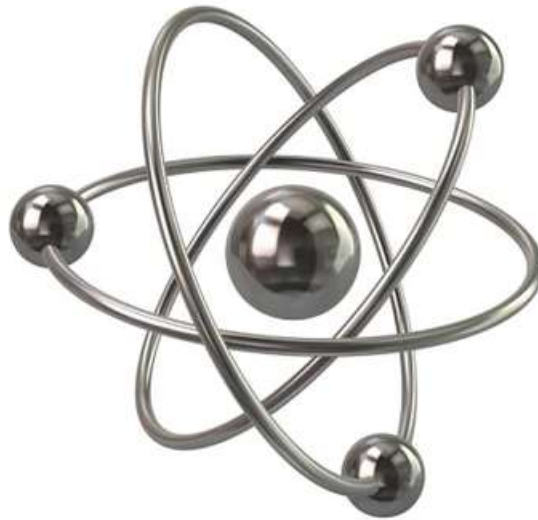


LEZIONE 4



Bene, finora ci siamo occupati dell'immensamente grande, oggi ci occuperemo dell'immensamente piccolo

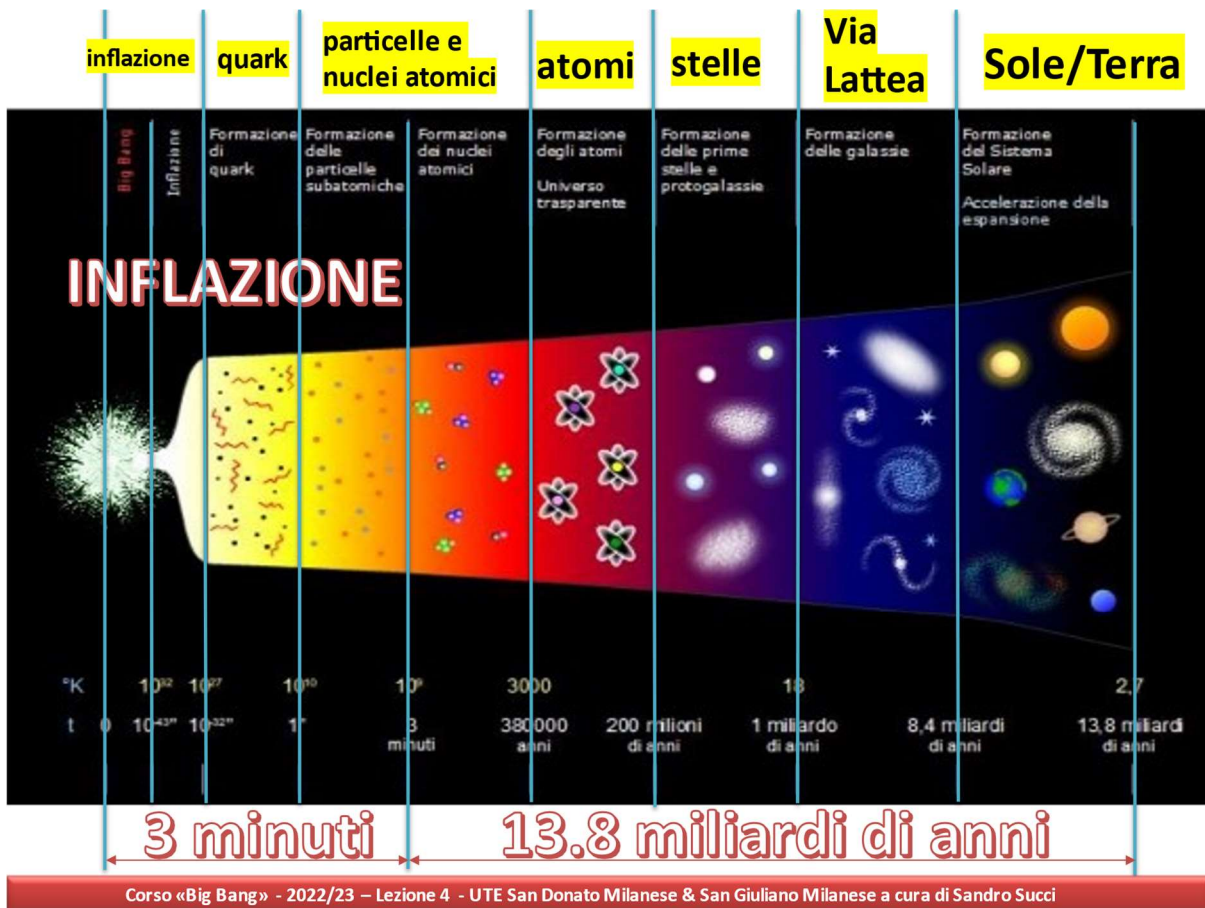
Ripartiamo dal BIG BANG

Ora che ne sapete abbastanza, basta a raccontare che il Big Bang è stata un'esplosione; quella dell'esplosione è il tentativo di rendere "visibile" l'evento.

La teoria del Big Bang è solo un modello matematico che partendo dallo stato attuale dell'universo, descrive come ipoteticamente l'universo si sia espanso in quel modo.

Nel tempo, Infatti, questo modello matematico ha avuto diverse variazioni e ancora ne avrà a mano a mano che avremo nuove osservazioni, nuove domande e nuove risposte.

Insomma, il Big Bang, da questo punto di vista, se vogliamo, non è ancora finito.



INFLAZIONE COSMICA

In cosmologia, l'inflazione, (termine che deriva dal latino *inflatio* che significa "gonfiaggio") è la teoria che ipotizza che l'universo, appena dopo il Big Bang, abbia attraversato una istantanea iperbolica fase di espansione.

Questa immagine è la rappresentazione grafica della storia dell'universo, dalla singolarità ai nostri giorni. Tutto quello che la scienza è riuscita a capire è ciò che ho tentato di rappresentare in questo grafico. Qui viene descritta l'evoluzione dell'universo in termini di tempo, dimensioni e qualità, cioè quando e cosa si è prodotto con il passare del tempo.

Dobbiamo però tenere presente che la scala dei tempi è falsata, nel senso che il primo secondo dei 13,8 miliardi di anni rappresenta quasi un quarto del diagramma e i primi 3 minuti quasi un terzo. Questo perché è proprio nei 3 minuti iniziali che sono avvenute le cose più importanti

Andiamo per ordine.

Partiamo dalla parte più misteriosa, dalla singolarità.

Qualcosa che sfugge alle nostre menti probabilmente c'è sempre stata, ma noi non possiamo immaginare quel sempre dato che il tempo, per noi, altro non è che una delle quattro dimensioni in cui viviamo e che hanno un punto di partenza, $t=0$.

Quindi quando usiamo espressioni tipo "prima del Big Bang" ossia prima dell'istante zero, ovviamente non stiamo parlando di un prima, di tipo temporale perché il tempo come noi lo conosciamo è nato nell'attimo zero insieme a tutto il resto. Quindi quel prima del Big Bang non ha niente a che vedere con la nostra concezione di tempo ma ci introduce al concetto che probabilmente qualcosa, o qualcuno, preesistente, ha provocato una interferenza nelle ondulazioni dell'energia del vuoto, e che, poiché non ne sappiamo nulla, abbiamo chiamato appunto quella cosa, singolarità.

L'immagine che ci è stata sempre proposta della singolarità è descritta come un luogo in cui tutta la materia dell'universo era compressa in un unico punto dalla massa e densità altissima.

Questa però sarebbe una singolarità molto simile a qualcosa che noi già conosciamo, un buco nero, cioè un corpo celeste di una massa tale che la sua gravità attira tutta la materia circostante non permettendo più di uscirne, neanche alla luce, perché tutta la materia di questo corpo celeste è tenuto assieme dalla forza di gravità.

Ma questo non è assolutamente lo stato preesistente al Big Bang. La singolarità era costituita solamente da energia.

Nella singolarità preesistente al Big Bang non esisteva neanche un grammo di materia e nemmeno la forza gravitazionale che potesse farla aggregare. Semplicemente perché non erano ancora nate. C'era solo energia, o puro spirito, chiamatelo come volete.

Ma vediamo il corso degli eventi da un punto di vista scientifico:

Inizio inflazione
al tempo $t = 10^{-43}$ sec
 0,0000000.....01 sec

Durata inflazione
 $d = 10^{-30}$ sec
 0,0000.....01sec

Corso «Big Bang» - 2022/23 – Lezione 4 - UTE - San Donato Milanese & San Giuliano Milanese - a cura di Sandro Succi

Con inflazione si fa riferimento a quello che sarebbe avvenuto in una quantità *piccolissima* di tempo: l'inflazione sarebbe iniziata 10^{-43} (0,000...43 volte zero, 1 secondi) cioè, immaginate un miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo, ce lo avete presente? Be ora dividetelo ancora per dieci milioni.

Nessuna delle attuali teorie fisiche può descrivere cosa sia accaduto fino a quel momento. Il tempo di Planck è il "quanto del tempo", cioè la più piccola misurazione del tempo che abbia qualche significato secondo la scienza attuale.

A quel tempo, probabilmente le forze fondamentali – elettromagnetica, nucleare e gravità – erano unificate in una sola forza fondamentale.

L'inflazione è durata 10^{-30} (0,000... 30 volte zero, 1 secondi) producendo l'immediata espansione dell'Universo.

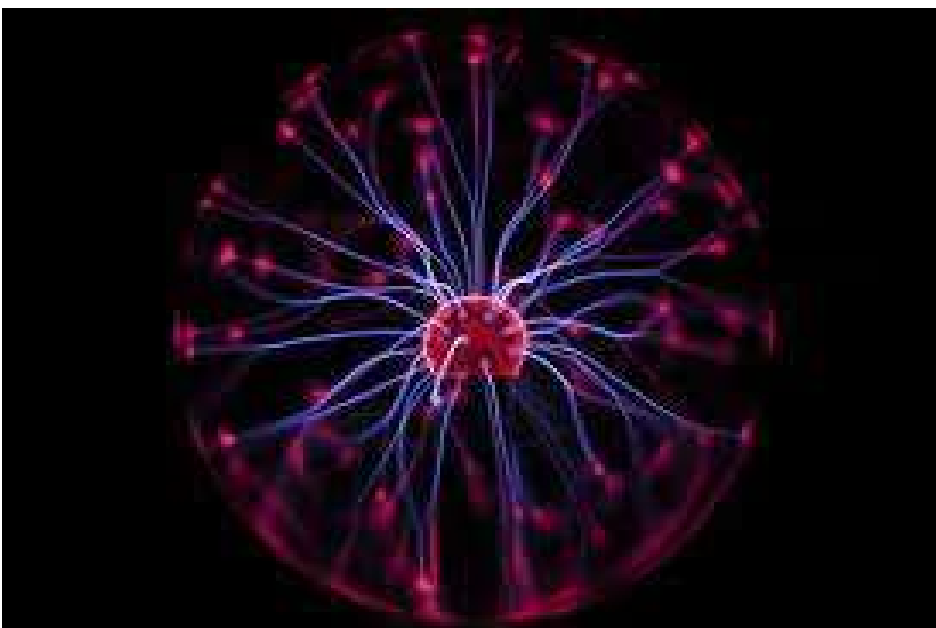
In un niente di tempo, la bolla di energia che costituiva l'universo bambino si espanse di un miliardo di miliardi di miliardi di volte.

Se vogliamo, questo è stato il vero Big Bang. In ogni caso è stata proprio l'inflazione l'attimo in cui l'universo ha iniziato ad espandersi in maniera significativa.

Dopo l'inflazione l'universo ha continuato ad espandersi e lo sta facendo anche ora, ma il ritmo di crescita è calato. La velocità con la quale l'universo si espande oggi, pur essendo in crescita, è drasticamente più lenta di quanto non lo fosse stata durante l'inflazione.

L'universo è ancora un concentrato di energia a temperatura e densità altissime.

L'energia del BIG BANG si condensò e cedette parte del calore dapprima ad uno stato della materia chiamato plasma (il plasma è considerato il *quarto stato* della materia, che si distingue quindi dal solido, dal liquido e dall'aeriforme, è un gas ionizzato, cioè costituito da un insieme di particelle elementari che non sono ancora atomi stabili ma particelle in ribollente libero movimento.



Tutti conoscerete le lampade al plasma che sprigionano quelle suggestive scariche luminose colorate, ecco, quei filamenti sono costituiti da plasma, ovvero da gas ionizzato.

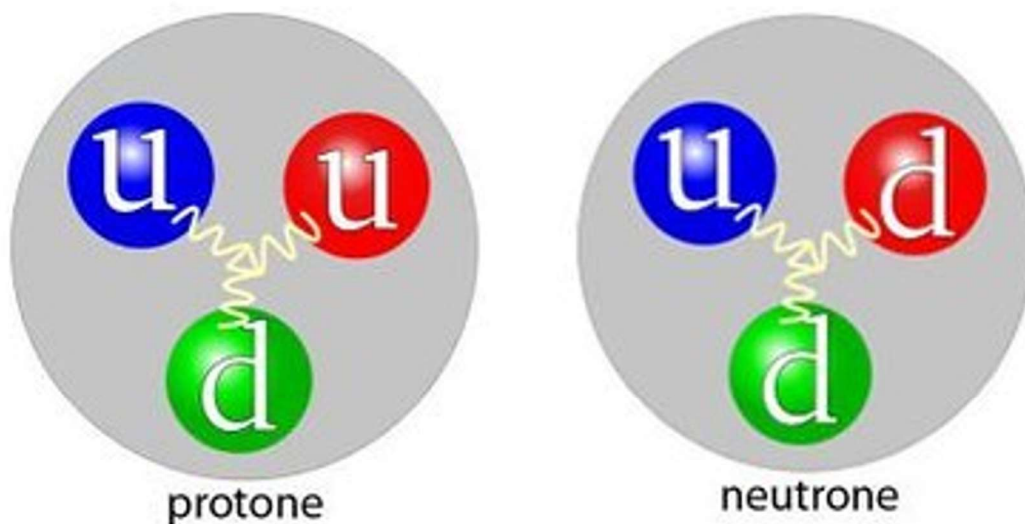
Il nostro mondo ha diversi esempi di presenza di plasma, anche in natura.

I fulmini, l'aurora boreale e le luci al neon sono tutti effetti visibili del plasma, di quei gas ionizzati.

Finalmente dopo un secondo si formano gli elettroni e i quark, ed altre particelle elementari, indivisibili, cioè non composte da altre particelle più piccole, bene tutte queste particelle elementari si muovono ancora in maniera parossistica a causa dell'altissima temperatura.

Degli elettroni parleremo in seguito, ora concentriamoci sui quark

QUARK - Q(ESTION M)ARK ?



Dal Big Bang all'Homo Sapiens- UTE San Donato & San Giuliano Milanese 2021/22 Lez. 7 a cura di Sandro Succi

Quando scoprirono i quark, non sapendo cosa fossero lo chiamarono punto interrogativo. Quark, infatti è il termine formato dalla contrazione

delle parole inglesi qu(estion m)ark, cioè «punto interrogativo». È tutto chiaro no? Beh, questi punti interrogativi si è scoperto essere i mattoncini più piccoli che costituiscono tutta la materia.

Ci sono sei tipi di quark, che hanno diverse caratteristiche dette sapori: up, down, strange, charm, bottom e top. I quark up e down, sono i più comuni e i più stabili e sono quelli indispensabili per la creazione della materia e quindi della formazione degli elementi necessari alla comparsa della vita.

Il "colore" del quark non ha nulla a che vedere con i colori percepiti dall'occhio umano: si tratta semplicemente di un termine scelto a caso tra i tanti possibili per indicare una proprietà particolare che si manifesta soltanto al di sotto delle dimensioni del nucleo atomico.

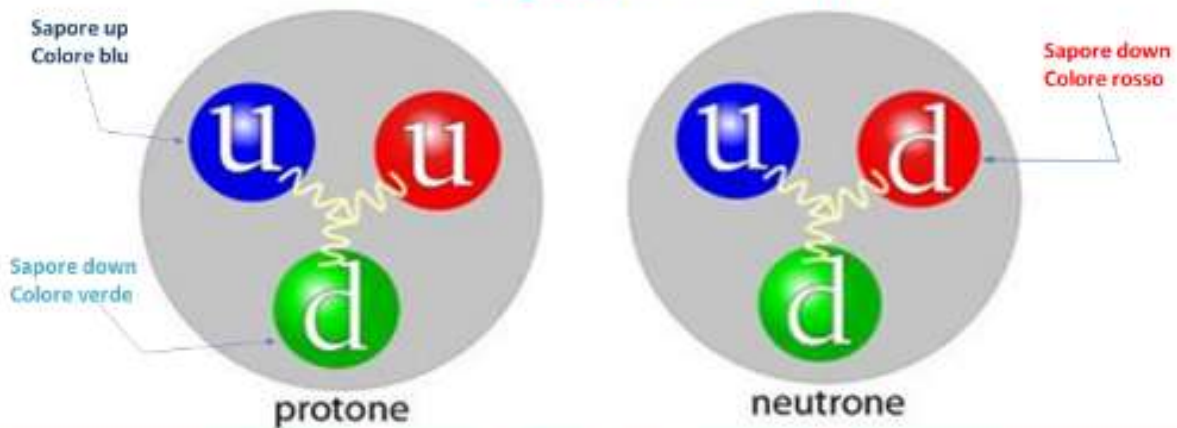
L'universo dopo un secondo è già immenso, pertanto inizia a disperdere un po' del suo calore, la temperatura cala e i quark cominciano lentamente (si fa per dire) a rallentare il proprio moto e cominciano ad unirsi,



Questa proprietà della materia di aggregarsi sarà fondamentale per lo sviluppo dell'universo.

QUARK (QUestion mARK)

SAPORI - up, down, strange, charm, bottom e top
Colori - **rosso verde e blu**



Corso «Big Bang» - 2022/23 - Lezione 4 - UTE San Donato Milanese & San Giuliano Milanese a cura di Sandro Succi

C'è dunque la Bariogenesi, cioè la formazione dei barioni. Il barione altro non è che una particella subatomica costituita da almeno 3 quark.

I barioni nati dai quark. Vengono chiamati protoni e neutroni a seconda della loro distribuzione.

Il tutto avvenne quando l'universo aveva un secondo di vita.

È stato in quell'attimo, con la nascita dei quark degli elettroni e dei barioni che nacquero le prime vere gocce di materia.

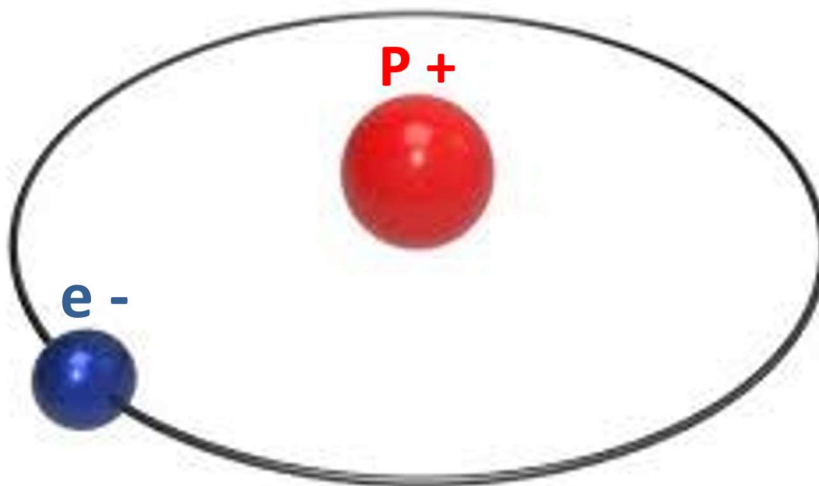
L'universo continuò ad espandersi a raffreddarsi e a diventare di conseguenza meno denso.

Dopo 3 min, la materia aveva già assunto le caratteristiche attuali e le dimensioni dell'universo erano già dell'ordine di grandezza di miliardi di anni luce.

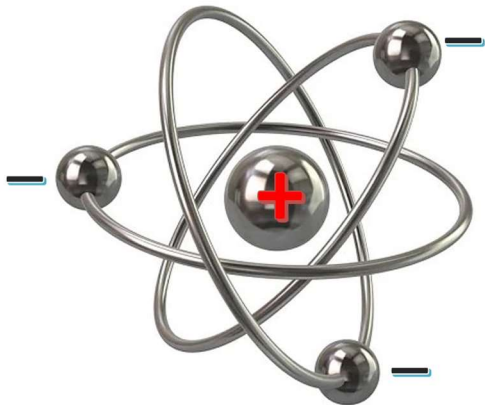
Sono dunque passati 3 minuti ed ecco che, grazie al fatto che la temperatura scese drasticamente di circa un miliardo di gradi, anche i neutroni e i protoni (appena formati dai quark) cominciarono a

rallentare il loro balletto sfrenato e iniziarono a combinarsi anche loro formando i primi isotopi dell'idrogeno. (Gli isotopi sono pezzi di atomi, atomi non ancora completi).

Dopo circa 380.000 anni, la temperatura dell'universo era scesa dai 1000 miliardi di gradi del tempo zero a circa 3.000 gradi. I nuclei atomici (il nucleo atomico è il centro dell'atomo, un po' come il sole nel sistema solare) questi nuclei atomici dicevo, riuscirono finalmente a catturare gli elettroni (i pianeti) formando gli atomi, e l'universo si riempì di nubi dell'elemento più semplice: l'idrogeno.



L'atomo di idrogeno è formato da un nucleo (il centro dell'atomo) costituito da un solo protone (la pallina rossa P) che ha carica elettrica positiva e da un elettrone, che gli ruota attorno con carica elettrica negativa. Poiché la quantità di particelle di carica positiva e quelle di carica negativa si equivalgono il sistema acquisisce stabilità e diventa l'atomo di un elemento, in questo caso vediamo l'idrogeno.



Ciò che oggi chiamiamo atomo dal greco atomos, cioè indivisibile, lungi dall'essere l'indivisibile di cui teorizzava Democrito è un sistema complesso di particelle subatomiche e forze elettriche controbilancianti in modo da tenerlo in equilibrio.

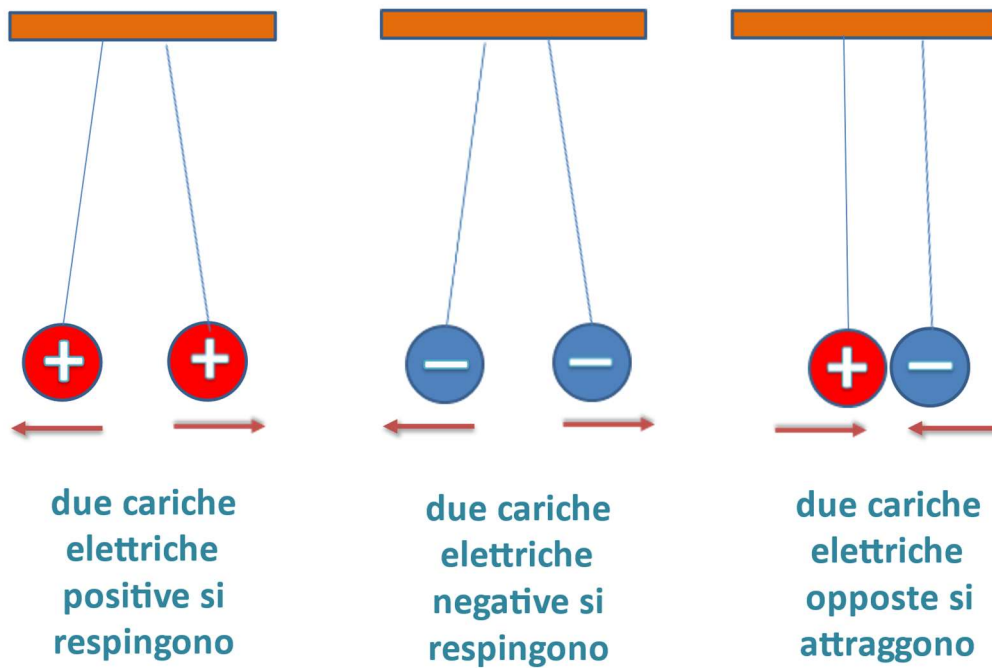
Tutti riconoscerete in questa immagine l'idea che abbiamo dell'atomo.

Un nucleo centrale e delle particelle che gli ruotano attorno, un po' come un minisistema solare.

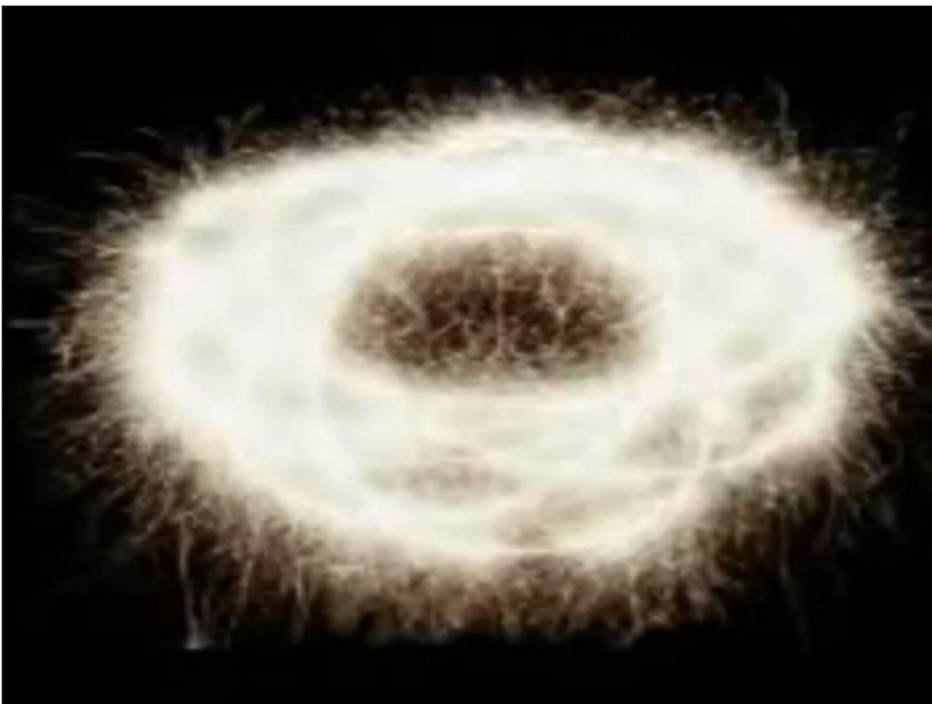
L'atomo è grande appena un decimo di milionesimo di millimetro.

Schematicamente l'atomo è composto da un nucleo a carica elettrica positiva e da uno o più elettroni a carica elettrica negativa, che orbitano attorno ad esso.

Le forze che tengono unito l'atomo sono le cariche elettriche delle particelle di cui è costituito.



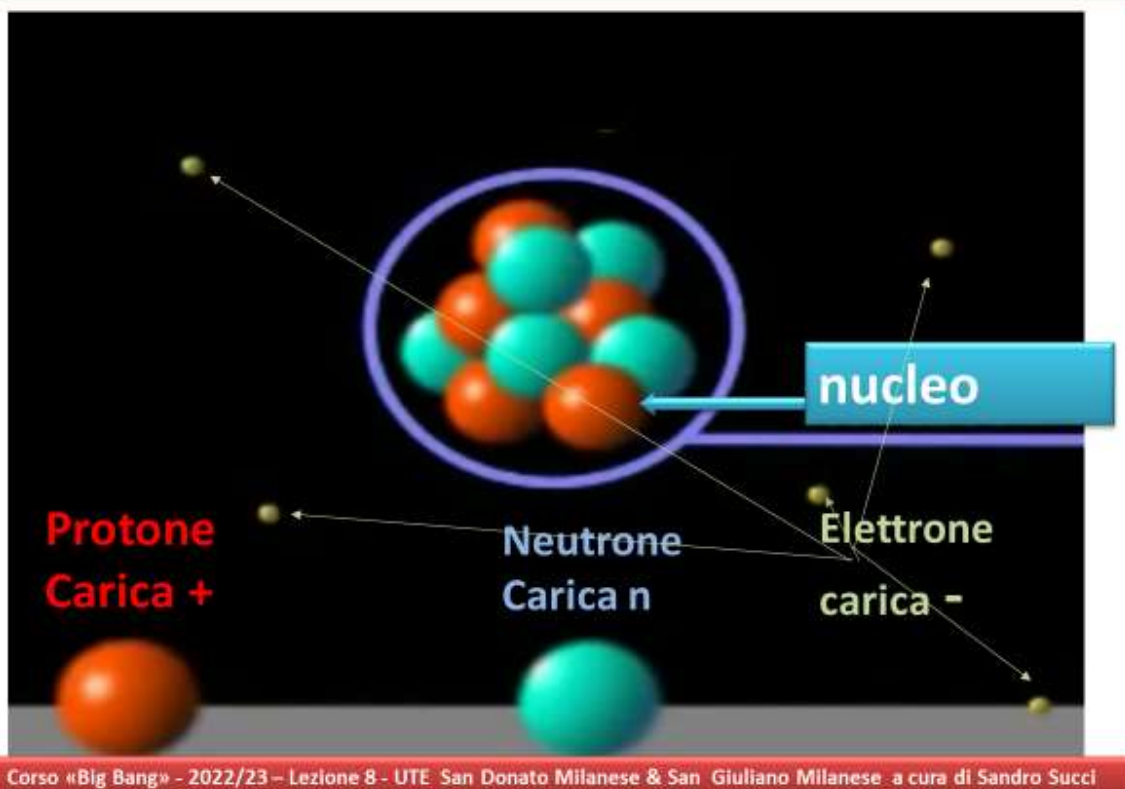
Vediamo un attimo come si comportano le cariche elettriche, supponiamo di avere delle palline appese a dei fili, se le due palline sono dello stesso segno, cioè



In realtà gli elettroni, seguendo le leggi della meccanica quantistica, non seguono un'orbita ellittica e regolare come i pianeti, ma formano un caotico e irregolare intreccio di scie ad altissima velocità che avvolgono il nucleo atomico in una sorta di nube.

Il nucleo atomico, a sua volta, ricordate? è composto da due tipi di particelle.

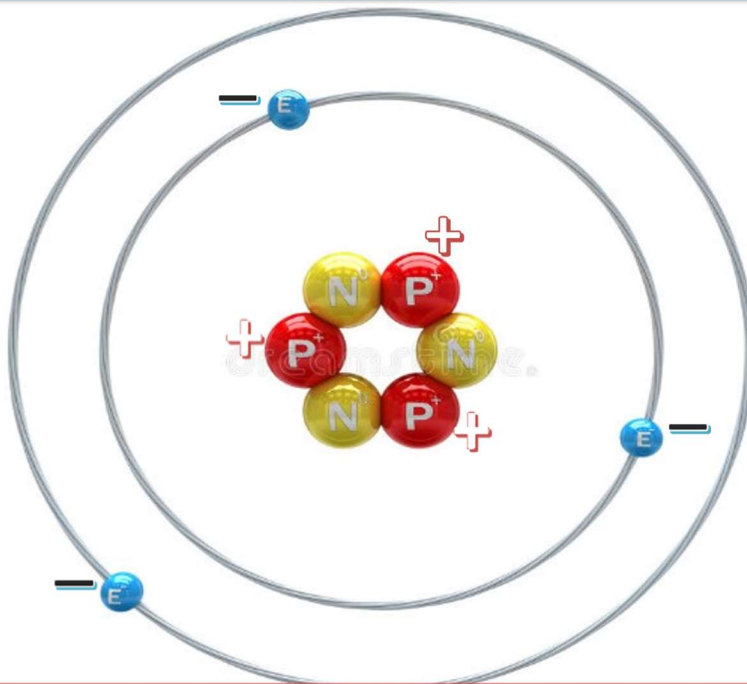
ATOMO-NUCLEO-PROTONI-NEUTRONI-ELETTRONI



I protoni con carica positiva e i neutroni carica elettrica nulla.

Visto e considerato che l'atomo, per essere stabile, deve avere una carica elettrica nulla, i protoni sono sempre accompagnati da un'uguale numero di elettroni, in modo da annullare a vicenda le rispettive cariche.

ATOMO-NUMERO ATOMICO



Corso «Big Bang» - 2022/23 - Lezione 3 - UTE San Donato Milanese & San Giuliano Milanese a cura di Sandro Succi

Il numero di protoni contenuti nel nucleo costituisce il numero atomico.

In questo caso è raffigurato un atomo con numero atomico 3.

Ebbene, affinché 9 particelle subatomiche possano formare un atomo stabile di Litio, esse devono aggregarsi nel seguente modo:

un nucleo formato da: 3 protoni e 3 neutroni

3 Elettroni che gli orbitino attorno secondo lo schema:

-2 elettroni nell'orbita più interna (o al livello di energia più basso)
sempre, e

-1 elettrone nell'orbita più esterna (o al livello di energia più alto)

Ma perché noi diamo così importanza agli atomi che sono un aggregato di particelle e non ai quark, per esempio, che sono i mattoni della materia?

1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

Lo vediamo da questa tavola, la tavola degli elementi. Il numero che vedete scritto in ogni casella rappresenta il numero atomico, cioè il numero del complesso protone-elettrone.

Cambiando questo numero si generano atomi diversi che creano proprio i materiali; così se come abbiamo già visto il litio ha numero atomico 3, basta che un atomo abbia un protone in più e diventa Berillio. Se ha 8 protoni diventa Ossigeno, se ne ha 20 Calcio, 26 Ferro, 79 Oro, 82 Piombo, Polonio 84, l'Uranio 235!

Capite l'importanza degli atomi?

**nucleo atomico
un milionesimo
di
miliardesimo
dell'intero
volume dell'atomo**

È incredibile, ora, constatare come, le dimensioni del nucleo dell'atomo siano estremamente piccole, minimali, rispetto al limite delle orbite tracciate dagli elettroni.

Il nucleo, infatti, è piccolissimo, occupa soltanto un milionesimo di miliardesimo dell'intero volume di un atomo, ma è incredibilmente denso, contenendo quasi tutta la massa.

Gli atomi, perciò sono costituiti in massima parte da uno spazio vuoto.



Se si considera il nucleo grande come una mela, gli elettroni che saranno 1800 volte più piccoli, gli ruotano attorno ad una distanza pari a circa 1 km,

Noi siamo costituiti da atomi, perciò siamo fatti essenzialmente di vuoto, siamo attraversati da miliardi di particelle chiamati neutrini, ogni secondo.

Ma torniamo all'inflazione cosmica, con la progressiva formazione degli atomi si formarono le prime immense nubi di isotopi di idrogeno (atomi in divenire, formati da un protone, che non avevano ancora catturato l'elettrone). Ma non dovete immaginarle come le nebulose bellissime e colorate che vediamo oggi, ma nubi oscure e quasi invisibili.

I fotoni (particelle elementari anche loro, che trasportano la luce), infatti, in questo periodo rimbalzando sui neutroni elettroni protoni, non riuscivano a penetrare la densa nebbia, quindi il gas era buio.

Questa materia fanciulla rimase in questo stato di isotopo per 380.000 anni dopodiché gli elettroni iniziarono a combinarsi con gli isotopi formando i primi atomi completi.

Soltanto in questo momento in cui la materia andava aggregandosi e quindi rendendo più trasparente l'universo, i fotoni iniziano a viaggiare liberi nello spazio generando il primo bagliore. Ma questa non era una luce come quella che siamo abituati a vedere oggi perché non c'erano ancora le stelle per emetterla. Era una debolissima luce rossastra, come un eterno tramonto.

Come abbiamo visto con la radiazione cosmica di fondo la materia nell'universo si distribuì in modo omogeneo ma con zone leggermente più dense e zone leggermente meno dense.

Così nel corso dei diversi miliardi di anni le zone leggermente più dense iniziarono ad essere attratte l'una dall'altra grazie alla forza di gravità.

Fra i 200 e 400 milioni di anni dopo l'inflazione nacquero le prime Stelle e con loro i primi raggi di luce come la vediamo oggi.

Queste stelle poi si raggrupparono in galassie come la nostra Via Lattea, e le galassie si raggrupparono in ammassi di galassie.

Si formarono così zone stracolme di galassie e zone che invece ne contano pochissime, i vuoti cosmici.

Solo dopo 8 miliardi di anni si formò una stella, il nostro Sole, e circa 500 milioni di anni dopo nostra madre Terra

Quindi ricapitolando

La materia che vedete, che toccate, non è uscita da una grossa esplosione celeste ma nacque, soltanto dopo qualche minuto, da una trasformazione dell'energia primordiale. Secondo la celebre formula di Einstein che prevede che l'energia e la materia sono anche loro le due facce della stessa medaglia.

Secondo alcune teorie, durante l'inflazione il cosmo fu scosso da una valanga di onde gravitazionali. In seguito al loro passaggio, l'universo vibrò come una pelle di tamburo.

Possiamo immaginare le onde gravitazionali simili a quelle del mare: come queste ultime producono increspature nella superficie dell'acqua in senso perpendicolare a quello di propagazione dell'onda stessa, quelle gravitazionali si propagano allo stesso modo (ma alla velocità della luce) nello spazio-tempo, "increspandolo" e modificandone la geometria.

Al momento non ci sono conferme scientifiche, se non che, dell'esistenza stessa delle onde gravitazionali aveva parlato Einstein nella Teoria della Relatività generale.

E di Einstein parleremo nel prossimo capitolo