

## L'interazione elettrodebole II (17/05/2006)

Prima di procedere con altre caratteristiche dell'interazione debole, dobbiamo spiegare come mai i fisici sono arrivati a capire, già attorno al 1920, che nel nucleo atomico agiscono due tipi differenti di "forza". Ci sono riusciti notando che i processi nucleari potevano avvenire in base a due diverse scale di tempo; spieghiamo meglio il concetto.

Supponiamo che si verifichi un certo processo "nucleare": per esempio il decadimento di una particella non meglio identificata, che si è "creata" nella collisione tra due altre particelle, magari due protoni. Nella *camera a nebbia* si vedono le traiettorie dei due protoni fino alla collisione, poi un trattino brevissimo, che nei primi tempi non si riusciva neppure a misurare, e quindi le traiettorie dei prodotti di decadimento. Oppure, si poteva dare un caso diverso: dal punto di collisione dei protoni partiva una traccia lunghissima, e la particella creata andava a disintegrarsi a grande distanza; decine di metri. Queste due condizioni corrispondono, secondo le misure più precise di oggi, a due tempi di decadimento completamente diversi per la particella intermedia: in un caso circa  $10^{-22}$  secondi, nell'altro circa  $10^{-6}$  secondi. È una differenza enorme: se il primo decadimento durasse 1 secondo, l'altro durerebbe 300 milioni di anni. Dunque, nel nucleo atomico dovevano essere in atto due tipi diversi d'interazione, il primo molto *forte*, l'altro molto *debole*.

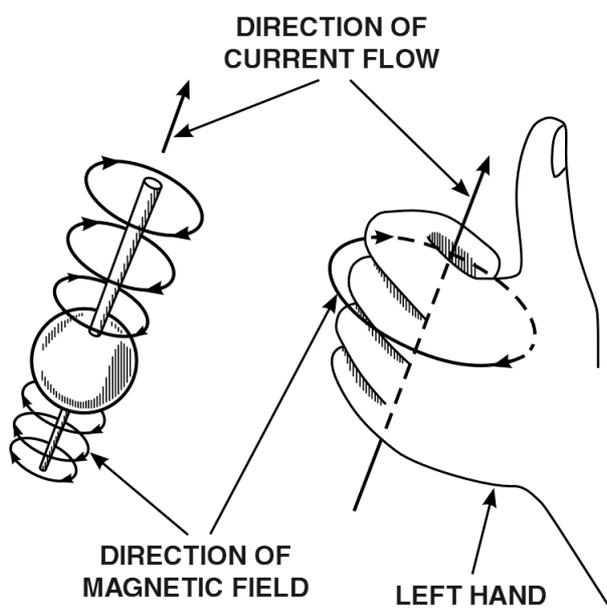
Ma passiamo alla simmetria speculare. Così come lo spaziotempo è simmetrico per uno spostamento qualsiasi nello spazio (da cui il principio di conservazione della quantità di moto), per una rotazione qualsiasi (conservazione del momento della quantità di moto) e per un cambio di segno nel tempo (conservazione dell'energia) i fisici erano convinti che la natura fosse simmetrica per una traslazione destra/sinistra. Ma, già nel 1848, Pasteur si era accorto che alcune molecole organiche non sono simmetriche, nello stesso senso delle mani. Ci sono quelle che fanno ruotare verso destra un fascio di luce polarizzato (destrogire) e quelle che lo fanno ruotare verso sinistra (levogire). In una normale reazione chimica, vengono prodotte uguali quantità dei due tipi, ma negli organismi viventi se ne produce un solo tipo e, sostituendo le levogire con le destrogire, l'organismo muore. Il perché esatto non è ancora chiaro, ma teniamo presente questa piccola asimmetria della natura.

Fino agli anni '50, i fisici sapevano che la forza di gravità e quella elettrica sono assolutamente *simmetriche* sia nel mondo reale che nel mondo riflesso in uno specchio, nel senso che qualsiasi esperimento gravitazionale o elettrico fornirebbe gli stessi risultati. Attenzione, però, al caso elettromagnetico: siccome una *rotazione* appare, in uno specchio, in senso inverso, anche le correnti elettriche e i campi magnetici generati sarebbero, nello specchio, rovesciati. Il rovesciamento sarebbe comunque del tutto generale e, ribaltando tutto, nessun fenomeno elettromagnetico ne sarebbe influenzato. Dunque, i fisici assumevano implicitamente, che più in generale la natura fosse specularmente simmetrica, e assegnavano a questa caratteristica il nome "parità".

Nell'aprile 1956, in un congresso a Rochester, due fisici di origine cinese, Yang e Lee, avanzarono il suggerimento che i decadimenti – diversi tra loro – di due particelle altrimenti identiche prodotte dai raggi cosmici nell'atmosfera terrestre (mesoni tau e theta), fossero in realtà due decadimenti diversi della stessa particella, e che in uno dei due, che avviene con la mediazione dell'interazione debole, non fosse conservata la parità. All'inizio, Feynmann non si dichiarò del tutto contrario a quest'ipotesi; poi, però, scommesse cinquanta dollari che non poteva essere vero. Perse.

Un altro fisico di origine cinese, la signora Wu, prese sul serio la violazione di parità ed eseguì, alla fine del 1956, un esperimento in cui la cosa veniva dimostrata sperimentalmente, e in due modi diversi. Vediamo il primo modo.

Il Cobalto 60 è un elemento spontaneamente radioattivo, ed emette un elettrone e un antineutrino nella trasformazione di un suo neutrone nucleare in protone. Dunque, si tratta di un processo mediato dalla forza debole. Per di più, il nucleo atomico del cobalto 60 ha un momento magnetico, ed è possibile orientarlo in un campo magnetico molto intenso, a patto che la temperatura del cobalto sia vicina allo zero assoluto. Ebbene: ponendo il cobalto 60 nell'elio liquido, e orientando il campo magnetico dei nuclei di cobalto per mezzo di un forte campo magnetico esterno, si trovò che la grande maggioranza degli elettroni emessi erano *levogiri*. Spieghiamo. Siccome siamo abituati ad associare lo spin di una particella alla sua rotazione, anche se il concetto di spin è meccanico – quantistico e pertanto sfugge un po' alla nostra intuizione, immaginiamo un elettrone come una sferetta elettricamente carica che ruoti attorno al proprio asse producendo un piccolo campo magnetico. Diremo che lo spin di un elettrone è levogiro o sinistrorso quando la sua direzione di rotazione sta in relazione alla sua velocità come le dita della mano sinistra rispetto al pollice nell'immagine accanto. Il caso destrogiro o destrorso è ovviamente quello in cui rotazione e direzione possono essere messe in relazione usando una disposizione speculare delle dita con la mano destra. Nell'esperimento di Wu, se la parità si fosse conservata, ci saremmo attesi che l'esecuzione dello stesso esperimento invertendo tutte le correnti e i campi magnetici, desse luogo a elettroni "riflessi" anche loro, e quindi in prevalenza destrogiri. Invece, continuavano a essere levogiri. Una differenza non riducibile.



relazione alla sua velocità come le dita della mano sinistra rispetto al pollice nell'immagine accanto. Il caso destrogiro o destrorso è ovviamente quello in cui rotazione e direzione possono essere messe in relazione usando una disposizione speculare delle dita con la mano destra. Nell'esperimento di Wu, se la parità si fosse conservata, ci saremmo attesi che l'esecuzione dello stesso esperimento invertendo tutte le correnti e i campi magnetici, desse luogo a elettroni "riflessi" anche loro, e quindi in prevalenza destrogiri. Invece, continuavano a essere levogiri. Una differenza non riducibile.

Questa fu la prima dimostrazione data da Wu della violazione della parità. La seconda fu quando a Yang e Lee fu assegnato il Nobel e a lei no.