

Sviluppato da un articolo pubblicato sulla rivista Modus Vivendi nel numero di Ottobre 2000

L'Universo che cambia

Bedogni Roberto-Osservatorio Astronomico di Bologna

Esiste un solo universo o ce ne sono altri, paralleli con i quali non possiamo comunicare? Cosa c'era nei primi istanti dopo il Big Bang, quando esisteva un'unica forza invece delle quattro che conosciamo oggi? Perché le galassie si allontanano l'una dall'altra sempre più velocemente? L'universo ha un centro? A queste ed altre domande cerca di rispondere la moderna cosmologia. L'unica scienza che non si occupa degli aspetti "particolari" del mondo intorno a noi, ma dell'origine e dell'evoluzione del "tutto"

Quando si parla di "evoluzione" nel suo significato più ampio, si prende in considerazione la descrizione di un fenomeno fisico ma anche sociale economico, biologico nel suo svolgersi nel tempo. La cosmologia tratta dell'evoluzione del più grande sistema fisico a disposizione l'Universo. Quindi non un particolare sottosistema ma il tutto.

Fu necessario giungere alla fine del XIX^{esimo} secolo perché lo schema interpretativo, da frammentario quale era, risultasse sempre più completo, così da permettere la definizione di una teoria cosmologica vera e propria. L'Universo nel suo insieme è contenuto in se stesso e tutte le sue proprietà devono essere descritte in modo completo ed autoconsistente. Bisogna quindi formulare una teoria globale in cui la spiegazione di ogni dato osservato sia "obbligatoriamente" ricavabile dal suo contesto, senza formulare ipotesi aggiuntive che ne snaturino la semplicità e completezza.

Oggi s'intende per cosmologia la scienza che vuole trattare dell'Universo come un tutto unico, retto da leggi di tipo fisico-matematico. È proprio lo "strumento" fisico-matematico che permette di inquadrare in uno schema unico la descrizione dell'Universo conosciuto.

La scala delle distanze

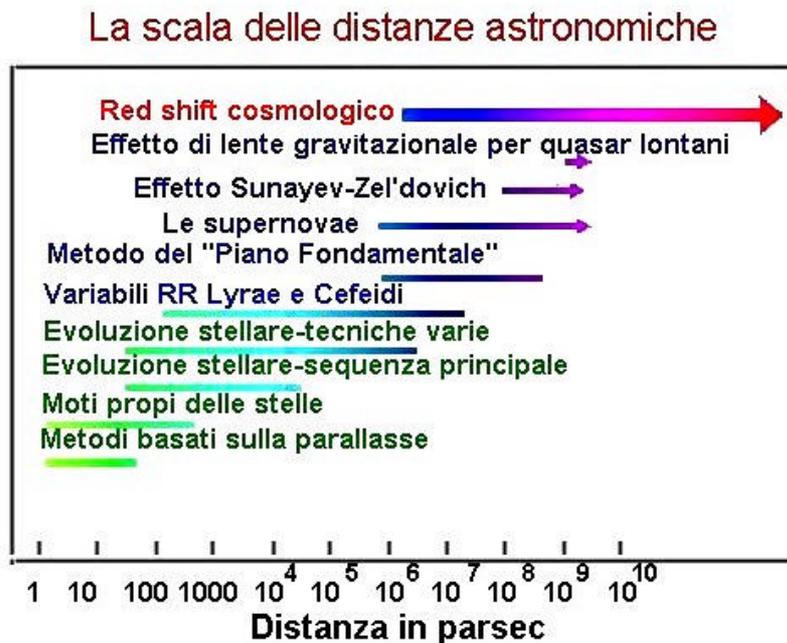


Figura 1-Sono rappresentati i principali metodi di misura delle distanze dei corpi celesti, sull'asse delle ascisse è indicato l'intervallo di distanza da essi misurato.

L'Universo che cambia-Bedogni Roberto

Il calcolo delle distanze dei corpi celesti dalla Terra è fondamentale per la cosmologia. Solo rendendosi conto delle enormi distanze (rispetto a quelle terrestri) tra i pianeti del Sistema Solare e tra le stelle più vicine ed il Sole, fu possibile individuare la collocazione del nostro così peculiare punto di osservazione, la Terra, nell'Universo.

Le distanze celesti vengono misurate in "anni luce", la distanza percorsa dalla luce in un anno alla velocità di 300000 km/sec, e che corrisponde a circa $9.4 \cdot 10^{12}$ km cioè a circa 10000 miliardi di km. I metodi per la misura delle distanze dei corpi celesti si suddividono in due grandi categorie: i metodi trigonometrici che misurano le distanze delle stelle "vicine" (sino a distanze al più di qualche centinaio di anni luce) ed i metodi delle "candele campione", che ricercano, utilizzando i principi base dell'Astrofisica, dei candidati a luminosità intrinseca ben definita da utilizzare per risalire alla distanza dei corpi celesti nei quali essi vengono osservati (per distanze di diversi milioni e miliardi di anni luce)

L'espansione dell'Universo

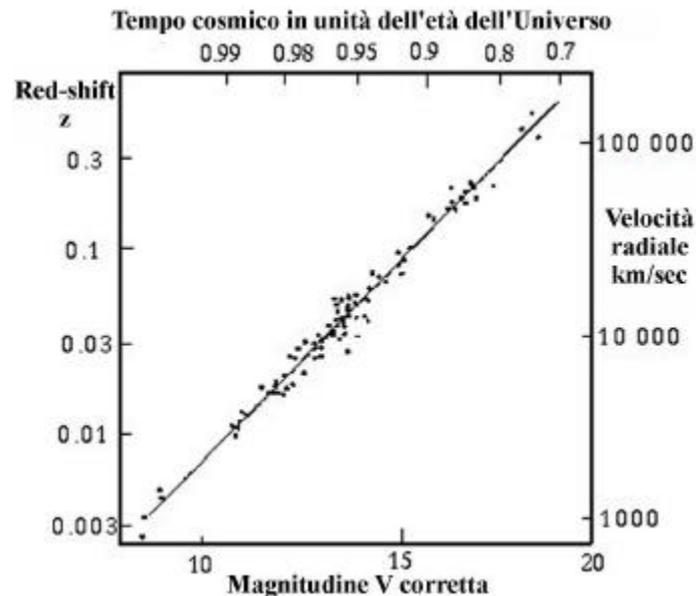


Figura 2-Questo grafico rappresenta la Legge di Hubble. Sull'asse delle ascisse in basso la magnitudine assoluta visuale, in alto l'età dell'Universo in unità di tempo cosmico ($T=1$ tra 13 e 15 miliardi di anni). Sull'asse delle ordinate a destra lo spostamento verso il rosso (o red-shift) per effetto Doppler misurato nello spettro delle galassie, a destra la corrispondente velocità radiale in km/sec

L'astronomo E. Hubble nel 1924 riconobbe nella galassia di Andromeda vari tipi di stelle luminose, tra cui le Cefeidi, stelle variabili per le quali era nota una relazione che legava la luminosità al periodo di variazione della luminosità stessa. Misurando il periodo se ne poteva dedurre la luminosità assoluta e tale dato, unito alla misura della luminosità apparente, fornì la distanza della sorgente, appunto la galassia di Andromeda. Se ne dedusse che si trattava di una galassia esterna alla Via Lattea posta ad una distanza di alcuni milioni di anni luce.

La cosa però che stupì profondamente il mondo astronomico fu la scoperta, fatta sempre da Hubble, che le righe spettrali di assorbimento delle galassie lontane, che queste mostravano degli spostamenti sistematici verso il rosso. E le osservazioni mostrano che tutte le galassie lontane presentano spostamenti verso il rosso. Questo dato, ricavato dall'osservazione, venne interpretato in termini di effetto Doppler, lo stesso che ci fa sentire calare di tono un sirena che si

L'Universo che cambia-Bedogni Roberto

allontana. In media, più una galassia è lontana e più velocemente si allontana. Crollava in questo modo l'idea di un Universo statico ed immutabile e si faceva strada quella di un Universo dinamico ed in continua evoluzione.

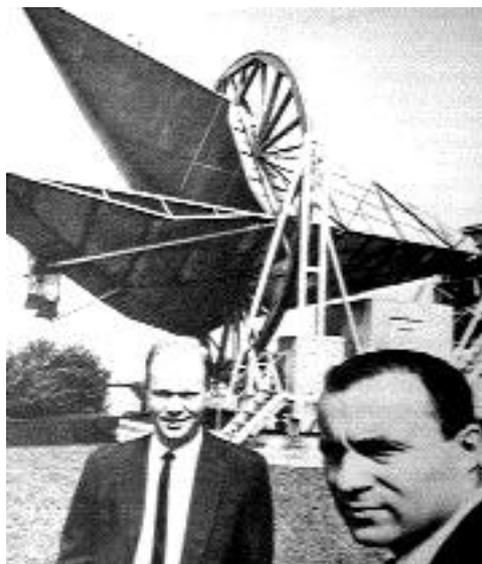
Dalla relazione tra velocità di allontanamento e distanza (espressa dalla Legge di Hubble) si deduce facilmente che in passato la distanza tra le galassie era minore per cui è lecito ipotizzare che, legata all'espansione dell'Universo, sia associata una scala temporale connessa con la sua età. Più guardiamo "lontano" più osserviamo galassie sempre più giovani (rispetto ad un ipotetico istante di inizio dell'Universo stesso). Essendo infatti la velocità della luce, per quanto grande, finita e costante, se osserviamo una galassia distante da noi 100 milioni di anni luce ne riceviamo la luce partita 100 milioni di anni fa.

Inoltre la costante di Hubble, inserita nell'omonima legge, inoltre, ci fornisce un'indicazione "diretta" sull'età dell'Universo: tanto più grande è il suo valore tanto minore è l'età dell'Universo. Il valore più recente $75 \text{ km}/(\text{sec} \cdot \text{Megaparsec})$, corrisponde ad un Universo "nato" circa 15 miliardi di anni fa. La costante di Hubble è oggetto di attente analisi per via della sua importanza nella determinazione dell'età dell'Universo, ma ancora oggi c'è incertezza sul suo valore.

Il principio cosmologico

Alla base dell'espansione dell'Universo, sta dunque il dato, ricavato dall'osservazione, che le galassie si allontanano da noi con una velocità di fuga che è tanto maggiore quanto più sono lontane. Un fatto che non dipende dal nostro punto di osservazione. Il Principio Cosmologico afferma infatti che, in base all'ipotesi di omogeneità ed isotropia (uguaglianza in tutte le direzioni) dell'Universo su grande scala, non esistono punti privilegiati da cui osservare l'espansione. Non esiste dunque nemmeno un centro dell'Universo. Ma come è possibile supporre che l'Universo sia uniforme ed isotropo quando osserviamo, intorno a noi, una moltitudine di galassie la cui distribuzione apparente è sicuramente un indice di disuniformità ed anisotropia (non uguaglianza in tutte le direzioni)? È stato osservato che le galassie tendono a raggrupparsi in strutture sempre più complesse, dette "ammassi di galassie", fra cui si frappongono gigantesche regioni ("vuoti") in cui non "appare" materia luminosa.

La radiazione cosmica di fondo



L'Universo che cambia-Bedogni Roberto

Figura 3-Penzias e Wilson, gli scopritori della radiazione cosmica di fondo, fotografati con l'antenna radio dei Bell Laboratories sullo sfondo

Nel 1965, due fisici americani A. Penzias e R. Wilson dei Bell Laboratories stavano provando un rivelatore di microonde molto sensibile per lo studio dei disturbi sulle comunicazioni radio. Essi si accorsero che il loro strumento raccoglieva una quantità di "rumore extra" che non riuscivano ad eliminare. Inoltre questo rumore era lo stesso in qualunque direzione puntavano lo strumento ed era sempre uguale giorno e notte nel corso dell'anno. Questo significava che, tale emissione, non dipendeva né dal moto di rotazione della Terra attorno al proprio asse né da quello di rivoluzione attorno al Sole.

Doveva quindi avere origine al di fuori del Sistema Solare e persino al di fuori della nostra Galassia!

Nel frattempo B. Dicke e J. Peebles alla Princeton University (sviluppando un'idea di G. Gamov) sostennero che se l'Universo era, alla sua origine, estremamente caldo, oggi dovremmo vedere il relitto della radiazione primordiale. Essi fornirono anche il valore della temperatura cui, causa l'espansione dell'Universo, tale radiazione si sarebbe oggi trovata a una temperatura di 3 gradi Kelvin, cioè appena sopra lo zero assoluto. Inoltre fecero la previsione che avrebbe dovuto trovarsi proprio alla lunghezza d'onda delle "microonde". Insomma, si trattava proprio del "rumore" osservato da Penzias e Wilson.

Sulla base di queste osservazioni si è potuto ragionevolmente affermare che l'Universo, alla sua nascita, era molto caldo e che le ipotesi di isotropia ed uniformità erano certamente valide poco dopo la sua "nascita". Fu qui che prese piede in modo definitivo l'ipotesi del Big Bang.

Ma le osservazioni più interessanti riguardanti la radiazione di fondo sono quelle effettuate negli ultimi due-tre anni che hanno ridefinito il quadro delle nostre conoscenze sull'origine dell'Universo.

I dati sulla radiazione cosmica di fondo



Figura 4. L'esistenza della radiazione cosmica di fondo pone precisi limiti al raggio dell'Universo osservabile. Prima del periodo (300.000 circa dal Big Bang) di disaccoppiamento tra radiazione e materia l'Universo è più accessibile.

Già negli anni passati erano state effettuate diverse misure di anisotropia. Tutte le misure effettuate da terra negli anni '80, con sensibilità limitate, hanno fornito l'immagine di un Universo uniforme in qualunque direzione si guardi.

Il satellite COBE (acronimo di Cosmic Background Explorer), lanciato dalla NASA nel 1989, dopo alcuni anni di osservazione ha prodotto la prima mappa del cielo a microonde, nella quale sono visibili delle disuguaglianze della radiazione di fondo.. L'entità delle anisotropie risulta modesta, 20 milionesimi di grado Kelvin. Queste anisotropie di temperatura sono attribuibili a fluttuazioni di densità nell'Universo all'epoca della ricombinazione, quando l'Universo aveva 300000 anni.

Nell'inverno del 1998-99 BOOMERanG (acronimo di Baloon Observatory Of Millimetric Extragalactic Radiation And Geophysics) ha osservato la radiazione di fondo ottenendo una mappa del cielo a microonde 40 volte più dettagliata di quella di COBE. I dati ricavati sono di straordinario interesse e consentono di confermare alcuni elementi di conoscenza cruciali:

- ❖ l'esistenza del Big Bang;
- ❖ la conclamata esistenza di anisotropie nella radiazione di fondo;
- ❖ il moto del Sole rispetto al sistema di riferimento galattico (circa 400 Km/sec).

Le supernovae lontane

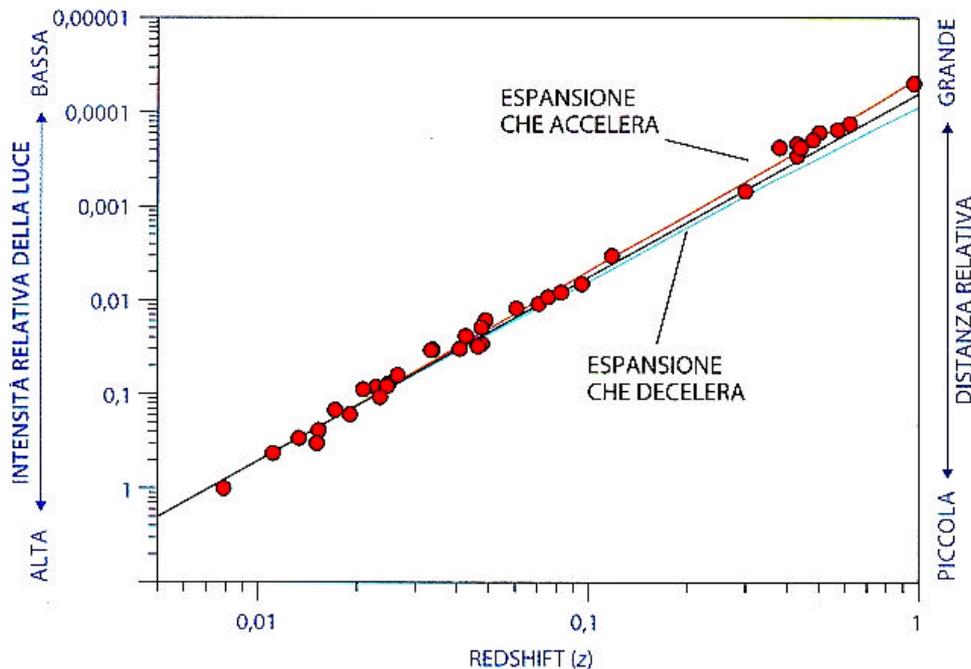


Figura 5. Le osservazioni delle **supernovae di tipo Ia** deviano leggermente ma significativamente dall'andamento previsto dalle teorie più accreditate, secondo le quali, se l'Universo fosse "piatto" e non esistesse la costante cosmologica, la decelerazione dovrebbe essere abbastanza rapida (linea blu). Queste osservazioni indicano che l'Universo contiene solo il 20 % della materia necessaria per renderlo piatto, dato che sta decelerando più lentamente del previsto (linea in nero). Le misurazioni portano addirittura a pensare che l'espansione stia accelerando, forse a causa di una costante

L'Universo che cambia-Bedogni Roberto

cosmologica non nulla (linea rossa).

Le Supernovae di tipo I sono degli ottimi indicatori di distanza in quanto tutte raggiungono, al loro massimo di luminosità, la stessa magnitudine assoluta, cioè la stessa luminosità intrinseca (indipendente dalla distanza) e sono quindi delle ottime candele campione. La difficoltà consiste nell'osservarle in galassie. Ciò è ora possibile utilizzando il Telescopio Spaziale HST. Utilizzando le Supernovae di tipo I è possibile ricavare direttamente la loro distanza conoscendo la loro luminosità apparente. La distanza così determinata può essere confrontata, conoscendo lo spostamento verso il rosso delle galassie sottostanti, con quella ricavata dalla legge di Hubble.

Confrontando queste distanze si evince che le Supernovae sarebbero troppo lontane rispetto alla stima che deriva dalla legge di Hubble. Non rimane quindi che ammettere la possibilità che l'Universo sia "oggi" arrivato, nella sua espansione a partire dal Big Bang, più lontano di quanto non ci si potrebbe aspettare da un'espansione costante. Questo significa ammettere un'espansione non costante ma bensì accelerata; la più interessante scoperta cosmologica degli ultimi anni.

Il Modello Standard

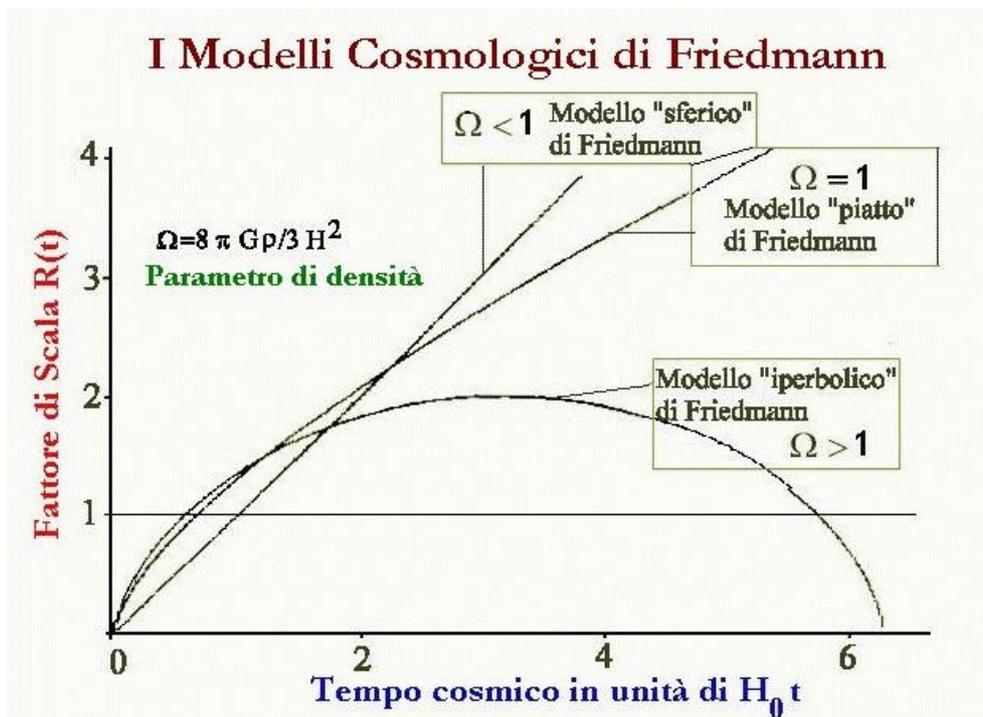


Figura 6. I modelli cosmologici di Friedmann sono quelli tipici del modello standard e rappresentano le tre evoluzioni possibili dell'Universo dopo il Big Bang. In ascisse il tempo cosmico (oggi $T=1$) ed in ordinate la separazione ($R(t)=$ raggio di scala) tra le galassie.

La scoperta delle recessione delle galassie ha modificato l'idea d'Universo statico, dominante sino agli inizi del ventesimo secolo, e l'introduzione del Principio Cosmologico ha permesso una descrizione semplice dell'evoluzione dell'Universo.

La Teoria Newtoniana è capace di descrivere l'Universo in espansione ma non ne può dare una spiegazione completa. Per costruire però un modello completo ed autoconsistente bisogna

L'Universo che cambia-Bedogni Roberto

rivolgersi ad una teoria della gravitazione più moderna: la Relatività Generale. In base alla teoria di Einstein, si è costruito un modello comunemente accettato secondo il quale che l'Universo è "nato" da un'esplosione iniziale, il Big Bang, e si evolve con un certa complessità, dipendente dall'elevata temperatura T delle primissime fasi iniziali. dopo un certo periodo (oltre 300000 anni dall'origine) si formano le Galassie Secondo questo modello ha tre possibilità di evoluzione: le prime due comportano un'espansione illimitata, nella terza invece l'Universo collasserà richiudendosi di nuovo su se stesso.

Il modello non evolutivo

La grande uniformità dell'Universo fece sospettare a diversi cosmologi che ci potesse essere anche un'ulteriore uniformità, non solo nello spazio ma anche nel tempo. Inoltre la presenza di una singolarità iniziale, il Big Bang, anche se prevista dalla Relatività Generale, non soddisfaceva molti fisici ed astronomi. Ci furono diversi tentativi di evitare la "scomoda" conclusione che c'era stato un Big Bang e nello stesso tempo di estendere l'omogeneità spaziale al tempo.

La proposta che riscontrò il favore maggiore fu la teoria dello Stato Stazionario di H. Bondi, T. Gold e F. Hoyle. Questi tre autori proposero che, mano a mano che le galassie si allontanano, si formino di continuo nuove galassie prodotte da nuova materia che viene "creata" continuamente. Quindi avrebbe dovuto essere modificata la Relatività Generale, in modo da prevedere la creazione continua di materia. Il ritmo con cui essa veniva creata doveva però essere talmente basso (una particella per chilometro cubo per anno) da non essere in conflitto con le osservazioni pur violando i principi di conservazione della massa e dell'energia.

Secondo questa ipotesi l'Universo avrebbe dovuto essere sempre stato come lo osserviamo ora, immutato ed eterno! Le galassie lontane non sarebbero state allora quelle più "giovani", ma semplicemente "nuove" galassie che si stavano formando ora in seguito alla disponibilità di sempre nuova materia.

Nonostante le difficoltà concettuali insite nel modello dello Stato Stazionario, fin dall'inizio degli anni sessanta l'opinione generale propendeva per questo modello. In seguito però alla scoperta della radiazione il modello evolutivo prese nettamente il sopravvento.

I conteggi delle radiosorgenti effettuati all'inizio degli anni sessanta da M. Ryle a Cambridge proprio con lo scopo di rendere evidenti i fenomeni evolutivi, diedero un ulteriore colpo alla teoria di un Universo stazionario.

Materia oscura nell'Universo

La sconfitta dello Stato Stazionario ci permette quindi di parlare di evoluzione dell'Universo. Le caratteristiche di questo Universo dipendono però strettamente dalla quantità di materia presente. Secondo la teoria della Relatività Generale infatti la struttura profonda dello spazio e del tempo dipenda a sua volta dalla presenza di materia.

Non tutta la materia presente nell'Universo è tuttavia distribuita sotto forma di materia "visibile". Esiste anche materia "invisibile", quindi non rilevabile all'osservazione "diretta". Essa tuttavia possiede una massa ed ha quindi un effetto gravitazionale che ne evidenzia la distribuzione negli spazi apparentemente vuoti tra le galassie.

Possiamo dire perciò che esistono tre "tipi" di materia. La materia ordinaria, visibile, fatta di protoni e neutroni, che forma stelle, polveri e gas; la materia oscura barionica (i barioni sono particelle elementari pesanti) troppo poco luminosa per essere visibile, che forma ad esempio certe strane stelle come le nane brune ed è più abbondante della materia ordinaria; infine, la materia oscura non barionica, che compone particelle esotiche come gli "assioni", neutrini dotati di massa o particelle massicce debolmente interagenti (Wimp).L'esistenza di quest'ultimo tipo di

L'Universo che cambia-Bedogni Roberto

materia è stata dedotta dal fatto che la gravità della materia visibile è insufficiente a spiegare la velocità delle stelle nelle galassie e delle galassie negli ammassi. La sua abbondanza è molto maggiore di quella di altri tipi.

L'Universo Inflazionario

L'origine dell'Universo risale ad un istante in cui lo spazio ed il tempo, cioè la gravità, emergono da un "brodo primordiale" che è governato da leggi che richiedono l'unificazione della gravità con la meccanica quantistica.

Non ha alcun senso considerare un tempo, di origine dell'Universo. Al più ha senso fisico definire il cosiddetto tempo di Planck, pari a 10^{-43} secondi, a cui far risalire la nascita dell'Universo. Come descrivere la struttura dell'Universo prima di quest'istante è la grande sfida che sta di fronte alla fisica moderna, una sfida che richiede di costruire una teoria quantistica della gravità. Perché associamo al tempo di Planck un limite sulla nascita dell'Universo? Perché prima di questo istante i concetti stessi di spazio e di tempo, già così inconsueti nell'ambito della Relatività Generale, perdono di completamente significato!

Il tempo e lo spazio "nascono" con l'Universo e porsi la domanda "cosa c'è prima", non solo non ha un senso fisico intuitivo, ma fa parte di speculazioni fisico-matematiche il cui significato (ad esempio nelle teorie delle superstringhe) è ancora al di là della nostra comprensione. Queste teorie sono però estremamente suggestive e rappresentano la "frontiera" della fisica moderna. Le teorie che unificano le forze fondamentali delle particelle elementari, pur assumendo la gravità come già presente, hanno gettato nuova luce sui primi istanti di vita dell'Universo ed hanno il nome di Teorie della Grande Unificazione o, con un termine più ambizioso, Teorie del Tutto.

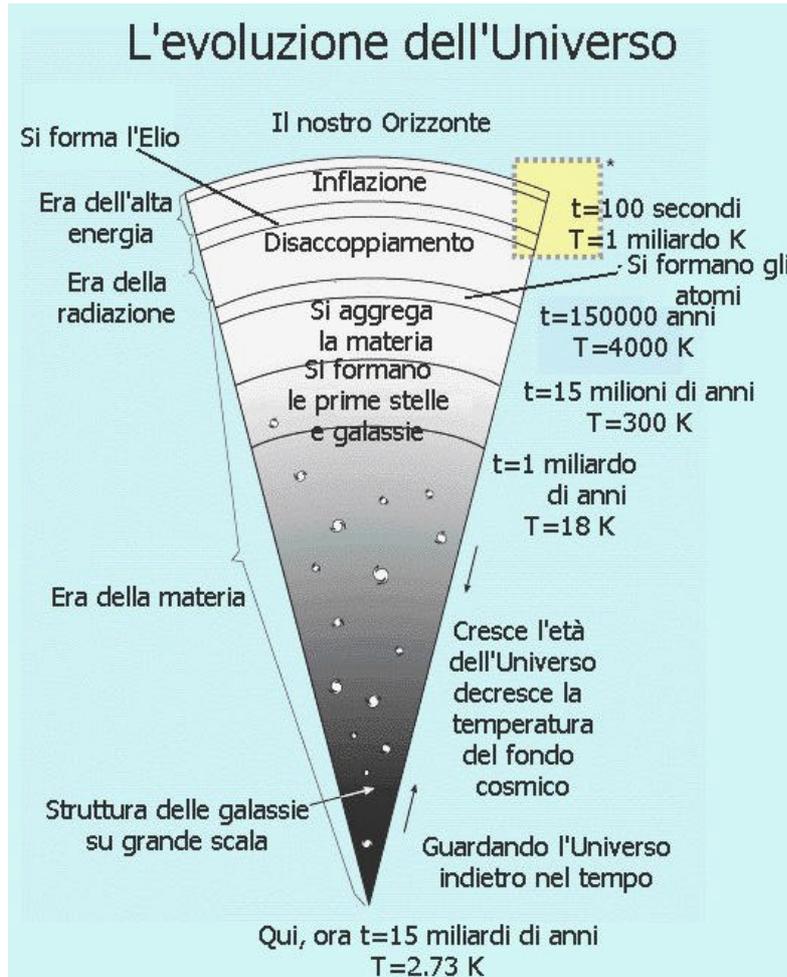


Figura 7. Uno schema che rappresenta l'evoluzione nelle primissime fasi di vita dell'Universo in accordo con il modello inflazionario

All'inizio degli anni '80 è stata elaborata una modifica della teoria del Big Bang, che si basa sulle conoscenze che man mano si sono andate accumulando sulla fisica delle particelle elementari, mostrando come l'infinitamente piccolo e l'infinitamente grande siano profondamente collegati.

Nei primissimi istanti ($t \sim 10^{-35}$ sec) la temperatura era così alta ($T \sim 10^{32}$ K) che la materia non poteva sussistere nella forma ordinaria di neutroni e protoni; sarebbero stati sgretolati dall'enorme energia della radiazione. Neanche le forze della natura erano quelle ordinarie a cui siamo abituati (gravitazionale, elettromagnetica, nucleare e debole, quest'ultima responsabile del decadimento degli elementi radioattivi). Le attuali conoscenze (supportate da esperimenti come quello che ha determinato la consegna del premio Nobel a Rubbia) indicano che ad alte energie la forza debole e quella elettromagnetica rappresentano due aspetti di un'unica forza, proprio come la forza elettrica e quella magnetica sono due aspetti particolari della forza elettromagnetica.

I fisici congetturano che ad energie ancora più alte le quattro forze abituali erano assenti: inizialmente vi era un mare di "strane" particelle elementari che riempivano l'Universo neonato interagendo tramite un'unica forza, una sorta di superforza responsabile dei processi fisici. Con il progredire dell'espansione ($t \sim 10^{-32}$ sec), pochi secondi dopo, la temperatura T si abbassava (al

L'Universo che cambia-Bedogni Roberto

di sotto di 10^{27} K). La materia prendeva la forma di particelle elementari, più familiari, e la superforza “decadeva” nelle usuali quattro forze cui che attualmente conosciamo.

Durante questa fase di transizione si verificava una sorta di “tensione” o pressione negativa in grado di determinare una crescita del raggio dell'Universo di un fattore di circa 10^{50} in un intervallo di tempo 10^{-30} secondi, un processo noto come “inflazione”. Al termine di questa fase la tensione scompare e l'Universo si espande con le modalità previste dal Big Bang.

Il Principio Antropico

Già nel 1970 l'astrofisico McCrea osservò che abbiamo, evidentemente, un solo Universo da studiare: quello in cui viviamo. Non possiamo “uscire” da esso ed osservare altri Universi per cercare di comprendere se si sono evoluti nello stesso modo del nostro e quindi escludere che le proprietà mostrate dal nostro Universo siano dovute al caso. È però possibile portare il discorso su di una linea di ragionamento ancora più particolare ed asserire che: si possono formare solo quei tipi di Universo in cui è presente la vita così come noi la conosciamo.

Questa linea di pensiero è nota in Cosmologia come Principio Antropico. Alla base di questo principio sta il fatto che di tutti i possibili Universi quello in cui ci troviamo ha avuto proprio le “giuste” condizioni iniziali ed i corretti valori della costanti fisiche (la carica dell'elettrone, la costante di gravità ...) così da permettere alla vita umana di svilupparsi e quindi di permettere alla particolare “genia” dei cosmologi di porsi le domande fondamentali sulla natura dell'Universo.

Il Principio Antropico apre due possibilità:

- ❖ il nostro non è l'unico Universo possibile ma solo uno dei tanti in cui il caso ha selezionato le costanti fisiche in modo da produrre la vita;
- ❖ si ammette al contrario che l'unico Universo possibile è questo poiché solo in questo si è sviluppata la vita.

La possibilità degli “Universi Paralleli”, tanto cara agli appassionati di fantascienza, trova quindi una sua attualità alla luce del Principio Antropico e delle Teorie Inflazionarie per le quali il nostro sarebbe solo uno dei tanti Universi, non comunicanti, che si sono sviluppati e poi evoluti dall'enorme mare di particelle sviluppatosi all'epoca della grande inflazione.

La Costante Cosmologica

Nel 1917 Einstein introdusse nelle equazioni di campo della Relatività Generale la **Costante Cosmologica** che, simulando un campo di forze repulsivo rispetto alla gravità ed associando energia al “vuoto”, permetteva la definizione di un modello cosmologico statico. Dopo la scoperta di Hubble dell'espansione dell'Universo la Costante Cosmologica venne abbandonata da Einstein stesso. La Costante Cosmologica è essenziale nel Modello Inflazionario nel determinare l'evoluzione dell'Universo nelle primissime fasi e produrre la “Grande Inflazione”, qui però ci dedicheremo ad una discussione dei suoi effetti nella fase di Universo dominato dalla materia cioè per tempi maggiori di 300000 anni.

Nel 1997 le osservazioni effettuate da astronomi dell'ESO presso i telescopi di La Silla, e da un gruppo di lavoro che ha effettuato osservazioni con HST, hanno mostrato che l'Universo potrebbe avere un'espansione accelerata. Questo fatto può essere interpretato proprio alla luce dell'esistenza di un valore diverso da zero della Costante Cosmologica. Il “vuoto” acquista un profondo significato ed i “vuoti”, che appaiono tra gli ammassi di galassie, sembrano avere un effetto determinante sull'evoluzione dell'Universo.

Le Frontiere della Cosmologia

In questi ultimi anni il Modello Standard è entrato in profonda crisi. La fase iniziale di vita dell'Universo è stata rivista alla luce del Modello Inflazionario anche se resta immutata l'ipotesi che l'Universo presenti due fasi distinte d'evoluzione: quella "dominata" dalla radiazione, fino a 300000-500000 anni dal Big Bang, e quella "dominata" dalla materia dalla fine del disaccoppiamento della radiazione con la materia ad oggi

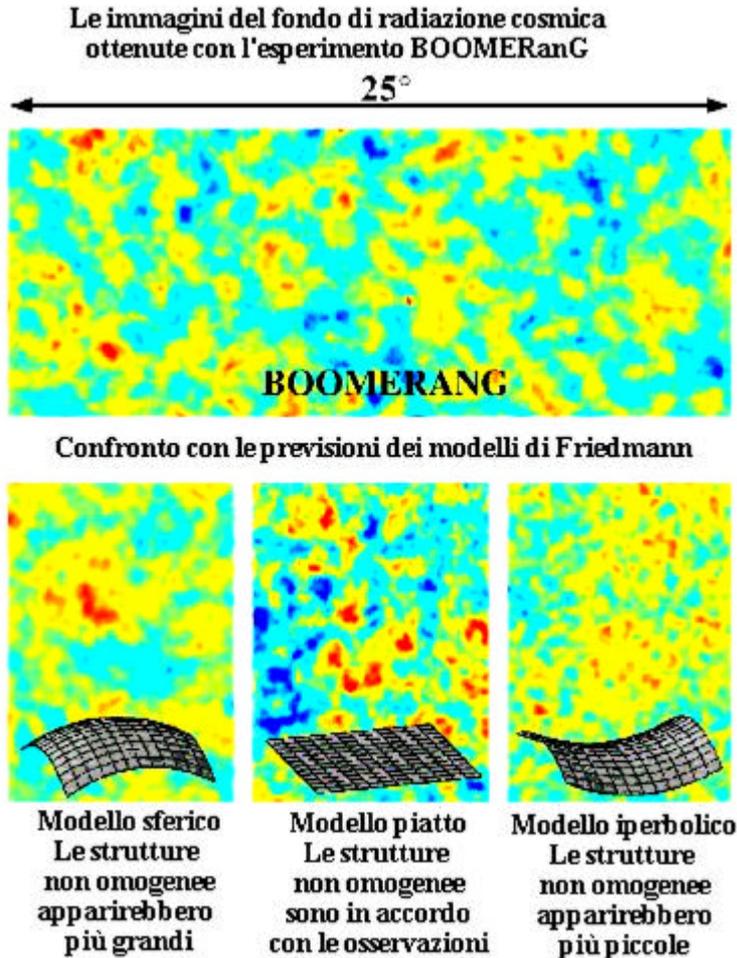


Figura 8. Il confronto tra i tre possibili casi del modello standard effettuato alla luce dei risultati sul fondo cosmico alle microonde dalla sonda BOOMERanG

I dati ricavati dalla sonda BOOMERanG, pur sempre in accordo con la teoria del Big Bang hanno permesso di ottenere un mappa dettagliata della radiazione di fondo che ha confermato come l'Universo attuale è caratterizzato da un valore del parametro di densità, in accordo con il Modello Inflazionario.

Le misure sulle Supernovae lontane di Tipo I evidenziano il contributo determinante all'espansione dell'Universo della Costante Cosmologica. L'Universo tende ad espandersi in modo "accelerato", aumentando con il tempo la distanza reciproca tra le galassie molto di più del Modello Standard a curvatura nulla, cioè piatto.

Nuove osservazioni mettono in dubbio il Modello Standard di Universo così come si era andato costruendo negli ultimi trenta anni. I dubbi e le incongruenze non sono però sintomo di

L'Universo che cambia-Bedogni Roberto

incapacità o disillusione nelle potenzialità della fisica ed astrofisica, ma nuovo stimolo per ulteriori ricerche ed osservazioni. Non siamo quindi al tramonto di un modello considerato "insostituibile", ma ad un'alba di nuove scoperte e speculazioni teoriche foriere di grandi stimoli e sorprese.