

Le particelle elementari I (15/11/06)

La volta scorsa abbiamo introdotto il concetto di “forza di colore” per mezzo di analogie molto semplici con la tradizionale teoria dei colori. In particolare, abbiamo affermato che esistono tre tipi di “cariche forti” o “di colore”, denominate R, G, B, che si combinano secondo lo schema:

- 1) R si respinge con R (eccetera)
- 2) R si attrae con G e B (eccetera)
- 3) $R + G + B =$ bianco (assenza di colore o neutralità)

Ovviamente, le caratteristiche della “forza di colore” sono molto complesse e non basteranno questi pochi cenni, ma per lo meno abbiamo ormai qualche informazione su tutte le forze della natura e possiamo finalmente passare a discutere le particelle elementari. Lasciamo da parte il discorso storico, e vediamo subito come viene definito un oggetto tale da meritare il nome: “particella elementare”.

In primo luogo, la denominazione stessa suggerisce che la particella non sia ulteriormente scomponibile in altre. Dunque, il protone, che contiene tre “quark”, non è una particella elementare, anche se non riusciremo mai a tirarne fuori un quark isolato. Ma attenzione: questa definizione può farci pensare istintivamente a una “stabilità” della particella. «Se non c’è altro dentro, non si può spaccare». Messo in questi termini, il concetto può essere fuorviante, come vedremo tra breve. Perché, anche se una particella elementare non contiene al proprio interno nulla che ne possa venire estratto, la particella stessa può “trasformarsi” in qualcos’altro, e dunque non è detto a priori che sia stabile. Questa premessa è indispensabile, perché vedremo che solo tre particelle elementari sono del tutto stabili (almeno fin dove riusciamo a capire oggi), mentre ce ne sono molte altre, ugualmente elementari, ma che si trasformano nelle tre di base.

In secondo luogo, sempre nel tentativo d’identificare un po’ meglio la natura di una particella elementare, possiamo chiederci in cosa differiscano tra loro questi oggetti. La risposta è: “Nella carica”. Spieghiamo meglio.

Tutto quel che esiste si rende “palpabile” ai nostri strumenti di misura perché interagisce con essi. Ma abbiamo anche scoperto che esistono solo quattro tipi d’interazioni fondamentali: gravitazionale, elettromagnetica, nucleare debole e nucleare forte (o di colore). Dunque, un oggetto che interagisca con un altro deve essere “portatore” di una carica di qualche genere. La particella elementare è il “portatore minimo” di carica, nel senso che, essendo elementare e non potendo quindi essere “spezzata in due”, la carica che essa porta con sé è veramente la minore possibile per ogni interazione. Ma il discorso può anche essere visto da una prospettiva diversa: in cosa differiscono tra loro due particelle elementari diverse? Nel tipo di carica che esse trasportano (o, se si preferisce, cui sono sensibili). Cominciamo a descriverle.

In primo luogo, notiamo che esistono non una, ma ben tre famiglie di particelle elementari. Tutta la materia che vediamo nell’universo (e sul nostro pianeta) è costituita da tre particelle appartenenti alla prima famiglia. Ci si potrebbe chiedere: “E allora, a che servono le altre due famiglie?”. La risposta è semplice e chiara: nessuno lo sa. Ci sono e basta. Forse, un giorno scopriremo non solo perché ci sono, ma anche perché ci sono solo tre famiglie e non quattro o quattro miliardi, ma per il momento non lo sappiamo. Riusciamo a creare in laboratorio, negli acceleratori, particelle delle due famiglie superiori, ma queste durano un attimo, e poi si trasformano nella più piccola particella elementare “omologa” della prima famiglia, rilasciando l’energia in più. Non fate subito tutte le domande, perché ci torneremo sopra per diversi salotti.

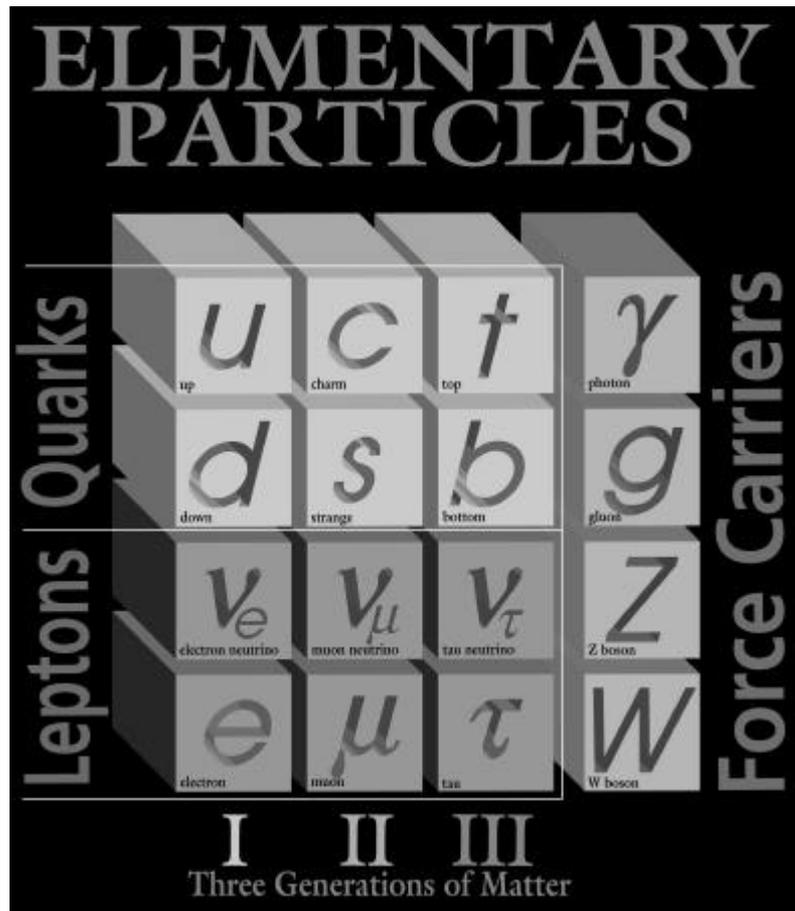
Cominciamo a elencare queste particelle in ordine di “carica” trasportata. Diciamo subito che ogni famiglia (e ovviamente partiamo dalla prima) è composta di quattro particelle (finora avevamo parlato solo di tre, perché la quarta non entra a far parte della materia normale). Dal punto di vista delle “cariche”, tutte e quattro le particelle trasportano “carica gravitazionale” nel senso che hanno massa. Due di queste particelle sono molto leggere e vengono definite “leptoni” dal greco “leptòs = leggero”. Esse sono, rispettivamente, il neutrino e l’elettrone.

Il neutrino ha massa; fino a una decina d'anni fa sembrava che potesse anche non averne, ma ormai sono state scoperte alcune sue proprietà che richiedono per forza una massa, anche se così piccola che ancora non è stato possibile misurarla. Potrebbe essere circa un milionesimo di quella dell'elettrone.

Oltre alla massa, i neutrini hanno anche "carica debole". Infatti, essi si rivelano grazie a quest'ultima, dato che la massa è troppo piccola per esercitare gravità in modo misurabile. La carica debole è anch'essa molto elusiva, ma ormai ci si può sperimentare bene in laboratorio. Non hanno invece carica elettromagnetica, e perciò la materia normale è per loro trasparente o quasi. Il loro simbolo è " ν_e ", e più avanti vedremo che significa quella piccola "e".

La seconda particella elementare che incontriamo dopo il neutrino ci è molto più familiare: è l'elettrone. La sua massa è piccola, ma ben misurabile; è soggetto all'interazione debole, ed ha anche carica elettromagnetica (ha tre cariche su quattro esistenti). Per oltre mezzo secolo si è pensato che la sua carica elettrica fosse la più piccola possibile e, infatti, è stata presa come unità di misura della carica, ma vedremo che le cose stanno altrimenti.

Le altre due particelle elementari della prima famiglia sono un po' più pesanti dell'elettrone (anche se il problema della "massa a nudo" è un po' complicato poiché, come vedremo più avanti, quando si cerca di pesarle non si riesce a levargli i "vestiti" di dosso); sono anche loro soggette all'interazione debole, portano carica elettrica, e pure carica nucleare forte o "di colore". In un certo senso, si direbbe che, più una particella porta cariche, più è pesante. Forse c'è qualcosa di vero, ma ancora non sappiamo come. Ma insistiamo un po' su queste due ultime particelle che prendono il nome di "quark". In che differiscono tra loro? Non nella forza di colore, poiché possono scambiarsi la carica di colore a piacere, a differenza di quel che avviene con la carica elettrica che resta sempre quella. Differiscono nella massa ("up" pesa circa la metà di "down") e nella carica elettrica. Infatti, "up" ha carica $+2/3$, mentre "down" ha carica $-1/3$. Come sarebbe a dire? Cariche elettriche più piccole di quelle dell'elettrone? Proprio così. Ripensiamo alla forza di colore: siccome, per la neutralità di carica di colore, si debbono raggruppare tre particelle di tre colori diversi (nel protone "up" + "up" + "down", nel neutrone "up" + "down" + "down"), è inevitabile che ciascuna particella, affinché nell'atomo ci sia neutralità di carica, debba portare una frazione $N/3$ di carica elettrica. Così, il protone avrà carica $+2/3+2/3-1/3 = +1$, e sarà perfettamente in equilibrio coll'elettrone che ha carica -1 . Il neutrone, invece, avrà carica elettrica $+2/3-1/3-1/3 = 0$.



Per trovare delle belle carte delle particelle elementari, cercate a questi indirizzi di rete:

http://physics.usc.edu/~bars/135/LectureNotes/ElementaryParticles_files/image010.jpg

http://www-visualmedia.fnal.gov/VMS_Site/gallery/stillphotos/1995/0700/95-0759D.hr.jpg