

FISICA

Il bosone di Higgs, finalmente

Dopo trent'anni di ricerche, sembra che i fisici abbiano trovato la sfuggente particella, le cui caratteristiche fanno pensare a una nuova era per la fisica

*di Guido Tonelli, Sau Lan Wu
e Michael Riordan*

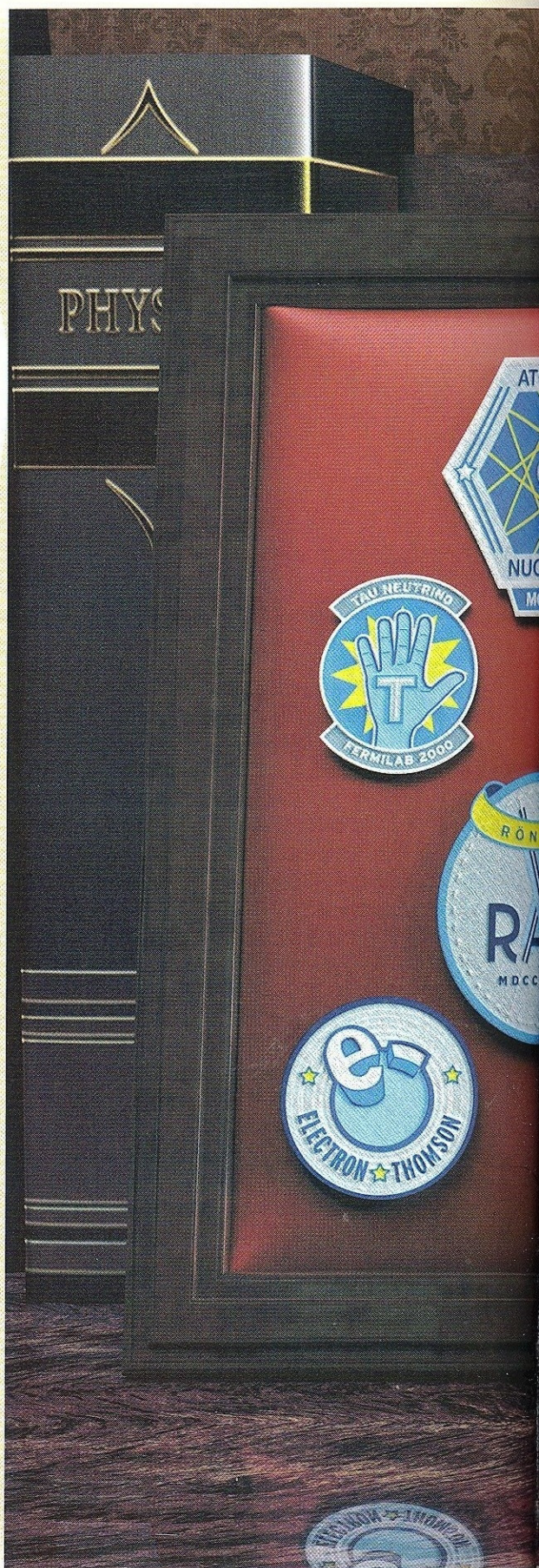
IN BREVE

Il bosone di Higgs, l'ultimo tassello mancante del modello standard della fisica delle particelle, è sfuggito per decenni ai tentativi sempre più elaborati dei fisici di individuarne la presenza.

Alla fine del 2011 due giganteschi esperimenti del Large Hadron Collider del CERN avevano rilevato indizi del bosone di Higgs. I fisici speravano che la serie di misurazioni della primavera 2012, in caso di successo, avrebbe fornito informazioni sufficienti per proclamare la scoperta.

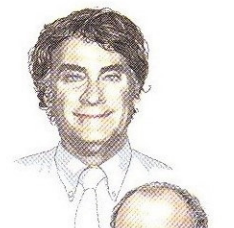
I fisici avevano nascosto i dati della primavera anche a se stessi, effettuando analisi alla «cieca» per non introdurre involontariamente interpretazioni personali. A metà giugno hanno dato uno sguardo alle nuove prove.

La particella «di tipo Higgs» emersa ha molte delle proprietà cercate. Ha tuttavia anche riservato alcune prime sorprese che possono indicare la via per la fisica del futuro.





Michael Riordan è storico della scienza e autore di numerosi libri, tra cui *The Hunting of the Quark* (Simon & Schuster, 1987). Sta scrivendo la storia dello sfortunato Superconducting Super Collider.



Guido Tonelli è professore all'Università di Pisa e ricercatore all'Istituto nazionale di fisica nucleare. Dal 1993 lavora all'esperimento CMS del CERN e ne è stato portavoce tra il 2010 e il 2011.



Sau Lan Wu ha cercato il bosone di Higgs per oltre vent'anni, prima al LEP e dal 1993 come membro dell'esperimento ATLAS del CERN. È Enrico Fermi Distinguished Professor di fisica all'Università del Wisconsin a Madison.



Il 14 giugno 2012, a tarda sera,

gruppi di dottorandi e giovani ricercatori che lavoravano al Large Hadron Collider avevano appena aperto i *file* con i nuovi dati. Il gigantesco macchinario del CERN, il laboratorio dedicato alla fisica delle particelle situato vicino a Ginevra, aveva generato enormi quantità di dati nei mesi successivi al suo risveglio, dopo un inverno trascorso a dormire. Ma i fisici, oltre 6000, che lavorano ai due maggiori esperimenti di LHC, per evitare di alterare in un qualunque modo l'imparzialità delle analisi, si erano accordati per svolgere una cosiddetta «analisi alla cieca». L'accordo era di non guardare alla regione del segnale fino a metà giugno, quando i nuovi dati sarebbero stati analizzati in una frenetica notte di attività.

Molti degli scienziati più giovani avevano lavorato tutta la notte per estrarre segnali dai dati appena resi accessibili. Anche se LHC è un gigantesco collisore che alimenta quattro rivelatori, solo i due più grandi, ATLAS e CMS, hanno il compito di trovare il bosone di Higgs, la particella che si cerca da tempo e che completerebbe il modello standard della fisica delle particelle, la descrizione teorica del mondo subatomico. Ciascuno degli enormi rivelatori registra i frammenti subatomici emessi incessantemente dalle collisioni che avvengono al suo interno; una dettagliata analisi indipendente di queste particelle può rivelare nuovi e fugaci fenomeni, tra cui forse l'elusivo bosone di Higgs. I rivelatori devono però setacciare le tracce delle particelle e i depositi di energia mentre è in atto un continuo assedio da parte di particelle del fondo a bassa energia che minacciano di nascondere i segnali potenzialmente interessanti. È come bere acqua da un idrante cercando allo stesso tempo di estrarre minuscoli granelli d'oro con i denti.

Fortunatamente gli scienziati sapevano bene che cosa stavano cercando. Dopo la disastrosa partenza – nel 2008 una giunzione elettrica tra due magneti si era surriscaldata e fusa appena nove giorni dopo l'avvio della macchina, innescando potenti scariche elettriche che avevano bucato il contenitore, liberato tonnellate di elio e divelto dai loro supporti decine di costosi magneti superconduttori – LHC ha cominciato a raccogliere una gran quantità di dati nel corso del 2011, a sufficienza per cogliere un primo indizio di segnali dell'Higgs.

Dopo la conclusione di quella prima serie di raccolta dati a ottobre, per la prevista sospensione invernale, Fabiola Gianotti, portavoce di ATLAS, e uno di noi (Tonelli), all'epoca portavoce di CMS, tenevano uno speciale seminario congiunto di fronte a un pubblico che affollava l'auditorium principale del CERN. Entrambi i rivelatori, indipendentemente, avevano trovato interessanti accenni di picchi nei dati.

E la cosa più importante era che questi indizi sulla presenza del bosone di Higgs si avvaloravano a vicenda. Sia ATLAS sia CMS avevano osservato varie decine di eventi sopra il fondo atteso in cui due fotoni emergevano con un'energia congiunta vicina a 125 miliardi di elettronvolt, o 125 gigaelettronvolt (GeV). (Il gigaelettronvolt è l'unità di misura standard di massa ed energia della fisica delle particelle, molto vicina alla massa di un protone.) Se le collisioni tra protoni avevano generato bosoni di Higgs dalla vita molto breve, quei bosoni potevano essere decaduti in quei fotoni. Ciascun esperimento aveva scoperto anche alcuni eventi aggiuntivi in cui quattro leptoni carichi (elettroni o muoni) erano dotati di energie complessive simili e potevano essere il risultato di un bosone di Higgs (*si veda il box a p. 42*). Una simile concomitanza di segnali non aveva precedenti. Sugeriva che nei dati cominciava ad apparire qualcosa di reale.

Ciò nonostante, date le norme rigorose della fisica delle particelle, nessuno dei segnali osservati nel 2011 era forte a sufficienza da permettere di parlare di «scoperta». Spesso segnali come que-

sti nei dati si sono poi dimostrati effimeri, semplici fluttuazioni casuali. E i dati raccolti nel 2012, quando in 11 settimane si erano prodotte più collisioni tra protoni di tutte quelle del 2011, avrebbero potuto facilmente spazzare via i nascenti picchi nei dati, facendoli sparire nel rumore di fondo.

Ovviamente poteva accadere anche l'opposto. Se i segnali erano dovuti al bosone di Higgs e non erano solo un crudele scherzo della statistica, tutti i nuovi dati avrebbero offerto ai ricercatori l'opportunità di annunciare una scoperta ufficiale, ponendo fine a una ricerca durata decenni e aprendo una nuova era nella nostra comprensione della materia e dell'universo.

Una ricerca trentennale

Il bosone di Higgs non è mai stato una particella come le altre, è la pietra angolare del grandioso edificio intellettuale noto come modello standard, l'insieme di teorie collegate tra loro che costituisce la fisica delle particelle moderna. L'esistenza di questa particella è stata ipotizzata nel 1964 da Peter W. Higgs dell'Università di Edimburgo, come risultato di un sottile meccanismo – ideato indipendentemente da François Englert e Robert Brout a Bruxelles e da tre teorici a Londra – che conferisce la massa alle particelle elementari. Il bosone di Higgs è la manifestazione fisica di un fluido etereo (il campo di Higgs) che permea ogni angolo del cosmo e dota le particelle elementari delle rispettive masse. Con la scoperta dei quark e dei gluoni negli anni settanta e dei bosoni W e Z, dotati di massa e mediatori della forza nucleare debole, all'inizio degli anni ottanta, molti tasselli del modello standard erano andati al posto giusto.

Anche se i teorici affermavano che il bosone di Higgs – o qualcosa che gli somigliava – doveva esistere, non erano però in grado di prevederne la massa. Per questo e altri motivi i ricercatori avevano pochi indizi su dove cercarlo. Un primo candidato, la cui massa era circa nove volte quella del protone, comparve nel 1984 in una macchina da poco ristrutturata per collisioni a bassa energia tra elettroni e positroni, ad Amburgo, in Germania. Ma dopo un'ulteriore analisi i dati si rivelarono infondati.

La maggior parte dei teorici concordava sul fatto che la massa del bosone di Higgs dovesse essere da 10 a 100 volte maggiore. In questo caso la sua scoperta avrebbe richiesto un collisore di particelle molto più grande e capace di energie più elevate anche di quelle raggiunte dal Tevatron del Fermi National Laboratory, un collisore di protoni e antiprotoni di sei chilometri completato nel 1983. Quello stesso anno il CERN cominciò a costruire il collisore Large Electron Positron (LEP) da un miliardo di dollari, scavando una galleria circolare di 27 chilometri che attraversava quattro volte il confine tra Francia e Svizzera vicino a Ginevra. Anche se il LEP aveva altri importanti obiettivi, il bosone di Higgs era tra i primi della lista.

Alla fine degli anni ottanta negli Stati Uniti i fisici delle particelle, incoraggiati dall'Amministrazione Reagan a «pensare in grande», concepirono progetti per una macchina ancora più ambiziosa, del costo di diversi miliardi di dollari, il Superconducting Super Collider (SSC). Con un'energia delle collisioni protone-protone di 40.000 miliardi di elettronvolt (pari a 40 TeV, cioè 40.000

GeV), SSC era stato progettato per scoprire il bosone di Higgs anche se avesse avuto una massa vicina ai 1000 GeV.

Ma nel 1993, quando il costo previsto per SSC raddoppiò e raggiunse i 10 miliardi di dollari, il Parlamento votò per chiudere il progetto. Costernati, i cacciatori statunitensi del bosone di Higgs si rivolsero al Fermilab e al CERN per proseguire la ricerca. Le scoperte e le misure di precisione compiute dal LEP e dal Tevatron giunsero presto alla conclusione che il bosone di Higgs non avesse una massa superiore a 200 GeV, il che lo poneva potenzialmente entro la portata di questi collisori. In più di dieci anni di ricerche, però, i fisici non hanno trovato nessuna conferma solida della presenza del bosone di Higgs nei dati.

Durante le ultime raccolte dati con LEP, nell'estate del 2000, i fisici decisero di spingere l'energia delle collisioni oltre il valore di progetto. Fu allora che cominciarono ad apparire quelli che sembrarono i primi indizi del bosone di Higgs. A settembre, in due dei quattro esperimenti del LEP si osservò una manciata di eventi con un bosone Z e un'altra particella misteriosa che decadeva in due quark *bottom*: una particella che somigliava molto a un bosone

di Higgs da 115 GeV. Quell'autunno Luciano Maiani, allora direttore del CERN, concesse sei ulteriori settimane di vita alla macchina, ma in quell'arco di tempo i ricercatori riuscirono a osservare solo un ulteriore evento candidato. Non bastava. Dopo un acceso dibattito Maiani decise di spegnere il LEP e di avviare la prevista conversione in LHC, una macchina progettata per trovare il bosone di Higgs.

Sempre più vicini

LHC è il più spettacolare concentrato di alta tecnologia mai messo insieme. Costruito nella galleria originale del LEP da centinaia di fisici e ingegneri specializzati guidati da Lyndon Evans, direttore del progetto, usa assai poco del collisore precedente. Tra i suoi componenti principali ci sono più di 1200 magneti su-

perconduttori dipolari: cilindri lucidi lunghi 15 metri del valore di quasi un milione di dollari l'uno. Realizzati da aziende francesi, tedesche e italiane, sono probabilmente i componenti più sofisticati mai prodotti in grandi quantità; contengono i due tubi gemelli per i fasci circondati da bobine magnetiche in niobio-titanio immerse in elio liquido a 1,9 kelvin, ossia circa -271 gradi Celsius. All'interno, due fasci di protoni circolano in direzioni opposte a energie fino a 7 TeV e a velocità prossime a quelle della luce.

I fasci somigliano più a un laser a impulsi che alla luce di una torcia. Ciascuno è composto da quasi 1400 «pacchetti», contenenti fino a 150 miliardi di protoni ognuno: è all'incirca il numero delle stelle della Via lattea. Durante il normale funzionamento, ogni volta che due pacchetti si incrociano si verificano da 10 a 30 collisioni tra protoni. Il che corrisponde, però, a circa mezzo miliardo di collisioni al secondo.

Le collisioni tra protoni sono molto più caotiche delle collisioni elettrone-positrone. Richard Feynman, grande fisico del California Institute of Technology, paragonò questo procedimento a «far scontrare tra loro i bidoni della spazzatura», intendendo che ne viene fuori un gran quantità di roba inutilizzabile. I protoni sono oggetti composti formati da quark e gluoni; negli eventi più interessanti, due gluoni collidono a energie superiori a 100 GeV, e occasionalmente fino a 1 TeV. I fisici, assistiti da sofisticati rivelatori,

**Le conversazioni
a bassa voce
facevano pensare
che stesse
covando qualcosa
di grosso. La
pressione perché
si comunicasse il
tutto al mondo
aumentava**

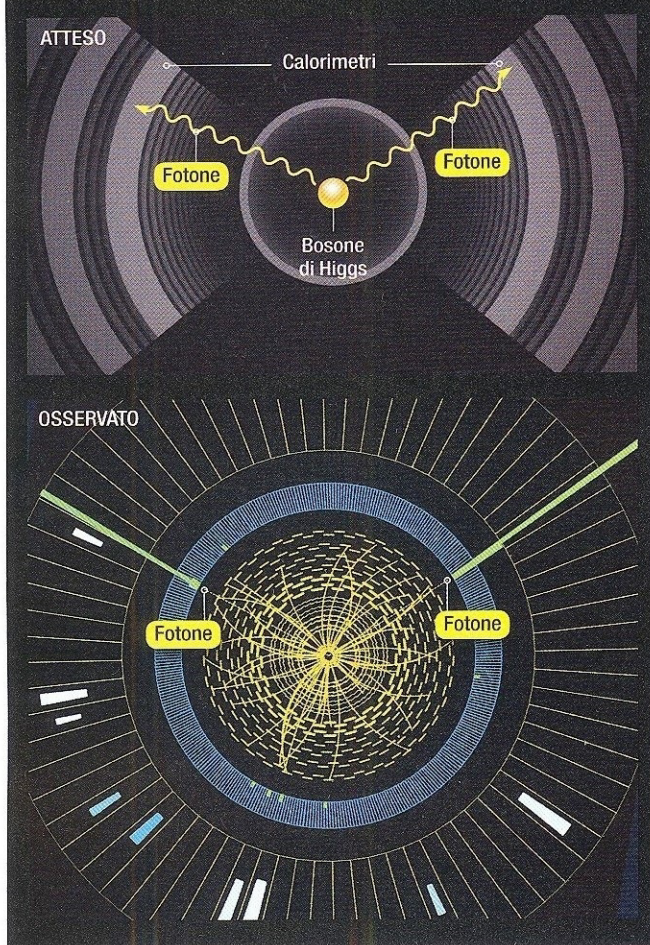
Le rare e delicate impronte del bosone di Higgs

Il bosone di Higgs è una particella estremamente instabile, e decade rapidamente in numerosi processi diversi, o «canali». Purtroppo molti canali sono indistinguibili dal frastuono dei normali eventi di fondo provocati ogni se-

condo da 500 milioni di collisioni protone-protone. I rivelatori ATLAS e CMS del Large Hadron Collider sono stati progettati per individuare gli occasionali eventi che potrebbero arrivare dal decadimento del bosone di Higgs e per

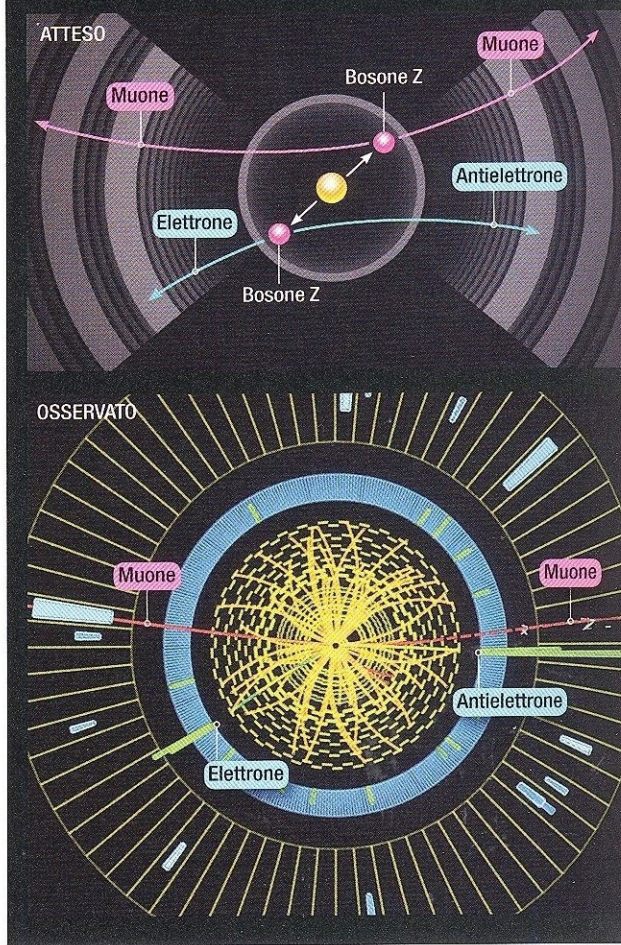
Fotoni

Ogni rivelatore include diversi calorimetri, dispositivi che misurano l'energia delle particelle. Il calorimetro più interno è particolarmente sensibile ai fotoni. Questi vengono assorbiti nel calorimetro e generano piccoli segnali elettrici. Se un bosone di Higgs decade in due fotoni, il rivelatore può misurare la loro energia complessiva con accuratezza estremamente elevata, il che aiuta a ricostruire in modo preciso la massa della particella trovata.



Bosoni Z

Il bosone di Higgs può decadere in una coppia di bosoni Z, ciascuno dei quali può decadere in un elettrone accoppiato con un antielettrone o in due muoni. Un tracciatore e un calorimetro interni misurano gli elettroni, mentre i muoni volano via lasciando tracce del loro passaggio simili a impronte. Gli elevati campi magnetici curvano la traiettoria di elettroni e muoni, permettendo una misurazione ad alta risoluzione della loro energia e della massa originaria del bosone di Higgs.



strumenti elettronici costruiti appositamente e computer all'avanguardia, cercano di identificare i pochi eventi corrispondenti a fenomeni fisici interessanti tra i miliardi di eventi privi di interesse.

Gli esperimenti ATLAS e CMS non possono osservare direttamente un bosone di Higgs: decadrebbe troppo rapidamente in altre particelle. Cercano prove del fatto che sia stato generato al loro interno. A seconda della massa del bosone di Higgs, esso può decadere in particelle più leggere in diversi modi (si veda il box in queste pagine). Nel 2011 l'attenzione cominciò a concentrarsi sui rari decadimenti in due fotoni e quattro leptoni carichi, perché questi

segnali sarebbero risaltati distintamente rispetto all'immane rumore di fondo che può facilmente annegare un segnale Higgs.

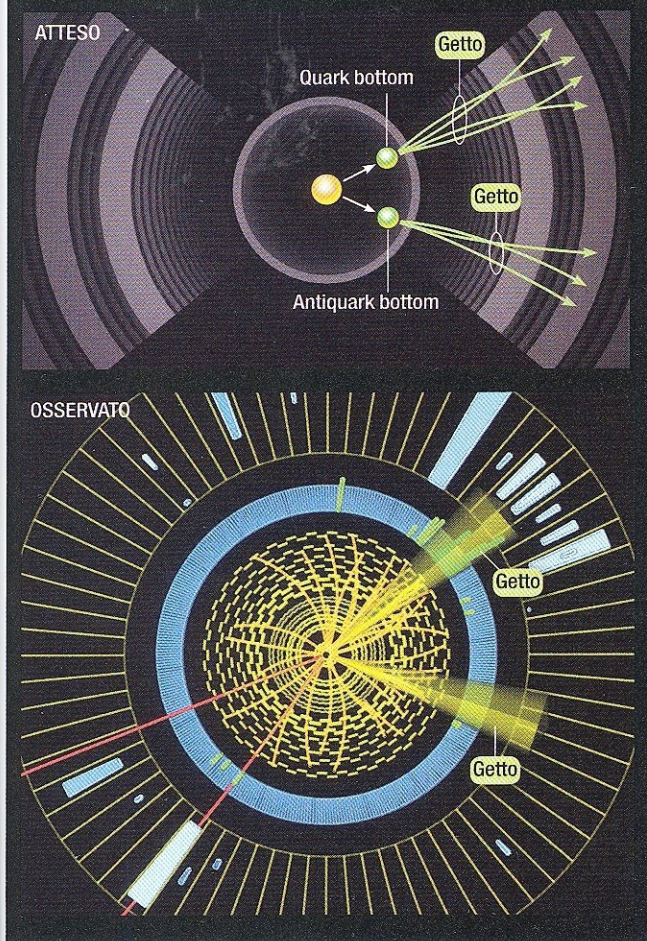
Il ritardo di un anno provocato dal disastro dei magneti del 2008 ha dato ai fisici del Fermilab un'ultima possibilità di scoprire il bosone di Higgs. Appena prima del previsto spegnimento del Tevatron nel settembre 2011, gli esperimenti CDF e D-Zero del collisore riferirono di piccoli eccessi di eventi in cui comparivano coppie di quark bottom con energie combinate tra 125 e 155 GeV. Ma, come in occasione della chiusura del LEP, i ricercatori non riuscirono a convincere il direttore del laboratorio a concedere un rinvio, e di lì

buttare via molto di quello che resta. Le illustrazioni in queste due pagine mostrano quattro dei più importanti canali di decadimento usati per cercare il bosone di Higgs, insieme con immagini degli effettivi segnali di tipo bosone-

ne di Higgs osservati nel 2011 e 2012 dal rivelatore CMS. (Dato che questa scoperta è di natura statistica, nessun singolo evento può essere usato come prova definitiva.)

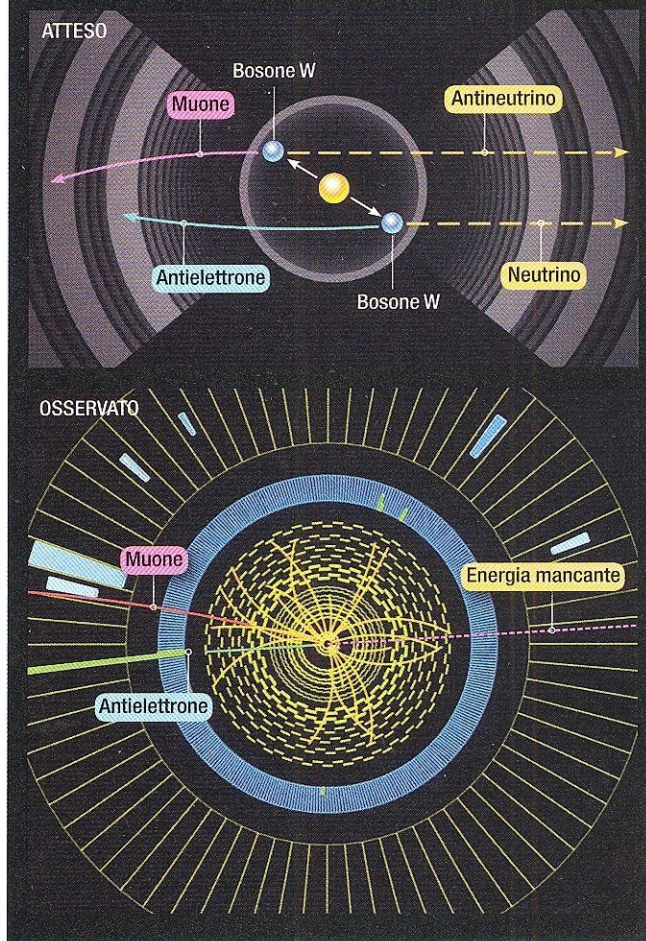
Quark bottom

Il bosone di Higgs può anche decadere in un quark bottom e la sua antiparticella, ognuno dei quali decade rapidamente in un «getto» di particelle secondarie dette adroni (particelle composite fatte di quark). Questi adroni attraversano il calorimetro e depositano la propria energia nei calorimetri esterni. Purtroppo anche molte collisioni ordinarie generano getti di adroni da quark bottom, il che rende difficile separare questi eventi Higgs dal fondo.



Bosoni W

L'Higgs può decadere anche in due bosoni W, ognuno dei quali decade in un elettrone, antielettrone o muone, più un neutrino o un antineutrino. I neutrini sono quasi impossibili da rivelare e volano via dal rivelatore come se non ci fossero stati, portandosi via anche parte dell'energia dell'evento. I ricercatori usano questa energia mancante per dedurre la loro presenza, ma questo fatto impedisce anche di ricostruire con accuratezza la massa dell'Higgs.



a poco il Tevatron fu spento (si veda *Aspettando il bosone di Higgs* di Tim Folger, in «Le Scienze» n. 520, dicembre 2011). (A marzo di quest'anno, dopo il primo seminario al CERN, gli stessi fisici hanno annunciato un'analisi più dettagliata che mostra anche per loro un eccesso di eventi attorno a 125 GeV.)

Superare il confine

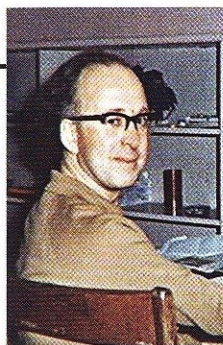
Nel maggio 2012 LHC stava producendo dati a una velocità 15 volte maggiore di quanto avesse mai fatto il Tevatron, grazie agli sforzi dei fisici e dei tecnici dell'acceleratore, guidati da Stephen

Myers. Questa presa dati si può considerare il culmine di vent'anni di lavoro di migliaia di fisici di ATLAS e CMS che hanno costruito e ora fanno funzionare i rivelatori, hanno progettato e gestiscono un sistema informatico che distribuisce i dati in tutto il mondo, hanno creato nuovi apparati e programmi per identificare le collisioni più interessanti e hanno scritto gli algoritmi che le estraggono dall'enorme quantità di dati registrati. Tutti hanno lavorato febbrilmente con il sogno di arrivare a una scoperta.

Così, quando a metà giugno i ricercatori hanno cominciato a guardare ai dati avevano fiumi di eventi da vagliare. Dopo il loro

Cinquant'anni di Higgs

La recente scoperta del bosone di Higgs segna il culmine di una ricerca durata decenni. Negli anni precedenti la messa a punto del modello standard della fisica delle particelle, i ricercatori avevano capito che non avevano una spiegazione del perché le particelle fossero dotate di massa. Una serie di scoperte teoriche aveva suggerito che un nuovo tipo di campo, oggi chiamato campo di Higgs, potesse rallentare le particelle e dare loro una certa inerzia. Questo campo doveva avere una particella corrispondente, e così partì la ricerca del bosone di Higgs.


Agosto 1964
GLI ARTICOLI

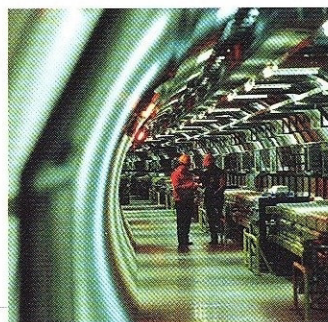
François Englert e Robert Brout pubblicano il primo di tre articoli in cui si propone una particella e un meccanismo a cui saranno poi attribuiti il nome di Peter W. Higgs (a sinistra), autore del secondo articolo, che viene pubblicato due mesi dopo. A novembre Gerald Guralnik, Carl Hagen e Tom Kibble pubblicano il terzo articolo.


Gennaio 1983
SCOPERTO IL BOSONE W

Si scopre uno degli ultimi tasselli mancanti del modello standard: un esperimento al Super Proton Synchrotron del CERN, vicino Ginevra, individua per la prima volta il bosone W.

Agosto 1979
SCOPERTO IL GLUONE

Per la prima volta, al laboratorio DESY di Amburgo, gli scienziati osservano il gluone, la particella responsabile delle forze nucleari. I teorici calcolano che la fusione di gluoni genererà più bosoni di Higgs di qualsiasi altro processo.


Agosto 1989
È ATTIVO UN NUOVO COLLISORE

Per catturare prede più grosse, il CERN costruisce il collisore Large Electron Positron (LEP), all'interno di una galleria circolare lunga 27 chilometri.

lavoro notturno, i dottorandi e i post-doc erano ansiosi di mostrare agli altri che cosa era emerso.

Era un pomeriggio caldo quello del 15 giugno, quando i fisici di CMS hanno cominciato ad arrivare nella sala 222 chiamata «impianto di filtrazione» per ascoltare il resoconto dei giovani fisici. La sala si era riempita subito con centinaia di membri della collaborazione, su un totale di circa 3000, molti dei quali in piedi o seduti a terra. La notte prima ben pochi avevano dormito. Nella sala la tensione e l'emozione erano palpabili.

Il primo a parlare descrisse un possibile «canale» di decadimento del bosone di Higgs in coppie di bosoni W. Nella parte inferiore dell'intervallo di masse più interessante era apparso un piccolo eccesso di eventi, ma il debole segnale non generò molto entusiasmo. Le presentazioni relative ai rari decadimenti in quattro leptoni e due fotoni si susseguirono. Adesso sembrava veramente che, dopo tanta attesa, stesse aparendo un bosone di Higgs. I segnali dei dati del 2012 comparivano di nuovo nella stessa zona – vicino a 125 GeV – che aveva tanto fatto sperare i ricercatori sei mesi prima. Gli scienziati capirono quasi subito che, unendo i nuovi dati ai risultati del 2011, c'erano buone probabilità che CMS potesse affermare di aver scoperto il bosone di Higgs. Alla fine delle due presentazioni principali l'uditorio era entusiasta.

Analoghe rivelazioni si ebbero per l'esperimento ATLAS. Mentre esaminavano i nuovi dati, molti gruppi esplodevano in festeggiamenti spontanei. Eppure ci volle più di una settimana di lunghe giornate di lavoro e notti insonni prima che questi fisici fossero certi di poter concludere che la probabilità che questi eventi fossero dovuti a fluttuazioni casuali fosse minore di una su tre milioni, corrispondente al severo standard dei «5 sigma» a cui si attengono i fisici delle particelle per confermare una scoperta. Il momento del riconoscimento fu accolto da applausi fragorosi e grida di gioia.

A quel punto erano trapelate voci di una scoperta. In tutto il mondo l'interesse era cresciuto a un livello tale che si fu attentissimi alla segretezza. Non dovevano sfuggire informazioni prima della comunicazione ufficiale, anche perché l'esatto contenuto dei documenti in pre-

parazione poteva cambiare in ogni momento. I membri di ATLAS non dovevano parlare dei risultati recenti con i fisici di CMS e viceversa. I singoli fisici, però, non riuscivano a non commentare la notizia che molti aspettavano da anni. Le conversazioni a bassa voce in bar e corridoi del CERN facevano pensare che stesse covando qualcosa di grosso. La pressione perché si comunicasse il tutto al mondo aumentava.

Il direttore del CERN, Rolf-Dieter Heuer, poté dare per primo un'occhiata ai risultati il 22 giugno, durante un incontro con Gianotti e il nuovo portavoce di CMS, Joseph Incandela dell'Università della California a Santa Barbara, il successore di Tonelli. Heuer decise che le prove erano abbastanza solide da poterle rendere pubbliche. Informò subito il Consiglio del CERN (l'organo di governo del laboratorio) per tenerlo aggiornato sui più recenti sviluppi. Poi decise di tenere un secondo seminario speciale il 4 luglio al CERN, organizzato in modo che coincidesse con l'apertura della XXXVI Conferenza internazionale sulla fisica delle alte energie a Melbourne, in Australia, e seguito da una conferenza stampa del CERN.

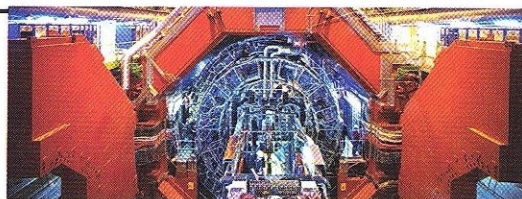
La notte prima del seminario centinaia di fisici si accamparono, sonnecchiando, nei corridoi fuori dalle porte chiuse dell'auditorium principale, sperando in uno dei posti ancora non riservati. Myers, Evans e quattro ex direttori del CERN, che avevano lavorato all'LHC fin dalla sua concezione, erano seduti in prima fila. Peter Higgs entrò in sala, giunto da poco in aereo a Ginevra, accolto da un caloroso e prolungato applauso, e si sedette accanto a Englert.

Incandela e poi Gianotti mostrarono una gran quantità di risultati sui nuovi dati, per lo più sulle misure del 2012. Come a dicembre, i grafici dei dati relativi ai due fotoni rivelarono picchi netti tra 125 e 126 GeV. E questa volta gli esperimenti avevano più di una dozzina di ulteriori eventi in cui una particella pesante era esplosa in quattro leptoni carichi a 125 GeV. Anche in quel canale avevano cominciato a formarsi chiari picchi.

Questi dati furono decisivi. Unendo questo risultato con quello relativo ai due fotoni, CMS e ATLAS conclusero indipendentemente che le probabilità che l'apparizione fosse accidentale, dovuta cioè a fluttuazioni casuali, era inferiore a una su tre milioni.

2 novembre 2000
LA FINE DI UN'ERA

Il collisore LEP chiude per permettere l'inizio della costruzione del Large Hadron Collider (LHC), la macchina che avrebbe trovato il bosone di Higgs.



10 settembre 2008
TUTTO PRONTO

Il primo fascio di protoni percorre LHC, appena completato.

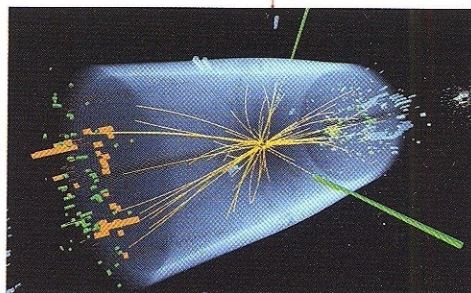
19 settembre 2008
SI ABBATTE IL DISASTRO

Dopo che una giunzione elettrica tra due magneti si surriscalda e fonde, una potente scarica colpisce il contenitore di un magnete e libera tonnellate di elio liquido. Più di 50 magneti sono divelti dai supporti o danneggiati in altro modo.

Settembre 2000

ULTIMO TENTATIVO PER L'HIGGS

Gli scienziati del LEP rilevano indizi del bosone di Higgs proprio quando è previsto lo spegnimento definitivo della macchina. Gli amministratori offrono un rinvio di sei settimane e spingono la macchina al di là dell'energia per cui è progettata, ma senza risultato. Ora sappiamo che in realtà il debole segnale non era l'Higgs: corrispondeva a una massa sbagliata.



4 luglio 2012
TROVATA UNA PARTICELLA DI TIPO HIGGS

Gli scienziati del CERN annunciano di aver scoperto una particella di tipo Higgs a circa 125 GeV.

Marissa Fessenden

Doveva essere reale. Quando la telecamera inquadrò Higgs, si vide che si stava asciugando gli occhi con un fazzoletto.

«Penso che ce l'abbiamo», esultò Heuer, concludendo il seminario tra applausi entusiastici. «Abbiamo una scoperta», proseguì, usando cautamente questa parola, finalmente. «Abbiamo osservato una nuova particella compatibile con il bosone di Higgs».

Una nuova era per la fisica?

Ormai pochi fisici dubitano che sia apparsa una nuova particella pesante. Ma che tipo di particella potrebbe essere precisamente? I fisici del CERN ne parlano con cautela, chiamandolo «bosone di tipo Higgs» e insistendo sulla necessità di nuovi dati per precisarne meglio le caratteristiche. Il CERN non ha ancora dimostrato in modo definitivo che la nuova particella abbia spin zero, come richiesto dal modello standard, anche se un confronto con gli ultimi dati del Tevatron (pubblicati il 2 luglio in un ovvio tentativo di catturare l'attenzione) suggeriscono di sì. Inoltre gli esperimenti stanno rilevando più eventi in due fotoni rispetto alle attese. C'è forse qualcosa che non va? O questo eccesso ci fa intravedere una nuova fisica?

Attualmente l'attenzione sperimentale e teorica è concentrata nel capire se la nuova particella sia veramente il bosone di Higgs previsto dal modello standard o no. Questo problema si può risolvere raccogliendo nuovi dati e misurando accuratamente come questa nuova particella decada in altre particelle. Le pubblicazioni ufficiali inviate a fine luglio a una rivista scientifica contengono ulteriori canali di decadimento e i risultati sono in accordo con il modello standard. CMS ribadisce la scoperta a 5 sigma, mentre il risultato di ATLAS è cresciuto ulteriormente. E una prima analisi dei dati congiunti di LHC e del Tevatron da parte dei teorici del CERN John Ellis e Tevong You ha mostrato che la nuova particella, per dirla con le loro parole, «cammina e schiamazza in modo molto simile a un bosone di Higgs».

Gli accoppiamenti della nuova particella con fotoni ad alta energia hanno stimolato notevole interesse. Dato che il campo di Higgs conferisce la massa alle particelle elementari, deve interagire

più intensamente con le particelle più pesanti. I fotoni non hanno massa, e quindi il bosone di Higgs li produce attraverso un meccanismo che coinvolge altre particelle dotate di massa. Ulteriori particelle pesanti (richieste dalla supersimmetria e da altre teorie) potrebbero contribuire al processo, come sembra stia accadendo in base ai primi dati. Se questa tendenza si mantenesse, suggerirebbe con forza una fisica oltre quella descritta dal modello standard (si veda *L'imminente rivoluzione della fisica delle particelle*, di Chris Quigg, in «Le Scienze» n. 476, aprile 2008).

La scoperta epocale di questa particella pone fine a una lunga era della fisica delle particelle e dà l'inizio a una nuova avvincente fase di studio dei fenomeni alla scala delle energie del TeV. Dopo decenni di quiete, questa disciplina è nuovamente rivitalizzata dall'interazione tra teoria ed esperimenti. Sono molte le domande che potrebbero trovare risposta nelle nuove ricerche su questa affascinante particella e sui suoi possibili partner. Ha un ruolo nel meccanismo dell'inflazione che è considerato la forza trainante delle origini dell'universo subito dopo il big bang? Interagisce con le particelle di materia oscura che si ritiene pervadano il cosmo? E quali meccanismi o processi, se esistono, proteggono il fragile vuoto dalle instabilità che potrebbero minacciare la nostra esistenza?

Mentre celebriamo il trionfo del modello standard, un Higgs così leggero potrebbe essere estremamente sensibile alla fisica oltre il modello standard. La particella ci offre un nuovo favoloso laboratorio per ulteriori esperimenti. Le sue proprietà sono esattamente quelle previste? Le apparenti discrepanze nei primi dati potrebbero essere fluttuazioni casuali che spariranno nei prossimi mesi. O forse ci offrono i primi intriganti indizi di una fisica del tutto nuova. ■

PER APPROFONDIRE

Il mistero della massa. Kane G., in «Le Scienze» n. 446, ottobre 2005.

L'imminente rivoluzione della fisica delle particelle. Quigg C., in «Le Scienze» n. 476, aprile 2008.

La macchina delle scoperte. Collins G.P., in «Le Scienze» n. 476, aprile 2008.

L'esperimento ATLAS: <http://atlas.ch>.

L'esperimento CMS: <http://cms.cern.ch>.