

Uscita didattica al CERN di Ginevra

// CERN

Il CERN, l'organizzazione europea per la ricerca nucleare, è un'associazione istituita in Europa, che conta ormai 21 stati membri, nata nel 1952 come corpo provvisorio fondato con il mandato di stabilire un'organizzazione europea per la ricerca sulla fisica delle particelle fondamentali. L'organizzazione ha sede in un laboratorio fondato nel 1954, situato lungo la frontiera franco-svizzera, vicino a Ginevra. L'organizzazione è stata quindi una delle prime occasioni di associazione unitaria europea, soprattutto nel campo degli studi scientifici.



Lo scopo del CERN è quello di rispondere ad alcune di quelle millenarie domande a cui i ricercatori di tutto il mondo cercano di trovare risposte, come “Di cos’è fatto l’universo?”, “Come è iniziato?” o anche “Cosa ci riserva il futuro?”. Fisici e ingegneri provenienti da tutta l’Europa cercano, qui al CERN, di formulare ipotesi e dimostrarle scientificamente, mediante esperimenti condotti nel campo della fisica delle particelle, ossia quella particolare branca della fisica teorica e sperimentale che si occupa di conoscere meglio le parti fondamentali di cui è costituita la materia dell’universo: le particelle fondamentali o elementari.

La Struttura

Gli esperimenti condotti oggi al CERN vengono effettuati sfruttando un complesso dei migliori acceleratori di particelle del mondo intero (gli acceleratori totali sono 7, costruiti in vari periodi per aumentare sempre più l’energia delle particelle e la precisione dei dati raccolti), e mediante l’ulteriore utilizzo di alcune delle più innovative e precise apparecchiature di rilevamento, attraverso le quali i ricercatori cercano di ricostruire in maniera controllata gli avvenimenti immediatamente successivi al Big Bang, in modo da poter studiare in modo approfondito le particelle create, il loro comportamento, e le forze con cui agiscono tra di loro e con l’ambiente in cui si trovano.

Ma vediamo più nel dettaglio di spiegare cos’è effettivamente un acceleratore di particelle, per meglio comprendere come i fisici e gli ingegneri possano sperimentalmente ricreare la nascita del nostro universo e raccogliere dati che possano essere di supporto per le varie teorie ipotizzate nel tempo.

In fisica delle particelle un **acceleratore di particelle** è una macchina il cui scopo è quello di produrre fasci di ioni o particelle subatomiche (elettroni, positroni, protoni, antiprotoni etc.) con "elevata" energia cinetica. All’interno di questa branca della fisica, questi fasci di particelle di elevata energia permettono di sondare, e quindi studiare oggetti di dimensioni molto piccole, come, per l’appunto, le particelle fondamentali di cui parlavamo prima. Esistono vari metodi per accelerare le particelle, basati sull’uso di campi elettrici e magnetici, in modo da fornire energia alle stesse particelle (campi elettrici), e spingerle su una traiettoria curvilinea (campi magnetici).

Vediamo però nel dettaglio di comprendere bene il metodo utilizzato all'interno del LHC, il "Large Hadron Collider", lo specifico acceleratore di particelle ad anello del CERN.

LHC

Il Large Hadron Collider è il più grande e più potente acceleratore esistente al mondo. È stato messo in funzione il 10 settembre 2008, e rimane tutt'ora l'ultima addizione al complesso di acceleratori del CERN (quello di cui parlavamo prima, composto da 7 acceleratori). L'LHC consiste in un anello di lunghezza pari a 27 chilometri di magneti superconduttori, posto a 100 metri sotto al livello del suolo e dotato, lungo il proprio percorso, di strutture acceleranti (quelle che generano i campi elettrici descritti in precedenza).

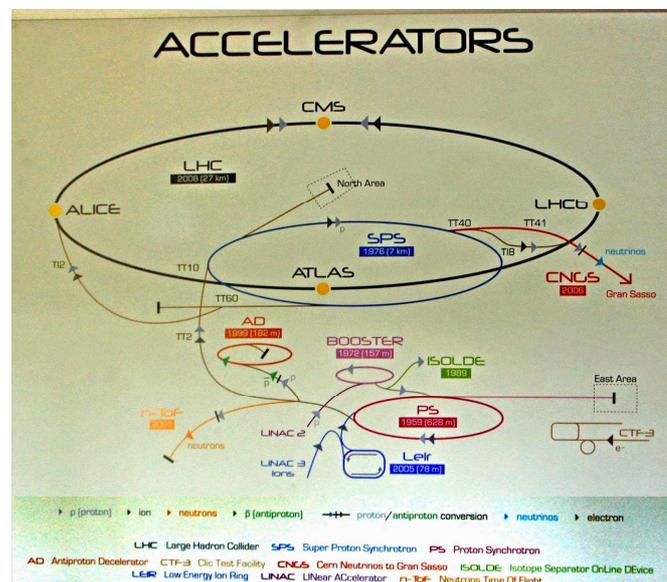


Condotto del LHC

All'interno dell'acceleratore, due fasci di particelle (hadron, adroni, una famiglia di particelle caratteristiche per la presenza al loro interno di quark, tra cui troviamo anche protoni e neutroni) ad alta energia vengono fatti viaggiare a velocità prossime a quella della luce, prima di essere mandati a collidere tra loro o contro oggetti statici. I fasci viaggiano in senso contrario e in condotti separati, e sono guidati all'interno dell'anello dell'acceleratore mediante un campo magnetico che viene mantenuto costante da elettromagneti superconduttori. Questi sono costruiti mediante bobine di cavi elettrici particolari in grado di operare in stato di superconduttori, ossia conducendo efficientemente l'elettricità senza dispersione di energia o perdite dovute all'attrito. Questa proprietà può essere ottenuta mantenendo la temperatura dei magneti a $-271,3^{\circ}\text{C}$, circa 2 Kelvin, una temperatura inferiore a quella dello spazio aperto, e per far sì che essa rimanga costante, l'acceleratore è connesso ad un sistema di distribuzione di elio liquido, in grado di raffreddare a sufficienza i magneti, e fornire anche altre funzionalità. Migliaia di magneti di differenti tipologie e dimensioni sono quindi utilizzati per dirigere il fascio di particelle all'interno dell'anello dell'acceleratore. Una tipologia caratteristica si trova vicino ai punti di collisione, e ha l'obiettivo di "addensare" i fasci di particelle, in modo da aumentare la possibilità di collisione delle particelle stesse, avvenimento che viene programmato in 4 precisi luoghi dell'anello, corrispondenti alle posizioni dei quattro rivelatori di particelle, operanti ognuno per un progetto differente, ATLAS, CMS, ALICE e LHCb.

La Catena di Acceleratori

Un'ultima precisazione da fare prima di passare ad analizzare questi quattro differenti progetti riguarda il complesso degli acceleratori presenti al CERN. L'LHC infatti, pur essendo l'ultimo per data di costruzione e il migliore per qualità e caratteristiche, non è in funzione da solo. Come dicevamo prima, il CERN ospita un complesso di 7 acceleratori di particelle, costruiti successivamente nel tempo, per aumentare sempre più l'energia e la velocità delle particelle accelerate, nonché la precisione dei dati raccolti sperimentalmente. I vari acceleratori sono comunque tutti contemporaneamente operativi, e i fasci di particelle li attraversano in successione, a



partire dai LINAC, o acceleratori lineari, i quali generano particelle a basse energie, che vengono poi immesse nel PS booster, che aumenta la loro energia prima di immetterle nel PS o dirigerle verso le sedi di esperimenti separati. Dopo il PS (Proton Synchrotron), costruito nel 1959, si passa al SPS (Super Proton Synchrotron), un acceleratore circolare costruito nel 1976, con lo scopo, tra gli altri, di agire da booster finale per iniettare le particelle nel LEP (Large Electron Positron collider), il penultimo acceleratore costruito, smantellato negli anni 2000 per essere rimpiazzato dal nuovo e migliore LHC, ultimo della serie, entrato in funzione, come dicevamo prima, il 10 settembre 2008.

Gli Studi

Possiamo ora passare a parlare dell'effettivo studio condotto mediante l'LHC, che si sviluppa secondo i quattro progetti denominati in precedenza. Lo scopo dell'LHC è quello di ricreare le condizioni del Big Bang, l'esplosione che ha dato origine alla materia che compone l'universo come lo conosciamo. Questo scopo viene perseguito facendo collidere tra loro fasci di particelle atomiche, come per esempio protoni, in modo da creare esplosioni controllate, come una serie di mini-Big Bang, osservando poi, tramite rivelatori e apparecchiature varie, il comportamento delle particelle che si vengono a creare immediatamente dopo, tra le quali possiamo anche osservare composti di anti-materia. Queste particelle, sparite qualche miliardesimo di secondo dopo il Big Bang, sono proprio l'oggetto di studio della fisica delle particelle studiata al CERN, insieme anche a tutte le altre particelle osservate come costituenti fondamentali della materia.

Per questo, al CERN si studiano le reazioni fondamentali avvenute tra le particelle primordiali ad un tempo di circa 10^{-11} secondi dopo l'avvenimento del Big Bang. Queste stesse particelle vengono studiate e classificate misurandone la carica, la velocità, l'energia, da cui poi possiamo ricavare massa e tipologia. Le misure vengono fatte mediante varie e complesse apparecchiature, le quali possono fornirci dati calcolabili che ci consentono di studiare al meglio il comportamento delle particelle tra loro e le loro reazioni con l'ambiente circostante. Per esempio, durante gli studi, sono state trovate anche particelle primordiali che non vengono rilevate dalle strumentazioni per la durata completa del loro tragitto, perché esse sono ipotizzate capaci di entrare in ulteriori dimensioni spaziali, oltre alle 3 da noi conosciute (si ipotizza che esistano almeno 9 dimensioni spaziali totali, a cui si aggiunge quella temporale).

I Progetti Principali

I progetti di cui parlavamo prima, ATLAS, ALICE, CMS e LHCb, sono quattro differenti metodi di approccio allo studio delle particelle fondamentali, che si differenziano essenzialmente per lo scopo, da cui ne deriva una differenza anche per quanto riguarda la struttura dei rivelatori di particelle.

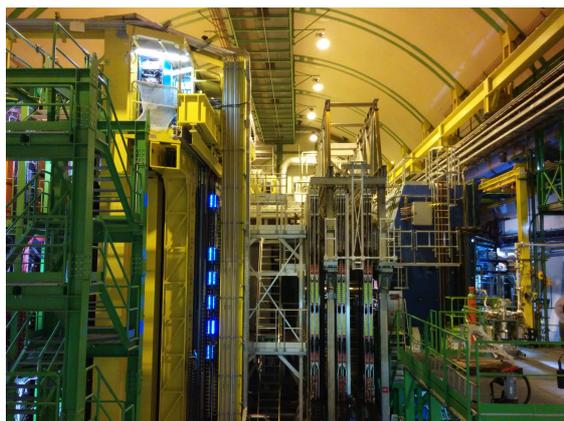
Nell'ordine, lo scopo di ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS) e CMS (Compact Muon Solenoid) è stato principalmente quello di contribuire alla scoperta del bosone di Higgs, la famosa particella che fornisce la massa a tutte le altre, ed oggi vengono utilizzati per ulteriori esperimenti sul comportamento di questa particolare particella. In più, CMS in particolare, si occupa della ricerca di nuove dimensioni spazio-temporali, come dicevamo prima.

ALICE (A Large Ion Collider Experiment) è un progetto il cui scopo è quello di studiare la fisica della materia sottoposta alle interazioni forti che possiamo riscontrare a densità di energia estreme, studiando le quali i ricercatori si aspettano di scoprire la formazione di una nuova fase della materia chiamata plasma quark-gluone.

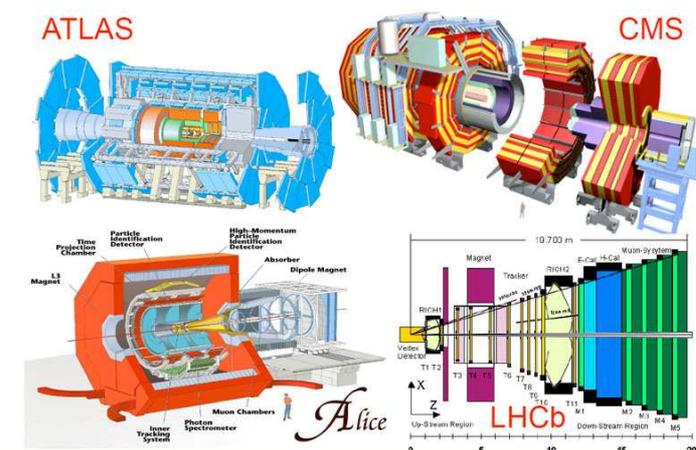


In ultimo, LHCb (Large Hadron Collider beauty), è un esperimento che studia le collisioni di protoni prodotte dall'acceleratore LHC ad energie molto elevate. Il suo obiettivo principale è la ricerca e lo studio di un tipo particolare di particelle

quark, i quark beauty, chiamati anche bottom, di cui si è ipotizzata l'esistenza per spiegare la violazione della simmetria CP, un tipo di simmetria quasi esatta delle leggi di natura nell'ambiente di uno scambio tra particelle e antiparticelle corrispondenti. Questi quark sono particelle che si trovano all'interno degli adroni, una famiglia di particelle più grandi, ma comunque subatomiche, tra cui ritroviamo protoni e neutroni, i quali sono dotati di 3 quark. Al momento della collisione dei protoni lanciati all'interno dell'acceleratore, i quark si liberano e sono liberi di interagire tra loro. Lo scopo dei ricercatori aderenti al progetto LHCb è quindi di studiare questi quark, e in particolare quelli della categoria beauty, per verificare la veridicità della loro esistenza, sulla base della violazione della simmetria CP.



Vista laterale di alcuni strumenti di rilevazione del LHCb



Schematizzazione dei rivelatori di particelle

Un progetto invece previsto per il futuro del CERN è quello del CLIC (Compact Linear Collider), ossia un acceleratore lineare di particelle che lavora fornendo ad esse un'energia superiore a quella che ricevono oggi all'interno del LHC, per proseguire nella ricerca della fisica delle particelle oltre alle potenzialità massime del LHC.

Successi ottenuti dal CERN e contributi alla scienza

Negli anni il CERN ha conseguito vari importanti successi nel campo della fisica delle particelle, tra i quali ricordiamo la scoperta dei bosoni W e Z, nel 1983, per la quale fu tra l'altro dato un premio nobel all'italiano Carlo Rubbia (ricordiamo che gli scienziati italiani sono quelli presenti in maggior numero al CERN), e la scoperta di un bosone compatibile con quello di Higgs, avvenuta nel 2012, che ha portato al conferimento di un premio nobel per la fisica a Peter Higgs e Francois Englert. Inoltre, ricordiamo anche che il World Wide Web stesso, ossia uno dei principali servizi di internet al mondo, è nato al CERN, nel 1989, da un'idea di Tim Berners-Lee e Robert Cailliau.

Giudizio riguardo all'uscita

Siamo stati molto soddisfatti dell'uscita didattica realizzata al CERN, e pensiamo che sia stata una perfetta occasione per approfondire in modo interessante un argomento di studio potendo osservare "sul campo" di cosa effettivamente si tratta. La conferenza introduttiva è stata condotta in modo da interessare noi studenti, ed è riuscita a chiarire termini e particolari importanti, che si sono poi rivelati fondamentali, integrati con le conoscenze da noi già possedute, per riuscire a capire la spiegazione effettuata durante la visita guidata all'interno del LHCb. Riteniamo sia stata un'uscita didattica riuscita a pieno, e proponiamo di ripeterla anche con le classi future, se ne si avrà la possibilità.

Fonti:

home.web.cern.ch/

en.wikipedia.org/wiki/CERN

en.wikipedia.org/wiki/particle_accelerator