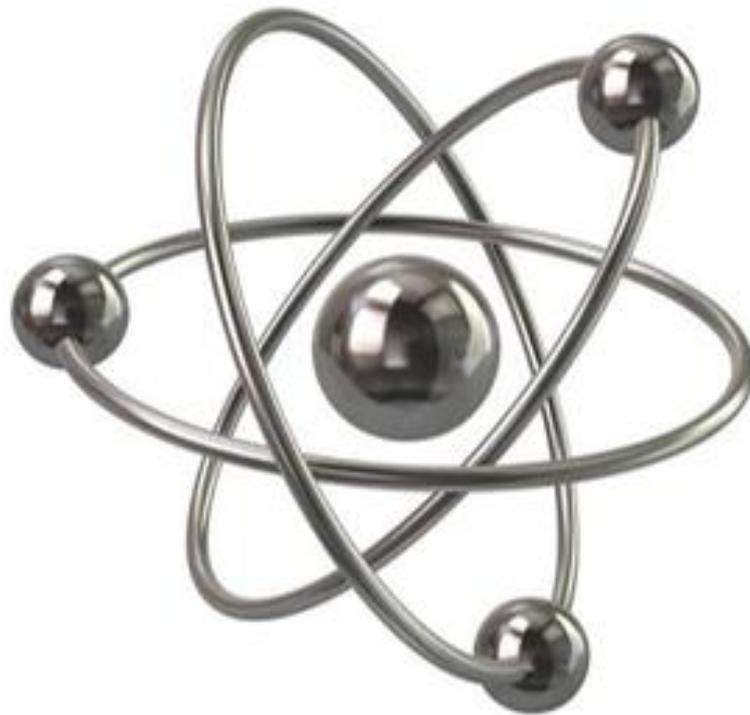


L’ATOMO



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.

A formulare per primo l'esistenza degli atomi fu il filosofo greco Democrito vissuto dal 460 a.C. al 370 a.C. cioè circa 2400 anni fa.

Egli ipotizzò che un oggetto si potesse scomporre in mattoncini piccolissimi e li chiamò atomos, parola che significa "indivisibile".

La sua idea rimase prettamente filosofica e non venne mai dimostrata scientificamente fino ai giorni nostri.

L'idea che la materia sia fatta di atomi è quindi molto antica, ma il primo modello di struttura atomica fu proposto solo alla fine del XIX secolo da Ernest Rutherford un chimico e fisico neozelandese precursore della teoria orbitale dell'atomo.

I PRIMI MOMENTI DELLA STORIA

Non ci sarebbero atomi senza Big Bang



Ricordate il Big Bang? Una concentrazione di energia a una temperatura di mille miliardi di gradi che espandendosi ha dato origine all’universo.

A causa di questa espansione la temperatura iniziale del BIG BANG cominciò a scendere e l’energia, raffreddandosi, cominciò a condensarsi in nubi di plasma e poi in particelle, particelle elementari, come i quark e gli elettroni.

In quelle condizioni queste particelle vorticavano a velocità altissima e senza alcuna logica, (concetto di -movimento-calore-zero assoluto). Esempio del microonde: l'energia emessa dalle **microonde** viene assorbita, dagli atomi che compongono il cibo che abbiamo messo nel forno, aumentandone il normale movimento oscillatorio. Il movimento che diventa sempre più rapido e caotico fa scontrare tra loro le particelle generando dell'attrito che viene convertito in calore. È questo che scalda i cibi, è l'aumentato movimento degli atomi al loro interno.

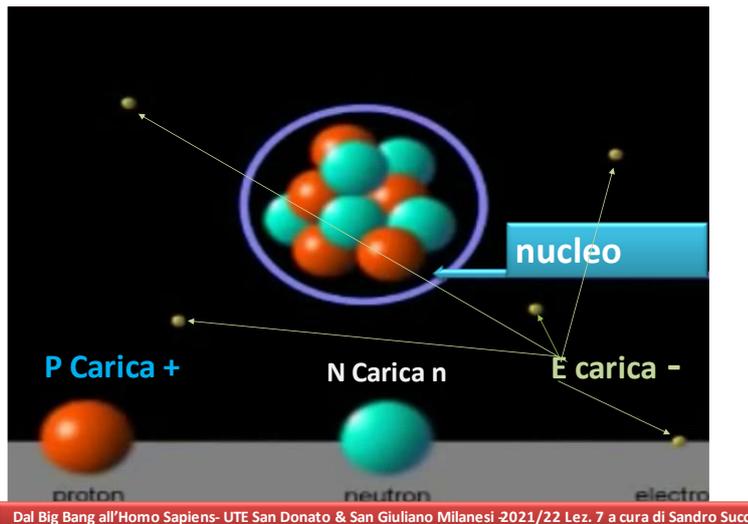
Di contro raffreddando sempre di più un elemento si ottiene un rallentamento di questi movimenti fino a farli fermare-a 273 gradi sottozero (lo zero assoluto)



Dai quark nacquero le particelle subatomiche, tra cui i protoni e i neutroni, che, a seconda della loro combinazione, cioè del numero di particelle che riuscivano ad organizzarsi, avrebbero poi dato vita a tutte le forme della materia che conosciamo, ed anche di quelle che non esistono sulla terra.

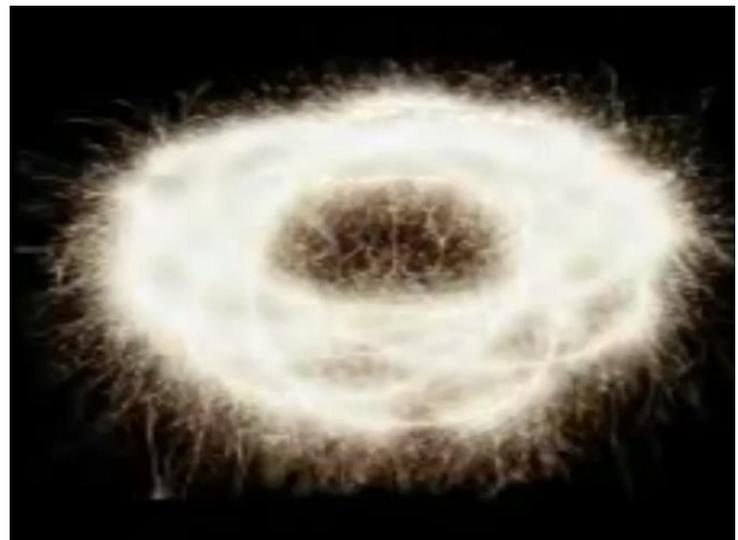
Il tutto avvenne quando l'universo aveva ancora meno di un secondo di vita.

Ma com'è stato possibile che da quel puntino fatto di sola energia, sia uscita l'enorme quantità di materia che vediamo nell'universo, i pianeti le stelle le galassie a miliardi? Beh, oggi sappiamo che energia e materia sono, diciamo così, le due facce della stessa medaglia. L'energia può diventare materia e la materia può diventare energia secondo la famosissima formula $E=mc^2$.

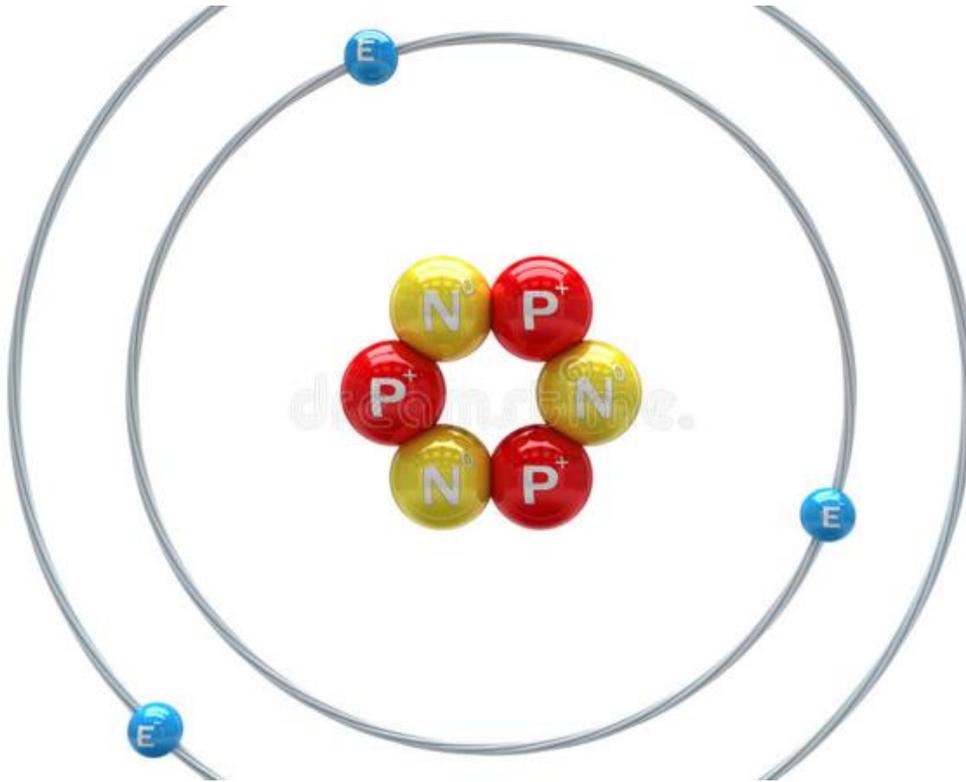


Ma l’atomo, lungi dall'essere l’indivisibile di cui teorizzava Democrito è un sistema complesso di particelle subatomiche e forze elettriche controbilancianti che lo tengono in equilibrio.

Schematicamente l'atomo è composto da un nucleo, formato da uno o più protoni e neutroni, quelli racchiusi nel cerchio viola, e da uno o più elettroni (il numero di elettroni che orbitano attorno al nucleo deve essere uguale al numero di protoni che si trovano nel nucleo altrimenti non ci sarebbe stabilità elettrica).



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 sferica. (ricostruzione al computer)



Ma torniamo all’immagine usuale che abbiamo di un atomo.

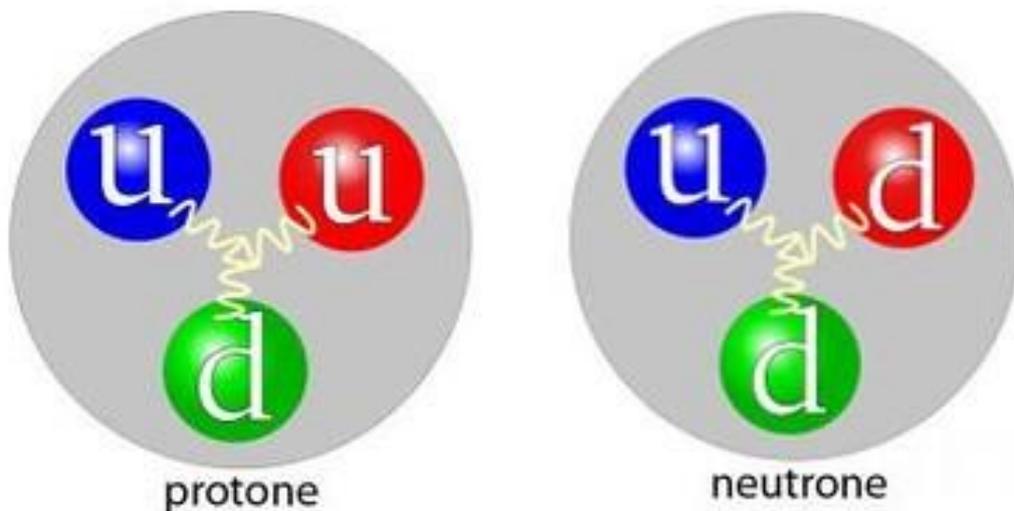
Il numero di protoni contenuti nel nucleo costituisce il suo numero atomico.

In questo caso è raffigurato un atomo con numero atomico 3. Ebbene, affinché 9 particelle formino un atomo stabile di Litio deve aggregarsi un nucleo formato da 3 protoni e 3 neutroni e

3 Elettroni che gli orbitino attorno secondo lo schema:

2 elettroni nell’orbita più interna (o al livello di energia più basso) e

1 elettroni nell’orbita più esterna (o al livello di energia più alto)



A loro volta ogni particella subatomica (protone e neutrone) è formata da tre particelle elementari chiamati quark. Termine formato dalle parole inglesi qu(estion m)ark, cioè «punto interrogativo». È tutto chiaro no? Nomen omen.

Sono stati individuati finora sei tipi di quark, ciascuno caratterizzato da un numero quantico detto *sapore* e distinto dalle lettere *u* (*up*), *d* (*down*), *s* (*strange*), *c* (*charm*), *b* (*bottom*) e *t* (*top*)

(i quark *up* e *down* sono i costituenti dei neutroni e dei protoni, che sono formati rispettivamente da due *down* e un *up* e da due *up* e un *down*).

È incredibile constatare come, le dimensioni del nucleo 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, pur essendo incredibilmente denso, nel nucleo infatti è contenuta quasi tutta la massa dell'atomo.

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

Per avere un’idea delle proporzioni

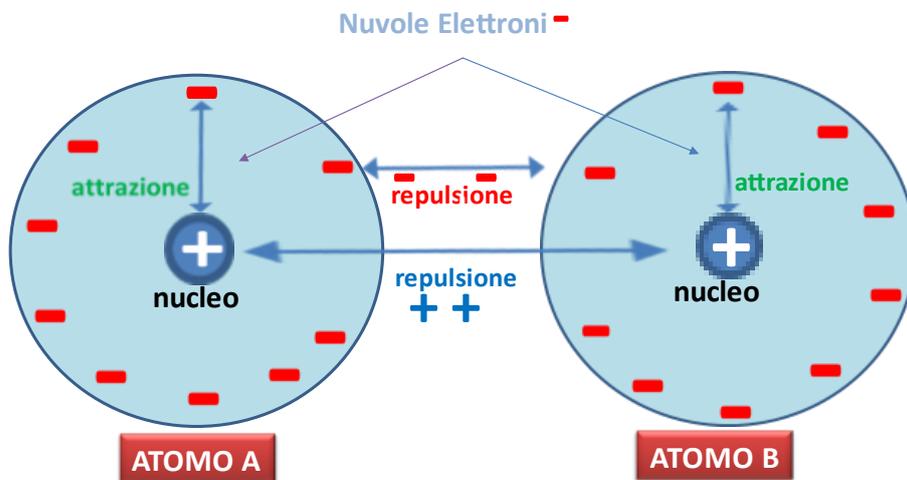


Dal Big Bang all’Homo Sapiens- UTE San Donato & San Giuliano Milanese -2021/22 Lez. 7 a cura di Sandro Succi

La massa di un elettrone è quasi 1800 volte inferiore a quella di un protone. Cioè ci vuole la materia contenuta in 1800 elettroni per costituire la materia di cui è fatto un solo protone.

Se si considera il nucleo grande come una mela, gli elettroni gli ruotano attorno ad una distanza pari a circa 1 km.

EFFETTO ATTRAZIONE REPULSIONE CARICHE ELETTRICHE



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

Gli elettroni formano una sfera impalpabile ed impenetrabile di cariche elettriche negative, gli elettroni attratti al loro centro da quella piccola entità (il nucleo) che però possiede una forte carica elettrica positiva. Ma allora se gli atomi sono praticamente vuoti, perché non possiamo attraversarli? Perché non possiamo passare attraverso un muro visto che sia noi che il muro siamo fatti di atomi, cioè di spazio vuoto?

La carica elettrica è responsabile di una delle interazioni fondamentali della materia, l'interazione elettromagnetica che si esplicita come effetto di attrazione o di repulsione.

Sono proprio le cariche elettromagnetiche che, da una parte tengono uniti gli elettroni al nucleo, dall'altra fanno in modo che gli atomi che ai loro confini hanno nuvole di elettroni con cariche negative, respingano altri atomi che anche loro hanno ai loro confini nuvole di elettroni con cariche negative.

Cioè, quando alcune frazioni di materia si avvicinano l'una all'altra, anche gli atomi di cui sono fatte si avvicinano, ma c'è un effetto repulsivo generato dalle nuvole di elettroni che entrambe hanno nella loro configurazione e che le rende impenetrabili tra loro.

Pertanto, quando il primo atomo del mio corpo, Atomo A, tenta di attraversare il muro, viene respinto dalla forza repulsiva del primo atomo esterno del muro, Atomo B grazie alla forza elettromagnetica delle cariche elettriche.



PROTOSTELLE

Devono passare 200 milioni di anni perché la gigantesca nube di gas cominci a condensarsi nelle prime stelle ed è a questo punto che l'universo pian piano si riempie di puntini luminosi.

Una stella "nasce" da un ammasso di nebulosa in cui gli elementi iniziano a interagire fra loro. Poiché in natura tutto si attrae e tende ad aggregarsi,

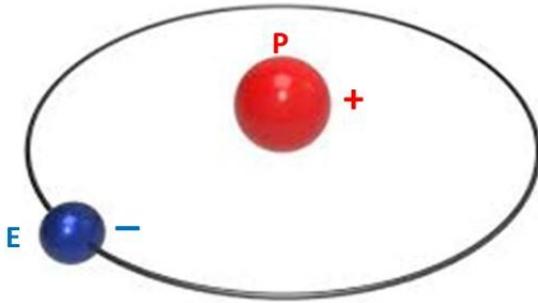


così come le bollicine di grasso più piccole vengono assorbite da quelle più grandi, allo stesso modo il processo di aggregazione del corpo celeste che diventerà una stella, che chiameremo protostella, comporta un precipitare della materia verso il centro di gravità della protostella provocando un aumento vertiginoso di densità che la fa aumentare di peso, e proprio sotto il suo stesso peso la protostella collassa su sé stessa continuando a ridurre sempre più le proprie dimensioni, fino a quando il nucleo che si è formato, a causa dell’attrito dato dall’enorme compressione si scalda sempre di più.

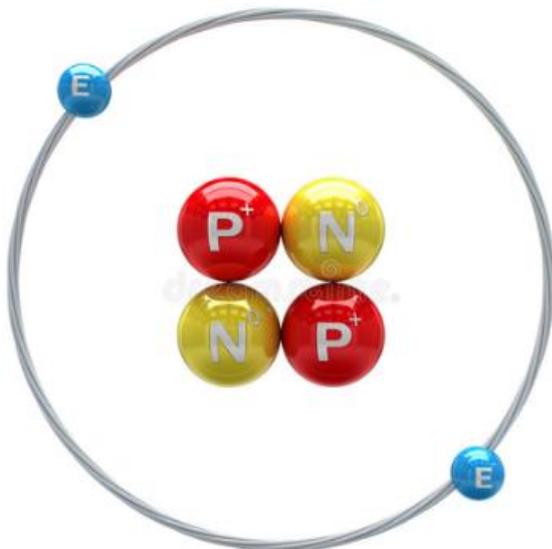
Raggiunta la temperatura di 10 milioni di gradi la protostella diviene una stella.

Nascita di una stella

Torniamo all’idrogeno



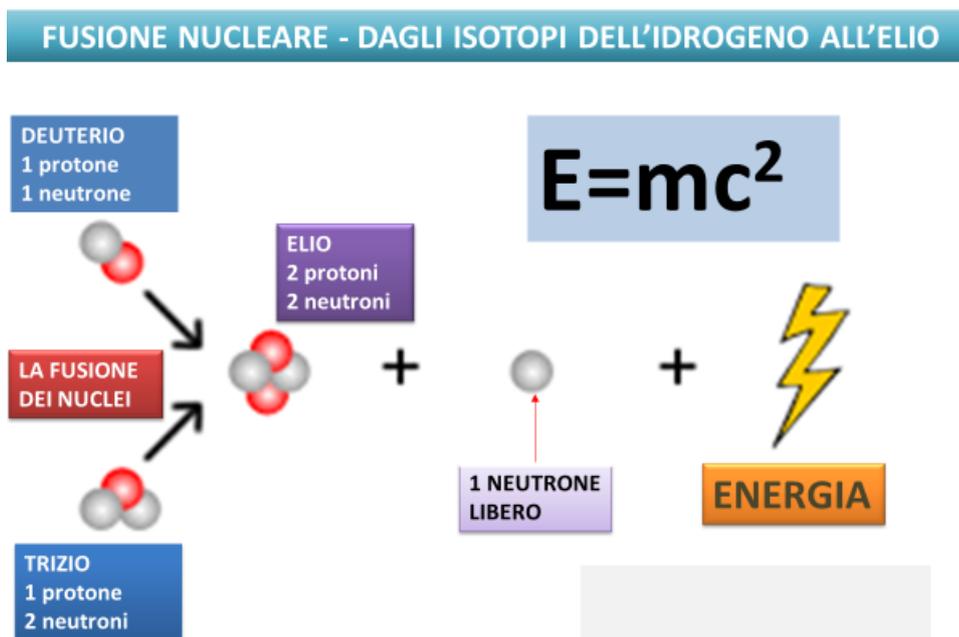
che, come abbiamo già visto rappresenta la combinazione più elementare di materia che si possa concepire, in quanto è formato da un solo protone con carica elettrica positiva che ne costituisce il nucleo e da un elettrone con carica elettrica negativa che gli gira intorno. L’elemento che troviamo subito dopo, invece, è l’elio (He).



L’atomo di elio ha due protoni e due neutroni nel nucleo, e due elettroni che gli girano intorno. Ma come si è formato l’Elio?

La fusione nucleare

Affinché la protostella raggiunga una temperatura centrale di 10 milioni di gradi, quella necessaria fondere l’idrogeno in elio, sono necessarie alcune decine di milioni di anni. Quando la materia, dunque, viene sottoposta a una certa pressione che sviluppa una temperatura di 10 milioni di gradi si ottiene il fenomeno della fusione nucleare, capace di fondere l’idrogeno, (l’elemento più semplice e comune nel nostro Universo) per crearne un altro (l’elio).



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

La **fusione nucleare** è un processo complesso che avviene nel Sole e nelle altre stelle, con il quale viene prodotta una grossa quantità di energia: in condizioni di materia sottoposta ad una certa compressione (gravità) e ad una certa temperatura (compressione), i nuclei leggeri di due atomi, qui abbiamo rappresentato degli atomi di idrogeno formati da un protone e un neutrone (che viene chiamato deuterio) e da un protone e due neutroni (trizio) quando si creano quelle condizioni di cui abbiamo parlato questi due atomi originari si fondono fino a creare un nucleo più pesante. La massa del nucleo risultante è inferiore alla somma delle masse dei nuclei di partenza. La differenza di massa il neutrone libero, è quella che viene trasformata in energia (E), secondo la nota legge di Einstein $E = M c^2$

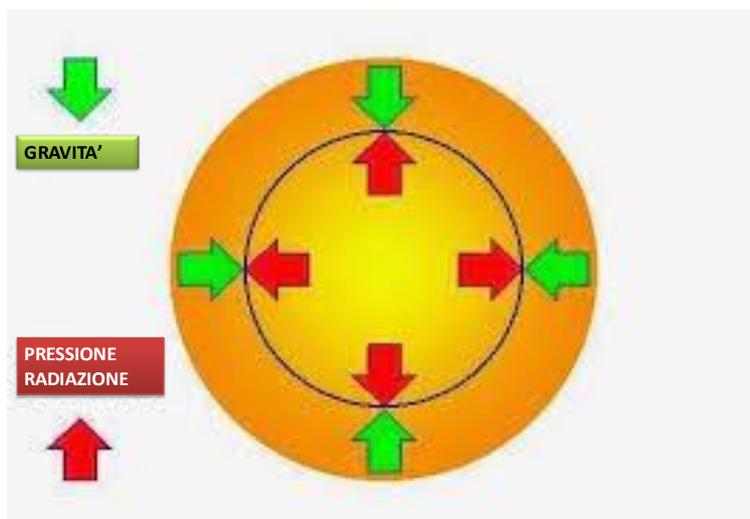
Pensate che un solo grammo di materia equivale a 90.000 miliardi di Joule (che è l’unità di misura dell’energia)

Per darvi un’idea poiché $1 \text{ kWh} = 3.600 \text{ kJoule}$, un grammo di materia equivale a 25.000.000 kWh

Considerando che una lavatrice ha un consumo annuo medio di 240 kWh, vuol dire che l’energia contenuta in un grammo di materia farebbe lavorare la vostra lavatrice per oltre 10.000 anni

Quello stesso limite di massa, di pressione e temperatura oltre i quali si ha la fusione nucleare è anche il limite che contraddistingue una stella da un pianeta e dato che la pressione generata dalla gravità dipende dalla grandezza del corpo celeste, esiste una dimensione oltre la quale si innesca automaticamente il processo che trasforma un pianeta in una stella.

È così che funzionano le stelle. Sono un concentrato enorme di materia che a causa della combinazione peso-pressione-calore, sviluppano la reazione a catena chiamata fusione nucleare.



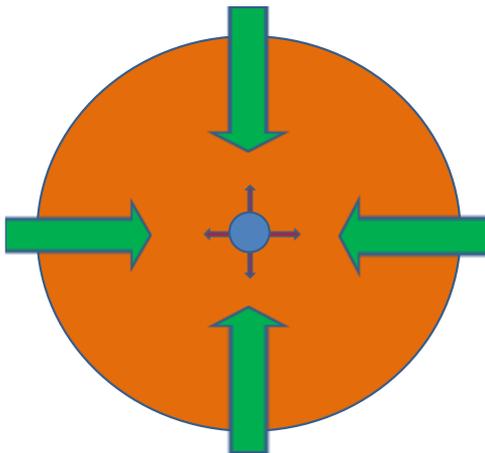
Dal Big Bang all’Homo Sapiens- UTE San Donato & San Giuliano Milanese -2021/22 Lez. 7 a cura di Sandro Succi

Sono, in realtà, un concentrato di bombe termonucleari che esplodono in continuazione. Ma perché allora non esplose tutto, perché le stelle non vanno a pezzi?

Perché si crea un equilibrio interno tra queste esplosioni che tenderebbero a far saltare tutto in aria (frecce rosse) e la forza di gravità che invece funziona come un pesante coperchio (frecce verdi). È questa specie di braccio di ferro che permette alle stelle di rimanere stabili, in equilibrio tra le due forze.

SUPERNOVE

La maggior parte delle stelle impiega miliardi di anni a morire. Quando una stella come il Sole termina il processo di fusione dell'idrogeno in elio, la stella, che non ha più la possibilità di fondere l'idrogeno, in pratica è come un barbecue che ha bruciato tutta la legna ed è rimasta solo la brace;



ridotta in brace, e quindi con poca forza radiante, la stella non può più contrastare la gravità, collassa sotto il suo peso sino a formare una densissima piccolissima stella chiamata nana bianca. Un cucchiaino di materia di una nana bianca pesa 100 tonnellate.

Le stelle con una massa otto volte superiore a quella del Sole finiscono la loro esistenza in modo improvviso. Non appena si esaurisce la fusione dell'elio, i processi nucleari si arrestano la pressione di radiazione del nucleo non è più in grado di contrastare la gravità e va incontro ad un rapido collasso, che compatta e riscalda a tal punto la stella da farla scoppiare, dissolvendosi in enormi esplosioni dette **supernove**.



Per circa una settimana, la supernova supera in luminosità tutte le altre stelle della sua galassia, poi si oscura rapidamente. Tutto ciò che rimane è un piccolo oggetto di estrema densità, una stella di neutroni o un buco nero, circondato da una nube in espansione di gas estremamente bollenti.

L'esplosione è così fulminea e calda da fondere gli atomi di idrogeno ed elio in atomi più pesanti come carbonio, ossigeno, ferro, e via via fino a platino, oro e uranio. Questi ultimi elementi si producono solo in piccole quantità, per questo sono così rari.

Nel 1006 la Terra venne colpita dalla luce di una Supernova. Era così forte che si poteva leggere un manoscritto anche di notte.

Più violenta è l'esplosione più c'è la possibilità di fondere insieme un gran numero di particelle.

ATOMO	PROTONI	NEUTRONI	ELETTRONI	N. PARTICELLE
IDROGENO	1	0	1	2
ELIO	2	2	2	6
CARBONIO	6	6	6	18
AZOTO	7	7	7	21
OSSIGENO	8	8	8	24
FERRO	26	26	26	78
ARGENTO	47	47	47	141
PLATINO	78	78	78	234
ORO	79	79	79	237
URANIO	92	92	92	276
PLUTONIO	94	94	94	282

La supernova proietta questi **nuovi** elementi appena formati a miliardi di chilometri di distanza. Vengono dispersi nello spazio e questa polvere stellare alla fine si riaddensa formando nuove stelle e pianeti.

6 miliardi di anni fa in questa parte di universo è esplosa una supernova le cui polveri addensandosi hanno creato le condizioni perché nascesse il sistema solare e con esso la Terra. Quegli elementi formatisi dall’esplosione della nostra supernova permetteranno la nascita della vita.

La vita non esisterebbe, noi non esisteremmo se da queste parti non ci fosse stata una supernova che ha espulso e disperso le sue polveri nello spazio circostante.

Siamo polvere di stelle.