

## Il Big Bang

Il **Big Bang** non è l'esplosione di un gigantesco corpo incandescente e non è pensabile che, almeno all'inizio, si sarebbe potuto assistere dall'esterno. Non esisteva un <<esterno>>, perché il **Big Bang** rappresenta l'inizio dello **spaziotempo** stesso. Nel nostro Universo attuale non è concepibile alcun punto dello spazio che possiamo indicare dicendo: "Qui è avvenuto il **Big Bang**." E' avvenuto ovunque.

E neanche esiste un <<prima del **Big Bang**>>, perché il tempo è iniziato con questo evento di creazione. Vediamo in rapida sintesi ciò che accadde nel corso di successivi periodi dall'inizio del tempo.

### Nascita dell'universo: $t=0$

Avvenuta circa 14 miliardi di anni fa col **Big Bang**, una "singolarità" dalla quale lo spazio ed il tempo hanno avuto origine con l'universo stesso. In questo istante, mentre la materia è formata da un indefinito miscuglio di oggetti diversi da quelli oggi conosciuti, le interazioni fondamentali sono unificate e completamente indistinguibili.

$\sim 10^{-43}$  s dopo il **Big Bang**. Questo è l'istante a cominciare dal quale possiamo esprimere qualcosa che abbia significato, perché prima non valevano le leggi della fisica che oggi conosciamo, in questo momento i concetti di spazio e tempo iniziano ad assumere il significato che oggi attribuiamo loro. Le dimensioni dell'Universo sono molto più piccole di un protone. La temperatura dell'Universo è intorno ai  $10^{32} \text{ }^\circ\text{K}$ .

$L_p = 4 \cdot 10^{-35} \text{ m}$  = lunghezza di Planck     $t_p = 1 \cdot 10^{-43} \text{ s}$  = tempo di Planck     $E_p = 4 \cdot 10^9 \text{ GeV}$  = energia di Planck

Le tre quantità  $L_p$ ,  $t_p$ ,  $E_p$  costituiscono la scala di Planck ed indicano dei valori limite. E' impossibile misurare una grandezza più piccola di  $L_p$ , un tempo più breve di  $t_p$  e raggiungere una energia maggiore di  $E_p$ .

$\sim 10^{-34}$  s dopo il **Big Bang**. Da questo momento l'Universo subisce un'espansione tremendamente rapida, aumentando le sue dimensioni di un fattore  $10^{30}$ . E' diventato come un brodo rovente di **quark** e **leptoni** alla temperatura di  $10^{27} \text{ }^\circ\text{K}$ . L'interazione gravitazionale si separa dalle altre forze ancora unificate fra loro.

$\sim 10^{-4}$  s dopo il **Big Bang**. I **quark** possono ora combinarsi a formare **protoni** e **neutroni** assieme alle loro antiparticelle. L'Universo si è ora raffreddato, per la continua (ma molto più lenta) espansione, fino al punto che i **fotoni** non hanno più l'energia necessaria per spaccare queste nuove particelle.

Le particelle di materia e antimateria collidono e annichiliscono. Esiste un leggero eccesso di materia che, non trovando da accoppiarsi, sopravvive al generale annichilimento per formare il mondo di materia che noi conosciamo.

L'interazione forte si diversifica da quella debole che è ancora unificata con l'interazione elettromagnetica. Ha origine il mondo strutturato solo di materia.

**~1min dopo il Big Bang.** L'Universo si è raffreddato abbastanza da permettere che **protoni** e **neutroni**, scontrandosi, si incollino insieme per formare i nuclei degli elementi leggeri  $^2H$ ,  $^3He$ ,  $^4He$  e  $^7Li$ . La prevista abbondanza relativa è quella che noi osserviamo nell'Universo di oggi. Vi è la presenza di un'enormità di radiazione, ma la luce non può arrivare lontano perché interagisce prontamente con i nuclei. L'Universo è opaco alla propria stessa radiazione.

**~ 300000a dopo il Big Bang.** La temperatura è ormai caduta a  $10^4 K$  e gli elettroni possono così unirsi ai nuclei per formare atomi: siccome la luce non interagisce apprezzabilmente con particelle neutre come gli atomi, è libera di raggiungere grandi distanze. Questa è la **radiazione cosmica di fondo**. Gli atomi di idrogeno ed elio, sotto l'azione della gravità cominciano ad agglomerarsi iniziando la formazione di **stelle e galassie**.

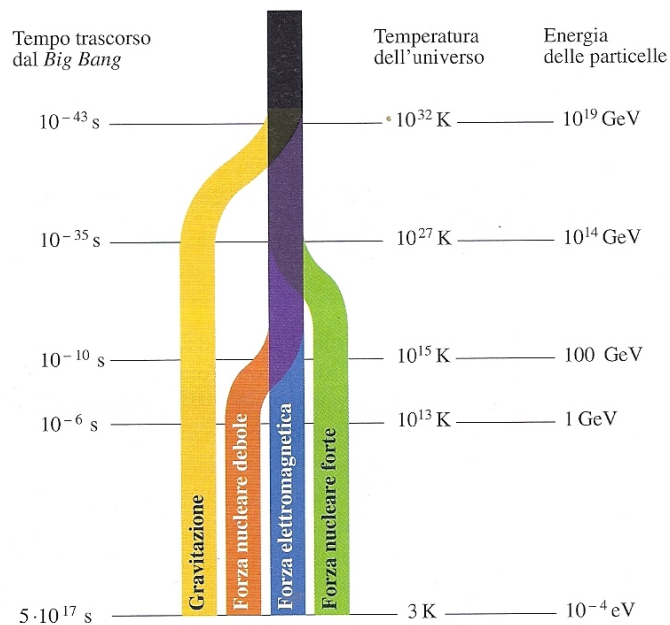


Figura 9 – L'evoluzione dell'universo dal primo istante a oggi, con l'evidenza della separazione delle interazioni fondamentali, la cosiddetta rottura delle simmetrie, o "transizioni di fase".

Da alcune misurazioni effettuate dopo il 1965 risultava che la **radiazione cosmica di fondo** a microonde proviene con intensità uniforme da tutte le direzioni, ciò che implica che tutta la materia (atomi e particelle) esistente nell'Universo all'età di 300000 anni era uniformemente distribuita. Questa scorta parve molto sconcertante, perché attualmente nell'Universo la materia non è per nulla uniformemente distribuita, ma è raccolta in galassie, ammassi di galassie e super-ammassi di galassie. Vi sono poi anche estesi vuoti, zone del cielo nelle quali la materia presente appare relativamente scarsa, e altre regioni tanto affollate da essere chiamate muri. Se per la creazione dell'Universo la teoria del **Big Bang** vuole essere valida anche soltanto in via approssimata, le radici di questa distribuzione disuniforme della materia debbono essere state piantate prima che l'Universo arrivasse all'età di 300000 anni, e ne risulterebbe una disuniformità di intensità della radiazione di fondo proveniente da diverse direzioni dello spazio sferico.

Nel 1992 le misurazioni eseguite da un satellite della *NASA* per l'esplorazione delle profondità del cosmo rivelò che in realtà la radiazione di fondo non è perfettamente uniforme. Il Big Bang è sulla buona strada.

### TIRANDO LE CONCLUSIONI

La nostra **Terra** non è il **centro del Sistema Solare**. Il nostro **Sole** è soltanto una stella fra molte altre. La nostra galassia è soltanto una fra molte altre, e il nostro **Sole** è una stella insignificante situata vicino al suo bordo esterno. La nostra **Terra** è finora esistita da meno di un terzo della vita dell'Universo, e finirà certamente per scomparire quando il **Sole** avrà esaurito le sue riserve di combustibile e diventerà una gigante rossa. Noi siamo vissuti sulla **Terra**, come una specie distinta, per meno di un milione di anni, un batter d'occhio se confrontato al tempo cosmologico. E poi la stoccata finale: i **neutroni** e **protoni** di cui siamo fatti non costituiscono la forma di materia predominante nell'Universo.