

**» INTERVISTA****IL CERN NEI 70 DELL'INFN****Intervista a Fabiola Gianotti, direttore generale del CERN**

*Dalla nascita dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, l'8 agosto del 1951, ad oggi, la storia della ricerca nella fisica fondamentale in Italia ha conosciuto settant'anni di eccellenza che hanno condotto a risultati e scoperte storici. Affondando le radici nell'intreccio tra due filoni di ricerca, la fisica del nucleo atomico e quella delle particelle cosmiche, l'istituzione dell'INFN avviene a breve distanza dalla nascita stessa della fisica delle particelle, costituendo fin da subito la solida base per i successi scientifici raccolti negli anni seguenti, a livello nazionale e nel contesto di sempre più estese collaborazioni internazionali. A tre anni di distanza dalla nascita dell'INFN, l'Europa unisce gli sforzi in direzione di un unico obiettivo di ricerca: la costituzione di un centro di ricerca internazionale per la fisica delle alte energie. Nasce così a Ginevra, nel 1954, il CERN che dal quel momento accompagnerà l'intero percorso di ricerca dell'INFN nel campo della fisica delle alte energie, attraverso risultati straordinari, fino al più recente, nel 2012: la scoperta, premiata con un Premio Nobel, del bosone di Higgs.*

*Tra i protagonisti dell'evento di apertura delle celebrazioni per i 70 anni dell'INFN, ["70 anni di conoscenza dell'universo"](#), che si è tenuto all'Auditorium Parco della Musica di Roma il 29 settembre 2021, il direttore generale del CERN Fabiola Gianotti ha ripercorso i passi fondamentali dell'avventura che ha portato alla scoperta del Bosone di Higgs e che, oggi, apre la strada alla ricerca delle nuove frontiere della scienza e della tecnologia nel campo della fisica fondamentale.*

*Riportiamo di seguito la trascrizione dell'intera intervista.*

**Quasi dieci anni fa, nel 2012, lei era a capo dell'esperimento ATLAS che, con l'esperimento CMS, ha annunciato la scoperta del bosone di Higgs. Come siamo arrivati a quel risultato?**

Ci sono voluti 30 anni. È questo il tempo trascorso dalle primissime idee sul Large Hadron Collider, nel 1984, alla scoperta del bosone di Higgs, nel 2012. Una scoperta che a mio avviso è emblematica del modo in cui lavora la comunità scientifica nel nostro campo, e del connubio virtuoso fra la ricerca, con la sua spinta all'esplorazione e l'ambizione a rispondere a questioni aperte, e la tecnologia che trova la massima espressione nel rapporto con l'industria e la collaborazione a livello mondiale. L'avventura della ricerca parte sempre da un'idea che è spesso quella di cercare di dare risposta a una domanda cruciale, come era, ad esempio, quella legata alla rottura della simmetria elettrodebole, la cui spiegazione poteva essere il meccanismo di Brout-Englert-Higgs e quindi l'esistenza

## » INTERVISTA

del bosone di Higgs, o magari qualcos'altro. In seconda battuta, ci si interroga su quali strumenti sono necessari per arrivare a rispondere alla domanda che ci siamo posti. Al tempo delle prime discussioni su LHC non c'erano ancora i dati di LEP, il precedente acceleratore del CERN, e quindi non c'erano vincoli sulla massa del bosone di Higgs tali da farci pensare a una particella leggera. In linea di principio la massa poteva arrivare fino a 1 TeV, quindi serviva un acceleratore molto potente, capace di accelerare i protoni ad energie di qualche TeV e produrre fasci molto intensi, visto che la produzione del bosone di Higgs è un processo debole. La realizzazione dell'acceleratore richiedeva quindi tecnologie molto complesse e avanzatissime, in particolare in termini di magneti superconduttori ad alto campo. Sapevamo inoltre che un acceleratore così potente avrebbe dato luogo a condizioni sperimentali molto ardue per i rivelatori. Quindi, questi ultimi avrebbero dovuto garantire non solo alte prestazioni ma, a causa delle energie e delle intensità delle collisioni, anche la capacità di operare in un ambiente estremamente complesso. Da qui la necessità di sviluppare tecnologie nuove, strumenti che potessero essere all'altezza di una sfida che all'inizio sembrava una missione impossibile. Ma dire a fisici o ingegneri che "l'impresa è impossibile" è il modo migliore per spingerli a trovare la soluzione del problema.

**Sono stati anni molto entusiasmanti e molto difficili.** Gli anni '90, in particolare, sono stati impiegati nello sviluppo delle tecnologie e degli strumenti - acceleratori, rivelatori e infrastruttura di calcolo - che ci permettessero di osservare il bosone di Higgs ed esplorare una nuova frontiera di energia. E quando si lavora al limite della tecnologia, la strada da percorrere non è in discesa e non è neanche in piano, è una strada in salita: si fanno tre passi avanti, due indietro, uno di lato, e quindi ci vuole molta tenacia, molta determinazione. L'industria ha giocato un ruolo molto importante. In generale, il modo in cui il CERN e le altre infrastrutture dedicate alla ricerca nel nostro campo, come i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, lavorano con l'industria, non è una modalità standard, basata su un classico rapporto tra cliente e fornitore: non firmiamo un assegno perché l'industria incaricata produca, ad esempio, i 1232 dipoli magnetici di LHC. Si lavora insieme fin dall'inizio. I prototipi vengono costruiti in laboratorio, insieme ai partner industriali più promettenti. Poi, quando la tecnologia è matura, la produzione viene trasferita all'industria per la costruzione su grande scala, di magneti o altre componenti di acceleratori e rivelatori. In questo modo l'industria è entrata molto presto nell'avventura di LHC. Inoltre, la sfida di LHC è stata condivisa con la comunità mondiale e questo sforzo comune ha avuto un ruolo fondamentale. La cooperazione a livello internazionale su larga scala è una caratteristica peculiare del nostro campo e può effettivamente rappresentare un esempio di come l'umanità debba e possa lavorare assieme per scopi nobili. Tra l'altro, la necessità di una collaborazione globale per risolvere le sfide della società è una delle lezioni principali che la pandemia ci ha insegnato.

La scoperta del bosone di Higgs, in sé, è avvenuta in tempi relativamente rapidi. In realtà non ci aspettavamo di trovarlo così in fretta: pensavamo di scoprire prima altre particelle, ad esempio quelle connesse alla supersimmetria, che poi non si sono rivelate essere presenti in natura, almeno alle energie esplorate finora. Già nel 2011, un anno e mezzo dopo l'accensione di LHC, quando siamo passati all'energia di 7 TeV, abbiamo visto qualche indicazione a una massa di circa 125 GeV e poi, nel 2012, il segnale del bosone di Higgs si è manifestato in tutta la sua intensità e bellezza. Abbiamo così potuto annunciare la scoperta.

## » INTERVISTA

***Le due grandi scoperte dell'ultimo decennio, del bosone di Higgs e delle onde gravitazionali, hanno richiesto molto tempo, tanta determinazione e una grandissima visione. Se non sbaglio c'è una nuova sfida alle porte, è così?***

Sì, per fortuna, ci sono nuove sfide. Se non ce ne fossero non andremmo avanti nel cammino della conoscenza, che è un cammino molto lungo. Se abbiamo una certezza oggi in fisica fondamentale è che ci sono molte questioni aperte a cui non sappiamo dare risposta. Alcune di queste questioni sono state individuate, anche se non abbiamo ancora le risposte. Queste sono quelle che chiamiamo i *known unknowns*, per esempio la materia oscura, il problema della massa del bosone di Higgs, le masse dei neutrini, eccetera. Poi ci sono i cosiddetti *unknown unknowns*, cioè misteri di cui non siamo ancora a conoscenza. Progredire nel cammino della conoscenza, significa anche capire quali sono le domande giuste da porsi. Un altro aspetto importante da sottolineare è che queste domande probabilmente hanno soluzioni che sono correlate tra loro. Capire, per esempio, il problema della massa dell'Higgs potrebbe darci anche indicazioni sulla materia oscura e viceversa. Si tratta di questioni molto complesse e non c'è ad oggi uno strumento che ci permetta di rispondere a tutto. Quindi la migliore strategia è mettere in opera tutti gli approcci sperimentali più promettenti che la fisica delle particelle e la fisica astroparticellare hanno sviluppato nel corso dei decenni, grazie anche al progresso straordinario delle tecnologie degli acceleratori, dei rivelatori di particelle e della strumentazione in generale. Questi approcci includono la fisica agli acceleratori, gli esperimenti sotterranei che studiano le particelle che arrivano dal cosmo, gli strumenti installati sui satelliti, eccetera.

**Storicamente, gli acceleratori di particelle sono stati il nostro strumento principale, dal punto di vista sperimentale, per costruire il Modello Standard**, da quando sono subentrati, nella metà del secolo scorso, lo studio dei raggi cosmici per lo studio delle particelle elementari. E gli acceleratori continueranno a giocare un ruolo importantissimo anche nel futuro. Non è pensabile di poter rispondere alle questioni aperte senza l'apporto degli acceleratori. E quindi bisogna cominciare a pensare al prossimo *collider* dopo LHC. Come è noto, la comunità europea dei fisici delle particelle ha individuato come progetto più promettente dal punto di vista scientifico il *Future Circular Collider* (FCC), un anello di 90-100 km che permetterebbe dapprima collisioni elettroni-positroni per poi confluire in una macchina adronica. La motivazione di fisica viene innanzitutto dal bosone di Higgs, che può essere studiato soltanto agli acceleratori. E il bosone di Higgs è una particella speciale: ha caratteristiche diverse da tutte le altre particelle elementari scoperte finora e interagisce con una forza diversa; si pensa quindi che possa essere la chiave per rispondere ad alcune delle questioni aperte.

Per studiare nel dettaglio il bosone di Higgs abbiamo bisogno di un acceleratore più grande e più potente. FCC è un progetto molto ambizioso e di nuovo, come nel caso di LHC, l'impresa sembra una missione impossibile, ma sono sicura che se si decidesse di andare in questa direzione, arriveremo a realizzarlo.

**A questo proposito vorrei sottolineare un aspetto importante.** Nel caso di LHC e dei suoi esperimenti, come anche degli esperimenti per la rivelazione delle onde gravitazionali, alla fine, nonostante la loro complessità e le difficoltà che si sono dovute affrontare per costruirli, la performance ha superato le più rosee e ottimistiche attese in maniera molto significativa. Questo significa che la nostra comunità è capace di realizzare progetti molto complessi

## » INTERVISTA

e ambiziosi, mantenendosi entro il budget prestabilito, raggiungendo in pieno, o addirittura superando, le attese. E questa è una pietra miliare in vista di progetti futuri ancora più ambiziosi.

La registrazione integrale dell'evento "70 di conoscenza dell'Universo" è disponibile al [link](#). ■