

Uno schema che si propone di unificare la gravità e le altre interazioni fondamentali della materia

Musica per superstringhe

Come una corda di violino può vibrare su un'infinità di toni, così una «stringa» descrive infiniti tipi di particelle di masse crescenti. Definendo sei o sette dimensioni spaziali

DI AUGUSTO SAGNOTTI *

La Teoria delle Stringhe ha avuto origine nel 1968 dagli studi di un fisico teorico italiano del Cern di Ginevra, Gabriele Veneziano, e fornisce oggi uno schema per unificare la gravità con le altre interazioni fondamentali riassunte nel Modello standard, con importanti indicazioni sulla fisica dei buchi neri e l'origine dell'universo. Per apprezzarne il ruolo, è bene richiamare brevemente le due rivoluzioni che investirono la fisica all'inizio del XX secolo, la Meccanica quantistica e la Relatività.

La Meccanica quantistica descrive in termini aleatori sia la materia che la luce, conferendo loro una natura duale, sia corpuscolare che ondulatoria. Nacque dai tentativi di costruire una teoria del corpo nero, in grado di spiegare come un metallo riscaldato divenga inizialmente rosso, e quindi biancastro e violetto, all'aumentare della sua temperatura. Un fatto apparentemente semplice, ma di fronte al quale la fisica teorica dell'Ottocento si era mostrata a lungo impotente. Nel 1900 Max Planck riuscì a calcolare la frequenza della radiazione emessa, e quindi il suo colore, ma solo al prezzo di una profonda revisione dei principi della fisica, che nel 1905 Einstein rivelò nella sua interezza. La luce, che Maxwell aveva descritto in termini di onde elettromagnetiche, nella teoria di Planck era piuttosto uno sciame di fotoni: particelle puntiformi che portano con sé un quanto d'energia.

La Relatività nacque invece dall'esigenza di estendere alla luce l'equivalenza galileiana tra sistemi di riferimento in moto relativo uniforme. Le equazioni di Newton assegnavano questa proprietà ai fenomeni meccanici, ma nel 1905 Einstein comprese che un simile comportamento per la luce richiedeva uno stravolgimento degli usuali concetti di spazio e tempo. La nuova teoria, nota come Relatività speciale, si riduce alle precedenti per velocità basse rispetto alla velocità "c" della luce, ma implica che ogni corpo materiale di massa "m" possiede un'energia $E=mc^2$. Questa relazione ha una conseguenza drammatica in Meccanica quantistica: in generale esiste una probabilità non nulla di sottrarre a una particella di massa "m" un'energia mc^2 , trasformandola in luce o in altre forme di materia!

La Meccanica quantistica e la Relatività speciale conducono quindi a una teoria di tutte le particelle elementari, che si presentano in due classi: bosoni (ad esempio i fotoni) e fermioni (soggetti al principio d'esclusione di Pauli, ad esempio gli elettroni). Tutte le particelle di uno stesso tipo sono necessariamente identiche: gli elettroni o i vari quarks che compongono i nuclei atomici sono identici tra loro, e lo stesso vale per i fotoni. Come i fotoni



Albert Einstein mentre suona il violino

sono quanti del campo elettromagnetico, così tutti gli altri tipi di particelle sono quanti di campi corrispondenti, e tutte le nostre conoscenze possono essere riassunte in relazioni tra questi campi. La teoria risultante è appunto il Modello standard, che combina la Meccanica quantistica con la teoria elettromagnetica di Maxwell e con la descrizione delle interazioni deboli, responsabili della radiazione solare, e delle interazioni forti, alla base della struttura dei nuclei atomici.

Anche se nessun esperimento sembra oggi contraddirlo, non è possibile considerare il Modello stan-

dard una teoria completa, in buona parte per ragioni legate alla forza gravitazionale. La Relatività speciale ammette infatti una profonda generalizzazione, completata da Einstein nel 1916 e nota come Relatività generale, che associa la forza gravitazionale alla curvatura dello spazio tempo. Irrilevante per gli atomi in condizioni ordinarie, la gravità non può essere schermata e domina la dinamica del nostro sistema sola-

re, delle stelle e dell'intero universo. Come la Meccanica quantistica, la Relatività generale è quindi essenziale per la nostra comprensione del mondo. Ma le interazioni gravitazionali di quanti puntiformi conducono a inconsistenze che non sembra possibile eliminare: alcune probabilità, che dovrebbero essere descritte da numeri positivi minori di uno, sono inevitabilmente infinite!

Se però i quanti vengono diluiti su piccole cordicelle o stringhe, solo una frazione della loro energia resta concentrata nella regione d'urto e le probabilità infinite scompaiono. Allo stesso tempo, le interazioni elettromagnetiche tra stringhe impli-

cano inevitabilmente l'esistenza di interazioni gravitazionali. In altri termini, l'elettromagnetismo, alla base della struttura della materia, determina nella Teoria delle Stringhe l'attrazione tra gli astri e la natura dell'universo a grandi scale! In realtà, come una corda di violino può vibrare su un'infinità di toni, così una stringa descrive infiniti tipi di particelle di masse crescenti, non solo le poche decine del Modello standard. La Teoria delle Stringhe richiede inoltre, sorprendentemente, che il mondo nasconda ai nostri sensi un certo numero di dimensioni spaziali, sei o sette nelle sue versioni più promettenti. In questo modo, per individuare un punto nei pressi della superficie terrestre sarebbero necessarie sei o sette coordinate oltre la longitudine, la latitudine e la quota. Ma se queste dimensioni si fossero cristallizzate su valori microscopici nei primi istanti dell'universo, le ulteriori coordinate sarebbero irrilevanti e le particelle più leggere, e quindi più stabili, sarebbero in grado di riflettere le caratteristiche salienti del Modello standard. Non siamo oggi in grado di comprendere appieno se questa cristallizzazione sia un accidente del nostro mondo o una necessità profonda della teoria, ma in ogni caso non è cosa agevole escluderla. La Meccanica quantistica associa infatti alle particelle elementari, le migliori sonde di cui disponiamo, lunghezze d'onda "l" che decrescono all'aumentare dell'energia. Ebbene, è un fatto della comune esperienza che un'onda non penetra in cavità la cui apertura abbia dimensioni lineari inferiori a "l": per questo motivo quando si entra in una galleria l'autoradio perde il segnale, per il quale "l" è di circa 3 metri. Ulteriori dimensioni sufficientemente piccole sarebbero quindi avvertibili solo con particelle di energie troppo elevate anche per i più grandi acceleratori oggi disponibili, ma alcuni scenari prevedono che effetti di questo tipo potranno forse già manifestarsi al Cern verso la fine di questo decennio.

Negli anni Ottanta si conoscevano cinque teorie di superstringhe, stringhe in grado di descrivere sia bosoni che fermioni, apparentemente molto diverse tra loro (ad esempio, quattro contengono solo stringhe chiuse mentre una contiene sia stringhe chiuse che aperte). Negli ultimi anni si è compreso che esse contengono anche p-brane, oggetti estesi con diversi numeri di dimensioni spaziali. Ad esempio, oltre alle stringhe (1-brane) una versione contiene anche 2-brane, oggetti che ricordano la membrana di un tamburo. Ma la complicazione è solo apparente, perché le ulteriori particelle associate alle p-brane rendono le cinque superstringhe del tutto equivalenti! In altri termini, se la Teoria delle Stringhe è corretta, la gravità è in un certo senso una conseguenza delle altre forze, mentre la base concettuale di queste costruzioni è unica.

Università di Roma «Tor Vergata»

Inserito a cura di
Armando Massarenti