

CNGS: CERN NEUTRINO TO GRAN SASSO

Al CERN di Ginevra un fascio di protoni viene fatto interagire con un bersaglio di grafite allo scopo di generare un fascio di neutrini. I neutrini così prodotti e orientati verso i Laboratori del Gran Sasso, raggiungono le sale sperimentali dopo un viaggio sotterraneo di 730 km, con una profondità massima di 11.4 km sotto la crosta terrestre.



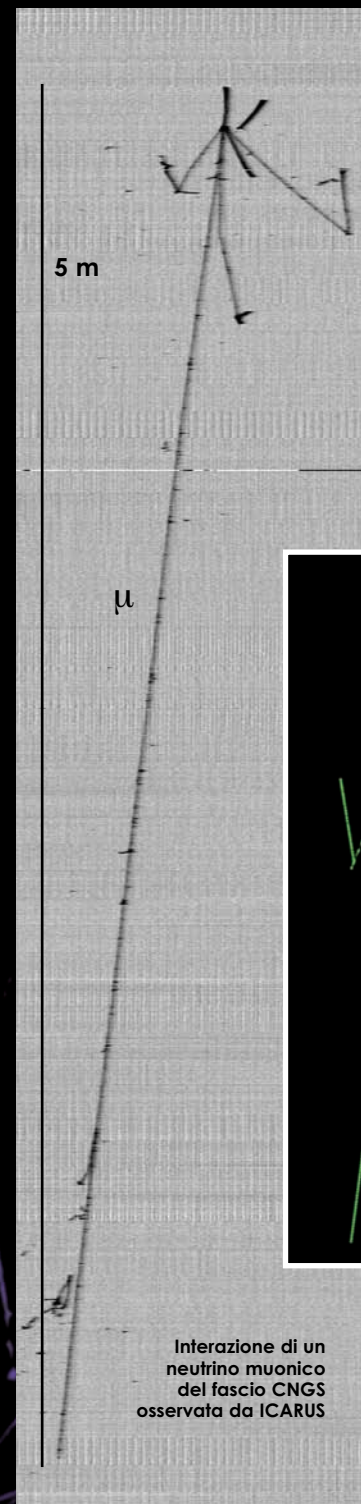
OSCILLAZIONE DI NEUTRINI

Il neutrino è una particella neutra, di massa piccolissima che interagisce molto raramente con la materia. Questo rende la sua rivelazione estremamente difficile ed è quindi necessario costruire enormi rivelatori per poter aumentare la probabilità di interazione.

In natura esistono tre diversi tipi di neutrino: neutrino elettronico, neutrino muonico e neutrino tau, di masse differenti, associati rispettivamente all'elettrone, al muone e alla particella tau.

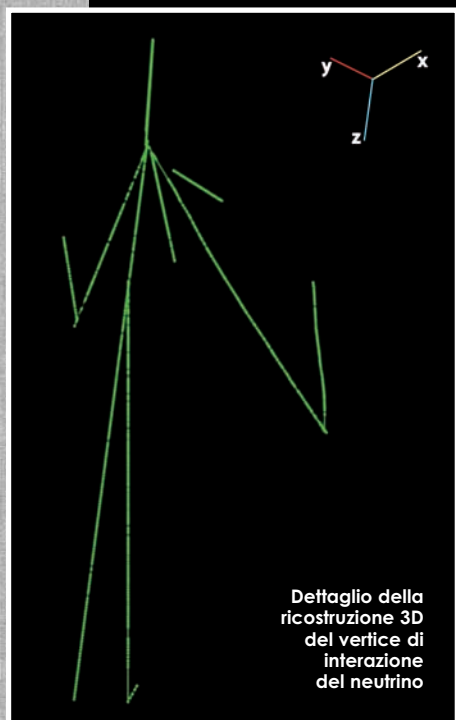
Secondo la teoria delle oscillazioni dei neutrini, ipotizzata per la prima volta da Bruno Pontecorvo alla fine degli anni '50, essi hanno la proprietà di trasformarsi da un tipo ad un altro mentre viaggiano nello spazio o attraversano la materia.

Grazie allo studio di queste trasformazioni si possono ottenere informazioni sulle proprietà fondamentali dei neutrini, in particolare sulle loro masse.

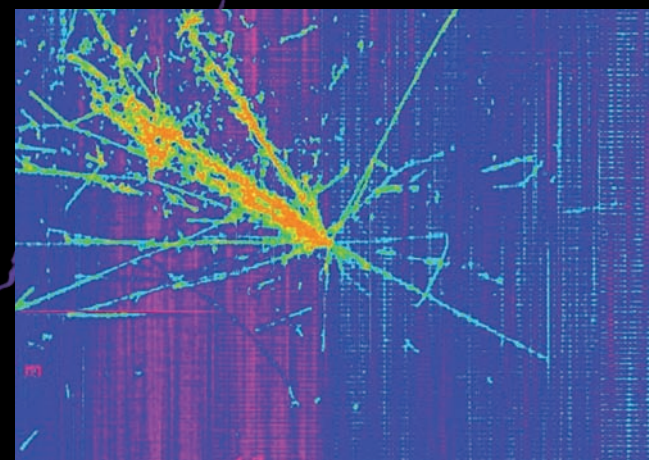


5 m

μ



Dettaglio della ricostruzione 3D del vertice di interazione del neutrino

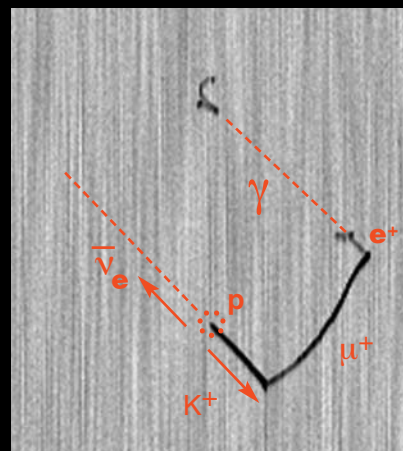


Simulazione al computer del decadimento di un protone all'interno del rivelatore

INSTABILITÀ DELLA MATERIA

Un eventuale decadimento di un protone o un neutrone dell'argon in particelle più leggere potrà essere visualizzato ed identificato con estrema precisione dall'apparato.

La qualità della misura di questo tipo di rivelatore è tale da consentire di scoprire l'instabilità della materia anche osservando un solo evento.



ICARUS

Imaging Cosmic And Rare Underground Signals

ICARUS (Imaging Cosmic and Rare Underground Signals) è un enorme rivelatore contenente 600 tonnellate di argon liquido, installato nelle sale sotterranee dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) per studiare "eventi rari" e, tra essi, le interazioni dei neutrini.

In particolare l'esperimento è dedicato alla rivelazione dei neutrini del fascio prodotto al Cern di Ginevra e inviato ai LNGS. Lo scopo è di studiare il fenomeno dell'oscillazione, ovvero la trasformazione di un neutrino da un tipo ad un altro.

Tra le decine di miliardi di neutrini che ogni giorno giungono al Gran Sasso dal Cern, dopo un viaggio sotterraneo di 730 km in poco più di 2 millisecondi, ci si aspetta di rivelare in ICARUS qualche evento di neutrino muonico al giorno e complessivamente circa un paio di neutrini tau nel periodo previsto di presa dati.

ICARUS può inoltre studiare i neutrini da sorgenti naturali, tra i quali i neutrini solari, prodotti da reazioni termonucleari nel Sole, e quelli atmosferici, prodotti dalle interazioni dei raggi cosmici con l'atmosfera.

Grazie alla sua elevatissima precisione di ricostruzione delle interazioni e di misura della loro energia, in futuro la tecnologia di ICARUS contribuirà anche a chiarire una delle questioni più importanti e fondamentali della fisica, legata alla stabilità della materia: il decadimento del protone.



IL RIVELATORE

Il rivelatore ICARUS nasce da un'idea originale del prof. Carlo Rubbia, Nobel per la Fisica. In un grande volume di argon liquido, $8 \times 4 \times 20 \text{ m}^3$, mantenuto ad una temperatura criogenica di $-186 \text{ }^\circ\text{C}$, sono contenuti quattro rivelatori di particelle identici (camere TPC). Ciascuna camera è costituita da una parete metallica (catodo) e da tre piani di fili (anodo).

ICARUS utilizza l'argon liquido per rivelare le tracce delle particelle ionizzanti prodotte dall'interazione dei raggi cosmici e dei neutrini. Questa tecnologia rappresenta concettualmente l'evoluzione della gloriosa camera a bolle, strumento costituito da un contenitore riempito con un liquido (idrogeno o deuterio), in cui il passaggio delle particelle veniva rivelato fotografando le microbolle generate per ionizzazione. Le bolle individuavano con grande dettaglio le tracce delle particelle ionizzanti.

ICARUS è in grado di registrare eventi con la stessa risoluzione spaziale ed energetica delle camere a bolle, ma con velocità estremamente maggiore. Grazie alle caratteristiche del rivelatore a fili immerso in 600 tonnellate di argon liquido, è possibile ricostruire tridimensionalmente il passaggio delle particelle, leggendo le cariche elettriche rilasciate lungo la traccia dal processo di ionizzazione.

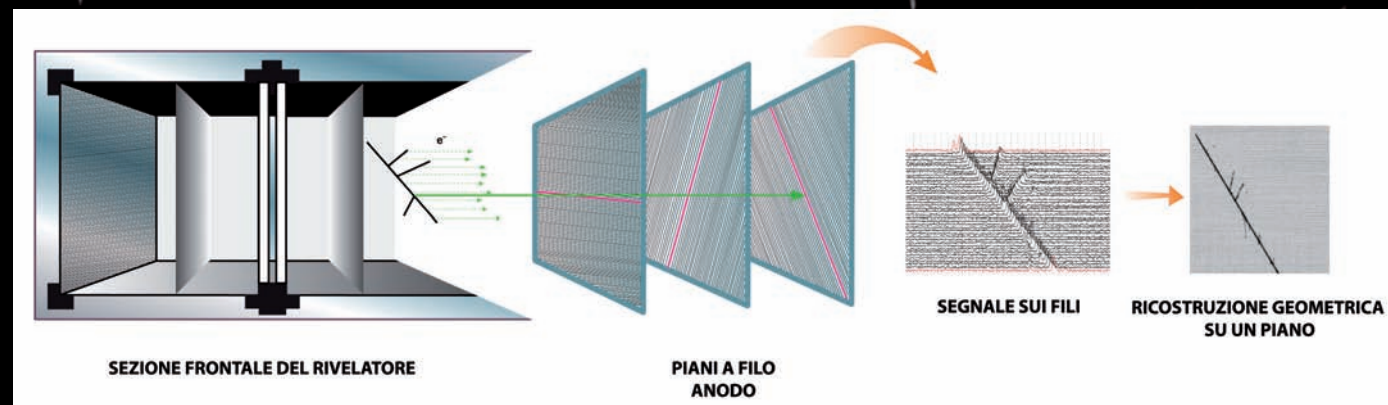
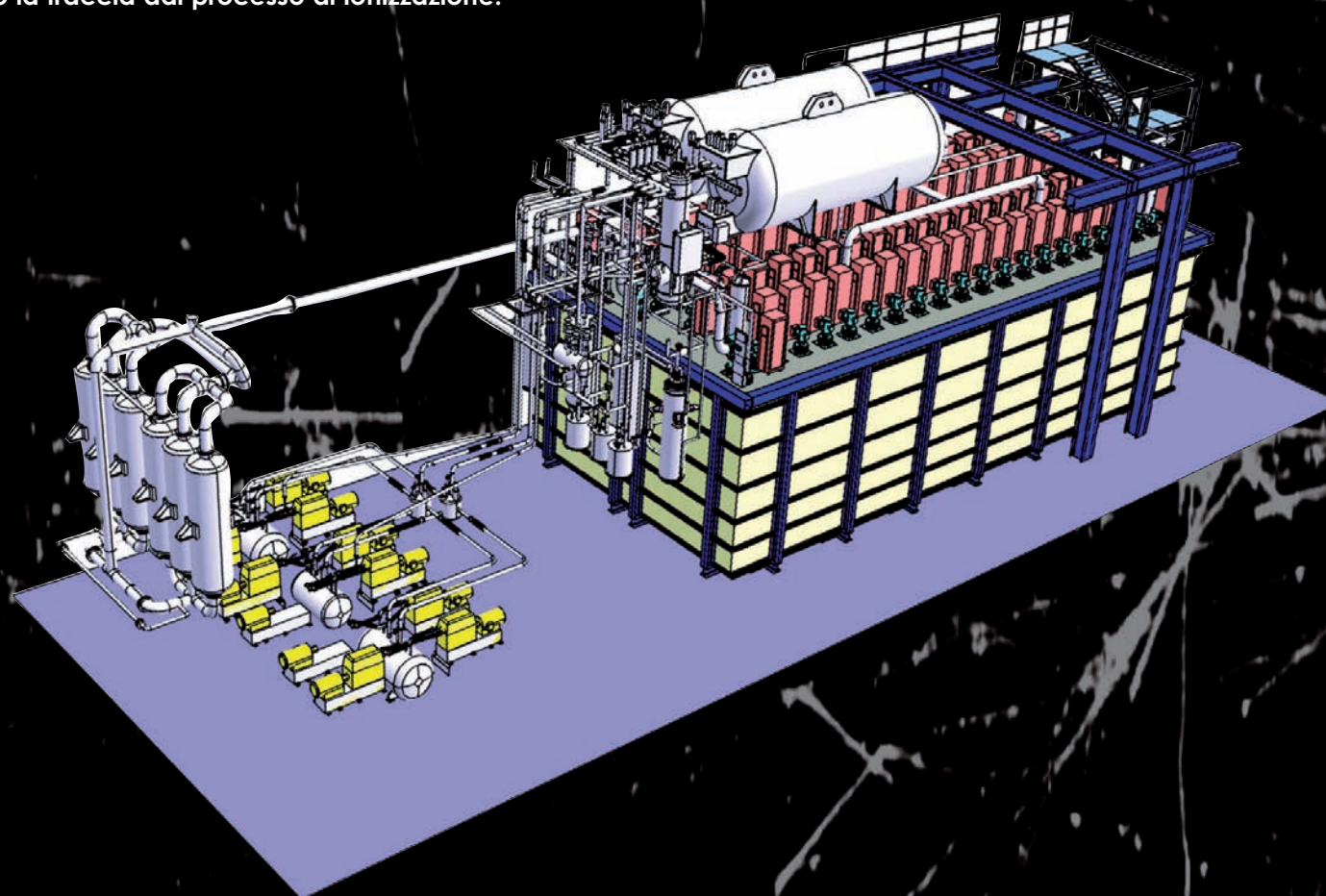


PUREZZA DELL'ARGON

La purezza dell'argon e dei materiali utilizzati in ICARUS è un requisito fondamentale per il funzionamento del rivelatore.

I contaminanti presenti nell'argon (quali ossigeno e acqua) potrebbero catturare gli elettroni di ionizzazione fino a rendere impossibile la misura. Tali impurezze devono quindi essere al massimo qualche decina di mg in 600 tonnellate (qualche atomo ogni 100 miliardi) in modo che gli elettroni possano rimanere liberi per il tempo necessario a raggiungere i fili (alcuni millisecondi).

Per ottenere la purezza necessaria sono state messe a punto tecniche di ricircolo che filtrano l'argon sia in fase gassosa che in fase liquida.



SEGNALE DI IONIZZAZIONE

Gli elettroni prodotti dalla ionizzazione si muovono verso i piani dei fili per effetto di un campo elettrico generato da una differenza di potenziale di 75 kV applicata tra il catodo e l'anodo.

Un'elettronica sofisticata registra filo per filo, istante per istante, le cariche elettriche che raggiungono l'anodo, fornendo un'immagine delle tracce lasciate dalle particelle nell'argon. La misura della carica totale di ionizzazione permette di determinare l'energia totale depositata nell'interazione.

LUCE DI SCINTILLAZIONE

Il passaggio delle particelle, oltre a ionizzare l'argon, produce luce di scintillazione (fotoni), che si diffonde istantaneamente in tutte le direzioni.

La luce di scintillazione viene rivelata da fotomoltiplicatori immersi nell'argon. Questi dispositivi segnalano immediatamente al sistema elettronico di acquisizione che è avvenuta un'interazione e che l'evento deve essere registrato.



RICOSTRUZIONE DEGLI EVENTI

Ogni anodo è costituito da tre piani paralleli di fili con differente orientamento. Ogni piano è composto da migliaia di fili di acciaio sottili come un capello ($150 \mu\text{m}$ di diametro), disposti a 3 mm di distanza l'uno dall'altro.

I primi due piani misurano la corrente indotta dal passaggio degli elettroni di ionizzazione in prossimità dei fili, mentre l'ultimo piano raccoglie le cariche, consentendo una precisa misura dell'energia dell'evento.

La ricostruzione tridimensionale dell'evento è possibile grazie a due coordinate spaziali individuate dall'incrocio dei fili e da una terza ottenuta dal tempo necessario agli elettroni per arrivare sull'anodo.

Ciascuna immagine elettronica ottenuta dal rivelatore è costituita da circa 60 miliardi di pixel, ciascuno corrispondente ad un volumetto elementare di 6 millimetri cubi che contiene alcune migliaia di elettroni di ionizzazione.