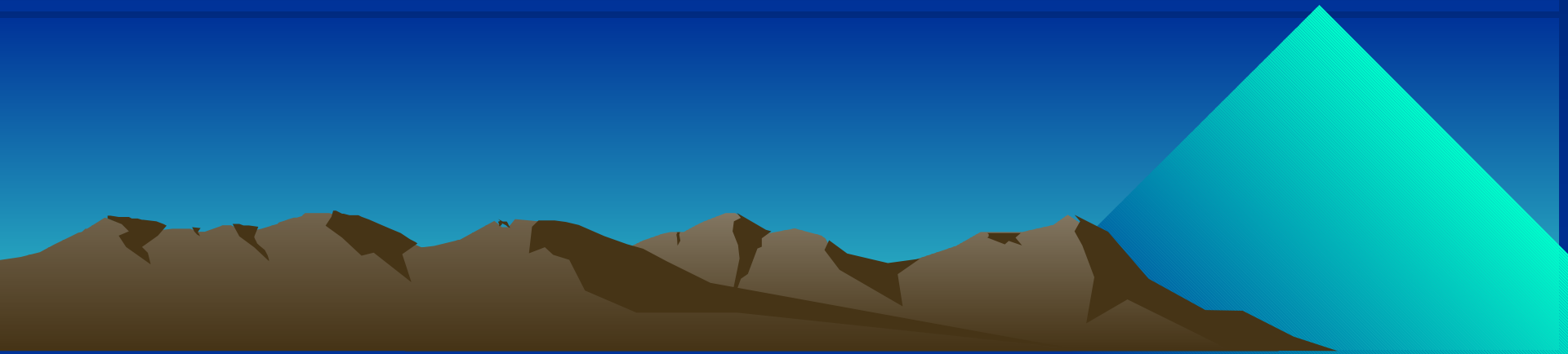


Un Universo dal Nulla?

Stefano Spagocci

GACB



Introduzione

- Fin dalla preistoria l'uomo si è posto in rapporto col Cosmo, ponendosi domande sulle sue leggi e la sua origine. Le risposte erano però religiose e filosofiche, almeno fino ai primi decenni del secolo scorso.
- A partire dagli anni '20 del secolo scorso, sono stati elaborati dei modelli matematici che hanno consentito di tracciare la storia dell'Universo a partire dal Big Bang, circa 13.8 miliardi di anni fa.



Introduzione

- Tali modelli, che esamineremo nel seguito, hanno dato una sempre più precisa descrizione del come l'Universo sia stato generato dalla “grande esplosione” ma non del perchè.
- Oggi, però, almeno dando al termine “perchè” il giusto significato (siamo ovviamente nell'ambito della scienza e non della filosofia o religione), anche le domande sul perchè cominciano ad avere risposta.



Cosmologia Classica

- Hubble, nel 1929, aveva scoperto che le galassie si allontanano da noi (e da ogni altra galassia) con velocità proporzionale alla distanza da noi (e da ogni altra galassia).
- Se ne deduceva che l'Universo avesse avuto origine dal Big Bang, in un tempo compreso tra 10 e 20 miliardi di anni fa (presumibilmente 15).
- Non si sapeva se l'Universo fosse aperto (quindi si sarebbe espanso per sempre) o chiuso (quindi si sarebbe ricontratto) ma si sospettava fosse aperto.



Problemi col Big Bang

- L'Universo, in media, ha la stessa densità in ogni punto e direzione.
- Perciò il gas primordiale doveva essere altrettanto omogeneo ma le particelle elementari che lo componevano non avevano il tempo di collidere e uniformare la densità, perchè l'espansione cosmica era troppo rapida.



Problemi col Big Bang

- L'Universo deve essere piatto (densità pari a quella critica). Infatti, se la sua densità al Big Bang fosse stata anche di pochissimo diversa da quella critica, oggi sarebbe defunto per diluizione o per contrazione (Big Crunch).
- La teoria del Big Bang caldo prevede la formazione di oggetti come i monopoli magnetici (una sorta di “calamite” subatomiche a un solo polo), mai osservati sperimentalmente.



Teoria dell'Inflazione

- Questi problemi furono risolti dalla teoria dell'inflazione, sviluppata dal 1980 dallo statunitense Guth (indipendentemente, in forma diversa, dal russo Linde).
- Secondo la teoria dell'inflazione, l'Universo (nei suoi primi istanti) passò da uno stato di vuoto quantistico a una certa energia a uno stato di vuoto quantistico a energia minore (a causa di fluttuazioni quantistiche).



Teoria dell'Inflazione

- L'Universo si trovava in uno stato in cui un campo detto “inflatonico” (potrebbe essere il campo di Higgs) aveva un certo valore costante e, se non ci fossero state le fluttuazioni quantistiche, lì sarebbe rimasto.
- La situazione è analoga a una palla sulla cima di una collina: senza perturbazioni, la palla ci rimarrebbe in eterno ma, se le si dà una spinta, essa rotola giù (stato metastabile).



Teoria dell'Inflazione

- Le inevitabili fluttuazioni quantistiche sul valore del campo sono equivalenti a piccole spinte casuali che potrebbe ricevere la palla: in conseguenza di tali spinte (anche piccole), la palla potrebbe rotolare giù dalla collina, giungendo a un nuovo stato di energia minima, questa volta stabile.



Teoria dell'Inflazione

- Stessa cosa fece l'Universo. Il campo inflatonico (corrispondente a particelle dette “inflatoni”, forse i bosoni di Higgs, ma in questo caso saremmo in uno stato in cui non ci sono particelle, quindi un “nulla” dotato di energia!) si trovava inizialmente in uno stato metastabile (sulla cima di una collina) e lì sarebbe rimasto, se non ci fossero state le fluttuazioni quantistiche.



Teoria dell'Inflazione

- Mentre l'inflatone si trova nello stato metastabile, si può dimostrare che l'energia del campo agisce come una sorta di antigravità e l'Universo si espande esponenzialmente (fino a 10^{28} volte!)
- Quando poi, per fluttuazioni quantistiche, il campo inflatonico raggiunge il minimo stabile, l'inflazione cessa e si torna alla normale espansione del Big Bang (durata dell'inflazione 10^{-30} s!)



Problemi Risolti

- L'Universo, inizialmente, si espandeva a velocità tanto lenta da permettere l'uniformizzazione del gas primordiale. L'inflazione lo portò poi ad avere dimensioni compatibili con quelle attuali.
- Una piccola area di un palloncino, quando il palloncino è gonfiato, diventa praticamente piatta. Analogamente, l'inflazione rese l'Universo piatto.
- La grande espansione dell'Universo, dovuta all'inflazione, diluì drasticamente la densità di oggetti come i monopoli magnetici, al punto da renderne estremamente improbabile l'osservazione.



Un Pasto Gratis

- L'energia totale dell'Universo in inflazione è zero ma lo zero deriva dalla somma dell'energia di massa delle particelle “create” (positiva) e dell'energia di legame gravitazionale delle stesse (negativa).
- Mentre l'Universo si espande, si ha un incremento negativo di energia (dovuta all'energia gravitazionale). Tale incremento negativo è compensato da un incremento positivo, quindi sono “create” dal nulla le particelle che formeranno le strutture dell'Universo.
- L'inflazione è un “pasto gratis” per l'Universo!



Energia Oscura

- Attorno alla fine del '900, la costruzione di diagrammi di Hubble più precisi (da parte dello statunitense Perlmutter e altri), portò alla determinazione della velocità di espansione dell'Universo, a vari tempi dopo il Big Bang.
- Si scoprì che l'Universo non solo è piatto e si diluirà indefinitamente ma sta addirittura accelerando la propria espansione!



Energia Oscura

- Per spiegare l'accelerazione dell'Universo, è stata riesumata la costante cosmologica di Einstein (una sorta di gravità repulsiva). Non si sa da dove provenga tale energia oscura (deriverebbe dalla presenza di campi quantistici ma la costante prevista è sbagliata di un fattore 10^{120} !)
- Il fenomeno è simile a quello dell'inflazione ma in questo caso non abbiamo il campo inflatonico ma l'energia di punto zero dei campi che corrispondono alle varie particelle elementari (l'energia del “nulla”, presente anche se non vi sono particelle!)



La Radiazione di Fondo

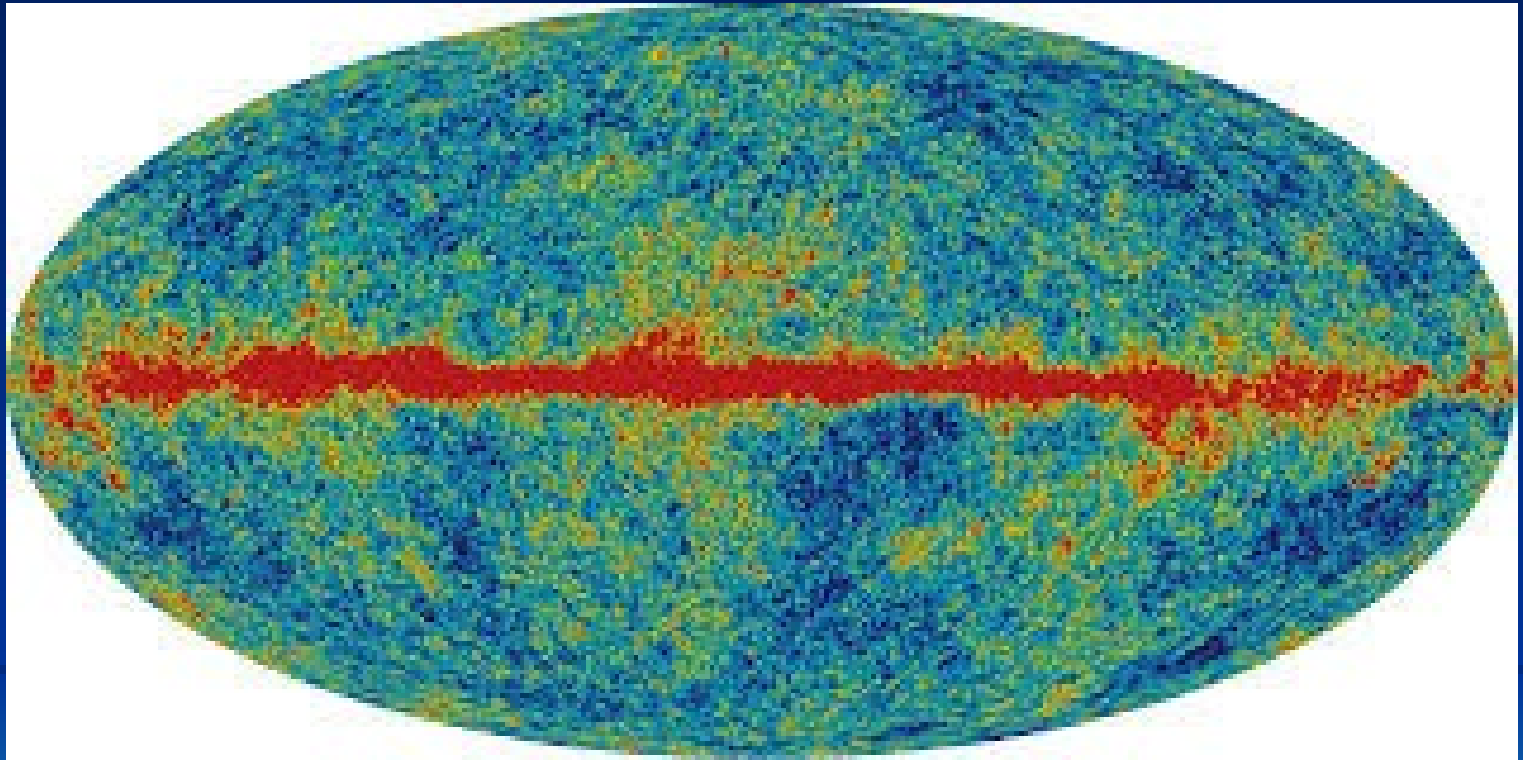
- Dai primi anni '90, è iniziato lo studio di dettaglio della radiazione di fondo a 3K (satelliti COBE, WMAP, Planck, esperimenti da pallone come MAXIMA e BOOMERANG).
- Si è trovato che la radiazione di fondo è uniforme entro una parte su centomila!
- Quelle piccole fluttuazioni di densità sono state i semi per la formazione di galassie, stelle e pianeti!



La Radiazione di Fondo

- Le fluttuazioni sono esattamente quelle previste dalla teoria dell'inflazione che così ha ricevuto conferma.
- Dalla dimensione media delle macchie calde e fredde della radiazione cosmica di fondo si è determinato che l'Universo è effettivamente piatto.

La Radiazione di Fondo



Cosmologia Quantistica

- La più ovvia domanda che la teoria del Big Bang pone è quale sia stata la causa del Big Bang stesso (si intende causa fisica, altra cosa è chiedersi chi abbia ispirato le leggi fisiche).
- Sorprendentemente, lo statunitense Tryon (1973) dimostrò che l'Universo può legittimamente scaturire dal nulla, secondo le leggi della meccanica quantistica!



Cosmologia Quantistica

- In particolare, il principio di indeterminazione di Heisenberg stabilisce che una particella (o grumo di materia/energia) può apparire dal nulla, purchè esista per un tempo brevissimo (inversamente proporzionale alla sua massa/energia).
- Se poi la massa/energia del grumo fosse pari a zero, il grumo potrebbe esistere per un tempo infinito, quindi divenire reale!



Cosmologia Quantistica

- Un mini-Universo sferico può avere energia complessiva nulla, quindi può essere creato dal nulla in maniera perfettamente legittima!
- L'Universo è oggi piatto ma l'inflazione, innescatasi dopo il Big Bang, può rendere l'Universo piatto in una infinitesima frazione di secondo!



Il Multiverso

- Molti modelli prevedono che l'inflazione generi universi figli, che a loro volta generano universi nipoti e così via all'infinito.
- Potrebbero quindi esistere infiniti universi, forse con diverse leggi fisiche o quantomeno diverse costanti fisiche!

Il Multiverso

- Se la teoria delle stringhe descrive effettivamente la realtà (per ora non lo sappiamo), ogni punto dell'Universo, se ingrandito, si rivelerebbe essere una complicata superficie 6-dimensionale (varietà di Calabi-Yau) con molti buchi.
- A seconda delle diverse varietà di Calabi-Yau, potrebbero aversi universi con diverse costanti fisiche e forse con diverse leggi fisiche!

Il Principio Antropico

- Sappiamo oggi che se molte costanti fisiche fossero di poco diverse da quelle attuali (a maggior ragione se fossero diverse le leggi fisiche), la vita (almeno come la concepiamo noi) non sarebbe possibile (principio antropico).
- Possiamo quindi pensare a moltitudini di universi (nel tempo e/o nello spazio), ognuno con diverse costanti (o anche leggi fisiche), frutto del caso.



Il Principio Antropico

- In analogia all'evoluzione darwiniana, la maggior parte degli universi non sarà adatta alla vita (a maggior ragione quella intelligente) e, in genere, si diluiranno nel nulla o si ricontrarranno in tempi dell'ordine del tempo di Planck (10^{-43} s!)
- In alcuni universi la vita sarà possibile e saranno quelli in cui esseri come noi si chiedono il perchè di tutto questo!

Conclusioni

- Come abbiamo visto, la cosmologia, almeno restando a livello fisico, comincia a dare risposte al perchè l'Universo esista (risposte che possono o non possono soddisfare gli animi meno razionali o chi alla razionalità vuole affiancare altre dimensioni, su questo la scienza non ha nulla da ridire!)



Conclusioni

- La vecchia convinzione secondo cui dal nulla non può nascere nulla e il caso non può produrre strutture ordinate va rivista (anche se filosoficamente possiamo discutere sul significato di “caos” e “nulla”).
- Non va però dimenticato che alcune delle teorie citate (non l'inflazione) sono ancora a uno stato embrionale.

