

LE SCATOLE CINESI

Ricordo che l'anno scorso ci fu a Pisa una conferenza stampa, indetta da un gruppo di fisici italiani che lavora al Fermilab di Batavia, nell'Illinois, in una collaborazione di 440 fisici di cinque Paesi, per confermare la scoperta di *top*, il sesto e ultimo quark previsto teoricamente nel cosiddetto Modello Standard delle particelle elementari, mai rivelato sperimentalmente.

I fisici l'aspettavano, poiché è la conferma di un modello che spiega tutto nel mondo delle particelle.

Ma, ahimè, nuovi scherzi della natura si sono profilati all'orizzonte dell'infinitamente piccolo; infatti gli stessi fisici della scoperta di *top*, hanno annunciato l'osservazione di un particolare effetto in collisioni di particelle di alta energia che si discosta dalle previsioni del Modello Standard; questo potrebbe mettere in discussione l'idea fondamentale di tale modello, cioè che i quark siano i mattoni fondamentali della materia: essi potrebbero essere a loro volta composti da particelle ancora più piccole. Siamo di fronte a delle vere e proprie *scatole cinesi*: ogni scatola ne contiene una più piccola; la natura mette in ogni scatola tanti regali per noi!

Ma cosa sono i quark? Andiamo con ordine, cercando di capire come siamo arrivati ad aprire questa ulteriore scatola cinese e quali erano le scatole prima e chi le ha aperte e cosa ci hanno trovato dentro.

Tutto cominciò tanto tempo fa quando si pensava che gli elementi fondamentali della materia erano terra, aria, fuoco e acqua formati da unità fondamentali piccolissime e indivisibili che per l'appunto vennero chiamati atomi (dal greco *atomos* che significa indivisibile). Col passare dei secoli le idee si sono evolute ma gli scherzi della natura sono sempre gli stessi, quando si pensa di aver trovato i mattoni fondamentali del Cosmo ecco che ci si apre un'altra scatola e dentro troviamo tante cose carine che ci costringono a modificare tutte le nostre certezze sul mondo dell'infinitamente piccolo, e a formulare teorie sempre più fondamentali. Gli scienziati, all'inizio di questo secolo, iniziarono con l'aprire la prima scatola che fu quella dell'atomo e dentro trovarono elettroni, protoni e neutroni rispettivamente particelle elettricamente negative, positive, neutre.

La domanda che i fisici si ponevano era come fossero disposti in un atomo tali cariche. Un certo Thomson ipotizzò che l'atomo fosse come una sfera di gelatina tutta carica positivamente con cariche negative, come mirtilli, distribuiti dentro la sfera gelatinosa; tutto in dimensioni piccole un centesimo di milionesimo di centimetro. Ma, nel 1911, Rutherford, facendo collidere particelle alfa contro gli atomi di una lamina d'oro, scoprì che il modello suddetto non era valido. Infatti esso prevedeva pochissimi (quasi niente) rimbalzi all'indietro delle particelle alfa, invece si osservò un significativo numero che rimbalzava indietro; questo fatto portò Rutherford a ipotizzare l'esistenza di una struttura interna all'atomo differente da quella ipotizzata da Thomson. Si capì che la carica positiva, non era distribuita come una gelatina ma doveva essere tutta concentrata in un minuscolo puntino, il *nucleo*, formato da particelle chiamati protoni, e una nube di elettroni intorno.

Dunque l'atomo si scoprì non essere un tutt'uno indivisibile, ma risultò avere una sua struttura interna e per la maggior parte esso risultava spazio vuoto. Le particelle nel nucleo sono tenute insieme da una forza che è chiamata Forte, essa si manifesta solo a piccolissime distanze, a differenza della forza gravitazionale che lega i pianeti al Sole, e quella elettromagnetica lega gli elettroni al nucleo, ed è più forte, a quelle dimensioni, della forza repulsiva elettrica tra i protoni.

Successivamente iniziarono a svilupparsi delle macchine in grado di accelerare le particelle a velocità altissime, in modo da conferirgli una elevata energia, al fine di frantumare sempre meglio i nuclei e riuscire a vedere pezzi sempre più piccoli all'interno. Questi acceleratori possono essere lunghissimi, anche chilometri; ad esempio, il Tevatron, l'acceleratore di protoni e antiprotoni del Fermilab di Batavia, è un anello lungo 6,3 chilometri ed è quello che fa raggiungere alle particelle le energie più alte del mondo. Poi attraverso opportuni rivelatori (costruzioni sofisticate di dimensioni di un palazzo di quattro piani), attaccati a computer, si riesce a registrare tutti i dati, e quindi a capire che tipo di particelle escono fuori dalle collisioni e a selezionare gli eventi che interessano.

Spaccando i nuclei con gli acceleratori di particelle, vennero fuori miriadi di particelle elementari. La maggior parte di queste vive per un tempo estremamente breve (un milionesimo di milionesimo di milionesimo di secondo) prima di decadere in altre particelle. Nel 1962 alcuni scienziati, tra cui Gell-Mann proposero una *classificazione matematica* di queste particelle che interagiscono per mezzo della forza forte (esse sono chiamate adroni, dal greco hadros che significa robusto massiccio, tra questi vi è anche il protone e il neutrone), chiamata "*via dell'ottetto*". La classificazione matematica si poteva spiegare assumendo che *tutti gli adroni fossero composti da costituenti ancor più fondamentali*, che Gell-Mann chiamò i *quark*.

E, alla fine degli anni 60, la sorpresa: anche la seconda scatola, quella dei protoni, si aprì, come previsto per via teorica dai fisici. Avvenne attraverso un altro esperimento di collisione; questa volta iniziarono ad uscire i primi *quark*. Questa volta i bersagli erano i protoni mentre i proiettili fasci di elettroni ad altissima energia. In verità i fisici hanno un modo un po' strano di aprire le scatole, le distruggono bombardandole. Anche allora, il gran numero di rimbalzi all'indietro fu la prima chiara indicazione, come per Rutherford, che il protone era formato da componenti ben più piccole di lui, legate insieme, i quark. Mentre la Terra e il Sole sono tenuti insieme dalla forza di gravità, i quark sono tenuti insieme da una forza detta di *colore*.

I quark ipotizzati sono sei più i loro corrispondenti antiquark che hanno le stesse caratteristiche dei quark ma carica elettrica opposta e anticolori!?. I fisici si sono sbizzarriti, dandogli i nomi più strani; i loro nomi sono: up (su) e down (giù), charm (incantato) e strange (strano), top (alto) e bottom (basso).

Tutti gli adroni possono venire interpretati quali combinazioni appropriate di tre quark fondamentali (e degli antiquark corrispondenti). Il protone, per esempio, è una combinazione di due quark up e di un quark down.

Ma vediamo cosa è questa forza strana detta di colore.

Il colore è una proprietà dei quark simile alla carica elettrica, cioè ogni quark possiede una carica detta di colore. Per coerenza con la Meccanica Quantistica, si è

dovuto postulare che ciascun tipo di quark possa esistere in tre stati diversi (come la materia che può esistere in tre stati diversi: solido, liquido e gassoso). Per distinguere i tre stati possibili di un quark, i fisici, con una certa stravaganza, hanno cominciato a chiamarli con i nomi dei colori: un quark può assumere uno dei tre colori fondamentali rosso, viola o verde e un antiquark può assumere uno dei tre colori complementari cyan (antiroso), giallo (antiviola), e magenta (antiverde). E i quark entro l'adrone possono assumere solo quelle combinazioni di colore che lasciano l'adrone privo di colore, cioè bianco, se si seguono le regole di combinazione dei colori che valgono per la luce comune. Per esempio, i tre quark in un protone devono essere rispettivamente rosso, viola e verde, perché questi insieme mi danno il bianco. Allo stesso modo in cui un atomo è formato da costituenti elettricamente carichi pur essendo di per sé neutro, così un protone o un neutrone sono formati da quark colorati pur essendo di per sé incolori.

Con l'accumularsi dei dati sperimentali si è fatta strada la convinzione che i quark devono essere legati in modo permanente dentro le particelle del nucleo, cioè un quark libero isolato, come può essere per un protone, non si può osservare, al massimo si può osservare in coppia con un antiquark (e allora danno vita ad una particella chiamata mesone), questo fenomeno è chiamato "confinamento" dei quark. Cioè si può pensare che essi siano legati ad una corda che non può essere spezzata, essi sono liberi di muoversi all'interno del volume delimitato dalla lunghezza della corda ma non possono allontanarsi indefinitamente, sono come dei cani legati al guinzaglio insieme, tra di loro non possono allontanarsi più della distanza del guinzaglio. Per questo motivo la rivelazione di un quark è sempre problematica e estremamente indiretta.

Allora la forza di colore suddetta che tiene confinati i quark nell'adrone, può essere pensata proprio come una forza che scaturisce dal fatto che l'adrone, tipo il protone, sono privi di carica di colore; se un quark, per esempio rosso, è strappato via dal protone, tanto il quark, quanto il frammento che rimane sono colorati, cioè hanno una carica di colore. Allora la carica di colore, al pari di una carica elettrica, genera una forza, per l'appunto detta di colore, che fa attrarre tra loro i due frammenti colorati, ed è così forte da rendere impossibile la loro separazione oltre un certo limite.

Il modello più accreditato che spiega in modo esauriente le particelle elementari e le loro interazioni è il *Modello Standard*. In tale modello i costituenti indivisibili della materia sono sei quark e sei leptoni. I leptoni sono l'elettrone, il muone e il tau, che sono carichi negativamente, e i rispettivi compagni il neutrino elettronico, muonico e tauonico che sono elettricamente neutri.

Finora tutte le particelle suddette erano state osservate tranne il quark top. Mancava all'appello ma alla fine è spuntato nei laboratori dei fisici, prima timidamente nel '94 e poi decisamente nel '95 dopo la verifica positiva da parte di due gruppi indipendenti di ricercatori del Fermilab. Questo quark è il più pesante delle particelle elementari conosciute ed è proprio questa caratteristica che ne ha reso più difficile la scoperta, perché di conseguenza ha una vita brevissima, oltre al fatto che, come gli altri quark, non può essere mai isolato da un altro quark e quindi si presenta sempre sotto forma di altre particelle, ma conoscendo le possibili sue

trasformazioni, previste dalla teoria, è possibile risalire a lui per via indiretta dalle tracce che lascia nei rivelatori.

In una campagna durata due anni, nel corso della quale sono avvenute circa un miliardo di collisioni, i computer hanno selezionato 12 eventi "sospetti", cioè con i requisiti che la teoria prevede per il quark top, questo nel '94. Ma dodici eventi sono ancora pochi, poiché la probabilità che siano eventi casuali è ancora soltanto di uno su quattrocento, una soglia a cui si punta è di uno su mille. Per questo i fisici andarono avanti ancora un anno a fare collisioni, consentendo di raggiungere in totale sessanta eventi che identificano il top, e questo da parte dei due differenti gruppi di ricercatori del Fermilab.

Quindi ora il top c'è, ma la natura sembra darci la possibilità, nel 1996, di aprire una nuova scatola cinese, la scatola dei quark, infatti esperimenti simili a quelli fatti per scoprire i nuclei e poi i quark, ma a più alta energia hanno permesso di andare a indagare il mondo a dimensioni più piccole, dell'ordine di un centesimo di milionesimo di miliardesimo di centimetro, e scoprire eventi anomali che il Modello Standard ritiene molto improbabili e che invece si realizzano con una probabilità significativamente diversa da zero (ecco come si manda in crisi un modello). Viene allora naturale pensare che sia possibile un ulteriore livello di elementarità, cioè che dentro i quark ci siano particelle ancora più piccole chiamate *preoni*. Tuttavia i fisici, anziché abbandonare tale modello che ha dato ottima prova di sé, preferiscono esplorare soluzioni meno traumatiche che mirano cioè a riaggiustare alcune ipotesi alla base del Modello Standard, non sarà facile. Pochissimi favori raccoglie invece il suggerimento che nelle collisioni di più alta energia si generino nuove particelle dette supersimmetriche, che sarebbero le simmetriche speculari di tutte le particelle conosciute in natura, esse sarebbero di aspetto sconosciuto ma di comportamento simile alle particelle quando si incontrano tra loro. Oppure si può anche pensare che entri in azione una forza ancora più intensa di quella forte.

Allora buon lavoro a tutti, agli scienziati e agli autori di fantascienza perché è proprio il caso di dire che qui la fantasia può aiutare.

Comunque sia non c'è mai pace per per i fisici ed anche per noi, ci sarà un fondo nella natura, una base su cui appoggiare e sollevare il mondo? O ci inabisseremo all'infinito nell'infinitamente piccolo? La vita c'è, noi ne siamo coscienti, e non cade nel nulla dell'infinitamente piccolo, questo ci basta a dire che poi una base in fondo in fondo c'è. Da solo ci starebbe in piedi l'Universo? Ho dei seri dubbi.