

Accordi fondamentali

L'affascinante mondo delle stringhe

di Marco Serone



a.
Come le corde di un violino producono suoni diversi secondo il modo in cui vibrano, così le oscillazioni diverse delle stringhe corrispondono a particelle differenti.

La *teoria delle stringhe* (o *corde*) è, al momento, la teoria più promettente per tentare di risolvere uno dei maggiori problemi teorici che affliggono la fisica fondamentale: come integrare la teoria della gravitazione di Einstein (nota anche come relatività generale) nell'ambito della meccanica quantistica.

Storicamente, la teoria nasce nel 1968 per tutt'altri scopi (capire le interazioni forti), con il fisico italiano Gabriele Veneziano. Essa si basa sull'assunto che tutte le particelle elementari che osserviamo non sono nient'altro che piccolissime *stringhe* oscillanti. Come le corde di un violino producono suoni diversi secondo il modo in cui vibrano, così oscillazioni diverse delle stringhe corrispondono a particelle differenti. Le stringhe possono essere *chiuse* o *aperte* e possono fondersi tra di loro (vd. in *Asimmetrie* n. 5 p. 42 fig. a, ndr).

Qualche anno dopo il lavoro di Veneziano, si comprese che le interazioni forti sono spiegate da una teoria diversa da quella delle stringhe, denominata *cromodinamica quantistica* (vd. in *Asimmetrie* n. 16 p. 14, ndr). Inoltre, all'incirca nello stesso periodo, i ricercatori osservarono che tra le diverse oscillazioni della stringa appariva sempre il *gravitone*, ovvero la particella

responsabile delle interazioni gravitazionali. Abbandonata come teoria delle interazioni forti, la teoria delle stringhe fu, dunque, elevata allo *status* più ambizioso di teoria quantistica della gravitazione. Da allora, diversi importanti sviluppi teorici si sono registrati nel corso degli anni.

La teoria delle stringhe, la cui struttura è alquanto complessa, sembra aggregare efficacemente tutta una serie di idee circolanti nella fisica fondamentale per spiegare varie problematiche ancora aperte, soprattutto di natura teorica, che gli scienziati si trovano ad affrontare nell'ambito della relatività generale e nel modello standard delle particelle elementari.

Una delle sue principali peculiarità è la predizione secondo cui nell'universo non esisterebbero solo le tre dimensioni spaziali che percepiamo (altezza, lunghezza e larghezza), bensì nove o dieci dimensioni, a seconda di quale variante della teoria si consideri.

Le sei o sette dimensioni "extra" non sarebbero percepibili in quanto avviluppate su se stesse su scale piccolissime (in gergo, si dice che sono *compattificate*). Per rendere l'idea, si immagini un tubo molto lungo e piuttosto sottile. Osservandolo

da lontano, il tubo apparirà come un oggetto unidimensionale, praticamente come una semplice linea, mentre, osservandolo da vicino con una lente o con un microscopio, si potrà apprezzare la sua struttura bidimensionale.

Analogamente, stando alla teoria delle stringhe, le dimensioni extra sarebbero così sottili da non essere percepite. Per poter svelare le altre dimensioni, di cui – peraltro – non conosciamo la lunghezza precisa, dovremmo disporre di uno strumento ben più potente dell'attuale acceleratore Lhc.

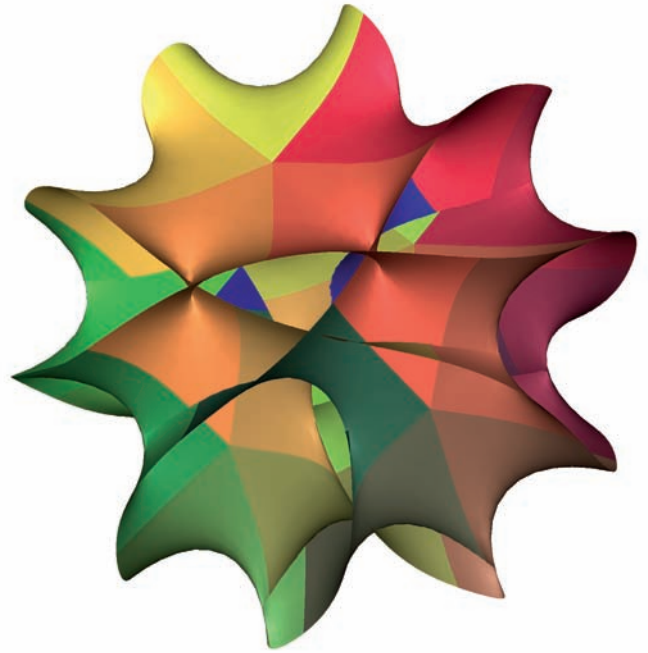
Ma perché abbiamo proprio bisogno di queste stringhe? Proviamo a spiegare meglio il problema che dovrebbero risolvere.

La relatività generale asserisce che spazio, tempo, energia e materia sono correlati, vale a dire che la forma dello spaziotempo, ossia la sua curvatura, è determinata dall'energia e dalla materia in esso contenute. La curvatura dello spaziotempo è quella che noi percepiamo come gravità.

Il comportamento della materia a piccolissime distanze è invece governato dalla meccanica quantistica. Poiché la gravità è di gran lunga la forza fondamentale più debole che esista in natura, si può legittimamente trascurare la minima curvatura dello spazio indotta dalle particelle elementari, quando si studia l'infinitamente piccolo. Analogamente, è più che lecito trascurare la meccanica quantistica delle particelle elementari, quando si studiano fenomeni macroscopici. Pertanto, da una parte disponiamo della relatività generale, che descrive i fenomeni macroscopici gravitazionali e, dall'altra, della meccanica quantistica, che descrive l'infinitamente piccolo ed è alla base di tutte le altre forze della natura.

Entrambe queste teorie sono state ampiamente confermate dagli esperimenti, ciascuna nel proprio regime di validità (vd. p. 10, ndr), in cui l'altra non gioca nessun ruolo. Tuttavia, esistono necessariamente dei regimi di energia e di distanza in cui non si può descrivere un fenomeno fisico usando soltanto l'una o l'altra teoria. Tali regimi non sono ancora stati direttamente esplorati, ma è inevitabile che, a distanze enormemente più piccole (o a energie enormemente più grandi) di quelle esplorate finora, la gravità e la meccanica quantistica debbano essere considerate congiuntamente. Anche se ancora non abbiamo "sotto mano" un processo fisico che lo richieda, da un punto di vista teorico è assolutamente imprescindibile comprendere il modo di combinare insieme la gravità con la meccanica quantistica. Tale combinazione non appare affatto facile. Ciò che rende la teoria delle stringhe promettente è il fatto che, in un certo senso, essa predice l'esistenza stessa della gravità, dal momento che la vibrazione della stringa che dà luogo al gravitone è sempre presente.

D'altro canto, la nostra teoria presenta un problema di base: al momento, non è chiaro quale tipo di esperimento potrebbe confermarne o meno la validità, e questo, spesso, è motivo di critica. Tuttavia, il fatto che la teoria entri in gioco in regimi estremi della natura, non facilmente accessibili, rende inevitabili le difficoltà che si frappongono a una sua verifica sperimentale. Va anche aggiunto che, indipendentemente dall'effettiva esistenza delle stringhe, moltissime sono le idee teoriche nate nell'ambito di questo filone di ricerca e, successivamente, migrate a vantaggio di altri campi della fisica teorica, cosicché, anche volendo considerare solo tale aspetto, la teoria può essere considerata già estremamente fruttuosa.



b.
Proiezione bi-dimensionale di uno spazio compatto noto come *Calabi-Yau*. Si tratta di un tipo di spazio molto popolare nella teoria delle stringhe. Come si evince dalla figura, le sei dimensioni extra in questi tipi di spazi sono genericamente arrotolate tra di loro in un modo molto complicato.

Per concludere, dato che molti aspetti delle stringhe attendono ancora di essere chiariti, appare prematuro cercare di stabilire se la loro teorizzazione sia solo una complicatissima (seppure utilissima, almeno dal punto di vista teorico) invenzione matematica o se si tratti effettivamente della "teoria del tutto", che unifica in un solo contesto tutta la fisica fondamentale esistente.

In ogni caso, siamo di fronte a una concezione ambiziosa, che non conosce precedenti nella storia della fisica e, in mancanza di teorie alternative altrettanto valide, è del tutto comprensibile il fascino e l'attrattiva che le stringhe hanno esercitato e che continuano a esercitare tra i fisici teorici.

Biografia

Marco Serone è professore associato di fisica teorica presso la Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (Sissa) di Trieste. Si occupa principalmente di fisica delle particelle elementari e per vari anni ha svolto attività di ricerca nell'ambito della teoria delle stringhe.

Link sul web

http://www.stringwiki.org/wiki/String_theory_for_non-physicists

<http://scienzapertutti.inf.infn.it/string/percorso/isola.swf>