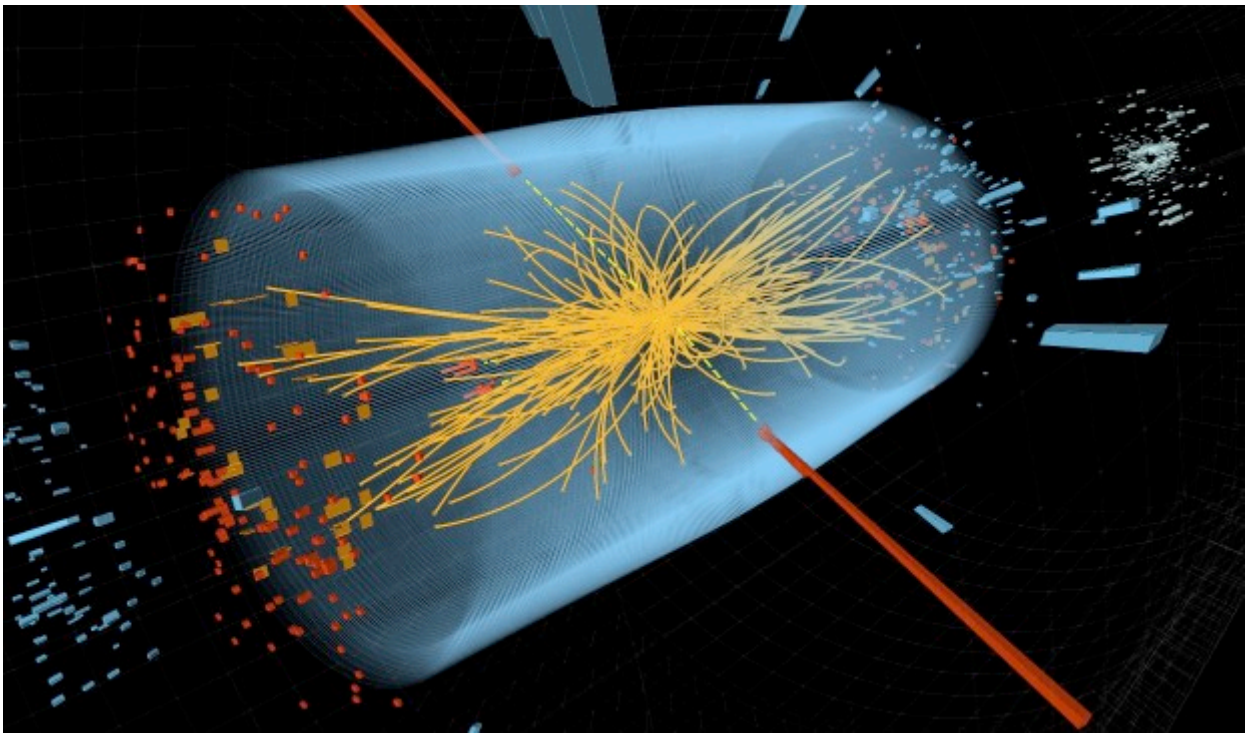
“HIGGS IN TOUR A REGGIO EMILIA”

Sabato 10 novembre 2012 presso il Centro Internazionale Loris Malaguzzi di Reggio Emilia



Un’ occasione incredibile per capire la particella di Higgs!

Le classi 3^ B e 3^ C della sezione classica, 5^ B e 5^ E della sezione scientifica del nostro Liceo, accompagnate dai docenti Tiziana Segalini, Paola Carbone, Simonetta Manghi e Giovanni Baricca, hanno partecipato alla conferenza-spettacolo con gli scienziati del CERN organizzato dall’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare della sezione di Bologna e dall’Università di Bologna, in collaborazione con il Comune di Reggio Emilia, presso il centro L. MALAGUZZI.

I relatori, moderati con ironia dal presentatore televisivo Patrizio Roversi, sono stati in grado di rendere piacevolmente comprensivo un argomento ostico ai più: il prof. Antonio Masiero, fisico teorico, e i suoi giovani collaboratori hanno illustrato il percorso di ricerca che ha condotto gli scienziati a trovare una particella che con buona probabilità è la stessa che Peter Higgs ipotizzò 50 anni fa.

Oltre alla descrizione dell’impianto di accelerazione di particelle (LHC: Large Hadron Collider) e alla metodologia applicata (rivelatori sperimentali ATLAS e CMS) per arrivare al BOSONE, gli scienziati si sono resi disponibili a rispondere alle domande degli studenti che hanno seguito l’incontro con vivo interesse.

Tale scoperta, definita “epocale”, rappresenta l’inizio di un ulteriore campo di ricerca da parte dei numerosi scienziati italiani che da sempre sono apprezzati a livello internazionale.

Importante pertanto è stata anche l’iniezione di un certo “orgoglio nazionale” che ha veramente coinvolto il pubblico presente in sala.

IL MODELLO STANDARD

La migliore descrizione teorica del mondo subatomico, che descrive le particelle elementari e le loro interazioni, è il cosiddetto Modello Standard. Le particelle di questo modello si dividono in due categorie: leptoni e quark.

I leptoni sono di sei tipi: elettrone, muone e tauone (tutte particelle cariche ed elencate in ordine di massa crescente) e i corrispondenti neutrini, privi di carica elettrica e dalla massa quasi trascurabile. Per ogni leptone vi è la corrispondente antiparticella (quella dell'elettrone si chiama positrone) dotata della stessa massa ma di carica opposta.

LEPTONI

Queste particelle sono immuni all'interazione forte e si osservano isolatamente. Ogni neutrino mostrato qui in realtà è una combinazione di neutrini diversi, ciascuno con massa non più grande di pochi eV.

NEUTRINO ELETTRONICO ν_e

Carica elettrica: 0
Immune sia all'elettromagnetismo che all'interazione forte, non prende parte a quasi nessuna interazione, ma è essenziale nei decadimenti radioattivi.

NEUTRINO MU ν_μ

Carica elettrica: 0
Compare nelle reazioni deboli che coinvolgono i muoni.

NEUTRINO TAU ν_τ

Carica elettrica: 0
Compare nelle reazioni deboli che coinvolgono i leptoni tau.

ELETTRONE e

Carica elettrica: –1
Massa: 0,511 MeV
La particella più leggera dotata di carica. Trasporta la corrente elettrica e orbita intorno ai nuclei atomici.

MUONE μ

Carica elettrica: –1
Massa: 106 MeV
Versione più pesante dell'elettrone, vita media di 2,2 microsecondi, scoperto come componente dei raggi X cosmici.

TAU τ

Carica elettrica: –1
Massa: 1,78 GeV
Un'altra versione instabile e ancora più pesante dell'elettrone con una vita media di 0,3 picosecondi.

I quark compongono gli adroni (come i protoni e i neutroni) ed esistono anch'essi in sei tipi raggruppati in tre coppie: up e down, charm e strange, topo e bottom. Sono particelle cariche ma la carica è una frazione (2/3 per il quark up e -1/3 per il quark down) della carica elettronica.

PARTICELLE DI MATERIA

QUARK

Queste particelle formano i protoni, i neutroni e un vero e proprio zoo di altre particelle meno note. Non sono mai stati osservati isolatamente.

UP u

Carica elettrica: +2/3
Massa: 2 MeV
Costituente della materia ordinaria; un protone è composto da due quark up e uno down.

CHARM c

Carica elettrica: +2/3
Massa: 1,25 GeV
Cugino instabile e più pesante del quark up, scoperto come costituente della particella J/Ψ.

TOP t

Carica elettrica: +2/3
Massa: 171 GeV
È la particella più pesante, ha massa paragonabile a un atomo di osmio e una vita media molto breve.

DOWN d

Carica elettrica: –1/3
Massa: 5 MeV
Costituente della materia ordinaria; un neutrone è composto da due quark down e uno up.

STRANGE s

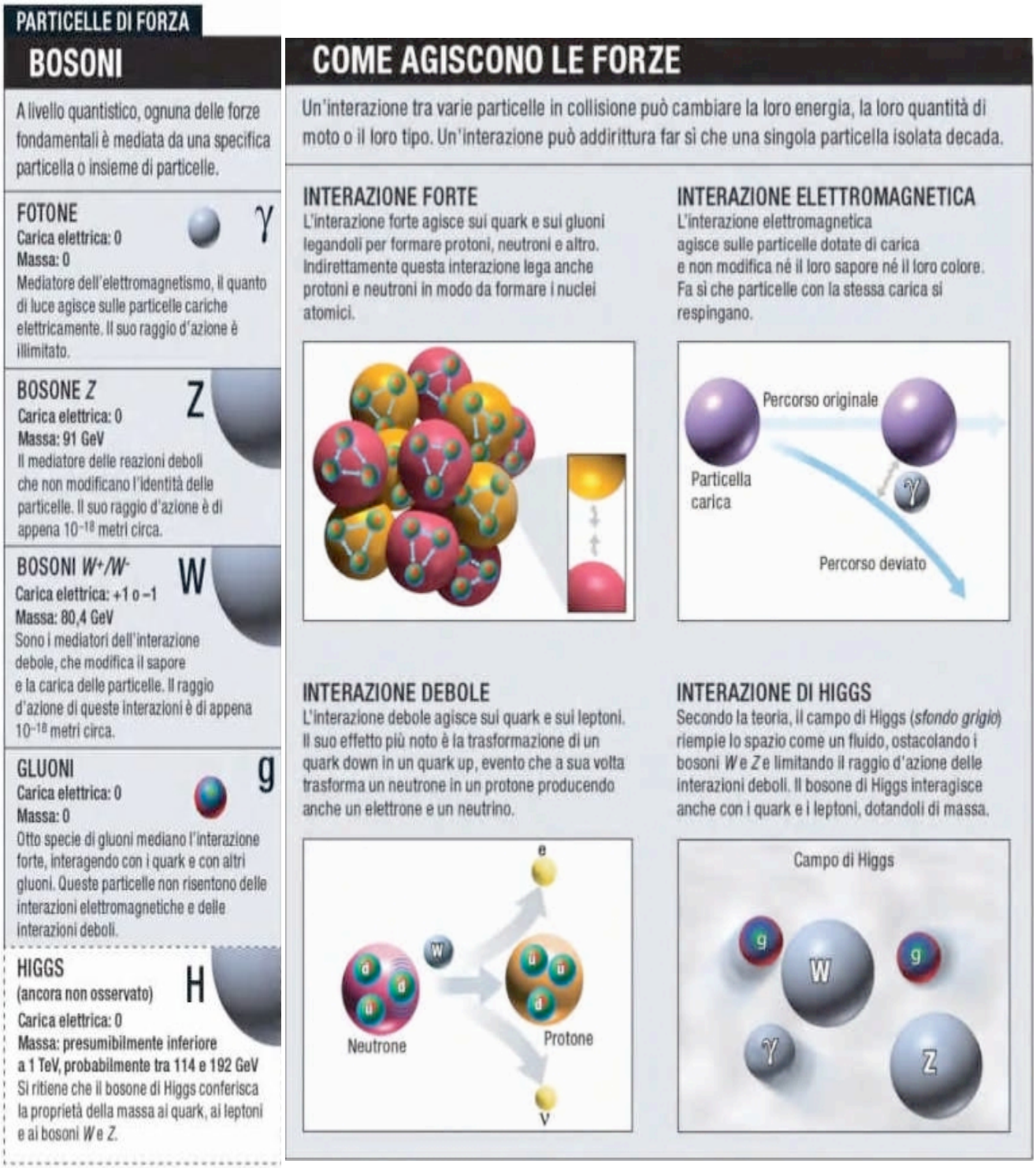
Carica elettrica: –1/3
Massa: 95 MeV
Cugino instabile e più pesante del quark down, è il costituente del più studiato kaone, altra particella.

BOTTOM b

Carica elettrica: –1/3
Massa: 4,2 GeV
Altra copia instabile e ancora più pesante del quark down, è un costituente del mesone B.

Leptoni e quark sono anche fermioni, ovvero particelle dotate di spin (momento magnetico intrinseco) semi-intero. A completare il quadro, esistono anche le corrispondenti antiparticelle.

Delle quattro forze fondamentali osservate in natura solo tre sono di fatto considerate dal modello: l'interazione elettromagnetica, quella debole (unificate nella cosiddetta interazione elettrodebole) e l'interazione forte. La gravità è, per il momento esclusa (la particella mediatrice ipotizzata e ricercata è il gravitone).



Nota: la tabella non è aggiornata in merito al bosone di Higgs (viene indicato come non ancora osservato).

Le interazioni tra le particelle del Modello Standard sono mediate da altre particelle: il fotone, che media l'interazione elettromagnetica, quella che si esercita tra le particelle cariche come gli elettroni; il gluone, che media l'interazione nucleare forte tra i quark; i bosoni $W^{\pm}$ e Z^{0}, che mediano infine l'interazione nucleare debole.

Ad oggi, tutte le verifiche sperimentali del Modello Standard si sono dimostrate in accordo con le previsioni; nonostante ciò, il Modello Standard non può considerarsi una teoria completa perchè non include una descrizione della gravità e non è compatibile con la relatività generale.

LA PARTICELLA DI HIGGS

Il bosone di Higgs riveste un ruolo estremamente importante nell'ambito del Modello Standard. In pratica è l'ingranaggio fondamentale di un meccanismo in grado di fornire la massa a tutte le particelle note, la manifestazione materiale di un campo di forze che pervade l'intero Universo.

Un'immagine usata di frequente per rendere comprensibile il meccanismo di Higgs è quella di un campo di forze che si "aggrappa" agli oggetti che lo attraversano causando un effetto di resistenza che si manifesta come massa, una specie di melassa che si attacca alle particelle che la attraversano rendendole "pesanti".

Il fisico David J. Miller lo descrive così: immaginate di trovarvi a una festa. La folla (il campo di forze) è piuttosto numerosa e uniformemente distribuita all'interno della stanza. Se arriva un personaggio celebre (la particella), a mano a mano che avanza e attraversa la stanza, viene circondato dalle persone vicine che gli si stringono attorno e rallentano la sua avanzata all'interno della stanza, come se fosse improvvisamente più pesante. Analogamente, se un campo di forze è distorto localmente dal passaggio di una qualsiasi particella, questa distorsione, ovvero l'aggregazione del campo intorno alla particella, genera la massa della particella stessa.

Lo stesso fenomeno di addensamento si può verificare quando nella stanza si diffonde una notizia. I più vicini alla fonte ascoltano perché vogliono conoscerne i dettagli e, come nel caso precedente, la propagazione della notizia lungo la stanza si porta dietro un gruppo di persone interessato a essa. Questo gruppo coeso di curiosi che si forma all'interno della stanza rappresenta il bosone di Higgs all'interno del campo di Higgs.

Come i fotoni trasferiscono energia alle particelle che incontrano, così i bosoni di Higgs sarebbero vettori di massa. Le varie particelle elementari attrarrebbero più o meno bosoni di Higgs, mettendo su più o meno massa.

Come si cerca?

Lanciando fasci di protoni ad altissima energia all'interno degli acceleratori di particelle (come il Large Hadron Collider, LHC) e facendoli scontrare. Dalle collisioni si generano molte particelle elementari (leptoni, quark, bosoni W e Z, ecc), con caratteristiche energetiche note. Lì in mezzo potrebbe formarsi anche l'Higgs. Nel marasma di dati che escono dagli acceleratori gli scienziati cercano quello non previsto: per esempio un numero troppo alto di collisioni in corrispondenza di un certo intervallo di energia compatibile con quelli previsti per l'elusiva particella.

Perché è così difficile osservarlo?

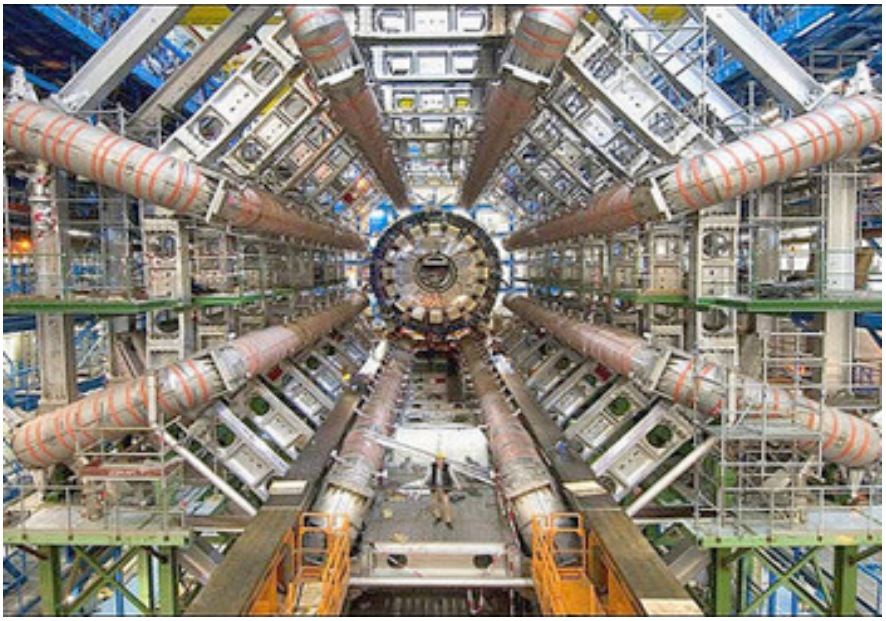
Essendo poco stabile, l'Higgs decade quasi immediatamente, quindi non si può sperare di osservarlo per caso nell'Universo. Per lo stesso motivo — sempre che esista — non può essere osservato direttamente nell'enorme mucchio di particelle prodotte a ogni collisione nell'acceleratore, ma bisogna guardare ai suoi prodotti di decadimento. Le particelle cui dà luogo, però, possono formarsi in molti modi diversi.

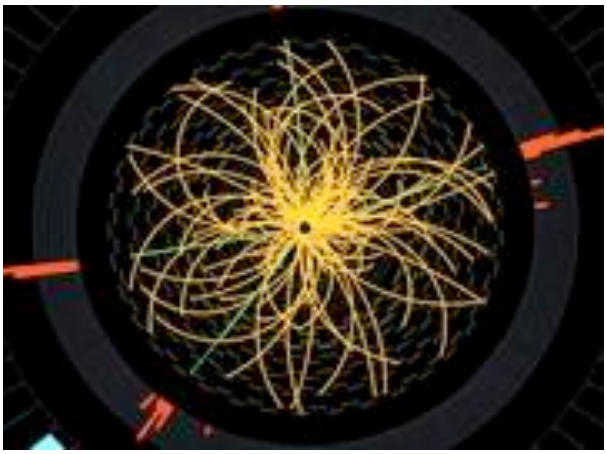
Cosa era stato trovato finora?

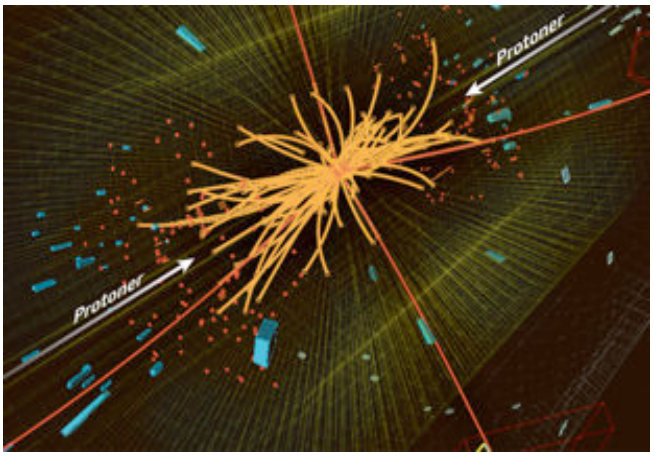
Una traccia. In corrispondenza del valore di 125 gigaelettronvolt (GeV), due gruppi dell'LHC (i fisici applicati responsabili del controllo dei rivelatori ATLAS e CMS), indipendentemente, avevano osservato, lo scorso dicembre, un eccesso di segnali. E 125 GeV è uno di quei valori compatibili con l'Higgs. Se il valore sarà confermato, significa che il bosone di Higgs ha una massa pari a 130 volte quella di un protone (in base alla relazione $E = mc^2$). Anche i dati del Tevatron, operante al Fermilab di Batavia (USA), diffusi lo scorso marzo, sono in accordo con quelli dell'LHC. Il picco di segnali, però, poteva anche essere un falso positivo: un errore o semplicemente un caso. O anche, per ipotesi, la traccia di una particella completamente diversa da quella immaginata. Il meccanismo di Higgs non predice la massa del bosone, ma dà un range di masse possibili; i vari esperimenti condotti finora hanno escluso molti valori e rimane plausibile solo il range 114-141 GeV. Ora è arrivata la conferma di un segnale nella regione di massa di 126 GeV da parte di CMS e di 126.5 GeV per ATLAS.

Come si passa da traccia a prova?

Gli scienziati misurano la significatività statistica, cioè la probabilità che quel picco a 125 GeV sia solo frutto del caso, e non dovuto alla reale formazione del bosone di Higgs. Si parla di sigma: finora eravamo a 3 sigma e significava che questa probabilità era dello 0,13%. Bisogna arrivare almeno a 5 sigma (0,000028%) per trasformare l'indizio in scoperta. Ora si è arrivati a 4,9 sigma con CMS, quindi una probabilità di errore dello 0,000028%, e 5 sigma con ATLAS.





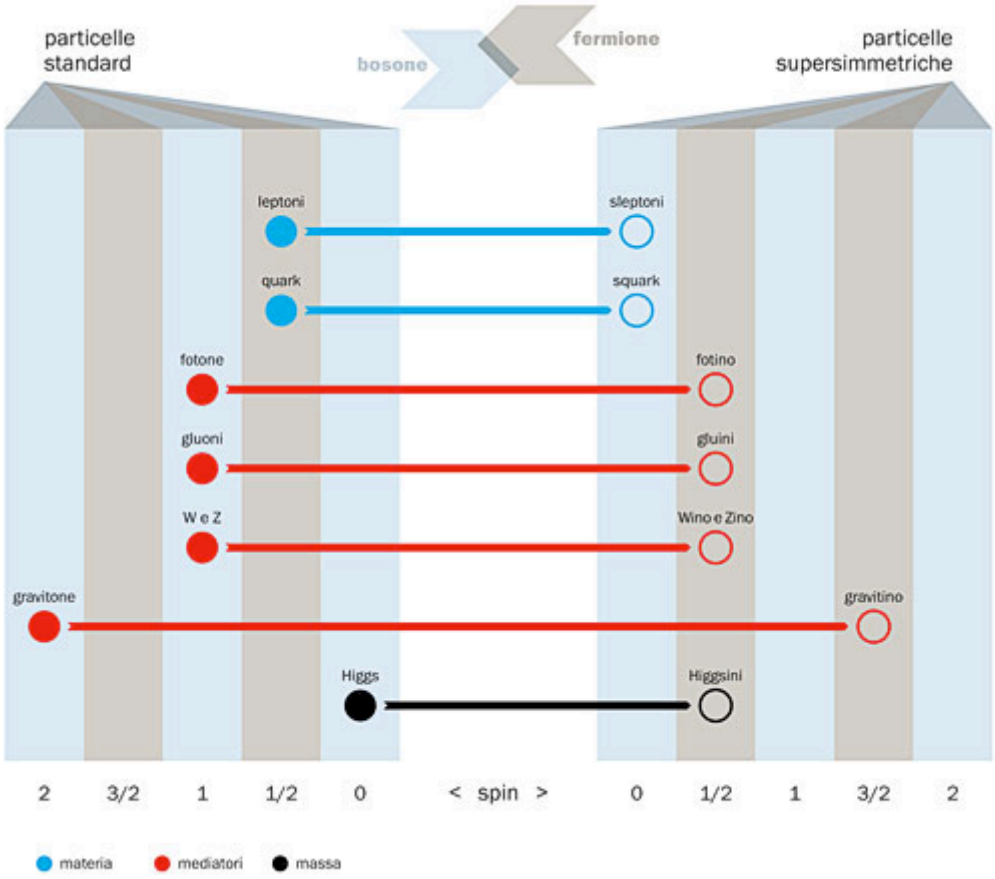


Dopo l'Higgs...

Ci sono diversi possibili scenari. Se un bosone di Higgs esiste, potrebbe essere diverso da quello previsto. Oppure potrebbe venir fuori che la particella, così come se la immaginano i fisici, non esiste. Allora si guarderà oltre il Modello Standard e bisognerà considerare le altre teorie. Come quella della Supersimmetria, che prende in considerazione molte strane particelle non previste, compresi diversi tipi di bosoni di Higgs. Ogni volta che sentiremo parlare di un picco non atteso presso un acceleratore di particelle, potrebbe trattarsi di un nuovo primo indizio.

La supersimmetria

Un altro programma teorico con molti aspetti interessanti è chiamato supersimmetria e potrebbe costituire un'alternativa al semplice meccanismo di Higgs per spiegare l'origine della massa. In un mondo supersimmetrico ogni particella, compreso il bosone di Higgs, ha un partner identico in tutto e per tutto, eccettuato nello spin. In questo mondo, a ogni fermione comune corrisponde un bosone supersimmetrico privo di spin; per esempio, l'elettrone e il quark, entrambi con spin 1/2, hanno come partner a spin nullo rispettivamente il selettrone e lo squark. Inoltre, a ogni bosone comune corrisponde un fermione supersimmetrico con spin 1/2; per esempio, il partner supersimmetrico del fotone con spin 1 è il fotino con spin 1/2, quello del gluone con spin 1 è il gluino con spin 1/2 e quello del bosone di Higgs con spin nullo è l'higgsino con spin 1/2.



Per ogni particella ordinaria esisterebbe una particella con spin che differisce di ±1/2. Ai fermioni ordinari, con spin semi-intero (pari cioè ad 1/2, 3/2,…) corrispondono quindi bosoni supersimmetrici con spin intero (pari cioè ad 0, 1, 2,…), mentre ai bosoni ordinari corrispondono fermioni supersimmetrici. Nello schema sono rappresentati, a sinistra, i costituenti della materia ordinaria (quark e leptoni), i mediatori delle interazioni forti (gluoni), elettromagnetiche (fotoni), deboli (W e Z) e gravitazionali (gravitoni) e la particella di Higgs, responsabile della massa di tutte le particelle. A destra, sono raffigurati i corrispondenti partner supersimmetrici: queste particelle non sono ancora state osservate sperimentalmente e si ritiene abbiano massa più elevata rispetto alle particelle standard.