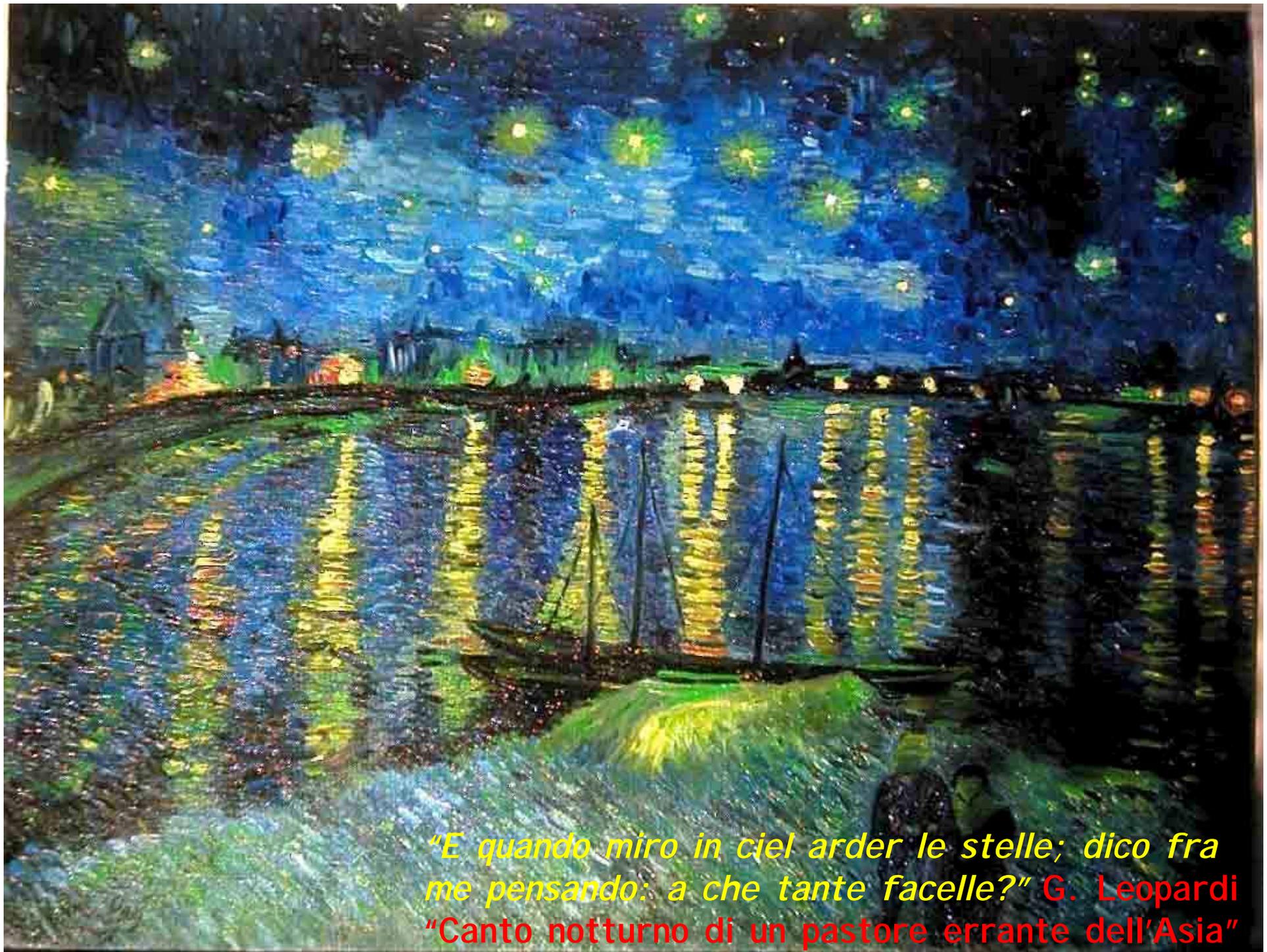


A.C.A. – Associazione Cernuschese Astrofili

# IL PRINCIPIO ANTROPICO



by Andrea Grieco



*"E quando miro in ciel arder le stelle; dico fra  
me pensando: a che tante facelle?" G. Leopardi  
"Canto notturno di un pastore errante dell'Asia"*



# IL PRINCIPIO ANTROPICO

*"Sebbene la nostra posizione nell'universo non sia necessariamente centrale, e' comunque in un certo senso privilegiata" B. Carter*

**B. CARTER 1973 CRACOVIA AL SIMPOSIO PER IL 500° DELLA NASCITA DI COPERNICO CONIA IL TERMINE "PRINCIPIO ANTROPICO"**

**PRINCIPIO ANTROPICO DEBOLE (CWAP): "DOBBIAMO ESSERE PREPARATI A TENER CONTO DEL FATTO CHE LA NOSTRA POSIZIONE NELL'UNIVERSO E' NECESSARIAMENTE PRIVILEGIATA PER IL FATTO DI ESSERE COMPATIBILE CON LA NOSTRA ESISTENZA COME OSSERVATORI"**

**PRINCIPIO ANTROPICO FORTE (CSAP): "L'UNIVERSO (E QUINDI I PARAMETRI FONDAMENTALI DA CUI DIPENDE) DEVE ESSERE TALE DA AMMETTERE LA CREAZIONE DI OSSERVATORI AL SUO INTERNO IN UNA CERTA FASE. PARAFRASANDO CARTESIO**

22.08.2006 00:18 M 101 E DINTORNI

Il campo stellare nei dintorni della galassia M 101. Oltre a M 101 (in alto al centro) sono visibili le seguenti galassie: NGC 5471 (a sinistra), NGC 5477 (sopra M 101), NGC 5473 (sopra M 101 a destra), NGC 5422 (vicino al margine destro). Localita' Point Canaves (FR), mt. 480.

Foto: somma di due pose da 12 min./posa con rifrattore StellarVue AT1010 80480 su HEQ5-PRO e Canon EOS 350D (400 ISO), guida manuale.

Autore: R.Forestello



## COINCIDENZE?

LA PRESENZA DI **VITA** NELL'UNIVERSO SEMBRA DIPENDERE IN MODO ALTAMENTE CRITICO DALLE **CONDIZIONI INIZIALI**, DALLE **COSTANTI DI NATURA**, DALLE **LEGGI DELLA FISICA** E DALLA **STRUTTURA STESSA DELLO SPAZIO-TEMPO**

UN PAIO DI ESEMPI...

LO SCOSTAMENTO DI UNA PARTE SU  **$10^{60}$**  DELLA DENSITA' DI MATERIA-ENERGIA DAL VALORE CRITICO NON AVREBBE PERMESSO LA NASCITA DELLA VITA

UNA VARIAZIONE DEL **2%** IN PIU' O IN MENO DELL'INTENSITA' DELLA FORZA NUCLEARE FORTE NON PERMETTEREBBE LA FORMAZIONE DEL CARBONIO



## PERCHE' QUESTE STELLE?

**PERCHE' OSSERVIAMO QUESTO UNIVERSO E  
NON UNO DIVERSO?**

- **L'ORGANIZZAZIONE DELLA MATERA-ENERGIA  
IN STELLE, GALASSIE, PIANETI**
  - **LE CONDIZIONI INIZIALI**
  - **LE COSTANTI DI NATURA**
  - **LE LEGGI DELLA FISICA**
- **LA STRUTTURA DELLO SPAZIO-TEMPO**

**LA NOSTRA ESISTENZA PONE DEI  
LIMITI A CIO' CHE POSSIAMO  
OSSERVARE**



## QUANTO RARO?

QUANTO SONO PARTICOLARI LE  
CONDIZIONI CHE PERMETTONO  
LA VITA NELL'UNIVERSO?

E PER LA VITA INTELLIGENTE?



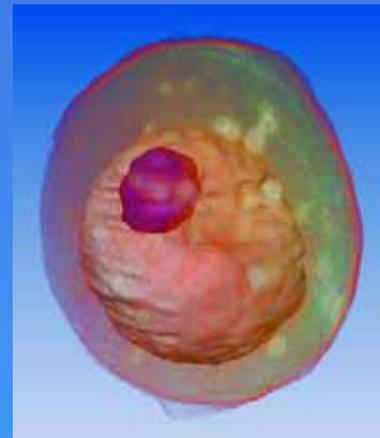
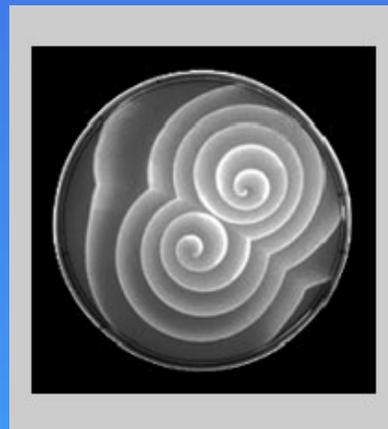
Supernova



## CONDIZIONI PER LA VITA

QUALI SONO LE CONDIZIONI PER LA VITA?

- ✓ PRESENZA DI ACQUA ALLO STATO LIQUIDO
- ✓ ELEMENTI NECESSARI AL METABOLISMO
- ✓ SORGENTE DI ENERGIA
- ✓ AMBIENTE PROTETTO E STABILE



LA VITA E' UN SISTEMA DISSIPATIVO APERTO CHE EVOLVE  
ATTRAVERSO STATI DI NON EQUILIBRIO TERMODINAMICO CON  
L'AMBIENTE ESTERNO

# L'AMBIENTE PLANETARIO

## CONDIZIONI PLANETARIE



- ✓ STELLA DI SEQUENZA PRINCIPALE NON TROPPO GRANDE
  - ✓ ORBITA PRESSOCHE' CIRCOLARE
  - ✓ ELEMENTI H, C, N, O, S, P, Ca, etc.
  - ✓ ACQUA ALLO STATO LIQUIDO
- ✓ ATMOSFERA INIZIALMENTE RIDUCENTE



## QUANTE "TERRE" NEL COSMO?

PIANETI SIMILI ALLA TERRA NELLA GALASSIA

$$N_T = N_* \cdot f_p \cdot n_p \cdot f_T$$

$$N_T = 2 \times 10^{11} \cdot 5\% \cdot 2 \cdot 1\% = 2 \times 10^8$$

$$10^6 < N_T < 10^9$$

$10^{11}$  GALASSIE NELL'UNIVERSO



## CONDIZIONI INIZIALI

*"Le cose sono come sono perché erano come erano"*

*T. Gold*

L'UNIVERSO OGGI HA UNA VELOCITA' DI ESPANSIONE CHE IMPLICA CHE NEL PASSATO IL RAPPORTO TRA DENSITA' E DENSITA' CRITICA FOSSE INCREDIBILMENTE PROSSIMO A 1

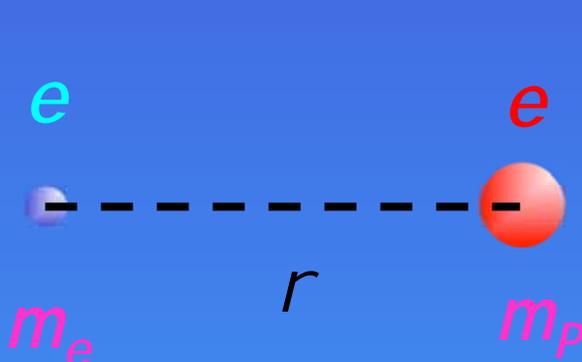
$$\rho/\rho_c = 1 \pm 10^{-60}$$





## GRANDI NUMERI

1919 H. WEYL ESPRIME PERPLESSITA' PER IL FATTO CHE IL RAPPORTO TRA LA FORZA ELETTRICA E QUELLA GRAVITAZIONALE TRA UN PROTONE E UN ELETTRONE E' DELL'ORDINE DI  $10^{39}$


$$F_G = G_0 \frac{m_e \cdot m_p}{r^2}$$
$$F_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e \cdot e}{r^2}$$

$$N_{EG} = \frac{F_E}{F_G} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 G_0} \frac{e^2}{m_e \cdot m_p} \sim 2 \times 10^{39}$$

PERCHE' PROPRIO QUESTO VALORE COSI' GRANDE?



## CABALA COSMICA

“Credo che vi siano  
15.747.724.136.275.002.577.605.653.961.181.555.468.044.717.914  
.527.116.709.366.231.425.076.185.631.031.296 protoni nell’Universo  
e lo stesso numero di elettroni” **A. Eddington**

**1923 A. EDDINGTON** OSSERVA CHE I GRANDI NUMERI  
POTREBBERO ESSERE COLLEGATI AL NUMERO DI PARTICELLE  
DELL’UNIVERSO STIMATE DA LUI STESSO IN  $N \sim 10^{79}$

$$N \sim 10^{79} \sim (10^{39})^2 \sim (N_{EG})^2$$

LE COSTANTI NATURALI SI “SPIEGANO” A PARTIRE  
DAL NUMERO DI PARTICELLE DELL’UNIVERSO

LA “NUMEROLOGIA” DI EDDINGTON FU ASPRAMENTE  
CRITICATA DALLA COMUNITA’ SCIENTIFICA



## L'IPOTESI DI DIRAC

*"Qualunque cosa abbia da dire Dirac, pochi fisici l'ignorano"*  
V. Stenger

1937 P.M. DIRAC SCOPRE CHE IL RAPPORTO TRA L'ETA'  
DELL'UNIVERSO E IL TEMPO IMPIEGATO DALLA LUCE PER  
ATTRAVERSARE UN ATOMO E'  $N_{UA} \sim 10^{39}$

$$N_{UA} \sim (t_U / t_A) \quad N_{UA} \sim N_{EG} \sim 10^{39}$$

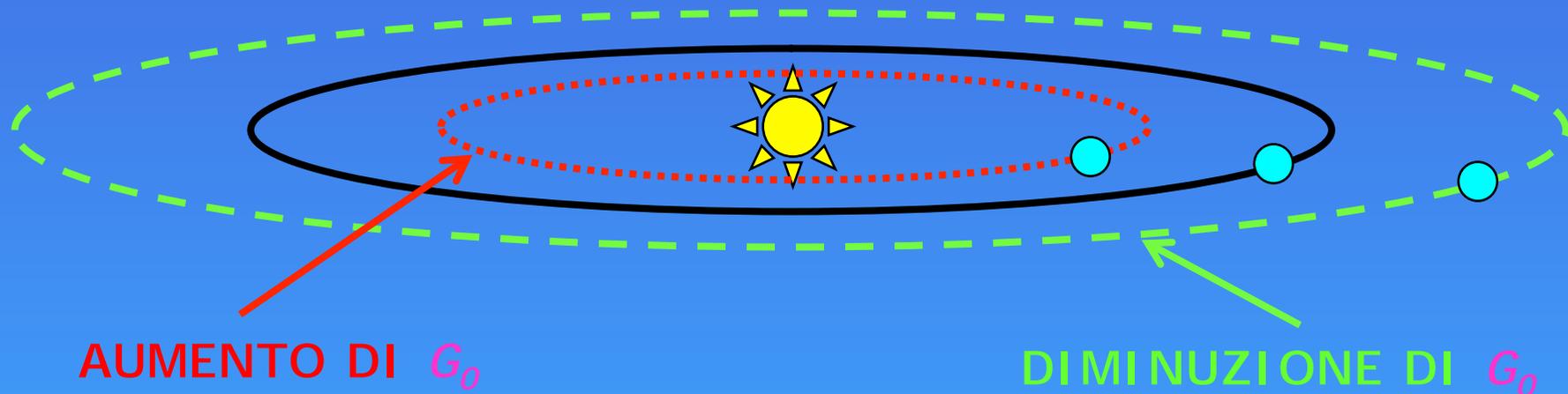
I POTESI DEI **GRANDI NUMERI**: I GRANDI NUMERI  
ADIMENSIONALI IN NATURA SONO COLLEGATI DA  
SEMPLICI RELAZIONI ALGEBRICHE

$$\text{DIRAC PROPONE } G_0 \div (t_U)^{-1}$$



## VARIARE $G_0$

UNA VARIAZIONE DI  $G_0$  COMPORTEREBBE,  
TRA GLI ALTRI EFFETTI, UNA  
VARIAZIONE DELLE ORBITE PLANETARIE



LE CONDIZIONI DI ABITABILITA' CAMBIANO AL  
VARIARE DELLE COSTANTI DI NATURA



## RISONANZA

1952 F. HOYLE PREVEDE L'ESISTENZA DI UN LIVELLO DI RISONANZA PER IL NUCLEO DEL CARBONIO IN BASE AD ARGOMENTAZIONI ANTROPICHE



LA REAZIONE E' POSSIBILE GRAZIE ALLA RISONANZA PRESENTE NEI LIVELLI ENERGETICI DEL NUCLEO DEL CARBONIO



## ELEMENTI PER LA VITA

1961 R. DICKE GIUSTIFICA LE COINCIDENZE DEI GRANDI NUMERI COME EFFETTO SELETTIVO DOVUTO ALLA PRESENZA DI OSSERVATORI NELL'UNIVERSO

$$N_{UA} \sim 10^{39} \sim N_{EG}$$

DATO IL NUMERO DI PARTICELLE  $N$  NELL'UNIVERSO  $N_{UA}$  DEVE ESSERE GRANDE PER PERMETTERE ALLA VITA DI SVILUPParsi E  $N_{EG} \sim N_{UA}$  PER PERMETTERE LA FORMAZIONE DEGLI ELEMENTI PESANTI NELLE STELLE

**NUCLEOSINTESI  
STELLARE**



**VITA  
INTELLIGENTE**



## COSTANTI?

NELLE LEGGI DELLA FISICA COMPAIONO DELLE COSTANTI I CUI VALORI, ATTUALMENTE, POSSONO ESSERE DETERMINATI SOLO SPERIMENTALMENTE

$$F = G_0 \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

LA COSTANTE  $G_0$  NELLA LEGGE DI GRAVITAZIONE DI NEWTON DETERMINA L'INTENSITA' DELLA FORZA GRAVITAZIONALE

IN FISICA COMPAIONO MOLTE COSTANTI MA SOLO ALCUNE DI ESSE SONO FONDAMENTALI

$$G_0 = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$$

$$c = 299.792.458 \text{ m/s}$$

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$



## ADIMENSIONALITA'

I VALORI DELLE COSTANTI DIPENDONO DALLE UNITA' DI MISURA PRESCELTE MENTRE NON DIPENDONO DA TALE SCELTA ALCUNI RAPPORTI **ADIMENSIONALI**

$$\beta = \frac{m_e}{m_p}$$

IL RAPPORTO TRA LA MASSA DEL PROTONE E QUELLA DELL'ELETTRONE NON DIPENDE DAL SISTEMA DI MISURA

$$\alpha = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 hc}$$

LA COSTANTE DI STRUTTURA FINA

$\alpha$  DETERMINA L'INTENSITA' DELLE FORZE ELETTROMAGNETICHE

COSA ACCADE **VARIANDO** TALI COSTANTI?



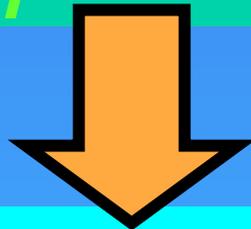
# ELETTROMAGNETISMO

LA STRUTTURA DEGLI ATOMI E DELLE MOLECOLE  
DIPENDE DAL VALORE DI  $\alpha$  E  $\beta$

$$\alpha = 1/137 \sim 10^{-2} \quad \beta = 1/1836 \sim 10^{-3}$$

IL RAPPORTO TRA IL RAGGIO  
NUCLEARE E IL RAGGIO  
ATOMICO E' DELL'ORDINE DI

$$\alpha\beta \sim 10^{-5}$$



CHIMICA ORGANICA



## FORZA GRAVITAZIONALE

LA STRUTTURA DEI PIANETI, DELLE STELLE, DELLE GALASSIE, DELL'UNIVERSO DIPENDE DALLA COSTANTE DI STRUTTURA GRAVITAZIONALE  $\alpha_G$

$$\alpha_G = \frac{2\pi G_0 m_p^2}{hc} \quad \alpha_G \sim 10^{-39}$$

UNA VARIAZIONE DI **POCHI** PUNTI PERCENTUALI DI  $\alpha_G$  AVREBBE CONSEGUENZE **DRAMMATICHE** SULLA STRUTTURA DELLE STELLE, DELLE GALASSIE E DELL'UNIVERSO STESSO



# FORZA GRAVITAZIONALE

*"Se le galassie non esistessero non avremmo alcuna difficoltà a spiegarlo" W. Saslaw*

Galaxy Cluster SDSS J1004+4112: "Quintuple Quasar"  HUBBLESITE.org



## FORZA NUCLEARE FORTE

LA STRUTTURA DEL NUCLEO E DEI NUCLEONI DIPENDE  
DALLA COSTANTE DI STRUTTURA FORTE  $\alpha_S$

$$\alpha_S = \frac{2\pi g_s^2}{f(E)hc}$$

$\alpha_S \sim 1$  A BASSE ENERGIE

$\alpha_S$  DIMINUISCE AL CRESCERE  
DELL'ENERGIA

UNA VARIAZIONE DI POCHI PUNTI PERCENTUALI DI  
 $\alpha_S$  AVREBBE CONSEGUENZE DRAMMATICHE SULLA  
STABILITA' DEI NUCLEI O SULLA LORO FORMAZIONE



## FORZA NUCLEARE DEBOLE

I DECADIMENTI RADIOATTIVI DIPENDONO DALLA  
COSTANTE DI STRUTTURA DEBOLE  $\alpha_W$

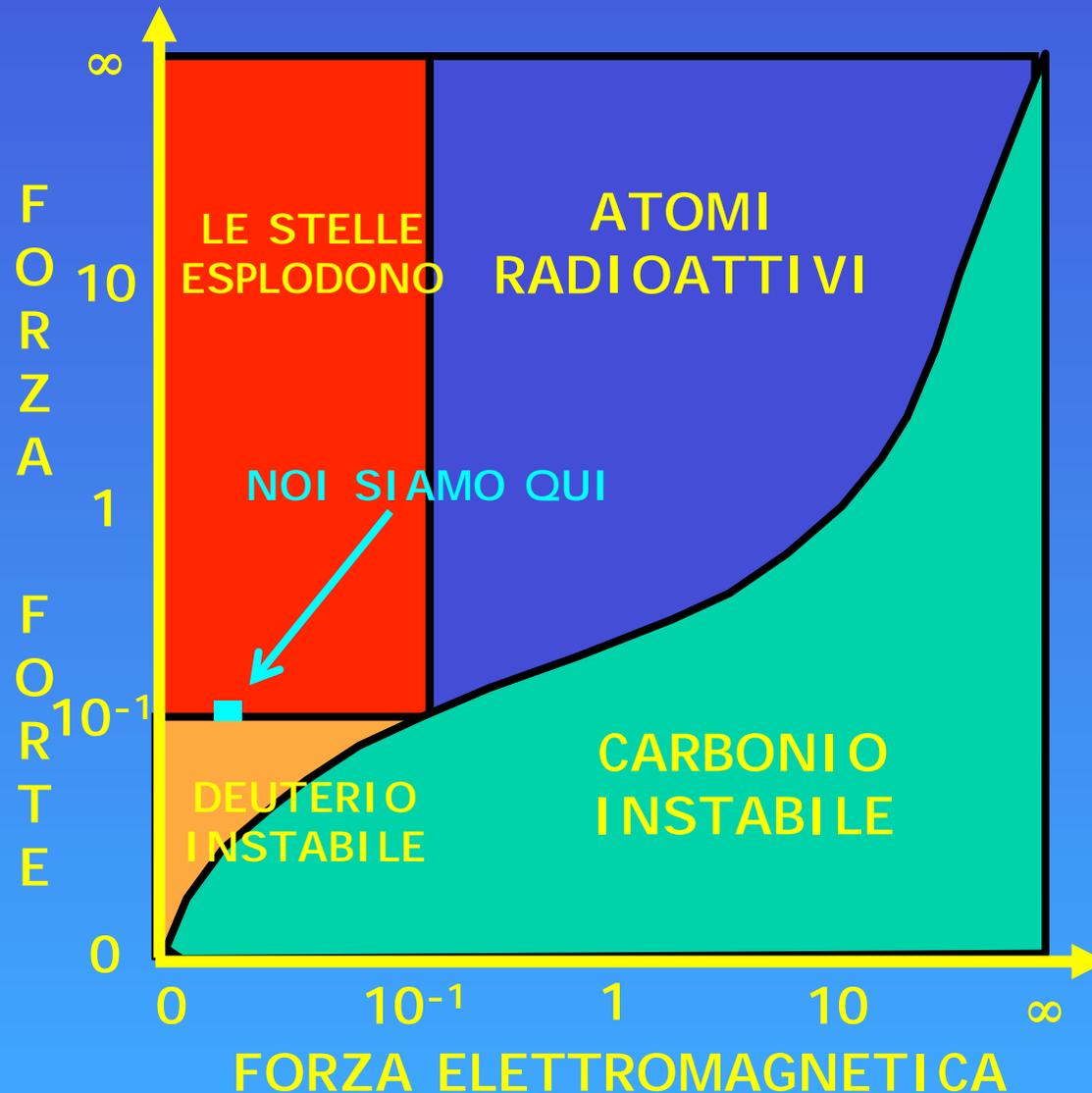
$$\alpha_W = \frac{2\pi g_w^2}{hc} \quad \alpha_W \sim 10^{-6}$$



UNA VARIAZIONE DI POCHI PUNTI PERCENTUALI DI  
 $\alpha_W$  AVREBBE CONSEGUENZE DRAMMATICHE SULLA  
NUCLEOSINTESI PRIMORDIALE E STELLARE



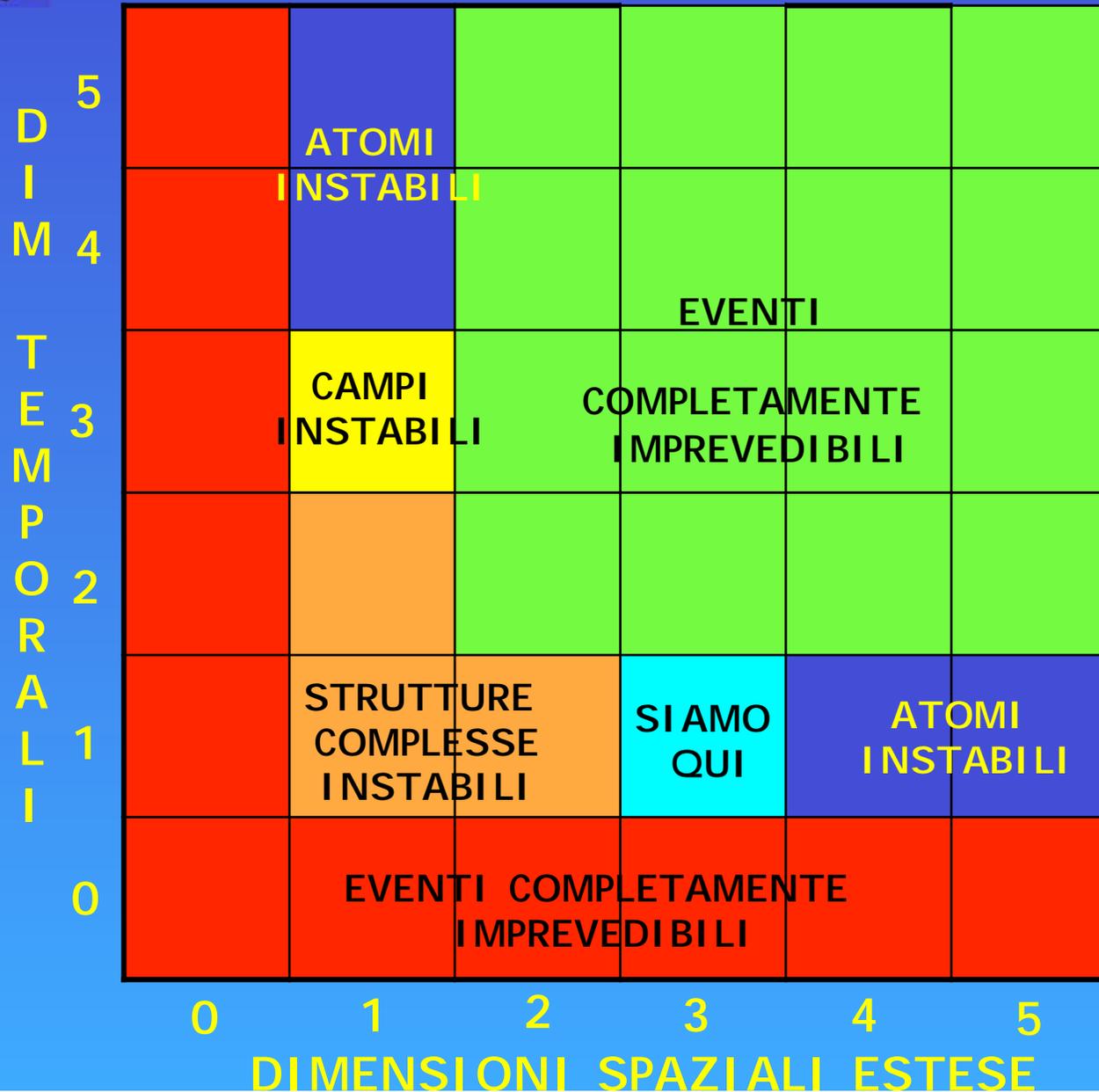
# FINE TUNING



I POSSIBILI  
VALORI DELLE  
COSTANTI DI  
STRUTTURA FINA E  
FORTE SEMBRANO  
INDICARE SOLO  
UNA PICCOLA  
REGIONE PER LA  
VITA COME LA  
CONOSCIAMO



# FINE TUNING





## NUOVE FORMULAZIONI

1986 J.D. BARROW, F.J. TIPLER "THE ANTHROPIIC COSMOLOGICAL PRINCIPLE" Oxford Un. Press

**WEAK ANTHROPIIC PRINCIPLE (WAP):** i valori osservati di tutte le grandezze fisiche e cosmologiche non sono ugualmente probabili ma assumono quei valori compatibili con l'esistenza di zone dove la vita basata sul carbonio si evolve e che l'universo sia abbastanza antico perche' cio' sia avvenuto

**STRONG ANTHROPIIC PRINCIPLE (SAP):** l'Universo deve avere proprietà tali da permettere alla vita di svilupparsi ad un certo punto delle sua storia

**FINAL ANTHROPIIC PRINCIPLE (FAP):** la vita intelligente deve svilupparsi nell'Universo e, una volta nata, non si estinguerà mai



## INTERPRETARE LE COINCIDENZE

1986 J.D. BARROW, F.J. TIPLER "THE ANTHROPIC COSMOLOGICAL PRINCIPLE" Oxford Un. Press

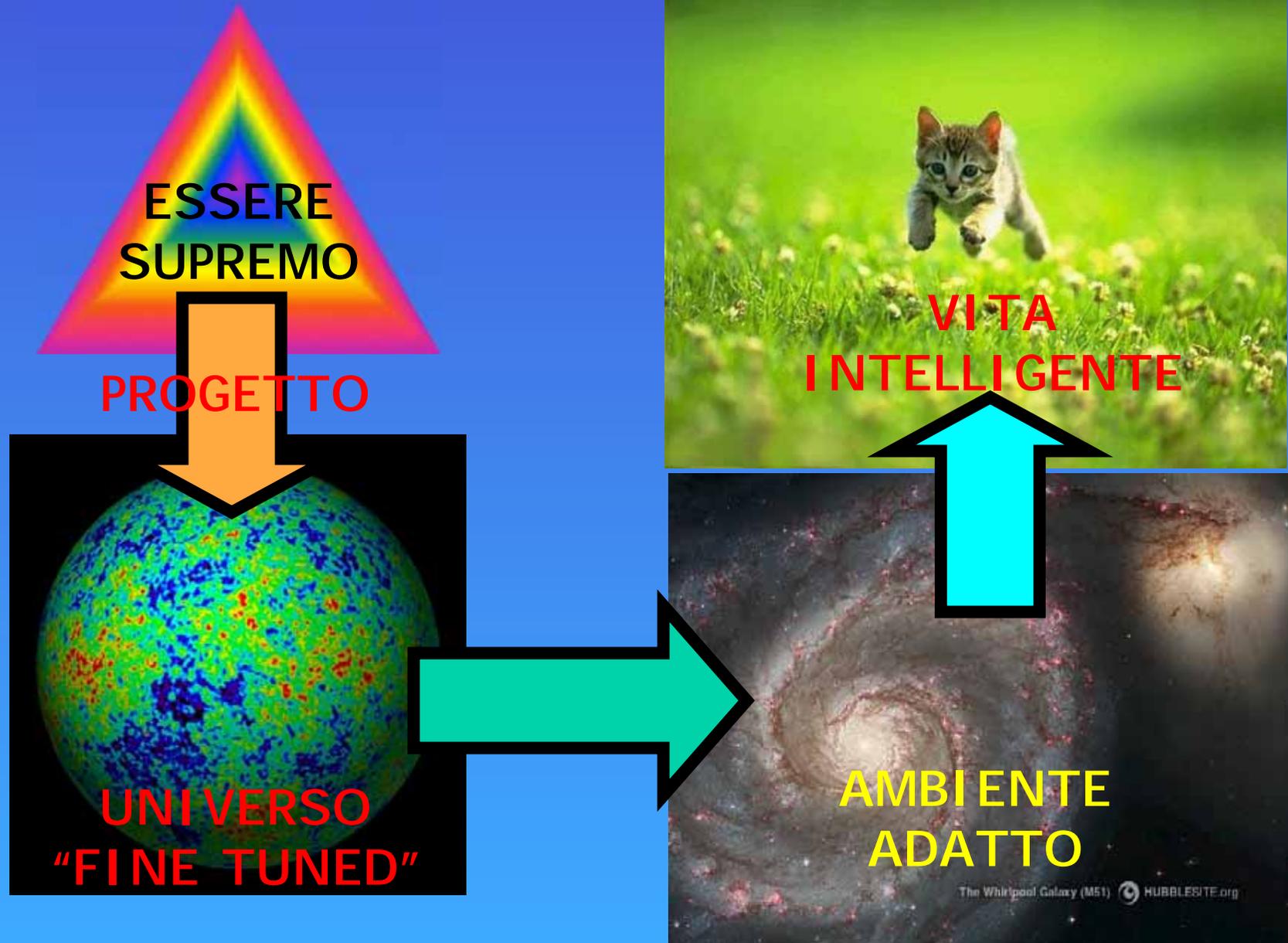
**A-** "ESISTE UN UNICO UNIVERSO PROGETTATO CON LO SCOPO DI GENERARE E SOSTENERE OSSERVATORI"

**B-** "GLI OSSERVATORI SONO NECESSARI PER PORTARE L'UNIVERSO IN ESSERE"

**C-** "E' NECESSARIA L'ESISTENZA DI UN INTERO INSIEME DI UNIVERSI PER GIUSTIFICARE IL NOSTRO"



# DI SEGNO DIVINO



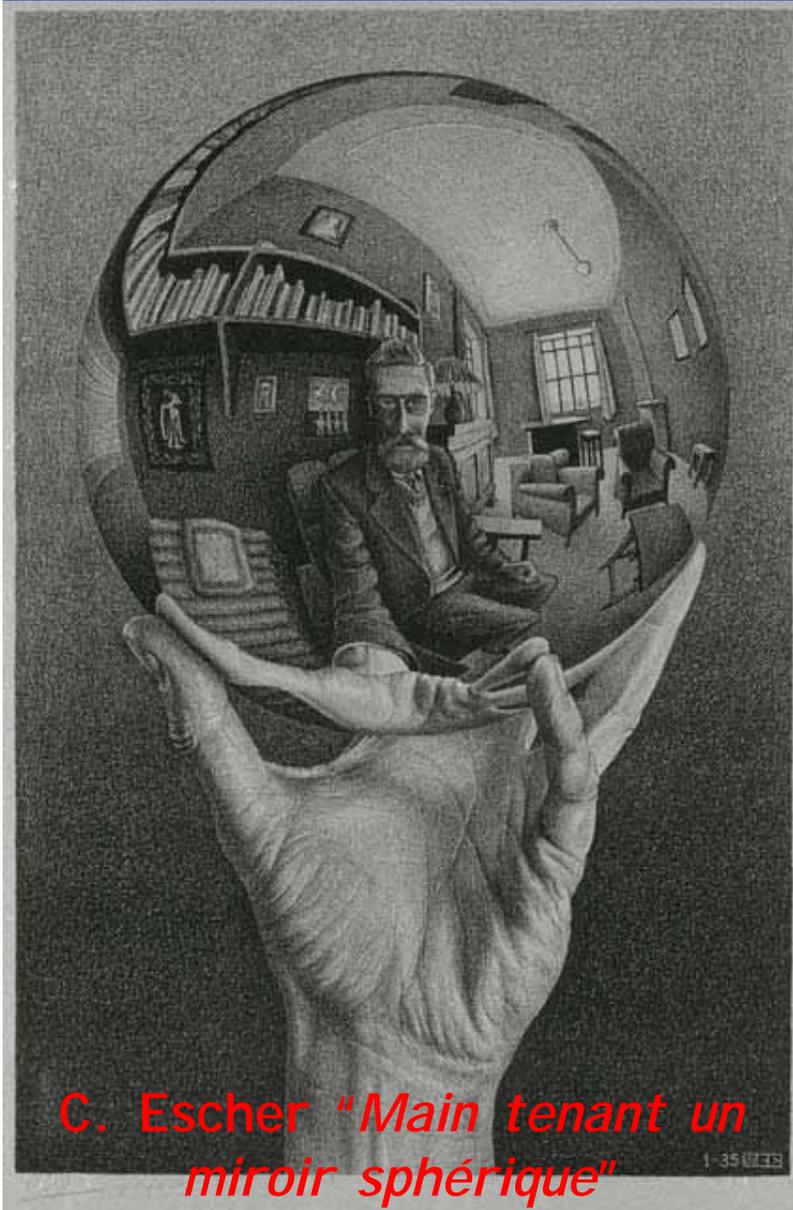


## I CREATORI SIAMO NOI

L'UNIVERSO E' UNA  
CREAZIONE DELLA NOSTRA  
MENTE

**SOLIPSIISMO**

NULLA ESISTE AL  
DI FUORI DELLA  
PROPRIA MENTE



C. Escher "*Main tenant un  
miroir sphérique*"



## AIUTARE IL CASO

IL NOSTRO UNIVERSO REALIZZA UNO STATO TRA GLI  
INFINITI POSSIBILI CHE SI REALIZZANO IN ALTRI  
**UNIVERSI PARALLELI**

CIO' CHE E' ALTAMENTE **IMPROBABILE** DIVIENE **CERTO**



$$P(12) = 1/36$$



$$P(12) \cong 1$$

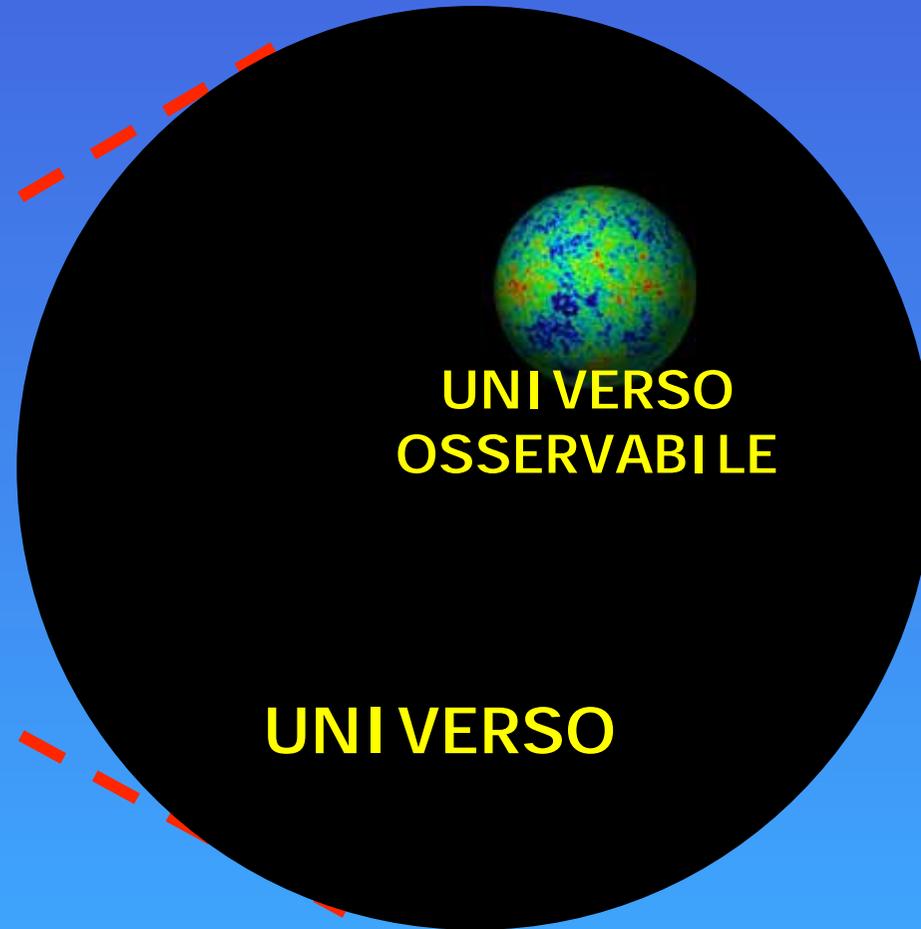


# INFLAZIONE

**MODELLO INFLAZIONARIO: L'UNIVERSO OSSERVABILE  
E' SOLO UNA FRAZIONE DELL'UNIVERSO REALE**

**INFLAZIONE**

**DA  $10^{-36}$  A  $10^{-32}$  s  
AUMENTO DEL  
RAGGIO DI UN  
FATTORE  $10^{30}$**





# INFINITI MONDI?

IN UN UNIVERSO INFINITO O "ABBASTANZA" GRANDE ANCHE LE  
COMBINAZIONI PIU' IMPROBABILI SI REALIZZANO





# MONDI QUANTISTICI

SECONDO L'INTERPRETAZIONE A PIU' MONDI DELLA  
MECCANICA QUANTISTICA OGNI OSSERVAZIONE PRODUCE  
UNO "SPLITTING" E GENERANDO IL MULTIVERSO





# PAESAGGIO ANTROPICO

L. SUSSKIND "*THE COSMIC LANDSCAPE*" LA TEORIA DELLE STRINGHE PREVEDE L'ESISTENZA DI UN INSIEME INFINITO DI UNIVERSI (IL "*PAESAGGIO DELLA TEORIA DELLE STRINGHE*") TRA I QUALI QUELLI ABITABILI COSTITUIREBBERO IL "*PAESAGGIO ANTROPICO*"



# GLI UNIVERSI DI DARWIN

**L. SMOLIN "SELEZIONE COSMOLOGICA NATURALE": GLI UNIVERSI SI PRODUCONO DA BUCHI NERI PROVENIENTI DA ALTRI UNIVERSI**

**AD OGNI PASSAGGIO SONO FAVORITI QUEGLI UNIVERSI NEI QUALI E' POSSIBILE LA FORMAZIONE DEI BUCHI NERI**

**TRA GLI UNIVERSI CHE SUPERANO LA SELEZIONE NATURALE VI SONO QUELLI CHE SVILUPPANO FORME DI VITA**



## VALUTARE LAMBDA

1987 S. WEINBERG PROPONE CHE LA COSTANTE COSMOLOGICA  $\Lambda$  POSSA ESSERE RICAVATA A PARTIRE DAL PRINCIPIO ANTROPICO

TEORIA DEI CAMPI

$$\Lambda \sim 10^{120}$$

PRINCIPIO ANTROPICO

$$\Lambda \sim 0$$



## UNA TEORIA SCIENTIFICA?

**IL PRINCIPIO ANTROPICO E' UNA TEORIA  
SCIENTIFICA?**

**E' IN GRADO DI FARE PREVISIONI FALSIFICABILI?**

**FILOSOFIA**

**RELIGIONE**

**PRINCIPIO  
ANTROPICO**

**SCIENZA**



## ESSERE CURIOSI

***"VOGLIO CONOSCERE COME DIO HA CREATO QUESTO MONDO. NON SONO INTERESSATO A QUESTO O QUEL FENOMENO, NELLO SPETTRO DI QUESTO O QUELL'ELEMENTO. VOGLIO CONOSCERE I SUOI PENSIERI ; IL RESTO È UN DETTAGLIO" A. Einstein***

***GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE!!!***

***DOMANDE?***