

# Geometria a 11 dimensioni per comprendere la Genesis?

Maurice Mashaal

*I fisici aspirano da tempo a una teoria capace di comprendere tutte le particelle elementari e le loro interazioni. Da una quindicina d'anni, hanno una pista seria. Ma per esplorarla, devono navigare in spazi davvero astratti dove nemmeno gli stessi matematici si erano ancora avventurati.*

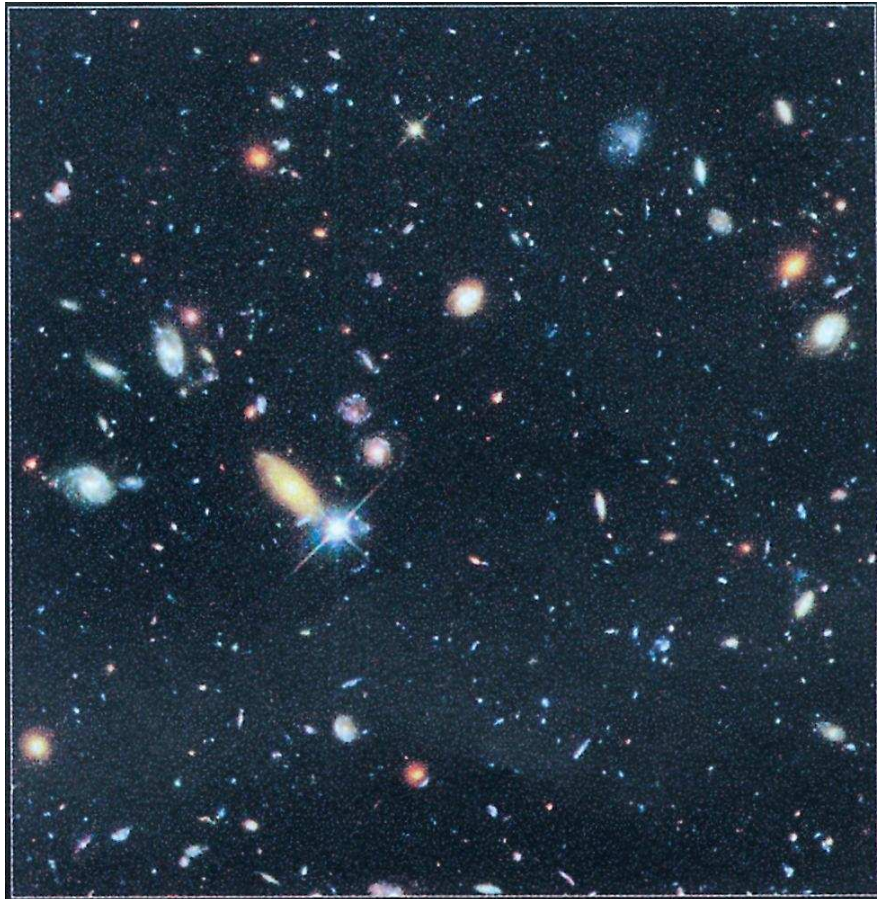
Tutti gli uomini onesti sanno che gli scienziati come i fisici o i chimici utilizzano la matematica. Più rari sono coloro che sanno fino a che punto questo è vero, e quanto profonda è la connessione tra matematica e scienze naturali. Lo sviluppo della scienza moderna, e più in particolare quello della fisica, sembra confermare pienamente quest'idea. C'è ben più di una conferma: molti pensatori si stupiscono di constatare che le invenzioni o le scoperte matematiche hanno sempre finito per essere la descrizione di qualche aspetto di fenomeni naturali. È lo stupore davanti alla famosa "irrazionale efficacia della matematica nelle scienze della natura" di cui parlava il fisico d'origine ungherese Eugene P. Wigner (1902-1995).

Non si sa veramente perché la matematica sia così "efficace". È una questione ancora aperta, che riguarda la filosofia della conoscenza. Non si cercherà qui di rispondere, ma solamente

di illustrare questa efficacia nell'ambito della fisica più teorica e più estrema, quella che non ha *a priori* alcuna utilità materiale – dalla quale però sono conseguite delle invenzioni cruciali come il laser, il transistor o l'energia nucleare...

*Fisica e matematica, una lunga storia di contributi reciproci*

I legami tra la matematica e la fisica non risalgono ad oggi. Il principio d'Archimede ("tutti i corpi immersi in un liquido subiscono una spinta pari al peso del volume del liquido spostato") non costituisce un enunciato matematico che poggia su un fenomeno fisico? La fisica non ha conosciuto dei progressi spettacolari grazie alla creazione del calcolo differenziale e integrale da parte di Newton e di Leibnitz nel diciassettesimo secolo? Inoltre, questi legami non



*Una miriade di galassie molto lontane viste dal telescopio spaziale Hubble. Poiché la gravitazione è un elemento chiave della nascita e dell'evoluzione dell'Universo, gli specialisti gradirebbero di poter, prima o poi, avere a disposizione una descrizione della forza di gravitazione compatibile con i principi della fisica quantistica. Riuscirà la teoria delle stringhe ad esaudire questo loro desiderio? (Negativo R. Williams/HDF (STSci) / NASA)*

sono sempre a senso unico, uno strumento matematico dapprima viene inventato e poi applicato ad un problema di fisica. Un esempio tra gli altri a testimone: è interessandosi al problema della propagazione del calore che il matematico francese Jean-Baptiste Fourier (1768-1830) ha ideato le “serie di Fourier” (si tratta di somme infinite di funzioni trigonometriche), che hanno da allora un ruolo estremamente importante nelle scienze e nella tecnica.

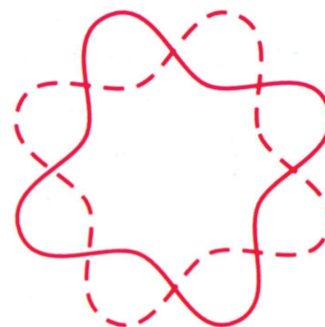
La fisica del ventesimo secolo è ricca

di interazioni con la matematica. È questo il caso delle due grandi teorie nate all'inizio del secolo, la teoria della relatività di Einstein e la meccanica quantistica. La relatività (generale) di Einstein è una teoria della gravitazione che sostituisce quella di Newton; essa si fonda su concetti radicalmente differenti, legati alle geometrie non euclidee, introdotte nel diciannovesimo secolo, quando nessuno supponeva che tale matematica potesse avere un qualsivoglia rapporto con la realtà. Lo stesso,

quando i matematici hanno cominciato a studiare gli “spazi di Hilbert” (spazi astratti in cui i punti possono essere – per esempio – delle funzioni che verificano certe condizioni tecniche), all’inizio del 1900, nessuno immaginava che una ventina d’anni più tardi gli spazi di Hilbert sarebbero stati la cornice adeguata per formulare le leggi della meccanica quantistica (che si manifestano soprattutto in scala atomica e subatomica). Reciprocamente, le ricerche fondamentali sulla relatività generale o sulla meccanica quantistica hanno a loro volta stimolato ricerche puramente matematiche.

*La fisica delle particelle elementari, ambito in cui si impiega della matematica molto astratta*

Guardiamo un pò più da vicino una delle direzioni in cui si è sviluppata la meccanica quantistica: lo studio di particelle dette elementari e delle loro interazioni. Nel corso dei decenni 1930-1950, è stata elaborata una cornice teorica di grande complessità, tanto dal punto di vista dei concetti quanto delle tecniche matematiche messe in opera, chiamata *teoria quantistica dei campi*. È all’interno di questa cornice, e per aver messo in evidenza nuove particelle grazie agli acceleratori di particelle, che i fisici hanno scoperto che il mondo delle particelle elementari manifesta un certo numero di simmetrie. La *teoria dei gruppi*, un’importante branca della ma-



*Una corda chiusa vibra in modo da presentare un numero intero di sommità e di cavità. Le diverse particelle subatomiche (elettroni, fotoni, ecc...) potranno corrispondere ai diversi modi di vibrazione di minuscole corde fondamentali.*

tematica fondata nel diciannovesimo secolo, ha avuto e continua ad avere un ruolo fondamentale nell’evidenziare questa simmetria (per lo più astratta). È grazie a questa teoria che, a più riprese, i teorici hanno potuto predire l’esistenza di certe particelle, qualche anno prima che fossero scoperte da coloro che facevano esperimenti.

Negli anni 1970-1980, la teoria delle particelle elementari era giunta ad un punto in cui era capace di descrivere in modo soddisfacente e globale tutte le particelle conosciute e quasi tutte le loro interazioni. Perché “quasi”? Si conoscono quattro interazioni fondamentali – la forza di gravità, la forza elettromagnetica e due forze agenti su scala nucleare, l’interazione debole e l’interazione forte; ora, è noto che i fisici non sono riusciti a far rientrare la forza gravitazionale nella loro teoria, chiamata il *Modello standard* della fisica delle particelle.

### *Conciliare la gravitazione con la fisica quantistica, una sfida che pare alla portata delle teorie delle stringhe*

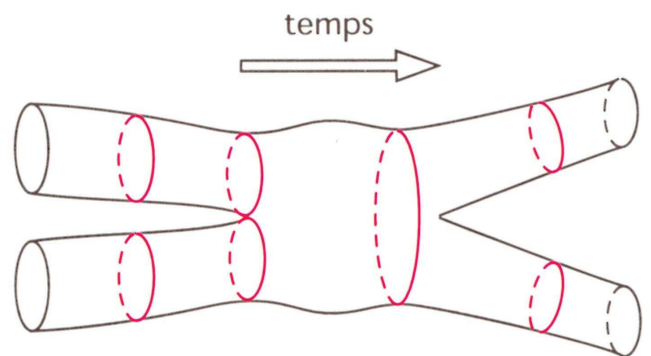
Cosa significa questa eccezione? La gravitazione sembra descritta correttamente dalla relatività generale di Einstein, ma la teoria di Einstein non è una teoria quantistica, cioè non integra i principi (abbastanza strani, sia detto per inciso) della fisica quantistica. Ora, non si vede affatto perchè, se tutta la natura segue leggi quantistiche, la gravitazione ne sarebbe esonerata. Da cui l'ostinazione dei fisici a fare rientrare la gravitazione nell'ovile quantistico. Malgrado più decenni di sforzi, non ci sono ancora riusciti.

Eppure, dalla metà degli anni '80, molti fra loro credono di essere a buon punto. In effetti, è a quest'epoca che una nuova teoria ancora incompleta ma promettente, chiamata *teoria delle stringhe*, ha guadagnato sufficiente coerenza perchè la si affronti seriamente. Il contesto esatto e le ragioni precise che hanno spinto i teorici in questa direzione sono davvero troppo tecnici perchè possano essere spiegati qui. È ugualmente impossibile spiegare in modo semplice in cosa consista la teoria delle stringhe. Diciamo appena, in modo molto approssimativo, che essa presuppone che gli oggetti fisici fondamentali non siano delle particelle assimilabili a punti ("filosofia" delle teorie quantistiche dei campi tradizionali), ma delle minuscole stringhe senza spessore – dei piccoli tratti di linea, in

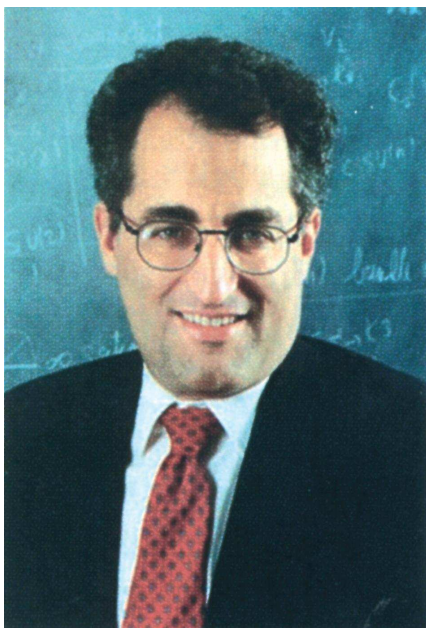
qualche modo; e che le diverse particelle osservate alla nostra scala corrisponderebbero ai differenti modi di vibrazione delle stringhe, un pò come le diverse vibrazioni di una corda di violino corrispondono alle diverse note musicali.

### *Perché le teorie delle stringhe siano coerenti, lo spazio-tempo deve possedere 11 dimensioni*

Le *teorie delle stringhe* (teorie al plurale, poichè ne esistono infatti più versioni) sono ancora preliminari e di una complessità temibile. Diversi aspetti restano da decifrare. Inoltre, per il momento è impossibile sottoporle alla prova dell'esperienza, poichè le energie che richiederebbero sono del tutto inaccessibili, persino con i più potenti acceleratori di particelle di cui disponiamo. Ma queste teorie hanno sedotto i teorici, perchè integrano in modo naturale la gravitazione, apparentemente senza incontrare gli



*Rappresentazione schematica della interazione fra due corde. Al variare del tempo, che va da sinistra a destra in questo disegno, una corda chiusa "spazza" una superficie della forma di un tubo.*



*Edward Witten, uno dei principali esperti della teoria delle stringhe. Non è chiaro se considerarlo come un fisico o come un matematico... (Negativo: DR)*

ostacoli che si incontravano nelle teorie precedenti.

Se i fisici riuscissero a costruire una teoria delle stringhe completa e coerente, sarebbero in grado di studiare in modo preciso i fenomeni gravitazionali violenti (di energia molto elevata) che avvengono nel cosmo, come l'implosione di una grossa stella su sè stessa, la fisica dei "buchi neri", etc. Questi sono anche i misteri dei primi istanti della nascita dell'Universo – i primi istanti del famoso big bang – che si potrà meglio collocare nel tempo. Una descrizione quantistica della gravitazione permetterà certamente di fare un salto qualitativo e quantitativo nella comprensione dell'Universo, della sua origine e della sua

evoluzione.

Ma come si è detto prima, le teorie delle stringhe sono molto complicate. Esse implicano delle tecniche matematiche elaborate, spesso obbiettivo delle più recenti ricerche. Infatti, gli specialisti di queste teorie comprendono indifferentemente fisici e matematici (diversi insigniti della medaglia Fields, il riconoscimento più alto in matematica, hanno dedicato una parte importante dei loro lavori alle teorie delle stringhe, è il caso dell'Americano Edward Witten, o del Russo trasferito in Francia Maxim Kontsevich). È stato in modo evidente stabilito che le teorie delle stringhe non possono essere coerenti se non si suppone che lo spazio-tempo possieda non quattro dimensioni (tre dimensioni per lo spazio, una per il tempo), ma molte di più: undici dimensioni secondo le ultime notizie! Le sette dimensioni supplementari, impercettibili ai nostri sensi poichè sarebbero avvolte su loro stesse in minuscoli gomitoli, contribuiscono all'astrazione e alla difficoltà. La necessità per i teorici di maneggiare stringhe e altri oggetti in spazi con un tal numero di dimensioni ha creato un formidabile terreno di collaborazione tra fisici e matematici. Le ricerche in questo campo hanno avuto intanto dei risvolti sia sulla teorie delle stringhe stesse sia su branche fondamentali della matematica. È un bell'esempio, nella storia della matematica e della fisica, di una relazione intima tra queste due di-

scipline, i risultati dell'una che sostengono le ricerche dell'altra. Il gioco vale la candela: sebbene le teorie delle stringhe siano ancora altamente speculative, non si tratta niente meno che di svelare i misteri dell'infinitamente piccolo e dell'infinitamente grande, e cioè, in definitiva, delle nostre origini.

*Maurice Marshaal*  
*giornalista scientifico*

### Alcuni riferimenti bibliografici

- B. Greene, *L'Univers élégant* (Robert Laffont, 2000).
- M. Duff, *Les nouvelles théories des cordes*, Pour la Science, aprile 1998.
- N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos, G. Dvali, *Les dimensions cachées de l'Univers*, Pour la Science, ottobre 2000.
- I. Antoniadis, E. Cremmer et K. S. Stelle, *Les supercordes*, Gazette des mathématiciens n. 87, pp. 17-39, e n. 88, pp. 95-114 (gennaio e aprile 2001).
- P. Deligne e al. (eds.), *Quantum fields and strings: a course for mathematicians* (American Mathematical Society/ Institute for Advanced Study, 1999).