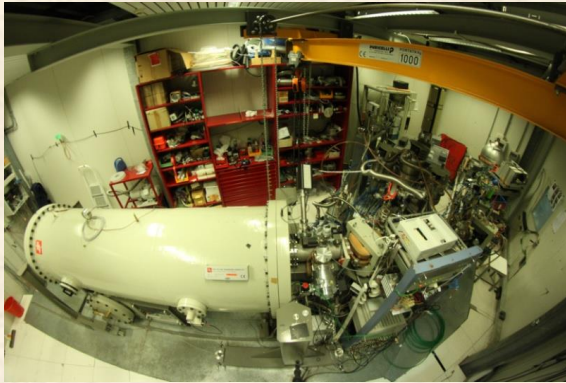
Le misure sono effettuate presso i laboratori sotterranei del Gran Sasso:



Ordine di grandezza del rapporto underground/superficie per le principali sorgenti di background:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu \rightarrow 10^{-6} \\ n \rightarrow 10^{-3} \\ \gamma \rightarrow 10^{-1} \end{array} \right.$$

# APPARATO SPERIMENTALE I fase di misura

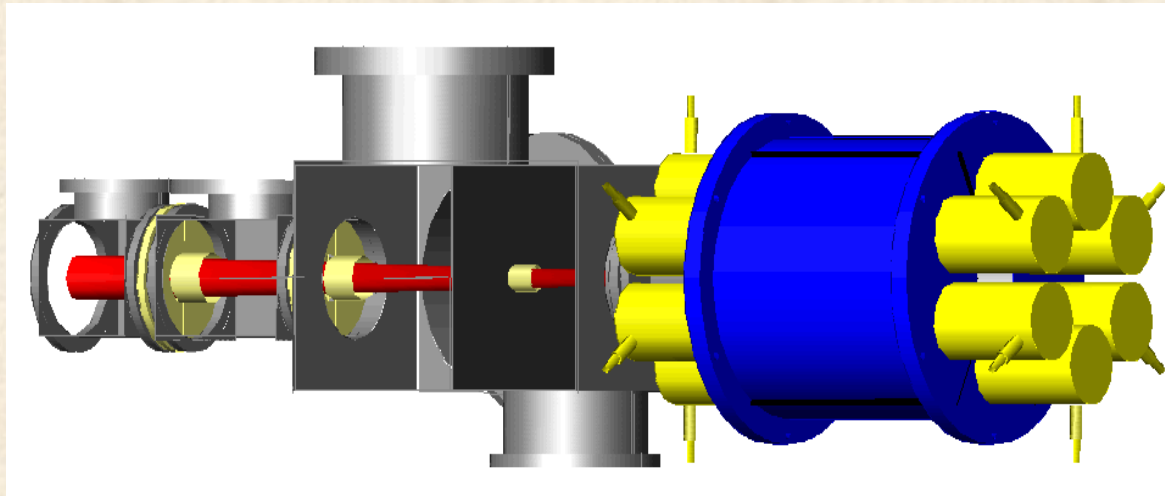


**Acceleratore + Bersaglio solido + BGO**

Ⓢ Acceleratore lineare elettrostatico di protoni da 400 kV (LUNAlI), e 500  $\mu\text{A}$ .

Ⓢ Alta densità  
Ⓢ Composto  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ , isotopicamente arricchito con  $^{18}\text{O}$

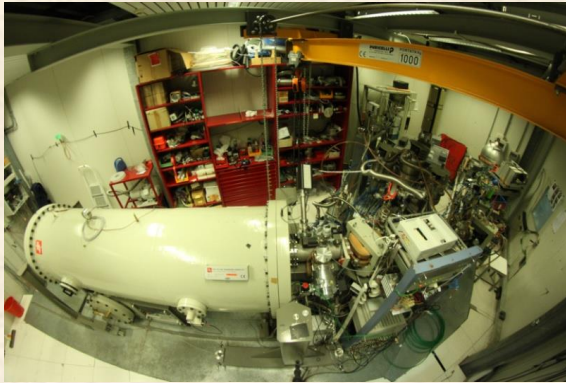
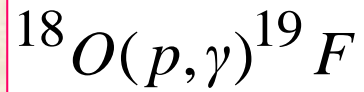
Ⓢ Alta efficienza  
Ⓢ Bassa risoluzione





# APPARATO SPERIMENTALE

## II fase di misura

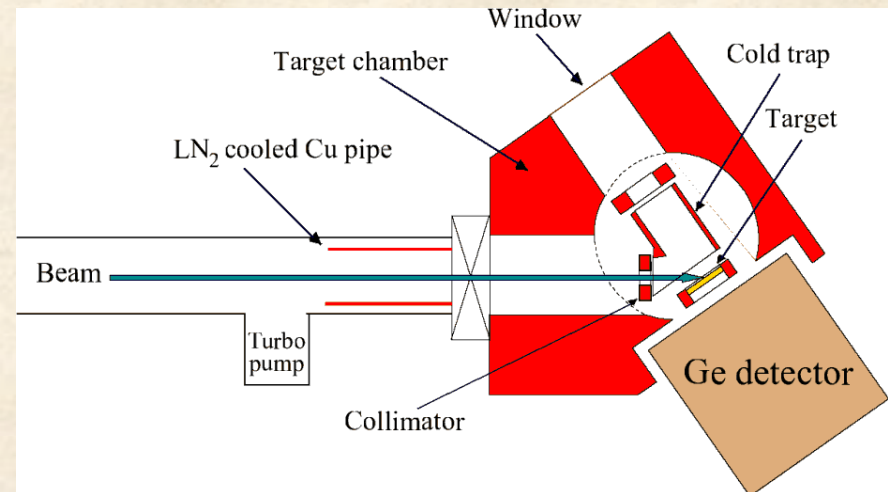


**Acceleratore + Bersaglio solido + HpGe**

Ⓢ Acceleratore lineare elettrostatico di protoni da 400 kV (LUNAII), e 500  $\mu\text{A}$ .

Ⓢ Alta densità  
Ⓢ Composto  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ , isotopicamente arricchito con  $^{18}\text{O}$

Ⓢ Alta risoluzione energetica  
Ⓢ Bassa efficienza  
Ⓢ Misure delle singole transizioni  $\gamma$



## ATTIVITA' I ANNO

Obiettivi da conseguire durante il primo anno di dottorato:

- ⊗ Approfondimento degli strumenti teorici e delle tecniche sperimentali per le misure tipiche dell'esperimento LUNA riguardanti la reazione  $^{18}\text{O}(p, \gamma)^{19}\text{F}$ .
- ⊗ Attività sperimentale:
  - ✓ Caratterizzazione dei sistemi di rivelazione  $\gamma$  (HpGe-BGO), in particolare l'efficienza, con misure di calibrazione e con simulazioni Monte Carlo e lo studio del *background*
  - ✓ Messa a punto dell'apparato di misura (elettronica, DAQ, *tuning* del fascio di protoni)
  - ✓ Inizio presa dati presso i LNGS-INFN (pianificati 2015-2016)

## ATTIVITA' DI RICERCA II E III ANNO

- ⊗ Completamento della presa dati presso LNGS-INFN,
- ⊗ Analisi dei dati
- ⊗ Interpretazione dei risultati sperimentali, confronto con le previsioni teoriche e studio delle implicazioni astrofisiche
- ⊗ Finalizzazione della Tesi