

# Le Costanti dell'Universo

Stefano Spagocci

GACB



# Unità di Misura

- L'uomo ha sempre avuto il problema di stabilire delle unità di misura.
- Fino alla Rivoluzione Francese ogni stato aveva le proprie unità di misura e vi erano grandi problemi di compatibilità.
- Ad esempio ciascuno Stato italiano preunitario festeggiava il Capodanno ad una diversa data.



# La Standardizzazione

- Con la Rivoluzione Francese si pose il problema della standardizzazione delle unità di misura.
- Ad esempio il chilogrammo fu definito come la massa di un campione custodito sotto doppia campana a vuoto.
- Il metro fu definito come la 40-millesima parte del meridiano terrestre, pari alla lunghezza di un'asta campione.



# Una Scelta Discussibile

- Le vecchie unità campione non erano troppo costanti nel tempo (ad es. perdevano o acquistavano molecole dall'ambiente circostante).
- Inoltre vi è un problema di principio: se dovessimo comunicare a degli extraterrestri una misura, senza possibilità di mandare loro i campioni, come faremmo?



# Campioni Più Precisi

- Si giunse così a campioni più precisi, basati sulle frequenze di transizione di determinati elementi chimici.
- Queste unità di misura in pratica assolvono egregiamente ai loro scopi: tuttavia un extraterrestre non capirebbe necessariamente il significato di grandezze come il metro e il secondo.



# Grandezze Naturali

- Una possibile soluzione è lo scegliere grandezze naturali, derivanti cioè dalla combinazione di costanti naturali.
- Se le leggi di natura sono le stesse ovunque, un extraterrestre conoscerebbe le nostre stesse costanti universali e capirebbe come le abbiamo combinate.



# Unità di Planck

- Planck fu il primo a costruire un sistema di unità naturali con un chiaro significato fisico.
- In particolare, egli definì i famosi tempo di Planck, raggio di Planck, temperatura di Planck, densità di Planck.
- Tali unità di misura sono combinazioni delle costanti  $h$  (costante di Planck),  $G$  (costante di Newton) e  $c$  (velocità della luce nel vuoto).



# Unità di Planck

- Le costanti di Planck hanno un significato fisico trasparente nell'ambito della teoria del Big Bang.
- Infatti sappiamo che la gravità quantistica dominava quando l'Universo aveva un'età minore del tempo di Planck, aveva raggio minore di quello di Planck ed aveva temperatura e densità maggiori di quelle di Planck.





# Grandezze Adimensionali

- Anche le grandezze naturali sono espresse nelle nostre arbitrarie unità di misura.
- Volendo risolvere questo problema, si può ricorrere a grandezze adimensionali, combinazioni di costanti universali che sono numeri puri e non dipendono dunque dall'unità di misura usata.
- Il loro significato può quindi essere capito anche da un extraterrestre, perchè non dipende dalle unità di misura che egli userebbe.



# Numeri di Eddington

- Tre grandezze adimensionali molto importanti furono definite dal grande astrofisico Eddington.
- Tali grandezze sono:  $N_1$  = raggio dell'universo osservabile / raggio dell'elettrone,  $N_2$  = intensità della forza elettromagnetica / intensità della forza gravitazionale,  $N_3$  = numero di protoni nell'universo osservabile.



# Numeri di Eddington

- Si ha che:

$$N_1 \sim 10^{40}, N_2 \sim 10^{40}, N_3 \sim 10^{80}.$$

- Quindi risulta:

$$N_1 \sim N_2 \sim \sqrt{N_3}.$$

- Eddington tentò di giustificare tali coincidenze con ragionamenti numerologici.



# Le Spiegazioni di Dirac e Gamow

- Combinando le equazioni scritte prima, risulta che:

$$e^2 / G m_p \sim t$$

$e$  = carica elettrone,  $G$  = costante di Newton,  
 $m_p$  = massa del protone.



# Le Spiegazioni di Dirac e Gamow

- Dirac suppose  $e$  costante, per cui la gravità decresce col tempo:

$$G \sim \text{costante} / t$$

(teoria relativistica a  $G$  variabile di Dicke).

- Gamow suppose  $G$  costante, per cui le cariche elettriche aumentano col tempo:

$$e \sim \text{costante} \sqrt{t}.$$



# La Spiegazione di Dicke

- Tuttavia si scoprì che simili leggi di variazione accelererebbero l'evoluzione del Sole, che oggi dovrebbe essere fuori sequenza principale.
- Dicke notò che le coincidenze di cui sopra, dipendendo dal tempo, valgono solo oggi che la vita intelligente è comparsa sulla Terra, non valevano prima e non varranno dopo.



# La Spiegazione di Dicke

- Si ha dunque una spiegazione antropica: la comparsa di vita intelligente richiede che gli elementi chimici necessari siano sintetizzati nelle stelle e ciò avviene dopo un tempo tale da verificare le coincidenze; se le coincidenze non fossero verificate non ci sarebbe vita intelligente a poterle notare (esempio di Principio Antropico).



# Il Principio Antropico

- Se l'elettrone pesasse di più sarebbe delocalizzato e non ci sarebbe chimica organica, la costante di forza elettromagnetica e quella di forza nucleare devono stare in un ristretto intervallo o, rispettivamente, il protone decabrebbe, rendendo impossibile la vita, e non sarebbero possibili le reazioni nel Sole.





# Il Principio Antropico

- Un Universo con dimensioni diverse da 3 spaziali + 1 temporale sarebbe o troppo semplice, o troppo instabile, o troppo imprevedibile per evolvere vita intelligente.
- Se l'Universo al Big Bang fosse stato meno granuloso, tutto sarebbe condensato in buchi neri, se fosse stato più granuloso non si sarebbero condensate le galassie.



# Il Principio Antropico

- Se l'Universo avesse una densità di poco diversa da quella critica esso sarebbe da tempo o già collassato o diluito per espansione.
- L'Universo è così com'è perchè se fosse diversamente non potrebbe esistere vita intelligente a descriverne le condizioni (Principio Antropico di Carter).



# Costanti Variabili

- Confrontando le posizioni di varie righe spettrali in laboratorio e su quasar posti a varie distanze (visti quindi a diversi tempi), è possibile determinare l'eventuale variazione di  $\alpha$  e col tempo.
- Risulta che  $\alpha$  può essere variata di qualche parte per milione dal Big Bang: questo torna coi risultati della cosmologia sviluppata mediante la teoria di Dicke.



# Conclusioni

- Da semplici considerazioni sulle unità di misura, siamo arrivati alle profonde considerazioni del Principio Antropico.
- Il Principio Antropico può essere letto come evidenza di un disegno superiore nell'Universo o, viceversa, come spiegazione delle leggi di Natura senza far ricorso a Esseri superiori: è questione di scelte individuali, ma in ogni caso non si può non ammirarne la profondità.

