

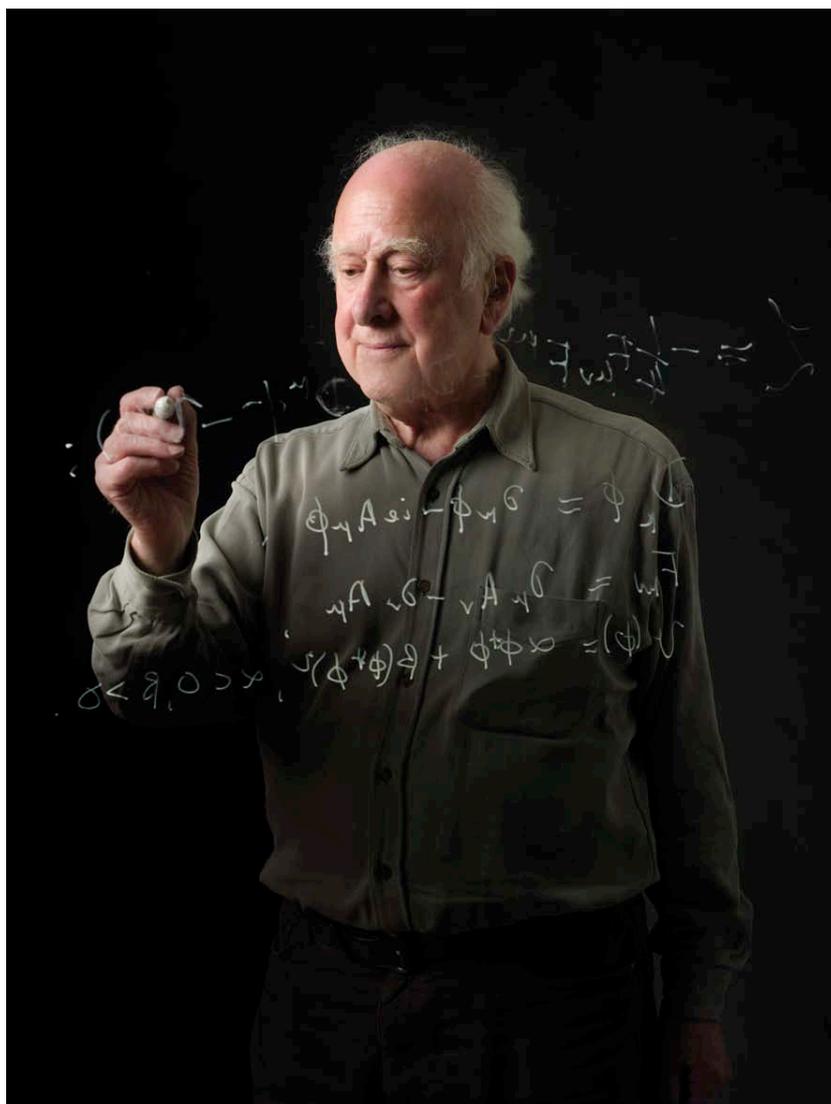
## Un tè con Peter Higgs

### *Una conversazione con il padre del bosone di Higgs*

di Vittorio Del Duca, ricercatore ai Laboratori Nazionali di Frascati

Higgs è il nome di una particella, di un modello e di un meccanismo matematico, ma è soprattutto il nome del protagonista di un'affascinante avventura concettuale che ha portato a sintetizzare con coerenza e bellezza matematica le scoperte di numerosi e importanti fisici della seconda metà del '900. Il meccanismo di Higgs è l'intuizione finale, la soluzione elegante e l'invito alla scoperta della prova sperimentale, il bosone di Higgs.

Vittorio del Duca ha conosciuto Peter Higgs quando, già fisico teorico, lavorava a Edimburgo prima di trasferirsi ai Laboratori Nazionali di Frascati dell'Infn, il cuore della ricerca sulle particelle in Italia. Il loro rapporto di amicizia è stato lo spunto per una conversazione informale a casa di amici comuni sulla genesi di un'idea che, dalle premesse alle ultime conseguenze, anima la comunità da quasi 50 anni. Oggi, con l'avvio di Lhc (*Large Hadron Collider*) quella stessa idea sta offrendo per la prima volta ai fisici di tutto il mondo l'occasione di completare il quadro rappresentativo delle particelle elementari e delle loro interazioni. Questa è la versione integrale del lungo dialogo avvenuto tra i due scienziati nell'autunno del 2008. [Catia Peduto]



*Peter Higgs ritratto in occasione della sua visita al Cern, nella primavera del 2008. (© Cern, Ginevra)*

**V. Del Duca:** *Innanzitutto vorrei capire il contesto scientifico. Quando io studiavo le teorie di gauge, la rottura spontanea di una simmetria, il lavoro di Nambu sulla struttura del vuoto, la teoria microscopica della superconduttività (quella proposta da Bardeen, Cooper e Schrieffer, chiamata BCS), la teoria fenomenologica di Ginzburg-Landau, e anche il suggerimento di Philip Anderson (secondo cui la teoria BCS potesse avere qualcosa a che fare con la teoria di campo quantistico), mi chiedevo come fosse stato possibile correlare argomenti apparentemente così diversi. Ora abbiamo tutte queste cose ben “strutturate” nei libri di testo, ma lei come la vedeva all’inizio degli anni ’60? Per lei e per i fisici della sua generazione, impegnati in quegli anni in questi studi, cosa era già chiaro e cosa avvolto nell’oscurità?*

**P. Higgs:** Il mio coinvolgimento nello studio di questi argomenti comincia nel 1960, nell’anno in cui mi fu assegnata una docenza a Edimburgo. Prima di allora avevo lavorato a Londra ma non avevo fatto nulla di particolarmente rilevante per la fisica delle particelle. Le idee di Yoichiro Nambu (sulla rottura spontanea di una simmetria) furono pubblicate in un breve articolo sul *Physical Review Letters* nel 1960, ma di fatto la prima cosa che ebbi occasione di leggere personalmente, fu l’articolo più esteso, scritto successivamente dallo stesso Nambu e da Giovanni Jona-Lasinio.

Questo avveniva in un periodo storico in cui la maggior parte dei ricercatori, e sicuramente la maggior parte dei miei colleghi di Edimburgo, lavorava su argomenti basati sulle relazioni di dispersione, perché era opinione largamente diffusa che la teoria quantistica dei campi non fosse la teoria corretta da utilizzare. Questa certamente non funzionava per la fisica adronica, e alcuni ritenevano che fosse davvero una pessima teoria, perché Landau aveva mostrato anni prima che c’era qualcosa di sbagliato persino nell’elettrodinamica quantistica se ci si focalizzava sulla struttura del propagatore.

Quindi, all’epoca, a dedicarsi alla teoria quantistica dei campi, c’era davvero una minoranza di ricercatori. La maggior parte delle persone nella comunità dei fisici delle particelle europei era coinvolta nello studio delle relazioni di dispersione, dei poli di Regge e di cose di questo genere. Negli Stati Uniti c’era una sorta di divisione tra la East e la West Coast. La California era fortemente presa da nuove idee come la teoria della matrice  $S$  di Geoffrey Chew. Ma sulla East Coast alcuni dei discepoli di Julian Schwinger si occupavano ancora di teorie di campo, e gli ex studenti di Schwinger includevano persone del calibro di Glashow.

Poco prima di assumere la docenza all’università di Edimburgo, mi fu detto che stavano organizzando una Scuola Estiva (sul tema delle relazioni di dispersione). Era la prima di una lunga serie di scuole estive che si sarebbero susseguite nelle università scozzesi, e mi fu chiesto di partecipare. All’interno del comitato di organizzazione mi fu assegnato un incarico da “organizzatore”. Saltò fuori che l’incarico consisteva nel comprare il vino, perché nel fondo che i docenti avevano a disposizione per i viaggi era avanzato del denaro, dato che uno di loro aveva ottenuto dalla *National Science Foundation* un contributo per il viaggio dall’America. Così, con qualche centinaio di sterline avanzate, potemmo comprare del vino da bere durante le cene della Scuola Estiva. Io avevo il compito di acquistarlo e di custodirlo.

È questo il momento in cui entrano in scena i miei amici Nicola Cabibbo, Sheldon Lee (anche detto “Shelly”) Glashow e Martinus J. G. Veltman. La Scuola Estiva si teneva nei pressi di Edimburgo, vicino a Dalkeith, nel College di Newbattle Abbey. C’era una sorta di sala comune nella cripta dell’abbazia del 1200 sulla quale era stata eretta la costruzione attuale, che invece aveva qualche centinaio di anni. La cripta veniva usata per le discussioni, e un gruppo di quattro studenti della Scuola Estiva era solito discutervi di fisica durante la notte: erano proprio loro, Cabibbo, Glashow, Veltman e Robinson, uno studioso di teorie di campo assiomatico. Beh, si può dire che non fui coinvolto in queste conversazioni perché avevo il compito di occuparmi del vino, e la mattina dovevo svegliarmi presto... (ride)

Questa è la prima parte della storia, ed è anche il motivo per cui non venni a conoscenza dell’articolo di Glashow sull’unificazione delle interazione debole ed elettromagnetica: all’epoca l’aveva già scritto, anche se sarebbe stato pubblicato solo l’anno seguente. La “banda dei quattro”

era regolarmente assente alla prima lezione del mattino, perché stavano ancora dormendo. Quando in seguito conobbi Cabibbo, mi confessò di non sapere ancora nulla sulle relazioni di dispersione (ride) e mi confidò, inoltre, che le discussioni alla scuola erano state “lubrificate” da parecchio vino trafugato dal mio deposito davvero poco sicuro, privo anche di un lucchetto (nessuno aveva pensato che ci fosse del vino da custodire). Ad ogni modo avevano nascosto il vino nell’orologio a pendolo della cripta, per permettere le loro discussioni notturne... Ecco qual’era il tono, del tutto informale, della Scuola Estiva del 1960, durante la quale questi scienziati si aggiornavano reciprocamente sui problemi riguardanti le interazioni deboli ed elettromagnetiche.



*Il College di Newbattle Abbey, fuori Edimburgo. Qui si teneva la Scuola Estiva scozzese a cui Higgs partecipò nel 1960 prima di prendere l’incarico di docenza all’Università di Edimburgo. (© Newbattle Abbey College, Londra)*

**V. Del Duca:** *Come iniziò a dedicarsi agli argomenti che la portarono a concepire il meccanismo che poi prese il suo nome (il Meccanismo di Higgs)?*

Iniziata la mia docenza a Edimburgo, durante il primo anno ebbi l’occasione di leggere l’articolo di Nambu e Jona Lasinio (sulla rottura spontanea di una simmetria). L’idea che in fisica delle particelle simmetrie come l’*isospin*, che fenomenologicamente sono rotte, possano essere esatte – è ciò che Nambu stava suggerendo – mi affascinò moltissimo e decisi di lavorare e contribuire a questo campo di ricerca. Poco dopo gli articoli di Nambu del 1961-62, fu dimostrato che quando una simmetria è rotta spontaneamente in una teoria relativistica, si ottengono particelle con massa nulla, i bosoni di Goldstone. Questo fu proposto inizialmente da Jeffrey Goldstone, poi Goldstone stesso, Abdus Salam e Steven Weinberg pubblicarono la dimostrazione di questo teorema su *Physical Review* nel 1962. Per qualcuno come me queste novità erano piuttosto deludenti, perché sembravano implicare che il programma di Nambu non fosse perseguibile. Se dalla rottura spontanea ci si aspetta particelle prive di massa e senza spin, dovrebbe essere anche semplice produrle e rivelarle; e anche se per qualche ragione gli sperimentali non fossero stati in grado di rivelarle, esse avrebbero invalidato ciò che sappiamo sulla generazione di energia nelle stelle, dove sarebbero prodotte molto facilmente. Quindi all’epoca questo risultato sembrava escludere la possibilità che il programma di Nambu fosse un buon modo di fare fisica delle particelle.

**V.DD.:** *Se una simmetria globale è spontaneamente rotta, il teorema di Goldstone implica che ci sono particelle senza massa, i bosoni di Goldstone. Ne è un esempio la rottura spontanea della simmetria chirale teorizzata da Nambu, e quindi l'identificazione dei pioni come bosoni di Goldstone. Ma il lavoro di Nambu era precedente a quello di Goldstone. Come andò esattamente?*

**P.H.:** Per come l'ho capita io questa storia, Nambu venne a conoscenza della teoria BCS da John Robert Schrieffer, che alla fine degli anni '50 si spostò a Chicago per un *post-doc*. Così Nambu e Philip Anderson, quest'ultimo credo indipendentemente dal primo e da tutt'altra parte, riformularono la teoria BCS che era elaborata in una maniera piuttosto complicata (perlomeno per me!) nel linguaggio della meccanica quantistica a molti corpi. Riformulata nel linguaggio della teoria quantistica dei campi, divenne ovvio che la teoria BCS implicava una rottura spontanea della simmetria coinvolta.

In un conduttore metallico normale c'è una banda di energia parzialmente riempita, e la conduttività elettrica o la resistenza nascono dal fatto che gli elettroni nella banda parzialmente piena possono diffondere i *fononi*, finendo in stati di energia vicini, essendo la banda solo parzialmente piena. Il punto cruciale del lavoro di Nambu era che se si guarda lo spettro fermionico di un superconduttore laddove c'è un condensato di Bose di coppie (della teoria BCS quantistica), nella banda di energia parzialmente piena si apre un gap: questo è un ostacolo per la diffusione degli elettroni, dato che ora c'è un gap da superare, e così gli elettroni non sono più i portatori della corrente elettrica. Il portatore è ora il condensato carico. Quindi, se si guarda a questo gap, esso è analogo al gap tra il mare di Dirac e gli stati a una particella disponibili dell'equazione di Dirac per una particella massiva: se non ci fosse il gap, lo spettro fermionico sarebbe analogo a quello di una particella di Dirac a massa nulla. Quindi il pensiero di Nambu, per come l'ho inteso io, fu: "Non potrebbe essere questo un modo per generare massa per un fermione di Dirac in fisica relativistica?". In altre parole, si prenda qualcosa che, apparentemente, osservando la sua lagrangiana, ha massa nulla, ma che rompe spontaneamente la simmetria chirale (e quindi si apre il gap): ecco che si apre il gap ed ecco che il fermione diventa massivo. Era questo il contenuto effettivo dell'articolo di Nambu e Jona-Lasinio, a parte il fatto che la simmetria era  $SU(2) \otimes SU(2)$  chirale e quindi si genera non solo la massa fermionica, ma anche le diverse masse fermioniche per i protoni e i neutroni.

Così, nell'articolo di Nambu e Jona-Lasinio, il campo elementare è fermionico (poiché all'epoca i quark non erano ancora stati concepiti, si pensava fossero protoni e neutroni) e il pione appare come uno stato legato. Un buon aspetto della teoria, quindi, è il fatto di avere qualcosa che somigli ai pioni, ma il fatto che si tratti di particelle senza massa è un suo lato negativo. In quell'articolo, quindi, riuscirono a generare le masse fermioniche, ma non riuscirono a generare la massa dei pioni. Non saprei dire se all'epoca Nambu vide questo come qualcosa che avrebbe potuto essere un teorema. Più o meno nello stesso periodo, dall'altra parte dell'Atlantico, Goldstone considerò dei modelli nei quali si avevano campi scalari elementari, che oggi sono considerati l'analogo della teoria di Ginzburg-Landau: per lui era perfettamente chiaro che avrebbero dovuto esserci particelle scalari prive di massa, perché quando lo stato di vuoto è degenere si hanno eccitazioni lungo l'avvallamento del potenziale, e queste sono i bosoni di Goldstone. In un modello  $SU(2) \otimes SU(2)$  questi sarebbero dei buoni candidati per i pioni, ma dovevano essere particelle senza massa. Il fatto che non si riuscisse ad avere semplicemente una rottura spontanea di simmetria, ma che per generare la massa dei pioni e ottenere una fenomenologia corretta fosse necessario mettere qualcos'altro, si manifestò come un difetto della teoria di Nambu.

**V. DD.:** *Ma ci voleva ancora un bel salto per arrivare a pensare a una teoria locale, una teoria di gauge. Come le venne in mente di passare da una teoria globale a una teoria di gauge?*

**P. H.:** Goldstone ebbe l'idea del teorema nel 1961, ma Goldstone non era uno che si affrettava a pubblicare. Ma Salam e Weinberg, che quell'anno si trovava all'Imperial College, andarono da



*Yoichiro Nambu (a sinistra), mentre riceve la “medaglia di Dirac” durante la cerimonia del Dirac Medal Award nel 1987 da H. Schopper all’Ictp (International Center for Theoretical Physics) di Trieste. Al centro Abdus Salam, che ha fondato l’Ictp di Trieste, assiste alla consegna del premio. (© ICTP Photo Archives.)*

Goldstone per convincerlo a scrivere insieme un articolo nel quale la sua idea fosse sviluppata in un vero e proprio teorema, cosa che fecero. Sembrò, a prima vista, che questa fosse la fine della storia: la rottura spontanea di una simmetria in una teoria relativistica implica l’esistenza dei bosoni di Goldstone. Ma c’erano alcuni dubbi su questo teorema, in particolare dall’altra parte dell’Atlantico, credo da parte di Abraham Kline e Ben Lee che all’epoca erano in Pennsylvania. Osservarono la dimostrazione del teorema ed esclamarono: “Non è forse possibile che in questo commutatore nella funzione spettrale in discussione possano esserci altri termini, tipo quelli che si hanno nei modelli non relativistici, come nella teoria BCS?” Mi sembra di ricordare che il loro articolo sia stato pubblicato nel marzo del 1964. A giugno seguì una risposta da parte di Walter Gilbert che scrisse una confutazione dell’articolo di Kline e Lee, nella quale sosteneva che questi altri termini avrebbero violato l’invarianza di Lorentz e che il teorema di Goldstone, pertanto, era corretto. Questi altri sistemi seguono una dinamica non relativistica, solo per questo motivo gli altri termini possono esserci e in tal modo ci si può svincolare dal teorema di Goldstone. Questo ci porta all’estate del ’64, l’anno in cui entro in gioco io, anche se stavo lavorando già da prima a modelli specifici che fallirono nel tentativo di evadere il teorema di Goldstone.

**V. DD.:** *Che tipo di modelli?*

**P. H.:** Beh, il lavoro non era proprio sistematico, cercavo in realtà di osservare aspetti specifici che mi permettessero di capire un po’ meglio la dinamica e la matematica, ma non arrivai mai al punto di pubblicare qualcosa. Ed ecco arrivato il momento di tirare Anderson nella storia. Nel 1963 Anderson pubblicò un articolo su *Physical Review* dal titolo: “Plasmoni, invarianza di gauge e massa” nel quale, come la mise giù lui, se c’era un problema della massa nulla nella rottura spontanea di una simmetria, che era il contenuto del teorema di Goldstone, c’era anche un problema della massa nulla nella teoria di Yang-Mills. Anderson, quindi, teorizzava che questi due problemi si sarebbero potuti annullare a vicenda. Aveva ragione, ma nessuno davvero diede peso a quell’articolo, almeno nessuno di quelli che lavoravano nella fisica della particelle, perché non aveva dato un esempio di come funzionasse relativisticamente e non aveva mostrato in effetti che nel teorema ci fosse qualche difetto.



*Un ritratto di Jeffrey Goldstone.*

**V. DD.:** *Fu un visionario, in un certo senso...*

**P. H.:** Sì, ebbe il giusto tipo di intuizione critica. Descrisse cosa accade in un superconduttore. Disse: “In un superconduttore ci sarebbero eccitazioni di Goldstone, a parte il fatto che c’è una forza a lungo raggio, la forza elettrostatica, che innalza l’energia di queste eccitazioni che divengono massive”. Ma questo non era un argomento convincente per un fisico delle particelle che credeva nel teorema secondo cui la teoria relativistica era qualcosa di diverso. Aveva di nuovo ragione, ma non convinse davvero nessuno, a parte se stesso. Perché aveva ragione?

Il periodo cruciale, per quanto mi riguarda, furono due settimane del luglio del 1964. A quell’epoca non avevamo un abbonamento elettronico a *Physical Review Letters* e la rivista impiegava un mese per arrivare. Credo che l’articolo di Gilbert riportasse la data del fascicolo della rivista di metà giugno e io lo vidi il 16 luglio. E lo vidi prima di chiunque altro a Edimburgo, dato che ero membro dello staff che si prendeva cura della piccola biblioteca dipartimentale che includeva le riviste, e quindi ...

**V. DD.:** ... *sembra che lei stia sempre nel posto giusto al momento giusto, a partire dai tempi della cantina dei vini! (ride)*

**P. H.:** Già! Mi pare che il 16 luglio del ’64 fosse un giovedì. Beh, lo so solo perché una volta controllai la data, poiché uno dei miei incarichi come curatore delle riviste era mettere la data sulla copertina quando arrivavano, prima di sistemarle nello scaffale. E la copertina di quel numero di *Physical Review Letters* era stata rilegata nel volume che arrivò alla biblioteca dell’università ancora con la mia data sopra. Ecco perché ne sono così sicuro.

Ad ogni modo, quando lessi l’articolo di Gilbert, mi sembrò che mettesse completamente a posto le cose: non era possibile evitare il teorema di Goldstone perché non si potevano avere altri termini in una funzione spettrale come quella nella dimostrazione di Goldstone, Salam e Weinberg. E ne rimasi molto deluso. Quando la gente mi chiede come reagii, rispondo che credo di aver detto: “Maledizione! Finisce tutto qui”. E i miei colleghi si domandavano che cosa mi turbasse così tanto. (ride)

Durante il fine settimana, gradualmente mi resi conto che conoscevo una eccezione all’affermazione di Gilbert. La ragione dell’eccezione era che avevo letto degli articoli di Julian Schwinger, pubblicati nel 1962 su *Physical Review*, dal titolo “Invarianza di gauge e massa”. Ciò

che Schwinger aveva fatto era mettere sotto esame ciò che era già divenuto “folklore” nella comunità dei fisici delle particelle: che nell’elettrodinamica quantistica il fotone sia privo di massa perché l’invarianza di gauge previene ogni generazione della massa. Schwinger aveva mostrato che non era vero, cioè che si può avere una teoria di campo di gauge, come l’elettrodinamica quantistica, nella quale la particella a spin unitario ha massa. Scrisse delle funzioni spettrali per un commutatore di potenziali vettoriali, mi sembra in una sorta di teoria maxwelliana e, poiché si trattava di Schwinger, usò il gauge di Coulomb. Pensava che il modo in cui la gente mutilava la lagrangiana e usava una condizione di gauge di Lorentz non fosse la cosa giusta da fare. Si dovrebbe partire da un gauge di Coulomb che non ha libertà di gauge residue, e se si vuole un gauge di Lorentz, che formalmente appare relativisticamente invariante, si trasforma il tutto in questo nuovo gauge. E questo era stato mostrato chiaramente dal fisico italiano Bruno Zumino nel 1960, mi sembra nel primo numero del *Journal of Mathematical Physics*. E io avevo letto anche questo.

Il pensiero che mi venne quel fine settimana di luglio fu che se Schwinger poteva scrivere nel gauge di Coulomb funzioni spettrali per il commutatore di due campi quadrivettoriali che non appaiono propriamente covarianti di Lorentz, allora lo si può fare anche altrove. Ma il punto cruciale è la libertà di gauge. Se non si ha la libertà di gauge, che in una teoria di campo quantistico è motivo di imbarazzo perché si deve fissare il gauge prima di avere operatori quantistici ben definiti... beh, intendo dire che, eccetto che in una teoria di gauge, si finisce con un formalismo standard manifestamente covariante. Ma una teoria di gauge non deve apparire manifestamente covariante. Va tutto bene, fintantoché la fisica che ne deriva è invariante relativisticamente. Arriviamo così a quando scrissi il primo breve articolo, che stabiliva un modo per evadere il teorema di Goldstone: bisognava combinare la rottura spontanea di simmetria con una teoria di gauge. In altri termini, si deve avere un campo di gauge accoppiato alle cariche associate alla simmetria che si vuole rompere spontaneamente, era questo il trucco.



*Julian Schwinger (a destra) in una conversazione con Abdus Salam. (© AIP Emilio Segre Visual Archives)*

Ecco cosa accadde quel fine settimana. Si può metterla così: mi ero molto interessato a due aspetti delle simmetrie che prima di allora non pensavo potessero essere correlati e che invece, come capii improvvisamente, si dovevano trattare insieme. E, di fatto, avevo imparato molto sull’invarianza di gauge mentre facevo da relatore alla tesi di master del mio primo studente, Jack Smith, che oggi è professore a Stony Brook. Tra il 1960 e il 1961 stavamo cercando di approfondire

l'invarianza di gauge in elettrodinamica quantistica, perché avevo molti dubbi su questo argomento. Così, ebbi modo di costruirmi un ricco bagaglio di informazioni su come l'invarianza di gauge funziona in elettrodinamica quantistica. Inoltre, durante gli anni che avevo trascorso a Londra, ero stato coinvolto in seminari nel gruppo di Hermann Bondi al King's College sulla relatività generale e cose simili, e avevo imparato molto anche sulla simmetria di gauge nella gravità classica. Così c'erano due cose di cui sapevo qualcosa che sembravano aiutarsi a vicenda nel risolvere questo problema.

Il mio primo breve articolo, che sosteneva l'esistenza di un modo per svincolarsi dal teorema di Goldstone, arrivò sulla scrivania dell'editor di *Physics Letters* al Cern nove giorni dopo che avevo letto l'articolo di Gilbert.

**V. DD.:** *Quindi era il 25 o il 26 luglio?*

**P. H.:** Sì, era il 25 luglio del '64, il secondo sabato dopo quel giovedì (il 16 luglio) in cui avevo letto l'articolo di Gilbert. Scrisse l'articolo molto rapidamente, e difatti c'erano segni di poca cura nella scrittura. Subito dopo mi resi conto che ciò che dovevo fare era osservare cosa accade, applicando questo ragionamento, nell'esempio più semplice possibile. Il più semplice esempio possibile era la teoria di gauge abeliana, che descrive l'elettrodinamica quantistica di una particella carica senza spin, con un termine che rompe spontaneamente la simmetria: questo è ciò che feci nel secondo breve articolo che scrissi la settimana successiva. Ed è questo ciò che prese il nome di *Modello di Higgs*.

Anni dopo compresi che era semplicemente la riscrittura della versione relativistica della teoria di Ginzburg-Landau, che effettivamente io non avevo mai letto nella forma originale del 1950. Credo sia anche perché nel 1950, quando fu pubblicata, la guerra fredda era nella sua fase più acuta e non era affatto semplice leggere le riviste sovietiche.

**V. DD.:** *Questa teoria di gauge abeliana fu quindi il modello più semplice a cui pensò. Come fu preso dalla comunità dei fisici delle particelle?*

**P. H.:** L'articolo, intanto, fu rifiutato... (ride) Inviai anche questo secondo articolo all'editor di *Physics Letters* al Cern, il quale, per qualche ragione che non capisco ancora oggi, aveva accettato il primo. Fu enigmatico per me che accettasse un articolo che era una rappresentazione matematica del modo per evitare il teorema di Goldstone, e che rifiutasse invece un articolo nel quale ne davo un esempio e mostravo come questo accadesse effettivamente. E l'esempio era molto più interessante dal punto di vista della fisica, perché mostrava ciò che altrimenti poteva essere l'acquisizione di massa da parte del fotone, prendendo il terzo stato di polarizzazione di spin dal campo di Goldstone: era il meccanismo moderno per generare le masse delle particelle a spin unitario.

Ricevetti un cortese rifiuto e l'invito a inviare l'articolo a un'altra rivista: "Se sviluppa questo lavoro in un articolo più esteso, può considerare di mandarlo a *Il Nuovo Cimento*" – mi disse.

**V. DD.:** *Quindi non le disse neanche di rispedirgli l'articolo dopo un'opportuna revisione? Le disse semplicemente: "Lo mandi da qualche altra parte"?* (ride)

**P. H.:** Forse dovrei stare attento a raccontare questo episodio, visto che lei è italiano, ma venni a sapere solo allora che *Il Nuovo Cimento* non ha nessun *referee* per la valutazione degli articoli. Infatti, successivamente, con questa rivista mi accadde un episodio imbarazzante. Avevo uno studente poco sveglio che scrisse un articolo che non era sbagliato, cioè non lo era palesemente, ma che era un'interpretazione di qualcosa di estremamente improbabile. Gli dissi che non ci credevo, ma che se voleva poteva vedere se glielo avrebbero pubblicato. Lui lo inviò a *Il Nuovo Cimento* e fu allora che scoprii che non gli era stato fatto un referaggio. E mi pare che fu Stanley Deser, di

Brandeis, che incontrai poco tempo dopo, a dirmi: “Rovini la tua reputazione se lasci che gli studenti pubblicino roba del genere”. (ride)

**V. DD.:** *Cosa accadde quando l'editor le disse di mandarlo a Il Nuovo Cimento, intendendo dire che poteva farla franca senza un referaggio? Lei che fece?*

**P. H.:** Beh, ne fui indignato. (ride) Conclusi che avevo avuto troppa fretta a scrivere un articolo, che era anche più corto del primo (non più di una pagina) e che diceva solo ciò che a mio parere era necessario dire, ma che, evidentemente, non aveva alcun argomento per convincere le persone che si trattava di una tematica affascinante e interessante.

All'epoca il dipartimento era in città, non laggiù ai King's Buildings (attuale posizione del Dipartimento di Fisica di Edimburgo). Era in Roxburgh Street, vicino al vecchio edificio di Filosofia Naturale, nei pressi dell'Old College. Dividevo allora l'ufficio con Euan Squires, un esperto di teoria di Regge, che proprio quando ero nel pieno della stesura dei miei articoli, partì per passare l'estate al Cern. Quando tornò dal Cern, mi disse: "Non hanno capito di cosa stavi parlando. Non hanno pensato che potesse avere a che fare con la fisica". Mi disse che normalmente l'editor di *Physics Letters* al Cern trovava la persona del gruppo teorico del Cern più adatta a fare da referee a un certo articolo. Quindi l'editor fece circolare tra i membri di questo gruppo teorico il mio articolo, ma all'epoca al Cern non c'erano persone che lavoravano su questo genere di cose.

**V. DD.:** *Ma lei, lo stesso, glielo rispedì. Semplicemente aggiungendo una pagina...*

**P. H.:** Sì, estesi l'articolo, ma non glielo rispedii. Conclusi che non avevano capito di cosa stavo parlando. Decisi di mandarlo dall'altra parte dell'Atlantico. La versione estesa fu così pubblicata su *Physical Review Letters*. Quando accettò l'articolo, il referee mi chiese di commentare il lavoro dei fisici belgi Robert Brout e François Englert. Il giorno in cui il mio articolo arrivò alla redazione di *Physical Review Letters*, infatti, era lo stesso giorno in cui pubblicarono l'articolo di Englert e Brout sulla generazione della massa di particelle a spin unitario: era sostanzialmente la stessa cosa, ottenuta però in un altro modo, partendo semplicemente dai diagrammi di Feynman, senza lagrangiana o null'altro di simile.

**V. DD.:** *E quindi lei non sapeva del loro lavoro e loro non sapevano del suo?*

**P. H.:** Già. Con Brussel non ci scambiavamo le bozze degli articoli, perché pensavamo che lì studiavano solo la teoria delle transizioni di fase o cose simili. Brout è l'autore di "Transizioni di Fase" (edito da Benjamin Press, 1965). Non avevamo idea che ci fosse qualche interesse per la fisica delle particelle. E di fatto penso che con quell'articolo Brout pubblicasse per la prima volta qualcosa di fisica delle particelle.

**V. DD.:** *Beh, un buon inizio!*

**P. H.:** Eh già! Beh ... facendo un salto in avanti di parecchi anni, vent'anni dopo incontrai Nambu per la prima volta. Mi disse che era stato lui il referee che aveva accettato il mio articolo nel *Physical Review Letters*. Penso che fosse leggermente seccato a non averci pensato lui stesso, ma pare che uno dei figli era stato molto malato e che questo lo aveva fatto rimanere un po' indietro con la ricerca. Sono convinto che altrimenti avrebbe trovato lo stesso risultato piuttosto rapidamente. Anche Englert e Brout, a loro volta, erano stati ispirati dal lavoro di Nambu.



*Peter Higgs (a sinistra) in una conversazione con Yoichiro Nambu (a destra) nell'Ictp di Trieste. (© ICTP Photo Archives.)*

**V. DD.:** *Quindi loro avevano seguito filoni simili di pensiero. Dove entrano in gioco gli altri personaggi di questa storia? Qual'è il loro contributo?*

**P. H.:** Sono Gerald S. Guralnik, Carl R. Hagen e Tom W. B. Kibble. Anche loro stavano lavorando su queste cose. E infatti Guralnik venne a Edimburgo per tenere un seminario più o meno in quegli stessi giorni. Pubblicarono un articolo, nel quale mostrarono come scavalcare il teorema di Goldstone, ma solo in un contesto dinamico piuttosto banale. In altre parole, presero un modello che consisteva di un campo scalare singolo accoppiato a un campo vettoriale di gauge – e questo non era altro che una lagrangiana quadratica – e mostrarono che era una buona teoria per una particella massiva a spin unitario. Ma dinamicamente era esattamente la stessa cosa nota a Stuckelberg molti anni prima, e cioè che se scrivi la teoria di campo libero a spin unitario, la teoria di Proca, allora puoi ridurla a una teoria che sembra avere un'invarianza di gauge, semplicemente perché la decomponi. Equivale a mettere insieme la rottura spontanea con una simmetria piuttosto banale, che è la traslazione di un campo scalare,  $\varphi$  che va in  $\varphi + \text{costante}$ . Ciò che avevo trovato io era qualcosa che aveva molta più dinamica, era una teoria di campo completamente interagente.

**V. DD.:** *Ok, che cosa accadde dopo? A eccezione del referee di Physics Letters, come fu accettato dalla comunità nel suo insieme? Voglio dire, da persone come Weinberg e Salam, che stavano lavorando su aspetti correlati.*

**P. H.:** Non saprei esattamente. Nell'ottobre del '64 fui invitato all'Imperial College di Londra per tenere un seminario. Salam non era presente, ma penso che ci fosse Kibble. Il seminario fu organizzato da Ray F. Streater, un teorico di campo assiomatico che si interessava di dimostrazioni del teorema di Goldstone.

Così non ricevetti alcuna reazione da parte di Salam, che era a Trieste, ma una reazione immediata da parte di Walter Gilbert, che mi disse che mi sbagliavo. (ride) Opponeva alcune obiezioni tecniche alle quali feci fatica a rispondere subito, perché avevo fatto due cose che non si conciliavano ancora esattamente. Voglio dire, nel primo articolo dicevo essenzialmente che si possono avere questi altri termini in una funzione spettrale – il che invalida la dimostrazione del teorema di Goldstone – purché si abbia una libertà di gauge tale da poter fissare un gauge in un modo apparentemente non covariante. Nel secondo articolo, invece, quello che avevo fatto era stato, in realtà, descrivere un modello per una teoria di campo classico. Non avevo fatto alcuna

quantizzazione, eccetto evidenziare che queste onde corrispondono nella teoria quantistica a particelle massive, usando semplicemente la solita corrispondenza di Einstein-De Broglie. Quindi non potevo davvero rispondere alle obiezioni di Gilbert, non prima di averci lavorato ancora un po' su. Dovevo considerare le implicazioni del mio modello nella teoria quantistica, e non potei farlo fino all'anno seguente, quando trascorsi un anno sabbatico in North Carolina.



*Un ritratto di Walter Gilbert.*

In North Carolina nell'estate del 1965, la prima cosa che feci dopo aver trovato un posto dove vivere con la mia famiglia, fu di calcolare i diagrammi ad albero per quel modello e mostrare che malgrado la mancanza di invarianza relativistica del gauge che avevo scelto, i termini non covarianti si cancellavano tra i diagrammi, rendendo la teoria perfettamente relativistica. L'argomento che avevo usato nel mio secondo articolo era semplicemente di citare gli articoli di Zumino, dicendo che se si vuole controllare se la teoria è relativistica, ciò che si fa è controllare la struttura del commutatore per i generatori del gruppo di Poincarè. Dato che Zumino stesso aveva mostrato come ciò funzionava per un gauge non covariante nell'elettrodinamica quantistica, facevo semplicemente notare che la sua dimostrazione non dipendeva da una simmetria che non era stata rotta spontaneamente, e che avrebbe funzionato ugualmente se la simmetria fosse stata rotta. Così ero fiducioso che nei diagrammi di Feynman questo sarebbe accaduto tramite cancellazione dei termini non covarianti, il che alla fine, come potei verificare ora, accadeva effettivamente. Dopo aver definito i dettagli del modello, scrissi un lungo articolo che fu pubblicato su *Physical Review* nel 1966.

La fase successiva, in quanto a reazioni, arrivò nella primavera seguente, quella del 1966. Il gruppo di Chapel Hill in North Carolina era guidato da Bryce De Witt, e l'interesse da quelle parti si era focalizzato sulla relatività e la gravitazione. Credo che mi avessero invitato a passare l'anno sabbatico da loro a causa dello studio che avevo fatto agli esordi della gravità quantistica (nata proprio in quegli anni), quando ero a Londra alla fine degli anni '50. De Witt fu molto sorpreso dal fatto che ora stessi lavorando su cose che erano, a suo avviso, prive di senso. Nella lista di distribuzione dei *preprint* di Chapel Hill c'era Freeman Dyson, e questo fu un fatto di cruciale importanza. Ricevetti una sua risposta al mio articolo, in una lettera molto gentile, che diceva: "Ho letto il suo articolo con interesse e mi ha aiutato a capire una serie di cose che non avevo capito prima". E un'affermazione di questo tipo, arrivando da Dyson, era proprio un complimento. Fu così che mi invitò a fare un seminario nell'Istituto per gli Studi Avanzati di Princeton, il 15 marzo 1966.

Poco prima ero stato in contatto con Stanley Deser di Brandeis a causa dei miei interessi sulla gravità, il quale, quando seppe che stavo andando dall'altra parte dell'Atlantico, mi aveva detto: "Se vieni invitato a fare un tour di seminari, fammelo sapere che ti fisso un seminario nella zona di Boston". Così, il seminario ad Harvard fu fissato per il giorno dopo di quello a Princeton! (ride) Quindi il 15 e il 16 marzo del 1966 furono due giorni piuttosto faticosi della mia vita.

**V. DD.:** *Come un pianista in grand tour.*

**P. H.:** Sì... l'esperienza di Princeton mi intimidì inizialmente. Voglio dire, mi trovavo molto bene con Dyson, ma il seminario che dovevo tenere fu inserito nel programma come secondo di una serie di seminari nel pomeriggio; il primo fu tenuto da Dyson stesso sulla stabilità della materia, una presentazione matematica molto efficace sulla questione di quando un sistema quantistico ha un corretto stato fondamentale. (ride) Nella pausa per il tè incontrai un altro ex studente della Scuola Estiva del 1960, il cui nome era Klaus Hepp, un teorico di campo assiomatico, che mi disse che ciò di cui stavo per parlare doveva essere sbagliato (ride), perché il teorema di Goldstone era stato dimostrato nel linguaggio dell'algebra  $C^*$  (che a stento comprendevo – capivo a fatica cosa significasse la stessa parola!) da Daniel Kastler, Derek Robinson (il quarto membro dei party notturni del 1960 della Scuola Estiva) e Jorge Swieca. Malgrado l'avvertimento che stavo per andare a dire delle fesserie, sopravvissi al seminario, e mi fu detto più tardi che almeno Arthur Wightman si era convinto della correttezza di ciò che avevo fatto, e cioè che le teorie di gauge erano un'eccezione agli assiomi del teorema di Goldstone.

**V. DD.:** *Ok, ma da persone come Veltman o Weinberg, che erano più coinvolte con la teoria di gauge, con la teoria della particelle, ci fu qualche reazione in quegli anni?*

**P. H.:** Beh, il giorno dopo ci fu il seminario ad Harvard. (ride) Fu più una conversazione che una presentazione. Weinberg, che normalmente era al Mit (*Massachusetts Institute of Technology*), non c'era. Penso che in quei giorni stava da qualche parte in California. Neanche Schwinger era presente, ma in seguito si scusò dicendo che era stato bloccato da uno studente mentre stava venendo al seminario. Nel bel mezzo del seminario, quando menzionai l'articolo di Gilbert, il pubblico scoppiò in una risata: scoprii che fu perché Gilbert stava entrando proprio in quel momento. (ride)

Al termine Shelly Glashow, il quale invece era presente, mi disse: "Sei riuscito a creare un bel modello, Peter ", ma non si accorse che la cosa aveva a che fare con il suo lavoro...! (ride). Non me lo disse, ma pensava chiaramente che il mio risultato fosse bizzarro. Credo che il problema fosse che quel seminario divenne a tal punto un dialogo tra me e i membri del pubblico, che non ebbi modo di dire cosa avrei fatto con questo modello. Convinsi il pubblico che non stavo dicendo fesserie, ma non lo convinsi del fatto che ciò che dicevo aveva delle conseguenze pratiche.

**V. DD.:** *E quando, all'interno della comunità dei fisici, la sua idea cominciò a essere percepita come un'idea d'avanguardia? Quando divenne famoso?*

**P. H.:** Divenni famoso nel 1972, dopo la conferenza al Fermilab. Uno dei miei colleghi, Ken Peach, tornò da quella conferenza e mi disse: "Peter, sei famoso"...! (ride)

Ma c'erano già stati altri risvolti del mio lavoro. Non so se Salam lesse l'articolo, ma certamente venne a sapere ciò che avevo fatto dagli altri membri del gruppo all'Imperial College, da Tom Kibble, per esempio. Weinberg ne venne certamente a conoscenza, perché nel suo articolo del 1967, che era essenzialmente la teoria elettrodebole, usava il mio lavoro. Ebbi l'impressione in seguito che, avendo perso il mio seminario, avesse appreso qualcosa da Zumino che era stato al seminario di Harvard. Quella era la prima volta che incontravo Zumino e certamente sapeva molto del mio lavoro e lo capiva.

C'è anche il punto interrogativo su quanto Weinberg abbia effettivamente appreso passando dall'Imperial College nell'estate del 1967. In seguito incontrai brevemente Weinberg a Brookhaven, mentre stavo andando a una conferenza a Rochester e mi fermai a far visita ad alcuni amici a Brookhaven. Ci incontrammo nell'ufficio di qualcuno di Brookhaven e fui coinvolto in una discussione con Weinberg e altri sullo spettro di massa degli adroni.

Ora, devo precisare che fino al momento in cui Weinberg pubblicò il suo articolo, persone come me, Brout ed Englert avevano stupidamente tentato di applicare il modello di Higgs agli adroni, ma senza successo. Questo penso, perché le simmetrie adroniche rotte erano ben conosciute (mentre sulle simmetrie rotte nel settore leptonic avevano lavorato solo persone come Glashow, e quelle simmetrie non erano molto conosciute). Weinberg aveva giocato con le regole di somma delle funzioni spettrali, ma non era riuscito a capire lo spettro degli adroni con questo linguaggio. Io dissi che avevo provato a usare modelli simili a quelli formulati per gli adroni, e neanche quello aveva funzionato. Il problema era essenzialmente che volevamo che il pione acquistasse massa, ma ciò che accadeva, una volta introdotto una sorta di modello del campo di gauge, era che si generava un mesone vettoriale massivo, ma si perdeva completamente il pione. Quindi proprio non era un contesto nel quale la rottura spontanea della simmetria avrebbe potuto avere successo. Fu poco dopo questa discussione che Weinberg ebbe un'illuminazione! (ride) Capì che aveva lavorato col sistema sbagliato. Nel suo discorso alla consegna del Nobel nel 1979 disse che aveva applicato le idee giuste al sistema sbagliato, e che erano invece i leptoni la cosa da considerare.



*Weinberg e Glashow (da sinistra) seduti su una panchina, in una conversazione amichevole. (© Will Owens, courtesy AIP Emilio Segre Visual Archives, Physics Today Collection)*

**V. DD.:** *Cosa accadde tra il 1967, quando Weinberg scrisse il suo articolo, e il 1972 quando lei divenne famoso?*

**P. H.:** Beh, non un granché, perché se si considera cosa fece Weinberg in seguito al suo articolo, si scopre che non continuò a lavorarci. Non sapeva come trattare la rinormalizzazione. Non lo sapevo neanche io. Anni dopo fui rimproverato da David Wallace (un mio ex studente): “Perché non mi hai fatto lavorare su quella teoria?”. Dissi, piuttosto onestamente, che non osavo mettere uno studente appena laureato a lavorare su un tale problema. Io stesso non avevo sufficiente conoscenza di questo programma di ricerca per sapere come procedere: fu il programma di ricerca di Veltman a risolvere il problema, anche se alla fine la parte che Veltman voleva davvero fare era già stata risolta da Gerard ‘t Hooft. Dal momento in cui ‘t Hooft pubblicò il suo articolo, le teorie di gauge godettero di una ritrovata popolarità.



*Martinus Veltman (il terzo da sinistra) durante il simposio organizzato in onore del suo 60-esimo compleanno ad Ann Arbor, nel Michigan, il 16 maggio del 1991, in compagnia del suo compagno di discussioni notturne durante la Scuola Estiva scozzese del 1960, Nicola Cabibbo (il primo da sinistra).*  
(© AIP Emilio Segre Visual Archives)

**V. DD.:** *Questo accadde nel 1971.*

**P. H.:** Sì, lo venni a sapere da John C. Taylor, che era alla conferenza ad Amsterdam. Mi scrisse una lettera, dicendomi: “Penso che dovrebbe interessarti il lavoro di ‘t Hooft. Sembra connettersi ad alcune tue idee”. Poi alla conferenza al Fermilab nel 1972 Ben Lee, che era il relatore sulla teoria delle interazioni deboli, attaccò il mio nome a qualsiasi cosa coinvolgesse la rottura spontanea di simmetria, facendomi diventare “famoso”! Persone come Englert e Brout erano solo menzionate in una nota a piè di pagina, nella quale si diceva che anche altre persone avevano lavorato in questo campo. (ride)

**V. DD.:** *Beh, non devono essere stati molto entusiasti della cosa.*

**P. H.:** No, affatto. Nel 1981 andai ad Aachen per tenere un seminario e incontrai Lalit Sehgal. Aveva appena tenuto un seminario a Brussel e mi disse che all’improvviso si era sentito molto in imbarazzo perché, mentre si riferiva al meccanismo di Higgs, vide che qualcuno seduto in prima fila lo guardava molto contrariato. Così provò a porre rimedio, dicendo: “Naturalmente, so

benissimo che questo meccanismo è stato scoperto da un certo numero di persone, ma come d'abitudine gli attribuisco il nome più corto tra quelli coinvolti". E una voce dalla prima file disse: "Anche il mio nome ha cinque lettere". (ride)

**V. DD.:** *Siamo arrivati al 1981. Poi ci fu un lungo periodo di attesa. Nessuno sapeva che massa avrebbe avuto il bosone di Higgs. Non era chiaro quando e dove sarebbe stato scoperto...*

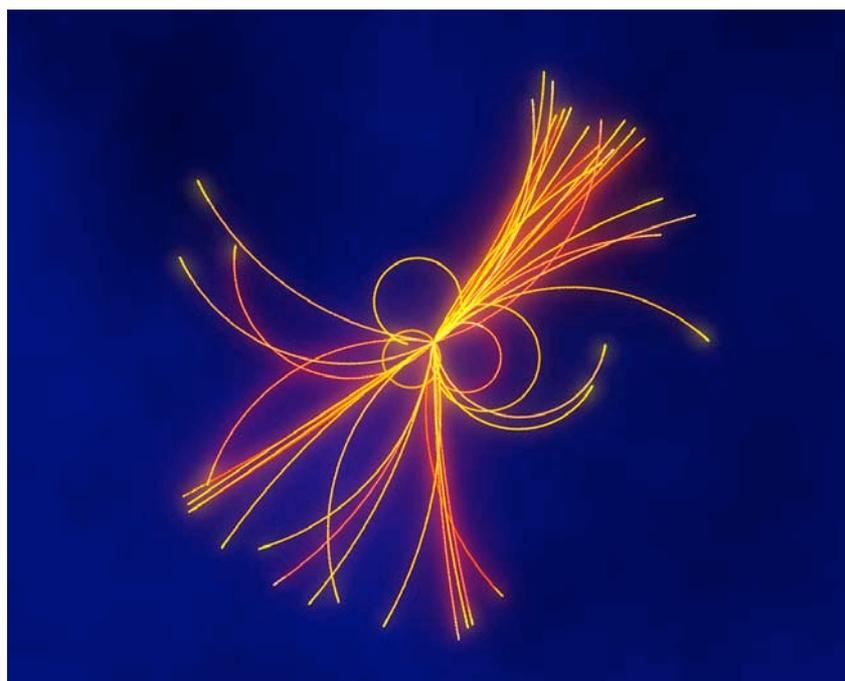
**P. H.:** Già. Per me l'articolo cruciale per stimolare l'interesse dei fisici sperimentali fu un articolo di John Ellis, Mary Gaillard e Dimitri Nanopoulos del 1976, *Un profilo fenomenologico del bosone di Higgs*, in cui dissero: "Davvero non riusciamo a dirvi qualcosa di più specifico su questo bosone, ma non perdetelo di vista – cercatelo!".

**V. DD.:** *Sì, mi pare si riferissero alla produzione del bosone di Higgs dalla fusione gluone-gluone.*

**P. H.:** Beh, ad ogni modo, fu scritto all'epoca in cui si costruiva il Sps (*Super Proton Synchrotron*), il collisore protone-antiprotone che cominciò a operare al Cern nel 1976. Così gli sperimentali furono messi in guardia: sapevano che avrebbero potuto trovare qualcosa dall'analisi dei loro dati.

**V. DD.:** *So che è stato al Cern la scorsa primavera (nell'aprile 2008). Che impressione le ha fatto sapere che hanno costruito una macchina che costa parecchi miliardi di qualsiasi valuta si voglia usare, euro, dollari o sterline, per cercare qualcosa che è saltato fuori dalla sua mente?*

**P. H.:** Beh, sono stato soddisfatto del contributo, seppur piuttosto esitante, di Ellis e gli altri... Ma il bosone di Higgs è stato venduto come il punto di forza delle macchine più recenti, come il Lep (il *Large Electron Positron collider*, operativo al Cern dal 1989 al 2002) e Lhc (il *Large Hadron Collider*, entrato in funzione di recente, sempre al Cern). E penso che, forse, non sia stata una tattica molto buona: con il Lep accadde che l'energia non arrivava abbastanza vicino alla produzione dell'Higgs, e quindi un articolo apparso sul Times, scritto da qualcuno che avrebbe dovuto informarsi meglio, disse che tanti miliardi di sterline svanivano così nel nulla (in un buco nero). (ride)



*Simulazione del decadimento del bosone di Higgs, che i fisici sperano di riuscire a rivelare nell'acceleratore Lhc, in funzione al Cern di Ginevra. (© Desy, Amburgo)*

Penso che non sia stato saggio enfatizzare così tanto quel particolare aspetto, visto che i fisici sapevano che ciò che la macchina stava per fare, era molto di più. Applicherei la stessa critica alla propaganda associata a Lhc. Se non trovano il bosone di Higgs, chi finanzia più qualsiasi altro collisore?

**V. DD.:** *Se posso indagare un po' più nel personale, questo circo generato intorno al suo nome la ha influenzata personalmente? Ha avuto qualche effetto sulla sua vita personale, su di lei come persona?*

**P. H.:** Beh, direi proprio di sì! Penso che ci siano sostanzialmente due aspetti nella mia vita che sono stati influenzati, dei quali le vorrei raccontare. Dal lato scientifico mi ha dato una tale reputazione esagerata che ha quasi soffocato la mia successiva attività di ricerca. Ci fu un periodo in cui non feci molto. Quando tornai a essere più attivo, mi interessai di supersimmetria, ma a quel punto ero davvero troppo vecchio per fare cose nuove, perché c'era già una vasta quantità di matematica coinvolta nella supersimmetria che non avrei potuto assorbire tanto rapidamente quanto le persone che stavano prendendo il loro dottorato e scrivevano i loro articoli in quel momento. Così alla fine lasciai perdere. Era all'inizio degli anni '80.

**V. DD.:** *Perché, non riusciva più a concentrarsi?*

**P. H.:** No, non è questo, ma era come se fossi diventato troppo ambizioso. Se mi fossi accontentato di lavorare su tematiche più semplici, avrei potuto produrre ancora qualcosa, ma avendo ottenuto un successo, pretendevo di dedicarmi agli ultimi sviluppi più promettenti che erano la supersimmetria, la supergravità e così via, ma non ero più in grado di apprendere tanto rapidamente.

L'altra cosa che le vorrei raccontare, e che mi influenzò probabilmente in un altro senso, è che tutto questo successo contribuì certamente alla rottura del mio matrimonio: penso che a quel tempo mia moglie non comprendesse a fondo quel che avevo fatto e quanto fosse importante per me. Così quando incominciai a dare la priorità a tutto ciò che riguardava la mia carriera, come ad esempio le varie conferenze, di più che agli interessi della mia famiglia, il matrimonio crollò. Questo ebbe l'effetto di farmi attraversare un periodo nel quale non produssi molto. Era più o meno all'epoca del lavoro di 't Hooft.

**V. DD.:** *Deve quindi avere vissuto sentimenti contrastanti in seguito alla sua fama: è stata una benedizione e una maledizione allo stesso tempo ...*

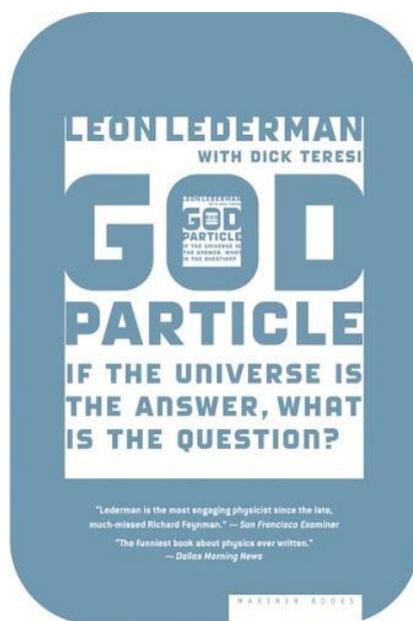
**P. H.:** Sì, ebbe naturalmente un impatto tremendo sulla mia autostima: ora ero un fisico teorico! Questo era un "impatto" troppo grande...! (ride) Prima mi ritenevo un "outsider" nella comunità dei fisici delle particelle, perché la mia tesi non aveva niente a che vedere con questa tematica...

**V. DD.:** *Vorrei arrivare anche a questo punto ... Ma prima le vorrei chiedere cosa pensa dell'ardire scherzoso che ebbe Leon Max Lederman (premio Nobel nel 1988), che voleva intitolare il suo libro sul bosone di Higgs "The goddamn particle", la particella dannata.*

**P. H.:** ...e l'editore non glielo permise.

**V. DD.:** *... per ragioni ovvie, giusto...? (ride) Così lo chiamò, levandolo semplicemente il damn, "The God particle", la particella di Dio. Naturalmente, dato che era solo una sorta di "scherzo", non dovremmo dare alla cosa troppa importanza. Ma la infastidì in qualche modo?*

**P. H.:** Eh sì! Anche se non sono mai stato credente, pensai che quel titolo avrebbe potuto offendere inutilmente. Una volta però passai la notte in un piccolo bed & breakfast nel nord della Scozia, prima di prendere un traghetto per le Isole Orcadi. C'era una buona collezione di libri in quel posto, e cosa vi trovai se non *La particella di Dio!* (ride)



*La copertina della più recente edizione del libro God Particle. If the Universe is the answer, what is the question?, scritto dal premio Nobel per la fisica Leon Lederman con Dick Teresi e pubblicato per la prima volta nel 1989. (© Mariner Books)*

**V. DD.:** Ecco!

**P. H.:** Non si poteva evitare.

**V. DD.:** *Ma è solo perché si chiamava “La particella di Dio” che lo trovò lì. Se si fosse chiamato “La particella dannata” non lo avrebbe mai trovato su quegli scaffali...*

**P. H.:** Mah, non saprei. I proprietari del bed & breakfast erano una coppia interessante. La maggior parte dei loro libri aveva a che fare con viaggi e scalate in montagna. Erano stati entrambi nell'esercito ed erano stati coinvolti in spedizioni e addestramenti in ogni tipo di posto, scalando anche le montagne più alte. Era questo era il loro principale background. Ma avevano chiaramente interessi molto vasti, e questo libro ne era solo una parte.

**V. DD.:** *Ora vorrei chiederle qualcosa sui suoi anni da studente. Potrebbe essere da stimolo per gli studenti di scuola superiore, che potrebbero scegliere di studiare fisica in futuro. Lei frequentò la scuola superiore negli anni '50, o forse '40?*

**P. H.:** Negli anni '40. La maggior parte del mio tempo trascorso nelle scuole superiori fu a Bristol durante la guerra. Ero in una scuola originariamente nominata *Merchant Venturer's Technical College* ma che era diventata *Cotham Grammar School*, una normale scuola superiore. Probabilmente fu lì che incominciai a interessarmi all'idea di fare il fisico teorico, ed eventualmente il fisico delle particelle. Uno dei miei primi ricordi è che stando in fondo all'aula delle assemblee guardavo la lista di nomi sulla targa alla fine della tribuna. Elencava i vecchi studenti della scuola che avevano guadagnato qualche distinzione, e c'era un nome che compariva molte volte: era quello

di Paul Dirac...! (ride) Ovviamente, mi chiesi subito cosa avesse fatto, ma trascorsero alcuni anni prima che lo scopriessi.

**V. DD.:** *Venne a contatto con la fisica delle particelle durante i suoi anni scolastici?*

**P. H.:** Avevo 16 anni all'epoca in cui caddero le bombe su Hiroshima e Nagasaki nel 1945, e i professori di fisica all'università di Bristol decisero che fosse loro dovere informare il pubblico riguardo alla scienza coinvolta nella produzione di quelle bombe. Organizzarono una serie di seminari pubblici. I due professori erano Cecil Powell, che scoprì il pione nel 1947 (premio Nobel nel 1950), e Neville Mott (premio Nobel nel 1977). Così andai a quei seminari. Ebbero un tale successo di pubblico che Powell decise di tenere un'altra serie di conferenze riguardanti più strettamente le sue ricerche, per vedere se il pubblico fosse interessato anche a quelle. Così, frequentando i seminari di Powell, appresi quale era lo stato della fisica delle particelle dal lato sperimentale, giusto un paio di anni prima che si scoprisse il pione. E questo mi diede un po' di preparazione in materia.

**V. DD.:** *Quindi, quando andò al college...*

**P. H.:** ... il King's College di Londra ...

**V. DD.:** ... *scelse il corso di laurea in fisica?*

**P. H.:** Sì, e mi ritrovai nel primo gruppo di studenti che ebbero l'opportunità di scegliere l'opzione fisica teorica all'ultimo anno. Così la scelsi. Saggiamente, perché non avevo speranze come fisico sperimentale...!

**V. DD.:** *Molti di noi hanno percorso quella strada... Cosa la portò a prendere anche il dottorato in fisica?*

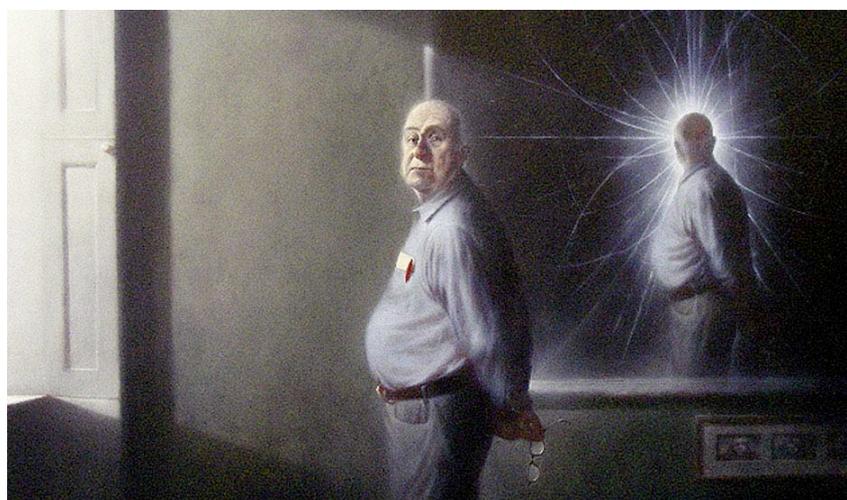
**P. H.:** Sin dai tempi in cui studiavo al King's College ero interessato alla ricerca nel campo delle scienze naturali, se per caso avessi ottenuto un diploma con voti sufficientemente alti. All'ultimo anno, nel 1949-50, ero tra gli studenti che presumibilmente avrebbero ottenuto un diploma con buoni risultati. Fummo invitati a un colloquio con il capo del dipartimento per vagliare la possibilità di un futuro impiego nell'ambito della ricerca. Il professore di fisica teorica era Charles Coulson, il cui ambito di ricerca, in realtà, era quello della chimica teorica. Quando mi chiese in che tipo di ricerca fossi interessato, dissi: "Ciò che voglio fare davvero è la ricerca in fisica delle particelle". E la sola persona con cui immaginavo di poter lavorare era Dirac, naturalmente, il quale si trovava a Cambridge. Coulson mi disse due cose. Innanzitutto che nessuno era riuscito a essere il dottorando di Dirac in persona e che a Cambridge era Nicholas Kemmer a fare da relatore per gli studenti. La seconda cosa che mi disse Coulson, fu: "La teoria della fisica delle particelle si trova in un grande caos, e come scelta per il dottorato è molto rischiosa. Può succedere di arrivare al termine del dottorato senza aver prodotto nulla di significativo." Così feci il compromesso di scegliere il dottorato in chimica teorica, ma visto che la mia laurea era in fisica, questo fu chiamato un dottorato in "fisica molecolare". Nel 1953, quando si avvicinò il momento di scrivere la tesi, fui nominato per una borsa di studio piuttosto prestigiosa. Il titolo completo era, credo, "Borsa di studio senior della Commissione Reale per l'Esposizione del 1851"...! (ride)

**V. DD.:** *Esiste ancora?*

**P. H.:** Sì, certo. La Commissione Reale per l'Esposizione del 1851 è un corpo istituito dopo la grande esposizione del 1851 a Hyde Park, a Londra. L'esposizione fu un grande successo, e penso che guadagnarono molti soldi, parte dei quali servì a costruire alcuni musei in South Kensington e

un'altra parte in un fondo per una borsa di studio piuttosto prestigiosa. Dirac era stato uno dei detentori di questa borsa. Abbastanza curiosamente non fui proposto dai teorici, ma fu John Randall, un professore sperimentale, a nominarmi. Gli sperimentali del King's College erano agli esordi della biologia molecolare. C'erano Maurice Wilkins (premio Nobel per la medicina nel 1962, insieme a James Watson e Francis Crick, per la determinazione della struttura del DNA) e Rosalind Franklin, che studiavano il DNA e cose di questo tipo. Penso che ciò che portò Randall a proporre proprio me per la borsa di studio, fu il fatto che avevo scritto un articolo o due sulla dinamica delle molecole elicoidali...! (ride)

Anni dopo mi scusai con Randall. Dissi che mi rendevo conto che doveva essere rimasto deluso per ciò che avevo fatto: ricevetti, infatti, la borsa di studio nel mio ultimo anno di dottorato a Londra, per chiedere poi alla commissione che me l'aveva attribuita: "Andrebbe bene se utilizzassi la restante parte per trasferirmi a Edimburgo?". Questo mi permise di trasferirmi a Edimburgo, dove Kemmer si era spostato da Cambridge. Kemmer era stato docente a Cambridge più o meno dalla fine della guerra fino al 1953 e succedette poi a Max Born sulla Tait Chair di fisica matematica a Edimburgo. Fu davvero una fortuna che l'anno seguente ebbi questa possibilità di spostarmi a Edimburgo, dove avevo deciso che avrei voluto vivere. Questo mi permise di cambiare il campo delle mie ricerche e arrivare a farle nella fisica delle particelle!



*Peter Higgs in una rappresentazione del pittore londinese Ken Currie del 2008. Il quadro è ospitato alla School of Informatics dell'Università di Edimburgo, in onore di Christopher Longuet-Higgins, chimico teorico e scienziato cognitivista, uno dei padri degli studi sull'intelligenza artificiale, del quale Higgs fu studente al King's College di Londra. (© Ken Currie, 2008)*

**V. DD.:** *Mentre me lo raccontava, pensavo che con Randall si fosse scusato per non avere scoperto la struttura elicoidale del DNA... Ma avrebbe potuto dire: "Beh, dopo tutto, ho trovato il Modello di Higgs"!*

**P. H.:** Beh, penso che l'interesse per la molecola elicoidale nascesse dal fatto che c'era la struttura elicoidale per le proteine proposta da Linus Pauling, e in seguito qualcuno di noi scrisse dei lavori sui diversi aspetti della simmetria elicoidale nelle molecole.

Ad esempio, Walter Gilbert, il cui articolo sul teorema di Goldstone ero riuscito a svincolare, come le ho raccontato all'inizio della nostra conversazione, più tardi vinse il premio Nobel per le sue ricerche nella biologia molecolare. Quando lo incontrai a Boston, era passato dalla fisica teorica, dove aveva lavorato a fianco di Jeffrey Goldstone a Cambridge, alla biologia molecolare. E ottenne il Nobel per la chimica, mi sembra, nel 1982. Fu grazie a una tecnica sperimentale che ideò – un cambiamento radicale rispetto a ciò che faceva prima da teorico! È una tecnica in cui si discrimina tra molecole di varie lunghezze, lasciandole diffondere attraverso uno strato di carta

assorbente, o qualcosa del genere. E questo era evidentemente molto importante nell'analisi di diversi aspetti di interesse per la biologia molecolare.

**V. DD.:** *Quindi, a metà degli anni '50 lei si trasferì a Edimburgo. Era il solo lì a lavorare in fisica teorica delle particelle?*

**P.H.:** Era la fine del 1954 (il mio dottorato era finito nell'estate del 1954). Beh, c'era un gruppo piccolo di teorici della fisica delle particelle. Nei primi anni, in realtà, stavo ancora imparando. Avevo frequentato alcune lezioni sulla teoria di campo quantistico a Londra, tenute da qualcuno che usava gli appunti delle lezioni di Dyson del 1951 a Cornell...! Kemmer era una persona che si lamentava sempre di non capire più cosa stava succedendo nella ricerca in fisica teorica, malgrado fosse stato con successo il relatore di un gran numero di studenti di Cambridge, molti dei quali erano poi diventati professori in questo campo di studi. Quando arrivai a Edimburgo, mi presentai da lui e mi permise di unirmi al suo gruppo di ricerca. Disse: "Io non ci capisco più molto: relazioni di dispersione, teoria della matrice  $S$ , ecc. Ma posso dirti cosa dovresti leggere" e mi diede una lunga lista di letture. Con questa lista in mano, mi lasciò solo a trovare la mia strada...



*Peter Higgs durante la conversazione con Vittorio Del Duca a Edimburgo nella casa di Peter Osborne, nel dicembre del 2008. (© Vittorio Del Duca)*