

# Il principio antropico

Dr. Yves Gaspar, PhD

*University of Cambridge*

*Università Cattolica del Sacro Cuore, Brescia*

## Il principio antropico debole e forte - B. Carter ( 1973 )



- I valori osservati di qualunque grandezza fisica e cosmologica non sono tutti ugualmente probabili, ma sono soggetti alla restrizione che esistano luoghi dove possa evolversi una vita basata sul carbonio e che l'universo sia vecchio abbastanza perché ciò sia già avvenuto
- L'universo deve avere quelle proprietà che consentono lo sviluppo della vita al suo interno, a qualche stadio della sua storia.
- Implicazione possibile di quest'ultimo enunciato: vi è un unico universo possibile, progettato al fine di generare e sostenere osservatori

# Interpretazione di J. A. Wheeler del principio antropico forte – la gravità quantistica

- Gli osservatori ( partecipanti ) sono necessari per far sì che l' universo esista, per dare senso all' universo stesso
- E' necessaria l' esistenza di molti universi differenti perché possa esistere il nostro

# Generalizzazione del principio antropico forte in termini di informazione

- Nell' universo deve necessariamente svilupparsi l' elaborazione intelligente dell' informazione, e una volta apparsa essa non si estinguerà mai

# L'evoluzione delle stelle e la dinamica del sistema solare

- Il valore della costante  $G$  influenza criticamente la stabilità del sistema solare.
- Il valore della costante di struttura fine di Sommerfeld influisce criticamente le reazioni termonucleari nelle stelle. F. Hoyle nota l'importanza della relativa posizione dei livelli di risonanza nucleare tra ossigeno e carbonio.

# La dimensione e la massa dei pianeti

- Le proprietà di quasi tutti i corpi solidi esistenti nell'universo osservabile, in ultima analisi, non sono casuali, ma sono determinati dal confronto tra due interazioni: l'interazione elettromagnetica (repulsione ed esclusione tra elettroni) e la gravitazione

# L'altezza delle montagne non è arbitraria

- Una montagna troppo alta sprofonderebbe trasformando l'energia gravitazionale potenziale persa in energia necessaria per liquefare uno strato corrispondente di rocce.

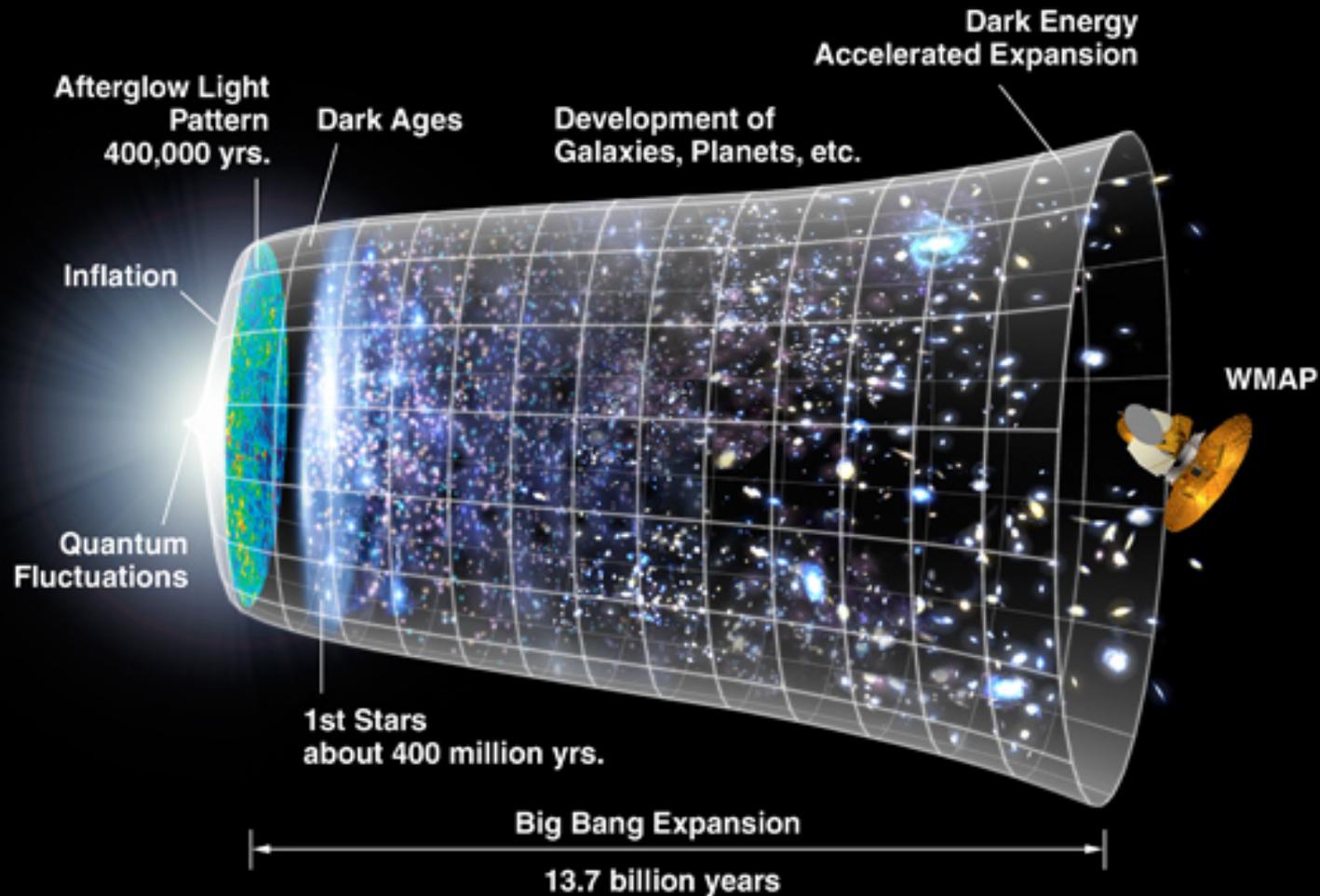
# Valore minimo per la massa di un pianeta per possedere un'atmosfera

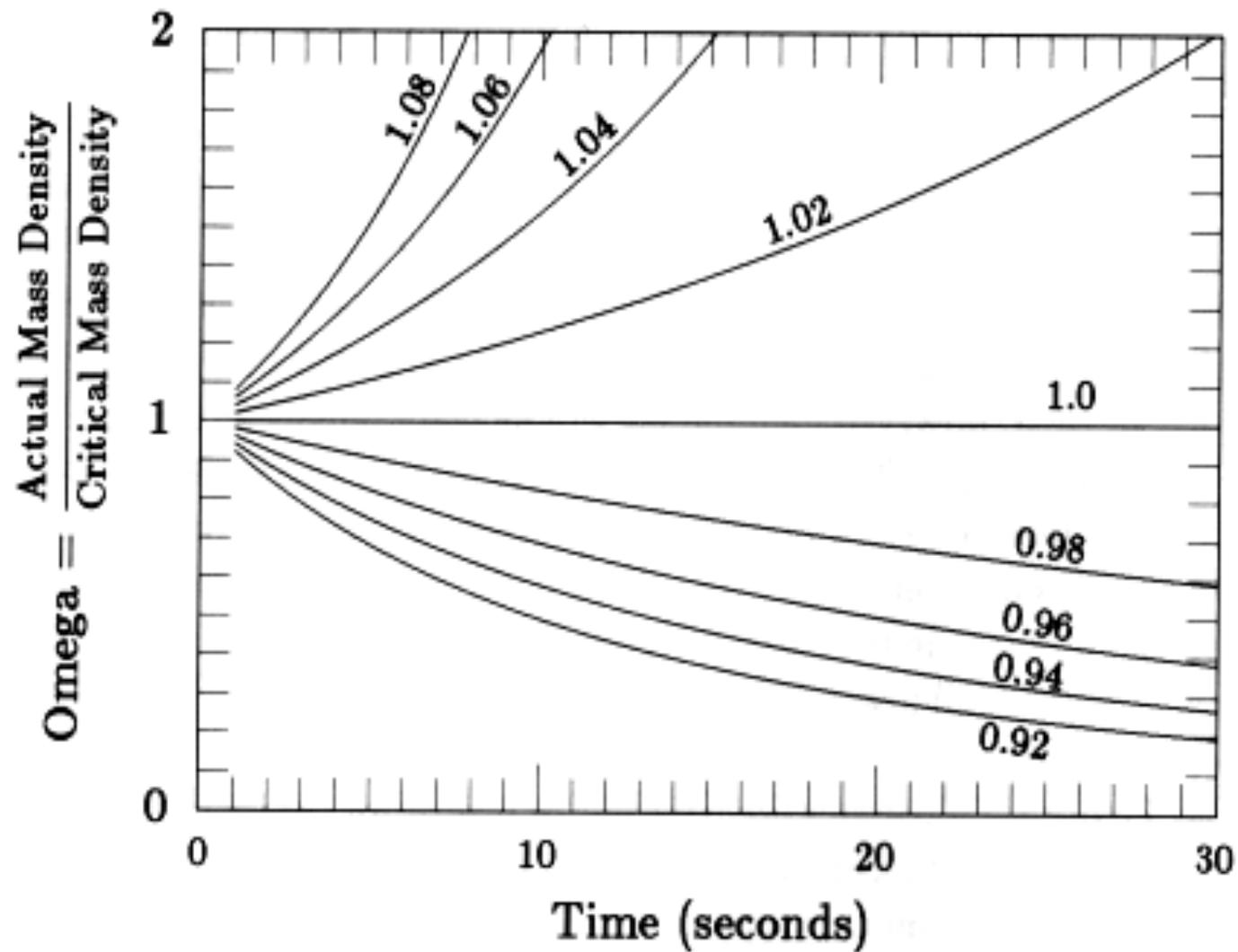
- L'attrazione gravitazionale deve superare l'energia di agitazione termica delle molecole dell'atmosfera.

# La dimensione degli esseri viventi

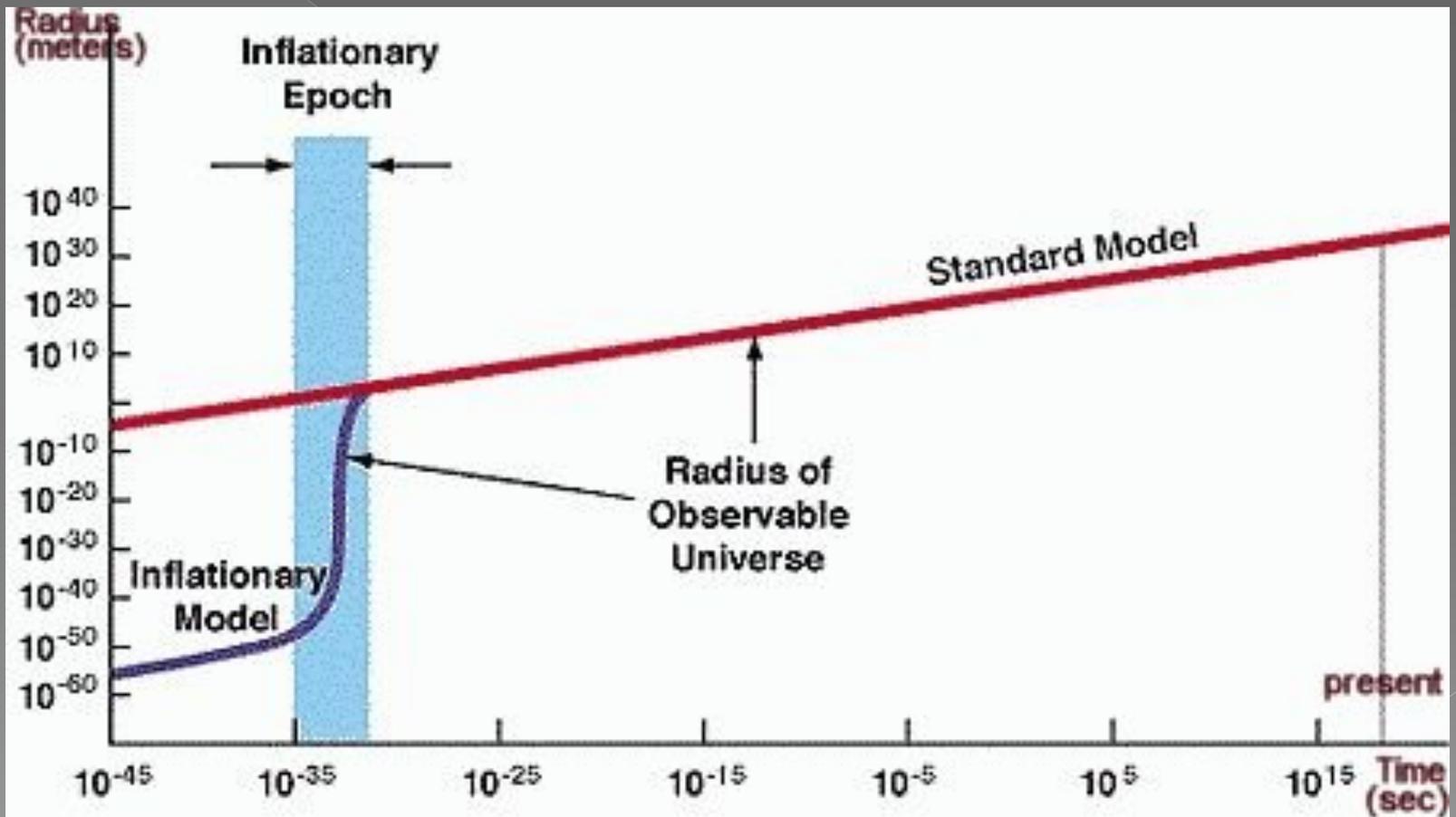
- ◉ Galileo Galilei: aumentando la massa, non si aumenta la robustezza necessaria per resistere al peso, dato che la robustezza varia solo come  $L^2$ , mentre la massa varia come  $L^3$ .
- ◉ La lunghezza massima di essere vivente non può superare un valore limite, al di là del quale si romperebbero i legami tra molecole
- ◉ Per motivi termodinamici, la lunghezza non potrà essere inferiore ad un valore minimo critico: il calore disperso varia come  $L^2$ , mentre il calore generato varia come  $L^3$

# La teoria Standard del big Bang





# L'inflazione cosmologica



## La teoria quantistica dei campi

- Problema: l'equazione di Schrodinger non è invariante per le trasformazioni LF, quindi non è relativistica.
- L'equazione di Klein-Gordon ( KG ) è una generalizzazione relativistica dell'equazione di Schrodinger
- Però l'equazione di KG ha dei problemi – non esistenza di una misura di probabilità positiva e energie negative.
- I problemi di KG si risolvono se l'equazione è interpretata come equazione **di CAMPO**
- P. Dirac trova un'equazione equivalente a KG ma di primo grado – radice quadrata di Dirac – Beltrami dell'operatore di d'Alembert
- L'equazione di Dirac viene anch'essa interpretata come equazione di **CAMPO** per particelle con **spin**  $\frac{1}{2}$  , includendo le **anti-particelle**

# MQ + RS = ?

- ◉ Quindi si può dire che, riassumendo : **MQ + RS = teoria di campo + spinori (  $\frac{1}{2}$  ) + particelle/antiparticelle = teoria quantistica dei campi ( TQC )**
- ◉ Nota importante: la differenza tra la MQ e la TQC è **INFINITA**, il campo possiede infiniti gradi di libertà rispetto ad un insieme finito di particelle descrivibili mediante l'equazione di Schrodinger
- ◉ Nella TQC, il numero di specie di particelle non è costante. Infatti  $E = mc^2$  ( RS ) consente annichilazioni e materializzazioni.
- ◉ I calcoli della TQC possono dare **risultati infiniti** – le divergenze
- ◉ Se una teoria ammette un numero finito di divergenze, allora è **rinormalizzabile**

# Il modello Standard della fisica delle particelle

- E' l'insieme di tutte **le teorie di campo** che descrivano le particelle note e le loro interazioni
- **La RG non è rinormalizzabile**: quando vengono applicate le tecniche canoniche di quantizzazione, vi sono **un'infinità di divergenze**.
- **RG + TQC = ?**
- Le particelle si dividono in **BOSONI ( spin intero, statistica di Bose-Einstein )** e **FERMIONI ( spin mezzo intero, statistica di Fermi - Dirac )**. Le particelle che sono i mediatori delle interazioni fondamentali sono **bosoni**, mentre le particelle che interagiscono sono **fermioni**.

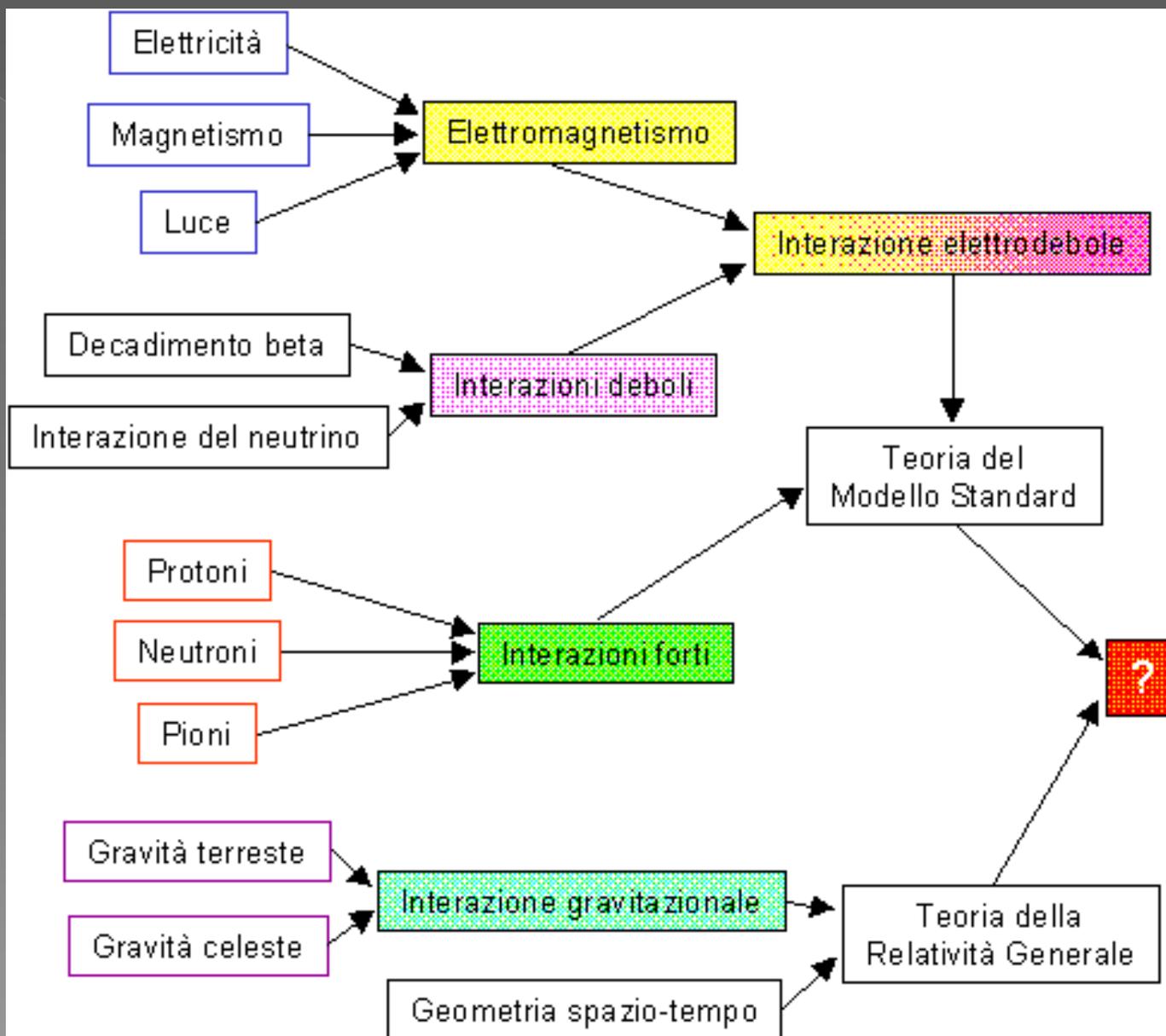
# Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	$\gamma$ photon
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> gluon
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b>Z<sup>0</sup></b> weak force
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b>W<sup>±</sup></b> weak force

Quarks

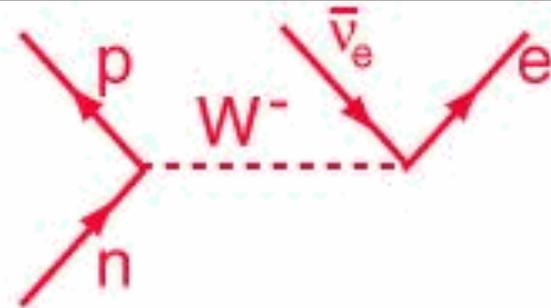
Leptons

Bosons (Forces)

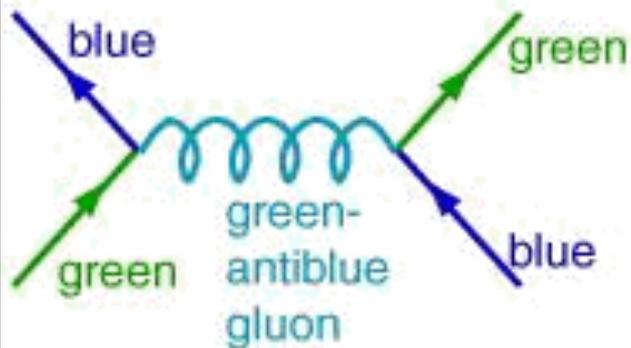




**Interazione  
Elettromagnetica**

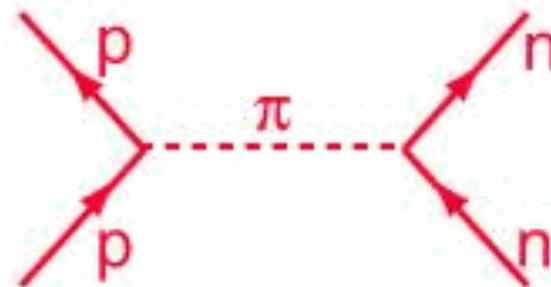


**Interazione  
Debole**



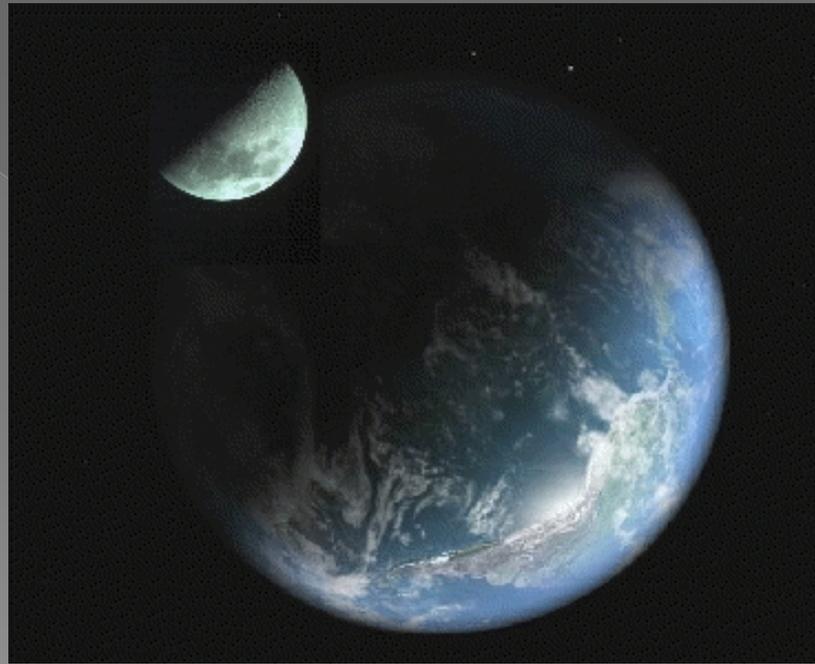
tra quark

**Interazione Forte**



tra nucleoni

# La simmetria e la fisica - il teorema di Noether – una dinamica legata alla simmetria



# Il principio di Gauge

- Se l'azione ( integrale sullo spazio-tempo di una densità lagrangiana ) per un campo scalare ( spin = 0 , ossia campo di KG ) ha una simmetria rotazionale  $U(1)$  locale, allora per rispettare l'invarianza con le LF, è necessario aggiungere dei termini – corrispondono all'**elettromagnetismo ed al fotone**. **L'esistenza del fotone è legata ad una simmetria di una teoria di campo.**
- Se l'azione ha una simmetria locale più complicata ,  $SU(3)$ , allora deve esistere un bosone di spin 1 chiamato il **gluone**, il mediatore dell'interazione nucleare forte.
- Per l'interazione elettrodebole ?

# Il bosone di Higgs

- I bosoni di gauge per l'interazione nucleare forte e per l'elettromagnetismo hanno massa nulla, pero i bosoni W e Z per l'interazione nucleare debole hanno **massa non nulla**. Inoltre, bisogna rispettare il principio di gauge ( simmetria  $SU(2)$  ) e la rinormalizzabilità della teoria.
- Postulando l'esistenza di un nuovo campo, il **campo di Higgs**, e inserendolo nella corrispondente densità lagrangiana, tutte condizioni possono essere soddisfatte
- Vedi articoli originali di R. Brout, F. Englert, P. Higgs, G. S. Guralnik, C. R. Hagen, and T. W. Kibble nel 1964 – vedi anche 't Hooft and Veltman

# Gli effetti del campo di Higgs

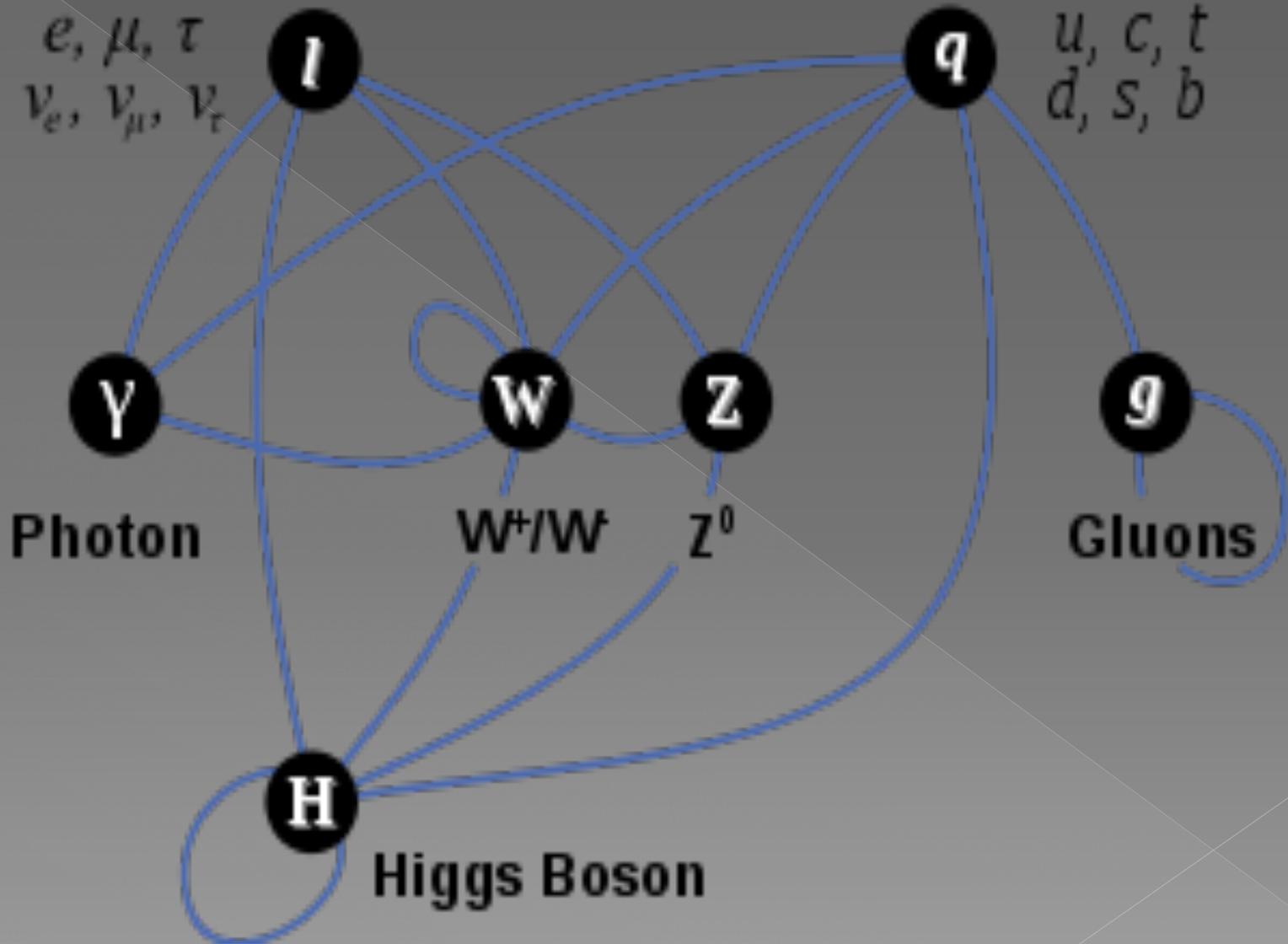
- Il coupling di Yukawa tra il campo di Higgs e le altre particelle **conferisce una massa non nulla** ad esse. La massa del bosone di Higgs è compresa tra 125 e 127 GeV.
- Il campo di Higgs può descrivere **la rottura spontanea di simmetria** per l'interazione elettro-debole.
- Il fatto che a differenza degli altri campi abbia una **energia di ground state non nulla e costante** lo ha reso un candidato interessante per i **primi modelli cosmologici inflazionari ( old inflation – A. Guth )**

# Leptons

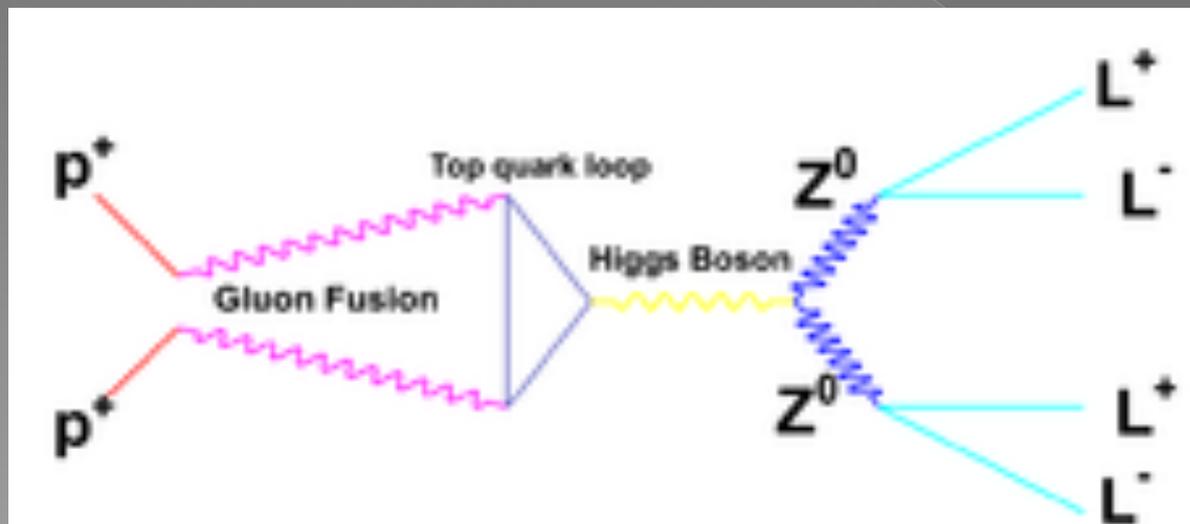
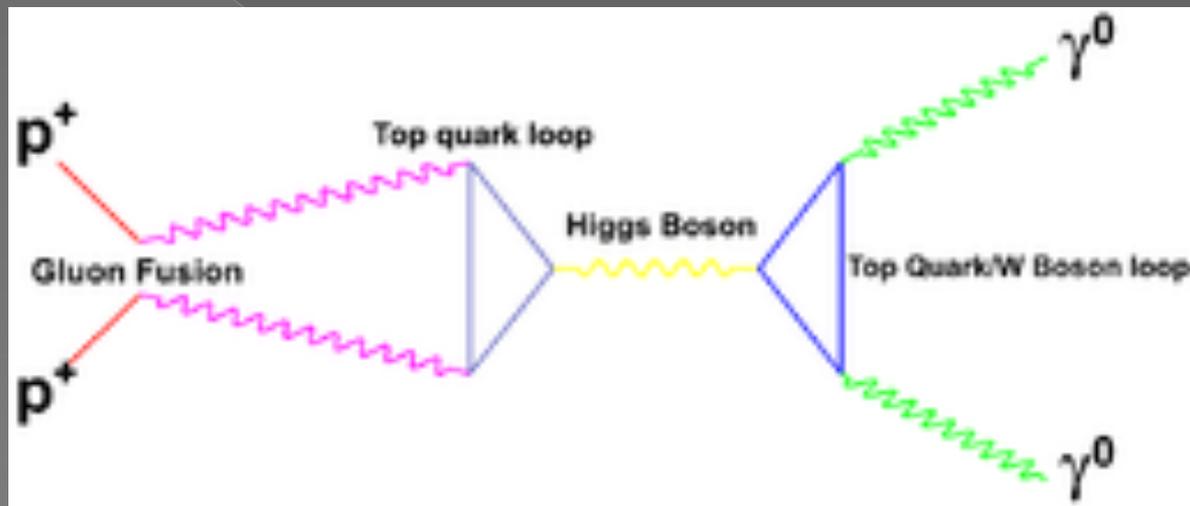
$e, \mu, \tau$   
 $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$

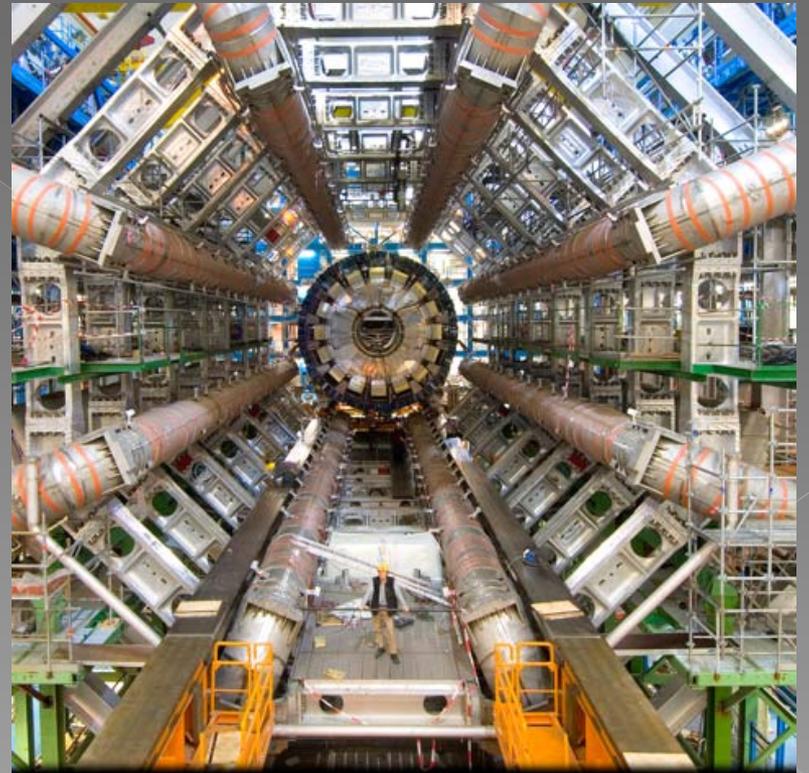
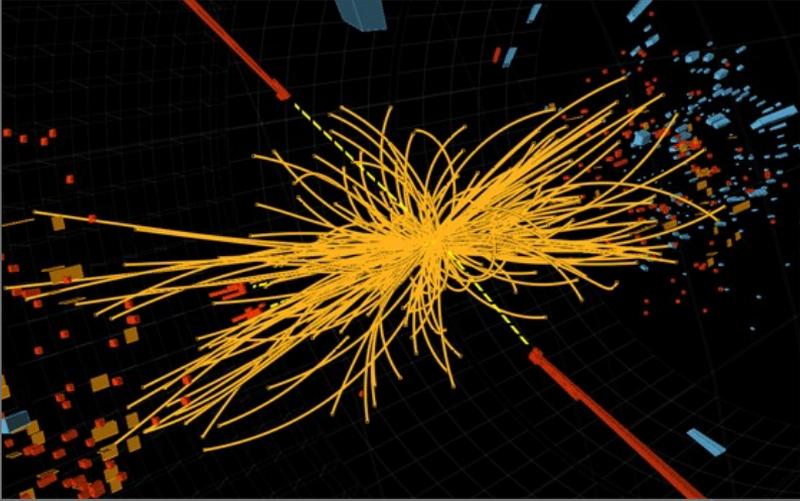
# Quarks

$u, c, t$   
 $d, s, b$

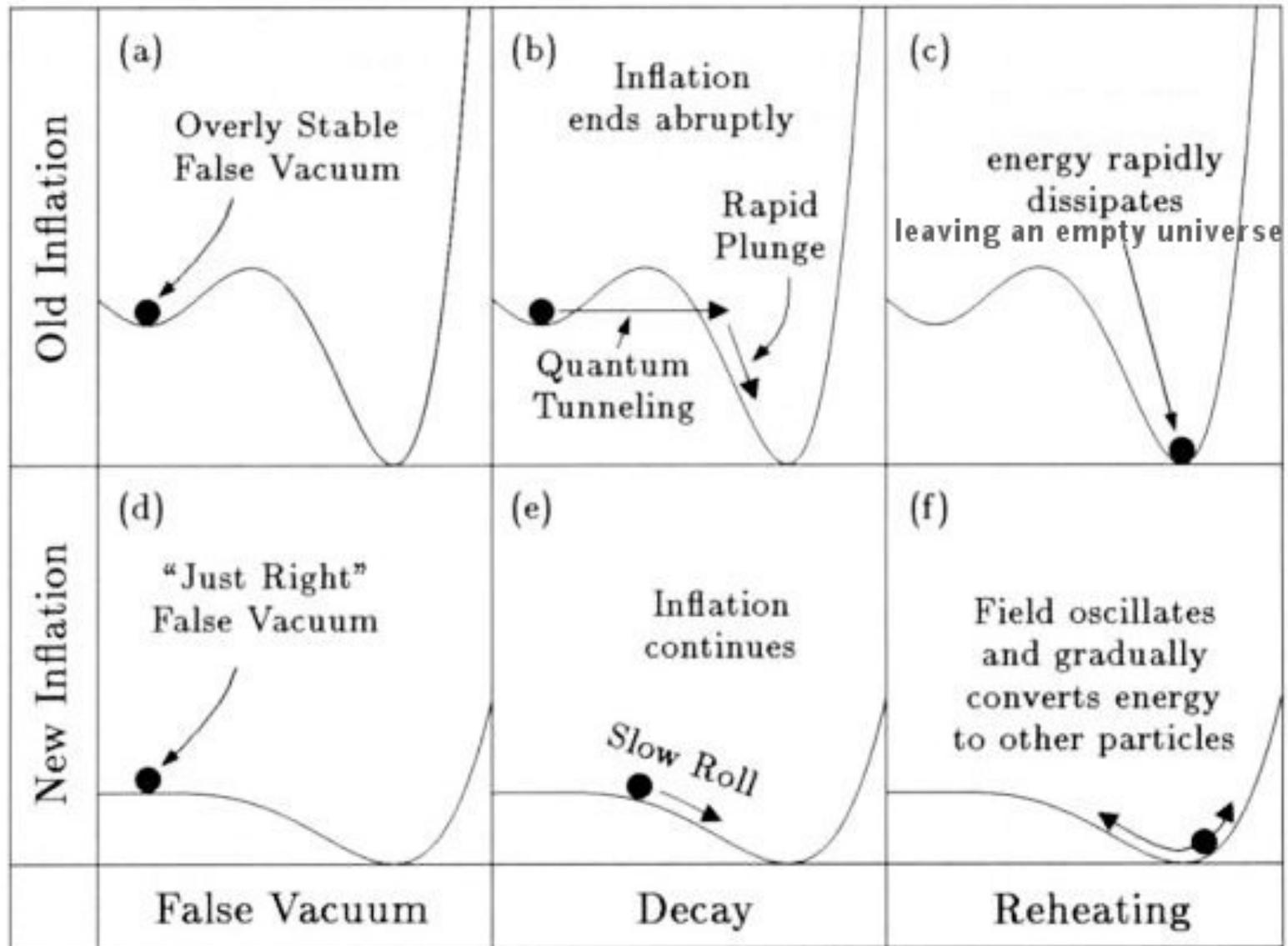


# Il 4 luglio 2012 – CERN

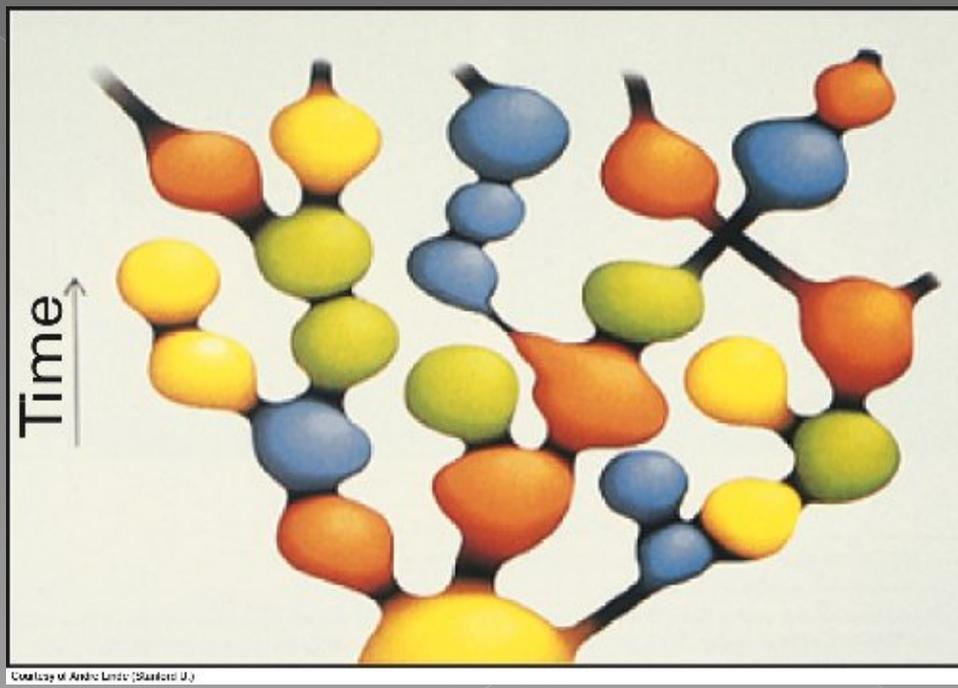
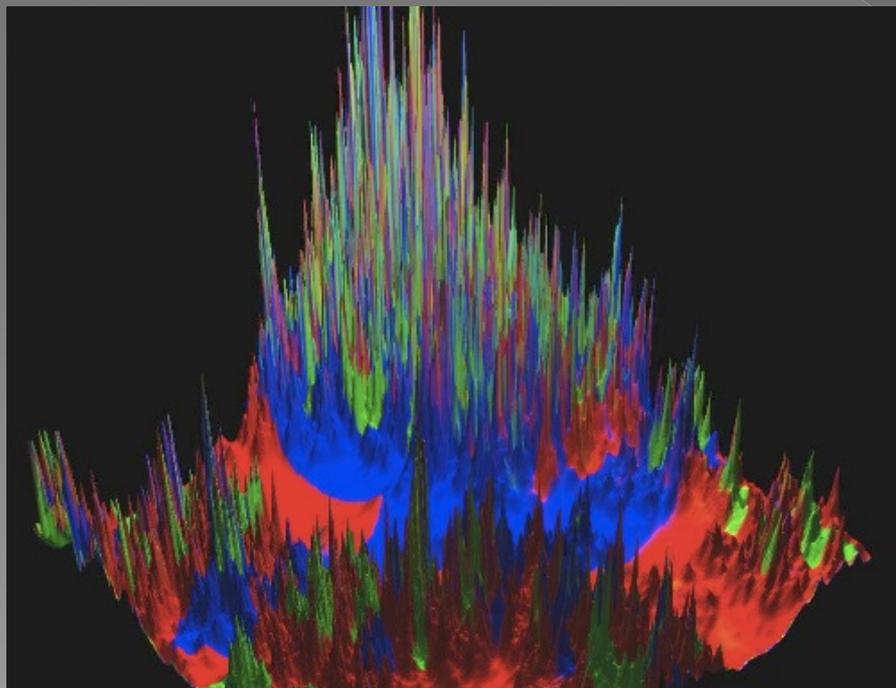
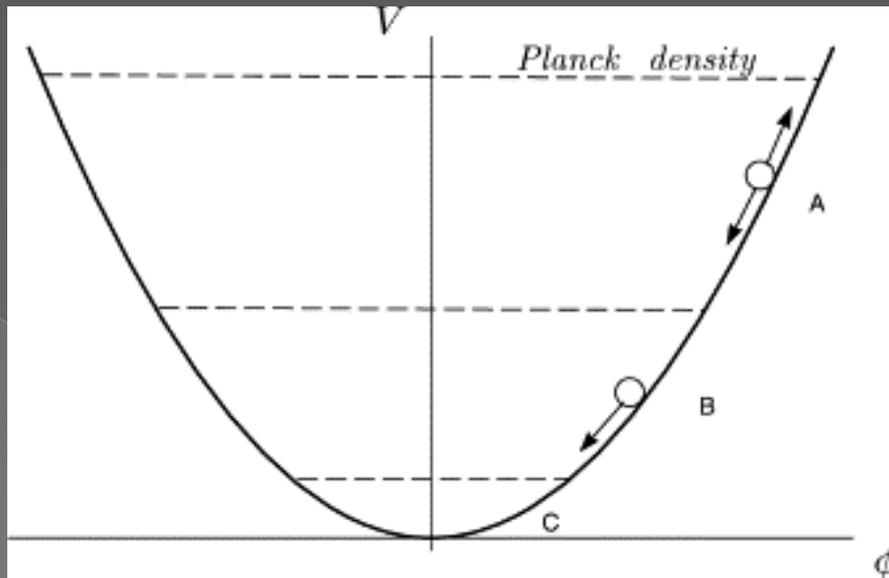




Energy Density



Higgs Field



# The String Landscape – The Multiverse

