

Scienze : Neutrini . Estratto dell'intervista a Ugo Amaldi (professore dell'Università di Milano Bicocca, presidente della Fondazione Tera e autore di numerosi libri di fisica.) **a cura del prof. Fabio Mastromatteo**

Innanzitutto, ci descrive i punti essenziali dell'esperimento OPERA e quali erano gli obiettivi principali di questa ricerca?

Concettualmente l'esperimento si può descrivere in maniera molto semplice, mentre è davvero complesso e difficile da descrivere il gran numero di accorgimenti e controlli che lo caratterizzano da un punto di vista tecnico.

In sostanza dal CERN (Organizzazione europea per la ricerca nucleare) di Ginevra sono stati inviati fasci di neutrini verso i Laboratori INFN (Laboratori Nazionali del Gran Sasso: uno dei quattro laboratori più grandi sotterranei del mondo in cui si realizzano esperimenti di fisica delle particelle, astrofisica delle particelle e astrofisica nucleare, situati tra le città di L'Aquila e Teramo, a circa 120 km da Roma ; i laboratori sono utilizzati come struttura a livello mondiale da scienziati provenienti da 22 paesi diversi; attualmente ne sono presenti circa 750 impegnati in circa 15 esperimenti in diverse fasi di realizzazione).

I neutrini sono particelle dotate di una massa molto piccola, molto più piccola di quella degli elettroni, e risentono solamente all'interazione debole.* Quindi interagiscono molto poco con la materia, e la stragrande maggioranza di essi attraversa imperturbata le montagne che si trovano tra Ginevra e l'Abruzzo.

Circa quattro anni fa, al Gran Sasso è stato completato un rivelatore di neutrini che consiste in una grande massa di materia che può indicare quando uno dei neutrini di altissima energia creati al CERN interagisce con la materia sensibile di cui è costituito. Ma, come ho detto, la probabilità che queste particelle interagiscano con la materia è molto bassa: basti pensare che durante gli anni di attività dell'esperimento OPERA dal CERN sono stati inviati centinaia di miliardi di miliardi di neutrini verso il Gran Sasso, ma solo poco più di 16000 di questi sono stati rivelati dall'apparato sperimentale.

Il rivelatore è caratterizzato dalla presenza di *scintillatori*, fatti di un materiale che è in grado di emettere un brevissimo lampo di luce al momento dell'arrivo del neutrino. Questo lampo di luce ha un tempo ben definito ed è quindi possibile determinare il tempo che è trascorso dal momento in cui il fascio di neutrini, che dura 10 miliardesimi di secondo, è partito dal CERN ed arriva al Gran Sasso. Poiché la distanza tra questi due punti (circa 730 km) è nota con precisione, dopo aver misurato in che tempo è stata percorsa, è possibile fare il rapporto e calcolare la velocità con cui la distanza è stata coperta. ($V = S / t$)

Se le particelle che venivano inviate dal CERN avessero avuto velocità pari a quella della luce (circa 300000 km/s) il cosiddetto «tempo di volo» sarebbe stato di 2,5 millesimi di secondo. Il tempo di volo dei neutrini misurato da OPERA è stato invece più breve, seppure di pochissimo: 60 nanosecondi (cioè sessanta miliardesimi di secondo). È come se l'apparato fosse stato avvicinato al punto di partenza di 20 m. Rispetto ai 730 km del percorso complessivo, questo ci dà un'idea delle dimensioni davvero ridotte della differenza.

Quanto è affidabile il risultato presentato dai ricercatori che hanno lavorato ad OPERA?

Gli stessi autori della ricerca sono stati molto cauti. I loro risultati sono talmente inattesi che dopo tre anni di verifiche, analisi e discussioni tra di loro hanno deciso di sottoporre i propri dati allo

scrutinio – è stato proprio questo il termine utilizzato – della comunità scientifica. Questa cautela è stata confermata anche dai comunicati emessi sia dal CERN che dall'INFN: c'è la volontà di aprire una discussione allargata con tutta la comunità scientifica internazionale. In particolare, l'auspicio è che qualche altro gruppo di ricercatori faccia un esperimento analogo e verifichi – o falsifichi – questo risultato.

Potrebbe però darsi che si sia trascurato qualche effetto «sistematico», che nel caso di tutte le misurazioni è sempre l'aspetto più difficile da trattare. Sinora, a mia conoscenza, nessuno ha sollevato una critica precisa con l'individuazione dell'effetto sistematico che sarebbe stato trascurato nell'analisi. Non è detto però che un tale effetto non venga scoperto sia dalla lettura più approfondita dell'articolo che descrive l'esperimento, sia dalla discussione tra chi ha condotto l'esperimento e il resto della comunità scientifica.

Ma quello che è ora necessario è ripetere l'esperimento. In Giappone e negli Stati Uniti vi sono fasci di neutrini simili a quelli del CERN, ma un nuovo esperimento potrebbe richiedere diversi anni, come si intuisce ricordando che, solo per raccogliere le misure di questi 16 000 neutrini, ci sono voluti tre anni di lavoro.

I neutrini lanciati dal CERN vengono prodotti attraverso diverse operazioni che avvengono tutte a velocità elevatissime, prossime a quelle della luce. Senza addentrarmi nei dettagli, vi sono coinvolti un magnete che estrae il fascio dal Super Proto Sincrotrone (SPS) e lo indirizza su di un bersaglio ... Sia in partenza che in arrivo, quindi, si hanno una serie di fenomeni che durano ciascuno un certo tempo e che devono essere tenuti in considerazione con una precisione inferiore al milionesimo di secondo. Ed è qui, sempre secondo la mia opinione, che è forse possibile che si nasconda un effetto sistematico non ancora individuato.

Va detto che, come risulta chiaro dal lavoro pubblicato e dal seminario tenutosi al CERN, il maggiore impegno dei ricercatori di OPERA è stato proprio quello di cercare di individuare tutte le correzioni necessarie per poter davvero conoscere il tempo di volo dei neutrini. Sembra quindi difficile che qualche effetto sia loro sfuggito.

Quali sono state le più importanti difficoltà nel realizzare misurazioni di questo tipo?

Lo ripeto: dal punto di vista concettuale l'esperimento è davvero semplice. Si tratta *solamente* di misurare una distanza (quella tra il CERN e i Laboratori del Gran Sasso), misurare un tempo (il cosiddetto «tempo di volo» necessario a percorrerla) e poi dividere questa distanza per il tempo per ottenere la velocità con cui i neutrini hanno viaggiato. Da questo punto di vista è una delle misurazioni più semplici di tutta la fisica. Il problema è che la distanza è quella tra due oggetti che si trovano a centinaia di chilometri di distanza e che il tempo di 2,5 millesimi di secondo deve essere misurato con la precisione del milionesimo di secondo....

Se nei prossimi mesi e anni il risultato venisse confermato, che conseguenze avrebbe per la fisica?

Dovesse venire confermato si tratta sicuramente di un risultato che ha effetti sulla nostra visione del mondo. La teoria della relatività di Einstein ha tra le sue ipotesi principali quella che esista una velocità limite nell'Universo che non può essere superata da nessun corpo dotato di massa. Non avendo massa, i fotoni viaggiano a questa velocità e, quindi, la velocità limite coincide con quella della luce. Rispetto ai fotoni, i neutrini hanno una massa, seppure piccolissima rispetto a quella degli elettroni, che però determina un ritardo rispetto alla velocità della luce di meno un nanosecondo (almeno per distanze dell'ordine di 730 km) e che quindi non gioca alcun ruolo nell'esperimento di OPERA.

Fatta questa premessa, ci si aspettava che la velocità dei neutrini fosse identica a quella della luce. Se così non fosse, come sembrano indicare i primi risultati pubblicati da OPERA, non dobbiamo però pensare che ci sia una velocità limite più alta di quella della luce, che sarebbe quella dei

neutrini. Questa ipotesi è piuttosto arzigogolata e difficile da sostenere. È più probabile che le spiegazioni che saranno avanzate riguardino la struttura dello spazio e del tempo

Ma questo non significa che dobbiamo buttare Einstein e la teoria della relatività fuori dalla finestra. Se pensiamo proprio alla relatività, non è che questa abbia invalidato la meccanica di Newton: ancora oggi, e così sarà anche in futuro, quando vogliamo mandare un satellite nello spazio ci basiamo sul modello newtoniano.

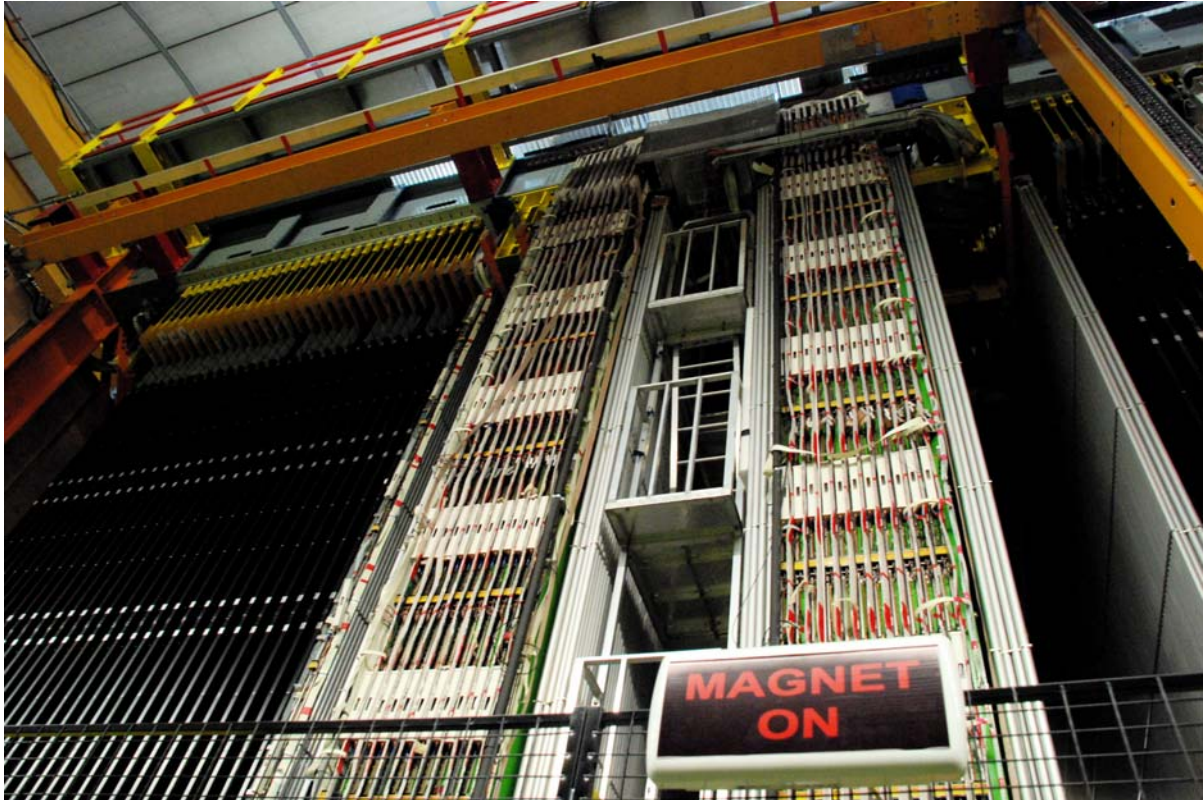
Quello che voglio dire è che di norma un nuovo modello che riesca a spiegare fenomeni mai osservati prima, come per esempio i neutrini più veloci della luce, non scalza il modello precedente, ma ne amplia il campo di applicazione, estendendo il dominio di fenomeni che riesce a spiegare. La scienza è pressoché sempre avanzata in questo modo, per allargamenti dei modelli precedenti e non per sostituzione di modelli nuovi ai modelli vecchi. Alla fine il modello vecchio sopravvive ma ha un campo di validità più piccolo di quello che precedentemente si pensava. Un ottimo esempio è il modello di Rutherford, che ha cent'anni: è certo grossolano ma, accoppiato alle ipotesi di Bohr sulle orbite permesse degli elettroni atomici, lo usiamo ancora oggi per capire il sistema periodico degli elementi.

* In fisica l'**interazione debole**, (a volte chiamata anche **forza debole** o **forza nucleare debole**) è una delle quattro interazioni fondamentali della natura, assieme all'interazione forte, alla forza elettromagnetica e alla gravità, secondo i modelli descritti dalla moderna fisica subnucleare.

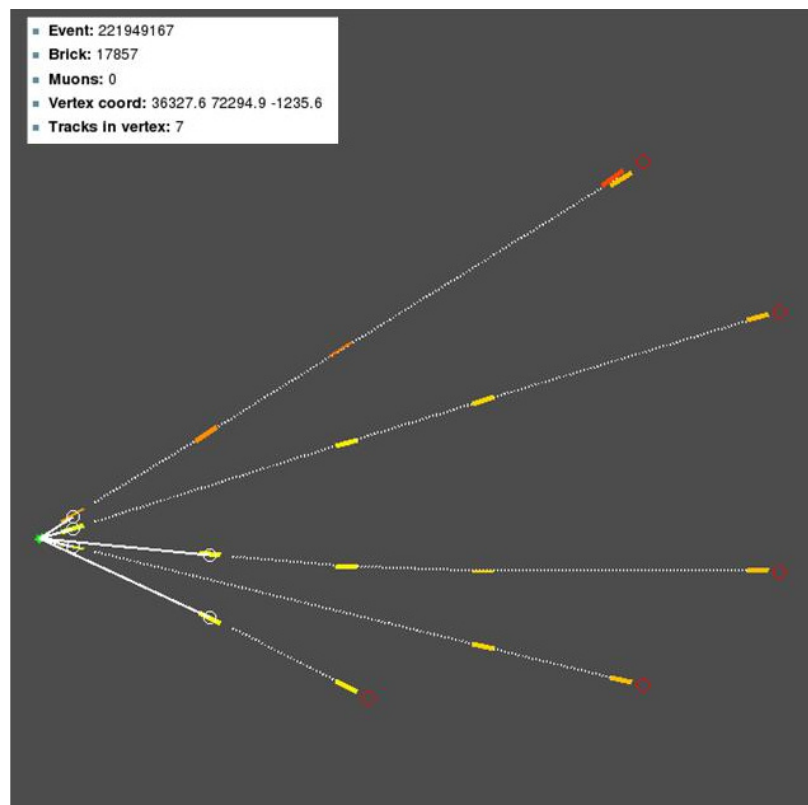
L'interazione debole può avvenire tra leptoni e quark , tra soli leptoni o tra soli quark, per i quali la gravità è trascurabile. La forza debole è anche la responsabile del decadimento beta dei nuclei atomici, associato alla radioattività, per il quale un neutrone si trasforma in un protone, con l'emissione di elettroni (radiazione beta) e neutrini.

(L'interazione nucleare forte può essere invece osservata in due aree: in scala più grande per tenere assieme protoni e neutroni a formare il nucleo dell'atomo mentre, in scala più piccola, è anche la forza che tiene assieme quark e gluoni a formare i protoni, i neutroni ed altre particelle.)

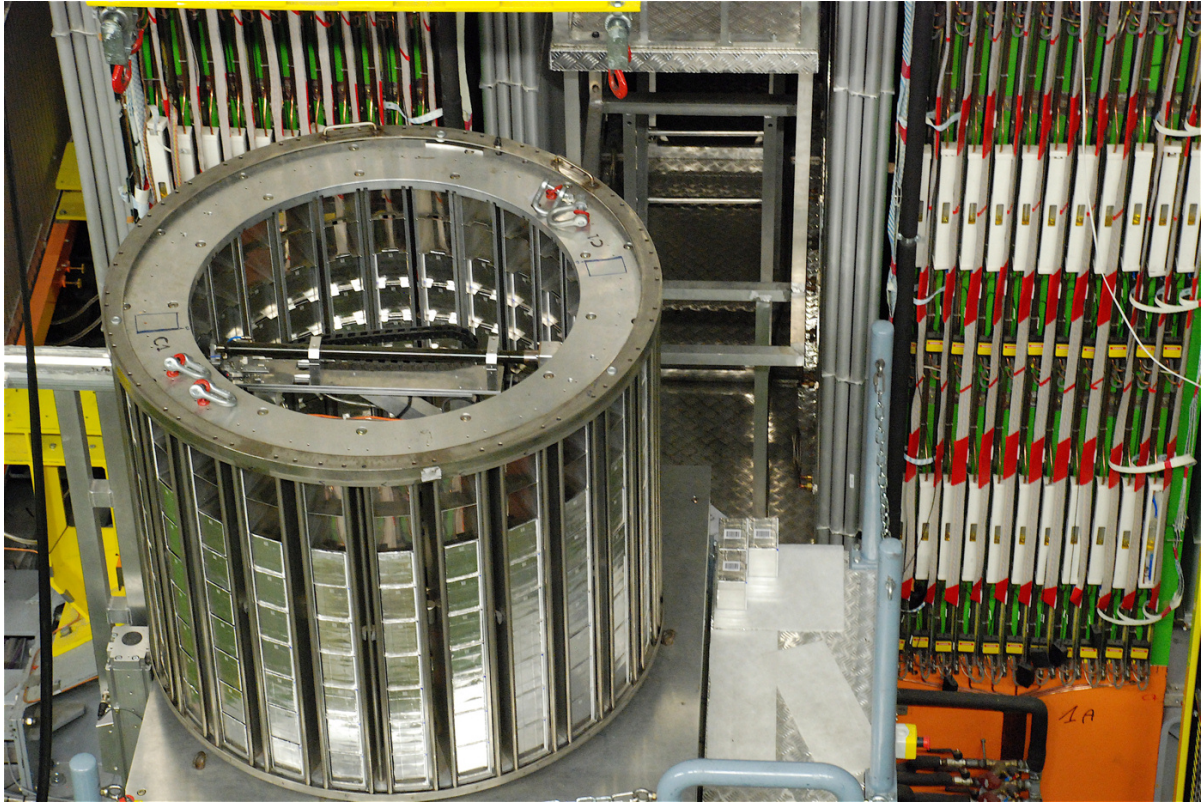
.



Dettaglio del magnete del rivelatore di OPERA al Gran Sasso (Fonte: Sito [OPERA Project](#))



Schermata di rilevazione di uno dei 16000 eventi (Fonte: [Sito Opera Project](#))



Dettaglio del detector di OPERA ai Laboratori del Gran Sasso (Fonte: [Sito OPERA Project](#))