

La fisica delle particelle

Nelle viscere della terra al di sotto del terreno collinoso della Ellis County a sud di Dallas, nel Texas, stava cominciando a prender forma un progetto di costruzione gigantesco. Miliardi di dollari dei contribuenti americani dovevano essere spesi per scavare un tunnel circolare lungo 84 km destinato ad alloggiare il massimo laboratorio di fisica del mondo. Oggi accantonato per mancanza di fondi. Il Superconducting Super Collider (ssc) era il più grande progetto di costruzione di alta tecnologia mai tentato finora. Se veniva portato a compimento, era la macchina più importante su questa particolare frontiera della scienza sino al XXI secolo inoltrato. Il costo previsto (8 miliardi di dollari o più, ossia circa 30 dollari per ogni cittadino - uomo, donna o bambino degli Stati Uniti) ha però scatenato molte discussioni sia all'interno sia all'esterno della comunità scientifica. Scoprire la natura della materia è un po' come desquamare una cipolla. Gli atomi sono composti da elettroni e da nuclei. I nuclei, pur essendo composti principalmente da neutroni e protoni, sono luoghi complessi in cui turbinano centinaia di tipi diversi di particelle elementari, le quali vengono create e assorbite in ogni istante. E queste stesse particelle non sono in verità «elementari», ma sono composte da cose ancora più elementari. Oggi siamo in procinto di scoprire la teoria definitiva, nota come «Teoria di Tutto» (Theory of Everything), la quale potrebbe fornirci, dopo una ricerca di due millenni, una comprensione dettagliata di come il nostro universo è costruito e ordinato al livello più fondamentale. Alla base di tale teoria c'è un'idea chiave:
Tutto è composto in realtà da quark e leptoni.

Nuclei e particelle subnucleari

Protoni e neutroni sono solo due delle decine di particelle diverse presenti all'interno del nucleo di ogni atomo. A cominciare dagli anni cinquanta la frontiera della fisica si è spostata da uno studio delle proprietà dei nuclei a uno studio delle particelle che si trovano al loro interno: un campo chiamato fisica delle particelle elementari, o fisica delle alte energie. Questa rimane la frontiera di oggi, anche se attualmente sappiamo su queste particelle molto di più di quanto sapevamo quarant'anni fa.

Lo studio delle particelle che compongono il nucleo ebbe inizio negli anni trenta, quando i fisici studiavano i raggi cosmici. Queste particelle ad alta velocità, principalmente protoni, vengono prodotte nelle stelle e investono di continuo la Terra dallo spazio.

Quando una particella dei raggi cosmici colpisce un nucleo, possono accadere due cose:

- 1) essa può rompere il nucleo, proiettandone intorno le particelle componenti e dando in tal modo agli scienziati un'opportunità di osservarle;
- 2) una parte dell'energia cinetica della particella dei raggi cosmici può essere convertita in massa creando nuove particelle.

Per ricordare sinteticamente i punti salienti di una lunga storia, negli anni cinquanta gli scienziati avevano osservato decine di nuovi tipi di particelle prodotte da collisioni di raggi cosmici con nuclei atomici. Tutte queste particelle erano instabili: esse sopravvivevano solo per breve tempo e poi decadevano, come i nuclei radioattivi, dando origine a vari tipi di altre particelle. Oggi gli scienziati costruiscono grandi macchine chiamate acceleratori per produrre fasci di protoni o di elettroni da usare come proiettili, in sostituzione dei raggi cosmici, per colpire nuclei o atomi.

Di conseguenza l'elenco delle particelle elementari è salito a varie centinaia.

In questa proliferazione di particelle «elementari» diventano chiare alcune regole generali di organizzazione. Esistono fondamentalmente due tipi di particelle: quelle implicate nella struttura (e sono la grande maggioranza) e quelle implicate in forze.

Il protone, il neutrone e l'elettrone, tutti componenti fondamentali dell'atomo, sono esempi del primo tipo di particelle. Lì si può pensare, congiuntamente ad altre particelle, come i mattoni con cui è costruito l'universo: le cose che, messe insieme in diverse configurazioni, compongono tutto ciò che esiste.

Il fotone - il quanto della luce comune - rientra nella seconda classe di particelle.

Come vedremo fra poco, il trasferimento di fotoni fra oggetti carichi crea la forza elettromagnetica che, tra le altre cose, tiene gli elettroni nelle loro orbite. Il fotone e le particelle della sua classe sono quindi il cemento dell'universo, di cui tengono assieme i mattoni.

Nel gergo della fisica delle particelle, sono chiamati particelle di gauge.

Fra i « mattoni» c'è un'altra distinzione importante. Alcune particelle, come il protone e il neutrone, esistono all'interno del nucleo e prendono parte al *maelstrom* nucleare.

Noi chiamiamo tali particelle adroni, ossia (dal greco) particelle che partecipano all'«interazione forte».

Altre particelle, come l'elettrone, non sono normalmente implicate nell'attività che ha luogo nel nucleo ma rimangono isolate dall'attività che vi ha luogo.

Chiamiamo tali particelle leptoni, ossia (dal greco) particelle soggette alla sola «interazione debole».

I fisici hanno un pregiudizio particolarmente forte sulla natura:

essi sono convinti che, nella sua realtà profonda, la natura sia semplice.

Man mano che si scoprivano nuove particelle «elementari» subatomiche, però, le cose sembravano complicarsi sempre più.

I fisici contarono almeno quattro famiglie di particelle di gauge (il fotone, altre particelle chiamate bosoni W e Z, il gluone e il gravitone) e sei diversi leptoni (l'elettrone, le particelle mesone mu e mesone tau, più i tre neutrini - elettronico, muonico e tauonico - associati a queste particelle), oltre a centinaia di adroni diversi turbinanti all'interno del nucleo.

Ma centinaia di particelle non possono essere tutte elementari, giacché in tal caso sarebbe violata la convinzione centrale dei fisici che la natura debba essere semplice.

Quando, verso la fine degli anni sessanta, vennero in luce tipi di regolarità fra le centinaia di adroni, gli scienziati si resero conto che gli adroni non sono essi stessi elementari, ma sono in realtà collezioni di cose ancor più elementari.

Noi oggi chiamiamo questi componenti più elementari «quark» (il termine deriva da un verso citato nel romanzo di James Joyce *Finnegan's Wake*).

Alla fine i fisici poterono tirare un respiro di sollievo collettivo.

L'idea del quark è semplice: esistono solo sei tipi diversi di quark, e configurazioni diverse di questi sei componenti semplici compongono tutte le centinaia di adroni, proprio come i mattoni possono essere combinati per costruire una varietà infinita di edifici.

Il protone e il neutrone, per esempio, sono composti ciascuno da tre quark.

I sei tipi di quark (o «sapori», per usare l'espressione fantasiosa dei fisici) compaiono in tre coppie, con i seguenti nomi: su (up) e giù (down), strano (strange) e incanto (charm), basso (bottom) e alto (top). Particelle contenenti i primi cinque sapori di quark sono state osservate in laboratorio, mentre è attualmente in corso una ricerca di particelle contenenti il quark «alto».

Così, in definitiva, ogni cosa è composta da quark e da leptoni. I quark si combinano a formare adroni, e gli adroni si combinano a formare nuclei di atomi. Gli elettroni (che sono leptoni) si muovono in orbite specifiche attorno a nuclei a formare atomi, e gli atomi si uniscono a formare tutto il numero infinito di cose che vediamo attorno a noi.

Dopo un millennio e mezzo di tentativi per rispondere alla domanda «Che cos'è la materia?», molti fisici credono che siamo vicini alla risposta finale, che abbiamo sollevato l'ultima squama della cipolla cosmica. Il tempo ci dirà se hanno ragione.