

Verso le stringhe (11/04/07)

Nella fisica delle particelle elementari, la fine degli anni '60 è stato un periodo di biforcazione che ha visto il sorgere di diversi tentativi di unificazione. Parte di questi tentativi sono poi evoluti e confluiti nel Modello Standard che, alla fine, si è dimostrato l'approccio più solido in termini di capacità di spiegare gli esperimenti e prevederne nuovi esiti. Ma alcune strade sono state esplorate solo in modo approssimativo, proprio perché il Modello Standard si è imposto fin dall'inizio come quello che avrebbe dato i maggiori frutti, e i fisici hanno seguito preferenzialmente questo. In ordine d'importanza, il secondo dei filoni di ricerca a raccogliere gli interessi di alcuni fisici è stato quello delle stringhe. Facciamo un po' di storia.

Alcuni salotti fa parliamo del raggio classico dell'elettrone e di come si calcola, supponendo che l'elettrone sia una sferetta carica elettricamente, e uguagliando la sua energia di massa coll'energia elettrostatica. Viene fuori un raggio molto grande, dell'ordine di grandezza di quello del nucleo atomico (qualcosa in 10^{-13} cm). Questi conti si sapevano eseguire già dall'inizio del '900, quando Rutherford dimostrò che il nucleo atomico aveva quelle dimensioni, Einstein l'equivalenza tra massa ed energia, e Chadwick l'esistenza del neutrone, oltre al protone, nel 1932.

Ragioniamoci un attimo: sebbene fosse chiaro fin dall'inizio che il neutrone non poteva essere una particella elementare in senso stretto, in quanto aveva proprietà magnetiche pur essendo privo di carica elettrica (e dunque, al suo "interno", dovevano esistere particelle cariche più piccole), sarebbe stato possibile escogitare qualche teoria che "unificasse" almeno in prima approssimazione elettroni, protoni e neutroni? Per gli elettroni, si penso abbastanza presto che ciò non avrebbe avuto senso. Essi si presentavano "elementari" in senso stretto, e quindi furono tenuti fuori dal gioco. Ma protoni e neutroni? In fin dei conti, la loro massa era quasi la stessa, e differivano solo per la carica elettrica, mentre i primi esperimenti nucleari dimostravano che anche la loro forza nucleare era più o meno uguale. Infatti, per un po' di tempo andò in voga il modello dell'isospin. Il nome non dice nulla, tranne che s'ipotizza un qualche genere di spin isotopico che è una sorta di "rotazione" in uno spazio puramente matematico. Ma, scegliendo opportunamente (e in modo del tutto empirico) i parametri di questo modello, era possibile trattare, almeno in modo matematico, il neutrone e il protone, in modo che fossero la stessa particella, ma con isospin diverso. Oggi, siccome questa nozione ha solo un interesse storico, possiamo tranquillamente ignorare cosa fosse l'isospin in dettaglio, ma per un certo tratto la nozione funzionò, e permise alcuni avanzamenti non indifferenti che, alla fine, sfociarono proprio nel Modello Standard.

Bisogna infatti aggiungere che, dagli anni '50, lo sviluppo dei primi acceleratori di particelle degni di questo nome, condusse alla scoperta di una quantità enorme di particelle apparentemente elementari di vita media brevissima: si andava dal milionesimo di secondo come massimo, a qualcosa dell'ordine di 10^{-22} secondi. Ma la cosa importante era questa: nella collisione tra due elettroni o tra due protoni, non si formavano frammenti di qualsiasi massa e carica elettrica. Si creavano sempre e soltanto quelle particelle, e non oggetti intermedi. Per di più, fu presto chiaro che esistevano non solo le particelle, ma anche le corrispondenti antiparticelle, e dunque esse dovevano star scritte da qualche parte nel libro della natura. Ma come?

Verso la fine degli anni '60, la situazione sembrava disperata, poiché le particelle elementari così scoperte stavano raggiungendo il centinaio. Più o meno la stessa situazione che si era verificata in chimica un secolo prima, quando non esisteva ancora un'idea della struttura atomica, e ogni elemento era a sé, e diverso dagli altri. Come aveva fatto Mendeleev in chimica, anche i fisici cominciarono a classificare le particelle in "tavole periodiche", e fu proprio una sorta di tabella in cui compariva anche l'isospin a guidare verso una sorta di disposizione a gruppi di tre (i tre Poli di Regge, i tre quark di Gell-Mann e Zweig) che sfociò nel Modello Standard, dimostrando che, così come gli atomi della chimica erano la combinazione di protoni, neutroni ed elettroni, tutte le strane particelle pseudo-elementari erano combinazioni di elettroni e quark. Ma intanto...

Nel 1968, Gabriele Veneziano lavorava al CERN. Analizzava le proprietà della forza nucleare, così come queste emergevano dalle collisioni tra nuclei. Sempre alla ricerca di apparenti ricorrenze,

si rese conto che alcune delle proprietà della forza nucleare erano descritte, matematicamente, dalla cosiddetta “Funzione Beta” scoperta da Eulero due secoli prima. Detto in termini molto rudimentali, Veneziano cercava di descrivere matematicamente la sezione d’urto tra due particelle, ovvero la probabilità che, sparando la prima contro la seconda, si verificasse una collisione, oppure le due particelle si passassero accanto senza essere deviate. Trovò che questa funzione, che si può esprimere come la somma convergente di infiniti termini, si adattava bene ai calcoli di sezioni d’urto. Circa un anno dopo, anche Nambu, sempre al CERN, scoprì la stessa cosa, ma gli fu detto che Veneziano aveva già individuato la tecnica matematica sottostante. Per Veneziano, l’aspetto matematico fu molto importante per contribuire alla nascita del Modello Standard. Nambu, invece, cominciò a domandarsi cosa descriveva, dal punto di vista fisico, la funzione Beta. Assieme a Susskind, nel 1970 si rese conto che i diversi termini della serie potevano essere intesi come “modi di vibrazione” di una stringa. La prima idea fu che gli elettroni e i quark, che allora cominciavano a prendere forma nella mente dei fisici, potessero essere piccole stringhe vibranti. La loro dimensione doveva essere quella di un protone: circa 10^{-13} cm. Ma, mentre le cose andavano abbastanza bene per energie di collisione basse, via via che aumentavano le energie la teoria deviava sempre di più dagli esperimenti, mentre la cromodinamica quantistica allora nascente sembrava spiegare tutto.

Le stringhe e il Modello Standard, che avevano cominciato la loro strada parallelamente, si separarono. Il Modello Standard passò da un successo all’altro; le stringhe incapparono subito in problemi concettuali. Per esempio, fu necessario ipotizzare che fossero di dimensioni molto piccole (circa dimensioni di Planck) perché solo in questo modo si riuscivano a mettere d’accordo con i risultati sperimentali. Ma non bastava.

Infatti, volendo continuare a identificare le stringhe con le particelle elementari, si riuscivano a prevedere anche i gluoni, ma in più venivano previste particelle che non si trovavano in natura. E questo andava molto male, ovviamente. Solo nel 1974, Schwartz e Scherk si resero conto che una di queste particelle anomale aveva le proprietà che dovrebbe avere il gravitone se anche la forza di gravità obbedisse alle leggi della meccanica quantistica. Per breve tempo, la cosa destò scalpore, ma molto presto la teoria delle stringhe s’impantanò nella matematica. Infatti, se per descrivere la forza di gravità in termini geometrici bisogna già curvare tre dimensioni spaziali, e in più anche il tempo, figuriamoci quante dimensioni bisogna curvare per rendere ragione di tutte e quattro le forze fondamentali della natura. Il modello iniziale delle stringhe ne ipotizzava almeno 26, e sembrava un po’ troppo. Coll’aggiunta, che non è facile manipolare matematicamente 26 dimensioni.

Fu a quell’epoca che qualcuno (ogni libro fornisce una versione differente) affermò che la teoria delle stringhe era una teoria del XXI (o del XXII?) secolo piombata per caso nel XX. Il concetto sottostante, era che la matematica necessaria a sviluppare la teoria non fosse stata ancora scoperta. E in effetti, mentre il Modello Standard sa di olio di macchina (è tutto sporco, unge ma, lubrificandolo bene e aggiustando con cura i parametri, va come una locomotiva) e, in un certo senso, rientra nelle possibilità di comprensione di qualsiasi fisico, la teoria delle stringhe richiede conoscenze di topologia molto sofisticate, in corso di sviluppo. Essendo, infatti, una teoria di tipo “geometrico”, sono molto importanti le “forme” assunte dalle curvature delle dimensioni. Il resto, ai prossimi salotti.