Università della Terza Età "Cardinale Giovanni Colombo" – Milano

A. A. 2022 - 2023

Corso di Astrofisica

Docente:
Adriano Gaspani

Universi paralleli e comunicanti?

Oggi come 10.000 anni fa, l'uomo si pone domande sull'universo che lo circonda.

- Come si è formato?
- Qual è la sua struttura?
- Di che cosa è fatto?

La cosmologia

- La scienza che cerca di dare risposte alle domande che da sempre si pone l'uomo è la **COSMOLOGIA.**
- Essa studia :
  la composizione chimica,
  l'origine,
  l'evoluzione dell'Universo.

Un po' di storia

- Nella storia del pensiero scientifico occidentale **la cosmologia** ha avuto un ruolo importante e legato alla filosofia e alla religione (Aristotele, Tolomeo, la Bibbia). "Teoria geocentrica"
- Con Copernico, Galileo e Keplero si passa dal geocentrismo all'eliocentrismo "Teoria eliocentrica".
- Sempre, però, si tratta di teorie che considerano un Universo assai limitato e che comprendeva, al più, il nostro Sistema Solare.

Le competenze

- Una volta il problema era di competenza dei filosofi (Aristotele, Galileo, Kant).
- Oggi rispondere a queste domande è privilegio degli astronomi.
- Questi con gli osservatori più potenti ed i rivelatori più sensibili sondano le profondità del cielo.

Gli Strumenti

- Telescopi ottici;
- Radiotelescopi;
- Interferometri;
- Telescopi Spaziali.

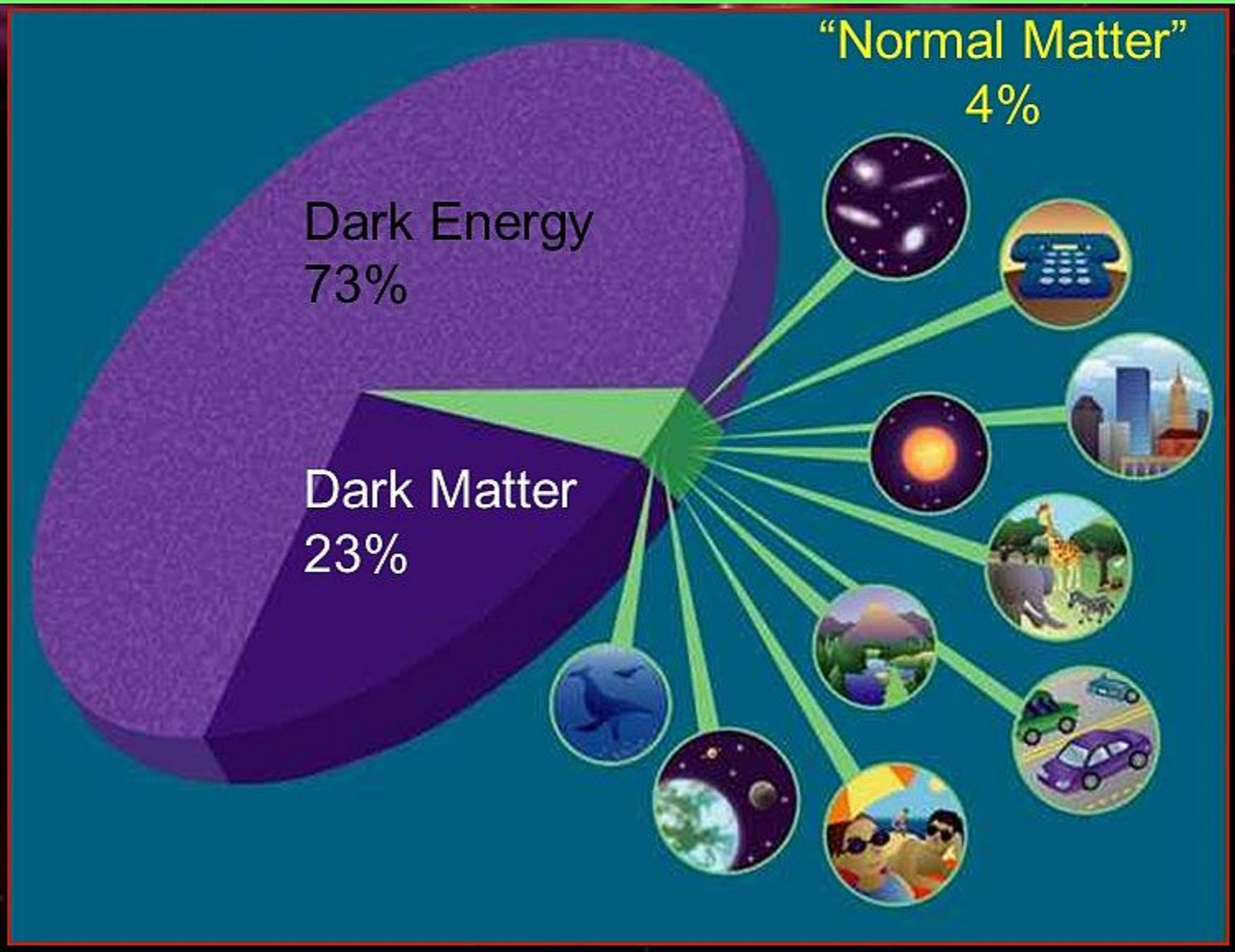
OGGI

- Oggi noi sappiamo che la Terra fa parte di un sistema planetario che a sua volta è parte della Via Lattea che è la nostra Galassia e che non è altro che una delle moltissime galassie dell'Universo.
- Fu l'astronomo **Edwin Hubble** che, soltanto negli anni '20, scoprì che alcune stelle facevano parte di altre galassie lontanissime dalla nostra.

Di cosa è fatto l'Universo?

- L'elemento chimico più abbondante dell'Universo è L'idrogeno.
- L'H insieme agli altri elementi (He, Li, C, etc.) si trovano in uno stato di "Plasma".
- questo materiale si trova organizzato in strutture via via sempre più complesse:
- Soprattutto stelle, costellazioni, Galassie.

Materia ed energia

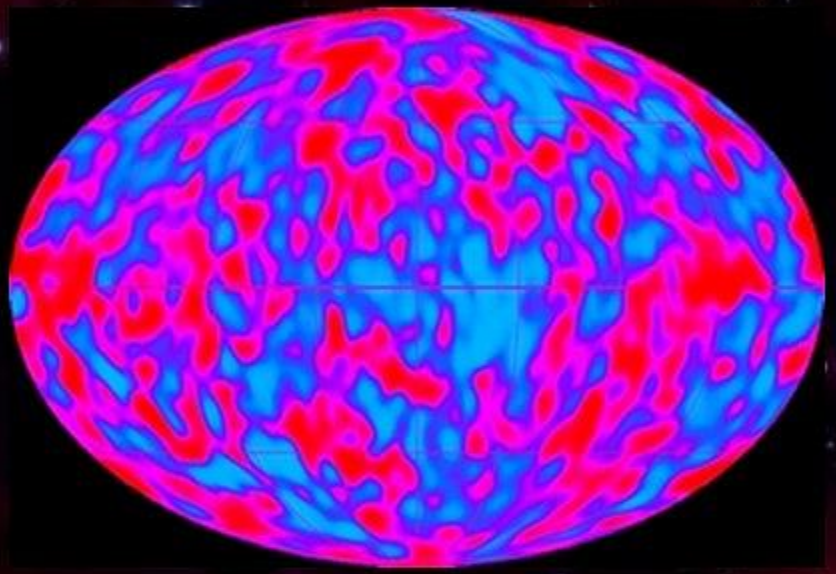


Come si è formato l'Universo?

- Il primo a proporre lo scenario dell'esplosione fu l'abate **Lemaitre** nel '27,
- **Hubble**, nel '29, scoprì, analizzando la radiazione emessa dalle galassie (red shift), che esse si stavano allontanando reciprocamente,
- Negli anni '40 il fisico **Gamow** ipotizzò che gli atomi più leggeri si siano formati nei primi istanti di vita dell'Universo,
- Nel '65 la scoperta della radiazione di fondo cosmica.

La radiazione di fondo

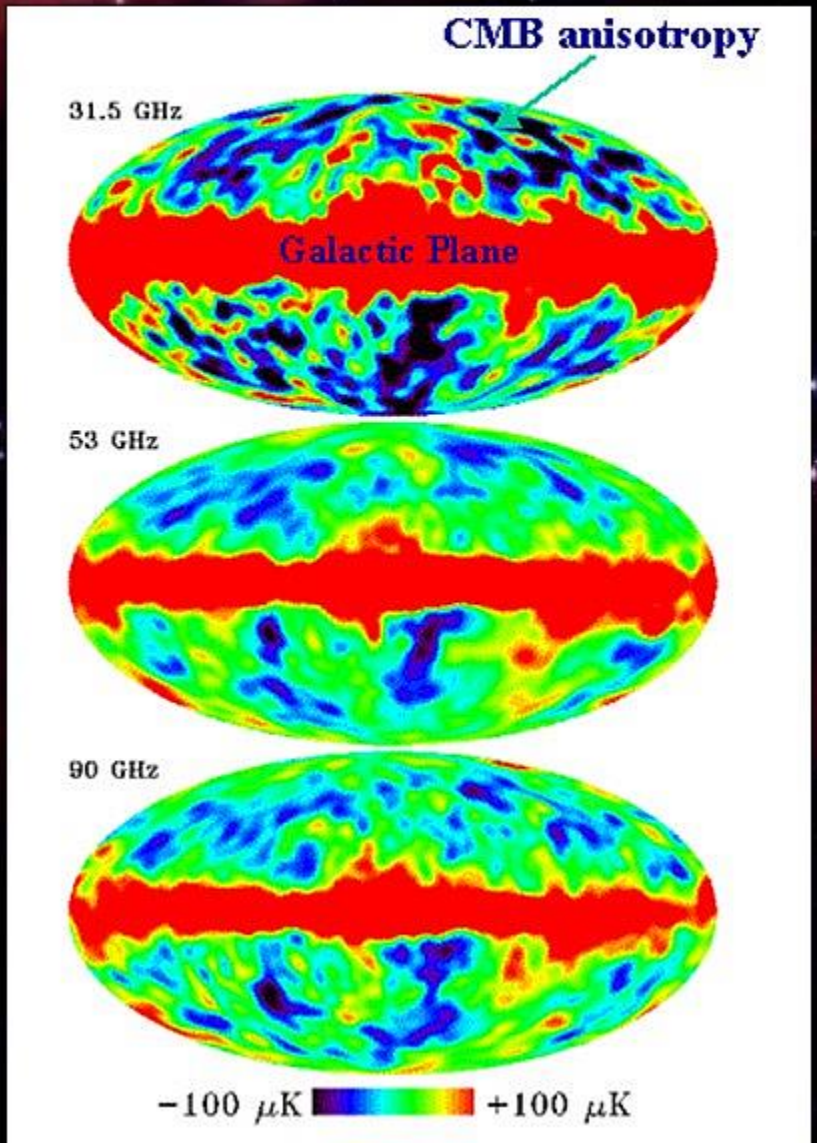
La scoperta del 1964 delle emissioni di fondo dell'universo fu una grande vittoria per i sostenitori della teoria del Big Bang.

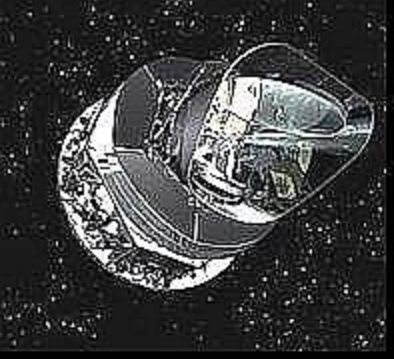


Mappa della radiazione di fondo cosmico a microonde osservata dal satellite COBE

L'universo raffreddatosi dopo il Big Bang conserva traccia dell'esplosione

Una radiazione elettromagnetica omogenea ed isotropa a 3 ^{0}K che permea l'intero universo





Plank
2018

CMB flux (Cosmic Microwaves Background)
anisotropia termica

La teoria evolutiva del "Big Bang",

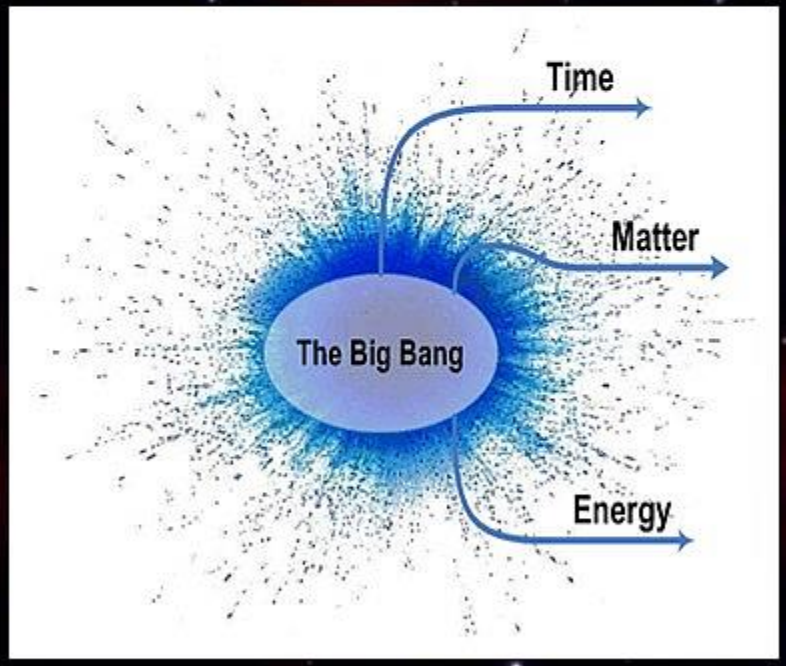
- La constatazione che l'Universo si espande ha condotto alla teoria evolutiva del "Big Bang", cioè di un'enorme esplosione iniziale, per spiegare la sua nascita.
- La teoria del "Big Bang" è oggi la più accreditata perché ci consente di spiegare numerose osservazioni e, anche se presenta qualche problema ancora non risolto, non ha alternative valide.

Il "Tempo di Planck"

- Secondo gli astrofisici l'Universo non cominciò all'istante "Zero", ma ad un istante detto "Tempo di Planck" 10^{-43} secondi dopo il Big Bang.
- Prima tutta la materia e l'energia erano concentrati in una "Singolarità": uno stato estremo dove non esistono i concetti di spazio e tempo.
- Al tempo di Planck l'Universo era caldissimo e piccolissimo.
- Successivamente si formarono i quark dai nacquero protoni e neutroni con le relative antiparticelle

L’universo inflazionario

- Nel 1981 l'americano Alan Guth del Massachusetts Institute of Technology e il giapponese Kazuhiro Sato presentarono, indipendentemente l'uno dall'altro, la teoria dell'"universo inflazionario"



L’universo inflazionario

- Si tratta di una teoria secondo la quale il super-microuniverso si sarebbe espanso, alla nascita, in una maniera vertiginosa:
- in un solo decimo di milionesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo (10^{-34} secondi) avrebbe aumentato il suo volume di dieci miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi di volte (1 con 100 zeri)
- Per spiegare questa improvvisa espansione dell'universo appena nato, i due fisici hanno ipotizzato che il vuoto stesso, cioè la condizione dell'universo prima del Big Bang, fosse un "vuoto ad alta energia".

Da 10^{-23} a 10^{-6} secondi

- l'Universo era delle dimensione di un protone.
- Protoni ed antiprotoni si annichilirono trasformando le loro masse in energia elettromagnetica.
- Successivamente annichilirono anche gli elettroni e gli antielettroni.
- Queste annichilazioni produssero grandi quantità di energia elettromagnetica. ("era radiativa").

Tra 1 secondo e 300.000 anni

- Si formarono i primi nuclei di Deuterio e, successivamente, quelli di Elio e Litio;
- La T. scese sotto i 10 miliardi di gradi;
- Si ebbero le prime reazioni di fusione nucleare;
- Materia ed energia erano molto accoppiate e si trasformavano l'una nell'altra continuamente;
- A 300 000 anni la T. scese ancora, materia ed energia si disaccoppiarono e l'Universo divenne trasparente.

Dopo 100 milioni di anni

- La T. scese sotto i 4000° ;
- Gli elettroni si unirono ai nuclei e la materia divenne neutra (atomi);
- Radiazione e materia interagirono sempre meno.

Nel miliardo di anni successivo

- La materia poté cominciare ad aggregarsi per formare le **protogalassie**;
- Gigantesche nubi di gas freddissimo (-220°C), per collasso gravitazionale, dettero origine alle **galassie**.

Dopo circa 2/3 miliardi di anni

- Le galassie si unirono in ammassi.

Dopo 4 miliardi di anni

- Si formarono le prime Stelle.

15 miliardi di anni

- L'Universo nel frattempo si era espanso e rarefatto;
- La radiazione era diventata molto meno energetica;
- Aveva cominciato ad assumere l'aspetto che oggi conosciamo.

Il Big Bang è solo una teoria?

- Il "Redshift" (spostamento verso il rosso)
- La CMBR (radiazione di fondo cosmico a microonde

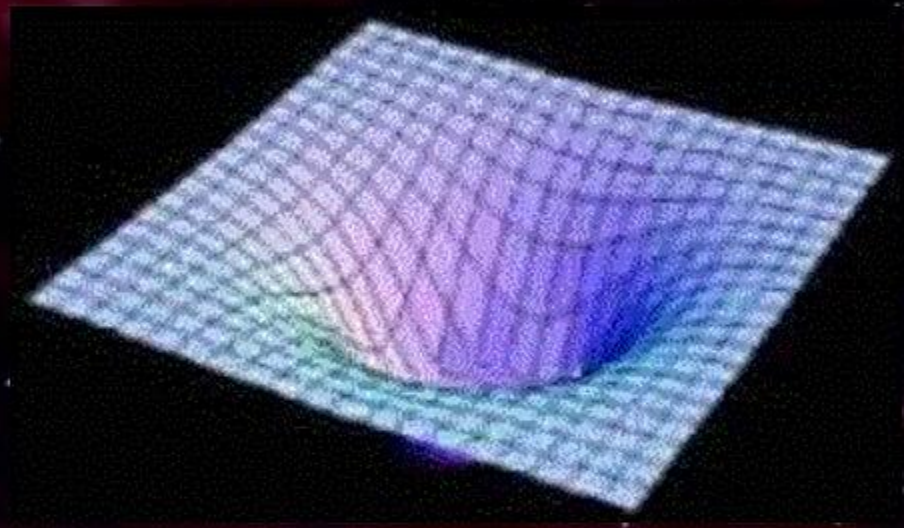
sono le prove che l'Universo si è formato in seguito ad una grande esplosione

Qual è la struttura dell'Universo?

- Molti modelli sono stati proposti, in questi ultimi anni, da autorevoli astrofisici.

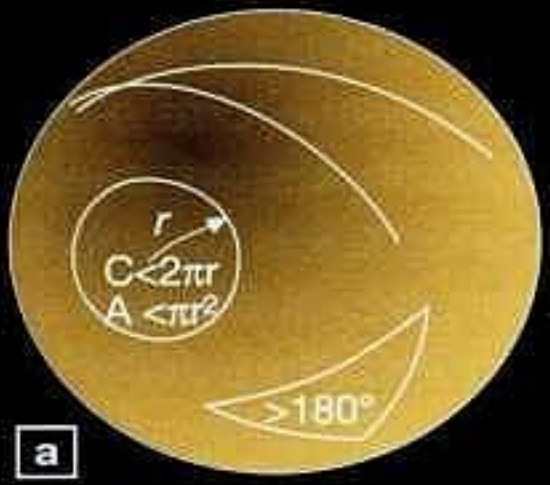
Qual’è la forma dell'Universo ?

- Una delle intuizioni più profonde della Relatività Generale è stata la conclusione che la massa causa la curvatura dello spazio, e i corpi che viaggiano nello spazio curvo vengono deviati nella loro traiettoria come se una forza agisse su di loro.



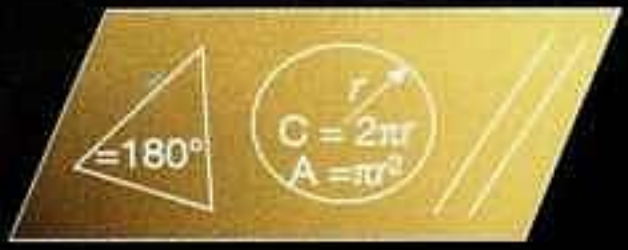
L'Universo è aperto o chiuso?

- Se lo spazio stesso è curvo, ci sono tre possibili geometrie per l'Universo. Ognuna di esse è legata alla quantità totale di massa dell'Universo (e quindi all'intensità totale della forza gravitazionale), e ciascuna implica un diverso passato e un diverso futuro per l'Universo.



a

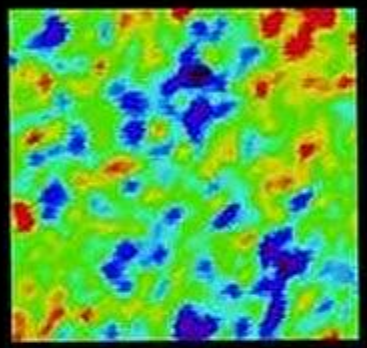
b

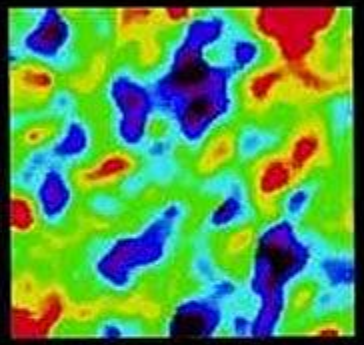


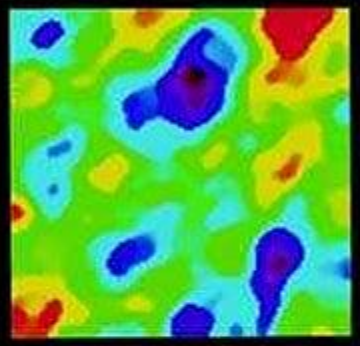
c

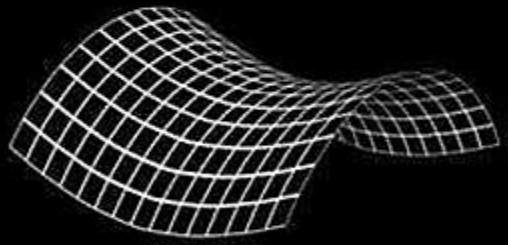
Caratteristiche	chiuso	aperto	piatto
Parametro di densità Ω — densità effettiva / densità critica	$\Omega > 1$	$\Omega < 1$	$\Omega = 1$
Parametro decelerazione q_0 — distanza / (velocità)^2	$q > 1/2$	$q_0 < 1/2$	$q = 1/2$
Futuro dell'universo	Collasso finale	Espansione perpetua	Espansione tendente a zero

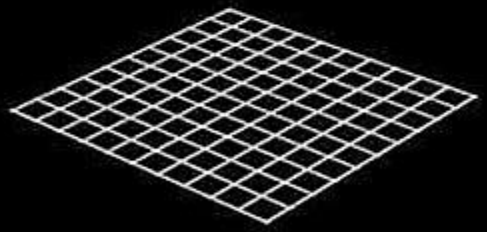
GEOMETRY OF THE UNIVERSE

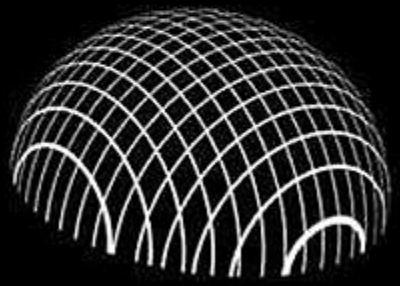












OPEN

Fluctuations largest on half-degree scale

FLAT

Fluctuations largest on 1-degree scale

CLOSED

Fluctuations largest on greater than 1-degree scale

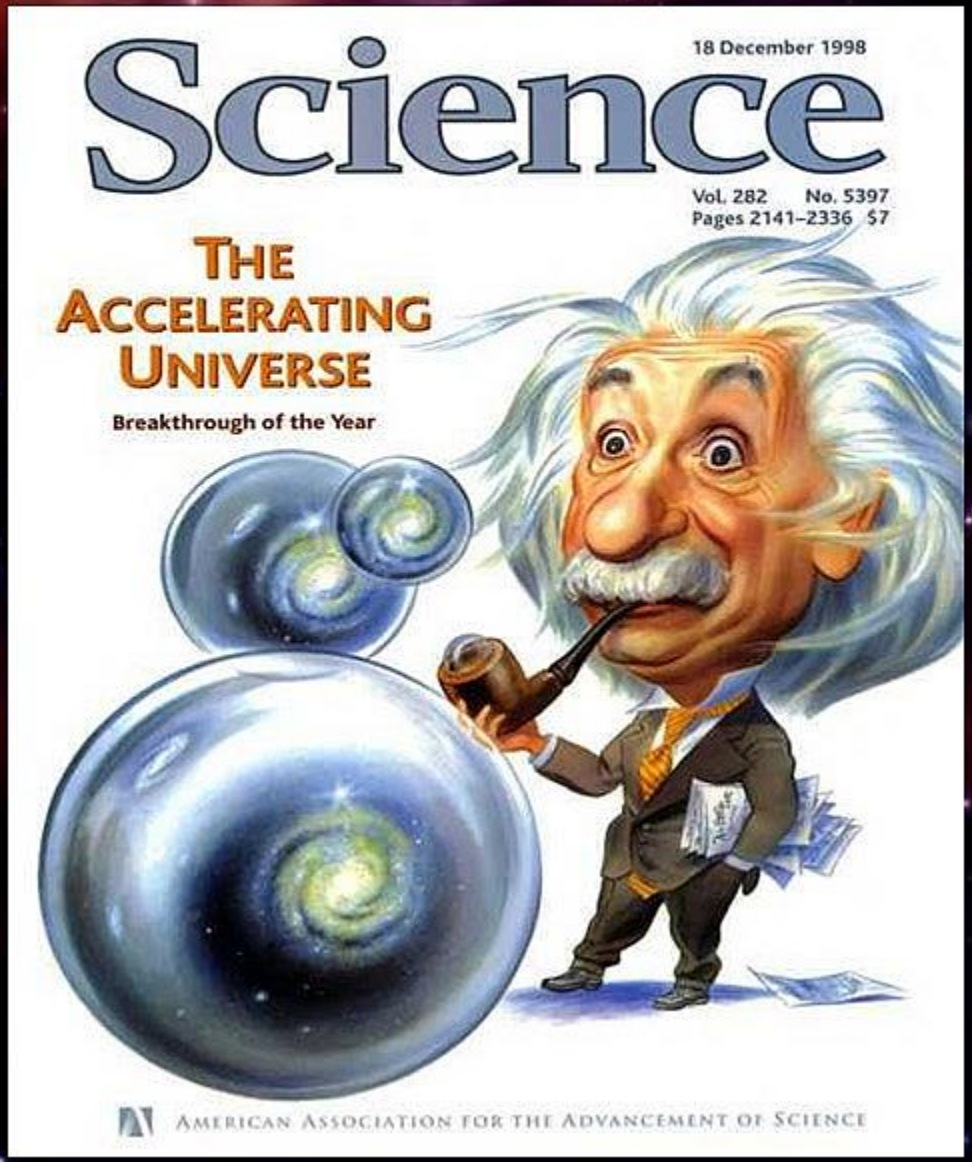
Un Universo frattale ?

- L'osservazione della presenza di strutture di galassie molto estese e di grandi spazi vuoti, ossia di grandi irregolarità nell'Universo a vasta scala, ha portato alcuni astronomi a proporre per l'Universo una struttura frattale,
- I frattali sono strutture molto irregolari: alberi, nuvole, montagne, fulmini.

No!!

L'espansione accelera?

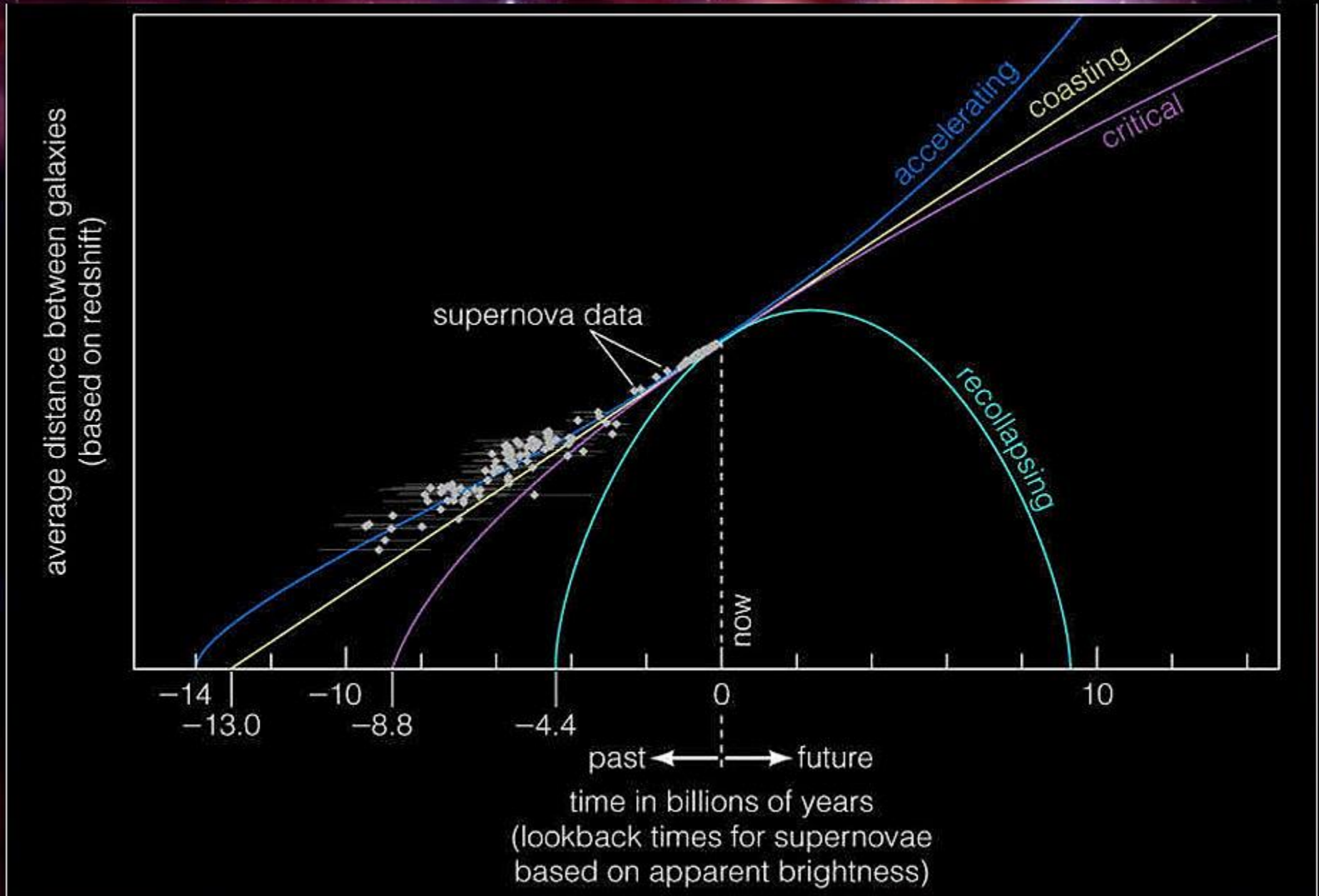
- Gli studi portati avanti indipendentemente da due gruppi distinti, l' "High-z Supernova Search Team" ed il "Supernova Cosmology project" hanno portato ad una scoperta inaspettata.



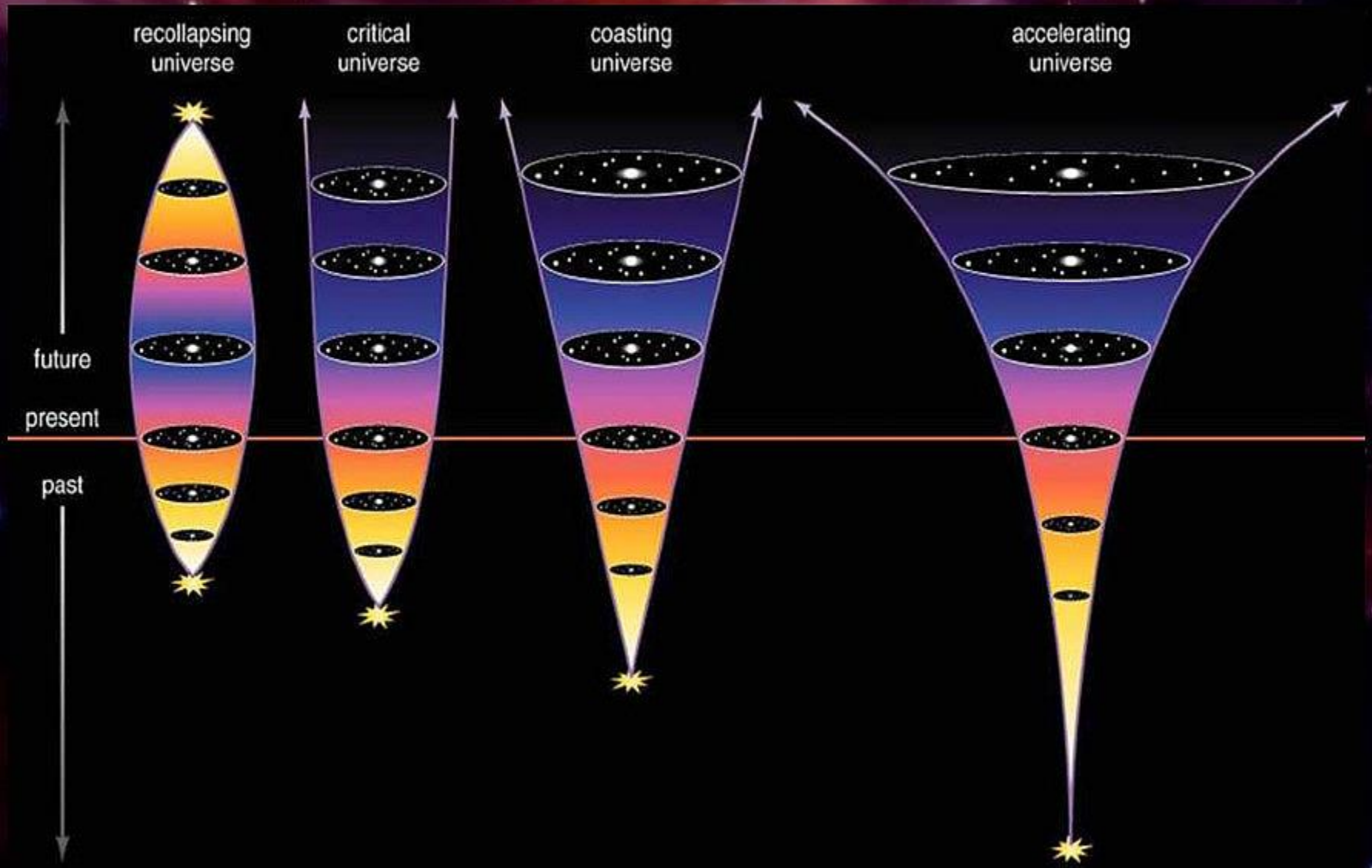
L’espansione accelera?

- Questi due gruppi di scienziati, studiando nella banda radio innumerevoli ammassi galattici e galassie che emettono getti di plasma, nonchè studiando le curve di luce di diverse supernovae vicine, hanno dimostrato che:

l'espansione dell'Universo non sta rallentando, bensì accelerando.


average distance between galaxies
(based on redshift)
accelerating
coasting
critical
supernova data
recollapsing
now
−14
−13.0
−10
−8.8
−4.4
0
10
past
future
time in billions of years
(lookback times for supernovae
based on apparent brightness)

I modelli Cosmologici



La visione attuale

Le recenti osservazioni astronomiche forniscono il seguente quadro dell'universo:

- Piano ed infinito
- In espansione accelerata (71 km/sec per mega parsec)
- Età dell'universo 13,7 miliardi di anni
- Temperatura media del fondo cosmico 2,735 gradi assoluti

La fine dell'universo

1. Recollapsing Universe: l'espansione si ferma e l'universo collassa
2. Critical Universe: non collassa, si espande più lentamente
3. Coasting Universe: si espande all'infinito con velocità costante
4. Accelerating Universe*: l'espansione è sempre più accelerata con il tempo

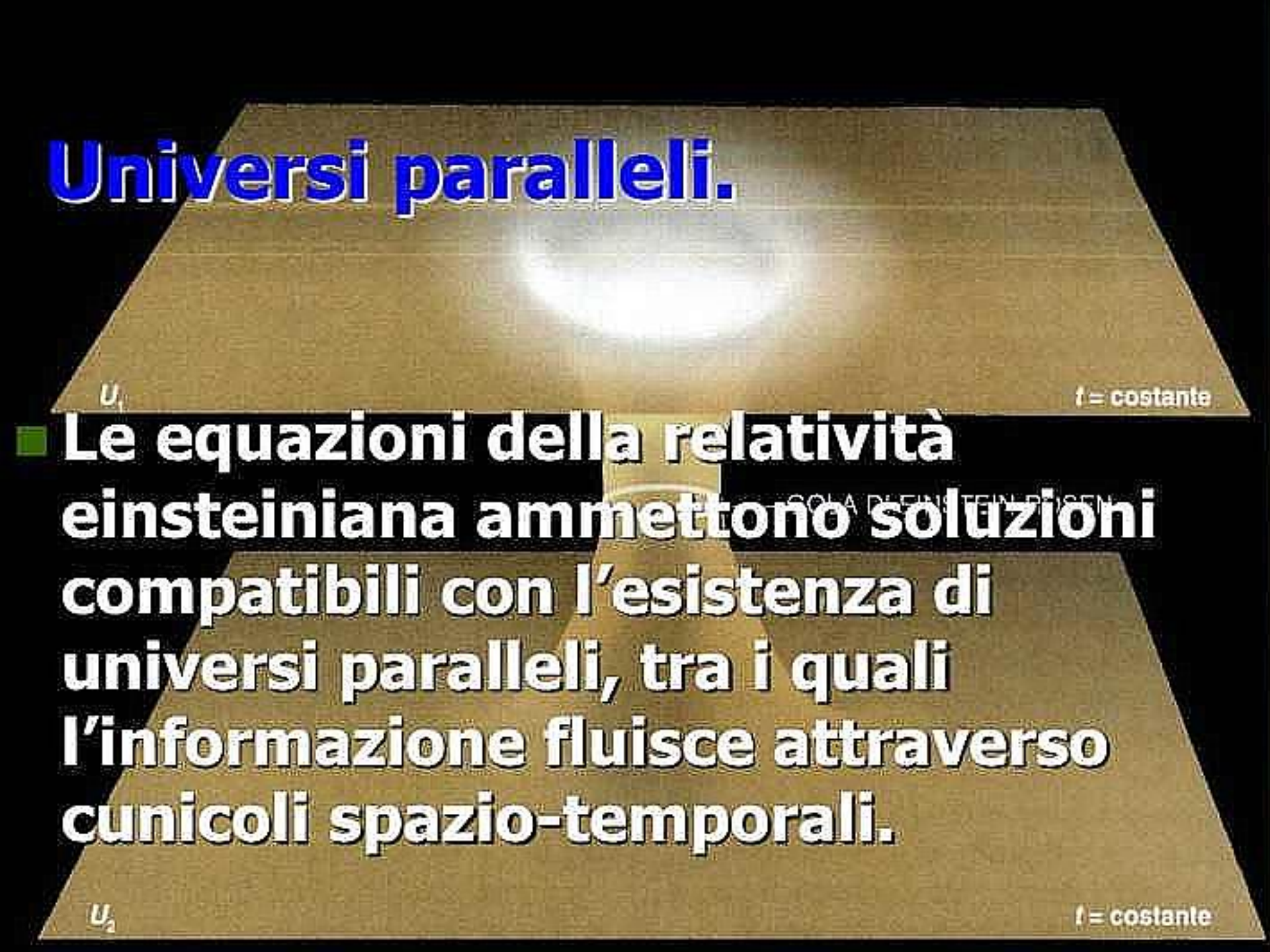
*teoria attualmente più accreditata

La struttura dell'Universo.

- Omogeneo su larghissima scala;
- Non uniforme distribuzione di galassie;
- Queste formano giganteschi fogli o filamenti;
- Gli ammassi sono separati da regioni vuote dette "voids".
- L' Universo è, quindi, una sorta di "spugna".
- Ammassi di G. sono in movimento verso altri enormi ammassi di G dette "attrattori."

Universi paralleli.

- Le equazioni della relatività einsteiniana ammettono soluzioni compatibili con l'esistenza di universi paralleli, tra i quali l'informazione fluisce attraverso cunicoli spazio-temporali.

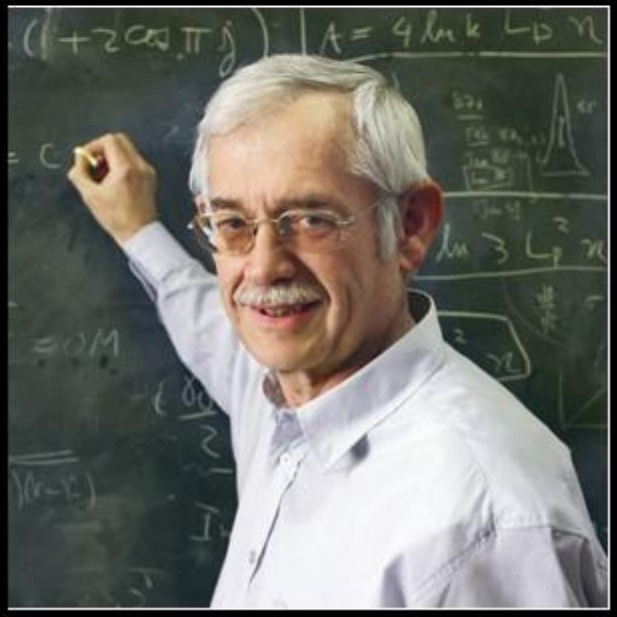


Multiverso

Entropia di Beckenstein

Jacob Beckenstein nel 1973 scoprì che l'entropia di un sistema isolato dipende dall'area A dell'inviluppo che lo racchiude e non dal suo volume

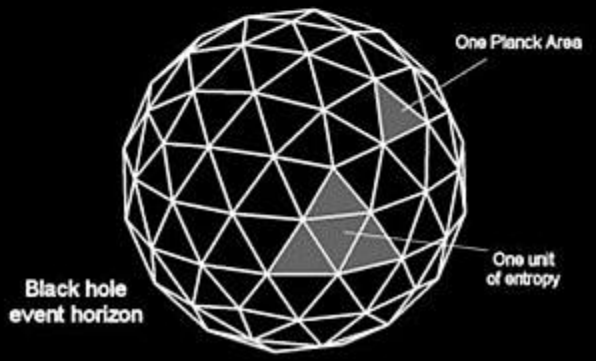
Questo è dovuto alla deformazione relativistica dello Spazio-Tempo (Gravità)



Jacob David Bekenstein (Città del Messico, 1º maggio 1947 – Helsinki, 16 agosto 2015)

L'Entropia di Beckenstein espressa in unità di Plank diventa semplicemente:

$$S_{BH} = \frac{A}{4}$$



Unità di Planck: unità fondamentali

Dimensione	Formula		Valore nel Sistema Internazionale
Lunghezza di Planck	Lunghezza (L)	$l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$	1,616 252(81) × 10^{-35} m
Massa di Planck	Massa (M)	$m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$	2,176 44(11) × 10^{-8} kg
Tempo di Planck	Tempo (T)	$t_p = \frac{l_p}{c} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}$	5,391 24(27) × 10^{-44} s
Temperatura di Planck	Temperatura (Θ)	$T_p = \frac{m_p c^2}{k_B} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G k_B^2}}$	1,416 785(71) × 10^{32} K
Carica di Planck	Carica elettrica (Q)	$q_p = \sqrt{4\pi\varepsilon_0 \hbar c}$	1,875 545 870 × 10^{-18} C

Le tre costanti della fisica sono espresse in questo modo semplicemente, mediante l'uso delle unità fondamentali di Planck:

$$c = \frac{l_P}{t_P}$$

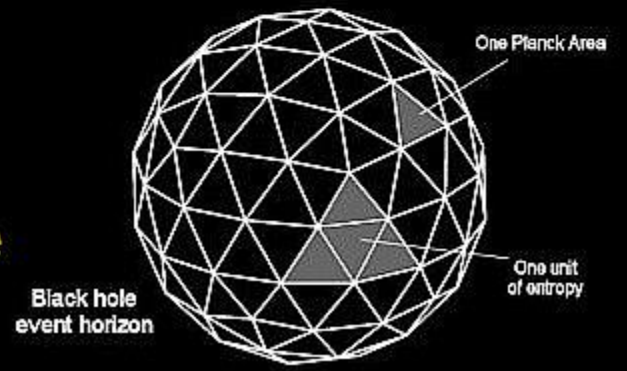
$$\hbar = \frac{m_P l_P^2}{t_P}$$

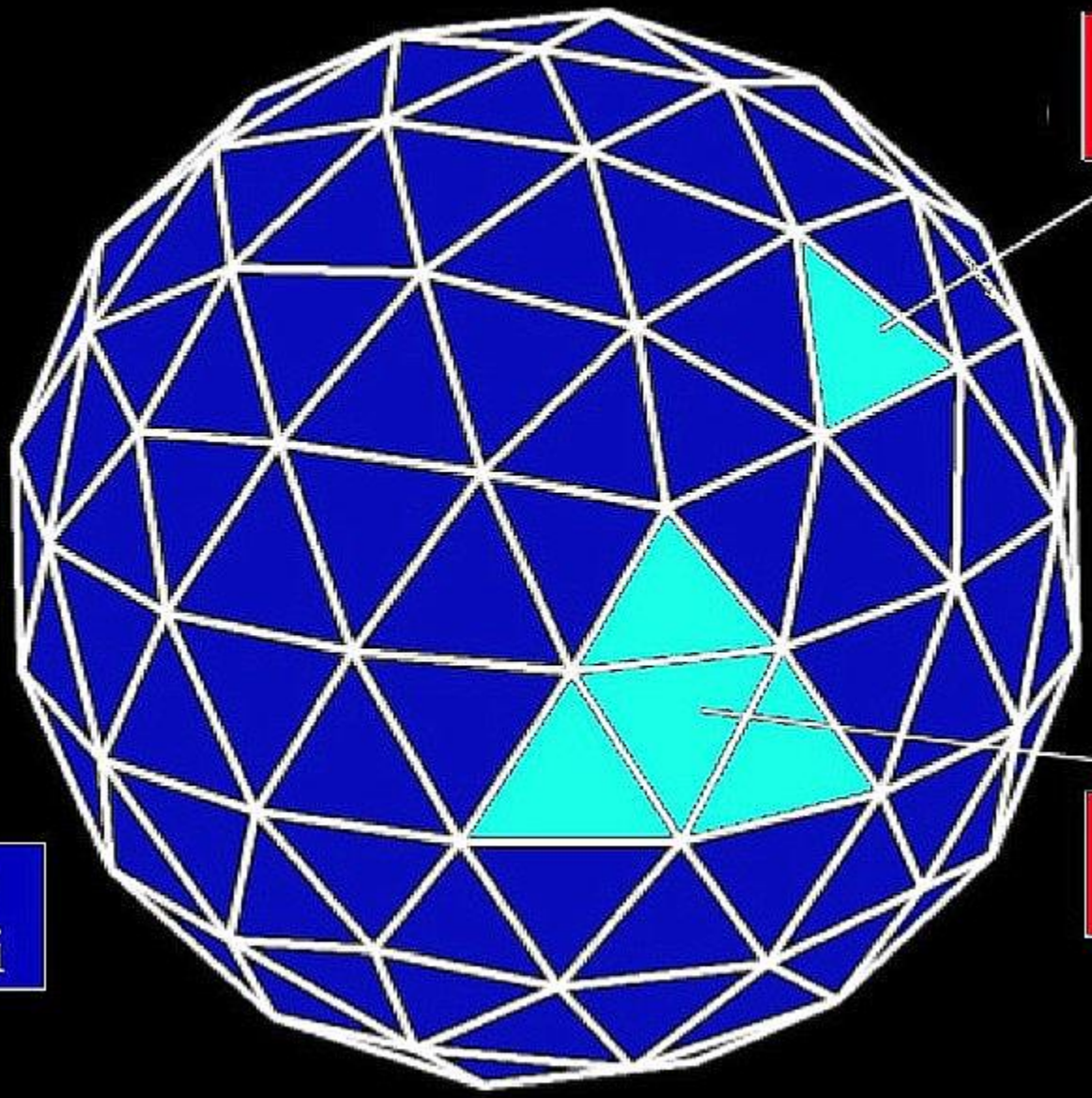
$$G = \frac{l_P^3}{m_P t_P^2}$$

Entropia di Beckenstein - Hawking

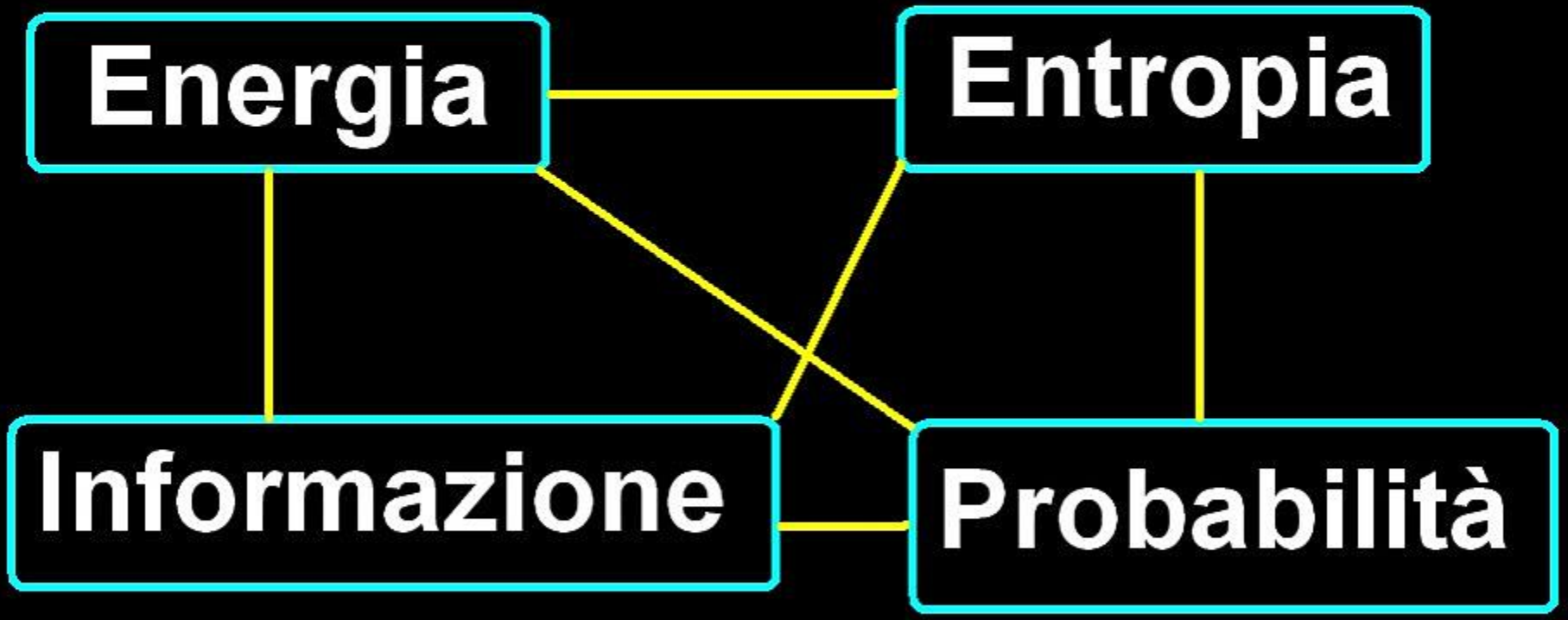
$$S = \frac{\pi A k c^3}{2hG}$$

A = area dell'orizzonte degli eventi
c = velocità della luce nel vuoto
h = costante di Planck (non ridotta)
G = costante di Gravitazione Universale
k = costante di Boltzmann




Una unità
di Planck
Una unità
di entropia
Orizzonte
degli eventi

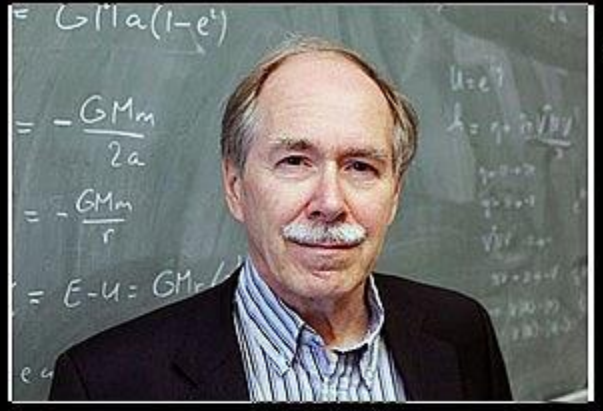
Corrispondenze



L'Entropia descrive l'Informazione contenuta in un sistema:

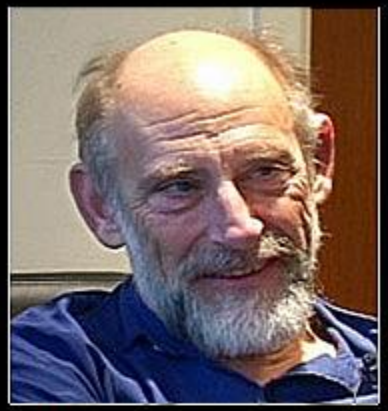
$$I_{BH} = e^{\frac{S_{BH}}{k}}$$

I_{BH} = informazione
S_{BH} = Entropia
k = costante di Boltzmann



Gerardus (Gerard) 't Hooft

Leonard Susskind



Nel 1993 Gerard 't Hooft e Leonard Susskind proposero il

"Principio Olografico"

secondo il quale tutta l'informazione presente nell'Universo è immagazzinata nell'inviluppo che lo racchiude (orizzonte cosmologico)

Il Principio Olografico

"L'informazione totalmente contenuta nell'Universo osservabile è un numero finito ed è data dalla superficie cosmologica divisa per la costante di Planck"

$$A(t) = 4 \cdot \pi \cdot R(t)^2$$

$$I = 10^{122} \text{ bits}$$

valore massimo

$\dot{R} \Rightarrow c$

Universo $\Rightarrow$ BH

R(t) = 13,7 Miliardi di anni luce

Lloyd (2002) cercò di ripondere alla seguente domanda:

"Quanta informazione è stata elabrata dall'Universo dalla sua formazione (Big Bang) fino ad ora?"

Età attuale dell'Universo: 13,7 Miliardi di anni

E' possibile applicare la definizione di Entropia di Beckenstein - Hawking all'intero Universo.

Essa sarà proporzionale all'area del suo inviluppo (orizzonte cosmologico) al tempo t

Siccome l'età dell'Universo è finita (13,7 miliardi di anni), l'informazione elaborata fino ad ora non può essere infinita.

Questo è dovuto alle limitazioni imposte dalla Meccanica Quantistica, dalle leggi della Termodinamica e dal fatto che la velocità della luce è finita (c=300000 km/sec).

Il risultato è:

$$I \leqslant 10^{122} \text{ bits}$$

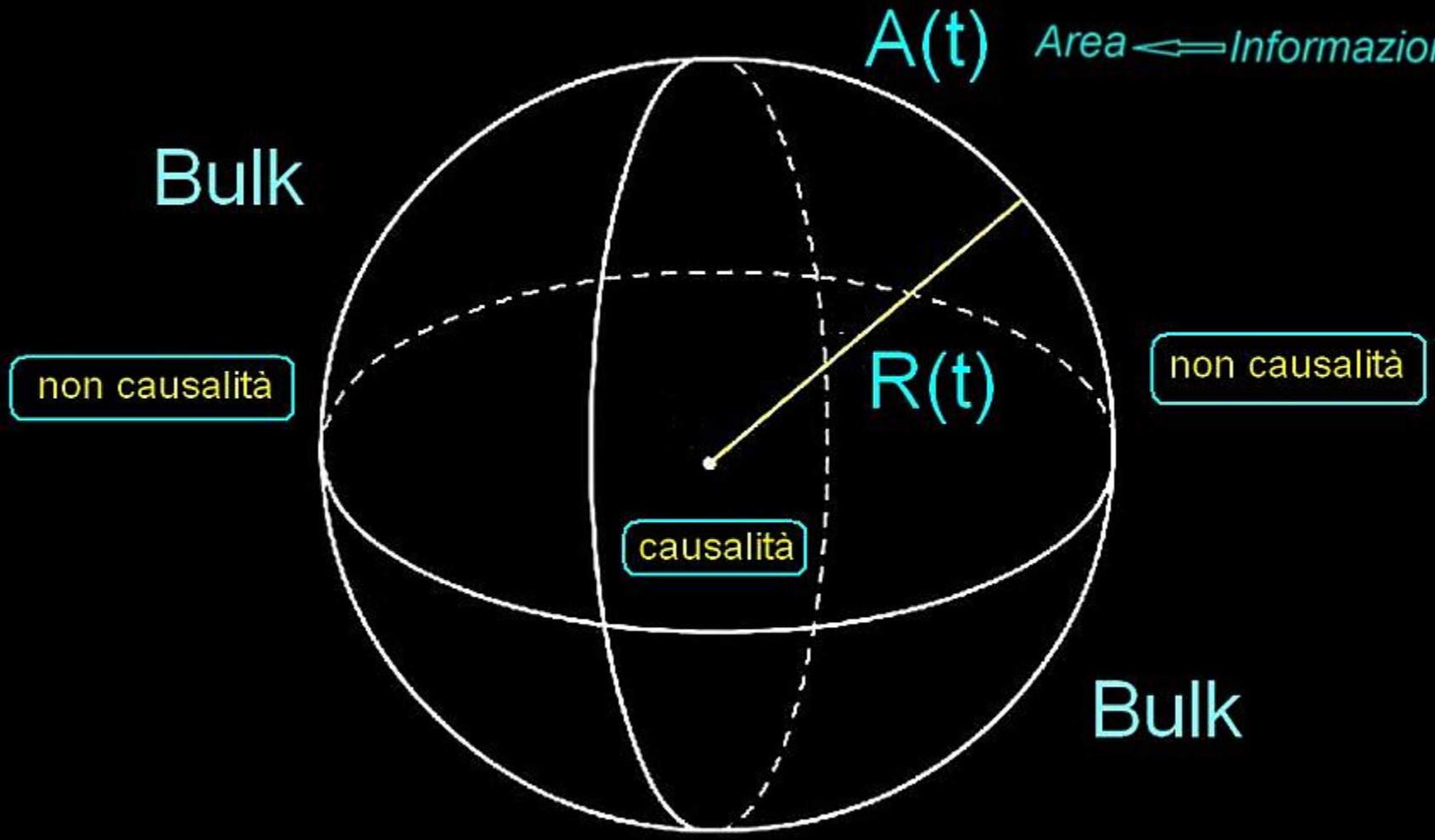
Il fatto che la velocità della luce sia finita (c=300000 km/sec) crea un orizzonte cosmologico al tempo t di età dell'Universo.

Il suo raggio è R = t anni luce

Si crea una superficie che racchiude un volume di spazio a cui abbiamo accesso in maniera causale.

Universo Visibile

Universo (k=1)



R(t) = 13,7 miliardi di AL

In passato, l'Informazione era minore in quanto l'Universo è in espansione.

In futuro sarà maggiore fino a raggiungere un valore limite massimo quando la velocità di espansione sarà uguale alla velocità della luce

Nell'Universo primordiale l'Informazione variava proporzionalmente a t^2

L'Energia del Vuoto

La densità di energia *p* contenuta nello "spazio vuoto" dovuta alle fluttuazioni quantistiche è:

$$p = \frac{I_{\infty} \cdot \hbar \cdot c}{R^4} = 10^9 \ Joule/m^3$$

I_{∞} = *Quantità di informazione contenuta nell'Universo*

$\hbar$ = *Costante di Plank ridotta*

c = *Velocità della Luce (c=300.000 Km/sec)*

R = *Raggio dell'Universo (R=13.7 miliardi di Anni Luce*

Densità dell'Energia Oscura

Conseguenze

1) L'energia oscura responsabile dell'espansione dell'Universo può essere trattata come energia ordinaria.

2) Se il contenuto di informazione I(t) è finito e limitato allora le leggi fisiche che descrivono l'Universo non possono essere sempre le stesse, nel tempo.

Le costanti potrebbero variare lentamente nel tempo

Le costanti fondamentali della Fisica

- Le costanti che regolano la “forza” delle interazioni forti e debole. Piccolissime variazioni renderebbero impossibile costruire gli atomi e degli elementi chimici.

- Stessa cosa per altre costanti fondamentali della fisica, la carica elettrica elementare, la costante di Planck, la velocità della luce, ecc. Piccole variazioni e non solo avremmo un universo estremamente diverso, ma non avremmo in alcun modo le condizioni per avere vita intelligente.

...sono "*numeri magici*" fissi che regolano la descrizione fisica dei fenomeni dell'Universo

Le costanti fondamentali della Fisica

Archimedes' constant		π	3.14159265358979323 85...
natural logarithmic base		e	2.718281828...
golden ratio		Φ	1.618033989...
Ramanujan-Soldner constant	μ	1.4513692349...	
speed of light in a vacuum		c	$2.99792458 \times 10^{8}\ \mathrm{ms}^{-1}$
gravitational constant		G	$6.67259... \times 10^{-11}\ \mathrm{m}^{3}\ \mathrm{s}^{-2}\ \mathrm{kg}$
universal gas constant		R	$8.314510...\ \mathrm{Jmol}^{-1}\ \mathrm{K}$
Avogadro constant	N_A	$6.0221367... \times 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$	
Boltzmann constant	k	$1.380658... \times 10^{-23}\ \mathrm{JK}^{-1}$	
Stefan-Boltzmann constant		σ	$5.67051... \times 10^{-8}\ \mathrm{Wm}^{-2}\ \mathrm{K}^{4}$
molar volume of ideal gas at STP		V_m	$2.241409... \times 10^{-2}\ \mathrm{m}^{3}\ \mathrm{mol}^{-1}$
permittivity constant	ε_0	$8.85418781762 \times 10^{-12}\ \mathrm{Fm}^{-1}$	
permeability constant		μ_0	$1.25663706143 \times 10^{-6}\ \mathrm{Hm}^{-1}$
elementary charge	e	$1.60217733... \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$	
Plank constant		h	$6.6260755... \times 10^{-34}\ \mathrm{Js}$
electron mass		m_e	$9.1093897... \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$
proton mass		m_p	$1.6726231... \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$

...e molte altre...

La Costante di Struttura Fine

La Costante di Struttura Fine ha una grande importanza nella teoria filosofico-scientifica del principio antropico; difatti questo parametro adimensionale ha una influenza fondamentale sull'Universo.

$$\alpha_e = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar c} = \frac{1}{137{,}035\,999\,084}$$

La costante di struttura fine è la costante di accoppiamento dell'interazione elettromagnetica, di cui esprime l'intensità relativamente alla carica elementare.

Se il suo valore fosse diverso anche di poco (circa il 10-20%) dal valore noto, l'Universo sarebbe diverso da come lo vediamo, e le leggi fisiche non sarebbero come le conosciamo.

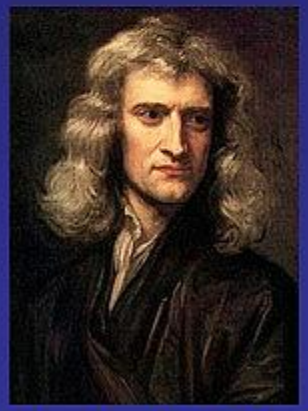
Per esempio i rapporti tra le forze attrattive e repulsive tra le particelle elementari sarebbero diversi, con conseguenze sulla costituzione della materia e l'attività delle stelle.

In un universo con una costante di Struttura Fine differente noi stessi potremmo non esistere.

...a proposito della Forza di Gravità

e del numero di dimensioni dell'Universo

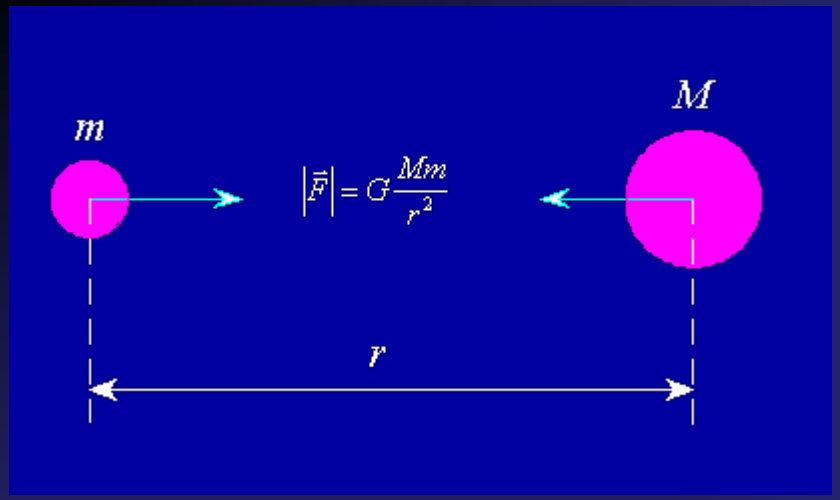
- I fenomeni gravitazionali sono guidati nella loro intensità da alcuni parametri, ad esempio la costante di gravitazionale universale.
- Se la gravità fosse più o meno intensa (una parte su 10^{40}) avremmo estremi in cui l'universo si chiuderebbe in un tempo ridottissimo (nessuna evoluzione) o le stelle non si formerebbero neppure (nessuna fonte di energia).



Isaac Newton (1642 – 1727)

$$F_G = G_0 \frac{M\,m}{r^2}$$

se l'Universo ha 3 dimensioni...



...in 3 dimensioni

In un Universo a D dimensioni:

$$F_G = G_0 \frac{M\,m}{r^{D-1}}$$

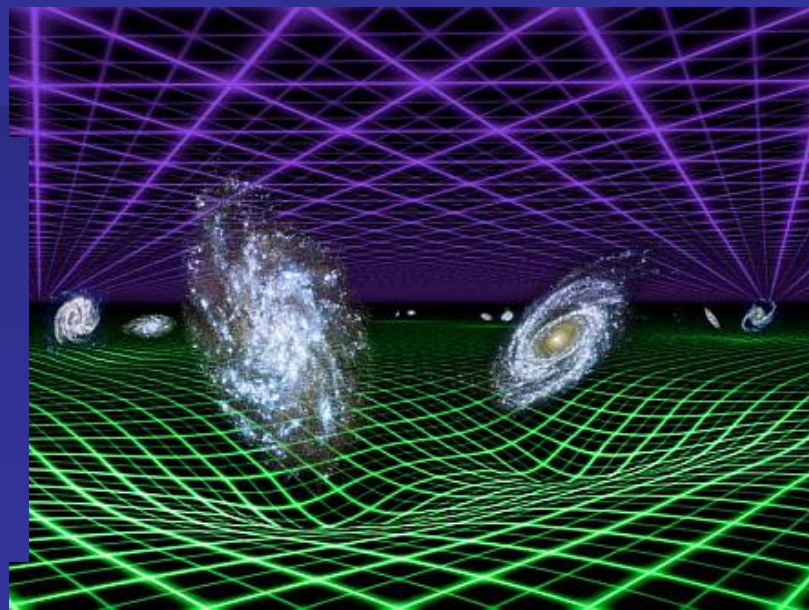
D = numero di dimensioni dell'Universo

se D=3 allora la proporzionalità è $1/r^2$

Per un numero di dimensioni maggiore di 3 l'Universo diventa sfavorevole allo sviluppo della vita.

Se D>3 la gravità diminuisce troppo rapidamente, la curvatura dello Spazio-Tempo è minore, le stelle non possono più rimanere in equilibrio e non possono più esistere orbite planetarie stabili su lunghi periodi.

Se fosse D=2 ?
Teoria dell'Universo Olografico

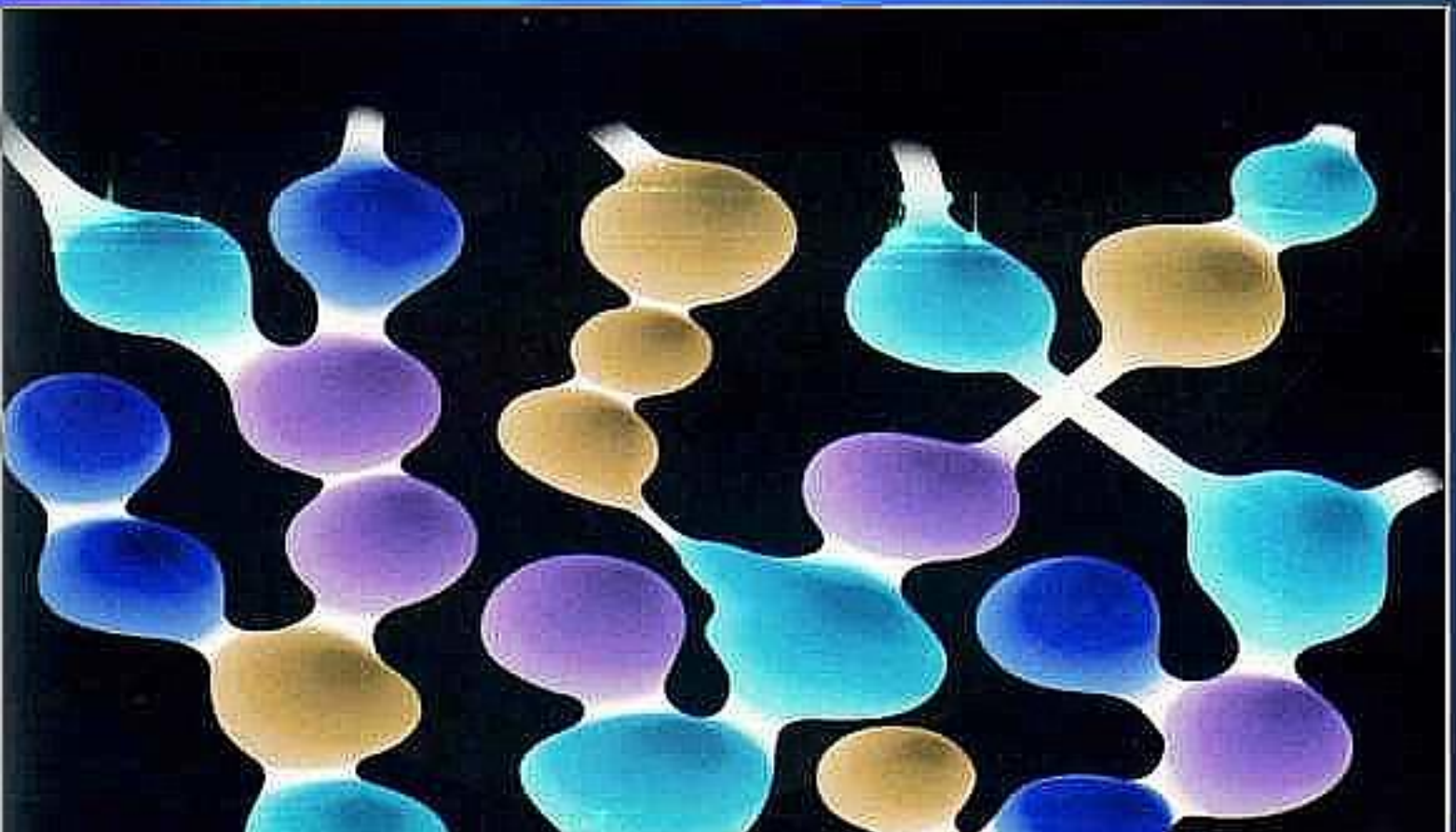


Ma non è detto che sia così per ogni Universo...

Universi a bolle

- Alcuni scienziati ritengono che sia plausibile pensare che il nostro universo sia solo uno dei tanti creatisi come Nel nostro U. le condizioni si sono rivelate favorevoli alla vita.

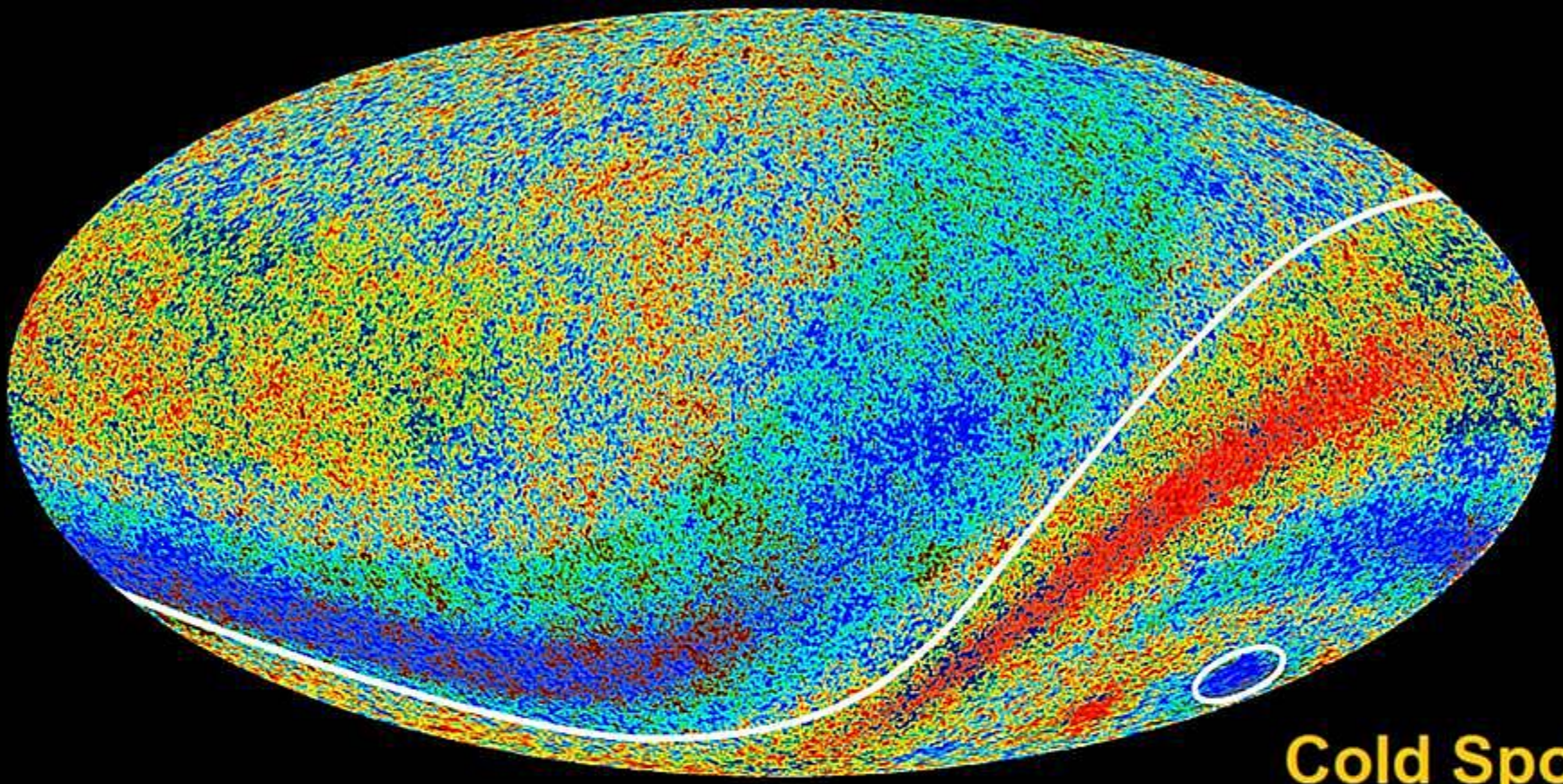
Un Universo a bolle capace di autoriprodursi



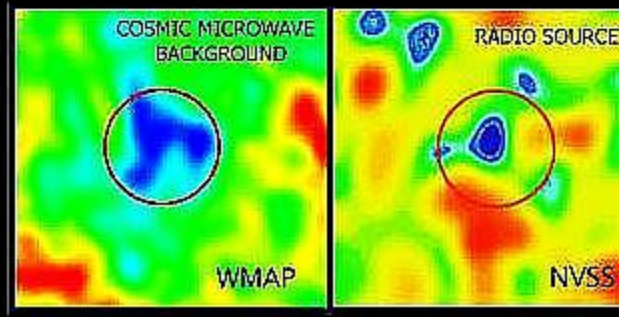
Potrebbe esistere un universo madre del nostro?

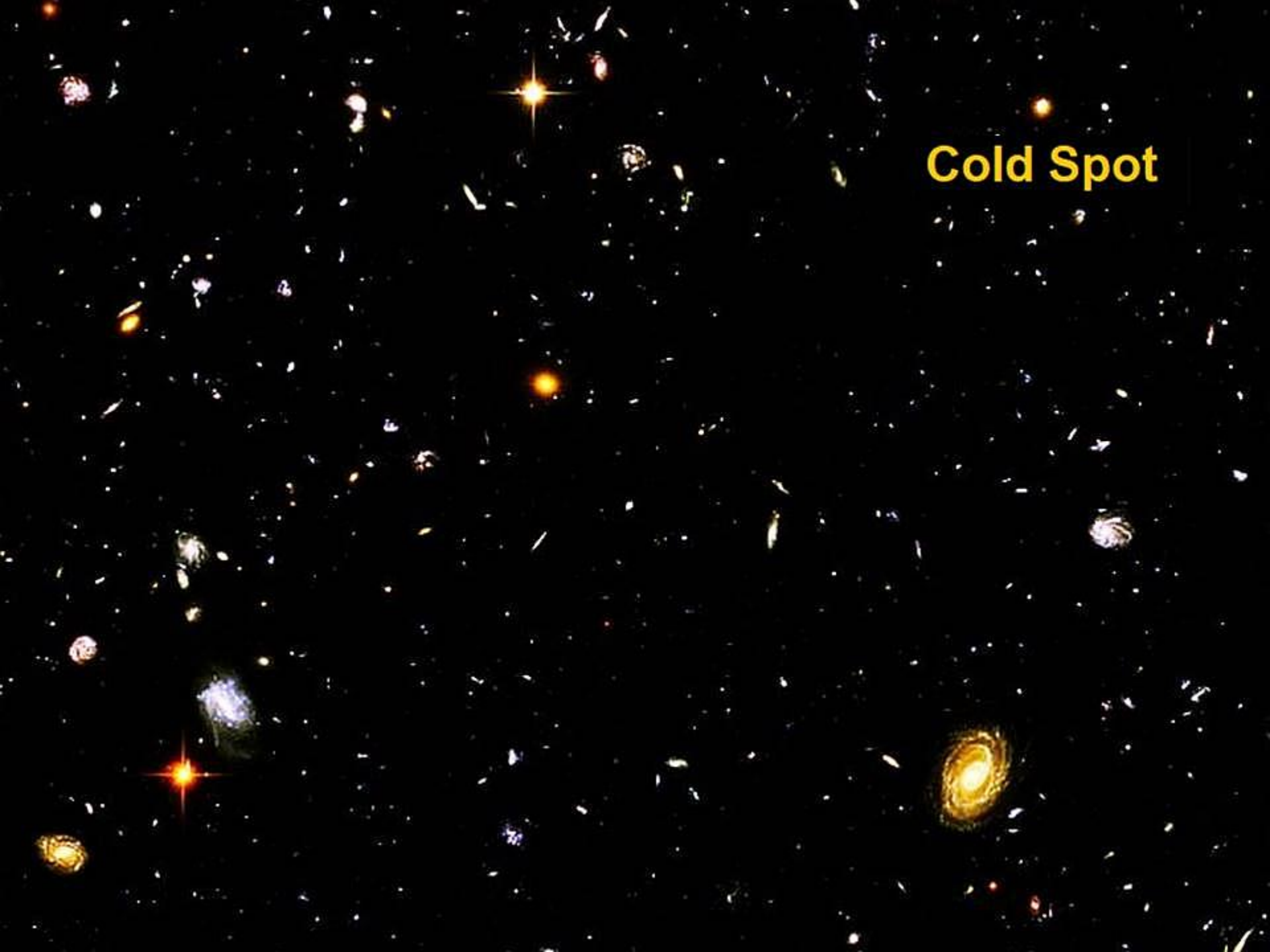
Pare proprio di si…

CMB flux (Cosmic Microwaves Background)



Cold Spot




Cold Spot

L'Universo non è stato fatto apposta per noi...

Noi semplicemente viviamo in un Universo, tra i tantissimi che esistono, dove i parametri (le costanti fisiche) sono tali da favorire lo sviluppo della vita intelligente e duratura.

La combinazione favorevole dei parametri si è generata casualmente...

Un Universo con costanti fisiche diverse dalle nostre e quindi leggi della Fisica differenti...

Ecco, appunto...
Le leggi della Fisica...

Concezione delle leggi della Fisica

Concezione Platonica

"Le Leggi della Fisica sono perfette forme matematiche idealizzate, che realmente esistono, ma sono confinate in un dominio astratto che trascende l'Universo fisico"

...allora le leggi della Fisica esistono indipendentemente dall'esistenza dell'Universo, quindi le possiamo usare per studiare altri universi...

Le leggi della Fisica descrivono l'Universo, ma l'Universo non condizione le leggi della Fisica

Conseguenza del principio olografico

Le leggi della Fisica possono spiegare la Natura fino ad un livello massimo di informazione (10^{122} bits) cioè la massima informazione possibile contenuta nell'Universo.

Universo Olografico

Informazione ⇨ Leggi Fisiche ⇨ Materia

Le leggi della Fisica descrivono il limitato contenuto di informazione insita nei fenomeni fisici.

Il mistero di Wigner (1960):

"The unreasonable effectiveness of Mathematics in the Physical Sciences"

...diversi Universi, diverse leggi Fisiche

Il Principio Olografico implica che le leggi fisiche non possono esistere in termini di perfette forme matematiche, ma sono soggette a variazioni dipendenti dal contenuto di Informazione dell''Universo.

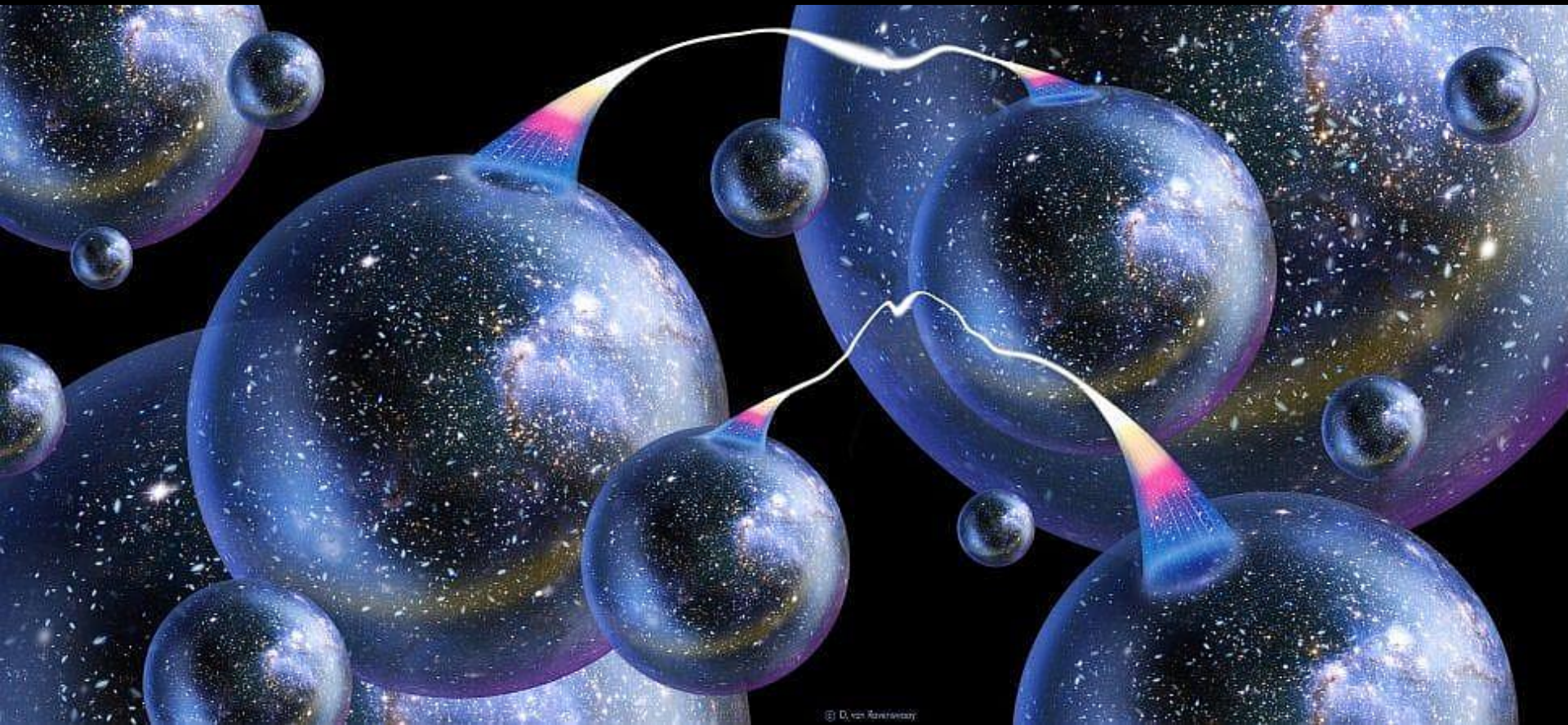
...quindi: G e c potrebbero variare su tempi scala cosmologici

Il ponte di Einstein-Rosen

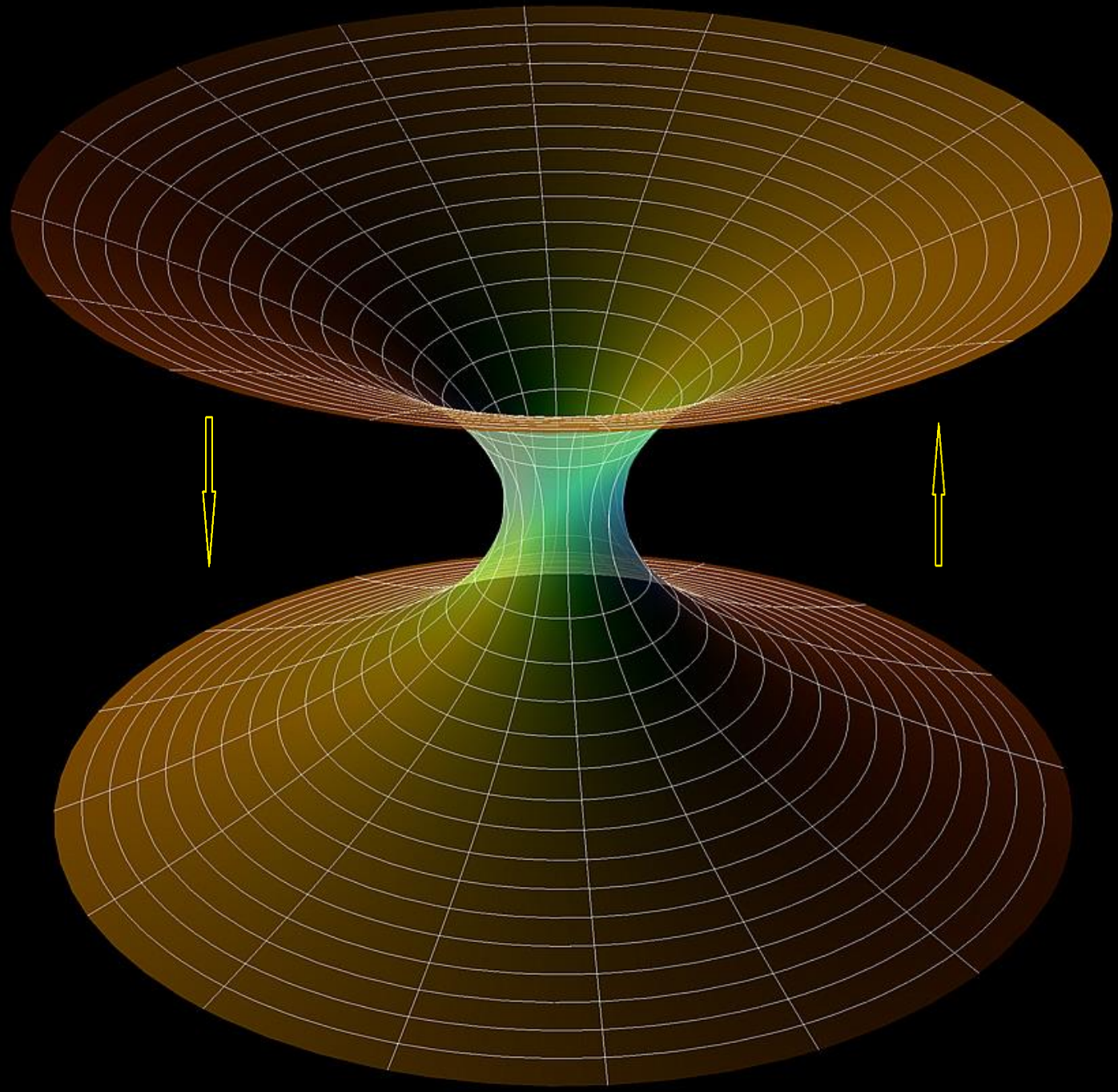
Sono i famosi “wormhole”, cunicoli spazio-temporali che per adesso appartengono al campo della teoria e della fantascienza. Ma se davvero esistessero, dove dovremmo cercarli nel nostro universo?

Spesso i buchi neri vengono definiti come tunnel (o meglio, come l’entrata di un tunnel) che collegano due punti anche molto distanti nell’universo. Lo abbiamo visto nell’articolo che abbiamo dedicato alle singolarità, nel quale abbiamo citato anche il wormhole di “Interstellar”. Ma cosa sono questi famosi **tunnel spazio-temporali** e dove potremmo cercarli nell’universo?

Gli Wormholes consentirebbero di comunicare con differenti universi



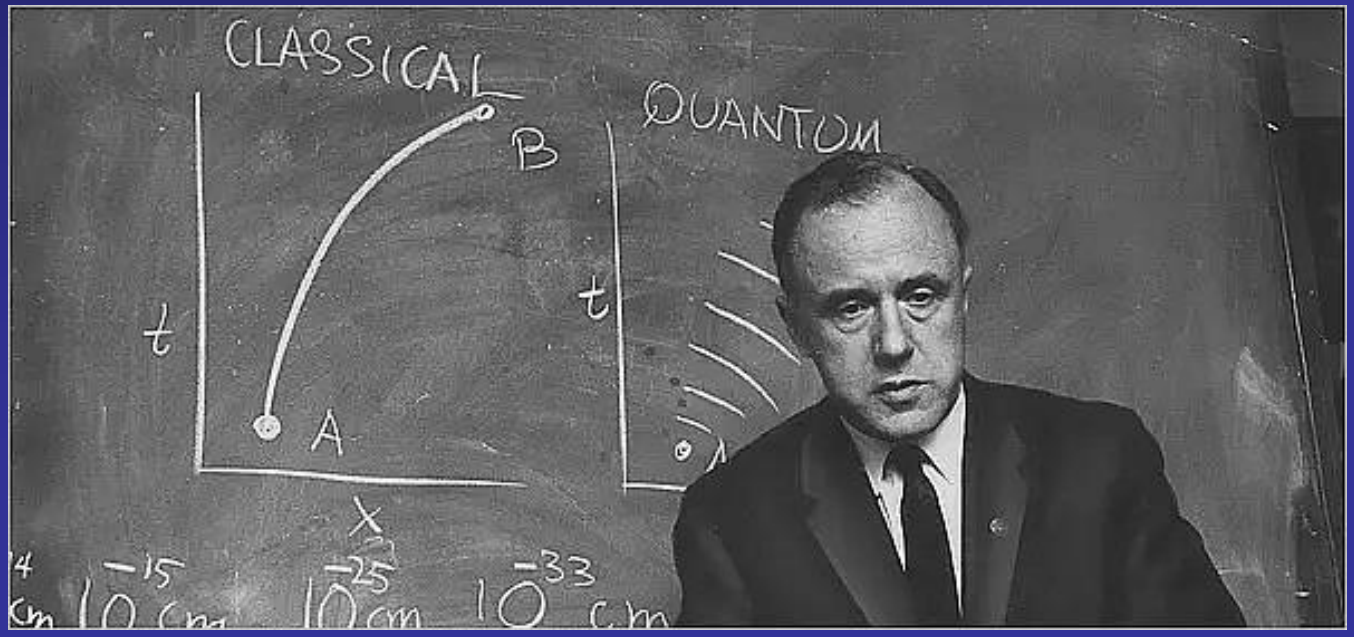
Universo 1
Tempo 1

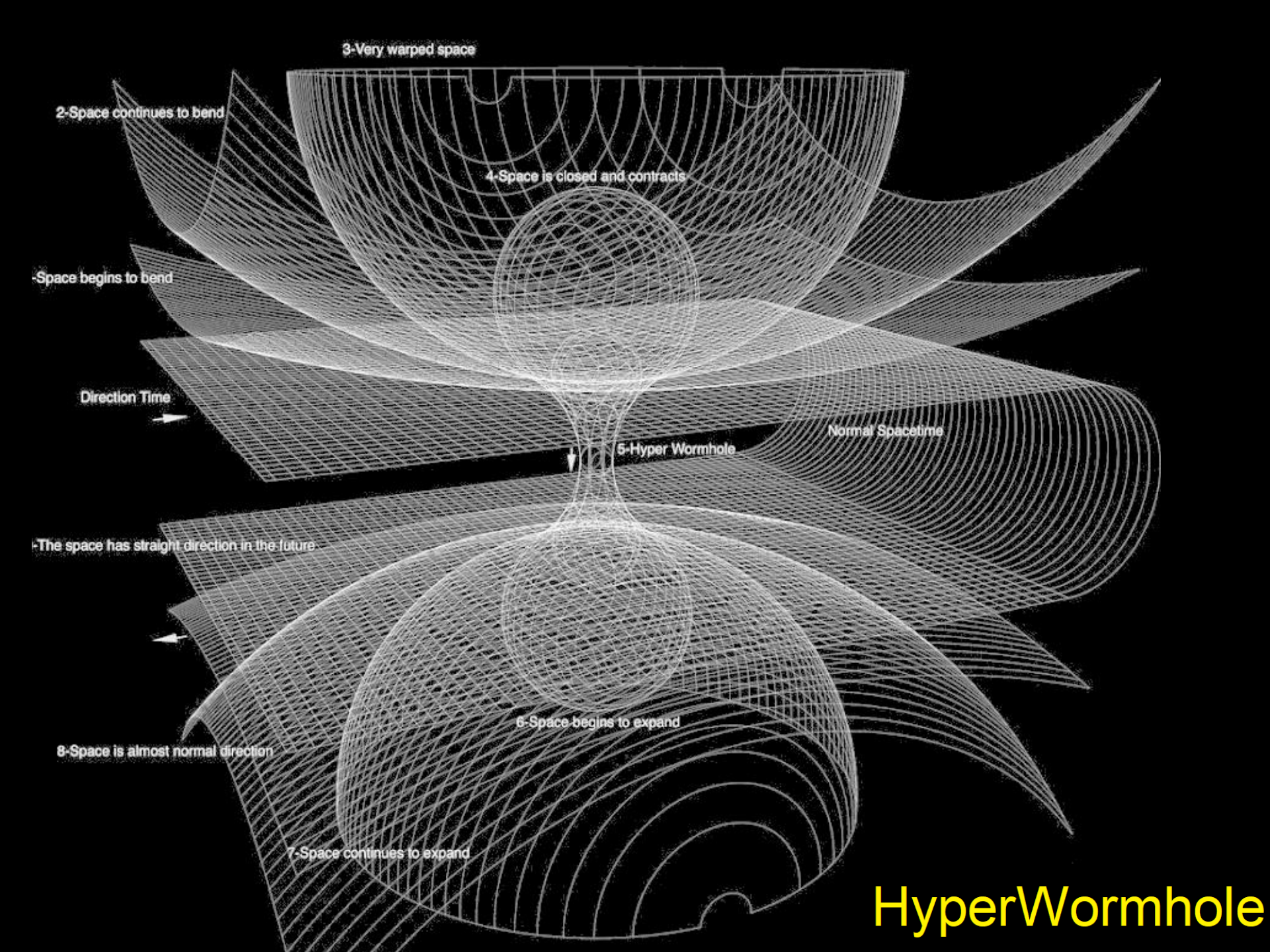


Universo 2
Tempo 2

o con due punti distanti nello stesso universo

Il nome *wormhole* venne coniato dal fisico americano **John Wheeler**, nel 1957. L'analogia con il "buco di verme" prevede che l'universo sia una mela e che un verme si muova sulla sua superficie. Se il verme inizia a scavare un foro, la distanza che deve percorrere per raggiungere un determinato punto dalla parte opposta della mela, diminuisce. Ecco che quel foro rappresenta l'ingresso di questo tunnel spazio-temporale.



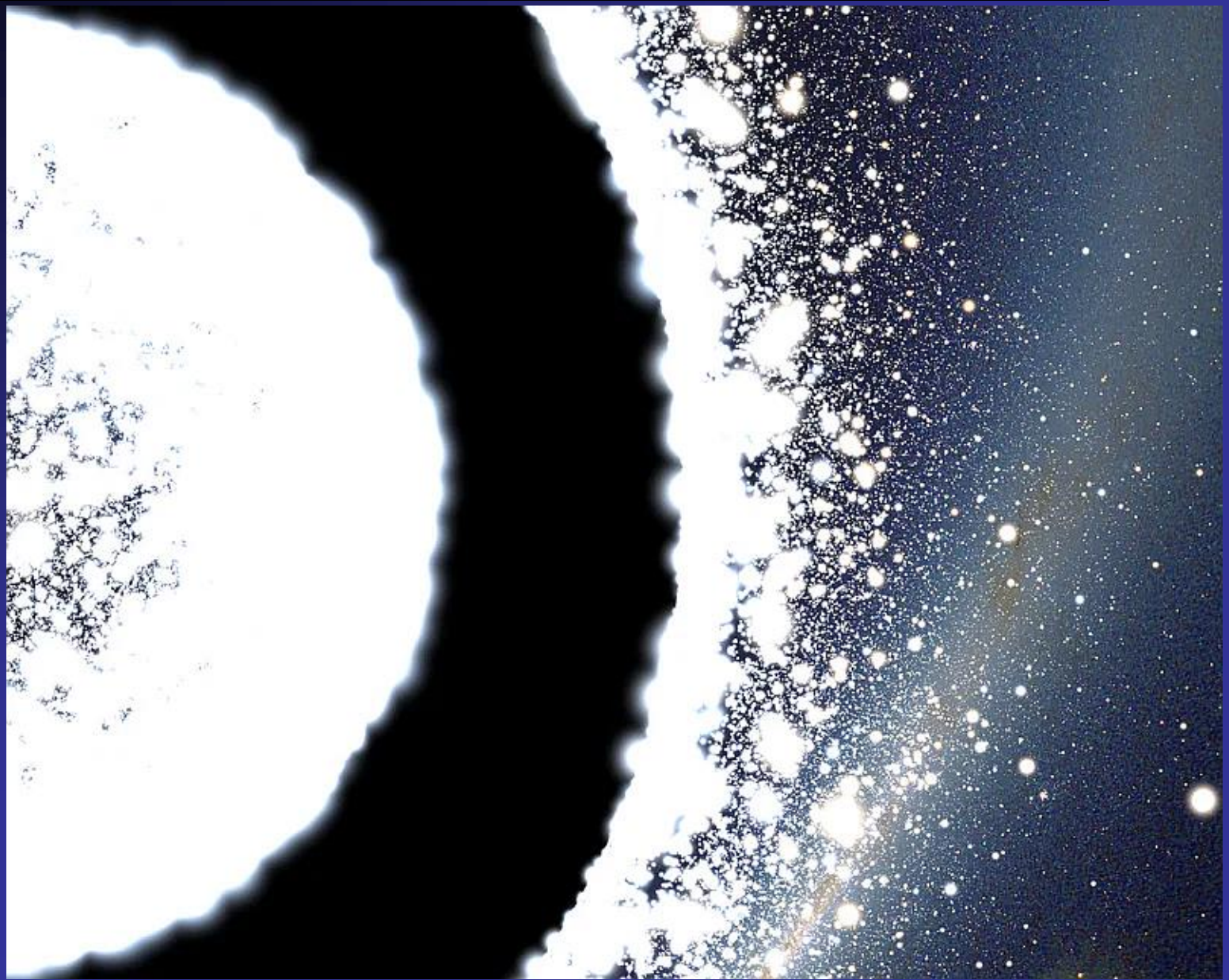

3-Very warped space
2-Space continues to bend
4-Space is closed and contracts
-Space begins to bend
Direction Time
Normal Spacetime
5-Hyper Wormhole
-The space has straight direction in the future
6-Space begins to expand
8-Space is almost normal direction
7-Space continues to expand
HyperWormhole

Da dove arrivano i tunnel spazio-temporali

Prima di cercare di capire dove potrebbero esistere questi cunicoli spazio-temporali, è d'obbligo fare un passo indietro. Il primo a interessarsi all'argomento fu **Ludwig Flamm**, nel 1916. Egli riprese e attualizzò l'ipotesi ottocentesca di una quarta dimensione spaziale che abbreviasse le distanze, e quindi i tempi di un viaggio. Questa nozione fu plasmata da **Hermann Weyl** nel 1921, in relazione alle sue analisi della massa in termini di energia e campo elettromagnetico.

Furono, però, **Albert Einstein** e il suo collega **Nathan Rosen** (fisico statunitense naturalizzato israeliano) i primi a pubblicare il risultato di questi studi, nel 1935. Cosa sostenevano? Che esistono connessioni fra aree di spazio che possono essere modellate come soluzioni di vuoto nelle equazioni di campo di Einstein. Con questo sistema, i due scienziati riuscirono a combinare i modelli di buco nero e **buco bianco**,

Cosa potrebbe vedere un osservatore che entra in un wormhole?



Wormhole: dove dovremmo cercarli?

Per il momento ci si muove nel campo della fantascienza, ma se davvero questi cunicoli esistessero, dove dovremmo cercarli, nell'universo? Secondo uno studio dei ricercatori dell'Università di Buffalo e di quella di Yangzhou, tutto ciò che serve è un buco nero e le stelle che gli orbitano intorno.

Nella nostra galassia, la Via Lattea, c'è una regione che potrebbe essere la candidata perfetta ad ospitare un wormhole. Si tratta **del centro galattico**, dove si trova il buco nero supermassiccio **Sagittarius A***, attorno al quale orbita un intero gruppo di corpi celesti. Se ci fosse un wormhole in quella regione, dovremmo essere in grado di rilevarlo sulla base dei movimenti di quelle stelle. Tuttavia, rilevare l'influenza gravitazionale del buco nero su quelle stelle non è affatto un compito facile. Sagittarius A*, infatti, ha una massa di **4 milioni di volte quella del Sole**. Sarebbe quindi difficile vedere l'effetto della sua forza gravitazionale su una manciata di stelle.

In futuro, però, grazie al progresso scientifico, potremmo essere in grado di effettuare misurazioni che ci consentirebbero di identificare un wormhole. Gli scienziati, però, ritengono che anche se un wormhole fosse attraversabile, difficilmente un'astronave sopravviverebbe al viaggio. Realisticamente, per tenere aperto un wormhole stabile, dovremmo utilizzare **una gran quantità di energia negativa** e adesso come adesso, non sappiamo proprio come farlo.

però...

Il ponte Einstein-Rosen

Il ponte di Einstein-Rosen (il nome deriva da Einstein e da un suo collega, Nathan Rosen) è una struttura, naturalmente solo teorica, che può collegare punti anche lontanissimi tra loro nello spazio-tempo. Si applica in base ad una soluzione particolare delle equazioni del campo di Einstein. Quando si parla di wormhole, spesso si prende in considerazione proprio il ponte di Einstein-Rosen in quanto esso può essere più facilmente visualizzato come un tunnel con due estremità che rappresentano due punti diversi dello spazio, nel tempo oppure in entrambi.

Il ponte di Einstein-Rosen avalla anche l'idea dei cosiddetti "buchi bianchi", praticamente buchi neri all'incontrario con una fonte di entrata in cui il materiale viene risucchiato e un'area di uscita in cui viene espulso. In tal senso un cunicolo del genere potrebbe essere usato per uno spostamento nello spazio. Come fa notare l'articolo, c'è però un problema insormontabile: un buco bianco risulterebbe molto instabile, troppo per essere attraversato. Probabilmente non esistono neanche. Il punto di ingresso potrebbe allora trovarsi all'interno dell'orizzonte degli eventi di buco nero. Ma la fisica ci dice che una volta superato questo confine è impossibile poi uscirne.[1]

Il ponte Morris-Thorne

Il ponte Morris-Thorne (nome che deriva da chi l'ha concettualizzato nel 1988, lo scienziato Kip Thorne e il suo studente Mike Morris) è un tunnel spazio-temporale che viene tenuto aperto da un guscio sferico fatto di materia esotica. Nel concetto di Morris e Thorne, il wormhole potrebbe essere stabile, e dunque attraversabile. Questo ponte ha il vantaggio di non avere un "orizzonte degli eventi", differentemente dai ponti che sfruttano i buchi neri. Questo cunicolo sarebbe attraversabile in tutte e due le direzioni. La "gola" del wormhole potrebbe essere tenuta aperta da un qualche tipo di materia esotica con una densità di energia negativa. L'energia negativa necessaria potrebbe essere fornita dai campi di materia quantistica oppure l'intero wormhole potrebbe essere prodotto tramite ha un evento di tunneling quantistico.[2]

Il ponte ad energia esotica

Energia oscura

Un ponte ad energia esotica è un ponte spazio-temporale che per funzionare potrebbe servizi di energia negativa. L'energia negativa è un concetto che si usa nella fisica per spiegare il campo gravitazionale e alcuni effetti dei campi quantistici. L'energia negativa potrebbe essere recuperata dal vuoto dello spazio visto che nel vuoto coppie virtuali di particelle e antiparticelle appaiono e scompaiono spontaneamente per brevissimi periodi di tempo prima di annientarsi. Si crede che alcune di queste particelle possono avere un'energia negativa e quest'ultima potrebbe essere "recuperata" sfruttando l'effetto Casimir. Si potrebbero porre due lastre metalliche piatte molto vicino tra loro con in mezzo il vuoto e senza campi elettromagnetici e sfruttare una particolare proprietà fisica, già dimostrata tramite esperimenti, per produrre un certo quantitativo di energia negativa. Tuttavia, come spiega l'articolo, si conosce ancora poco riguardo queste proprietà del vuoto, anzi non si sa nemmeno con chiarezza se l'energia negativa che si può ottenere tramite l'effetto Casimir sia il giusto tipo di energia negativa per creare un wormhole.[1]

Conclusione finale:

Il problema è che dell'Universo (il nostro) sappiamo molto poco...

figuriamoci degli altri...