

Ed è solo l'inizio

Il bosone di Higgs e oltre

di Gian Francesco Giudice

a.
Peter Higgs durante il seminario al Cern del 4 luglio scorso, in cui è stato dato l'annuncio del bosone che porta il suo nome. Il bosone di Higgs, del tutto insensatamente, è chiamato anche "particella di Dio", per colpa del titolo (*The God particle*) dato dall'editore a un libro del premio Nobel Leon Lederman, nel '95.



Il turbine mediatico che ha accompagnato la scoperta del bosone di Higgs del 4 luglio scorso ha mostrato ai fisici il nuovo volto della comunicazione scientifica nell'epoca del web (guarda caso inventato proprio al Cern). L'informazione, uscita dai laboratori attraverso blog e canali ufficiali, ha raggiunto il pubblico a velocità superluminale. Ma il nome stesso attribuito al bosone di Higgs – "particella di Dio" – dà una misura dei toni sensazionalistici e fuorvianti che ha assunto la comunicazione.

Il fenomeno mediatico ha avuto tuttavia il magico effetto di risvegliare nella gente un sincero interesse per la scienza pura e un genuino desiderio di

condividere con gli scienziati l'emozione della scoperta. La parola "bosone" è diventata un termine familiare ed è quasi entrata a far parte della cultura di massa, citata in trasmissioni televisive e nelle gag dei comici più popolari. Dopo l'ebbrezza del successo, all'indomani della scoperta i fisici hanno subito cominciato a riflettere sul nuovo risultato. L'esistenza del bosone di Higgs trova la sua motivazione nelle proprietà di simmetria del modello standard, e in particolare della forza debole – la forza che permette le reazioni termonucleari che alimentano il sole. Questa forza mostra la strana caratteristica di comportarsi in modo

diverso se vista attraverso uno specchio. Più precisamente, essa agisce in modo differente su particelle elementari come i quark, gli elettroni e i neutrini, e le rispettive immagini speculari, in cui gli spin delle particelle ruotano in verso opposto attorno alla direzione del moto. Questa netta separazione tra particelle sinistrorse (cioè tali che la rotazione di spin è in senso orario rispetto alla direzione del moto) e destrorse (spin antiorario) è però incompatibile con la presenza di massa. Infatti, le particelle con massa si muovono sempre a velocità inferiori a quella della luce: quindi se vediamo una particella destrorsa con massa viaggiare in una

data direzione possiamo sempre sorpassarla e vederla così andare nella direzione opposta. Poiché dal nuovo punto di vista la direzione della velocità è invertita mentre quella dello spin è rimasta la stessa, la particella che prima era destrorsa ora ci appare sinistrorsa. In altre parole, per una particella con massa non può esistere una distinzione intrinseca tra le due configurazioni, poiché la proprietà di essere destrorsa o sinistrorsa cambia a seconda del modo in cui osserviamo la particella. Ciò nonostante, la forza debole distingue tra particelle destrorse e sinistrorse. Ecco dunque il problema: le proprietà della forza debole sembrano incompatibili con la massa di alcune particelle elementari.

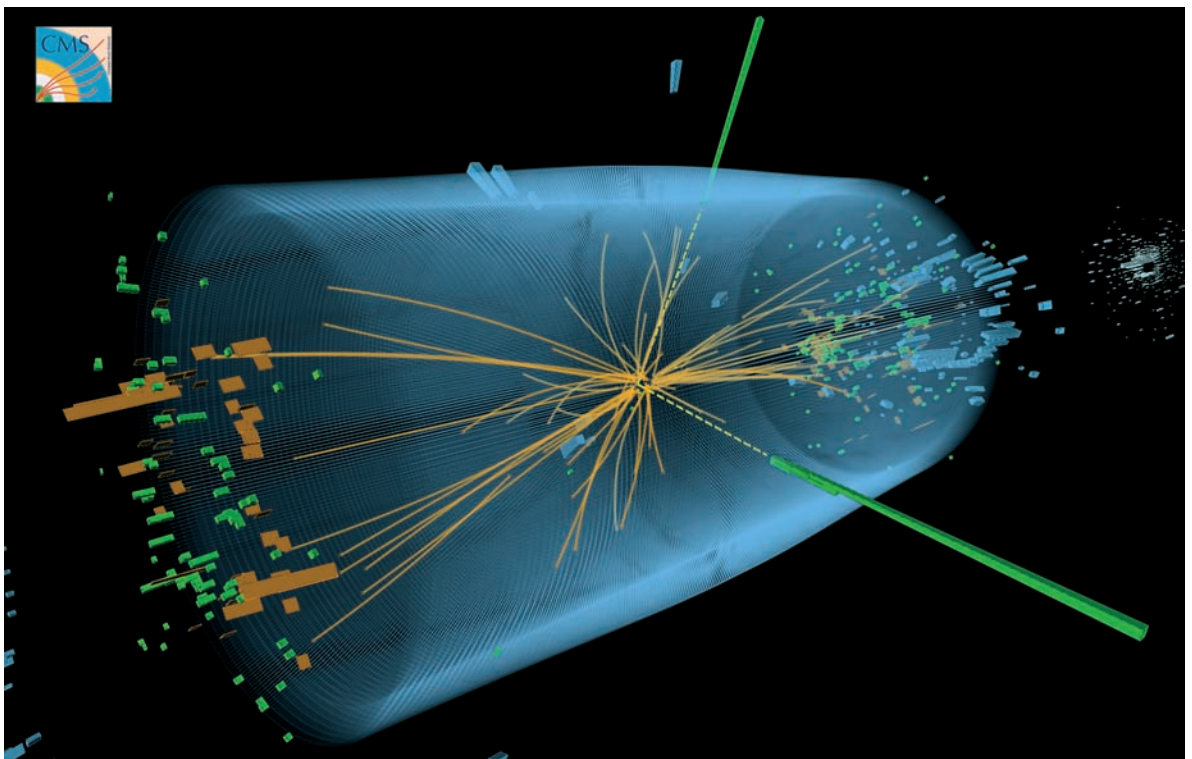
Il ruolo del bosone di Higgs è proprio quello di riconciliare questi due aspetti apparentemente contraddittori, rompendo la separazione tra il mondo destrorso e quello sinistrorso prevista dalla particolare simmetria di gauge. Per realizzare questo compromesso, il campo di Higgs compensa la carenza di simmetria rendendo possibile l'esistenza

di massa anche per le particelle che risentono della forza debole. Questa idea è stata pienamente confermata dalla scoperta del bosone di Higgs. Tuttavia i fisici teorici sono convinti che il bosone di Higgs non possa essere la fine della storia. Nello schema rigoroso ed elegante della teoria delle particelle, il bosone di Higgs è un elemento aggiuntivo necessario, ma precario e insoddisfacente. È un po' come una nota stonata in un concerto altrimenti perfettamente armonioso. Sembra dunque ragionevole pensare che la scoperta della nuova particella sia stata solo una prima manifestazione di un mondo ancora sommerso. Per conoscere cosa si nasconde dietro il bosone di Higgs è necessario misurarne le proprietà con grande precisione. L'intento degli esperimenti è ora capire se le predizioni del modello più semplice di bosone di Higgs sono perfettamente azzeccate o se esistono indicazioni di nuovi fenomeni.

La scoperta del bosone di Higgs ha fornito alcune risposte, ma ha aperto un gran numero di domande. La questione

sul bosone di Higgs che più ha fatto meditare i fisici negli ultimi decenni è il cosiddetto *principio di naturalezza*. In soldoni, questo principio decreta che una teoria fisica valida in un certo intervallo di grandezze non può essere sensibile in modo critico ai dettagli del comportamento della natura a scale molto più piccole. In pratica, questa separazione tra diverse scale di grandezza ci permette di trovare equazioni che descrivono le orbite dei pianeti, anche senza conoscere il moto di ogni singola molecola dentro Giove o Venere, o di formulare una teoria atomica anche senza le equazioni che descrivono la struttura interna dei quark, e così via. Per quanto ne sappiamo, questo principio sembra rispettato nel nostro universo. Se continuasse a valere anche alle distanze ora esplorate da Lhc, il principio di naturalezza avrebbe profonde implicazioni sulla natura del bosone di Higgs.

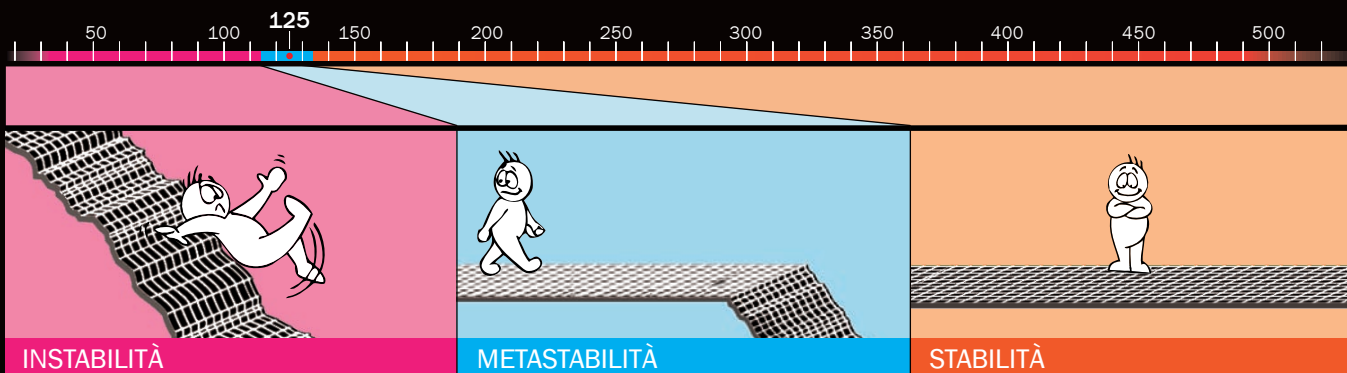
b.
La traccia del decadimento del bosone di Higgs, rivelata dall'esperimento Cms in Lhc.



In bilico

1.

Secondo il modello standard il valore della massa dell'Higgs determina le proprietà di stabilità dell'intero universo. Valori grandi della massa corrispondono a un universo stabile, mentre per valori piccoli l'universo non potrebbe esistere nello stato attuale. Il valore misurato a Lhc, attorno ai 125 GeV, si trova proprio nella stretta zona di confine tra un universo stabile e uno instabile.



I risultati in nostro possesso ci stanno già fornendo dei primi indizi interessanti. I dati sperimentali mostrano che la massa del bosone di Higgs è circa 125 GeV, cioè quanto un intero nucleo di cesio. Recenti calcoli teorici hanno messo in luce una sorprendente coincidenza. Se il modello standard fosse valido anche a distanze ben più piccole di quelle finora esplorate, una massa del bosone di Higgs di circa 125 GeV corrisponderebbe esattamente al minimo valore necessario per evitare che il nostro universo termini la sua esistenza collassando in un enorme grumo massiccio. In altre parole, la massa del bosone di Higgs ha proprio il valore giusto per mantenerci in bilico sull'orlo di un'apocalisse cosmica: viviamo cioè in quello che si chiama un universo *metastabile*.

Secondo alcuni fisici teorici, questa singolare coincidenza potrebbe essere la manifestazione dell'esistenza di una moltitudine di universi paralleli, il cosiddetto

multiverso (contrapposto cioè all'*universo*). Ognuno di questi universi paralleli è caratterizzato da costanti fisiche diverse e dunque alcune proprietà del nostro universo potrebbero essere il risultato di una selezione probabilistica. In altre parole, la massa del bosone di Higgs di 125 GeV ci sembra una strana coincidenza solo perché siamo in grado di osservare un solo universo. Un universo metastabile potrebbe invece essere di gran lunga statisticamente favorito all'interno del multiverso. Oppure, nel multiverso potrebbe essere raro trovare un universo che permette le caratteristiche necessarie alla vita e quindi, per motivi statistici, quelle caratteristiche sono soddisfatte nel nostro universo solo marginalmente. Così si spiegherebbe perché la massa del bosone di Higgs è prossima a quel valore critico oltre al quale il nostro universo è condannato a una catastrofica transizione di fase.

Nel contesto del modello standard, il bosone di Higgs risente di effetti quantistici che lo rendono vulnerabile al comportamento della teoria fino a distanze arbitrariamente piccole. Questa estrema sensibilità contraddice il principio di naturalezza, creando un ostacolo concettuale che si può aggirare solo se il bosone di Higgs è accompagnato da opportuni fenomeni capaci di smorzare gli effetti quantistici. Per questa ragione molti fisici teorici sono convinti che il bosone di Higgs faccia parte di una struttura più complessa, ancora sconosciuta.

Il filo logico suggerito dal principio di naturalezza ha guidato i fisici teorici lungo un affascinante percorso di idee, portandoli a immaginare che il bosone di Higgs sia solo l'araldo di nuove strutture nascoste dello spaziotempo. Nel profondo della materia potrebbero esistere nuove dimensioni spaziali, nuovi tipi di forze o addirittura una nuova concezione di spazio, come previsto dalla *supersimmetria*. Al momento non ci sono prove tangibili dell'esistenza di queste ipotetiche strutture, ma i fisici tengono il fiato sospeso nell'attesa che Lhc potenzi la sua capacità esplorativa, raddoppiando l'energia dei fasci di protoni, in una fase prevista a partire dalla fine del 2014. Non c'è dubbio che la scoperta del bosone di Higgs sia stata una tappa fondamentale nel nostro cammino verso la conoscenza dei principi fisici che governano il nostro universo. Tuttavia, questa scoperta non ha dato tutte le risposte che cercavamo per comprendere il fenomeno della rottura di

simmetria. Il bosone di Higgs fornisce solo una spiegazione rozza e incompleta, che non possiede l'eleganza presente nel resto del modello standard. Tutto sembra far credere che oggi i fisici siano nella stessa situazione dell'archeologo che festeggia il ritrovamento di alcune pietre, non sapendo ancora che sotto c'è un'intera piramide.

Biografia

Gian Francesco Giudice è un fisico teorico delle particelle elementari che opera al Cern di Ginevra dal 1993. Ha lavorato al Fermilab di Chicago e all'Università del Texas nel gruppo del Nobel Steven Weinberg. Ha pubblicato più di un centinaio di articoli scientifici nell'ambito della teoria delle particelle elementari e della cosmologia. Il suo libro divulgativo sulla fisica di Lhc, *Odissea nello zeptospatio*, è stato finalista al Premio Letterario Galileo 2012.

Link sul web

<http://www.infn.it/lhcitalia>

<http://public.web.cern.ch/public/>

<http://giudice.web.cern.ch/giudice/zeptospace/zepto-ita.html>