

I segreti dell'altro Universo

Fisica. Il teorema ideato da Atiyah e Singer influenza le ipotesi della Teoria delle Stringhe. Ecco perché le sue formule prediligono ulteriori dimensioni irregolari, fino a un massimo di 7

AUGUSTO SAGNOTTI
SCUOLA NORMALE SUPERIORE DI PISA

Nella prima metà del secolo scorso divenne chiaro che sia le forze elettromagnetiche sia la gravità sono profondamente legate a principi di simmetria. La loro origine è riconducibile alla libertà nella scelta di certi sistemi di coordinate: per lo spazio tempo nel primo caso e per la funzione d'onda che caratterizza il comportamento quantistico delle particelle nel secondo. E già negli Anni 20 il matematico tedesco Theodor Kaluza e il fisico svedese Oskar Klein mostrarono che in uno strano Uni-

Chi è
Sagnotti
Fisico

RUOLO: È PROFESSORE DI FISICA
TEORICA ALLA SCUOLA NORMALE
SUPERIORE DI PISA
RICERCHE: QUANTIZZAZIONE DEL
CAMPO GRAVITAZIONALE, TEORIA
DELLE STRINGHE, TEORIE CONFORMI

verso contenente, oltre alle tre dimensioni spaziali e al tempo della comune esperienza, un'ulteriore dimensione microscopica inaccessibile ai nostri sensi, gravità ed elettromagnetismo potrebbero addirittura avere un'origine comune. Perché una situazione di questo tipo debba realizzarsi la teoria di Einstein non è in grado di spiegarlo. Ma la posizione su questi «meridiani», presenti in ogni punto dello spazio-tempo, sarebbe legata alla funzione d'onda e di conseguenza la sola gravità in cinque dimensioni potrebbe descrivere, unificandole, gravità ed elettromagnetismo del nostro Universo!

Questo risultato ha avuto naturalmente un profondo impatto sulla Teoria delle Stringhe, uno schema per l'unificazione delle interazioni fondamentali con la gravità che richiede, appunto, la presenza di ulteriori dimensioni, sei o sette nelle versioni più interessanti. Un'ampia attività su questi temi ha mostrato, negli Anni 70 e 80, come ulteriori dimensioni simmetriche, i cui «meridiani»

diverrebbero sfere o loro generalizzazioni, potrebbero anche unificare la gravità con altre interazioni. L'esempio più notevole, identificato da Edward Witten dell'Institute for Advanced Study di Princeton, fu realizzato negli Anni 80 da Leonardo Castellani, Riccardo D'Auria e Pietro Fré: sette ulteriori dimensioni, il massimo consentito dalla teoria, potrebbero garantire un'origine comune per la gravità, l'elettromagnetismo, le interazioni forti responsabili della stabilità dei nuclei atomici e le interazioni deboli responsabili della radiazione solare. Ma, fu presto chiaro, non potrebbero spiegare gli effetti sugli elettroni e le altre particelle.

La violazione di parità delle interazioni deboli, ipotizzata negli Anni 50 da Tsung Dao Lee e Chen Ning Yang e rivelata poco dopo, è infatti incompatibile con questo schema, in

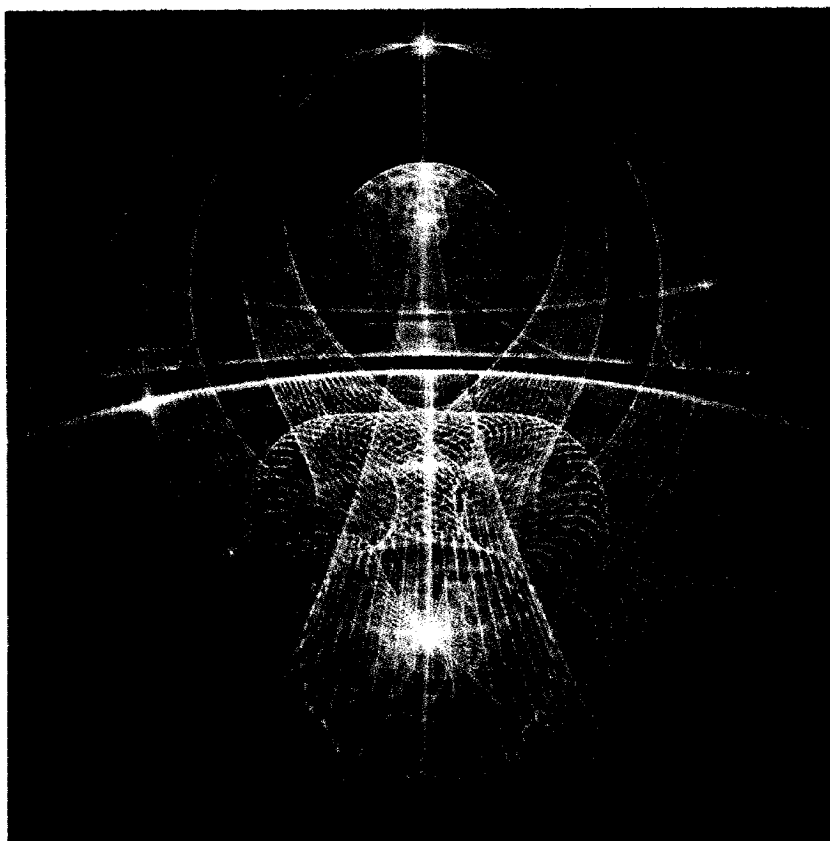
virtù del «Teorema dell'indice», dimostrato nel 1963 dai matematici Michael Atiyah dell'Università di Edimburgo e Isadore Singer del MIT. La violazione di parità richiede che le particelle coinvolte, assimilabili a trottole in virtù del loro «spin», avvertano le interazioni deboli solo se ruotano in senso antiorario rispetto alla direzione del moto, e ulteriori dimensioni invisibili simmetriche, consentendo ulteriori rotazioni incontrollabili, la renderebbero impossibile. Il teorema di Atiyah-Singer suggerisce inoltre che dimensioni invisibili non simmetriche, i cui «meridiani», per così dire, avvertano la quota del profilo sottostante, potrebbero invece consentire la violazione di parità. Si tratta di un meccanismo complesso, ma in grado di orientare gli «spin» nelle ulteriori direzioni in modo simile, sotto certi aspetti, a come il

campo magnetico terrestre orienti verso il Nord l'ago di una bussola.

Un'elegante via d'uscita per la Teoria delle Stringhe è stata garantita dalle «superstringhe di tipo I», le cui simmetrie, già in 10 dimensioni, sono più ampie di quelle necessarie per descrivere le interazioni forti, deboli ed elettromagnetiche. Se i «meridiani» delle altre sei dimensioni fossero pertanto non simmetrici, come abbiamo anticipato, la violazione di parità potrebbe ben manifestarsi nel nostro Universo, unitamente ad una simmetria, si noti bene, non estesa come nel meccanismo originale di Kaluza-Klein, ma ridotta quanto basta per descrivere precisamente la gravità e le altre interazioni.

Il teorema di Atiyah-Singer, nelle sue versioni, è anche legato alle anomalie, violazioni di simmetria indotte dalla meccanica quantistica che possono rendere inconsistente una teoria. La loro presenza sembrava ad un certo punto inevitabile, ma nel 1984 Michael Green dell'Università di Cambridge e John Schwarz del California Institute of Technology mostrarono che, sor-

prendentemente, sono invece assenti in una superstringa di tipo I, e anche in un altro caso che Neil Marcus e chi scrive avevano già mostrato essere incompatibile con queste costruzioni. La contraddizione fu risolta da David Gross, premio Nobel 2004 per la teoria delle interazioni forti, Jeffrey Harvey, Emil Martinec e Ryan Rohm, al tempo all'Università di Princeton, le cui stringhe «eterotiche» completarono l'elegante quadro delle superstringhe in 10 dimensioni. Nel decennio successivo molti fisici, e Witten in particolare, avrebbero evidenziato la sorprendente equivalenza di queste cinque teorie, ma resta da chiarire perché, nell'Universo descritto da questo schema, solo quattro delle 10 o 11 dimensioni siano quelle che avvertiamo nella nostra esperienza: ecco dunque alcune ragioni dell'impatto sulla fisica di Sir Michael Atiyah, che ha ricevuto la laurea honoris causa alla Normale di Pisa.



C'è un cosmo alternativo: è quello ipotizzato dalla Teoria delle Stringhe