

L'attuale teoria delle particelle elementari

La teoria che oggi descrive le particelle elementari e le loro interazioni, vale a dire le forze fondamentali che governano l'Universo, si chiama **Modello Standard**.

La teoria ipotizza anche l'esistenza di particelle ancora mai osservate direttamente, come il bosone di Higgs. La ricerca di questo inafferrabile bosone è cruciale per la fisica moderna, infatti non sappiamo ancora perché le particelle possiedono la fondamentale caratteristica che chiamiamo "massa" e neanche che cosa sia la massa:

il bosone di Higgs potrebbe fornirci la via per avere risposte a questo quesito.

Secondo il Modello Standard, la materia è formata da due tipi di particelle elementari: i leptoni e i quark. Queste particelle a quanto ne sappiamo sono entità indivisibili cioè non costituite dall'unione di altre componenti. Esistono sei tipi di leptoni e sei tipi di quark (se non consideriamo le differenze dovute alla caratteristica chiamata colore, le quali porterebbero il numero complessivo di leptoni e quark a diciotto). Sia i leptoni che i quark sono raggruppati in tre famiglie ognuna delle quali è costituita da due leptoni e due quark. I leptoni della prima famiglia sono l'elettrone e il neutrino elettronico, mentre i quark sono chiamati up e down.

Alla seconda famiglia appartengono il muone, il neutrino muonico e i quark charm e strange, mentre la terza famiglia è composta dal leptone tau, dal neutrino tau e dai quark top e bottom. Tutti i nomi indicati sono di pura fantasia e spesso per i quark vengono semplicemente utilizzate le lettere u, d, c, s, t, b.

Le particelle della seconda e della terza famiglia hanno caratteristiche analoghe a quelle corrispondenti della prima (a esempio hanno la medesima carica elettrica) ma sono dotate di massa più grande. Il mondo che conosciamo è composto esclusivamente da particelle appartenenti alla prima famiglia, mentre quelle delle altre due famiglie sono instabili e si producono unicamente in situazioni particolari, come è stato al momento del Big Bang o come avviene negli acceleratori costruiti dai fisici.

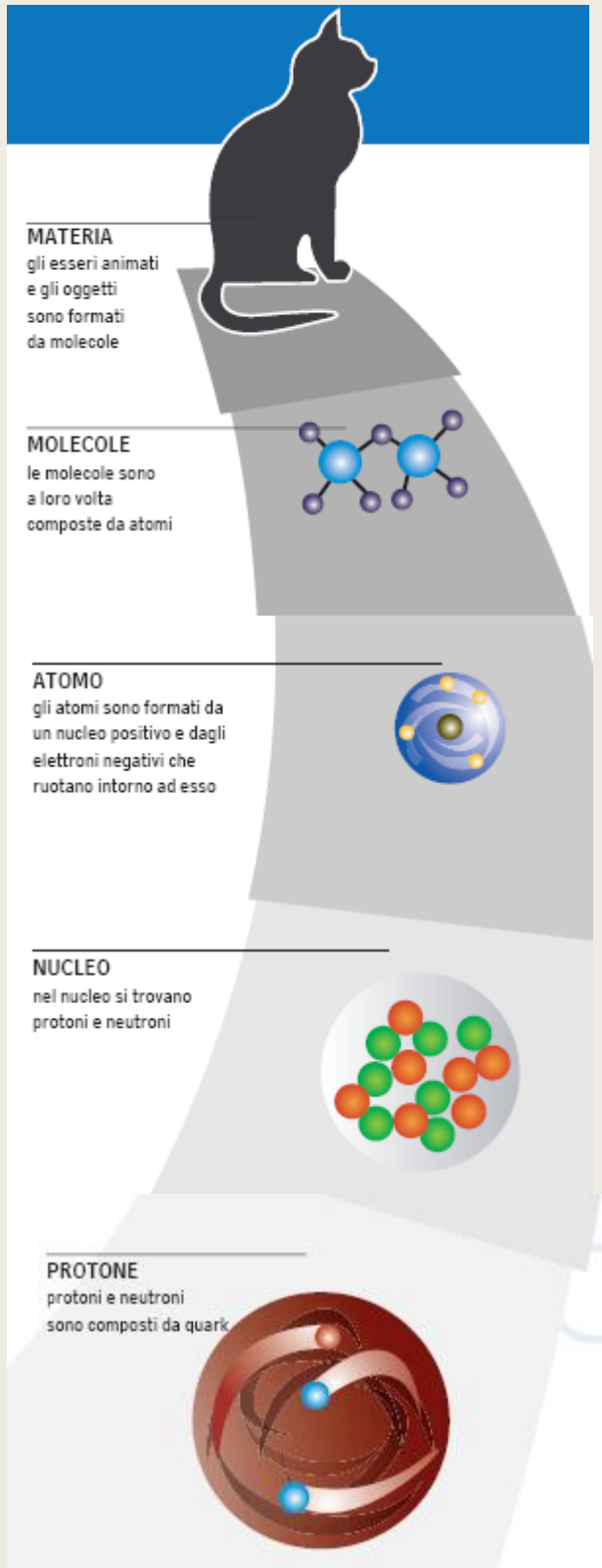
I quark, a differenza dei leptoni, sono particelle dotate della singolare caratteristica di non trovarsi mai isolate ma sempre strettamente unite ad altri quark in modo da formare particelle complesse, come i neutroni o i protoni. Un protone ad esempio è composto da due quark u e un quark d, mentre un neutrone contiene un quark u e due quark d. Protoni e neutroni a loro volta formano i nuclei degli atomi.

In natura esiste anche l'antimateria: per ciascuna famiglia di quark e leptoni vi è cioè una corrispondente famiglia di antiparticelle.

Questa forma di materia è estremamente rara nel mondo che ci circonda, ma si può produrre negli acceleratori e probabilmente abbondava nell'Universo primordiale. Alcuni modelli che descrivono la nascita dell'Universo prevedono infatti che nei primi istanti successivi al Big Bang fossero presenti uguali quantità di materia e di antimateria. Via via che l'Universo si espandeva e si raffreddava, particelle e corrispondenti antiparticelle iniziarono però a trasformarsi per poi annichilarsi, vale a dire fondersi l'una con l'altra trasformandosi in energia. Per ragioni che non conosciamo, e che oggi molti esperimenti mirano a chiarire, da questo processo "avanzò" un po' di materia: una quantità piccolissima rispetto a quella originaria, ma sufficiente a formare le stelle, i pianeti e tutto ciò che ci è noto.

Secondo il Modello Standard, le interazioni fra le particelle che costituiscono la materia, come la loro reciproca attrazione o repulsione, sono regolate da quattro forze fondamentali. Esse sono la forza nucleare forte, che tiene insieme i quark all'interno di protoni e neutroni e anche i protoni e neutroni stessi all'interno del nucleo, la forza debole, responsabile ad esempio dei decadimenti radioattivi e coinvolta nella fusione nucleare nelle stelle, l'elettromagnetica, che tiene gli elettroni legati al nucleo nell'atomo ed è responsabile dei fenomeni elettrici e magnetici, e la forza di gravità. Nel Modello Standard le forze che agiscono fra i costituenti della materia si manifestano attraverso lo scambio di altre particelle, chiamate bosoni mediatori. Ad esempio la forza elettromagnetica è il risultato del continuo scambio di fotoni. L'unica forza fondamentale per la quale non è stata ancora verificata sperimentalmente l'esistenza di una particella mediatrice è la forza di gravità. La forza di gravità costituisce anche il punto più debole del Modello Standard, il quale non riesce a descriverne il comportamento quantistico.

Uno dei principali scopi della moderna fisica delle particelle è proprio capire come risolvere questo problema. I fisici inoltre aspirano a descrivere le quattro forze come aspetti diversi di un'unica forza fondamentale (un po' come la forza elettrica e la forza magnetica sono aspetti diversi della forza elettromagnetica). Oggi esiste una teoria considerata una teoria particolarmente promettente da questo punto di vista ed è la teoria delle corde (o stringhe): essa riconduce sia le particelle che le forze a vibrazioni di impercettibili filamenti. Le particelle, secondo questa teoria, potrebbero essere assimilate alle note prodotte pizzicando le corde di una chitarra. Tuttavia il problema del superamento del Modello Standard e dell'unificazione delle quattro forze è ancora lontano dall'essere risolto e i fisici dell'Infn sono intensamente impegnati in questa affascinante ricerca dal nome ambizioso di Grande Unificazione o di Teoria del Tutto.



Dal gatto al quark

Tutto ciò che è noto nell'Universo è formato da molecole, le quali sono a loro volta composte da atomi. Gli atomi sono formati da un nucleo e dagli elettroni negativi che ruotano intorno ad esso. Nel nucleo si trovano protoni e neutroni, costituiti da quark. Oggi non è possibile andare oltre in questa sorta di gioco di scatole cinesi, ma non è escluso che nel futuro la ricerca non dimostri l'esistenza di componenti della materia ancora più piccole.