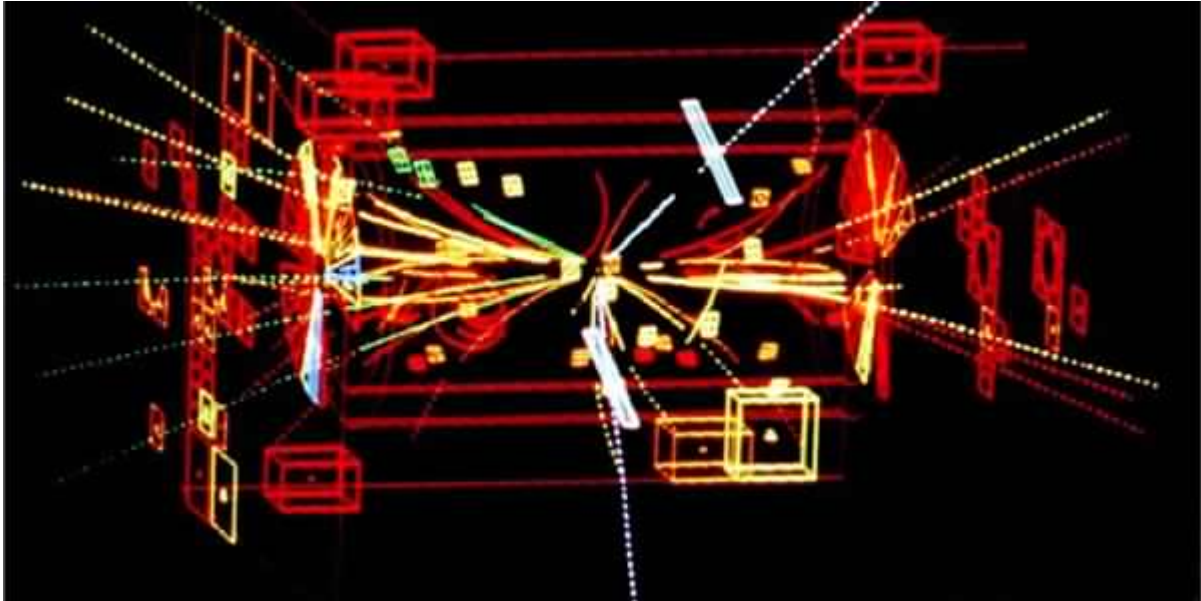


Le particelle elementari

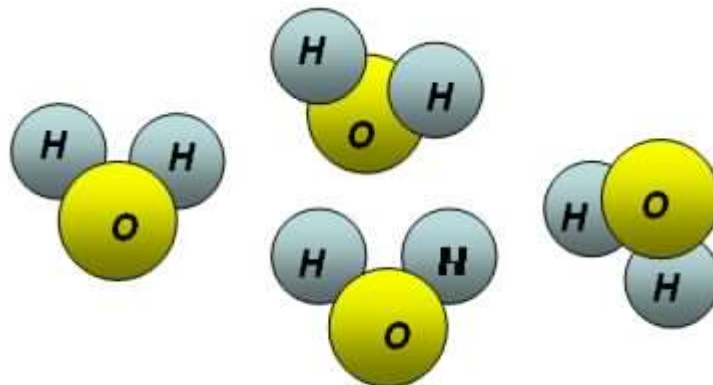
di Stefano Marcellini (2005)

L'autore, originario di Ancona, è ricercatore presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Bologna



1. Come è fatta la materia: l'atomo e il nucleo

Esistono in natura un centinaio di "ingredienti" diversi, gli atomi, che permettono di costruire, opportunamente combinati, tutta la materia che esiste nell'universo. Una qualunque combinazione di atomi si chiama molecola. Tutta la materia che conosciamo è fatta di molecole.

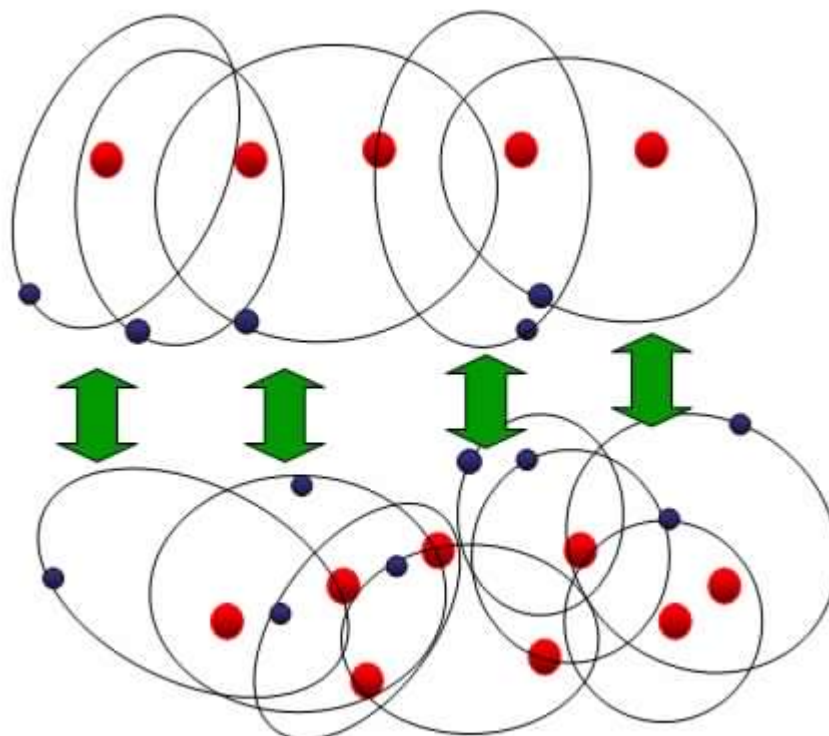


Un **atomo** è composto da un **nucleo** di carica elettrica per convenzione positiva e dagli **elettroni**, di carica elettrica opposta (e quindi, sempre per convenzione, negativa). L'atomo più semplice è l'atomo di **Idrogeno** (1 elettrone), quello più complesso è quello di **Uranio** (92 elettroni). La somma delle cariche elettriche del nucleo e degli elettroni è ZERO.



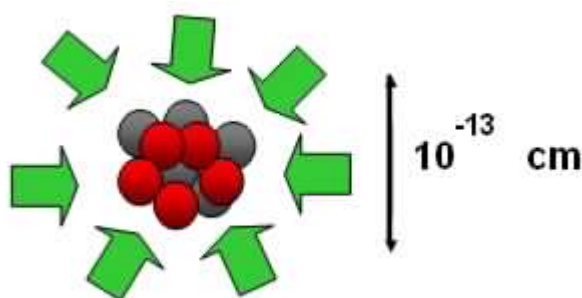
Il nucleo atomico è a sua volta composto di particelle che chiamiamo **neutroni** (di carica elettrica zero) e **protoni** (di carica elettrica positiva, e che quindi danno la carica al nucleo stesso). Le dimensioni di un atomo sono di circa 10^{-8} cm; per confronto, un capello è largo circa 10^{-2} cm, un virus è grande circa $5 \cdot 10^{-4}$ cm, un batterio è grande circa $5 \cdot 10^{-5}$ cm. Il nucleo dell'atomo è grande 10^{-13} cm, ovvero è 100 mila volte più piccolo di un atomo!!! Se un atomo fosse grande come una sala di un cinema, il suo nucleo sarebbe piccolo come un granello di sabbia.

L'intera massa dell'atomo è contenuta quasi completamente nel nucleo, la massa degli elettroni è infatti meno di 2.000 volte inferiore a quella del nucleo. Eppure il nucleo ha dimensioni assolutamente trascurabili rispetto alle dimensioni dell'atomo: il **volume** degli atomi, e quindi della materia, è dato quindi dalla presenza degli elettroni e dall'interazione elettromagnetica.



La durezza, la compattezza, e in generale il modo in cui percepiamo un oggetto, dipende dall'interazione elettromagnetica fra noi e la materia.

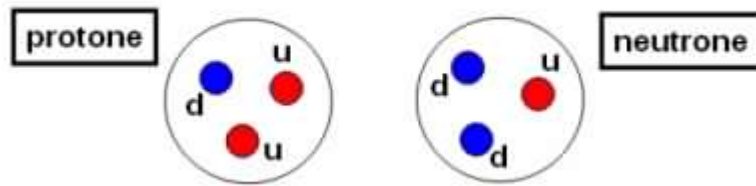
Il nucleo atomico è composto da protoni (carica positiva ESATTAMENTE uguale e opposta a quella degli elettroni) e da neutroni, di carica elettrica zero (ESATTAMENTE zero!). Cariche elettriche uguali si respingono: cosa tiene assieme i protoni nel nucleo? Deve essere una forza attrattiva, più forte della repulsione elettromagnetica, la **forza nucleare**! Protoni e neutroni hanno "carica nucleare" (in analogia alla forza elettrica) che li tiene uniti fra loro. La forza nucleare agisce a distanze piccole (pari alle dimensioni del nucleo) ed è "schermata" a distanze maggiori.



I neutroni servono a dare stabilità al nucleo.

2. Gli oggetti più piccoli: quark ed elettroni

Esperimenti condotti negli anni '70 hanno mostrato che protoni e neutroni (detti genericamente **nucleoni**) sono a loro volta composti di strutture più piccole, che sono state chiamate **quark**.



Un quark è più piccolo di 0,000 000 000 000 001 cm e la forza nucleare fra nucleoni è in realtà la forza nucleare fra quark.

i Quark sono particelle elementari...

Nessuno, finora, è mai riuscito a guardare dentro un quark, a spezzarlo e a trovare qualcosa di più piccolo all'interno. I quark quindi si comportano come oggetti puntiformi, senza struttura interna, sono particelle elementari nel senso stretto della parola. Questo non vuol dire che sia vero in assoluto, ma, con gli strumenti che abbiamo adesso a disposizione, non riusciamo a vedere strutture interne al quark, più piccole di 10^{-15} cm.

... gli elettroni sono particelle elementari!

Come per i quark, nessuno, finora, è mai riuscito a guardare dentro un elettrone, a spezzarlo e a trovare qualcosa di più piccolo all'interno. Anche gli elettroni, quindi si comportano come oggetti puntiformi, senza struttura interna. Sono particelle elementari nel senso stretto della parola. Questo non vuol dire che sia vero in assoluto, ma, con gli strumenti che abbiamo adesso a disposizione, non riusciamo a vedere strutture interne agli elettroni, più piccole di 10^{-15} cm.

3. Come studiare oggetti così piccoli: gli urti ad alte energie




Come facciamo a vedere oggetti piccoli 10^{-15} cm? Lo studio di urti ad altissime energie fra protoni o elettroni ci permette di studiare come funziona la natura su scale così piccole. Un acceleratore di particelle è un microscopio che ci permette di studiare oggetti così piccoli.

Lo studio degli urti fra particelle ad energie altissime permette di capire:

1. Come è fatta la materia su scale estremamente piccole
2. Quali sono le "forze" (le interazioni) che regolano il comportamento della materia su scala così piccola.

Cosa avviene concettualmente in un urto tra particelle:

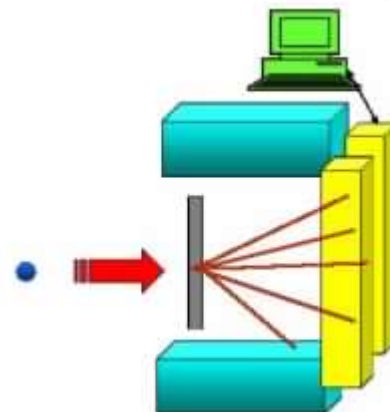
1		Due protoni vengono fatti urtare fra loro ad altissima energia (accelerati da un acceleratore).
2		

3		<p>Quello che succede nell'urto, avviene su scale spaziali piccolissime, tanto più piccole tanto maggiore è l'energia a cui avviene l'urto.</p>
4		
5		<p>Lo studio dei prodotti della collisioni ci da le informazioni per capire cosa è avvenuto nell'urto</p>

L'universo nei primi istanti di vita era estremamente caldo, e la materia era presente "disgregata" nei suoi componenti fondamentali. Questo implica che la materia si "urtava" continuamente ad altissima energia. Negli acceleratori di particelle si riproducono localmente le condizioni presenti nell'universo quando questo aveva 10 miliardesimi di secondo di vita.

Concettualmente per fare un esperimento di fisica delle particelle abbiamo bisogno:

1. di un bersaglio
2. di proiettili (in genere protoni o elettroni)
3. di qualcosa che li acceleri (acceleratore)
4. di un "rivelatore" di particelle



Un **rivelatore di particelle** è un insieme di strumenti che ci permette di studiare cosa avviene negli urti fra particelle. Ci permette di misurare quante particelle sono emesse, il tipo di particelle, la loro direzione, energia, etc. Deve essere capace di registrare migliaia o addirittura milioni di eventi ogni secondo.



4. II C.E.R.N.

Il **CERN**, vicino Ginevra, è al momento il più importante laboratorio al mondo per lo studio della fisica delle particelle elementari. Il CERN non è un laboratorio svizzero, e nemmeno un laboratorio privato, è un laboratorio internazionale finanziato con i soldi pubblici degli stati che vi afferiscono, e l'Italia è uno di questi stati.



Al CERN lavorano migliaia di ricercatori da tutto il mondo senza nessun tipo di limitazione dovuto alla loro provenienza, religione, appartenenza politica; tutte le ricerche effettuate al CERN sono rese pubbliche, non esistono nel modo più assoluto ricerche "segrete" o di tipo militare (quasi tutto quello che c'è scritto sul CERN nel libro "Angeli e Demoni" di Dan Brown è completamente falso!).

Per chi vuole saperne di più si veda il sito web www.cern.ch.

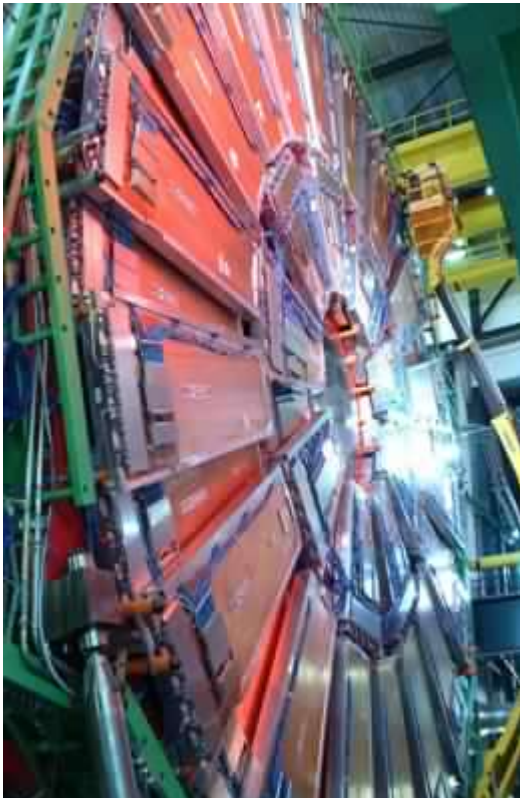


Al CERN è in costruzione un grande acceleratore di particelle (**LHC**, Large Hadron Collider) che permetterà di studiare la fisica delle particelle con grande precisione nei prossimi 15 anni. In Italia questo tipo di ricerca è effettuata dall'**INFN** (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) in collaborazione con le Università.



5. Perché è importante fare ricerca?

Perché è IMPORTANTE (non semplicemente "interessante" ma proprio "importante") fare questo tipo di ricerche? Più in generale perché è importante la RICERCA DI BASE? La ricerca di base, o **ricerca pura**, è lo studio dei fenomeni naturali; la ricerca di base non è motivata dalle possibili ricadute pratiche delle sue scoperte!!! Ma allora allora perché è importante?



Nella risposta c'è sia un aspetto culturale sia un aspetto pratico: per esempio alcune invenzioni "importanti" sono il laser, la microelettronica, il computer, i raggi X, decine di nuove tecniche diagnostiche mediche, Internet (www)...

Ma la ricerca di base costa cara!

E' vero, fare ricerca oggi costa molto: un esperimento di quelli in costruzione nel LHC al CERN costa più di 300 milioni di euro, finanziato da decine di università ed enti di ricerca in tutto il mondo in più di 10 anni.

Ma pretendere di essere all'avanguardia nella tecnologia e nell'innovazione senza investire pesantemente nella ricerca di base significa non avere imparato niente dalla storia di questi ultimi 400 anni.