

Universo

La nascita delle galassie

Big Bang e nascita delle galassie

Se l'universo si sta espandendo, è naturale pensare che, se potessimo riavvolgere alla stessa velocità il nastro dell'espansione tutta la materia che compone l'Universo tornerebbe a formare l'agglomerato originario, densissimo e molto caldo. Questo esperimento di pensiero ha condotto negli anni '40 il fisico *G. Gamow* a elaborare la **teoria del Big Bang o modello standard**, secondo la quale circa 15-20 miliardi di anni fa l'Universo si trovava in uno stato di densità e temperatura elevatissima, concentrato in uno spazio infinitesimo.

A un tempo infinitesimo iniziò a espandersi a enorme velocità diminuendo temperatura e densità, fino ad assumere le dimensioni e l'aspetto odierno. Tale modello consente di spiegare diverse osservazioni, tra le quali: l'abbondanza presente nell'Universo di nuclei atomici più leggeri (idrogeno, elio, deuterio e litio) e l'esistenza di una radiazione cosmica di fondo. Cerchiamo di esaminare l'evoluzione dell'Universo dividendola in fasi, in modo da rendere più facile la comprensione del fenomeno.

Fase 1

È la fase che va dall'istante $t=0$ all'istante $t=5,39 \times 10^{-44}$ (noto anche come **tempo di Planck**). In questa fase le quattro interazioni della fisica: nucleare forte e debole, elettromagnetica e gravitazionale erano probabilmente unificate. A questo istante la temperatura era elevatissima ($T=10^{32}$ K) e l'Universo una singolarità matematica.

Fase 2

L'interazione gravitazionale si **separa** dalle altre tre interazioni fondamentali che rimangono ancora unificate secondo la **Teoria della Grande Unificazione** (GUT).

In questa fase l'Universo è pervaso da radiazione in mutua interazione, ossia in equilibrio termico, con elettroni e neutrini.

Fase 3

Mano a mano che la temperatura scende ($T=10^{27}$ K), si ha il processo di **bariogenesi**, che determina il prevalere della materia sull'antimateria; l'Universo è costituito da **quark, leptoni** e corrispondenti antiparticelle, **gluoni** e **bosoni**.

Fase 4

Si osserva la separazione dell'interazione elettrodebole in debole ed elettromagnetica. L'Universo è dominato da **quark, leptoni, fotoni, neutrini** e **materia oscura**.

Fase 5

A soli 10^{-4} secondi dopo il Big Bang si generano **protoni** e **neutroni** che rimangono in equilibrio termodinamico con elettroni e neutrini.

Fase 6

A circa 0,7 s dopo il Big Bang i neutrini si separano dal resto della materia e si forma una **radiazione fossile** di neutrini che è arrivata fino a noi.

Fase 7

Quando l'Universo ha circa 3 minuti di età si è completata la formazione dei **nuclei leggeri**, come 2H , 3He , 4He e 7Li . Alla fine dei primi tre minuti di vita, l'Universo è dominato dalla presenza di fotoni, protoni, neutroni, nuclei leggeri, neutrini e materia oscura.

Fase 8

Quando l'Universo aveva circa 300000 anni la radiazione si separò dalla materia. Questa radiazione è giunta fino a noi, ed è conosciuta con il nome di **radiazione cosmica di fondo**. Da questo momento in poi è possibile fare osservazioni dirette, proprio perché l'Universo diventa trasparente alla radiazione.

Fase 9

Dopo qualche centinaio di milioni di anni la temperatura è scesa fino a 4000 K; piccole fluttuazioni di densità possono cominciare ad attrarre gravitazionalmente la materia circostante portando alla formazione di **protogalassie** (gigantesche nubi di gas freddissimo) e successivamente di **galassie** e **ammassi di galassie**. Dopo quattro miliardi di anni si formano le prime stelle.

Ammassi e superammassi

La struttura dell'Universo assomiglia ad una sorta di spugna, infatti la misura delle posizioni di migliaia di galassie ha mostrato che esse non sono distribuite uniformemente. L'Universo a grande scala è costituito da gruppi di galassie, detti **ammassi**, che si riuniscono in enormi addensamenti piatti separati tra loro da immense regioni vuote.

Inoltre, molti ammassi di galassie sono coinvolti in moti d'insieme verso altri giganteschi ammassi, detti **attrattori** per la loro spinta gravitazionale. Questa struttura su larga scala sembra aver avuto origine da piccolissime disomogeneità nella distribuzione iniziale di materia. Dopo il Big Bang, su scale temporali di miliardi di anni, le forze gravitazionali avrebbero condensato la materia e si sarebbero formate prima le galassie, poi gli ammassi e i superammassi, e infine le strutture più grandi come gli attrattori. Prima del 1989 si pensava che i **superammassi** rappresentassero le più grandi strutture presenti nell'Universo, e che si trovassero sparsi in maniera uniforme in tutto l'Universo. Ma, nel 1989, *Margaret Geller* e *John Huchra* scoprirono una vera e propria parete di galassie lunga più di 500 milioni di anni luce, larga 200 milioni e spessa 15 milioni di anni, a cui diedero il nome di "**Grande Parete**".

Legge di Hubble

Nel 1929 Hubble riuscì a distinguere 18 galassie e a stimare la loro distanza. Scoprì inoltre che tutte le galassie sembrano allontanarsi da noi: la radiazione che esse emettono, infatti, è spostata verso il rosso dello spettro elettromagnetico, fenomeno noto con il nome di **redshift**. La spiegazione è abbastanza semplice: quando una sorgente si allontana da noi, il numero di oscillazioni al secondo diminuisce, quindi la lunghezza d'onda sembra aumentare e si dice che la luce si sposta verso il rosso, mentre quando una sorgente si avvicina nella nostra direzione, il numero di oscillazioni al secondo aumenta, di conseguenza la lunghezza d'onda diminuisce e la luce appare spostata verso il blu (**blueshift**).

Hubble dimostrò inoltre che lo spostamento è direttamente proporzionale alla velocità della sorgente luminosa; trovò una correlazione precisa tra la distanza delle galassie e la loro velocità di recessione, che prese il nome di **legge di Hubble**, data dalla relazione: $v = H d$ dove **H** è detta **costante di Hubble**, **v** è la **velocità di allontanamento** delle galassie e **d** la loro **distanza**.

L'Universo è soggetto dunque a un moto di espansione e la Terra partecipa a questo moto inesorabile senza esserne il centro.

In conclusione non esiste un osservatore privilegiato: la velocità con cui le galassie si allontanano tra loro cresce con la distanza, qualsiasi sia il punto in cui ci si trova. Un altro osservatore posto in un punto qualsiasi su un'altra galassia troverebbe esattamente la stessa legge ottenuta da Hubble.

Quasar

Quasar (Quasi-stellar Radio Source) sono galassie molto lontane, le più lontane a noi note, che emettono una enorme quantità di energia principalmente nelle frequenze radio.

Se osservati al telescopio appaiono come dei puntini luminosi, di aspetto stellare (da cui il nome **Sorgenti Radio Quasi Stellari**) ma il loro spettro presenta delle righe notevolmente spostate verso il rosso (**redshift**).

Supponendo che questo redshift sia dovuto all'effetto Doppler, questo significa che tali oggetti si stanno allontanando da noi a velocità elevate (superiore a 35000 km/s), troppo alte per una stella. In conclusione si tratta di sorgenti extragalattiche molto lontane.

Tenendo conto della loro distanza e luminosità apparente, si ricava inoltre che questi oggetti irradiano una potenza enorme, pari a centinaia di volte quella delle galassie più brillanti.

Il motore dei quasar non sono le reazioni nucleari che avvengono all'interno delle singole stelle: la potenza osservata

non è data dalla somma dei contributi di tutte le stelle della galassia. Quasi certamente ad alimentare tale motore c'è un gigantesco buco nero situato nel nucleo della galassia e attorno ad esso si trova un disco di accrescimento di gas e stelle in rapidissima rotazione. La materia cadendo su buco nero produce radiazione con una potenza enorme.