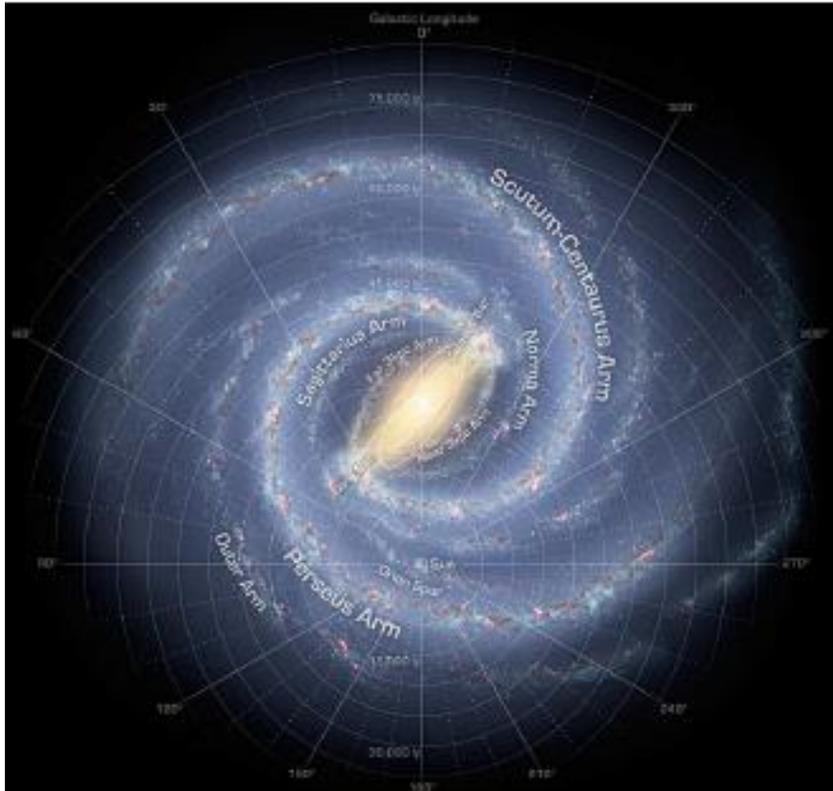


Come e perchè il Sole le stelle brillano?

Interrogativo millenario

Questa risposta alla domanda multimillenaria dell'Unamità è arrivata ora grazie ad un esperimento, unico al mondo per le sue caratteristiche: Borexino ai Laboratori del Gran Sasso



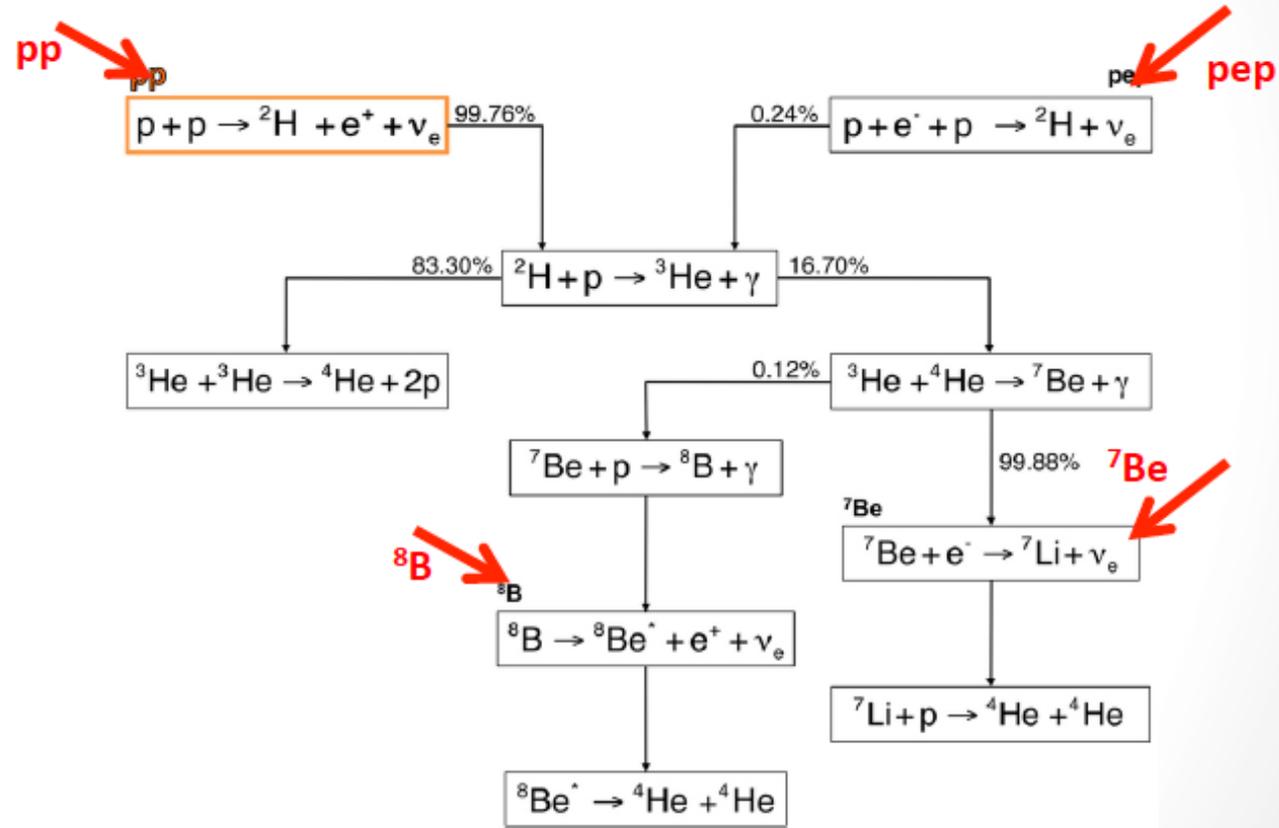
PER QUESTO ESPERIMENTO CI SONO VOLUTI 32 ANNI DI LAVORO

- 1990-1995 R&D per metodi innovativi di radiopurificazione
- 1995- 2007. Costruzione del rivelatore
- 2007- 2021 Raccolta dati e analisi

Ipotesi di Bethe e Von Weizsäcker -1930

SOLE →

The Sun functioning is based on the pp chain:



Catena pp

Temperatura solare:  
circa 15 milioni  
di gradi nel core

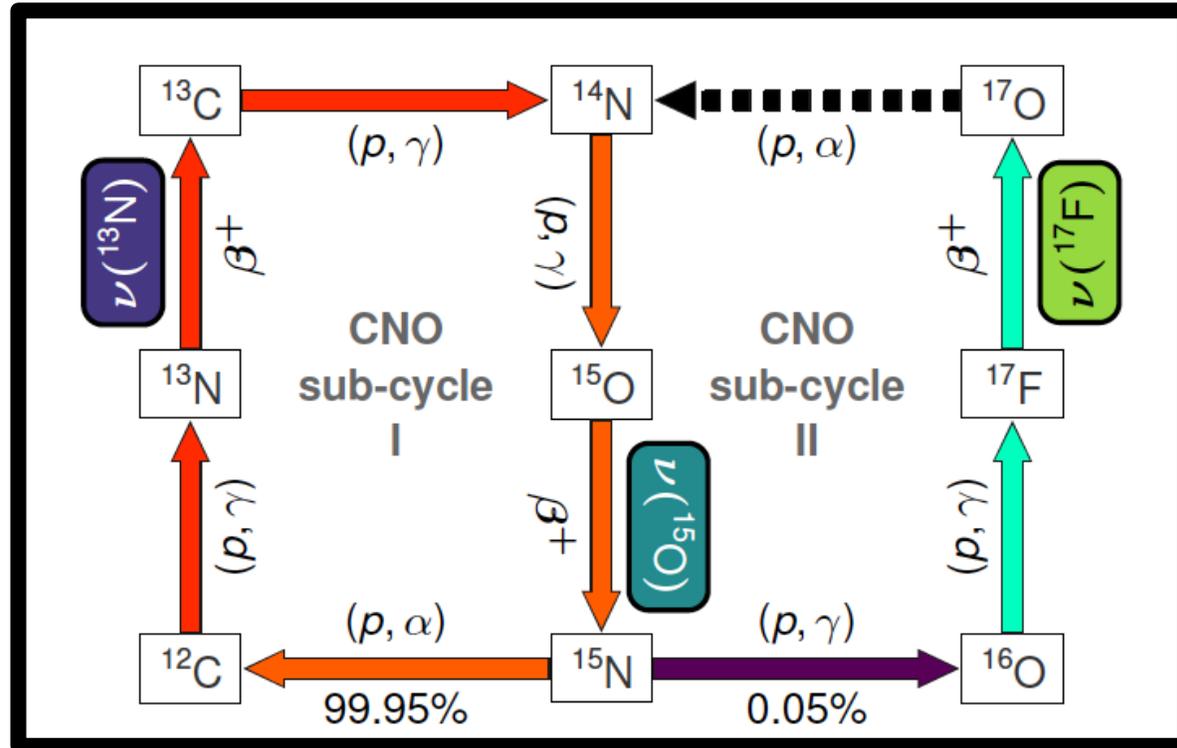
# Stelle massive:

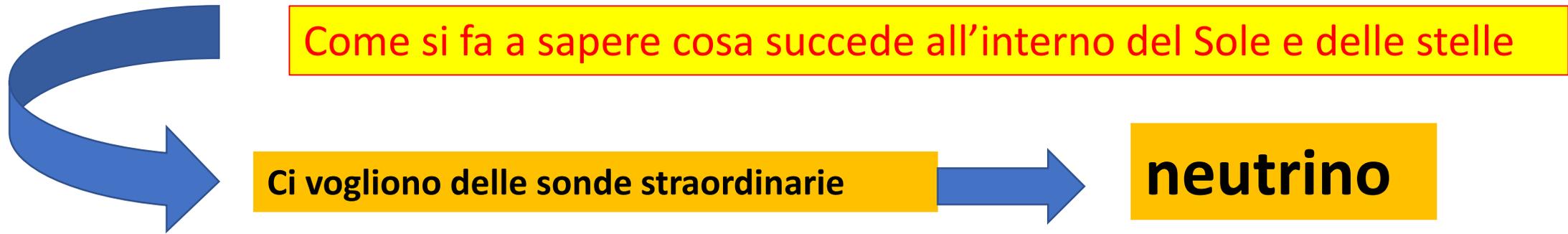
Temperatura prodotta dal ciclo pp non più sufficiente



Ciclo CNO

Temperature delle stelle:  
100- e più milioni di gradi





E' una delle 12 particelle elementari, i componenti base della materia non ulteriormente divisibili.

Neutrino:

- neutro elettricamente
- massa piccolissima
- **bassissima probabilità di interagire con la materia**

**Può attraversare indisturbato la materia solare, e anche tutto l'universo**

Quindi noi sfruttiamo il fatto che le reazioni di fusione emettono neutrini e studiamo la loro direzione e la loro energia cinetica, **che rimangono invariate durante l'attraversamento del Sole e, eventualmente, della Terra.**

Neutrini solari:

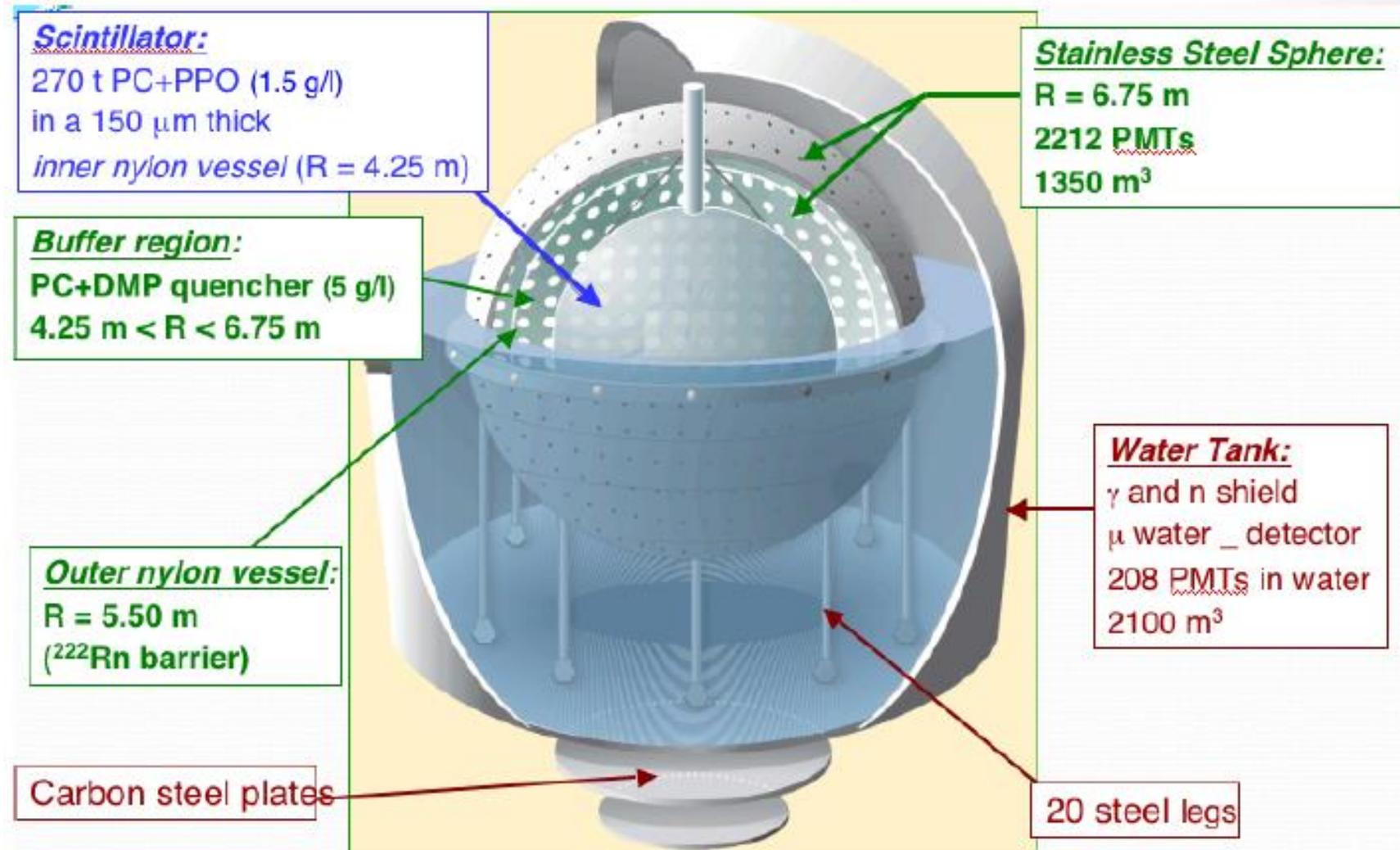
Sulla Terra:

60 miliardi per  $\text{cm}^2$  al secondo



In 300 tonnellate di scintillatore:  
45 interazioni ogni 24 ore

Ottenuta una radiopurezza mai raggiunta da altri rivelatori nè prima nè dopo



# Ciclo pp produce il 99% di tutta l'energia solare

Luminosità solare via fotoni di luce

Luminosità solare via neutrini

Luminosità: energia che arriva sulla Terra per ogni secondo

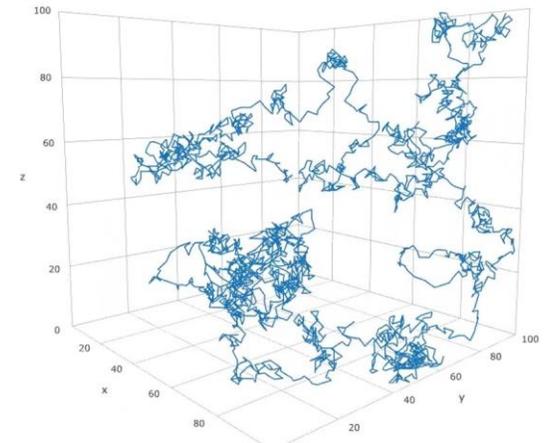
Radiazioni che arrivano sulla Terra: luce, infrarosso, ultravioletto



Dal flusso di neutrini si risale alla frequenza dei cicli e sapendo che ogni ciclo produce 26,73 MeV. Si calcola la luminosità via neutrini

Le due luminosità sono in accordo

I fotoni dentro il Sole hanno un random walk: 100000-150000 anni a uscire dal Sole, anche assorbimento-riemissione



Stabilità solare su una scala di 100000-150000 anni

I neutrini impiegano pochi secondi



Ma come brillano le stelle??



Una possibilità: dimostrare l'esistenza dell'ipotizzato ciclo CNO

Ma  
come??

I neutrino emessi dalle Stelle non creano un flusso rilevabile sulla Terra ( eccetto esplosione Supernova)  
ma **l'1. % dell'energia solare è prodotto dal ciclo CNO**

Misura estremamente difficile: pochi eventi, Interferenza con il residuo della radiopurificazione 4 anni di lavoro- **Alla fine abbiamo dimostrato l'esistenza del ciclo CNO e quindi del meccanismo che permette alle stelle massicce di brillare.**

**Quindi abbiamo dimostrato in che modo le stelle brillano, quelle massive attraverso il ciclo CNO, quelle di dimensioni simili a quelle del Sole con il ciclo pp.**



