

I TEMPI DELL'UNIVERSO

Immaginiamo una linea del tempo: a $t=0$ (t_0) poniamo l'inizio di tutta la storia del nostro universo. Noi dove siamo?

Siamo a $t= 13.7$ miliardi di anni, con tutta probabilità. Ora dobbiamo cercare di capire cosa è successo nell'intervallo Δt e fino a quale momento, nella linea del tempo, possiamo essere sicuri (per ora) delle cose che stiamo affermando.

Su quanto sia successo nel momento t_0 **la scienza è muta**. Non possiamo dire nulla, non c'è nulla di concreto che possiamo dire in proposito.

Le leggi della natura, le nostre leggi, cominciano ad essere significative quando si raggiunge t_1 , che è il **tempo di Planck: 10^{-43} s**. La temperatura dell'Universo: **$T_1= 5 \cdot 10^{31}$ K**. Prima del tempo di Planck si pensa che le quattro interazioni fossero unificate, che materia e antimateria fossero in perfetta simmetria e che le particelle, così come le conosciamo (!) non esistessero ancora. A partire dal tempo di Planck, la forza di gravità si separa dalle altre.

Passano a questo punto 100 miliardi di battiti dell'orologio di Planck (arriviamo a **$t_2=10^{-32}$ s** dal Big Bang): lo spazio nel frattempo si espande e l'Universo diventa grande come un pompelmo. La forza forte si separa a questo punto dalle altre, ma protoni e neutroni non si possono ancora formare perché i quark che li compongono non possono, nonostante tutto, legarsi ancora assieme: la temperatura dell'Universo è infatti ancora troppo alta perché almeno qualche particella trovi la sua " pace". **$T_2= 10^{27}$ K**. E' questa l'epoca della **zuppa cosmica (Quark Gluon Plasma, QGP)**.

La temperatura dell'Universo continua a scendere e diventano per questo motivo sempre più improbabili le reazioni in cui si continua a produrre materia contemporaneamente all'antimateria. Nello stesso tempo, la materia e l'antimateria esistenti incominciano a "squilibrarsi" (i motivi sono ancora in discussione nel mondo scientifico). Risultato: **la materia comincia a prevalere sull'antimateria**. Attualmente, nel nostro Universo, il rapporto tra antimateria e materia è 1 a 10^9 (1 particella di antimateria per 1 miliardo di particelle di materia).

Ricordiamoci con gratitudine di questa asimmetria, a cui dobbiamo la vita!

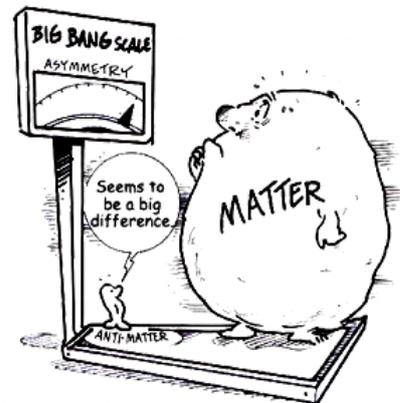
La forza debole si separa da quella elettromagnetica a **$t_3= 10^{-10}$ s**. Ormai tutte e quattro le forze sono separate le une dalle altre ed esercitano le loro "competenze" nei rispettivi ambiti.

A **$t_4=10^{-4}$ s** e **$T_4=1,5 \cdot 10^{12}$ K** possono cominciare a formarsi i primi protoni e i primi neutroni.

A **$t_5= 4$ s** ormai non ci sono praticamente più particelle di antimateria: l'energia necessaria per costruire la più leggera delle antiparticelle non è più raggiungibile. I neutroni, nel frattempo, mostrano una irrefrenabile tendenza a trasformarsi in protoni (che sono più leggeri): ogni neutrone che si è formato sino a questo punto nell'Universo ha di fronte a sé solo 10 minuti di vita. La **$T_5= 4 \cdot 10^9$ K**.

Siamo arrivati a **$t_6= 200$ s** dopo il Big Bang, la **$T_6= 10^9$ K**.

L'Universo è ora contenuto in una sfera del raggio di 100000 km, un quarto della distanza Terra-Luna: E' un momento fondamentale della nostra storia: **inizia la nucleosintesi (primordiale o cosmologica)** . Protoni e neutroni trovano la forza per legarsi assieme e formano il nucleo del deuterio, dell'elio e, in misura minore, del litio.



Per i neutroni, la nucleosintesi rappresenta la salvezza: come abbiamo detto prima queste particelle sono instabili se isolate ma diventano invece molto stabili se legate ai protoni. I protoni e i neutroni che formano i nuclei degli atomi che ci costituiscono risalgono quasi tutti a questo periodo della storia dell'universo. Sono la nostra etichetta " Made in Big Bang".

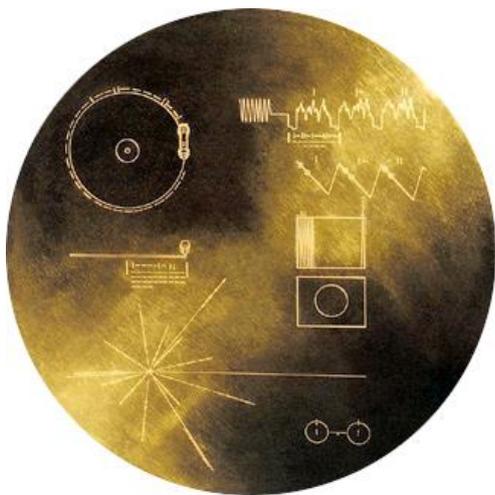
Da questo momento sino a **$t_7 = 380000$ anni** (quanti secondi sono dopo il BB?) l'Universo fa una sola cosa: si espande. Arriva a misurare quanto la nostra galassia. Si espande nel buio profondo, perché le particelle che nel nostro mondo "portano" la luce sono troppo impegnate a fare altro, ad interagire con la materia, in particolare con gli elettroni che viaggiano ancora liberi, non catturati dai nuclei appena formati perché sono troppo veloci. Nell'Universo ci sono quindi fotoni, protoni, elettroni e qualche nucleo sparso di deuterio, elio e litio. Niente di più. La temperatura infatti è ancora scesa, **$T_7 = 4000$ K**. In queste condizioni, l'energia dei fotoni è diventata così debole che non riescono ad interagire più con gli elettroni: questi ultimi finalmente si "accorgono" della presenza dei nuclei positivi, formati da protoni e neutroni, ed iniziano ad interagire con loro. E' il momento della formazione dei primi atomi: gli elettroni sono infatti catturati dal campo positivo dei nuclei. Nello stesso tempo, i fotoni, che non sono più disturbati nel loro cammino dall'interazione con gli elettroni, possono muoversi liberamente nell'Universo, che improvvisamente si illumina. Gli atomi presenti, sino a questo momento, nell'Universo sono esclusivamente di idrogeno, deuterio, elio e litio.

A **$t_8 = 1$ miliardo di anni** si iniziano a formare le prime galassie e poi le prime stelle. SI creano perché la materia non è distribuita in modo uniforme ed omogeneo nello spazio e quindi, in presenza di regioni a densità di materia maggiore, la forza di gravità si fa sentire in misura più potente. La gravità porta la nube a contrarsi su se stessa e la temperatura delle regioni più interne comincia a crescere: attorno ai 15 milioni di gradi si innesca la reazione termonucleare che "accende" la stella. Con la nucleosintesi stellare l'Universo si arricchisce di una notevole varietà di specie atomiche: C, O, N, Ca...

$t_9 =$ due miliardi di anni: cominciano ad esplodere le prime supernovae che spargono nello spazio interstellare una grande quantità di materia contenente elementi anche pesanti

$t_{10} =$ nove miliardi di anni (abbondanti): mentre l'Universo continua inesorabilmente ad espandersi si forma la nube interstellare dalla quale per contrazione gravitazionale nascono il sole e i suoi pianeti, tra i quali il nostro.

$t_{11} = 13$ miliardi e 500000 anni fa (circa) : compare in Africa una nuova specie del genere Homo, la nostra, che comincia a contemplare l'Universo attorno a sé e a domandarsi come sia fatto...



Il disco d'oro su Voyager 1, l'oggetto costruito dall'uomo più lontano attualmente dalla Terra (8/9/2011 era a 118,20 UA).

« Questo è un regalo di un piccolo e distante pianeta, un frammento dei nostri suoni, della nostra scienza, delle

nostre immagini, della nostra musica, dei nostri pensieri e sentimenti. Stiamo cercando di sopravvivere ai nostri tempi, ma potremmo farlo nei vostri. » (messaggio del presidente USA, Jimmy Carter)