

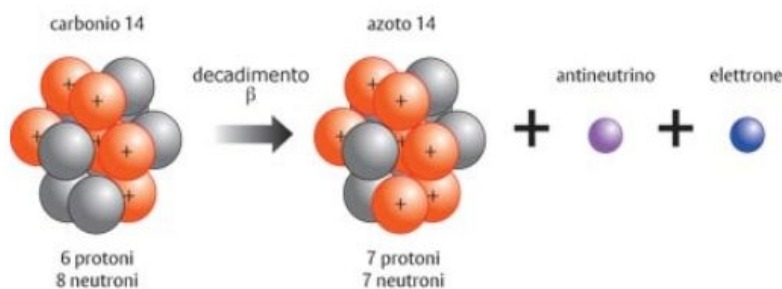
LA METAMORFOSI DEL NEUTRINO

In fisica il neutrino è una particella subatomica elementare di massa piccolissima e carica elettrica nulla, appartenente al gruppo dei leptoni e alla famiglia dei fermioni.

Il nome neutrino fu coniato da Edoardo Amaldi durante una conversazione con Enrico Fermi all'Istituto di fisica di via Panisperna a Roma, come diminutivo scherzoso della parola neutrone.

La scoperta di questa minuscola particella avvenne per caso, intorno agli anni '20 si era notato che durante le reazioni nucleari di decadimento β nei prodotti della reazione una parte dell'energia scompariva. Ad esempio considerando il decadimento β del C^{14} in N^{14} si osservò che la reazione non era bilanciata per quanto riguarda la massa/energia, poiché l'energia cinetica acquisita dall'elettrone espulso dal nucleo non era sufficiente a controbilanciare la perdita di massa. Questo fenomeno quindi violava il principi di conservazione che sostiene che in una reazione l'energia/massa dei prodotti è uguale a quella dei reagenti.

La soluzione a questo problema fu trovata dal fisico austriaco Wolfgang Pauli che ipotizzò l'esistenza di una particella che sarebbe comparsa durante l'espulsione dell'elettrone.



Per spiegare il fatto che questa nuova particella non fosse stata ancora rilevata ipotizzò che avrebbe dovuto possedere proprietà improbabili come quella di non avere massa, di non interagire con la materia ordinaria o di essere elettricamente neutra.

Un team di ricercatori decisero quindi di costruire un rivelatore di grandi dimensioni nei pressi di un reattore nucleare nel South Carolina, per avere la conferma dell'esistenza del neutrino.

Grazie a questo rivelatore furono rilevate le particelle opposte dei neutrini, gli antineutrini che si formano all'interno dei reattori nucleari di fissione dove avviene la trasformazione dei neutroni in protoni. Successivamente grazie alle ricerche di Bruno Pontecorvo e Raymond Davis furono rivelati dei neutrini provenienti dal sole.

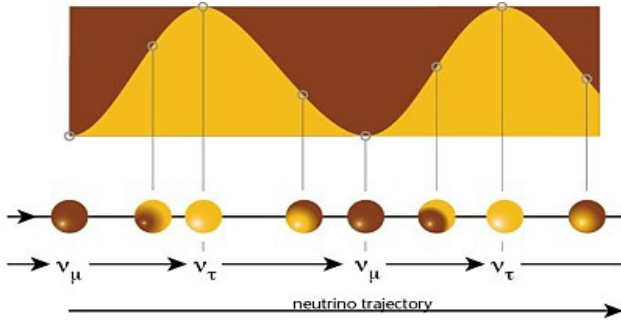
Dallo studio dei neutrini solari sorse però un problema, infatti il numero di particelle provenienti dal Sole era solo un terzo di quello che avrebbe dovuto essere considerando i processi di fusione nucleare che avvengono all'interno delle stelle. Secondo alcuni scienziati questo fenomeno era basato sul fatto che i neutrini si dividessero in tre famiglie o "sapori" (elettronico, muonico e tauonico) e che potesse esserci un'oscillazione da una forma all'altra, come era stato intuito alcuni anni prima da Pontecorvo.

L'OSCILLAZIONE DEL NEUTRINO

Per spiegare questo fenomeno basti analizzare un neutrino qualsiasi, prendendo in considerazione solo due dei tre sapori conosciuti che corrispondono a due stati di massa diversi, ν_μ e ν_τ .

Ogni neutrino possiede questi due stati, la loro sovrapposizione a certe percentuali genera un neutrino tauonico, mentre la sovrapposizione degli stessi due stati di massa, ma con percentuali diverse, produce un neutrino muonico.

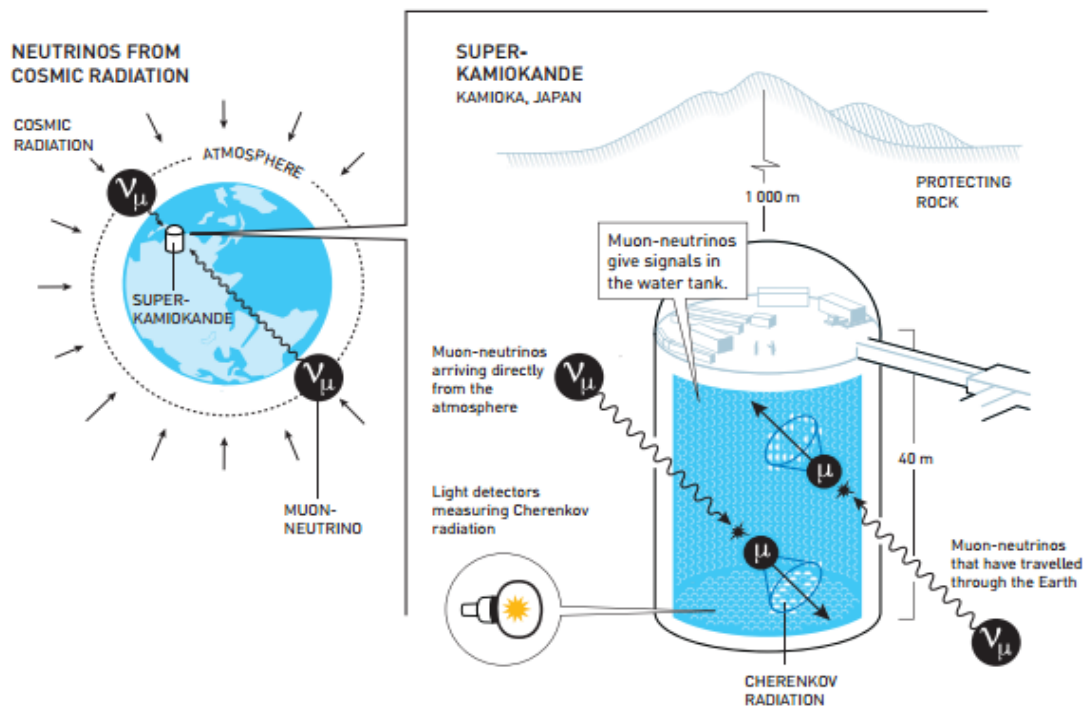
Quindi lo stato di un neutrino è una sovrapposizione di stati di massa e a causa del dualismo onda-particella della meccanica quantistica ciascuno di essi evolverà come un'onda.



Tra i vari esperimenti a riguardo, due fornirono prove fondamentali a sostegno di quella tesi: gli esperimenti Kamiokande guidato da Takaaki Kajita e SNO (Subdury Neutrino Observatory) con a capo Arthur B. McDonald.

L'ESPERIMENTO KAMIOKANDE E SUPER-KAMIOKANDE

Nell'esperimento Kamiokande, effettuato nella miniera di Kamioka in Giappone, fu utilizzato un rivelatore costituito da un grande serbatoio contenente tonnellate di acqua purificata circondata da vari fotomoltiplicatori. La rivelazione dei neutrini avveniva tramite la tecnica della luce Čerenkov, secondo la quale se una particella carica si muove in un mezzo ad una velocità superiore a quella della luce nel mezzo stesso, essa perde energia rilasciando dietro di se un cono di luce (tipicamente blu o ultravioletta) simile all'onda d'urto lasciata da un aereo supersonico.



I neutrini provenienti dal Sole possono talvolta urtare un elettrone conferendogli una velocità superiore a quella della luce nell'acqua. La luce Čerenkov rilasciata viene rivelata dai fotomoltiplicatori che circondano l'apparato e vengono ricavate informazioni su direzione ed energia del neutrino incidente.

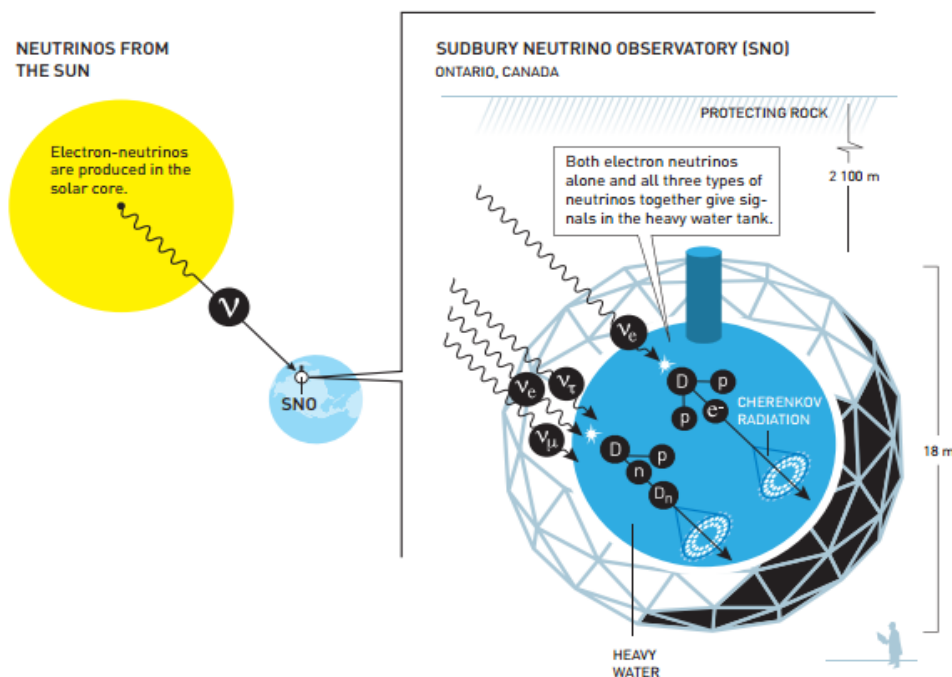
Il numero di urti rilevati fu minore di quello ipotizzato (considerando che i neutrini prodotti dal sole sono solo di tipo elettronico), ciò fu dovuto al fatto che i neutrini di tutti i sapori sono in grado di urtare l'elettrone, però il ν_e ha una sezione d'urto di interazione maggiore, per cui una conversione

di neutrini elettronici in altri sapori si traduce in una diminuzione del tasso di eventi osservati rispetto a quello atteso in assenza di conversioni. Questo esperimento è quindi una prova che i neutrini possono cambiare sapore.

L'ESPERIMENTO SNO

L'esperimento SNO (Sudbury Neutrino Observatory), situato nella miniera di Sudbury in Canada, era simile come concetto Superkamiokande ma con una differenza sostanziale: utilizzava acqua pesante anziché acqua normale.

L'acqua pesante è composta da molecole D_2O nelle quali agli atomi di idrogeno sono stati sostituiti atomi di deuterio (il cui nucleo è composto da un protone ed un neutrone). Ciò permette due tipi di reazione, nel primo caso un neutrino elettronico modifica un neutrone in protone e a sua volta si trasformando in elettrone (che viene rivelato tramite la tecnica Čerenkov). Nel secondo caso un neutrino di qualunque sapore spezza il nucleo di deuterio in un protone e un neutrone. La successiva rivelazione del neutrone evidenzia l'avvenuta reazione. Nella seconda reazione è presente la stessa sezione d'urto per i tre sapori quindi si può misurare il flusso totale di neutrini provenienti dal Sole, mentre grazie alla prima si può ottenere la sola componente elettronica.



I risultati ottenuti dimostrano che dal sole proviene un flusso di neutrini muonici e tauonici, oltre che elettronici e la spiegazione più accreditata di questo fenomeno è che i neutrini sono inizialmente elettronici, ma possono cambiare sapore.