

08/03/2013 – I fili pendenti: il Modello Standard 2

Assieme all'impossibilità di trattare anche la gravità, il secondo *fallimento* del **MS** è il problema della non esistenza di antimateria. E si tratta di un problema grosso, non di un dettaglio. Ma discutiamo prima della massa dei neutrini, anche perché i due argomenti sono collegati.

Siccome, prima o poi, dovremo riprendere a parlare dell'interazione debole, poiché tutti i misteri ancora irrisolti sembrano passare per quest'ultima, tanto vale cominciare a introdurre l'anomalia che costringe pure i fisici più rotti a tutto a esclamare: "Perché?". Introduco il problema affermando che l'interazione debole non influenza **tutte** le particelle, ma soltanto la **metà** di loro. Che cosa vuol dire, specie considerando che finora abbiamo sempre affermato che *tutte* le particelle elementari possiedono *carica debole*?

Il punto è il seguente: l'interazione debole "guarda" lo spin delle particelle, e "non vede" quelle che hanno *spin destrorso*. Di conseguenza, poiché in media metà delle particelle hanno spin destrorso, e l'altra metà sinistrorso, ecco che solo metà delle particelle è soggetta all'interazione debole. Ora: cosa vuol dire spin destrorso o sinistrorso? Lo vediamo graficamente.

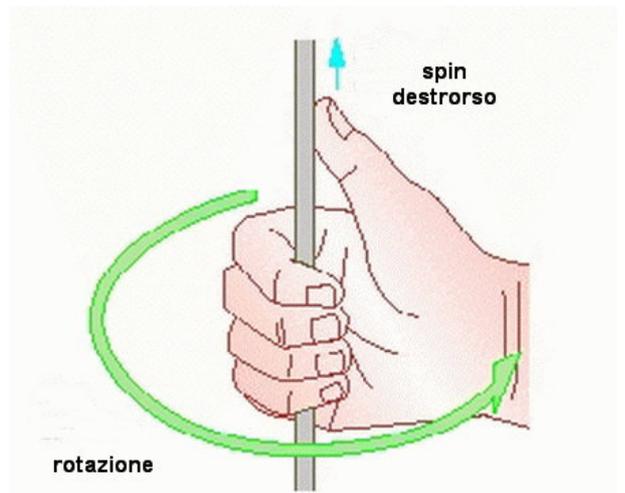
Immaginate di tenere la mano destra come nella figura accanto, con il pollice diretto verso l'alto, e le altre dita arrotolate. Se la particella si muove verso l'alto, nella direzione indicata dal pollice, e il suo moto di rotazione segue la rotazione delle altre dita, allora si dice che la particella ha *spin destrorso*.

Se, al contrario, la rotazione va all'inverso, non potremo più indicare con la mano destra la direzione di moto e lo spin; ci riusciremo, invece, con la mano sinistra. In tal caso, si dice che lo spin della particella è *sinistrorso*.

In sostanza, dunque, che lo spin sia sinistrorso o destrorso è, per una particella normale, un puro caso. Per esempio: se la particella destrorsa subisce una collisione che le fa invertire la velocità senza modificare il suo spin, da destrorsa diventa sinistrorsa o viceversa.

Ebbene: come già vi avevo anticipato, l'interazione debole neppure si accorge della presenza di particelle con spin destrorso, ma agisce solo su quelle con spin sinistrorso. È una delle tante bizzarrie della natura, e accettiamola. Per completezza aggiungiamo che, quando si parla di *antiparticelle*, l'interazione debole si accorge solo di quelle con spin destrorso, per tutta una serie di leggi di conservazione.

Qui si pone il problema dei neutrini. Per capire cosa succede immaginiamo il caso più semplice fra tutti: quello che avviene durante il decadimento di un neutrone. Un quark down decade in un quark *up*, un elettrone e un antineutrino (per conservare il bilancio tra particelle e antiparticelle). Ci si chiede: come sarà lo spin dell'antineutrino? Per forza di



cose dev'essere destrorso, altrimenti non potrebbe essere passato attraverso l'interazione debole. Detto in altro modo, tutti gli antineutrini, devono per forza essere nati con spin destrorso. E qui non occorre entrare in ulteriori dettagli per capire che, all'inverso, tutti i neutrini prodotti dall'interazione debole nascono con spin sinistrorso.

Ma, e questo è il punto fondamentale, come si sono generati *tutti* i neutrini esistenti? Sempre attraverso processi che passano attraverso l'interazione debole. Di conseguenza, tutti i neutrini esistenti sono sinistrorsi; nell'universo non esistono neutrini destrorsi. Solo gli antineutrini possono essere destrorsi, e anzi *devono* esserlo.

Si può obiettare: non è possibile che un neutrino subisca una collisione tale da invertire il proprio moto, e passare destrorso da sinistrorso che era? No, non è possibile, e per due motivi. Il primo è che, se un neutrino subisce un'interazione (sempre e comunque debole), di solito è assorbito e trasformato in qualcos'altro. Il secondo motivo è che il neutrino, comunque, va soggetto solo a interazione debole. Di conseguenza, anche nel caso improbabilissimo che esso riuscisse a subire un'interazione con un bosone Z^0 tale da riuscire a invertire la sua velocità, verrebbe invertito anche il suo spin e, di conseguenza, sempre sinistrorso rimarrebbe.

In pratica, tutto l'universo è attraversato da neutrini sinistrorsi che, muovendosi a velocità prossima a quella della luce, a maggior ragione non riusciranno mai a diventare destrorsi.

E qui sorge il problema nel **MS**. Quando si fanno le somme che poi conducono alla *rinormalizzazione*, bisogna premettere esplicitamente che si prende in considerazione una miscela di particelle sinistrorse e destrorse in egual misura. Per i neutrini, però, questo non è vero: sono solo sinistrorsi. Di conseguenza, per loro non è possibile eseguire il trucco della rinormalizzazione e assegnare la massa sperimentalmente misurata: ci si ferma ancor prima di poter passare alle famigerate somme, e l'unica risposta possibile dal **MS** è che la massa dei neutrini deve per forza essere zero, che essi viaggiano sempre e solo alla velocità della luce, e quindi non possono cambiare orientamento di spin.

Non voglio dire che non esistano teorie che, attraverso complicazioni tortuose del **MS**, consentano di assegnare massa ai neutrini; però ci tengo a insistere su due fatti.

Il primo è che, per i neutrini, non si può fare come per le altre particelle, e assegnare una massa come ulteriore parametro libero della teoria. È la teoria stessa che non permette questo passaggio.

Il secondo riguarda possibili conferme sperimentali delle nuove teorie interne al **MS** per fornire massa ai neutrini. Queste teorie fanno anche altre previsioni e, finora, non sembra che tali previsioni siano confermate; piuttosto, sembrano contraddette.

In sostanza, all'interno del **MS** non sembra esserci posto per la massa dei neutrini, per quanto piccola sia. Sembra, perciò, ovvio che in questo filo pendente che non si riannoda da nessuna parte vadano cercate eventuali aperture verso la nuova fisica. Sempre passando per l'interazione debole.