

## RELAZIONE DI FISICA

### **LA FISICA DAL VIVO – CERN & LHC**

#### **LA NOSTRA GIORNATA:**

Martedì 4/10/14 noi ragazzi di 5°A, insieme agli alunni di 5°I, abbiamo fatto un'uscita didattica alquanto singolare: ci siamo recati a Ginevra per visitare il CERN (Centro Europeo per la Ricerca Nucleare) e siamo scesi ad osservare l'LHCb, un acceleratore di particelle, accompagnati dai Professori Boschetto, Rola, Brivio e da Elio, il nostro tecnico di laboratorio.

Partiti alle 05:00 del mattino, abbiamo raggiunto Ginevra alle 10:30 circa.

Prima di visitare il CERN, ci siamo recati al Globe, una cupola alta 27 metri e con un diametro di 40 metri, in cui è esposta una mostra permanente, intitolata "Universe of Particles", dedicata al mondo delle particelle che compongono l'universo "dall'infinitamente piccolo all'infinitamente grande": si tratta di sfere luminose interattive che mostrano come è nato l'universo dal Big Bang e come si è evoluto sino ad oggi. Le spiegazioni sono disponibili in italiano, francese, inglese e spagnolo.

Successivamente ci siamo recati all'interno del CERN dove abbiamo potuto visitare una seconda mostra intitolata "Microcosm" che, attraverso riproduzioni e simulazioni, ripropone gli esperimenti effettuati al CERN e spiega l'evoluzione del famoso acceleratore di particelle. Alcune riproduzioni che abbiamo potuto osservare comprendono una lampada al plasma, un esempio di come la forza di gravità agisca diversamente su un peso a seconda che esso si trovi sulla Terra o sulla Luna, l'importanza delle forze elettromagnetiche, l'esperimento di Thomson, l'esperimento di Rutherford, pannelli esplicativi ed illustrativi sui vari acceleratori presenti nel centro.

Dopo la pausa pranzo nella mensa del CERN abbiamo anche avuto la fortuna immensa di poter fare una foto insieme al Premio Nobel Carlo Rubbia, direttore generale del CERN dal 1989 al 1994! In passato, il professor Rubbia affermò: *«Parlare di origine del mondo porta inevitabilmente a pensare alla creazione e, guardando la natura, si scopre che esiste un ordine troppo preciso che non può essere il risultato di un "caso", di scontri tra "forze" come noi fisici continuiamo a sostenere. Ma credo che sia più evidente in noi che in altri l'esistenza di un ordine prestabilito nelle cose. Noi arriviamo a Dio percorrendo la strada della ragione, altri seguono la strada dell'irrazionale.»* .

Queste parole, espresse da un uomo di scienza, ci hanno fatto molto riflettere circa la presunzione umana di dare una spiegazione meramente razionale e scientifica a tutti i processi naturali.

Successivamente ci siamo recati in una sala dove abbiamo assistito ad una conferenza di 45 minuti circa, nel corso della quale ci sono state illustrate alcune tabelle riguardanti l'affluenza al Cern di studenti provenienti dai Paesi membri dell'Organizzazione e dove ci hanno illustrato i vari tipi di acceleratori di particelle che sono stati prodotti dagli scienziati e dai fisici che studiano e lavorano presso quella struttura. Gli acceleratori sono quattro: ALICE, ATLAS, CMS e LHCb.

Noi abbiamo avuto la fortuna di poter visitare quest'ultimo: dopo aver indossato l'elmetto e aver superato il controllo di un metal detector, ci siamo divisi a gruppi di 8 persone e siamo scesi sotto terra ad una profondità di circa 100 metri con un ascensore; qui un fisico ci ha fatto da guida e ci ha illustrato la struttura ed il funzionamento dell'acceleratore. Chiaramente, data la complessità della struttura, non abbiamo potuto avvicinarci molto, tuttavia, abbiamo potuto avere una visione pressochè completa della macchina.

Tornati in superficie, abbiamo attraversato nuovamente il controllo del metal detector e, restituito l'elmetto, abbiamo ripreso la strada di casa, stanchi, ma certamente soddisfatti della nostra avventura "nel mondo delle particelle".

### **MA, PRECISAMENTE, CHE COS'E' IL CERN?**

Il laboratorio del CERN (Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare) è stato fondato nel 1954 a cavallo della frontiera franco-svizzera e più precisamente a Ginevra. Da allora è diventato un modello di collaborazione internazionale (che conta oggi 21 stati membri), il cui statuto non prevedeva alcun tipo di rapporto in campo militare. Il Cern riunisce più di 10000 scienziati provenienti da circa 100 Paesi e viene considerato come il laboratorio di fisica delle particelle più grande del mondo; esso ha elaborato un progetto ambizioso: dilatare i confini della tecnologia e dell'ingegneria e formare giovani studiosi ed ingegneri che saranno gli esperti di domani. In questo laboratorio gli scienziati collaborano per studiare i costituenti fondamentali della materia e le forze che li tengono insieme.



*Esterno del CERN*

Attraverso le spiegazioni degli esperti, abbiamo potuto apprendere lo sviluppo degli acceleratori di particelle che si trovano al CERN. Questi dispositivi, che sono macchine che accelerano i fasci di particelle fino a farli collidere l'uno con l'altro oppure contro un bersaglio (come per esempio un piccolo pezzo di metallo) e che solitamente hanno una forma circolare, utilizzano intensi campi elettrici, che danno energia ai fasci di particelle, e campi magnetici che li guidano. Così i fisici studiano la materia.

Nelle collisioni, l'energia in gioco è molto grande e questo permette di ricreare in laboratorio condizioni simili a quelle esistenti pochi istanti dopo il Big Bang. Studiare quegli avvenimenti ci aiuta a comprendere perchè l'universo di oggi è come lo vediamo.

Cosa avvenne esattamente durante il Big Bang?

Circa 13,7 miliardi di anni fa, un'enorme esplosione di energia diede origine al nostro universo.

L'universo primordiale si raffreddò e cominciò ad espandersi; le particelle elementari, fino ad allora sparpagliate in una specie di "brodo", si aggregarono progressivamente fino a formare gli atomi. La gravità li trasformò in stelle e le stelle formarono le galassie. Elementi più pesanti si formarono all'interno delle stelle, per poi essere scaraventati nello spazio in esplosioni di supernove. Osservando i prodotti dell'urto si ottenevano informazioni sulla struttura dei nuclei atomici della materia bombardata, come ci mostra l'esperienza di Ernest Rutherford nel 1919. Successivamente l'attenzione dei fisici si è rivolta alle nuove particelle prodotte nell'urto tra una particella veloce e un nucleo atomico. Infatti l'energia si può trasformare in massa, come previsto dalla relazione  $E=mc^2$  scoperta da Einstein, e l'energia liberata nella collisione dà spesso origine a particelle che prima non esistevano.

Queste particelle instabili sopravvivono per meno di un milionesimo di secondo dopo l'urto e non si trovano nella materia di cui è fatto il mondo intorno a noi. In un acceleratore, dunque, le collisioni permettono di creare nuove particelle a patto che queste abbiano massa inferiore all'energia complessiva delle particelle che collidono.

-Lo scopo della nostra visita era soprattutto quello di vedere da vicino le parti che compongono l'acceleratore e quello di approfondire ed ampliare le nostre conoscenze direttamente con coloro che lavorano al CERN.-

In realtà la vera missione del CERN è quella di trovare delle risposte a domande millenarie riguardanti noi e l'Universo: di che cosa siamo fatti? Da dove veniamo? Di che cosa è fatto l'universo e come si è evoluto fino ad oggi?

Per quanto riguarda la prima domanda sappiamo che i costituenti fondamentali della materia sono particelle minuscole, molto più piccole degli stessi atomi. I principali tipi di particelle che ci compongono sono: elettroni, protoni e neutroni; a loro volta protoni e neutroni contengono al loro interno dodici tipi di quark e leptoni (particelle simili all'elettrone). Tuttavia, quattro tipi diversi di particelle elementari sono sufficienti a formare tutta la materia che ci circonda: il quark up, il quark down, l'elettrone e il neutrino dell'elettrone.

In natura esistono altri tipi di particelle elementari, per esempio quelle presenti nei raggi cosmici. Questi ultimi non sono altro che sciami invisibili di particelle generate quando altre particelle molto energetiche, provenienti dallo spazio profondo, entrano in contatto con l'atmosfera terrestre. Questo effetto è all'origine della pioggia cosmica. Per fare evolvere l'universo queste particelle vengono legate tra di loro per mezzo di alcune forze elementari, ovvero: la forza elettromagnetica, la forza forte e la forza gravitazionale che uniscono le particelle per formare strutture composte. Si tratta di forze molto importanti ed è necessario dunque fare una precisazione su ognuna di esse:

-La forza elettromagnetica è fondamentale in quanto senza di essa, gli atomi del nostro corpo si disgregherebbero uno dall'altro. Infatti gli elettroni di carica negativa vengono mantenuti in movimento intorno al nucleo positivo. Gli atomi mettono in comune i loro elettroni per formare le molecole e in questo modo determinano la struttura della materia. Come suggerisce il suo nome, la forza elettromagnetica ha una doppia natura: una carica elettrica in movimento crea un campo magnetico. Questa profonda connessione tra elettricità e magnetismo fu descritta da Isaac Maxwell nel 1864. Infine, la forza elettromagnetica può essere sia attrattiva che repulsiva.

- Per quanto riguarda la forza forte, se essa non esistesse non potrebbe esserci vita: il carbonio della materia vivente è sintetizzato infatti nelle stelle grazie alla forza forte. I nuclei atomici più leggeri si legano a formare nuclei più pesanti secondo un processo chiamato fusione nucleare. Come suggerito dallo stesso nome, la forza forte è la più potente delle forze elementari anche se la sua sfera di influenza si limita alle dimensioni del nucleo atomico. E' proprio essa infatti che tiene insieme i quark nei protoni di carica positiva. Senza questa "colla", i quark si separerebbero per la presenza della forza elettromagnetica repulsiva. Tuttavia, in realtà, risulta impossibile separare i due quark: ci vuole così tanta energia che nel processo viene prodotta una seconda coppia di quark.

- Infine, per quanto riguarda la forza gravitazionale, senza di essa, voleremmo nello spazio. La gravità tiene insieme la materia: ci mantiene sulla Terra, mantiene la Terra in orbita intorno al Sole e mantiene il sistema solare in orbita intorno al centro della galassia. Ogni cosa che abbia una massa percepisce l'azione attrattiva della gravità. Nonostante la sua onnipresenza, la gravità risulta essere la più debole tra le forze. Essa diventa insignificante alla scala umana e a scale ancora più piccole, l'attrazione gravitazionale tra elettrone e protone è circa 10 alla quarantasei volte più debole dell'attrazione elettromagnetica.

La forza debole invece, è la causa del decadimento beta, una forma di radioattività che provoca la fusione nucleare all'interno del sole. La forza debole è diversa dalle altre: la sua manifestazione più diffusa è la disintegrazione spontanea dei nuclei pesanti. Nel decadimento beta, un quark down si trasforma in un quark up con l'emissione di un elettrone. Queste forze in realtà non sono altro che particelle, in quanto due particelle sono uno scambio di forza e vengono chiamate bosoni, ad esempio il fotone è il bosone della forza elettromagnetica, il gluone quello della forza forte, il bosone vettore W e Z per la forza debole e si ipotizza il Gravitone per la forza gravitazionale, ma quest'ultimo non è ancora stato scoperto.

Questo modello funziona se le particelle prese in considerazione non hanno una massa, ovvero la resistenza che un corpo pone per essere accelerato. Se consideriamo la legge della relatività di Einstein, i corpi senza una massa non possono essere accelerati all'infinito quindi hanno un limite di velocità, ovvero la velocità della luce, e i corpi senza massa devono quindi muoversi proprio a questa velocità. Quindi per Einstein noi dovremmo muoverci fino alla velocità della luce. Ma come è possibile ciò? Significherebbe che nel modello standard è presente un problema di fondo.

Questo problema fu successivamente risolto da Peter Higgs nel 1964 che riuscì a spiegare come queste particelle acquisissero una massa, introducendo in concetto del bosone di Higgs, che tuttavia fu scoperto solo nel 2012. Il bosone di Higgs è una particella molto pesante che interagisce con il suo campo elettrico. Il bosone permea l'universo e il suo campo è sempre presente in esso, permettendo alle particelle di acquisire una massa.

### LHCb

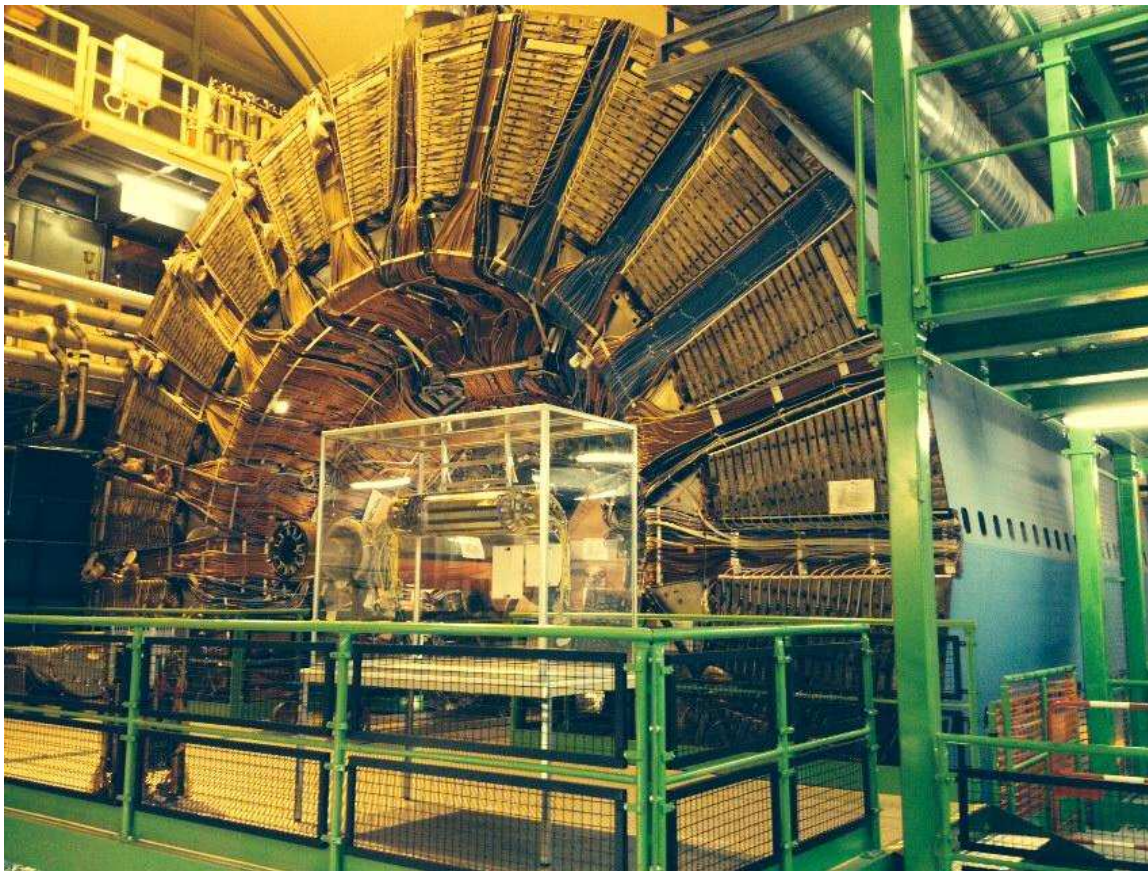
Al CERN è installata la macchina più potente mai realizzata finora, il Grande Collisore di Androni, o LHC (dall'inglese Large Hadron Collider). Questa macchina è installata in un tunnel di 27 km di circonferenza, scavato tra 50 e 150 metri sotto terra, tra le montagne del Giura francese e il lago di Ginevra in Svizzera. Esso è situato circa 100 m sottoterra. Questo tunnel era stato costruito per ospitare l'acceleratore precedente, il Grande Collisore di Elettroni e Positroni, o LEP (dall'inglese Large Electron Positron collider). L'LHCb è composto da ben 1300 magneti superconduttori raffreddati a temperature molto basse, ed ognuno di essi è formato da circa 3000 pacchetti di particelle, che a loro volta contengono circa 100 miliardi

di particelle. I magneti guidano i due fasci di particelle dello stesso tipo (protoni o ioni di piombo) permettendo collisioni frontali tra di esse. Tuttavia le particelle sono così piccole che la probabilità di scontro tra due di esse è estremamente bassa, ed anche per questo motivo vengono utilizzati i magneti: ossia per focalizzare i fasci, comprimendo le particelle una accanto all'altra per aumentare le possibilità di collisione quando i fasci si incrociano. Perciò il compito principale di questi magneti è quello di curvare i protoni che si trovano nel campo elettrico verso l'anello di un acceleratore mediante la forza di Lorentz. Questi fasci vengono preparati nella catena di acceleratori del CERN (simili a quello contenuto in un televisore) prima di essere iniettati in LHCb, dove circolano in un vuoto paragonabile allo spazio intergalattico e dove raggiungono alte energie necessarie per gli esperimenti di fisica delle particelle. I vari "strati" del rivelatore misurano le diverse proprietà delle particelle prodotte nelle collisioni. I rivelatori di traccia danno informazioni sul percorso delle particelle dal punto di collisione verso l'esterno del rivelatore. Altri strati, chiamati calorimetri, misurano l'energia delle particelle. Il progetto LHC impegna oltre 10.000 scienziati e ingegneri provenienti da 500 istituti e industrie di tutto il mondo. I componenti dell'LHC sono costruiti in molti paesi europei, ma anche in Canada, negli Stati Uniti, in Giappone, in India e in Russia.

Grazie a quattro enormi rivelatori di particelle - ALICE, ATLAS, CMS e LHCb - si possono osservare queste collisioni ed esplorare territori ancora sconosciuti della materia, dello spazio e del tempo.



*Illustrazione 1: Sensori posti all'LHCb*



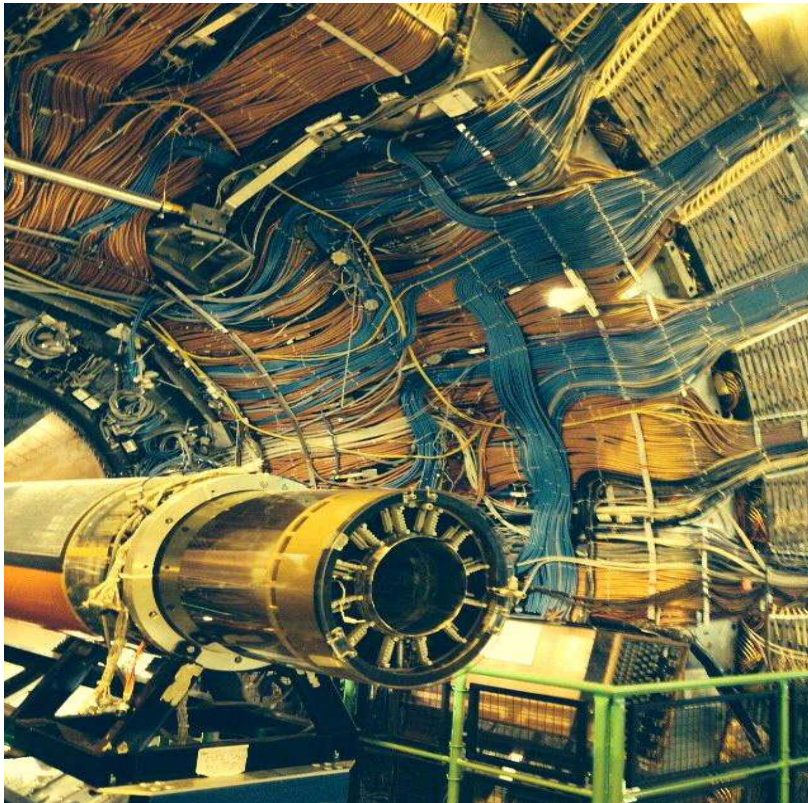
LEP

### UN GIUDIZIO PERSONALE:

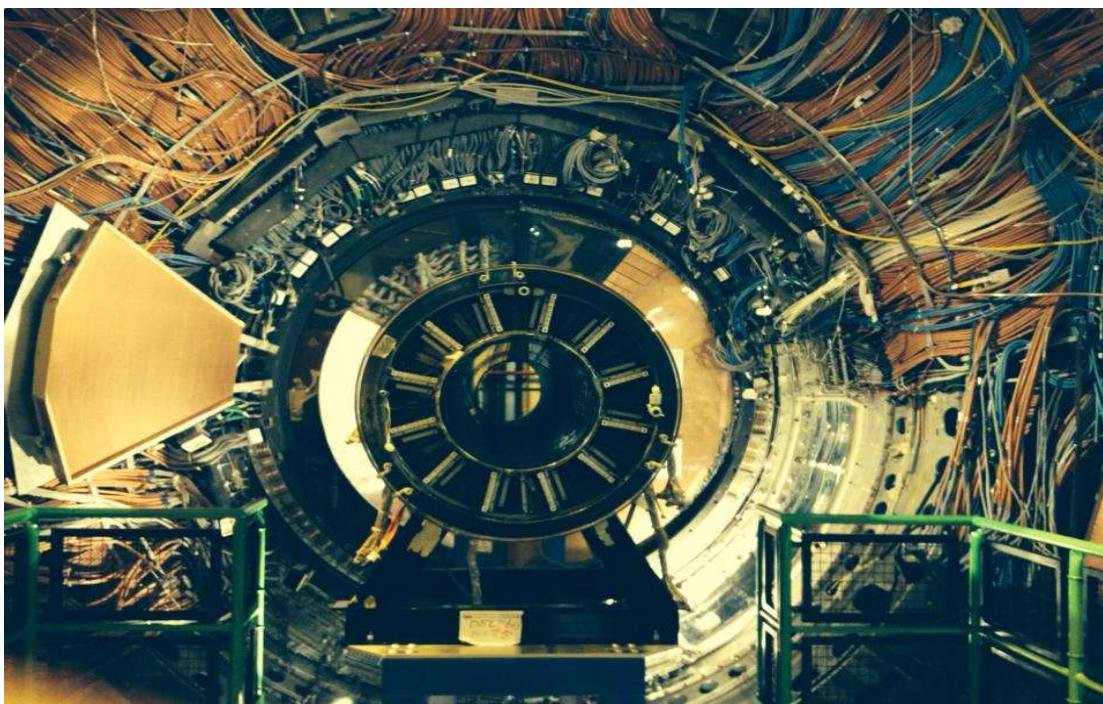
La giornata è stata stancante ma molto intensa e produttiva, abbiamo avuto una grande opportunità potendo vedere l'LHCb in quanto la prossima settimana dovrebbe rientrare in funzione e, quindi, a causa delle radiazioni che scaturiscono dal processo, la struttura resterà chiusa per circa due anni.

Il mondo della fisica delle particelle è molto interessante e aver visto la "base operativa" di questi bravissimi fisici e scienziati ha reso la gita e la visita molto più coinvolgente, specialmente poter vedere un acceleratore di particelle imponente e importante come l'LHCb con i nostri occhi ha reso tutto un po' più magico.

Consigliamo la gita a quelle classi che in futuro volessero addentrarsi nel mondo delle particelle, è un'occasione unica nella vita e, magari, costoro potrebbero avere la nostra stessa fortuna, quella di incontrare un pilastro della fisica nonché premio nobel.



*Illustrazione 2: Il tunnel del LEP in cui passano le particelle*



Una delle foto di gruppo prima di scendere in visita dell'acceleratore, muniti di elmetto

