

## Il fantomatico Bosone di Higgs.

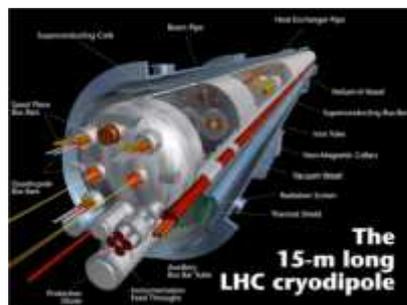
Il bosone di Higgs è noto al grande pubblico con la denominazione di "Particella di Dio", derivante dal titolo del libro divulgativo di fisica di Leon Lederman "The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?", pubblicato nel 1993. Tale titolo derivò da un cambiamento da parte dell'editore del soprannome di "Goddamn particle" (particella maledetta), originalmente scelto dall'autore in riferimento alla difficoltà della sua individuazione[21]. La successiva errata traduzione di "God particle" in "particella di Dio", in luogo di "particella Dio", ha aggiunto un'ulteriore storpiatura. Questa denominazione sembra che non sia condivisa da Higgs stesso, perchè potenzialmente offensiva per i credenti.

Forse è il caso comunque di fare un pò di chiarezza su questa fantomatica particella che sembra essere stata individuata nel corso del 2012 presso i laboratori del Cern di Ginevra dove attualmente opera il più grande acceleratore di particelle esistente al mondo. Il Large Hadron Collider (LHC) è un acceleratore di particelle costituito da un anello sotterraneo di 27 Km di circonferenza, costruito nel sottosuolo nei pressi di Ginevra, nel quale vengono immessi protoni che ruotano in senso opposto e poi vengono fatti scontrare per generare la più grossa quantità di energia mai raggiunta finora, dell'ordine dei Teraelettronvolt. ( $10^{12}$  eV).



I componenti più importanti dell'LHC sono gli oltre 1600 magneti superconduttori raffreddati alla temperatura di 1,9 K (-271,25 °C) da elio liquido superfluido che realizzano un intenso campo magnetico, necessario a mantenere in orbita i protoni all'energia prevista. Il sistema criogenico dell'LHC è il più grande che esista al mondo. I fasci di particelle sono fatti circolare con enormi magneti superconduttori, operanti quindi a bassissime temperature, prossime allo zero assoluto. E' stata questa una delle difficoltà tecniche più grandi e costose da superare. Dopo i primi esperimenti è stato proprio un guasto ad uno dei magneti superconduttori a costringere a sospendere i lavori e a riprogettare tutto il sistema per evitare il ripetersi di tali inconvenienti (Uno dei magneti non aveva raggiunto la temperatura giusta per la superconduzione e quando le correnti hanno cominciato a circolare l'effetto joule ha praticamente bruciato il

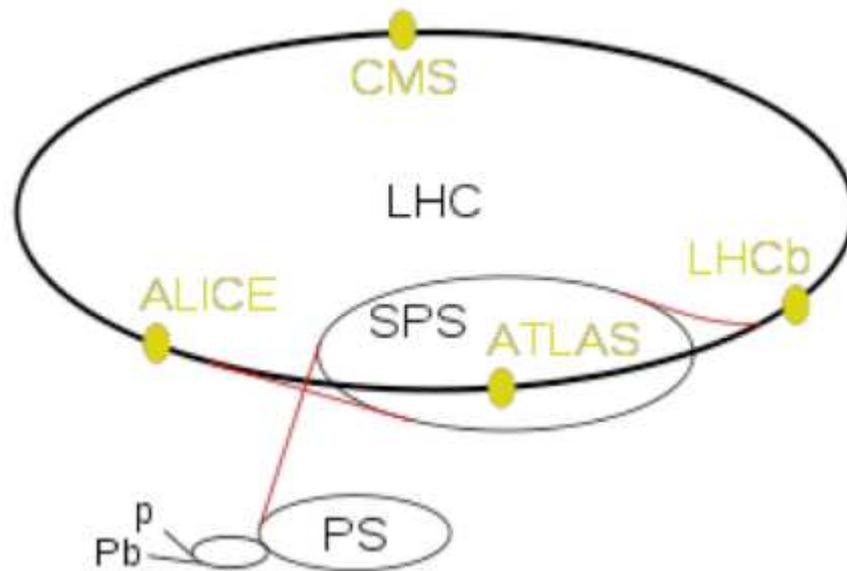
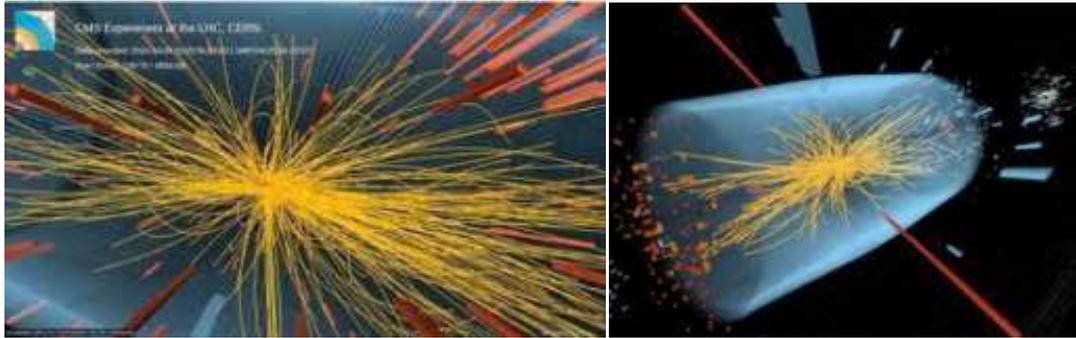
dispositivo. Si ricordi che l'effetto joule, cioè la trasformazione di energia meccanica in energia termica dovuta ad attriti, scompare quando si passa alla fase di superconduzione.). Le foto che seguono evidenziano dell'imponenza di tutto il sistema e le difficoltà tecniche che si sono dovute superare.



I protoni, attraverso vari stadi di accelerazione vengono portati fino ad una velocità pari a 99,9999991% di quella della luce. A questa velocità la massa relativa del protone, secondo la relazione della relatività speciale che lega il valore di una massa in moto rispetto ad un dato sistema di riferimento

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{C}\right)^2}}$$

diventa circa 7450 volte la sua massa a riposo. Scontrandosi con altri protoni accelerati alla stessa velocità e provenienti da direzione opposta, generano una quantità enorme di energia, dell'ordine dei Teraelettronvolt, appunto. E' da questa energia che scaturiscono miriadi di particelle, di masse diverse, secondo la notissima equazione di Einstein  $E= mc^2$ . E' proprio questa capacità di riuscire a generare enormi quantità di energia che rende l'LHC con tutto ciò che gli ruota attorno un centro di ricerca unico nel suo genere.



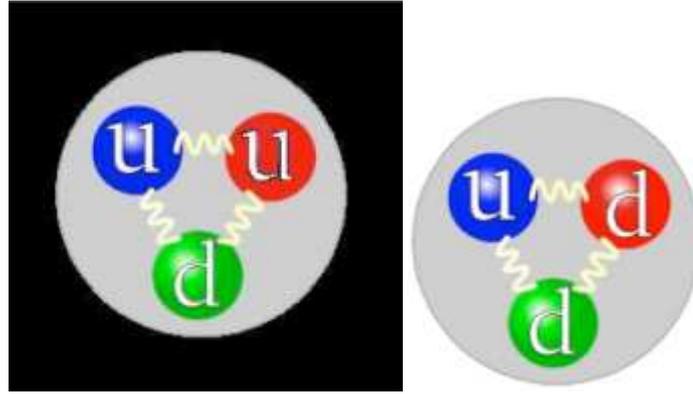
Lungo l'anello posto nel sottosuolo sono posizionati diversi rivelatori, per la precisione vi sono quattro stazioni per effettuare diversi esperimenti. In queste stazioni vi sono i quattro principali esperimenti di fisica delle particelle: **ATLAS** (**A Toroidal LHC ApparatuS**), **CMS** (**Compact Muon Solenoid**), **LHCb** ed **ALICE** (**A Large Ion Collider Experiment**). Si tratta di enormi apparati costituiti da numerosi rivelatori che utilizzano tecnologie diverse e opereranno intorno al punto in cui i fasci collidono. Nelle collisioni vengono prodotte, grazie alla trasformazione di una parte dell'altissima energia in massa, numerosissime particelle le cui proprietà sono misurate dai rivelatori.

Per tutti i ricercatori del mondo il laboratorio del Cern è una sorta di luogo magico dove ordinare qualunque tipo di particella esistente, stabile o instabile che sia; basta conoscere l'energia corrispondente alla sua massa. L'energia generata si trasforma in una miriade di particelle con masse diverse; basta andare a cercare nel range di energie che corrispondono alle masse generate. Ma andiamo per ordine.

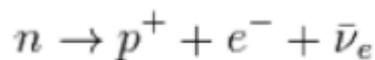
Una delle teorie fisiche attualmente più in voga, sottoposta a tantissime verifiche sperimentali che ne hanno finora confermato la validità, va sotto il nome di **modello standard**. Tale teoria prevede che tutte le particelle esistenti risultino costituite da 12 particelle elementari che, combinandosi in vari modi, letteralmente assemblano i vari tipi di particelle ed atomi che costituiscono tutto l'esistente. Queste particelle sono riportate nella tabella seguente.

		di fermioni			di gauge
		I	II	III	
massa→		2,4 MeV	1,27 GeV	171,2 GeV	0
carica→		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin→		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nome→		<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b><math>\gamma</math></b> fotone
	Quark	4,8 MeV $-\frac{1}{3}$ <b>d</b> down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ <b>s</b> strange	4,2 GeV $-\frac{1}{3}$ <b>b</b> bottom	0 0 <b>g</b> gluone
	Leptoni	<2,2 eV 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_e</math></b> neutrino elettronico	<0,17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino muonico	<15,5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino tauonico	91,2 GeV <sup>0</sup> 0 1 <b>Z</b> forza debole
		0,511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ <b>e</b> elettrone	105,7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ <b><math>\mu</math></b> muone	1,777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ <b><math>\tau</math></b> tauone	80,4 GeV = 1 1 <b><math>W^\pm</math></b> forza debole
					Bosoni (Forze)

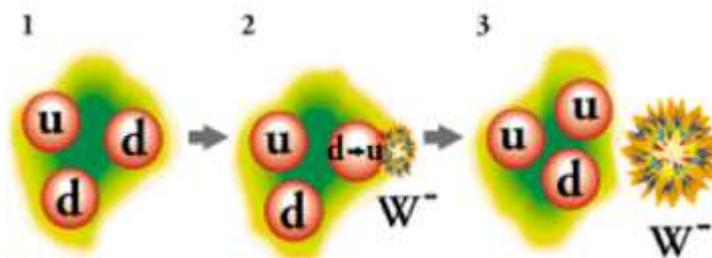
Esse sono 6 quarks (up, down charm, strange, topo e bottom sono solo caratteristiche intrinseche che permettono di distinguerle), e sei leptoni (elettrone e neutrino elettronici, il muone ed il neutrino muonico ed il mesone tau con il suo neutrino tauonico), ovviamente ognuna con le proprie antiparticelle. Ognuna di esse ha una carica elettrica ed uno spin che sono proprietà intrinseche di ognuna di esse. A queste dodici particelle sono solitamente affiancate quattro particelle di interazione, riportate nell'ultima colonna: il fotone, la particella Z<sup>0</sup> ed il bosone W<sup>±</sup>. Le particelle così suddivise sono ripartite in tre diverse famiglie. Nella prima colonna troviamo gli elementi costitutivi del mondo nel quale viviamo. È ben noto che tutto l'esistente è costituito da atomi e molecole. Nel nucleo degli atomi troviamo protoni e neutroni, e nelle orbite attorno ad esse troviamo gli elettroni. Per costruire protoni e neutroni sono necessari solo tre quarks di tipo up e down, cioè solo elementi appartenenti alla prima famiglia. Il protone dovrebbe essere stabile, ma questo verrebbe contestato da modelli più attuali che prevedono anche il decadimento del protone in elementi più semplici, ma per il momento lasciamo da parte questo dettaglio. Esso è costituito da due quarks up ed uno down. La carica complessiva è quindi  $\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = 1$  carica positiva.



Il neutrone invece è costituito da due quarks down e uno up. La sua carica complessiva è data da  $2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$  ed infatti il neutrone è neutro, come dice la parola stessa. Esso è stabile nello stato legato, cioè quando è all'interno del nucleo insieme ai protoni, mentre è instabile se lasciato libero. Questo processo di decadimento, previsto e teorizzato da Fermi, va sotto il nome di decadimento beta ed è responsabile delle reazioni nucleari che avvengono in certi nuclei di elementi pesanti (Uranio, Plutonio, Cesio, ecc. ecc.)



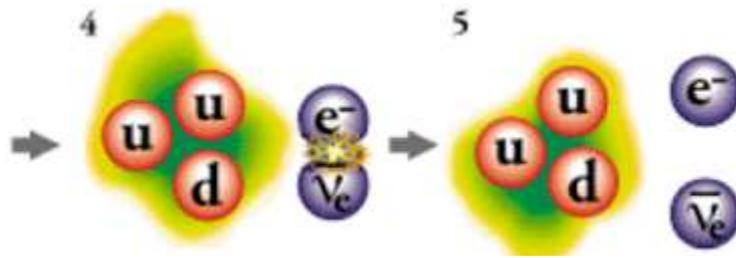
Secondo questo modello un neutrone, dopo un periodo di sopravvivenza di circa un quarto d'ora, decade in un protone, un elettrone ed un neutrino. L'elettrone emesso è la particella beta delle emissioni nucleari, ed essendo particolarmente energetica provoca alterazioni notevoli dei materiali biologici da essa attraversati, per il loro alto potere ionizzante; cosa che rende le radiazioni nucleari così nocive. Il modello standard così descrive questo decadimento.



1: Un neutrone (carica = 0). E' fatto da un quark up, e due down.

2: Uno dei quark down si trasforma in un quark up. Dato che il down ha carica  $-1/3$  e l'up  $2/3$ , per conservare la carica bisogna che il processo sia mediato da una particella  $W^-$  virtuale, che porti via una carica di  $-1$ .

3: Il neutrone così è diventato un protone. La  $W^-$  emessa si allontana.



4: Un elettrone e un antineutrino prendono vita dal bosone virtuale  $W^-$ .

5: Il protone, l'elettrone e l'antineutrino si allontanano l'uno dall'altro.

Le fasi intermedie di questo processo avvengono in meno di un milionesimo di milionesimo di secondo, e non sono osservabili.

Con le altre famiglie di particelle elementari si possono assemblare altri tipi di particelle, come le particelle  $K_0$  e altre particolarmente massive (barioni e iperoni), che però sono instabili, cioè hanno una esistenza limitata nel tempo e dopo che sono state create decadono, trasformandosi in altre particelle e perdendo la loro identità, in particelle più semplici appartenenti alla prima famiglia. Una prima domanda che questa tabella ci propone è la seguente: perchè dodici particelle? Per il mondo nel quale viviamo basterebbero solo le quattro particelle della prima famiglia, cioè quelle della prima colonna. Sappiamo infatti che tutto ciò che esiste è costituito da atomi (protoni, neutroni ed elettroni) e molecole che sono aggregati di atomi. Visto che le altre famiglie generano particelle instabili, a che servono? E ancora: esistono altre particelle cosiddette elementari? Nessuno finora è stato in grado di dare una risposta a queste domande. Qual'è la potenza del modello standard allora? La sua potenza sta nel fatto di aver giustificato molte delle evidenze sperimentali riscontrate e che non avevano alcuna giustificazione teorica in base alle conoscenze precedenti. Naturalmente come tutte le teorie scientifiche quello standard è solo un modello di teoria che funziona fintanto che riesce a giustificare i risultati sperimentali o a prevedere risultati che poi si verificano effettivamente.

Una piccola puntualizzazione per quanto riguarda i quarks. Per anni si è cercato di ottenere un quark isolato senza riuscirci. Per qualche ragione sconosciuta i quark sono confinati all'interno delle particelle sempre in triplette o a coppie di quark-antiquark, senza alcuna possibilità di separarle. Secondo la teoria la forza cresce con l'aumento della distanza tra i quark, contrariamente quanto succede normalmente, rendendone impossibile la separazione. Gli scienziati si sono in qualche modo messi l'anima in pace con la teoria che va sotto il nome di cromodinamica quantistica che risolve il problema del confinamento dei quark affermando che possono esistere solo combinazioni di quark cromaticamente bianche. Si è assegnata ad ogni quark una carica di colore e in accordo a quanto si fa nell'ottica si sono assegnate ad esse le denominazioni dei colori base RGB (red, green, blue) combinando opportunamente i quali è possibile ottenere qualsiasi altro colore in natura. I tre colori insieme in quantità uguali, generano il colore bianco e quindi sono possibili solo combinazioni che generano colore bianco. Esistono quark rossi e quark antirossi, che sono le loro antiparticelle; così come esistono quark verdi e antiverdi, e quark blu e antiblu. Le antiparticelle corrispondono alla mancanza del colore corrispondente. Le combinazioni varie dei quark generano solo 8 possibili combinazioni, secondo anche altre considerazioni legate a simmetrie, e sono quelle corrispondenti alle particelle esistenti

in natura. Se osservate la combinazione di quark che formano il protone ad esempio vedete che ci sono tre quark con carica di colore rossa, verde e blu, così come per il neutrone.

Uno dei successi più grandi del modello standard è stato quello della unificazione delle forze elettromagnetiche, responsabili della forza di attrazione e repulsione fra cariche, con quelle di tipo debole responsabili ad esempio del decadimento beta. Nell'ultima colonna della tabella relativa alle famiglie di particelle elementari è riportata quella dei bosoni di gauge. Secondo il modello standard ogni tipo di forza si realizza tramite lo scambio di bosoni di gauge. Ricordiamo che in natura, almeno per quanto se ne conosce finora, esistono solo quattro tipi di forze. Le forze nucleari forti, le forze nucleari deboli, le forze elettromagnetiche e le forze gravitazionali. Le forze nucleari forti avvengono tramite lo scambio di particelle chiamate gluoni (dall'inglese glue che vuol dire colla). E' la forza che tiene insieme i neutroni e protoni all'interno del nucleo; il raggio di azione di questa forza è particolarmente corto, dell'ordine di  $10^{-15}$  m. Le forze nucleari deboli, quelle ad esempio responsabili del legame tra protone elettrone e neutrino a formare il neutrone, avvengono tramite lo scambio dei bosoni  $Z^0$ ,  $W^+$  e  $W^-$ , il cui raggio di azione è ancora più breve, di circa  $10^{-16}$  m. Queste particelle sono state teorizzate da Steven Weinberg e Abdus Salam nel 1967 e trovate sperimentalmente a Ginevra da Carlo Rubbia nel 1983. Le forze elettromagnetiche responsabili dell'attrazione o della repulsione fra particelle cariche che avvengono tramite lo scambio di fotoni, particelle senza massa che quindi possono viaggiare solo alla velocità della luce, con raggio di azione infinito. E infine le forze gravitazionali, le più deboli per intensità rispetto alle altre, che dovrebbero avvenire tramite lo scambio dei gravitoni; queste particelle però non hanno ancora avuto nessuna conferma sperimentale, per quanto si stiano svolgendo diversi esperimenti a tal proposito. Anche il raggio di azione delle forze gravitazionali dovrebbe essere infinito.

I Bosoni di gauge sono particelle "Virtuali" non nel senso che non esistono, ma nel senso che non possiamo vederle, a meno di rifornire la natura di energia sufficiente a crearle, a seconda della loro massa, ristabilendo l'equilibrio interno.

Allora le vedremo spuntare magicamente, così come ha fatto appunto Carlo Rubbia nel suo esperimento realizzato al Large Hadron Collider. La difficoltà sta nel fatto che per far uscire fuori dal cilindro magico dell'acceleratore le particelle in questione  $Z^0$ ,  $W^+$  e  $W^-$  sono state necessarie energie ottenibili solo con tecnologie recenti (Circa 80 e 90 GeV). C'è poi un altro problema: queste particelle non sono direttamente osservabili ma sono osservabili gli effetti del loro decadimento ed è appunto quello che è stato fatto tramite l'esame di sofisticatissimi rivelatori di particelle. Ebbene la teoria dell'interazione "Elettrodebole" ha portato alla conclusione che le forze elettromagnetiche e nucleari deboli, hanno la stessa origine, cioè son un'unica cosa che si manifesta in modo diverso. Per arrivare a questa conclusione, però, bisogna ipotizzare che sia i fotoni che i bosoni  $Z^0$ ,  $W^+$  e  $W^-$ , non abbiano massa, altrimenti le equazioni porterebbero a risultati in netto contrasto con tutte le evidenze sperimentali verificate con grande esattezza finora. (Per fare un esempio la costante  $g$  di Landau è stata misurata con una precisione fino all'ottava cifra decimale) Questo fa supporre che esista una simmetria fra le varie forze che viene chiamata invarianza di gauge. Eppure noi sappiamo che i bosoni appena citati hanno una massa di circa 90 volte quella del protone. Come è possibile tutto questo? Weinberg e Salam hanno teorizzato che i bosoni intermedi si generano attraverso un meccanismo di rottura dell'invarianza di gauge, cioè della simmetria globale, chiamata rottura della simmetria locale. Non è possibile inserire nella lagrangiana

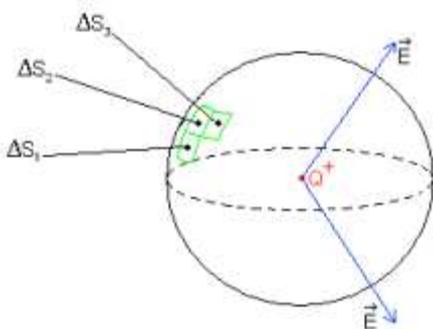
esplicitamente la massa, altrimenti le stesse equazioni violerebbero l'invarianza di gauge, cioè il fatto che le equazioni devono essere valide in qualunque condizione ed in qualsiasi sistema di riferimento. La massa verrebbe creata da un procedimento di rottura spontanea della simmetria di gauge, che deriverebbe dal fatto che lo stato di minima energia non sarebbe simmetrico rispetto a certe operazioni di rotazione.

Provate ad immaginare uno stadio con le tribune perfettamente circolari. Tutti i punti sono perfettamente simmetrici rispetto al centro. All'improvviso qualcuno comincia a fare la ola. E' evidente che la ola si propagherà in un'unica direzione che sarà quella scelta dai primi spettatori che alzano le braccia, in verso orario o antiorario. Ebbene la ola sarà una manifestazione della rottura della simmetria. Allo stesso modo i bosoni nascono da una rottura di simmetria che di solito viene indicata come una rottura di simmetria a sombrero. Immaginate un sombrero messicano con un ponpon sulla cima dello stesso, perfettamente al centro. Se il ponpon rotola sulle falde, diminuendo la sua energia potenziale, ecco che la simmetria si rompe ed il ponpon manifesta la sua presenza. E' quello che succede da un punto di vista matematico mediante la rottura della simmetria circolare. Ma se questo giustifica la nascita, o meglio il manifestarsi, dei bosoni di gauge, chi gli fornisce la massa?

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i \bar{\psi} \not{D} \psi + hc \\ & + \psi_i y_{ij} \psi_j \phi + hc \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi) \end{aligned}$$

Potrebbe sembrare una cosa del tutto assurda pensare che la semplice simmetria, anche se solo matematica, oltre che geometrica, possano comportare delle conseguenze a livello di effetti fisici. In realtà non è una novità che la simmetria di un sistema abbia conseguenze sugli effetti delle forze, anche nella fisica classica.

In particolare quando si applica il teorema di Gauss per calcolare il valore del campo elettrico a seconda della distanza da una carica o da una distribuzione di cariche, si trova che una carica singola (simmetria sferica) genera un campo elettrico che decresce in modo proporzionale al quadrato delle distanza.



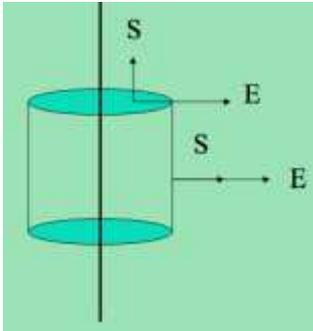
Il flusso in questo caso è espresso da  $\Phi = E * 4 \pi r^2$ , considerando che E è costante su tutta la superficie

sferica. Dal teorema di Gauss si ha allora che:

$$E * 4 \pi r^2 = Q / \epsilon_0$$

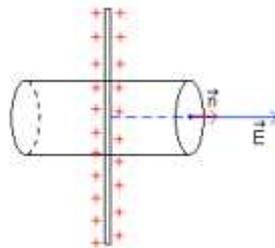
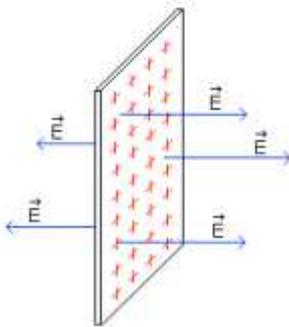
$$\text{Da cui } E = (1 / 4 \pi \epsilon_0) * Q / r^2$$

Se consideriamo una distribuzione di cariche lineare, un filo carico infinitamente lungo (simmetria cilindrica), si trova che il campo elettrico decresce in modo proporzionale alla distanza dal filo. Considerando  $\lambda$  come distribuzione di carica lineare, ed  $r$  come la distanza dal filo, si ha, in base alla figura seguente:



$$\Phi_S(E) = E * 2\pi r * l = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{\lambda * l}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

Infine se consideriamo una distribuzione di cariche uniforme su una superficie, un foglio carico (simmetria lineare perpendicolare al foglio del tipo destra-sinistra), il campo elettrico é costante e non dipende affatto dalla distanza.



Abbiamo infatti, considerando la seconda figura:

$$\Phi_S(E) = 2ES = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{\sigma S}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Abbiamo indicato con  $S$  la superficie di base del cilindretto e  $\sigma$  la densità superficiale della carica. Come si può vedere la distanza non compare nell'espressione di  $E$ .

Tornando al nostro problema possiamo affermare che tutta la teoria del modello standard è racchiusa nelle semplici formule riportate qui sopra che descrivono la Lagrangiana di qualunque sistema di particelle. In esse sono riportate tutte le conoscenze attuali sulle particelle elementari.

La prima riga descrive le quattro forze fondamentali della natura. La seconda descrive come queste forze agiscono fra le particelle fondamentali della materia (quark e leptoni), mentre la terza e quarta riga descrivono le interazioni con il bosone di Higgs, che sono proprio quelle che forniscono la massa alle particelle, qualunque esse siano. Per cercare di comprendere come il tutto funziona dobbiamo cambiare il nostro punto di vista in particolare per quanto riguarda quello che chiamiamo massa. Il nostro immaginario comune ci ha sempre portato a considerare la massa di ogni cosa come un qualcosa di intrinseco, collegato essenzialmente alla sua estensione spaziale. Quanto più è grande una cosa più pesa, come banalmente potremmo verificare in base alla nostra esperienza quotidiana. In realtà la teoria "Elettrodebole" ci costringe a riconsiderare quanto appena detto. Le forze elettromagnetiche ed elettrodeboli nascono entrambe come manifestazione

di scambio di particelle senza massa, solo che poi per qualche fenomeno strano (la rottura di particolari simmetrie) nascono particelle con massa anche considerevole. Da dove viene questa massa? E' qui che interviene la teoria elaborata dal fisico Peter Higgs racchiuse nella terza e quarta riga del modello sopra esposto.

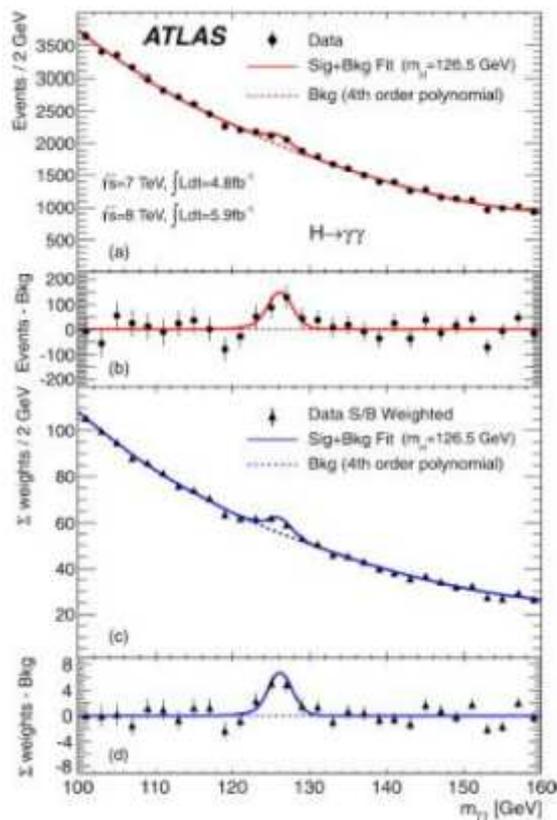
Non dobbiamo considerare la massa come qualcosa di effettivamente posseduto dalle particelle, ma solo come una difficoltà di movimento, che è poi essenzialmente quanto afferma il secondo principio di Newton. Higgs ci invita a pensare che tutto lo spazio sia permeato di un campo, cioè la manifestazione di un qualche effetto, nel quale si muovono tutte le particelle puntiformi prive di massa. Quello che differenzia le diverse particelle è il loro modo di interagire con questo campo. Immaginate di avere diverse barche che si muovono in un mezzo particolarmente denso e appiccicoso che abbiano degli scafi di diverso profilo e che interagiscono in modo differente con il mezzo circostante. Lo scafo che avesse un profilo tipo ago appuntito e che non rimanesse invischiato nel mezzo, probabilmente si muoverà con pochissimo attrito e basterà poco per farlo muovere. Uno scafo più tozzo avrà più difficoltà a muoversi rimanendo invischiato in questa sorta di melassa appiccicosa, riscontrando molta difficoltà a muoversi. Chi rallenta il moto è l'interazione con il mezzo. E' la causa di questo rallentamento che chiamiamo "massa". Essendo una interazione con un campo, secondo la teoria, come succede in qualunque campo fisico, essa si manifesta con lo scambio di un qualcosa che è stato chiamato Bosone di Higgs, la particella di Dio che sarebbe quella responsabile della massa delle particelle, ma nel senso che ho appena spiegato e non in una proprietà intrinseca. Massa è quindi un diverso grado di interazione delle diverse particelle (tutte) con questo campo universale di Higgs, che viene in qualche modo a sostituire la vecchia concezione di etere. Questo fenomeno di interazione spiegherebbe anche come mai ci sia un legame così stretto fra massa dei bosoni di gauge ed il loro raggio di azione. La manifestazione di una forte interazione con il campo di Higgs, che equivale ad una grande massa, ne limita anche il raggio di azione. I fotoni, privi di massa, hanno infatti un raggio di azione infinito; i gluoni che hanno massa pari a circa 1/6 di quella del protone hanno un raggio di azione di circa 10 -15 m; i bosoni  $Z^0$ ,  $W^+$  e  $W^-$  responsabili della forza elettrodebole hanno una massa pari a circa 90 volte quella del protone ed un raggio di azione di circa 10 -16 m. I bosoni di Higgs, come manifestazione di interazione, sono essi stessi delle particelle dotate di massa; massa che essi acquistano interagendo con se stessi.

La massa teorica dei bosoni di Higgs è però di valore sconosciuto, ma comunque centinaia di volte più grande di quella dei protoni. Essendo particelle provviste di massa, secondo il meccanismo appena evidenziato, i bosoni di Higgs possono essere generati in laboratorio, ed è proprio quello che si è cercato di fare al Large Hadron Collider del CERN di Ginevra. Gli esperimenti condotti hanno escluso alcuni valori possibili per la massa di queste particelle restringendone il valore a due possibili intervalli energetici: uno fra 115 e 130 volte la massa del protone ed un altro intervallo superiore a 500 volte la massa del protone. E' evidente che solo con enormi quantità di energia, ottenibili solo a Ginevra, è possibile sperare di generare una tale particella, sempre che essa esista naturalmente. Attualmente l'energia raggiunta al LHC è di circa 8 TeV. Sono previste modifiche all'anello di accumulazione del LHC per far scontrare protoni con ioni di piombo, raddoppiando praticamente l'energia generata, portandola a circa 15 TeV.

Il problema più grande però è rivelare esattamente la presenza di una tale particella, cosa particolarmente difficile. Come tutte le altre particelle non appartenenti alla prima famiglia

del modello standard, anche i bosoni decadono in altre particelle fondamentali, ed è osservando i prodotti del suo decadimento che si può essere certi della sua presenza. Ma qui nascono ulteriori problemi che mettono in evidenza la difficoltà del suo rilevamento. I canali di decadimento potrebbero essere diversi e c'è l'ulteriore difficoltà di distinguere i prodotti del decadimento dei bosoni di Higgs da quelli di altre particelle. La differenza fra modello teorico con Higgs e senza Higgs, è piccolissima e prevede che l'esistenza dei bosoni di Higgs debba far crescere di una piccola percentuale il numero di particelle di fondo, generate cioè da tutti gli altri tipi di interazione.

La comunicazione della scoperta del bosone di Higgs è stata fatta basandosi essenzialmente su dati statistici ed è proprio questo aspetto che contestano quanti sono scettici sull'esistenza del bosone di Higgs.



Nella figura che vedete sopra sono riportati i risultati ottenuti sperimentalmente che farebbero pensare alla esistenza di qualcosa con massa pari a 126 GeV circa, rivelata alla generazione di prodotti di decadimento in questo intervallo energetico, consistente in generazione di coppie di fotoni. la riga piena rappresenta i dati sperimentali, rispetto a quello che avremmo se questo effetto non esistesse, la riga tratteggiata teorica. La "gobbetta" è estremamente piccola e per rilevarla è stato necessario analizzare una quantità enorme di dati. E in ogni caso non c'è ancora una certezza assoluta che la particella rivelata sia il bosone di Higgs, piuttosto che un'altro fenomeno sconosciuto che produce gli stessi effetti, anche se i modelli teorici sembrerebbero confermarlo. Non resta che aspettare ulteriori esperimenti di conferma. La ricerca continua.

*Domenico Di Bucchianico*