

Lo scopo dell'esperimento è di rivelare la comparsa di neutrini tau in un fascio che originariamente è quasi totalmente costituito da neutrini muonici.

OPERA ha permesso di osservare per la prima volta in modo diretto la trasformazione del neutrino muonico in neutrino del tau, registrando fino ad ora due eventi di interazione di neutrino tau con il piombo contenuto all'interno dell'apparato.

I neutrini, non avendo carica elettrica, possono essere rivelati solo attraverso le tracce delle particelle prodotte dalla loro interazione nell'apparato sperimentale. In particolare, il neutrino tau produce, oltre ad altre particelle (adroni), la particella tau (o leptone tau).

La particella tau ha un tempo di vita estremamente breve e percorre tipicamente meno di 1 mm prima di decadere in altre particelle, per esempio un muone e altri due neutrini. La caratteristica dell'evento prodotto dal neutrino tau è di contenere una traccia con una deviazione a gomito nel punto del decadimento.

La probabilità di interagire del neutrino è tuttavia estremamente bassa.

Per poter evidenziare eventi di questo tipo, il rivelatore deve quindi essere dotato sia di una risoluzione spaziale dell'ordine del micron che di grande massa. La collaborazione OPERA ha raggiunto questo scopo, costruendo un apparato sperimentale costituito da due "supermoduli". Il rivelatore è realizzato con una parte sensibile, costituita da 9 milioni di emulsioni nucleari assemblate con altrettanti sottili strati di piombo in modo da formare circa 150.000 brick (mattoni) all'interno dei quali interagisce il neutrino, e da rivelatori costituiti da strisce scintillanti che permettono la determinazione in tempo reale delle coordinate dell'evento di interazione.

L'energia dei muoni prodotti nell'interazione del neutrino viene misurata tramite l'utilizzo di campi magnetici e rivelatori di tracciamento.

La massa totale dei brick di OPERA è di circa 1300 tonnellate.



Icarus

Icarus T600 è un rivelatore criogenico che utilizza Argon liquido.

L'esperimento può essere definito una Camera a Bolle Elettronica ed è stato progettato per fornire il maggior numero di informazioni (risoluzione spaziale, identificazione delle particelle, immagine 3-D dell'evento), con la possibilità di avere contemporaneamente una lettura elettronica dell'evento. La realizzazione del criostato ha rappresentato un'impresa di notevole rilievo tecnologico nella quale sono coinvolte alcune industrie italiane tra le più avanzate nel campo della criogenia.

Icarus T600 rivela i neutrini del fascio e contribuirà a fornire informazioni sul suo funzionamento e sul valore dei parametri che regolano le oscillazioni.



Borexino

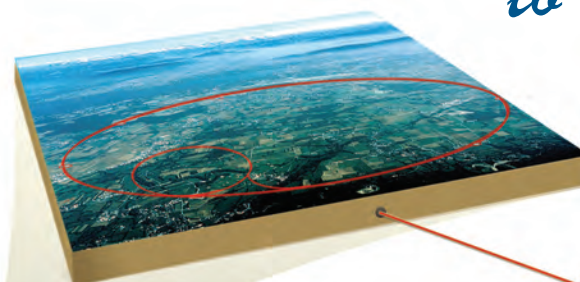
Altri due esperimenti in funzione nei Laboratori sotterranei del Gran

Sasso, LVD e Borexino, anche se realizzati per altri tipi di ricerche, sono in grado di rivelare eventi di neutrini muonici dal fascio del CERN e di dare ulteriori informazioni sul funzionamento e sulle caratteristiche del fascio.

LVD



Cern Neutrinos to Gran Sasso



Ogni giorno decine di miliardi di neutrini muonici (ν_μ) creati artificialmente al

CERN di Ginevra

impiegano poco più di 2 ms per compiere i 732 km che li separano dalle sale sotterranee dei

Laboratori Nazionali del Gran Sasso

Tra questo enorme numero di neutrini gli scienziati cercano di rivelarne alcuni che durante il percorso dal CERN al Gran Sasso hanno cambiato le proprie caratteristiche, trasformandosi in neutrini tau (ν_τ).

A causa della bassissima probabilità dei neutrini di interagire con la materia, sono necessari imponenti apparati sperimentali costituiti quasi completamente di materiali sensibili all'interno dei quali sia possibile misurare le caratteristiche dell'interazione dei neutrini.

i Neutrini

Secondo la teoria del Modello Standard delle particelle, i neutrini sono particelle elementari con carica elettrica nulla e massa zero. Risultati di recenti esperimenti dimostrerebbero invece che i neutrini sono dotati di una massa, seppur piccolissima. La massa del neutrino elettronico sarebbe almeno 250.000 volte più piccola di quella dell'elettrone.

In natura esistono tre tipi diversi di neutrino: il neutrino elettronico (ν_e), il neutrino muonico (ν_μ) e il neutrino del tau (ν_τ), associati rispettivamente all'elettrone, al muone e alla particella tau.

Soggetti alle sole forze deboli e gravitazionali, i neutrini interagiscono molto difficilmente con la materia, rendendo la loro rivelazione estremamente complicata.

Infatti, nonostante sulla superficie terrestre arrivino dal Sole ogni secondo 60 miliardi di neutrini per cm^2 , è necessario costruire apparati sperimentali di grandi dimensioni per avere la possibilità di rivelarne almeno alcuni al giorno.

I neutrini sono prodotti in innumerevoli processi fisici e sono presenti in abbondanza nell'Universo, nel rapporto di un miliardo di neutrini per ogni singolo protone.

La scoperta che sono dotati di una massa, anche se piccolissima, avrebbe forti implicazioni sia per la comprensione del nostro Universo, poiché ciò potrebbe spiegare la marcata predominanza della materia rispetto all'antimateria e quindi avere indicazioni sull'origine e sull'evoluzione dell'Universo, sia per la fisica delle particelle elementari per la quale potrebbe aprirsi una nuova era di scoperte...

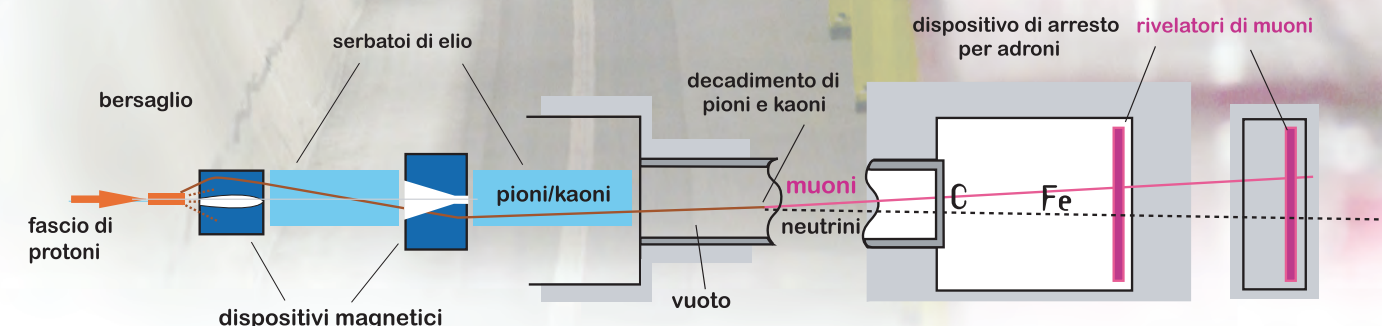
La creazione DEL FASCIO DI Neutrini muonici

La probabilità di oscillazione dipende dalla distanza percorsa dai neutrini e dalla loro energia. La possibilità quindi di utilizzare fasci di neutrini artificiali di cui si può definire l'energia, il tipo (ν_μ) e il numero, permette di ottimizzare la rivelazione dei neutrini trasformati (ν_τ) al Gran Sasso.



Il fascio di neutrini muonici viene prodotto al CERN utilizzando protoni di alta energia (400 GeV) estratti dall'acceleratore SPS. Circa ogni tre secondi vengono fatti interagire 2.4×10^{13} protoni (24.000 miliardi) con un bersaglio costituito da 13 cilindretti di grafite di pochi millimetri di diametro.

Il prodotto dell'interazione è un fascio composto parzialmente da pioni (π) e kaoni (K), che viene focalizzato per mezzo di due lenti magnetiche e indirizzato verso il Gran Sasso.

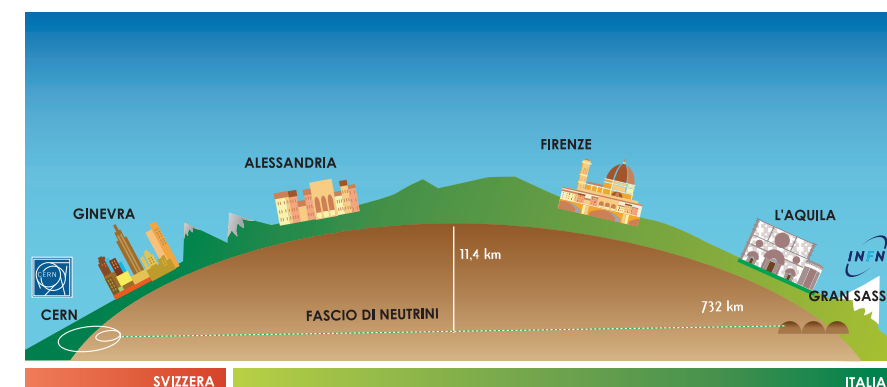


I π e K prodotti decadono in un tunnel lungo 1 km diretto esattamente verso il Gran Sasso e danno origine a particelle cariche (muoni) e neutrini (ν), che continueranno a viaggiare nella stessa direzione delle particelle che le hanno generate.

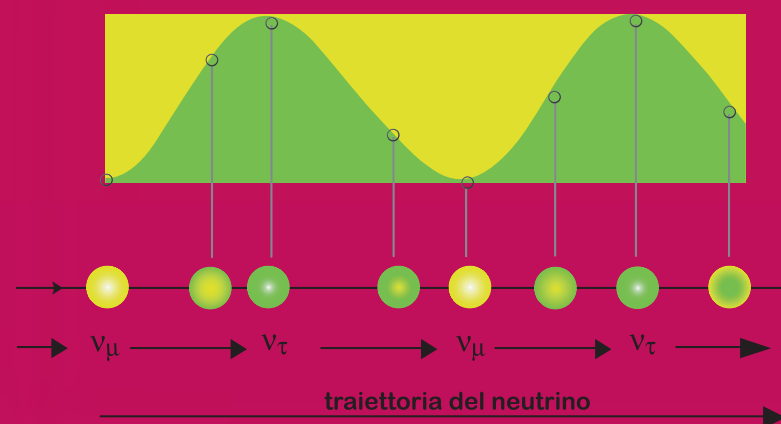
Si è così ottenuto un fascio praticamente puro di neutrini muonici (95%) con piccole tracce di antineutrini muonici (4%) e neutrini ed antineutrini elettronici (1%), la cui energia media è di 17.4 GeV.

Il fascio di neutrini raggiunge praticamente indisturbato gli apparati sperimentali nei Laboratori del Gran Sasso, dopo aver percorso 732 km sotto la superficie terrestre.

Il fascio di neutrini, prodotto al CERN a circa un centinaio di metri sotto la superficie terrestre, giunge ai Laboratori del Gran Sasso dopo aver raggiunto una profondità massima di circa 11.4 km per effetto della curvatura terrestre. A destinazione il fascio di neutrini si è allargato, tanto da avere una rosa dell'ordine del km^2 .



Oscillazione di neutrini



Secondo una teoria elaborata da Bruno Pontecorvo alla fine degli anni '50, i neutrini hanno la proprietà di trasformarsi da un tipo ad un altro, dando così luogo al fenomeno delle oscillazioni. La dimostrazione che i neutrini oscillano indica la presenza di una massa non nulla (e diversa per ogni tipo) per i neutrini. Nell'ipotesi dell'esistenza di soli due tipi di neutrini, in ogni istante della traiettoria, il neutrino può essere considerato una combinazione di due stati diversi.