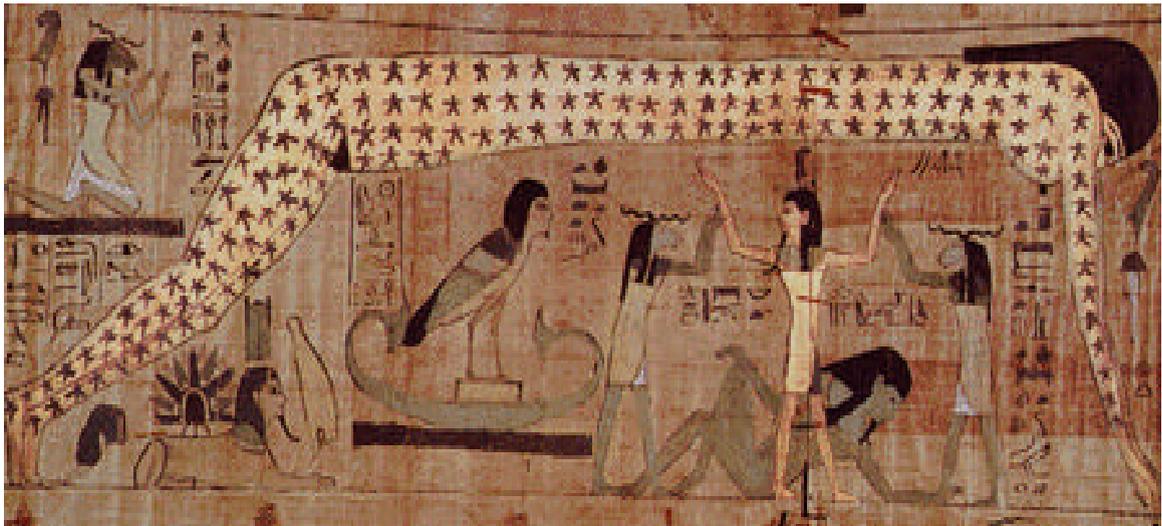


# PERCHE' IL BIG BANG?

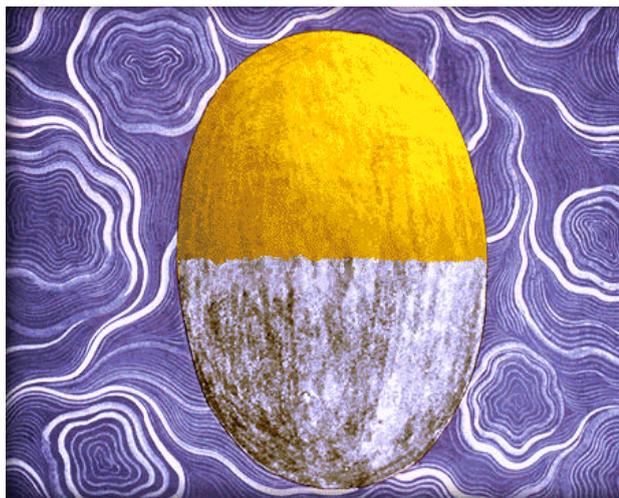
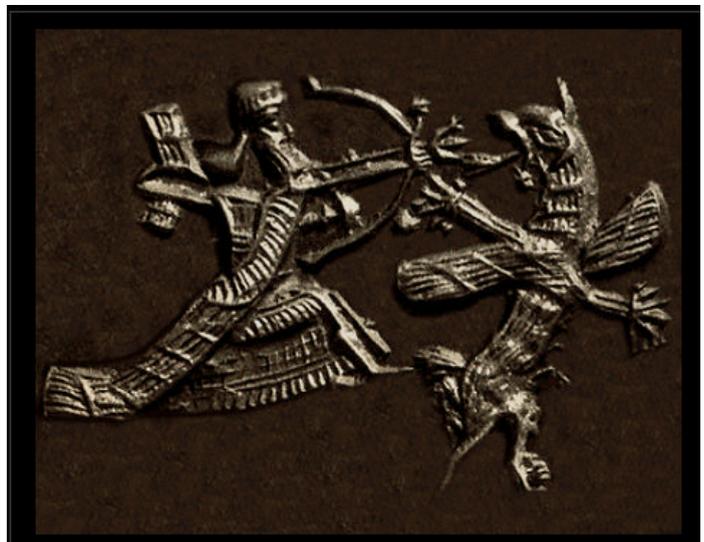
*di Furio Forni*

Fin dall'antichità l'uomo ha sempre cercato di dare una spiegazione dell'universo attraverso la separazione della terra e del cielo.

Secondo gli egiziani L'origine del mondo si deve ad una dea, Nut; Sollevata dal padre, il dio dell'aria, Nut stende il proprio corpo al di sopra della terra e domina così il cielo.



In Mesopotamia la terra ed il cielo nascono dal corpo della dea Tiamat che durante un combattimento è stata tagliata in due parti.



In India il caos originario viene assimilato all'uovo cosmico. Una delle parti fatta d'oro ha dato origine al cielo, l'altra fatta d'argento ha dato origine alla terra.

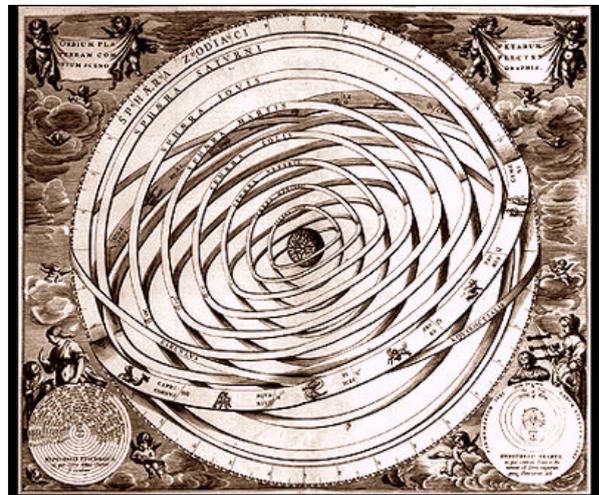
Nella mitologia greca, Crono, il dio del tempo con un colpo d'accetta separa il padre(Saturno) cioè il cielo dalla madre(Gea), cioè la terra.



Al da là di queste cosmogonie che tentavano di dare una spiegazione all'universo che veniva osservato, si può dire che fu Tolomeo il primo cosmologo, egli infatti tentò una spiegazione anche di tipo quantitativo dei moti dei corpi celesti.

Come risaputo il sistema Tolemaico pone la Terra al centro dell'universo e tutti i corpi celesti gli ruotano intorno in orbite circolari.

La spiegazione fisica che viene data è che il Sole, la Luna, i pianeti e l'insieme delle stelle fisse sono trasportati da sfere celesti in rotazione intorno alla Terra immobile.



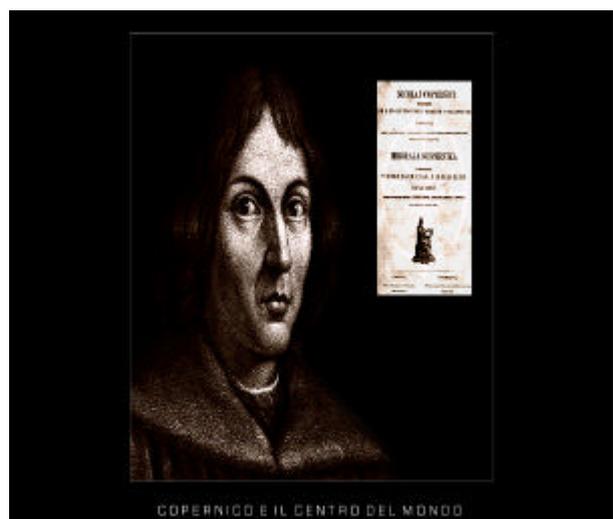
Come risaputo, l'interpretazione Tolemaica resistette per oltre mille anni.

Fu Copernico che nel 1543 a scalzare la Terra dal centro dell'universo ponendovi il Sole con i corpi celesti che gli ruotavano intorno sempre però in orbite circolari ritenute perfette per ragioni metafisiche.

Dall'insegnamento di Copernico è possibile derivare un principio che si applica alla cosmologia moderna e che anzi ne è a fondamento:

la Terra non occupa un è posto privilegiato nell'universo e l'universo stesso appare, a scale sufficientemente grandi come isotropo e omogeneo.

Questo principio è noto come **Principio Cosmologico**.



Grazie ai fondamentali contributi di scienziati del calibro di Keplero e di Galileo, Newton poté nel 1687 formulare due leggi di importanza fondamentale.

Lui formulò la famosa legge di gravitazione universale :

$$F = G M_1 M_2 / r^2$$

dove  $F$  è la forza che agisce tra due corpi,  $G$  è una costante universale,  $r$  è la distanza tra due corpi e  $M_1 M_2$  sono i valori di una qualità del corpo che potremmo chiamare massa gravitazionale.

L'altra fondamentale legge formulata da Newton fu la legge che descrive il moto dei corpi soggetti a forze :

$$F = ma$$

dove  $F$  è la forza che agisce sul corpo,  $a$  è la sua accelerazione ed  $m$  rappresenta la misura di una qualità del corpo che potremmo chiamare massa inerziale.

Casualmente, dato un corpo, i valori della massa gravitazionale e della massa inerziale coincidono.

In fisica le coincidenze sono molto spesso indicatrici di principi fisici fondamentali.

In effetti dopo 230 anni, Albert Einstein fondò la sua teoria della relatività generale sulla eguaglianza, o meglio equivalenza, tra i valori della massa inerziale e della massa gravitazionale.

Prima di procedere oltre vale la pena di soffermarci e porsi alcuni quesiti veramente fondamentali relativi al nostro universo, del tipo:

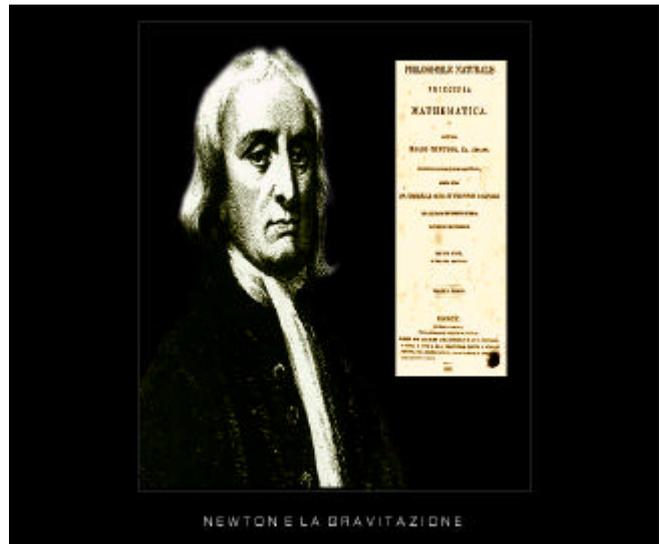
- L'universo è eterno o ha avuto un inizio?
- L'universo è finito o infinito?
- L'universo, a grande scala, è da considerarsi statico o si muove?

Relativamente a queste domande possiamo costruire una tabella con tutte le 8 possibili combinazioni.

<i>Tempo</i>	<i>Spazio</i>	<i>Dinamicità</i>	<i>Eliminato da</i>
Eterno	Infinito	Statico	
Eterno	Infinito	Dinamico	
Eterno	Finito	Statico	
Eterno	Finito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Infinito	Statico	
Ha avuto inizio	Infinito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Finito	Statico	
Ha avuto inizio	Finito	Dinamico	

Nella colonna "Eliminato da" lasciata per il momento volutamente vuota, indicheremo la motivazione che, per un fatto sperimentale o deduzione teorica, porta all'esclusione di un universo con quelle specifiche caratteristiche in termini di tempo, spazio e dinamicità.

Già sulla base delle leggi formulate da Newton è possibile fare una prima scrematura ai modelli di universo. Infatti la legge di gravitazione universale ci dice che tutti i corpi si attraggono tra loro. Daltra parte, se su un corpo agisce una forza, questo subisce un'accelerazione. Se pensiamo di



applicare questi fatti all'intero universo, ci accorgiamo che non potremo avere un universo statico. Infatti tutte le stelle (o meglio le galassie) non potranno stare ferme nello spazio ma saranno costrette a muoversi in una direzione essendo soggette alla forza gravitazionale. Solo nel caso di un universo infinito, potremo pensare che, nonostante l'esistenza di una forza gravitazionale universale, le galassie possano restare ferme. In un universo infinito, su ciascuna galassia agiscono forze di attrazione da tutte le direzioni, e, se si ammette, coerentemente con il principio cosmologico, che non esistano apprezzabili differenze tra una direzione ed un'altra, dovremo concludere che, mediamente, tutte le forze di attrazione gravitazionale che agiscono su di una galassia, si eliminano a vicenda. E' come se noi fossimo tirati da tutte le parti e quindi non ci muoveremmo.

La tabella può subire quindi un primo aggiornamento:

<i>Tempo</i>	<i>Spazio</i>	<i>Dinamicità</i>	<i>Eliminato da</i>
Eterno	Infinito	Statico	
Eterno	Infinito	Dinamico	
Eterno	Finito	Statico	Newton
Eterno	Finito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Infinito	Statico	
Ha avuto inizio	Infinito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Finito	Statico	Newton
Ha avuto inizio	Finito	Dinamico	

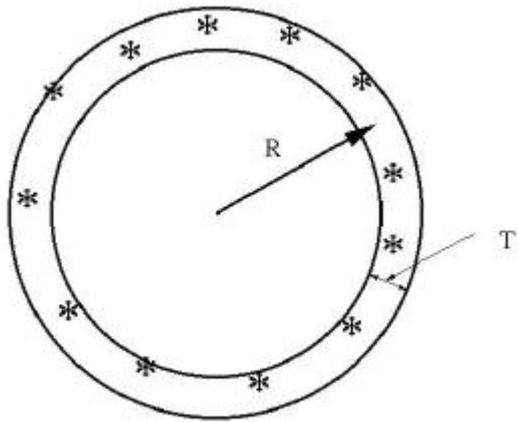
Per poter procedere oltre nella eliminazione dei possibili tipi di universo, occorre introdurre i fatti sperimentali di interesse cosmologico.

Il primo fatto sperimentale in cosmologia: **di notte fa buio.**



Fu un astronomo di nome Olbers che nel 1823, non tanto a fare l'osservazione, quanto a formalizzare un paradosso che prese il suo nome e che permette di porre restrizioni al tipo di universo. Infatti si può facilmente dimostrare che se l'universo è statico, infinito ed eterno, la quantità di luce che arriverebbe sulla terra è infinita, o meglio la temperatura dell'atmosfera terrestre dovrebbe essere uguale a quella del sole. Questo paradosso deriva dal fatto che se si suppone un universo infinito e statico e, in coerenza con il principio cosmologico, uniformemente riempito di galassie, e si va ad analizzare il flusso di energia che ci arriva da una galassia, questo flusso diminuirà con il quadrato della distanza. D'altra parte, più lontano si guarda nel cielo, maggiori saranno le galassie che potremo abbracciare, con una numerosità che aumenta con il quadrato della distanza. Questi due effetti, la diminuzione di intensità luminosa e l'aumento del numero di galassie, si bilanciano perfettamente tanto

che il contributo di energia (luce) che ci arriva da una corona circolare (vedi figura) è indipendente dalla distanza. Sommando le infinite corone circolari che si hanno in un universo infinito si arriva al paradosso.



Il flusso di energia da una stella è:

$$f = L / (4\pi R^2)$$

il numero di stelle nella corona è:

$$N = n (4\pi R^2) T$$

L'energia totale che arriva dalla corona è:

$$f N = L n T$$

che non dipende da R

La tabella può subire quindi un secondo aggiornamento:

<i>Tempo</i>	<i>Spazio</i>	<i>Dinamicità</i>	<i>Eliminato da</i>
Eterno	Infinito	Statico	Olbers
Eterno	Infinito	Dinamico	
Eterno	Finito	Statico	Newton
Eterno	Finito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Infinito	Statico	
Ha avuto inizio	Infinito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Finito	Statico	Newton
Ha avuto inizio	Finito	Dinamico	

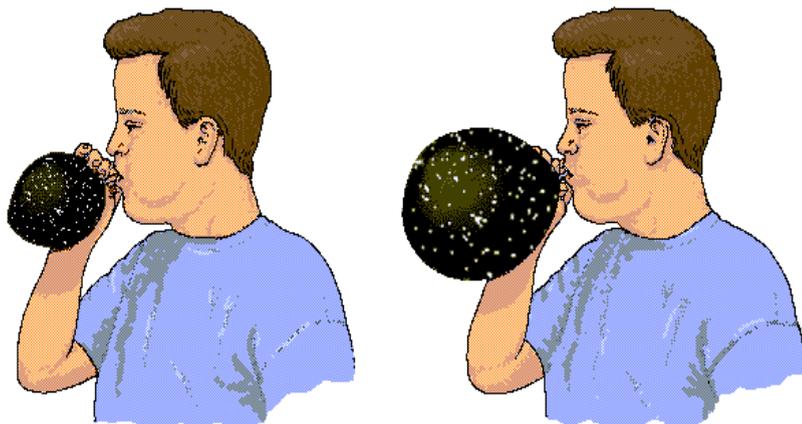
Introduciamo ora il secondo fatto sperimentale: **le galassie si allontanano da noi con una velocità proporzionale alla loro distanza.**

Fu Hubble che nel 1929 misurando l'effetto doppler dello spettro delle galassie, assumendo che tale effetto fosse dovuto al moto delle galassie definì la famosa legge che porta il suo nome

$$V = H_0 d$$

Dove  $V$  è la velocità della galassia,  $d$  la sua distanza ed  $H_0$  una costante detta appunto costante di Hubble.

Se non si vuole interpretare questo fenomeno come il fatto che la nostra galassia sia al centro di una espansione, il che però contraddirebbe il principio cosmologico, occorre ipotizzare che sia tutto l'universo ad espandersi.



Spesso per cercare di visualizzare questo effetto si fa l'analogia di un palloncino che si gonfia. In questo caso l'universo è la superficie del palloncino e le galassie puntini disegnati sopra. Qualunque puntino disegnato sul palloncino vede gli altri, via via che il palloncino si gonfia, allontanarsi ad una velocità

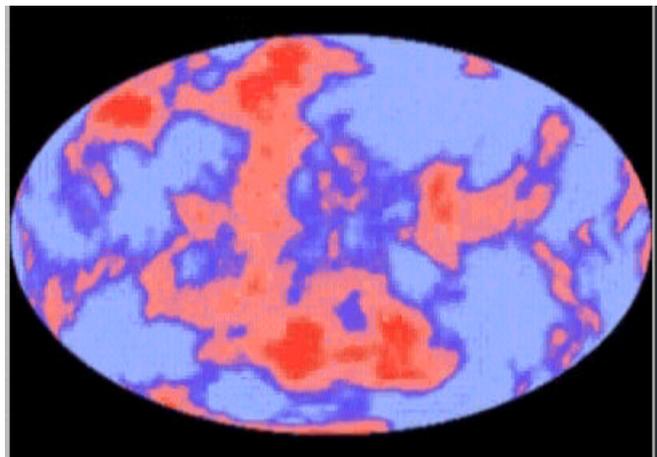
proporzionale alla loro distanza. Quindi non esiste un centro di espansione. Potremo dire che qualunque punto dell'universo è il centro di espansione. Questo fatto sperimentale permette quindi di eliminare tutti i tipi di universo statico.

La tabella può subire quindi un terzo aggiornamento:

<i>Tempo</i>	<i>Spazio</i>	<i>Dinamicità</i>	<i>Eliminato da</i>
Eterno	Infinito	Statico	Olbers
Eterno	Infinito	Dinamico	
Eterno	Finito	Statico	Newton
Eterno	Finito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Infinito	Statico	Hubble
Ha avuto inizio	Infinito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Finito	Statico	Newton
Ha avuto inizio	Finito	Dinamico	

Introduciamo ora il terzo fatto sperimentale: **c'è una radiazione di fondo cosmica**

Furono Penzias e Wilson a trovare nel 1964 una radiazione di fondo cosmica che permea tutto l'universo e che ha una temperatura di circa 3 °K (pari a -270 °C). Solo l'ipotesi di un universo che nasce da una immane esplosione, il BIG BANG appunto, poteva spiegare questa radiazione. L'ipotesi di nascita da un BIG BANG spiega bene anche il quarto fatto sperimentale: **il rapporto tra l'abbondanza di elio ed idrogeno (circa 25%)** ed il quinto fatto sperimentale: **il conteggio delle radiosorgenti.**



La tabella può subire quindi un quarto aggiornamento:

<i>Tempo</i>	<i>Spazio</i>	<i>Dinamicità</i>	<i>Eliminato da</i>
Eterno	Infinito	Statico	Olbers
Eterno	Infinito	Dinamico	Penzias e Wilson
Eterno	Finito	Statico	Newton
Eterno	Finito	Dinamico	Penzias e Wilson
Ha avuto inizio	Infinito	Statico	Hubble
Ha avuto inizio	Infinito	Dinamico	
Ha avuto inizio	Finito	Statico	Newton
Ha avuto inizio	Finito	Dinamico	

Dei due modelli sopravvissuti, quello che prevede una nascita di un universo infinito è però molto poco consistente. Si dovrebbe ammettere che l'universo abbia avuto un inizio ma che sia "immediatamente" diventato di dimensione infinite. Niente in natura viaggia a velocità infinita. Ammettere invece che sia l'universo stesso a contraddire uno dei pilastri su cui tutta la fisica, a partire dalla rivoluzione Einsteiniana delle teorie della relatività ristretta e relatività generale si sono fondate, appare poco ragionevole.

Possiamo quindi aggiornare la tabella per l'ultima volta

<i>Tempo</i>	<i>Spazio</i>	<i>Dinamicità</i>	<i>Eliminato da</i>
Eterno	Infinito	Statico	Olbers
Eterno	Infinito	Dinamico	Penzias e Wilson
Eterno	Finito	Statico	Newton
Eterno	Finito	Dinamico	Penzias e Wilson
Ha avuto inizio	Infinito	Statico	Hubble
Ha avuto inizio	Infinito	Dinamico	Einstein
Ha avuto inizio	Finito	Statico	Newton
Ha avuto inizio	Finito	Dinamico	

L'unico universo che le teorie della fisica ed i fatti sperimentali ammettono è quindi un universo che ha avuto un inizio, che ha una dimensione finita e che, nella fattispecie, si sta espandendo. L'universo quindi si è evoluto da uno stato più caldo e più denso di quello attuale, al cui inizio si è dato il nome di BIG BANG.

Naturalmente c'è ancora molto da capire. Soprattutto sulle primissime fasi di nascita dell'universo, ma ormai, le innumerevoli prove convincenti derivanti da diversi settori dell'astronomia e della fisica, fanno sì che ad oggi, non ci siano più dubbi sullo scenario di base.