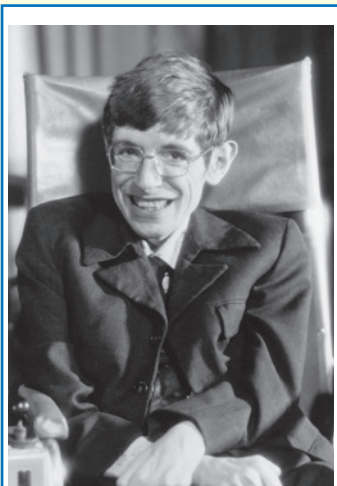


Stephen Hawking e il modello standard delle particelle elementari



Stephen W. Hawking

• **Esiste un certo numero di varietà diverse di quark: si pensa che ce ne siano almeno sei «sapori», che chiamiamo su, giù, strano, incantato, fondo e cima. Ogni sapore può presentare tre diversi «colori»: rosso, verde e blu.** •

(Stephen W. Hawking, *Dal Big Bang ai buchi neri*, 1988, trad. it. BUR, 2000)

Molti fisici in tutto il mondo sono oggi impegnati in ricerche che riguardano la fisica delle particelle. Essi lavorano per scoprire i «mattoni» che stanno alla base di tutta la materia: si interessano cioè dell'infinitamente piccolo, dei componenti ultimi delle particelle subatomiche.

Di questi argomenti si è occupato anche l'astrofisico britannico Stephen W. Hawking, noto soprattutto per i suoi studi sui buchi neri. Nonostante sia condannato all'immobilità dall'atrofia muscolare progressiva, Hawking (nato nel 1942) è uno dei cosmologi viventi più autorevoli ed è titolare della cattedra di matematica a Cambridge (la stessa che fu di Newton).

Riportiamo di seguito un brano tratto da *Dal Big Bang ai buchi neri*.

«Fino a una ventina di anni fa circa si pensava che protoni e neutroni fossero particelle "elementari", ma esperimenti condotti con i grandi acceleratori di particelle, nel corso dei quali furono prodotte collisioni ad alte velocità fra protoni e altri protoni o fra protoni ed elettroni, indicarono che essi sono in realtà composti da altre particelle più piccole. Queste particelle furono chiamate *quark* dal fisico del California Institute of Technology (Caltech) Murray Gell-Mann, che nel 1969 vinse il premio Nobel proprio per la sua ricerca su di essi. L'origine del nome si trova in un brano enigmatico di *Finnegans Wake* di James Joyce: "Three quarks for Muster Mark!" La parola *quark* dovrebbe essere pronunciata come *quart* (*quo:t*), con una *k* in fondo invece di una *t*; ma di solito è pronunciata in modo da rimare con *lark* (*la:k*).

Esiste un certo numero di varietà diverse di quark: si pensa che ce ne siano almeno sei "sapori", che chiamiamo su, giù, strano, incan-

tato, fondo e cima. Ogni sapore può presentare tre diversi "colori": rosso, verde e blu. (È opportuno sottolineare che questi termini non sono altro che etichette di comodo; i quark sono molto più piccoli della lunghezza d'onda della luce visibile e non hanno quindi alcun colore nel senso normale del termine.)

[...] Un protone o un neutrone è composto da tre quark, uno di ciascun colore. Un protone contiene due quark su e un quark giù; un neutrone contiene due quark giù e un quark su. Possiamo creare particelle composte con gli altri quark (strani, incantati, fondo e cima), ma questi hanno una massa molto maggiore e decadono molto rapidamente in protoni e neutroni.

Oggi sappiamo che né gli atomi né i protoni e i neutroni nel loro nucleo sono indivisibili. La domanda è quindi: quali sono le particelle veramente elementari, i mattoni fondamentali da cui è composta ogni cosa? Poiché la lunghezza d'onda della luce è molto maggiore delle dimensioni dell'atomo, non è lecito sperare di poter "vedere" le parti di un atomo nel senso comune del-

la parola "vedere". Abbiamo bisogno di usare qualcosa di lunghezza d'onda molto minore.

[...] La meccanica quantistica ci dice che tutte le particelle sono in realtà onde e che, quanto maggiore è l'energia di una particella, tanto minore è la lunghezza d'onda dell'onda corrispondente. Così la risposta migliore che possiamo dare alla nostra domanda dipende dal livello dell'energia delle particelle a nostra disposizione, giacché è questa a determinare a quale scala di grandezza possiamo osservare (quanto maggiore è l'energia, o la frequenza, tanto minore sarà la scala di grandezza a cui potremo estendere la nostra osservazione).

Queste energie delle particelle vengono misurate di solito in unità chiamate elettronvolt. (Negli esperimenti di Thomson con elettroni, abbiamo visto che per accelerare gli elettroni Thomson si servì di un campo elettrico. L'energia che un elettrone riceve da un campo elettrico di un volt è di un elettronvolt.)

Nell'Ottocento, quando le uniche energie di particelle che si sapevano usare erano le basse energie

Pagine di scienza

di pochi elettronvolt generate da reazioni chimiche come la combustione, si pensava che gli atomi fossero l'unità più piccola. Nell'esperimento di Rutherford, le particelle α avevano energie di milioni di elettronvolt. Più recentemente abbiamo imparato a usare campi elettromagnetici per impartire alle particelle energie dapprima di milioni e poi di miliardi di elettronvolt. Così sappiamo che particelle che venti anni fa venivano considerate "elementari" sono composte in realtà da particelle più piccole. È possibile che, passando in futuro a energie ancora maggiori, anche queste possano risultare composte da particelle ancora più piccole? Una tale evenienza è senza dubbio possibile, ma abbiamo qualche ragione teorica per pensare di possedere oggi – o di essere molto vicini a possedere – una conoscenza dei mattoni ultimi della natura.»

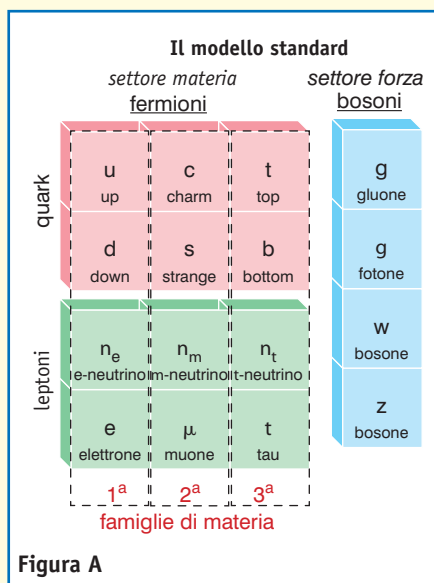
■ Le particelle elementari della materia

Le parole di Hawking servono a sottolineare che con il progredire della scienza e della tecnica si è arrivati a elaborare, attorno al 1968, una teoria unificante chiamata *modello standard delle particelle elementari e delle interazioni fondamentali*.

Questo modello individua i costituenti della materia che oggi riteniamo fondamentali: i *fermioni*, che compongono il cosiddetto *settore materia*, e quelli responsabili delle reciproche interazioni, i *bosoni*, che costituiscono il cosiddetto *settore forza* (figura ► A).

I fermioni si dividono in *quark* e *leptoni*. I leptoni sono 6 (elettrone, muone e tau con carica elettrica negativa e tre particelle senza carica elettrica, i neutrini).

Anche i quark sono 6 e hanno carica elettrica frazionaria (*up* con



carica $+2/3$ e *down* con carica $-1/3$) e sono sempre raggruppati in insiemi di 2 o 3 unità per formare particelle con carica elettrica intera come il protone o il neutrone (figura ► B).

Il settore materia è diviso in tre famiglie di particelle identiche per proprietà che differiscono soltanto per le loro masse. I componenti della prima famiglia sono più leggeri e costituiscono la totalità della materia che ci circonda. I quark *up* e *down*, come abbiamo visto, compongono i protoni e i neutroni che costituiscono i nuclei degli atomi; gli elettroni completano la struttura fondamentale degli atomi mentre i neutrini sono prodotti nei processi di decadimento radioattivo di metalli pesanti.

I componenti della seconda e della terza famiglia sono assai instabili e vengono prodotti soltanto in seguito ad interazioni di alta energia (per esempio, negli acceleratori di particelle o nei raggi cosmici).

Il settore forza è composto da una serie di particelle, i *bosoni*, che fungono da mediatori nelle interazioni

tra le particelle del settore materia. Ciascuno di questi mediatori caratterizza un tipo di interazione.

I mediatori della forza che tiene insieme le particelle del nucleo (la cosiddetta «forza forte») sono i *gluoni*, che tengono confinati i quark all'interno di protoni e neutroni; quelli della «forza elettromagnetica» sono i *fotoni* e quelli della «forza debole» sono i bosoni *W* e *Z*, responsabili dei processi di decadimento dei nuclei radioattivi. Questi «bosoni deboli» furono individuati utilizzando tecniche particolari sviluppate nel più grande laboratorio al mondo di fisica delle particelle (CERN) che si trova nei pressi di Ginevra. Per questa scoperta, resa nota nel 1983, già nel 1984 fu assegnato al fisico italiano Carlo Rubbia e al fisico olandese Simon van der Meer il premio Nobel per la fisica.

Negli anni sessanta il fisico britannico Peter Ware Higgs aveva previsto all'interno del modello l'esistenza di un terzo bosone, progenitore dei bosoni *W* e *Z*. Questa particella (il tassello mancante del grandioso edificio intellettuale che è il Modello Standard) dovrebbe conferire la massa a tutte le altre particelle. Dopo anni di tentativi il 4 luglio 2012 gli scienziati del CERN di Ginevra hanno annunciato di avere individuato una particella che corrisponde alle caratteristiche di questo bosone, chiamato comunemente *bosone di Higgs*.

