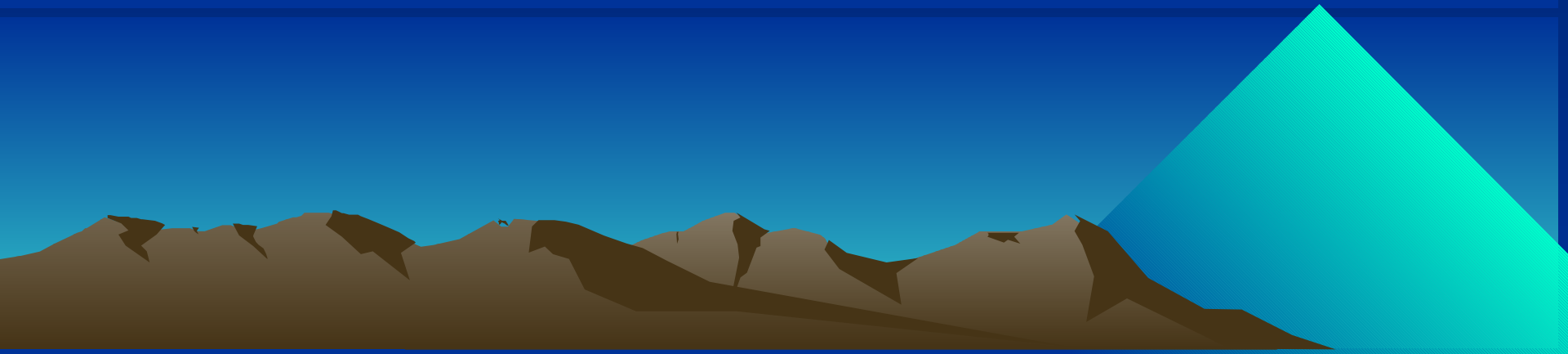


Viaggio nel Futuro dell'Universo

Stefano Spagocci
GACB



Introduzione

- La cosmologia, lo studio dell'universo inteso come un tutt'unico in evoluzione, da circa un secolo è diventata una scienza, separandosi dalla filosofia e dalla religione.
- A partire dagli anni 2000 questa scienza, che precedentemente era molto qualitativa e al limite della filosofia, è divenuta scienza di precisione.

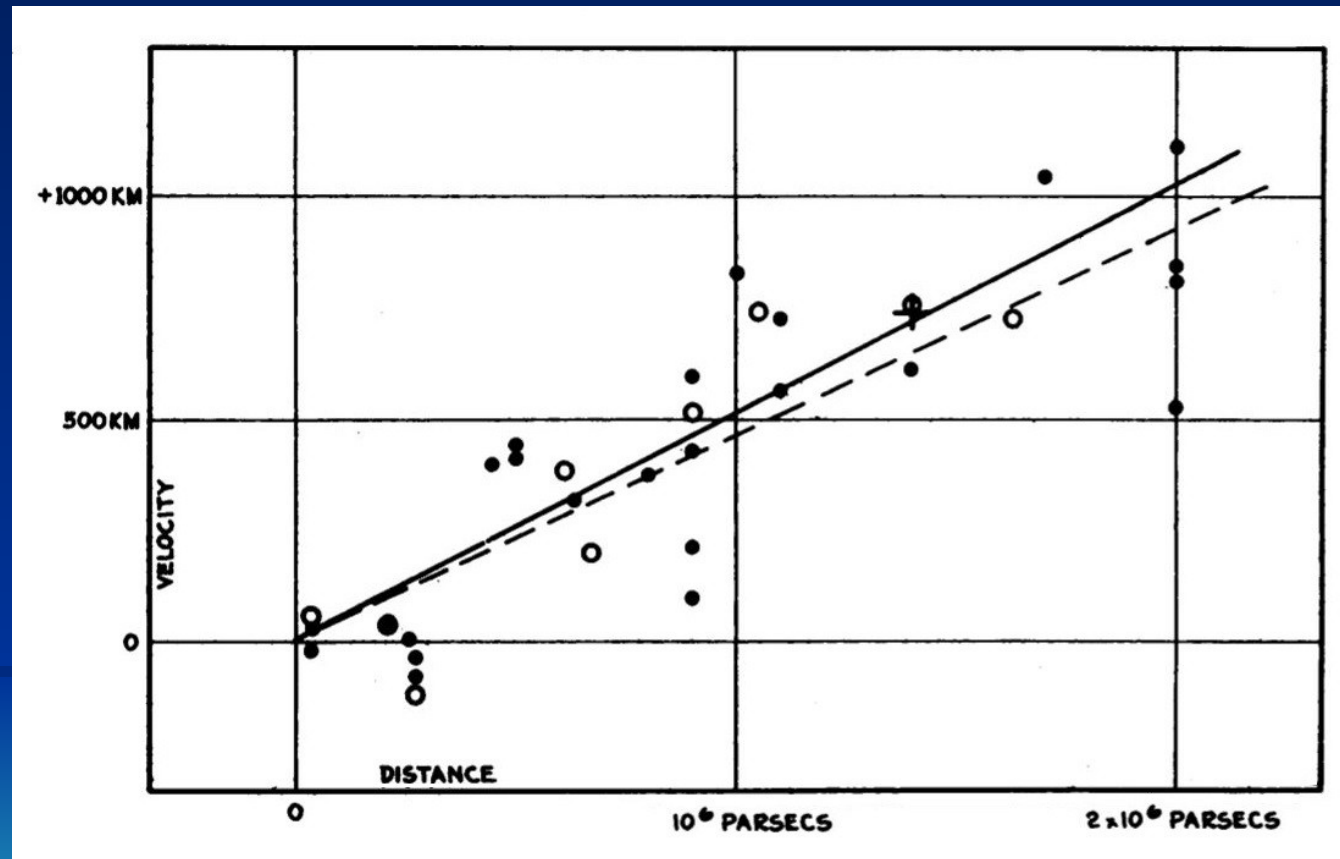


Introduzione

- Se del passato dell'universo sappiamo molto, riguardo al suo futuro sappiamo molto meno.
- Sono diverse le teorie riguardo alla “fine del mondo”, tutte ad uno stadio alquanto preliminare e qualitativo.
- Al futuro dell'universo è dedicata questa conferenza.



La Legge di Hubble, Prova dell'Espansione dell'Universo

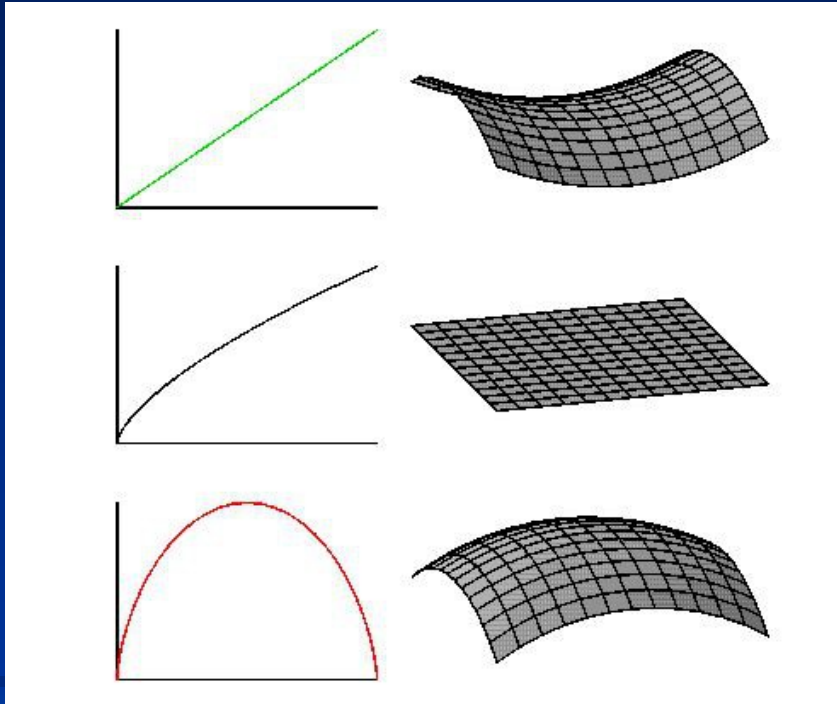


Big Crunch

- Fino alla fine degli anni '90 si pensava che il futuro dell'universo, iniziato 13.8 miliardi di anni or sono con il Big Bang, dipendesse dalla sua densità media.
- Esiste una densità critica (circa 10 atomi d'idrogeno per metro cubo) al di sotto della si pensava che l'universo si sarebbe espanso all'infinito, finendo in uno stato di “morte termica”.



Big Crunch



- Con la densità media variano non solo il destino dell'universo ma anche la sua curvatura.
- Densità minore della critica: universo aperto e paragonabile a una sella.
- Densità pari alla critica: universo aperto e piatto.
- Densità maggiore della critica: universo chiuso e paragonabile a una sfera.

Big Crunch

- Per densità superiori al valore critico l'universo si sarebbe ricontratto, fino a ridursi (almeno in teoria) ad un punto di dimensioni nulle e densità infinita.
- In realtà possiamo solo dire “piccole dimensioni” e “densità altissima”. A tali dimensioni detta infatti legge la gravità quantistica, per la quale non abbiamo ancora una teoria completamente affidabile.

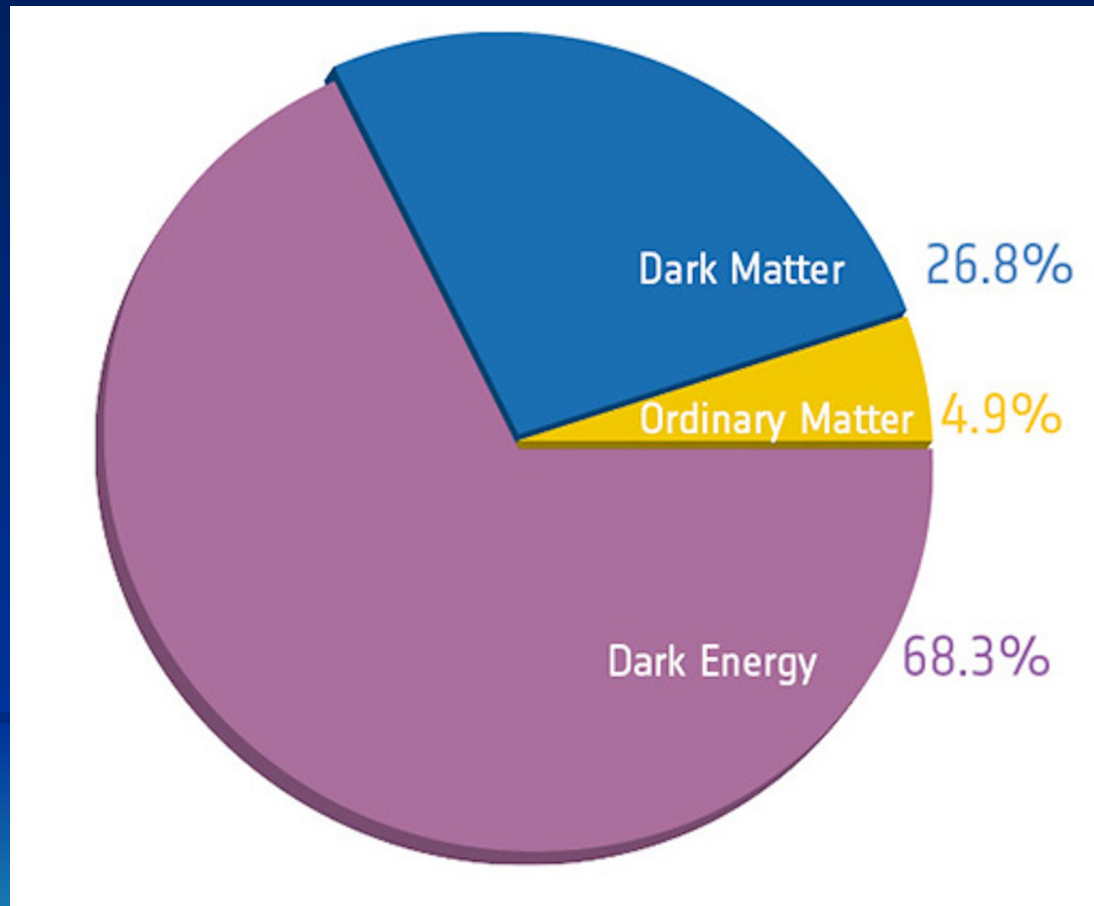


Big Crunch

- A una tale estrema compressione si dà il nome di Big Crunch (approssimativamente traducibile con “grande collasso”).
- Dalla fine degli anni '90, però, si è capito che le cose non sono così “semplici”.



Ricetta per un Universo



Big Crunch

- A causa della presenza della materia oscura (materia non visibile ma che esercita una determinante attrazione gravitazionale), fino alla fine degli anni '90 le misure della densità media erano così incerte da non poter discriminare tra Big Crunch e morte termica.

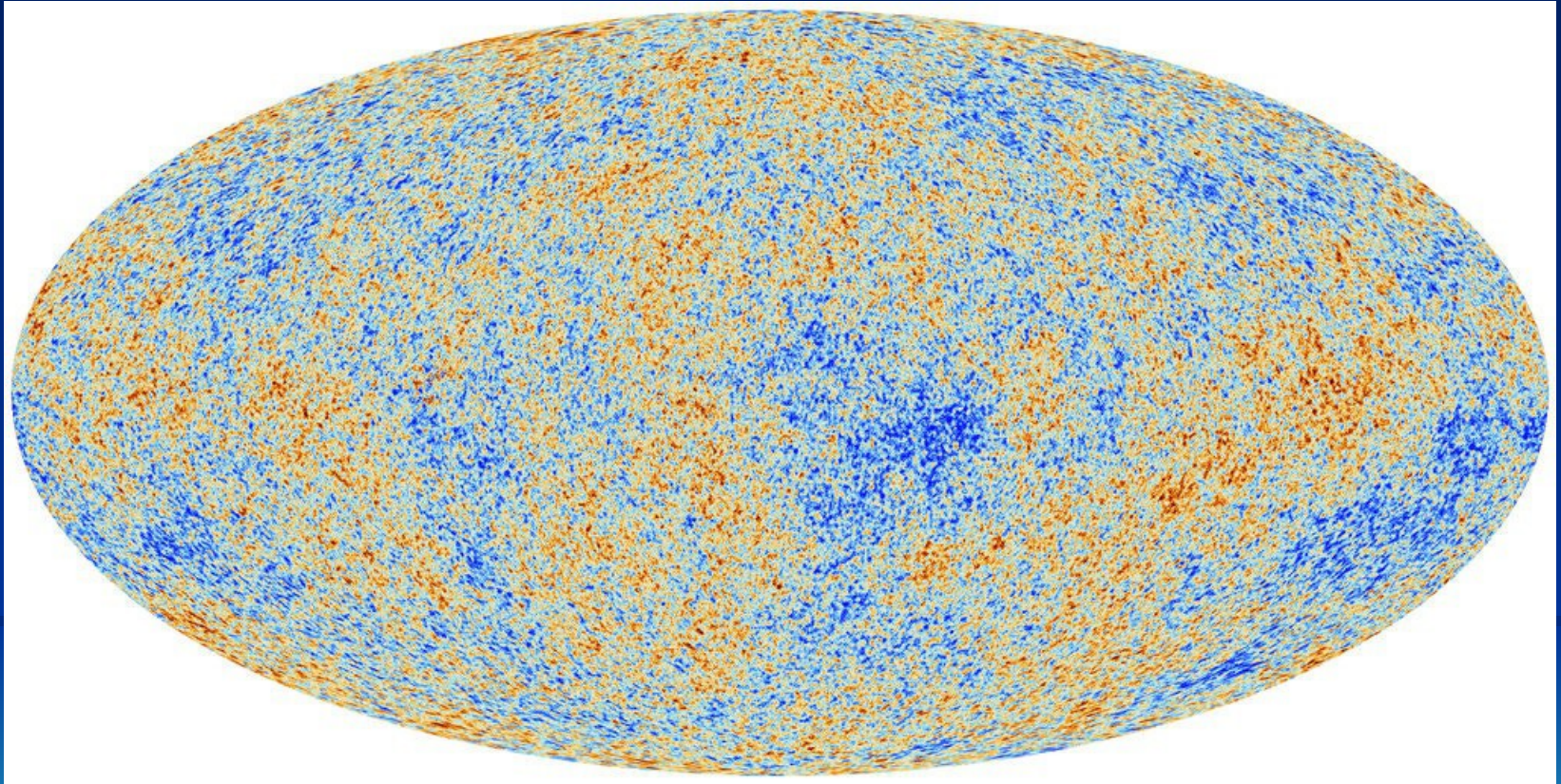


Morte Termica

- Come si è scoperto alla fine degli anni '90, 5 miliardi di anni fa l'universo ha cominciato ad accelerare (la sua velocità di espansione aumenta col tempo), spinto da una sorta di antigravità (l'energia oscura).



La Radiazione del Fondo a Microonde, Immagine del Big Bang



Morte Termica

- Per quanto riguarda la densità dell'universo, a partire dalla mappa appena mostrata si è scoperto che essa è quasi esattamente pari alla densità critica.
- La geometria dell'universo è quindi euclidea (ovvero piatta).
- Le condizioni per l'espansione dell'universo non sono più quelle che si avevano per un universo privo di energia oscura.



Morte Termica

- Se la densità dell'energia oscura dovesse mantenersi costante nel tempo, l'espansione procederà all'infinito e l'universo si diluirà, fino a raggiungere una densità praticamente nulla.



Morte Termica

- Il secondo principio della termodinamica afferma che l'entropia (una grandezza che sostanzialmente quantifica il disordine di un sistema) dell'universo può solo aumentare nel tempo.



Morte Termica

- In termodinamica, però, aumento di entropia e disordine significano avvicinamento alla morte.
- L'universo, infatti, finirebbe in un ammasso informe di particelle (forse fotoni, neutrini, elettroni e positroni).



Rinascita Termica

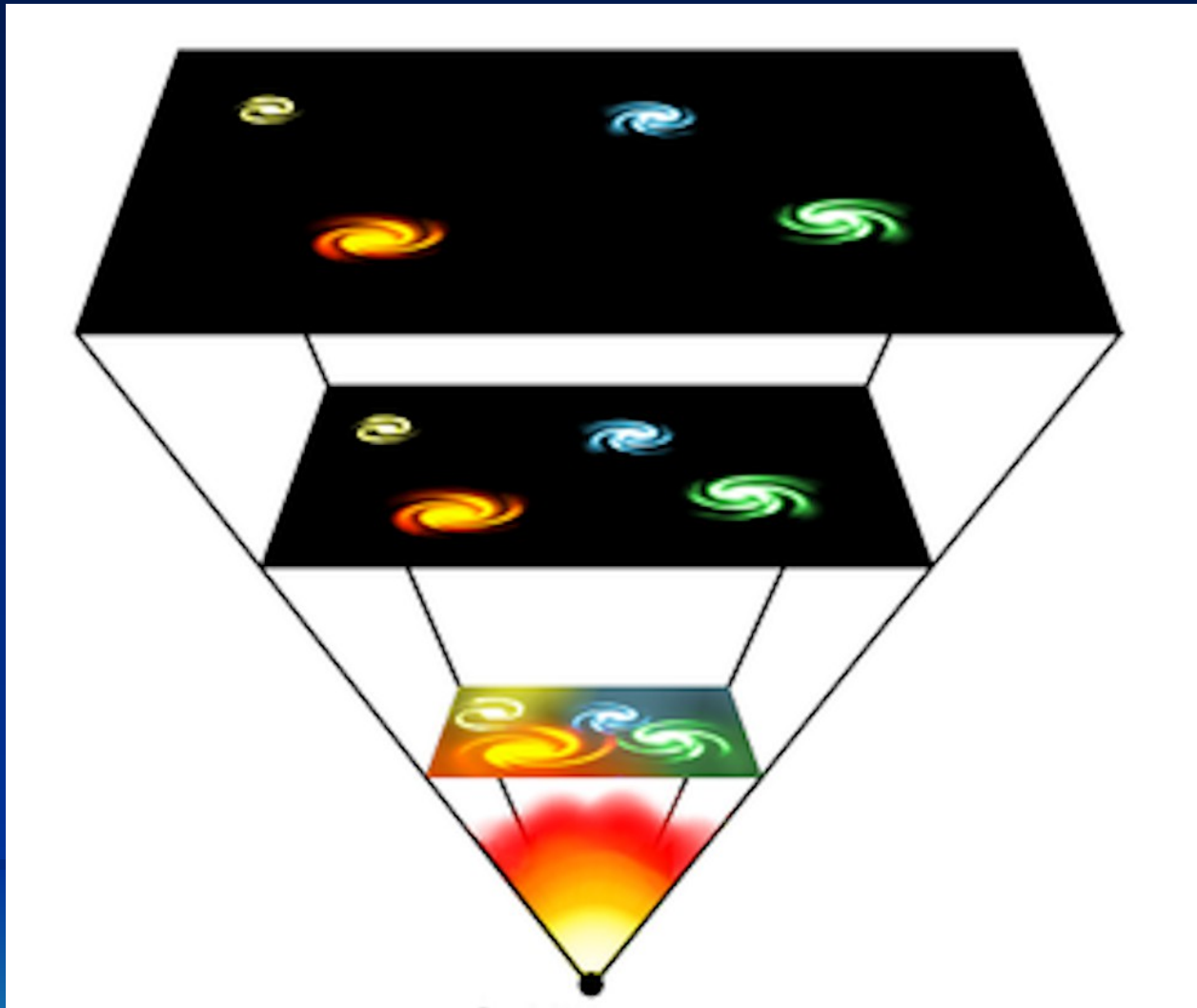
- Sorprendentemente, però, in un tempo così enorme (10 elevato alla 10^{100} anni) da sfidare la comprensione l'universo potrebbe ricomporsi, dando origine ad un altro Big Bang (ricorrenza di Poincaré).



Ancora sul Big Crunch

- Non siamo sicuri che la densità dell'energia oscura rimanga costante nel tempo: se dovesse variare nel tempo (in tal caso all'energia variabile si dà il nome di “quintessenza”) è possibile, anche se molto improbabile, che si abbia comunque un Big Crunch.





Ancora sul Big Crunch

- Se dovesse verificarsi un nuovo Big Crunch, osservando il moto delle galassie ne saremmo preavvisati miliardi di anni prima.
- In tal caso contempleremmo la nostra futura fine, poichè la densità dell'universo progressivamente aumenterebbe, fino ad arrivare a densità e temperature tendenti ad infinito.



Ancora sul Big Crunch

- La cosa più curiosa (cioè estremamente drammatica) è che nell'involucro esterno delle stelle, investite da un tale caldissimo gas, si verificherebbero reazioni nucleari con una potenza tale da farle esplodere come dei “pop corn cosmici”.



Big Rip

- Se la densità dell'energia oscura non si dovesse mantenere costante nel tempo, è molto probabile che l'accelerazione dell'universo a sua volta acceleri.
- Nei casi estremi si avrebbe non solo la morte termica dell'universo ma si giungerebbe ad un Big Rip (letteralmente “grande strappo”).

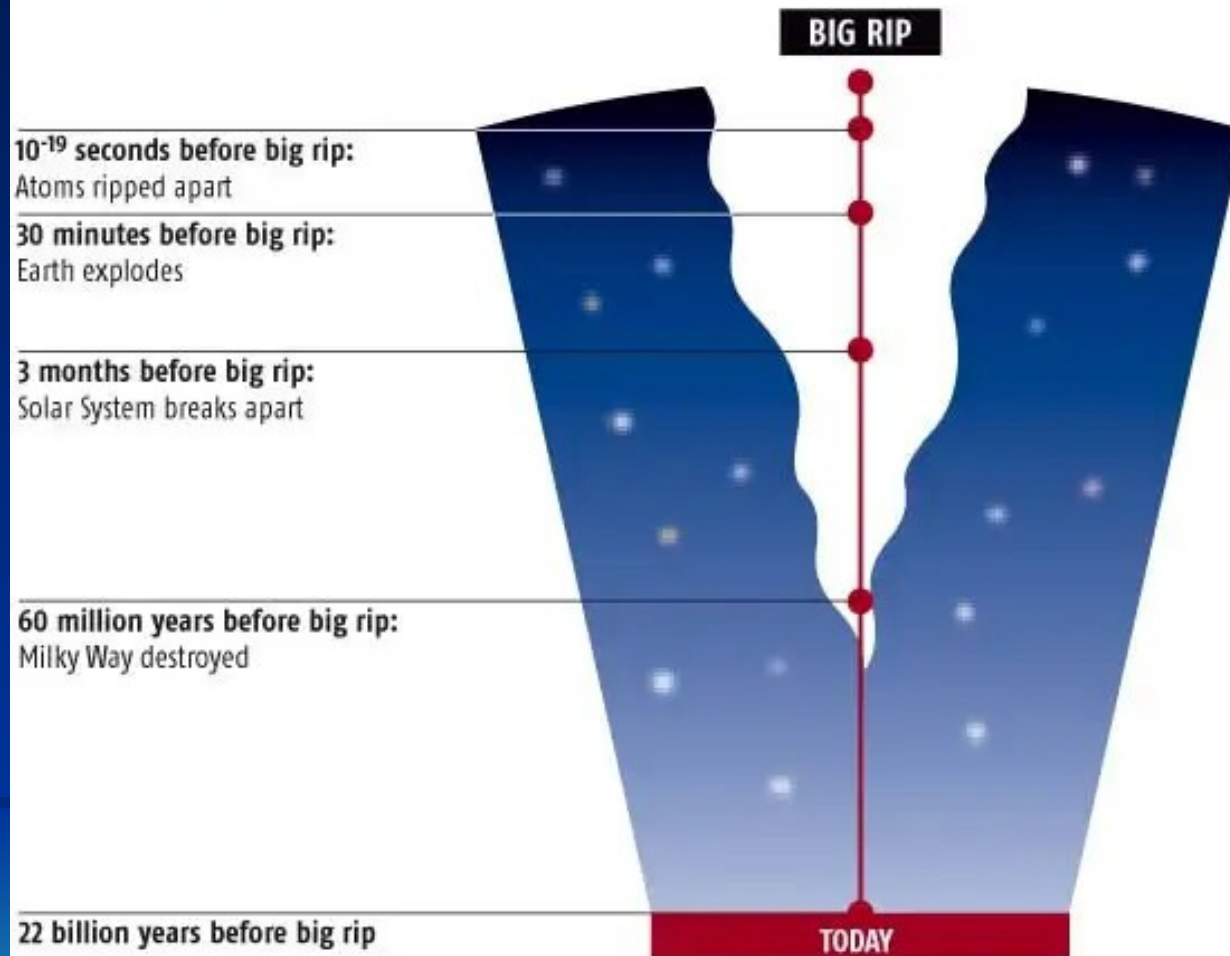


Big Rip

- Big Rip significa che progressivamente sarebbero “strappati” le molecole, gli atomi, i nuclei atomici, i componenti del nucleo, fino ad arrivare allo “strappo” dello stesso tessuto spazio-temporale.



END OF EVERYTHING



Decadimento del Vuoto

- Il vuoto della fisica quantistica non è affatto vuoto. Si definisce infatti “vuoto” uno stato uniforme nel tempo e nello spazio e possono quindi esistere diversi vuoti a diversa energia.
- Il vuoto quantistico pullula di particelle che affiorano “dal nulla” per ritornarvi dopo un tempo tanto più breve tanto è maggiore la loro massa.



Decadimento del Vuoto

- Si pensa che subito dopo il Big Bang l'universo abbia sperimentato un'enorme dilatazione delle sue dimensioni, la cosiddetta “inflazione”.
- L'inflazione sarebbe avvenuta a causa dell'energia repulsiva di un campo, detto “inflatonico”. L'universo sarebbe così passato da uno stato di vuoto ad un altro stato di vuoto ad energia minore.



Decadimento del Vuoto

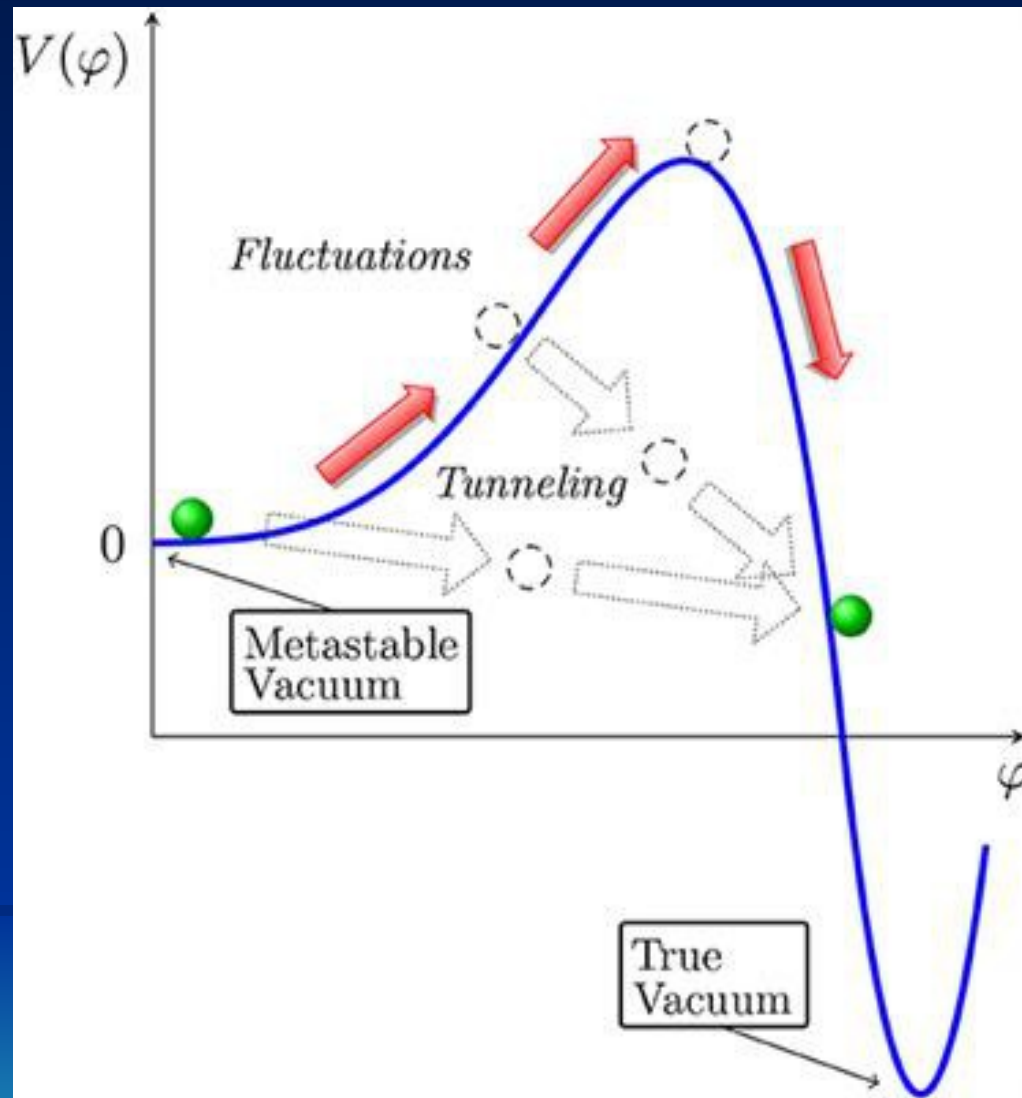
- L'ipotesi che di solito si fa è che l'universo, dopo l'inflazione, abbia raggiunto il vero vuoto, cioè uno stato di vuoto alla minima energia possibile.
- E' però possibile che l'universo sia approdato ad uno stato metastabile, detto di “falso vuoto”.



Decadimento del Vuoto

- L'universo (in teoria) da un momento all'altro potrebbe effettuare una transizione verso lo stato di vero vuoto, con esiti catastrofici.





Decadimento del Vuoto

- La transizione avverrebbe in una ristretta regione dello spazio, per poi propagarsi a velocità maggiore di quella della luce.
- Saremmo investiti da tale onda distruttiva senza accorgercene, perchè la sua immagine viaggierebbe alla velocità della luce.



Decadimento del Vuoto

- L'universo, investito da tale ondata, poco dopo collasserebbe. Si avrebbe cioè un istantaneo Big Crunch.
- Un tale processo in teoria potrebbe avvenire in qualsiasi momento ma i calcoli, fortunatamente, indicano che eventualmente avvenga, avverrà tra 10^{100} anni o più.

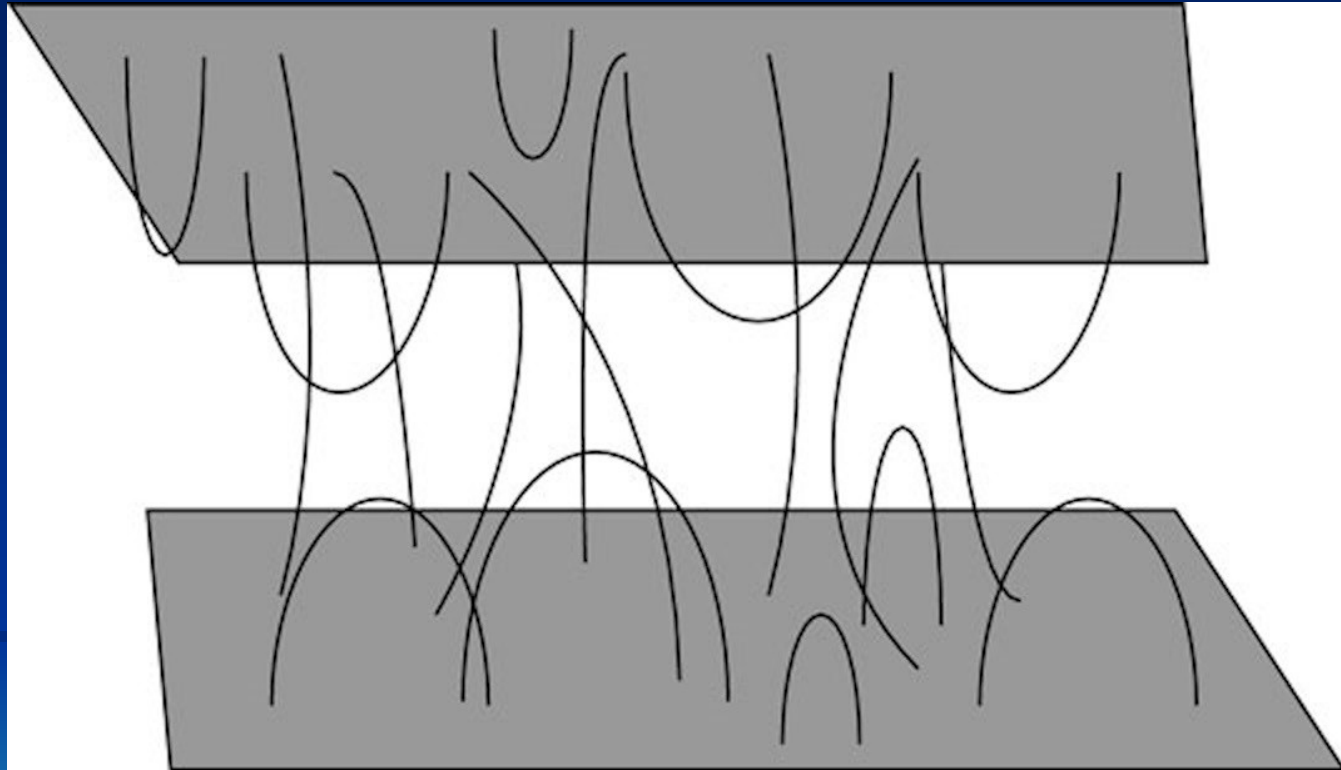


Collisione tra Membrane

- La teoria delle stringhe (che nessuno sa se sia la teoria che governa l'universo o solo un'interessante costruzione matematica) prevede anche l'esistenza di membrane aventi da due a nove dimensioni.



Membrane Bidimensionali con Stringhe



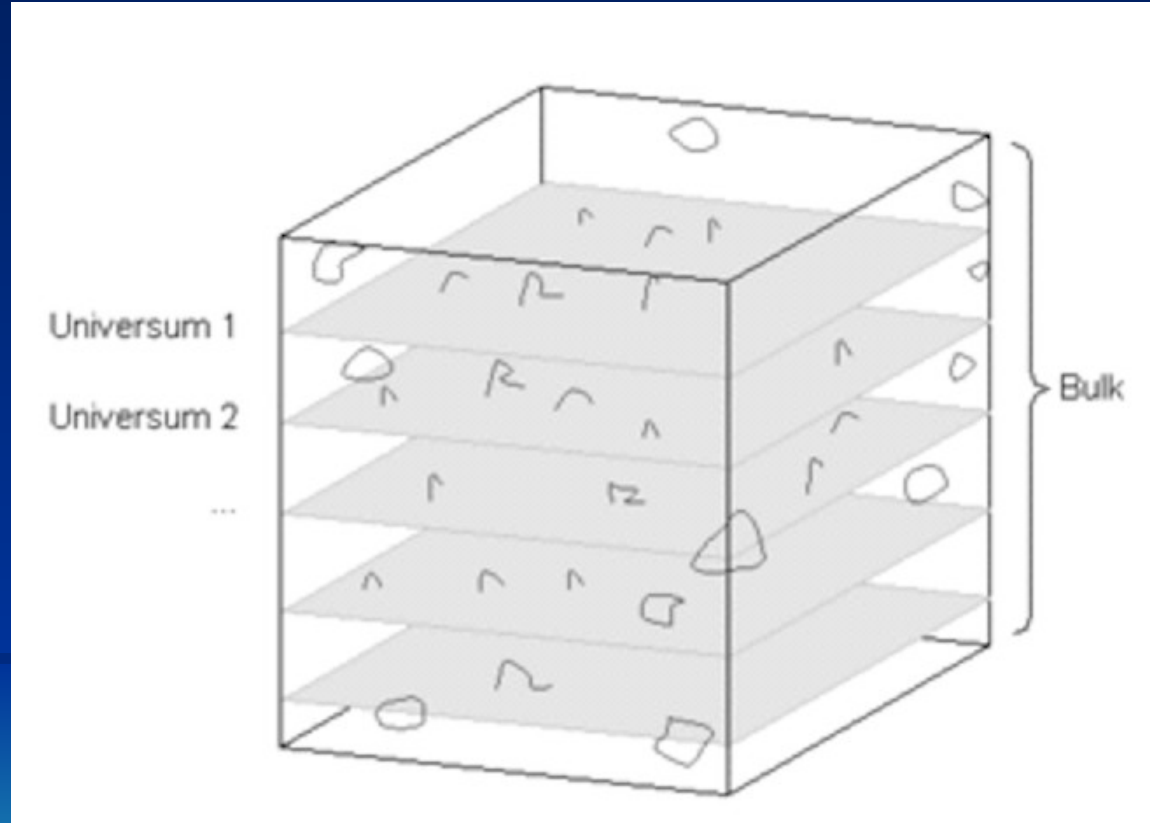
Collisione tra Membrane

- Alcuni modelli di universo (per i quali vale quanto detto a proposito delle stringhe) prevedono che, oltre alle tre dimensioni spaziali e una temporale, esistano delle dimensioni aggizionali nelle quali l'universo sia immerso.



Membrane Parallelele

Immerse nello Spazio Multidimensionale



Collisione tra Membrane

- Ci possono essere membrane (per esempio tridimensionali) immerse nello spazio multidimensionale (il “bulk”).
- Nei cosiddetti “modelli ecpirotici” ad ogni membrana tridimensionale corrisponde un universo parallelo. Due membrane, quindi due universi, possono scontrarsi, rimbalzare poi di nuovo scontrarsi e così via, in teoria all'infinito.



Collisione tra Membrane

- Ogni collisione corrisponderebbe a un Big Bang. Allo stato attuale delle conoscenze non sappiamo se un universo/membrana mantenga o meno una qualche traccia degli universi/membrana che lo hanno preceduto.



Sfuggire al Destino Gramo

- I cinque modi nei quali può finire l'universo sembrano non dare molto spazio all'ottimismo.
- Non tutto però sarebbe perduto, almeno secondo teorie che decisamente sconfinano nella fantascienza.



Prima Via d'Uscita

- Come ha suggerito il fisico Freeman Dyson, la percezione del tempo dipende dalla frequenza dei nostri pensieri.
- Se ad esempio i neuroni di un cervello emettono un impulso ogni x secondi, quegli x secondi saranno percepiti come un secondo.



Prima Via d'Uscita

- Se dunque mancasse poco alla fine dell'universo, gli esseri rimasti in vita (presumibilmente macchine intelligenti o ibridi uomo/macchina) potrebbero accelerare fortemente il ritmo dei pensieri, cosicché un istante sembrerebbe loro un'eternità.
- Elaborare informazione costa energia. Dyson ha però calcolato che un numero di individui pari agli abitanti della terra, con una quantità di energia pari a quella che il sole emette in otto ore, potrebbe diventare virtualmente immortale.



Seconda Via d'Uscita

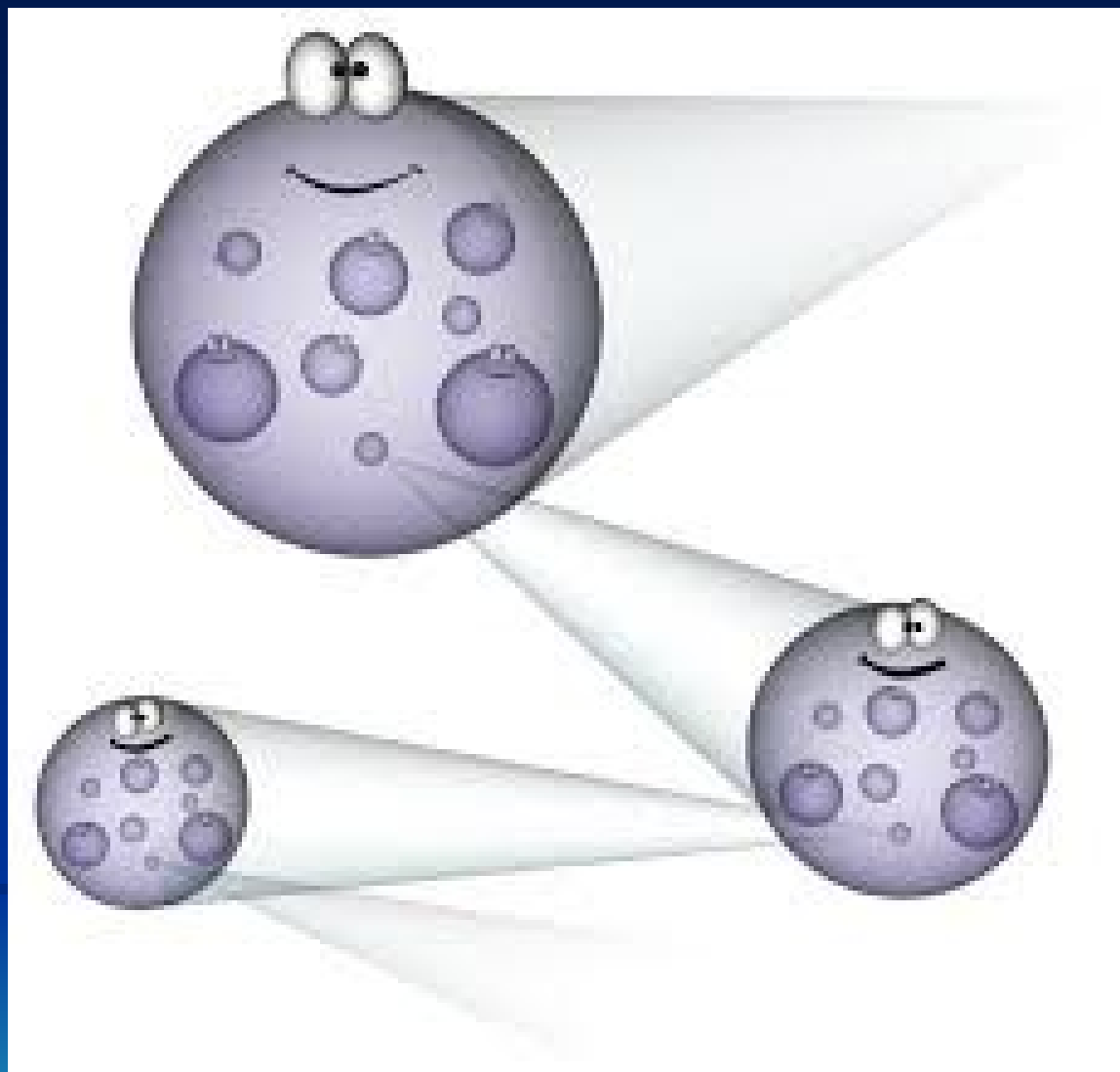
- Sembra che, disponendo della giusta (ed enorme) quantità di energia, sarebbe possibile creare una bolla di falso vuoto che, interagendo con il vero vuoto dell'universo, darebbe origine ad un miniuniverso.
- Questo miniuniverso sembrerebbe mini a chi, come i loro creatori, lo vedesse dall'esterno. Per chi ci entrasse, invece, sembrerebbe un ordinario ed enorme universo in espansione. Si tratta dei “baby universes” di Stephen Hawking.



Seconda Via d'Uscita

- Ammesso e non concesso che nel lontano futuro si riesca a creare uno di questi miniuniversi e, soprattutto, ad entrarci, si potrebbe sfuggire alla morte termica, iniziando una nuova vita all'interno del nuovo universo.
- Più seriamente, la “generazione spontanea” di miniuniversi è stata proposta quale meccanismo per generare gli universi componenti il multiverso, ognuno dei quali potrebbe avere diverse leggi e/o costanti fisiche.





Conclusioni

- Riguardo a queste tematiche occorre essere estremamente umili e prudenti: si tratta, con qualche eccezione, di teorie ancora allo stato embrionale, che non vanno quindi prese troppo seriamente.
- E' però bello, e fonte di estrema gratificazione intellettuale, contemplare le vette a cui può arrivare il pensiero umano, se ben impiegato (e purtroppo lo è raramente).

