

# Peter Ware Higgs

---

Peter Ware Higgs nato a Newcastle upon Tyne, il 29 maggio 1929, è un fisico britannico, Premio Nobel per la fisica nel 2013. Laureatosi e specializzatosi presso il King's College di Londra, ha tenuto la cattedra di fisica teorica all'Università di Edimburgo, dove dal 1996 è professore emerito. È inoltre membro della Royal Society inglese.

È principalmente noto per la proposta del meccanismo che porta il suo nome, la cui intuizione, secondo Higgs stesso, gli sovvenne mentre passeggiava per le colline scozzesi del Cairngorm come suo solito. Tornato di corsa in laboratorio, annunciò ai suoi collaboratori di aver avuto "una grande idea", che espose e pubblicò poi sulla rivista *Physics Letters* col nome "*Broken symmetries, massless particles and gauge fields*" nel 1964. Questo testo venne respinto e pertanto gli seguì lo stesso anno, stavolta pubblicato su *Physical Review Letters*, una trattazione rivisitata, dal nome "*Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons*", nella quale introduceva per la prima volta la necessità di una nuova particella nel Modello Standard, il Bosone di Higgs. Inoltre, Higgs aveva in mente il lavoro di un altro fisico, l'americano Philip Warren Anderson (che ha vinto il Nobel nel 1977).

A causa di un libro pubblicato successivamente questo fu denominato "la particella di Dio" con grande dispiacere da parte di Higgs stesso che ritiene possa suonare offensivo per le persone di fede, soprattutto considerando che egli è un ateo convinto. Questo "malinteso" è dovuto al fatto che l'autore del libro, essendo inglese, lo voleva pubblicare con il titolo "*The Goddamn Particle*" ( in italiano *Quella diavoline di particella*). Tuttavia l'editore per non lasciare una brutta parola in copertina e per rendere l'opera più accattivante decise di correggerlo con "*The God Particle*" (*La particella di Dio*, appunto) conferendo così al bosone l'emblematico nome.

Il 4 luglio 2012 il CERN ha annunciato, nell'ambito degli esperimenti ATLAS e CMS, l'osservazione di una particella compatibile con il bosone di Higgs. All'annuncio, seduto nella platea dell'auditorium, era presente lo stesso Higgs, che ha accolto la notizia visibilmente commosso.

Per il suo notevole contributo alla fisica teorica, Peter Higgs è stato decorato numerose volte con premi e riconoscimenti, tra i quali la medaglia Dirac e il premio Wolf per la Fisica. Lo scienziato ha rifiutato però di ritirare quest'ultimo premio, gestito da una fondazione israeliana, dichiarando di non condividere la politica aggressiva mostrata da quel paese nei confronti della Palestina. Nel 2013 inoltre gli è stato assegnato il Premio Nonino "Maestro del nostro tempo".

L'8 ottobre 2013 è stato insignito del Premio Nobel per la fisica per la teorizzazione del bosone che porta il suo nome, insieme al fisico teorico François Englert. Higgs infatti non nascose mai che come lui molti altri stessero giungendo alla sua stessa conclusione. Contemporaneamente infatti lavoravano anche altri due gruppi di ricerca: quello formato da Robert Brout (oggi scomparso) e François Englert dell'Università di Bruxelles e il terzetto Gerald Guralnik, Carl Richard Hagen e Tom Kibble dell'Imperial College di Londra.

## Ricerche e scoperte

Da sempre la fisica è alla ricerca di una grande teoria unificata che possa riassumere e spiegare efficacemente ogni fenomeno dell'universo. Tuttavia, specialmente per analisi ed esperimenti a scala umana, ci accontentiamo di teorie e leggi parziali che descrivono il comportamento di un determinato corpo o sistema con un certo grado di approssimazione. Uno dei primi che riuscì ad unificare alcune di queste leggi parziali fu il fisico scozzese Maxwell che nel 1865 riuscì a raccogliere e completare le quattro formule (oggi note come leggi di Maxwell) che descrivono l'elettromagnetismo.

Ad oggi sono note 4 tipi di interazioni tra particelle, così come sono raccolte nel modello standard e vengono identificate tramite i bosoni, le particelle portatrici di forza. Queste sono il fotone per l'elettromagnetismo, il gluone per la forza nucleare forte, il gravitone (non ancora efficacemente quantizzato) per la gravità e infine i bosoni  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  per la forza nucleare debole.

Fu solo nel 1979 che si riuscì ad unificare almeno due di queste forze secondo la cosiddetta interazione elettrodebole che spiega come a temperature o meglio energie superiori a  $10^2$  GeV (nota come energia di unificazione), l'elettromagnetismo e la FN debole siano in realtà due aspetti differenti della stessa forza. La sostanziale differenza infatti è che a basse energie i bosoni  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  si comportino come particelle massive mentre i fotoni possiedono una massa inerziale pari a zero.

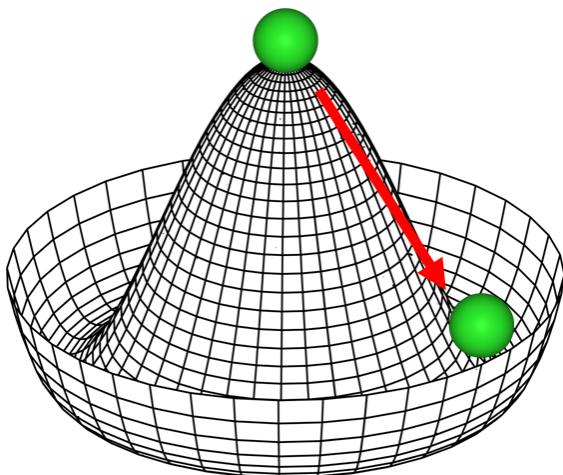
Di fatto la teoria elettrodebole prevede che i bosoni sopracitati abbiano un comportamento simmetrico rispetto a quello dei fotoni, tuttavia si comportano come particelle estremamente massive di circa 80 e 91  $\text{GeV}/c^2$  rispettivamente per i  $W^{+/-}$  e  $Z^0$ , ovvero circa 100 volte la massa del protone. Ciò deve essere causato da un meccanismo che innesti una spontanea rottura della simmetria.

La soluzione a questo problema fu formulata dal fisico britannico Peter Higgs che nel 1964 pubblicò la sua teoria su come le particelle elementari possano acquisire massa, cioè tramite il cosiddetto "Meccanismo di Higgs". Contemporaneamente il fisico belga François Englert e il suo collega Robert Brout conducevano separatamente le stesse ricerche. La formalizzazione matematica di una spiegazione a cosa potesse determinare la massa di una particella fu un contributo fondamentale allo studio della fisica delle particelle.

Per spiegare come ci riuscirono bisogna prima definire dei concetti di base. I cosiddetti bosoni sono i quanti con i quali si rappresentano i valori dei rispettivi campi. Quasi tutti i bosoni sono di natura vettoriale, cioè esprimono una forza che in quanto tale è composta di tre componenti (intensità, direzione e verso). Solitamente, questi campi nel vuoto hanno valore pari a zero in ogni punto e solo quando sono perturbati si generano delle increspature che sono considerate come particelle.

Similmente il Bosone di Higgs è l'eccitazione del proprio campo, ma la differenza sostanziale con le altre è che questo campo è scalare e ha un valore di aspettazione del vuoto diverso da zero. Ciò significa che in qualsiasi punto dello spazio le particelle risentono del campo di Higgs. Secondo questa teoria dunque deve esistere un bosone responsabile della determinazione della massa.

Dato che questo campo permea l'intero spaziotempo non necessita di bosoni intermedi e dunque la particella di Dio non ha un vero e proprio raggio d'azione. Di conseguenza il modello standard non prevede, almeno a livello teorico, che il bosone H sia dotato di massa. Si può descrivere la sua azione sulle altre particelle con una rappresentazione grafica del meccanismo di Higgs nota come modello del "cappello messicano".



Al di sopra della temperatura di unificazione i bosoni  $W^{+/-}$  e  $Z^0$  è come se si trovassero sulla cima di questa figura cioè ad alti livelli energetici. Da lì il "panorama" è simmetrico in ogni direzione, le particelle non interagiscono con il campo di Higgs e dunque non sono dotate di massa e si comportano di conseguenza. A temperature più basse invece la simmetria è rotta, ora i bosoni si trovano a valle e, in seguito alla loro interazione con il campo di Higgs subiscono una resistenza (paragonabile alla difficoltà nel risalire il pendio) e così facendo acquistano una massa.

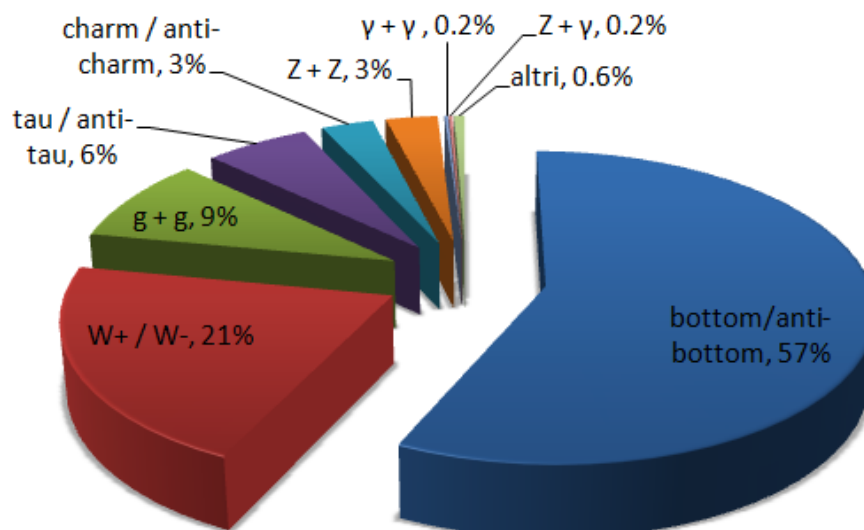
La stessa situazione si verificò all'inizio dell'universo per

via delle enormi temperature iniziali. In seguito all'espansione, il campo di Higgs cominciò ad agire sui bosoni  $W^+, W^-$  e  $Z^0$ , facendo sì che si comportassero come particelle massive. In questo modo si può spiegare il perché della spontanea rottura della simmetria tra i fotoni e i bosoni della forza nucleare debole che metteva in discussione la teoria elettrodebole. I modelli attuali inoltre prevedono che, estendendo il meccanismo di Higgs alla interazione di Yukawa, questo determini la massa di tutti i fermioni del modello standard, cioè quark, leptoni e corrispondenti neutrini.

Per confermare questa teoria si necessitava dunque di dimostrare l'esistenza di un effettivo bosone di Higgs ed è per questo che dal 2009 il CERN di Ginevra iniziò a ricercare la particella di dio. Nell'acceleratore di particelle del CERN infatti è possibile studiare le particelle elementari che si producono in seguito allo scontro tra due protoni che vengono letteralmente distrutti nel processo. Dato che un protone occupa un volume di spazio estremamente piccolo (il suo diametro è nell'ordine di  $10^{-18}$  m) per assicurarsi almeno una collisione nell'LHC lo scontro avviene tra due fasci di protoni. Questi sono divisi in 2832 pacchetti di  $10^{11}$  protoni l'uno, rilasciati a pochi nanosecondi l'uno dall'altro e le particelle liberate dall'impatto sono poi studiate grazie ai vari strati di cui sono composti i rivelatori.

In seguito alle misurazioni eseguite con ATLAS e CMS (entrambi rivelatori di particelle) il 04 luglio del 2012 si riuscì ad osservare una particella corrispondente a quella descritta nella teoria di Higgs. Già nel dicembre dell'anno precedente era stata trovata una particella identificabile in questo modo con una percentuale di accuratezza del 99%, tuttavia questo valore non fu accettato poiché rimaneva una probabilità non trascurabile che fosse dovuto solo a fluttuazioni statistiche. Misurazioni svolte in seguito riuscirono a definire un valore abbastanza accurato, con uno scarto percentuale "trascurabile" in quanto equivalente ad una singola possibilità su  $10^7$  che sia solo una fluttuazione.

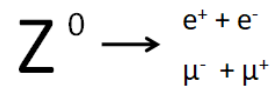
Nonostante il modello standard non preveda che il bosone fosse dotato di massa questa fu registrata essere di un valore all'incirca di 125 GeV/c<sup>2</sup> grazie al valore energetico delle particelle in cui decade. Infatti essendo persino più massivo di  $Z^0$ , il bosone H decade molto più rapidamente secondo una probabilità come descritto nel diagramma



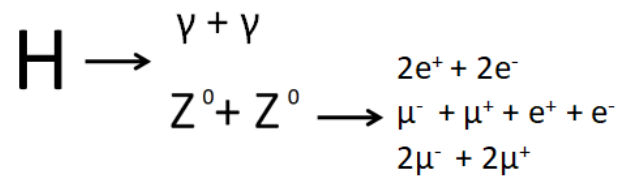
Nonostante il decadimento più frequente si verifichi con la produzione di un quark bottom e del suo antiquark, si preferisce osservare il decadimento in bosoni  $Z^0$  ( $H \rightarrow Z^0 + Z^0$ , probabilità del 3%) o in fotoni ( $H \rightarrow \gamma + \gamma$ , probabilità dello 0.2%). Questo poiché in questi casi le scie di particelle sono separabili più

facilmente da quelle prodotte da tutte le altre particelle (principalmente i quark e i neutrini) che possono essere ignorati per le rilevazioni di H e sono definite come particelle dello "Zoo".

Conoscendo che i bosoni z decadono come segue



Se ne deduce che il bosone H decade



Dunque analizzando le quantità di prodotti è possibile risalire alla particella d'origine, in questo caso il bosone H. tramite successive misurazioni sono state stabilite varie proprietà della particella, in particolare lo spin uguale a 0, conforme alle predizioni fatte secondo il Modello Standard. È già stato osservato inoltre il decadimento in una coppia di leptoni tau e in quark bottom.

I rilevamenti dunque hanno confermato sperimentalmente, come già esposto in precedenza, la teoria dietro al meccanismo di Higgs. Per questo, in data 08 ottobre 2013, Peter Higgs e François Englert hanno ricevuto il premio Nobel per la Fisica. Alla cerimonia le loro scoperte sono state definite dalla commissione di premiazione: "un trionfo [...] per tutti i fisici teorici e più generalmente per tutti i ricercatori nel campo della fisica delle particelle elementari.

## Bibliografia

Appunti presi alla Masterclass 2018 organizzata dall'INFN nella sede a Pavia

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2013/prize-announcement/>

[https://it.wikipedia.org/wiki/Peter\\_Higgs](https://it.wikipedia.org/wiki/Peter_Higgs)

[https://it.wikipedia.org/wiki/Bosone\\_di\\_Higgs](https://it.wikipedia.org/wiki/Bosone_di_Higgs)

[https://it.wikipedia.org/wiki/Meccanismo\\_di\\_Higgs](https://it.wikipedia.org/wiki/Meccanismo_di_Higgs)

[https://it.wikipedia.org/wiki/Interazione\\_elettrodebole](https://it.wikipedia.org/wiki/Interazione_elettrodebole)

<http://scienzapertutti.infn.it/chiedi-allesperto/tutte-le-risposte/1793-0401-bosone-di-higgs-e-meccanismo-di-higgs>

[http://atlas.physicsmasterclasses.org/it/zpath\\_sm.htm](http://atlas.physicsmasterclasses.org/it/zpath_sm.htm)

[http://atlas.physicsmasterclasses.org/it/zpath\\_hboson.htm](http://atlas.physicsmasterclasses.org/it/zpath_hboson.htm)