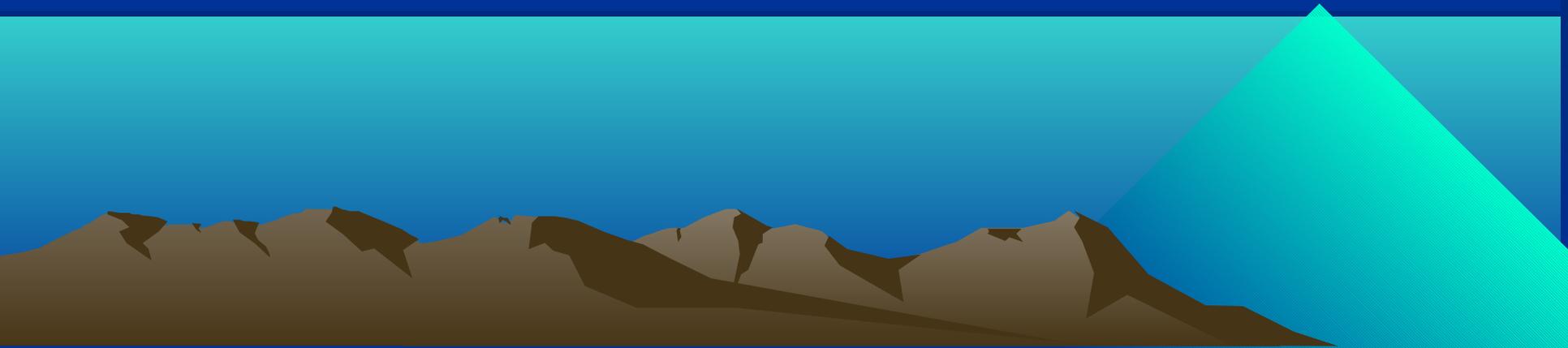


# Universi Paralleli

Stefano Spagocci

GACB



# Introduzione

- Gli universi paralleli sono un argomento prediletto dalla fantascienza.
- Solo negli ultimi decenni, tuttavia, l'idea del cosiddetto Multiverso ha guadagnato gradualmente credibilità in Cosmologia.
- Qui passeremo in rassegna le principali teorie di multiverso.



# L'Inflazione

- La teoria del Big Bang, per sè, lascia aperta la questione di cosa abbia provocato il Big Bang stesso.
- Inoltre soffre di alcune difficoltà concettuali.
- Ad esempio, l'Universo a grande scala è omogeneo ed isotropo e questo, come vedremo, è difficile da giustificare.



# L'Inflazione

- Due punti, infatti, dopo un tempo  $t$  dal Big Bang possono aver comunicato tra di loro solo se hanno distanza minore della distanza percorsa dalla luce nel tempo  $t$ .
- Vi sono punti nell'Universo che non possono aver comunicato tra di loro: perchè allora hanno la stessa densità di materia attorno?



# L'Inflazione

- Alan Guth, negli anni '80, propose come soluzione la cosiddetta Inflazione.
- Si suppone che l'Universo, inizialmente, fosse concentrato in maniera tale che i suoi punti potessero comunicare tra di loro ed omogeneizzarsi.
- Successivamente avvenne una gigantesca dilatazione che portò l'Universo a dimensioni compatibili con quelle attuali.



# L'Inflazione

- L'Inflazione è guidata da un campo detto “Inflatone”.
- Il campo inflatonico ha una certa energia dipendente dal campo stesso, a somiglianza di una pietra su di una collina.
- Il campo era, inizialmente, in una situazione analoga a quella di una pietra su di una collina.



# L'Inflazione

- Le fluttuazioni quantistiche fecero sì che il campo “precipitasse giù dalla collina”, raggiungendo “a terra” un valore minimo di energia.
- Mentre il campo inflatonico “precipita giù dalla collina”, avviene l'Inflazione, in quanto la presenza del campo agisce da antigravità.



# L'Inflazione

- Il Big Bang, allora, ha una “causa”: le fluttuazioni quantistiche che portano appunto all'Inflazione.
- Ma nulla vieta di pensare che le fluttuazioni quantistiche possano avvenire in diversi punti dell'Universo e si hanno allora un'infinità di universi tra loro disconnessi (Multiverso).



# Il Paesaggio Cosmico

- Le masse delle particelle sono fornite dall'interazione delle stesse col bosone di Higgs.
- L'inflazione può portare a diversi valori del campo di Higgs, quindi a diverse masse per le particelle e dunque a diversi universi.



# Il Paesaggio Cosmico

- La Teoria delle Stringhe prevede che ogni particella sia uno stato di una corda vibrante (stringa).
- Le stringhe vivono in realtà in 10 dimensioni (9 spaziali ed 1 temporale), con 6 dimensioni di dimensione microscopica.



# Il Paesaggio Cosmico

- In pratica, ogni punto nelle ordinarie 3 dimensioni, se ingrandito enormemente, si rivelerebbe consistere in un volume 6-dimensionale (varietà di Calabi-Yau).
- Le varietà di Calabi-Yau possono presentarsi in un numero enorme di modi diversi.



# Il Paesaggio Cosmico

- Diverse strutture delle varietà di Calabi-Yau danno origine a diversi tipi di fisica, e si parla a tal proposito di Paesaggio Cosmico.
- Possiamo pensare quindi ad un'Inflazione in cui le varietà di Calabi-Yau si configurino a caso nei diversi universi, dando loro diverse leggi fisiche.



# Il Paesaggio Cosmico

- Solo alcuni universi saranno adatti alla vita: questo porta al Principio Antropico.
- Le costanti naturali (e forse anche le leggi fisiche) variano da universo ad universo e noi le misuriamo così come sono perchè quei valori sono compatibili con la vita.
- Se non fossero compatibili con la vita, noi non saremmo qui ad osservare tali valori.



# Universi a Brane

- Le Teoria delle Stringhe viene generalizzata dalla presenza di (mem)brane n-dimensionali fluttuanti.
- Ad esempio un foglio di carta rappresenta un modello di membrana bidimensionale (una 2-brana).
- Il nostro Universo a 3 dimensioni, se immerso in più dimensioni, può considerarsi una 3-brana.



# Universi a Brane

- Come fogli di carta paralleli possono convivere in uno spazio tridimensionale, spazi a 3 dimensioni paralleli possono convivere se immersi in più dimensioni.
- Si hanno allora i classici universi paralleli della fantascienza.
- Esistono modelli in cui il nostro Universo è una membrana tridimensionale, con altri universi paralleli ad esso.



# Universi a Brane

- Esistono due modelli di universo a membrane.
- Un solo Universo immerso in dimensioni superiori, in cui solo la gravità “sente” le dimensioni superiori e vi si espande.
- Ciò giustifica il fatto che la gravità sia così più debole delle altre 3 forze fondamentali (possibile test all'LHC, se un gravitone prodotto “fugge” nelle dimensioni extra).



# Universi a Brane

- Universi tridimensionali paralleli, con due 3-brane che si scontrano e l'energia rilasciata provoca il Big Bang (eventualmente ciclico).
- Nel classico Big Bang l'entropia (disordine) aumenta sempre e dunque non può continuare all'infinito un ciclo di Big Bang e Big Crunch, qui invece l'entropia si azzera prima di ogni nuova collisione tra brane.



# Multiverso Quantistico

- Un diverso tipo di Multiverso è quello quantistico.
- In Meccanica Quantistica ogni oggetto ha una certa probabilità, ma in generale non certezza, di trovarsi in una certa configurazione di posizione e velocità.
- Finchè non osserviamo un oggetto, esso si trova in uno stato sovrapposto.



# Multiverso Quantistico

- Stato sovrapposto significa che l'oggetto possiede probabilità di essere in varie configurazioni di posizione e velocità ma non possiede posizione e velocità definite.
- Invece di usare gli stati sovrapposti, Everett propose che esistano infiniti universi paralleli, in ognuno dei quali ogni oggetto ha ben definite posizioni e velocità.



# Conclusioni

- Abbiamo visto che il Multiverso può assumere diverse forme, corrispondenti a teorie molto diverse tra di loro.
- I test sperimentali per tali teorie esistono, ma per il momento sono limitati (e non sono stati ancora eseguiti).
- In ogni caso l'esigenza del Multiverso emerge soprattutto quando si rifletta sul perchè delle leggi e costanti naturali.

