



UNIVERSITA' DEL TEMPO LIBERO DI GORGONZOLA - APS

A.A. 2023-2024 - Corso di Astrofisica

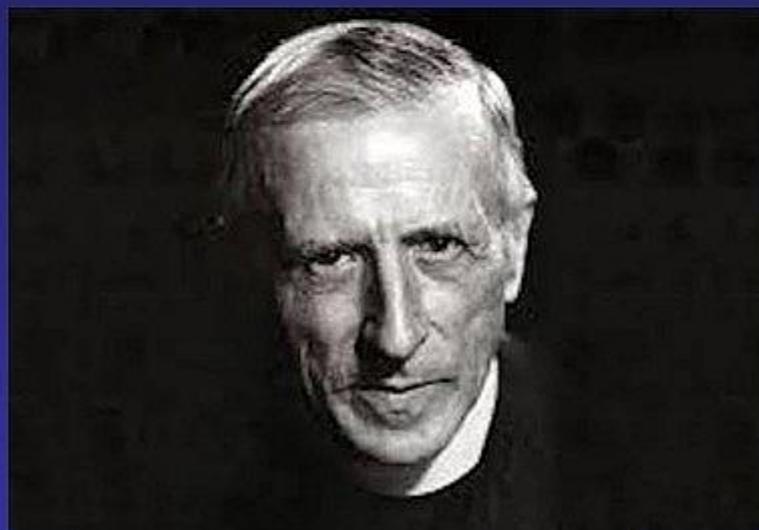
La struttura a grande scala dell'Universo

Lezione 4

L'Universo è una entità cosciente?

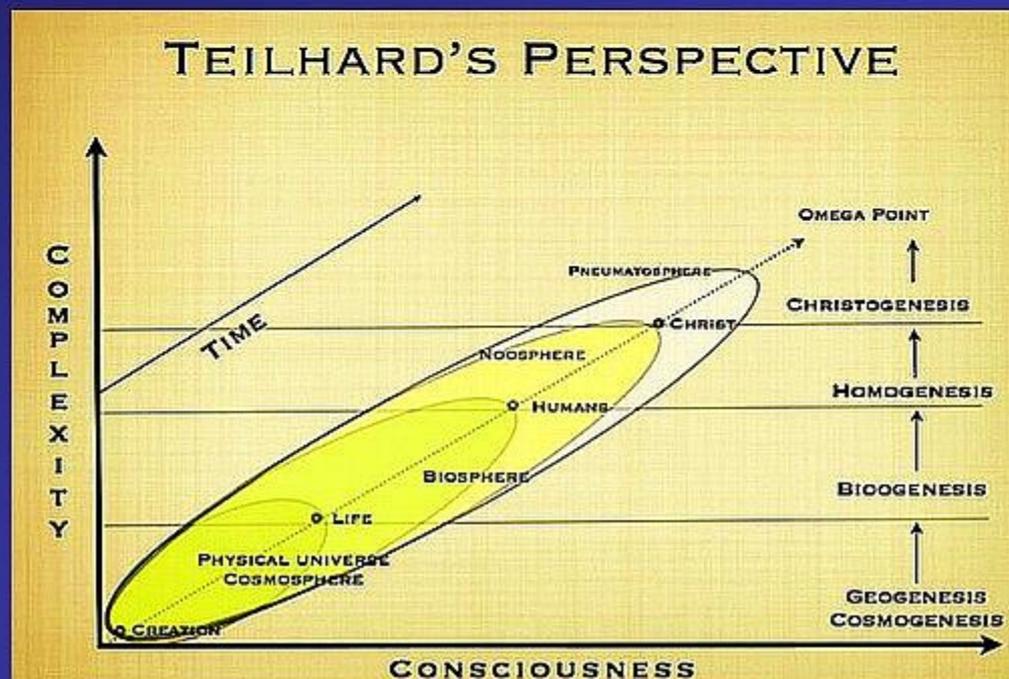
Una domanda provocatoria:

...e se l'Universo in tutto il suo insieme fosse un'entità dotata di coscienza?



Pierre Teilhard de Chardin

Orcines, 1° maggio 1881 – New York, 10 aprile 1955)



Credo che l'Universo sia un'evoluzione.

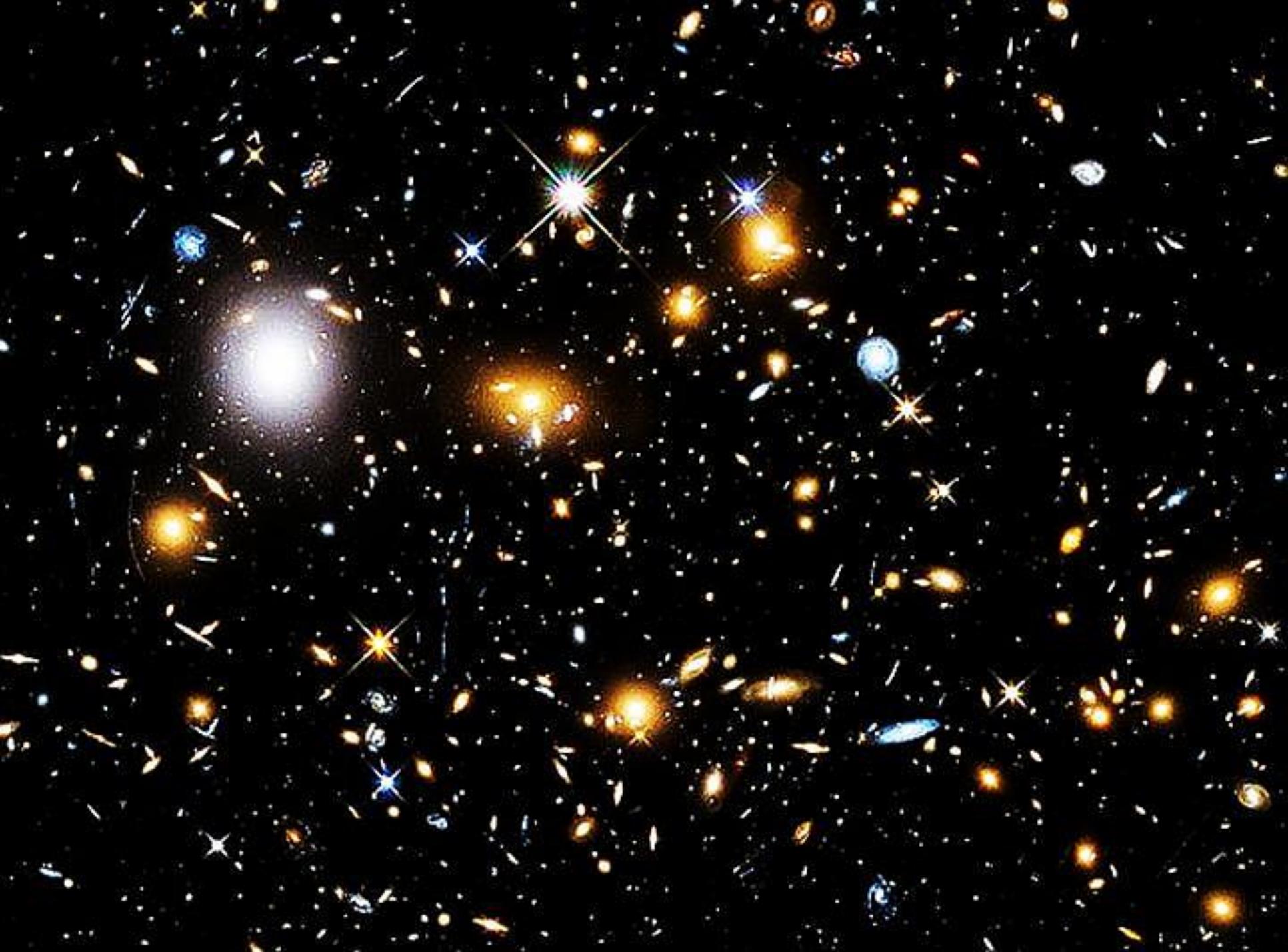
Credo che l'Evoluzione vada verso lo Spirito.

Credo che lo Spirito si compia in qualcosa di personale.

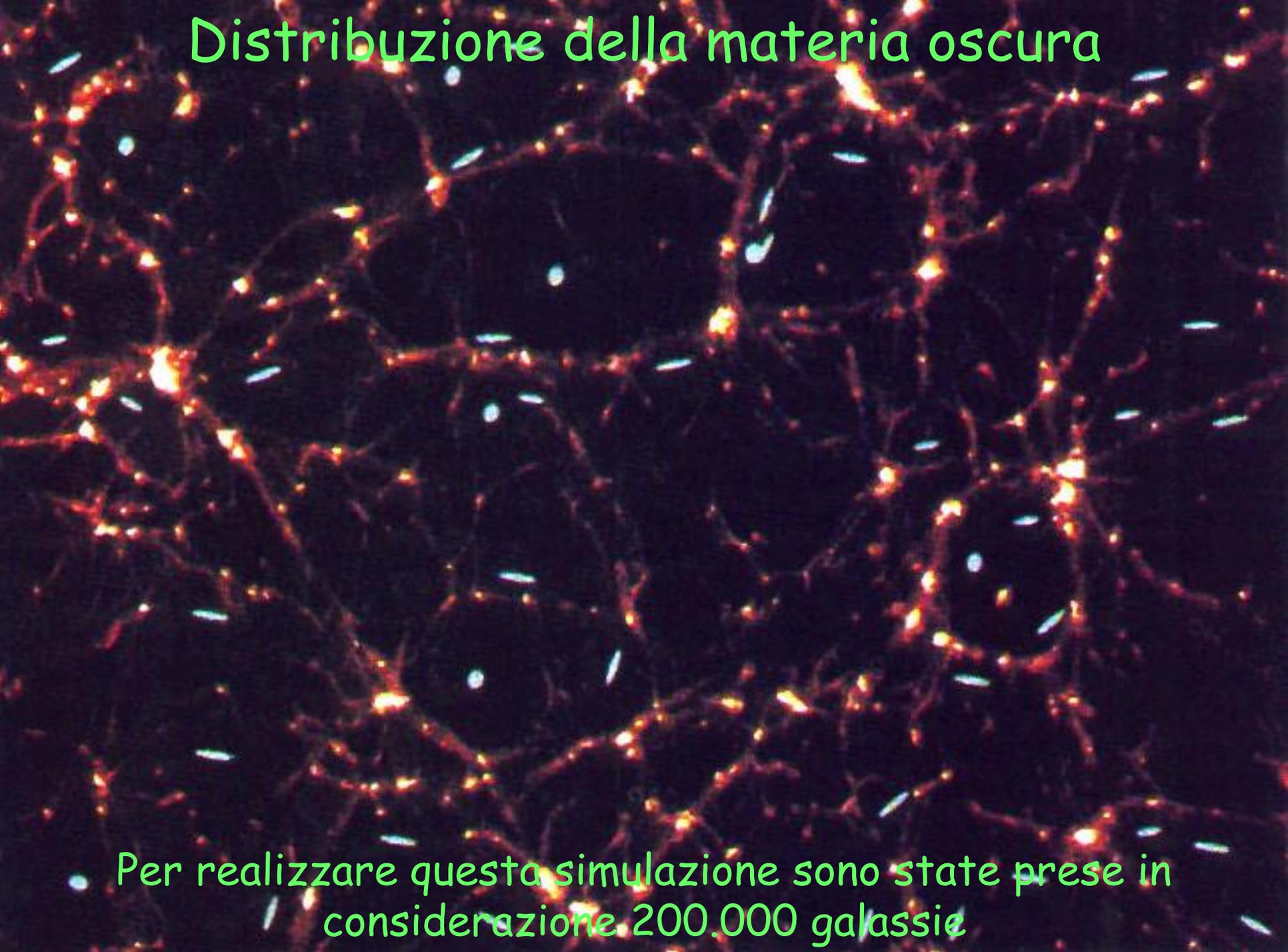
(Pierre Teilhard de Chardin, 1934)

La struttura dell'Universo

Sovrapposizione di 342 esposizioni da parte di HST tra il 18 e il 28 dicembre 1995. L'immagine mostra circa 1.500 galassie nelle profondità dell'Universo e ricopre una zona di cielo pari a quella che copre 1 eurocent a circa 20 m di distanza in direzione dell'Orsa Maggiore.

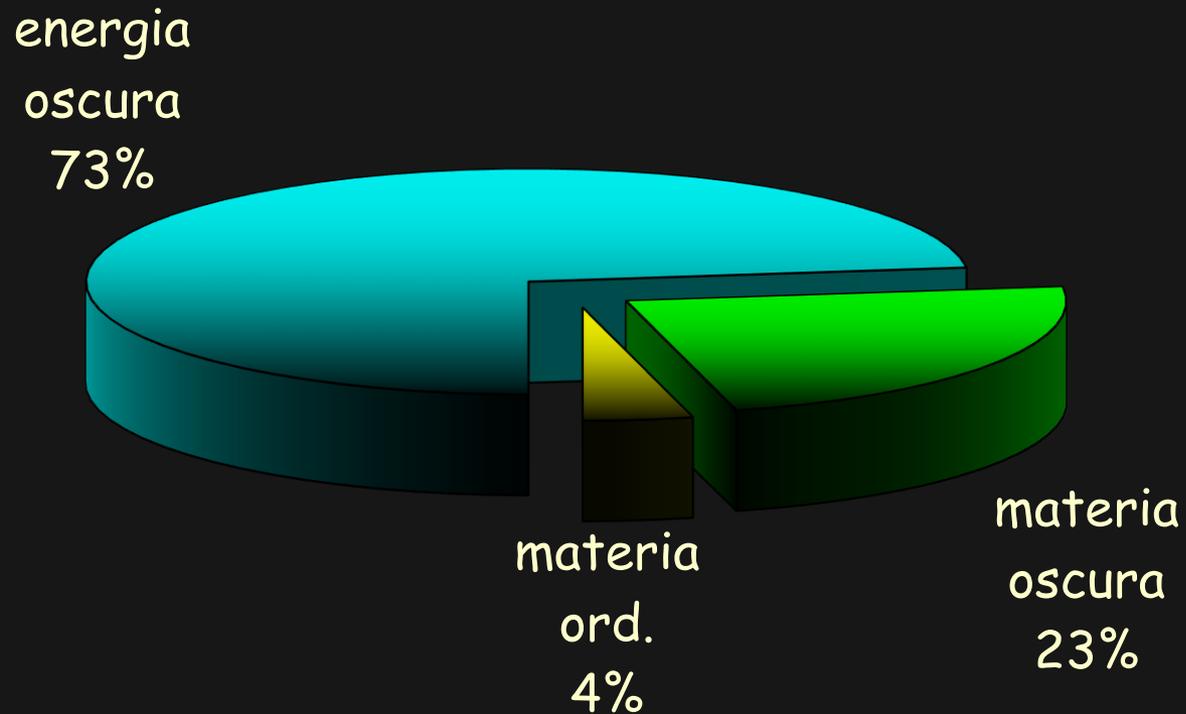


Distribuzione della materia oscura

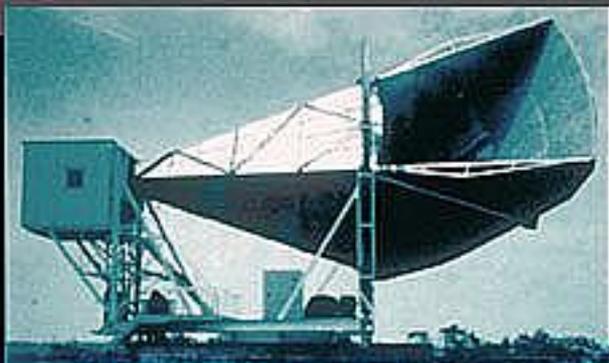


Per realizzare questa simulazione sono state prese in considerazione 200.000 galassie

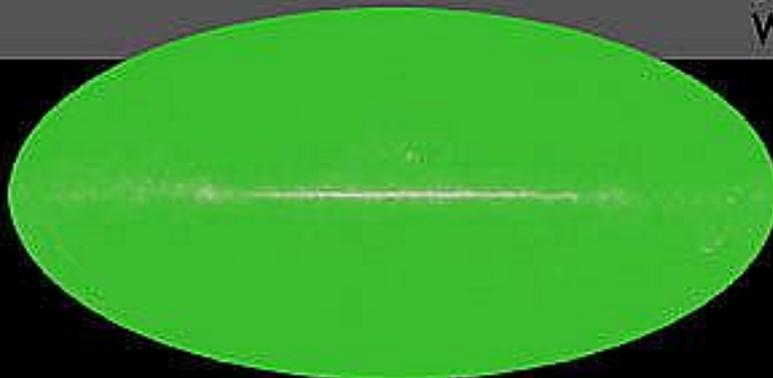
Di cosa è fatto l'UNIVERSO?



1965

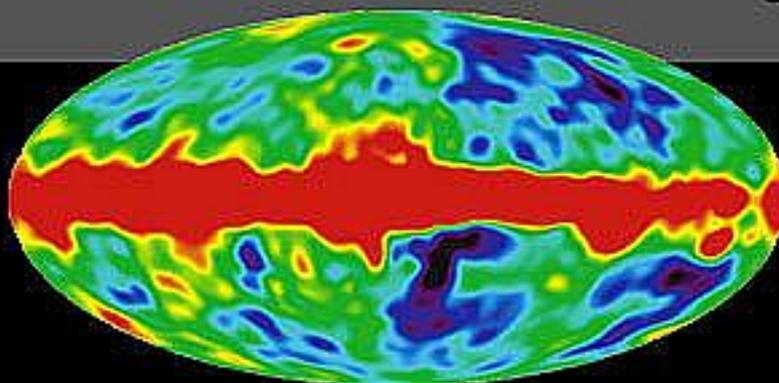


Penzias and
Wilson



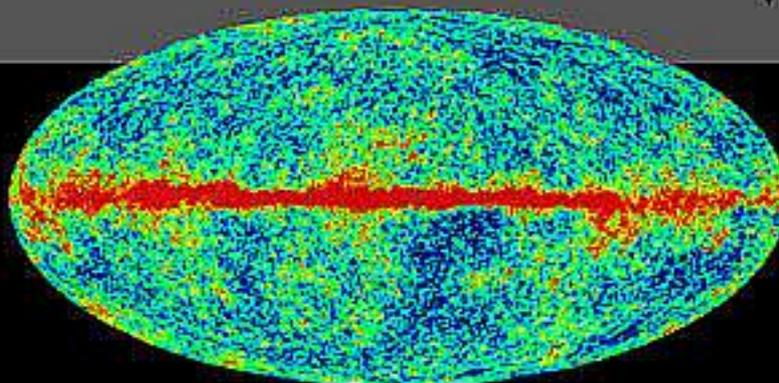
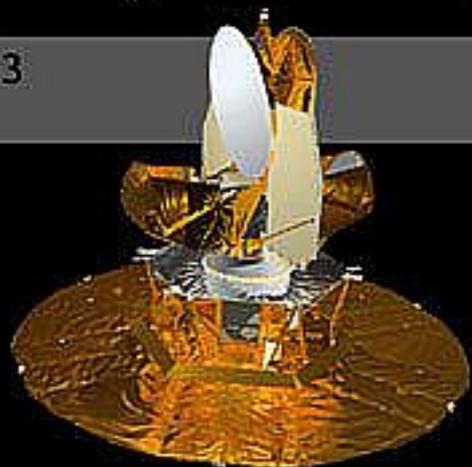
1992

COBE



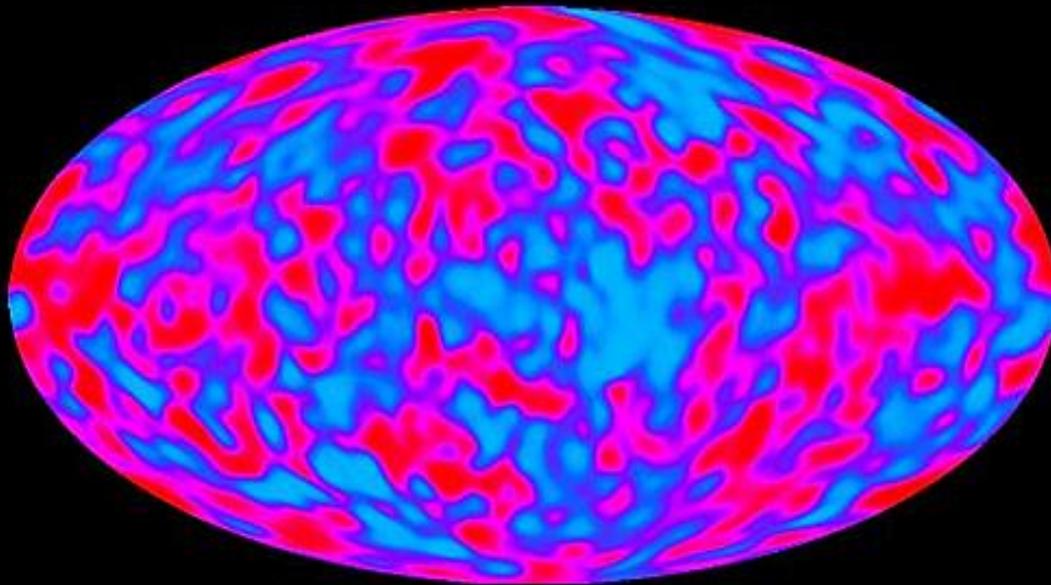
2003

WMAP



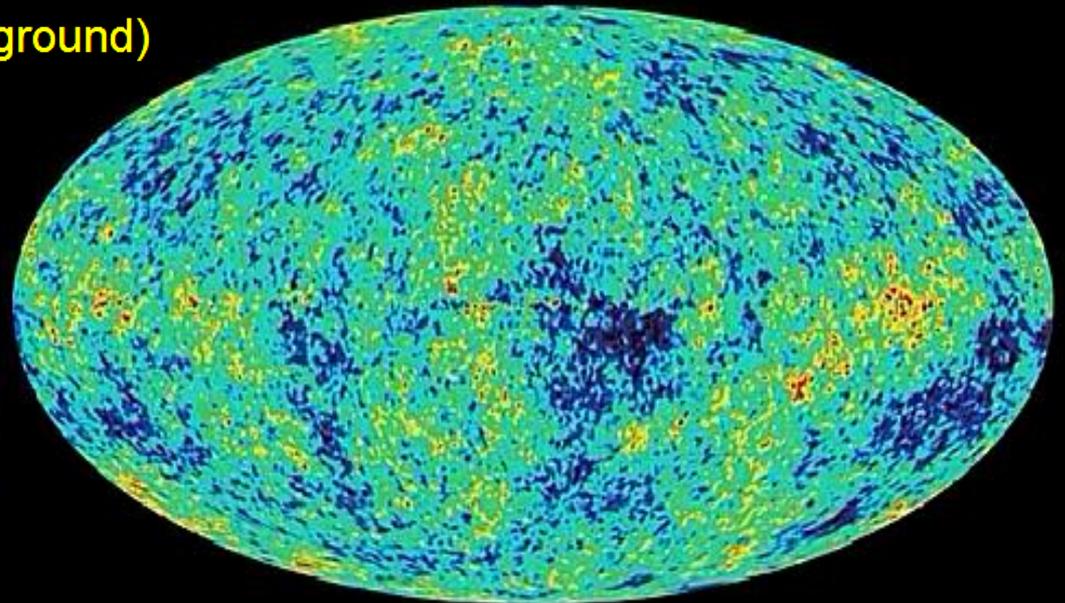
La struttura dell'Universo

Immagine del
satellite COBE
inizio anni '90



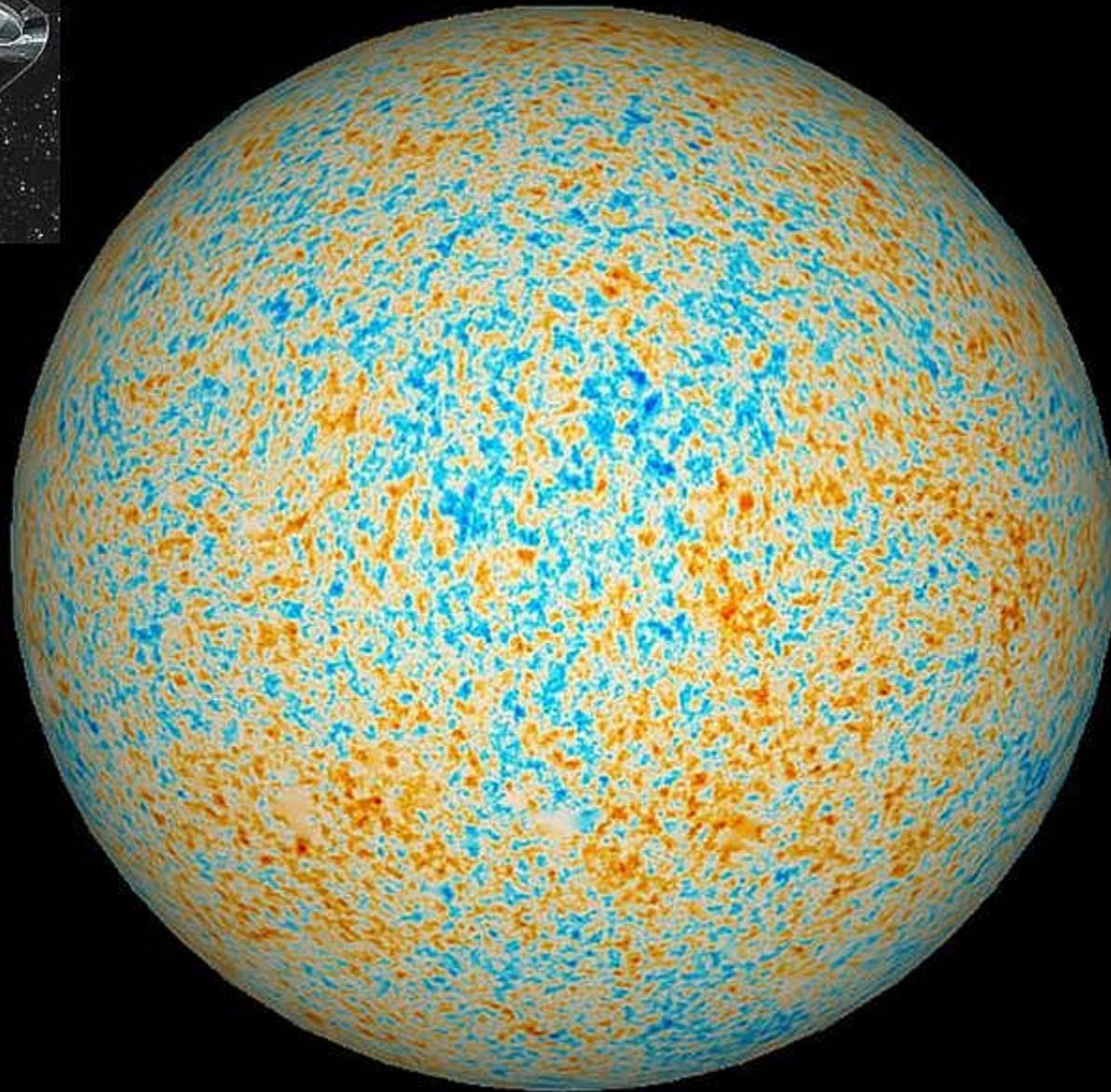
CMB flux (Cosmic Microwaves Background)

Immagine satellite WMAP
(Wilkinson Microwave
Anisotropy Probe) inizio
2003



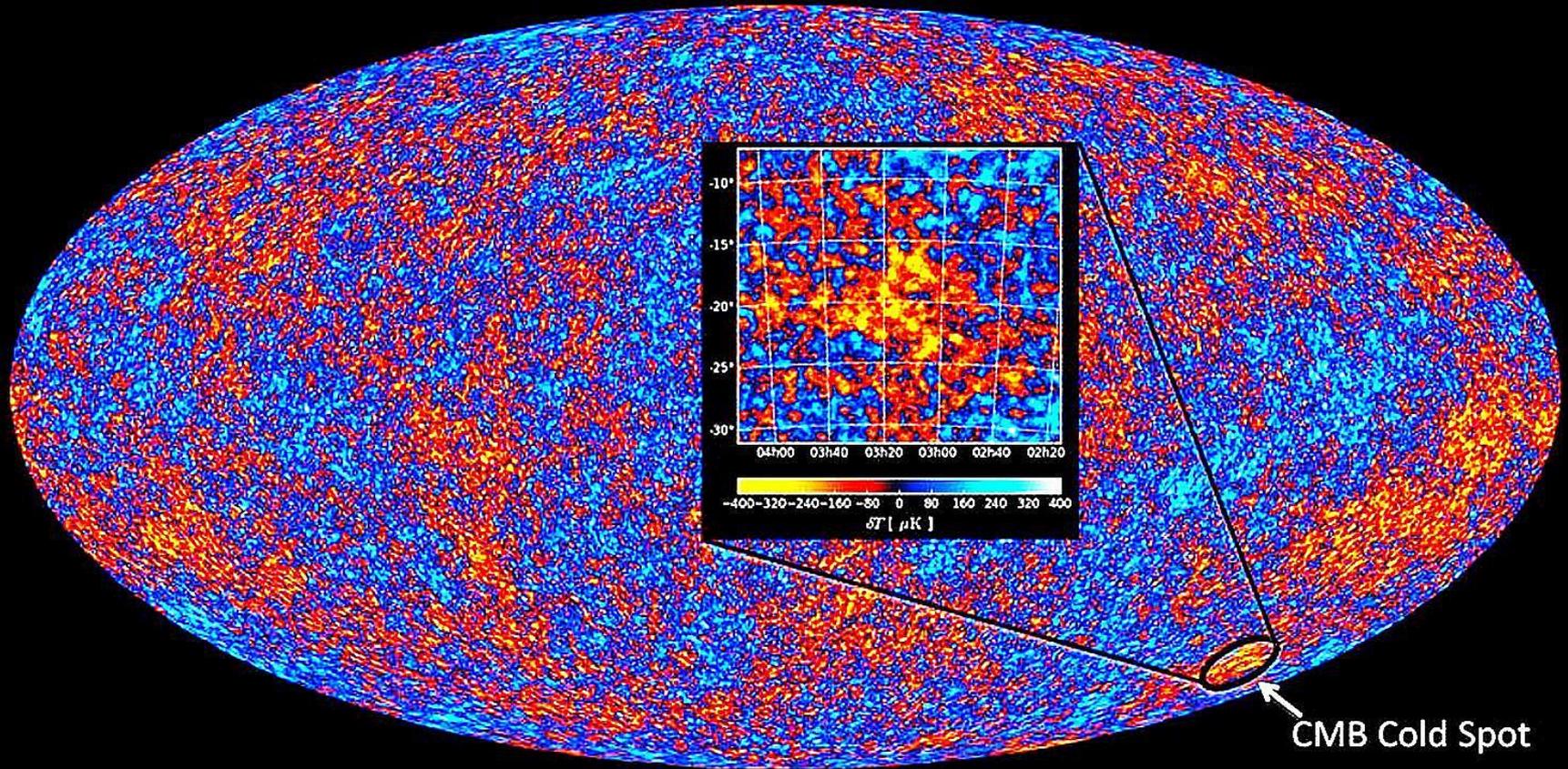


Planck
2018

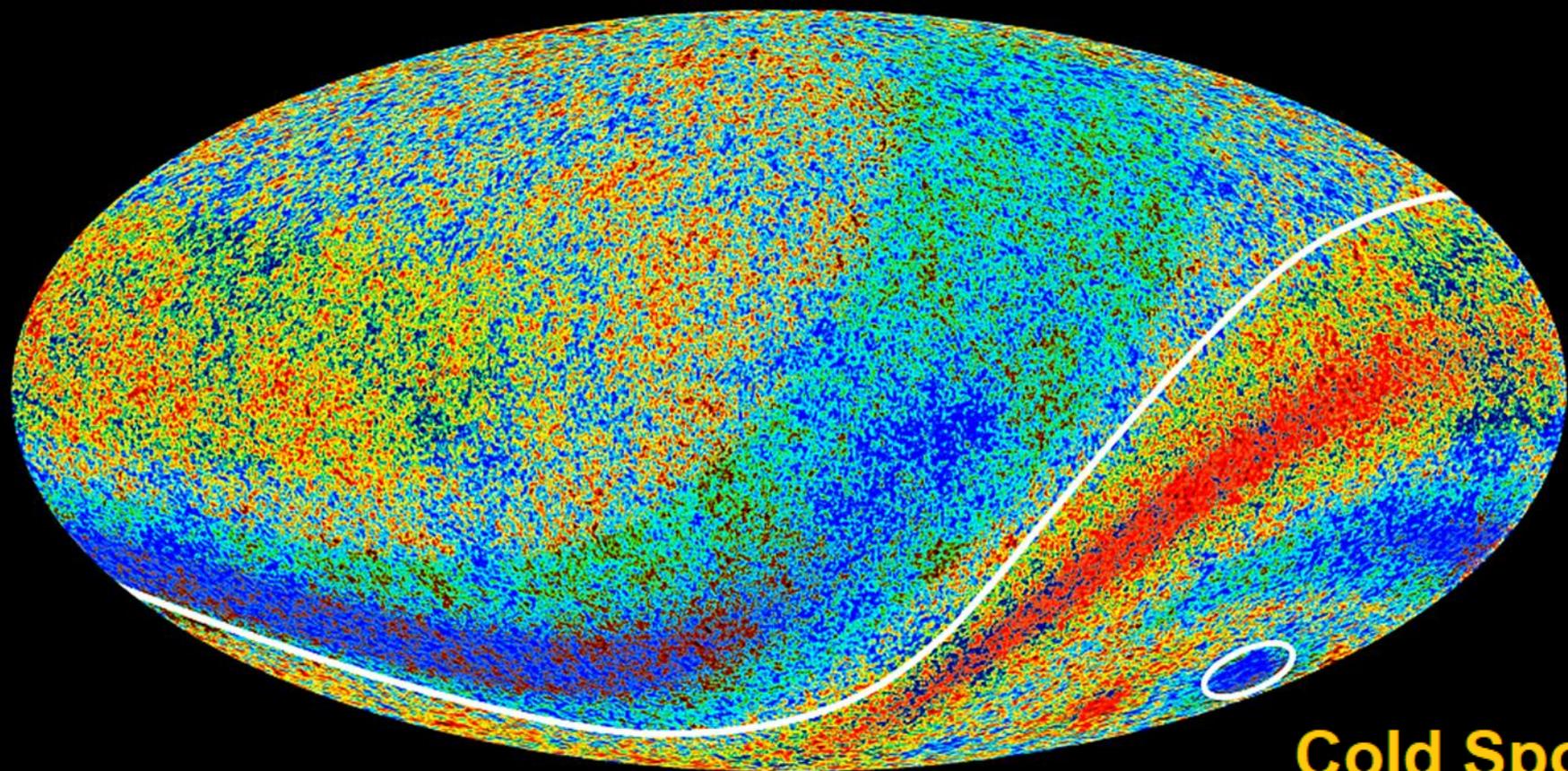


CMB flux (Cosmic Microwaves Background)
anisotropia termica

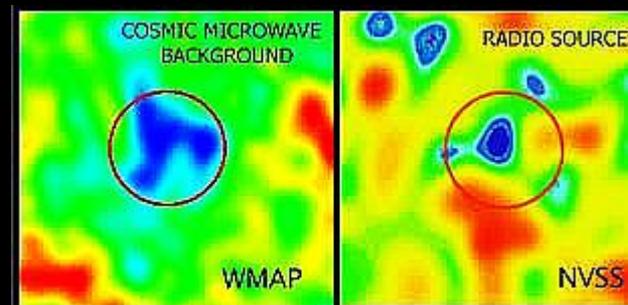
CMB flux (Cosmic Microwaves Background)

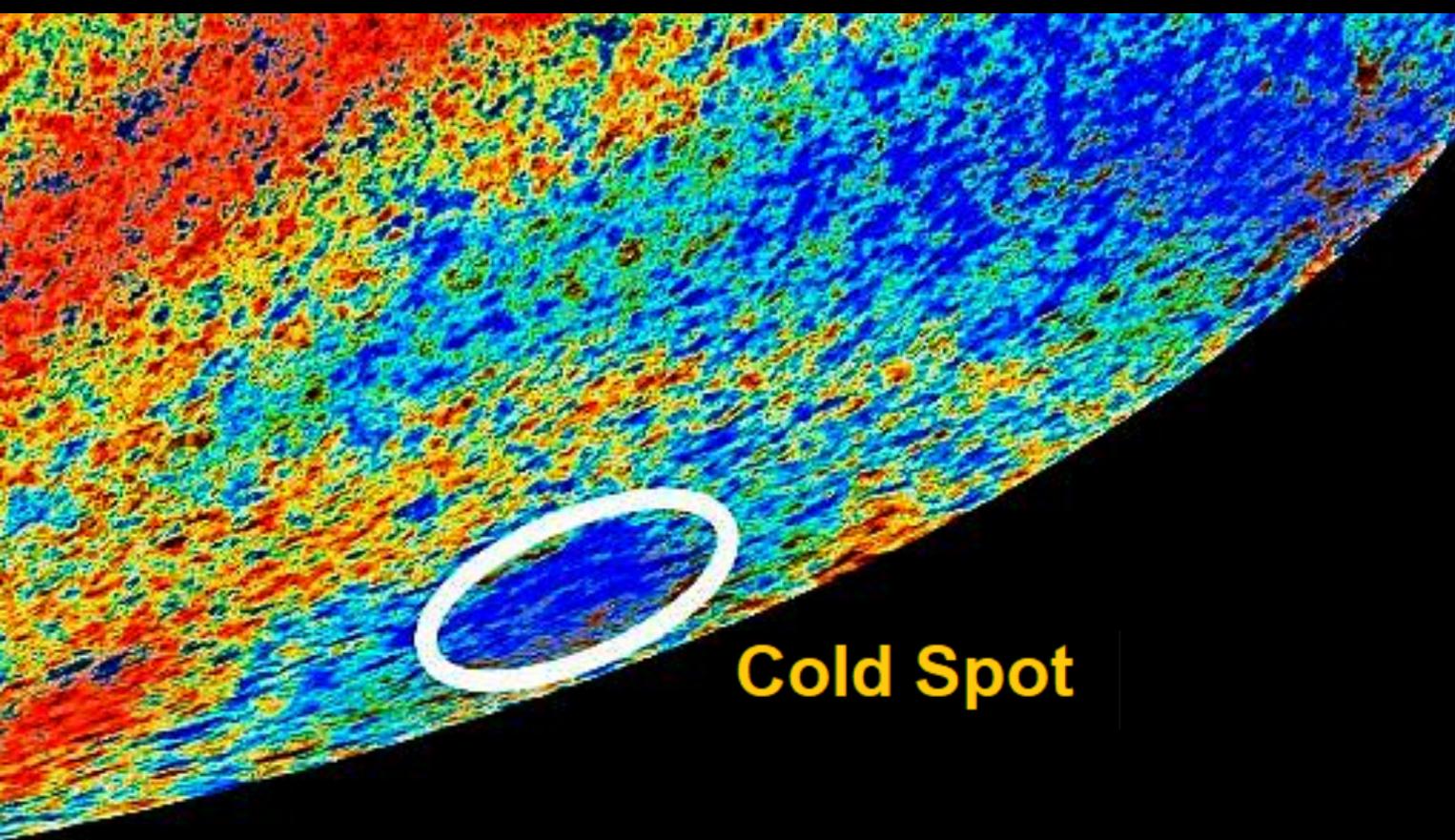


CMB flux (Cosmic Microwaves Background)



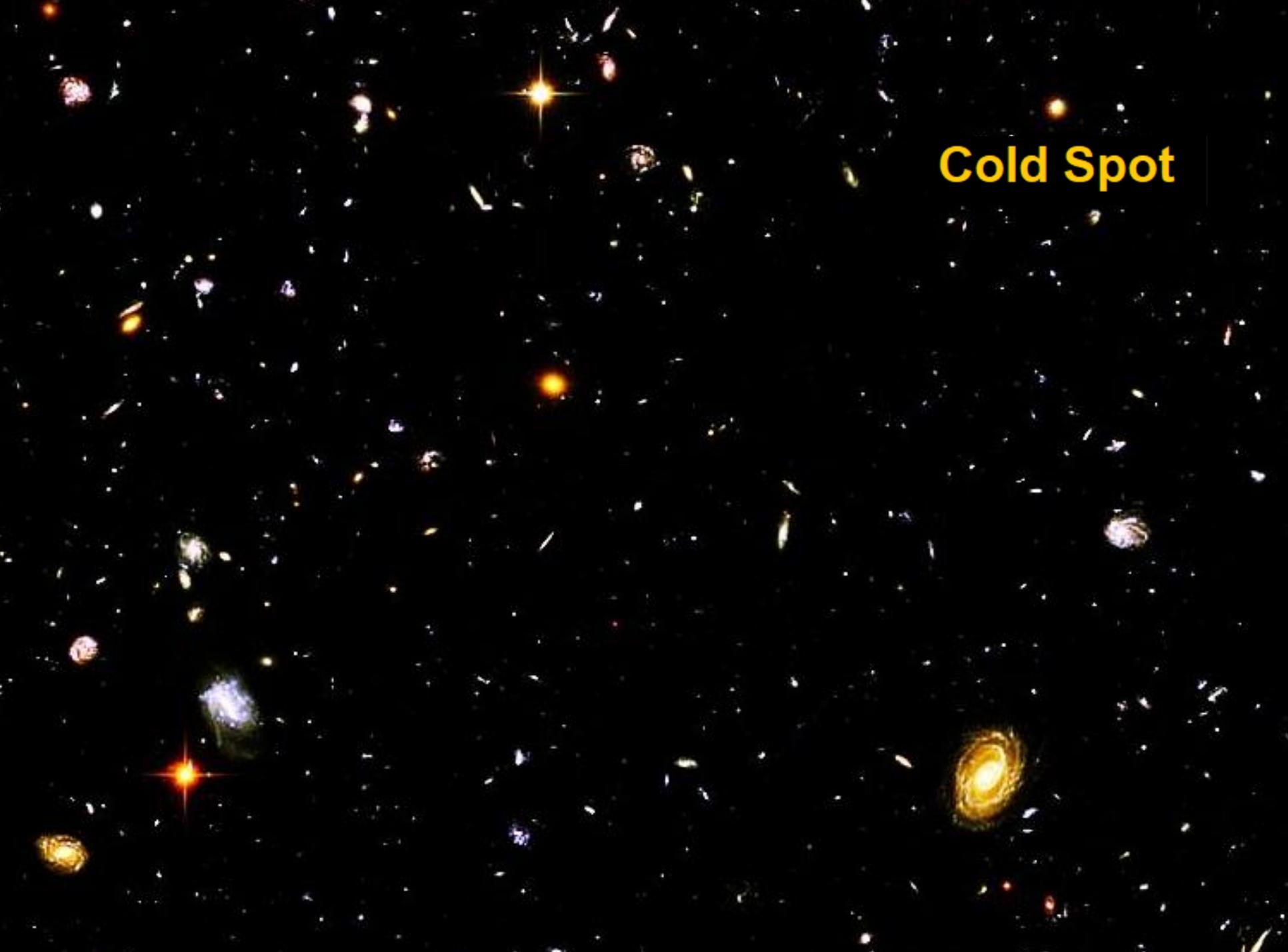
Cold Spot





Cold Spot

più freddo = più vecchio...



Cold Spot

Multiverso



La soluzione di Schwarzschild

Nel 1916 l'astrofisico Karl Schwarzschild trova per primo una soluzione alle equazioni della relatività di Einstein per un oggetto sferico, statico e immerso in uno spazio vuoto. Se l'oggetto è concentrato entro un raggio critico, allora nulla, neanche la luce, può più uscirne.

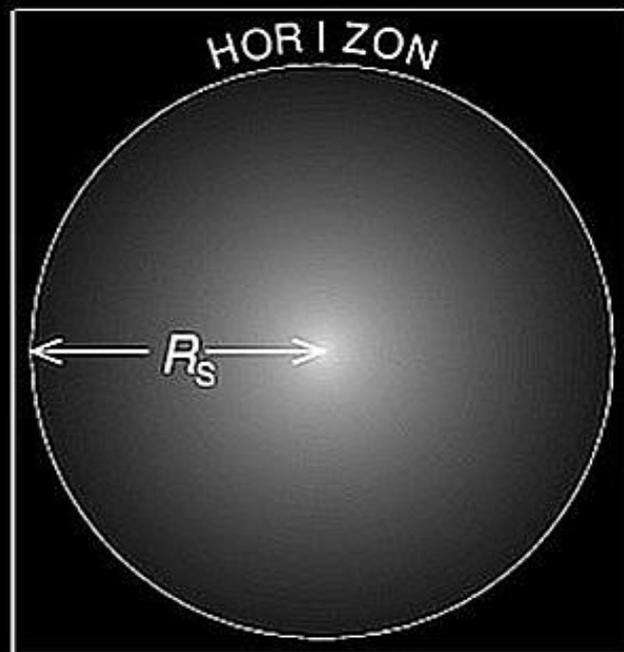


Karl Schwarzschild (1873-1916)

Raggio di Schwarzschild

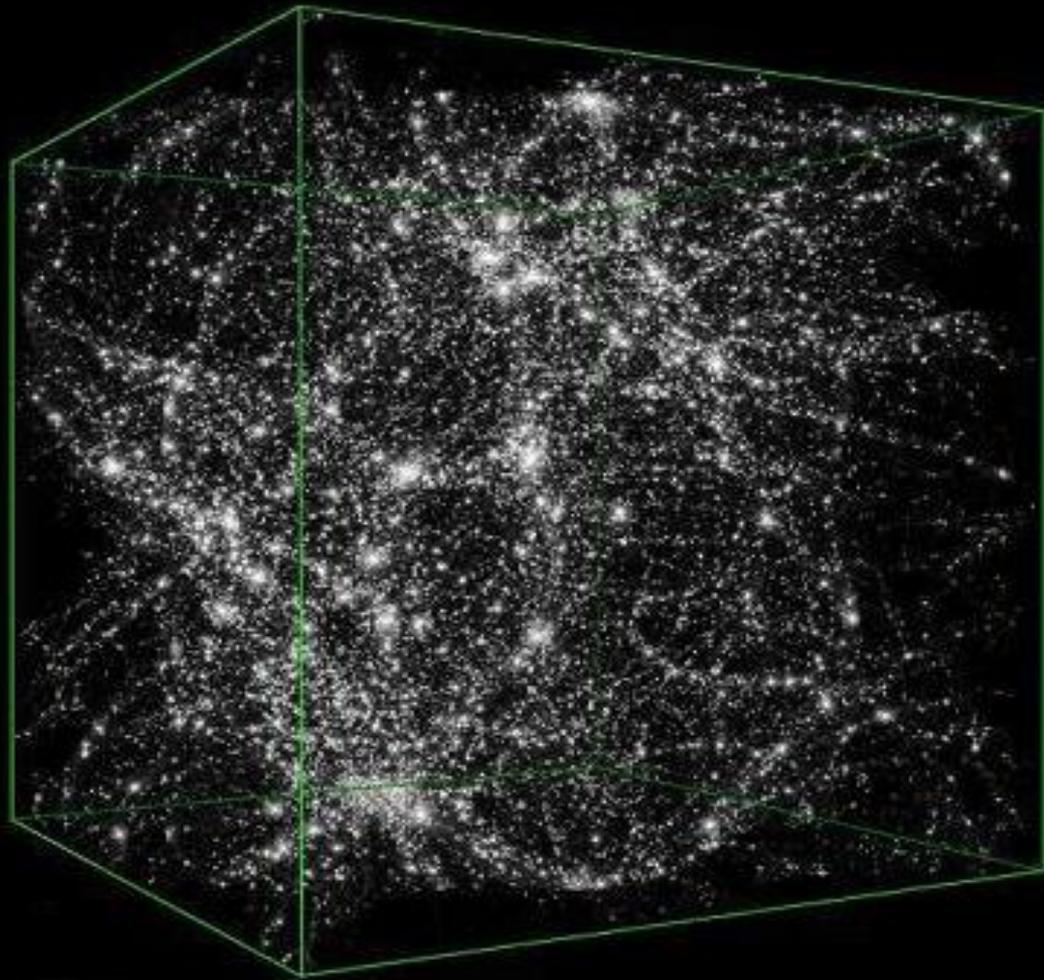
$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

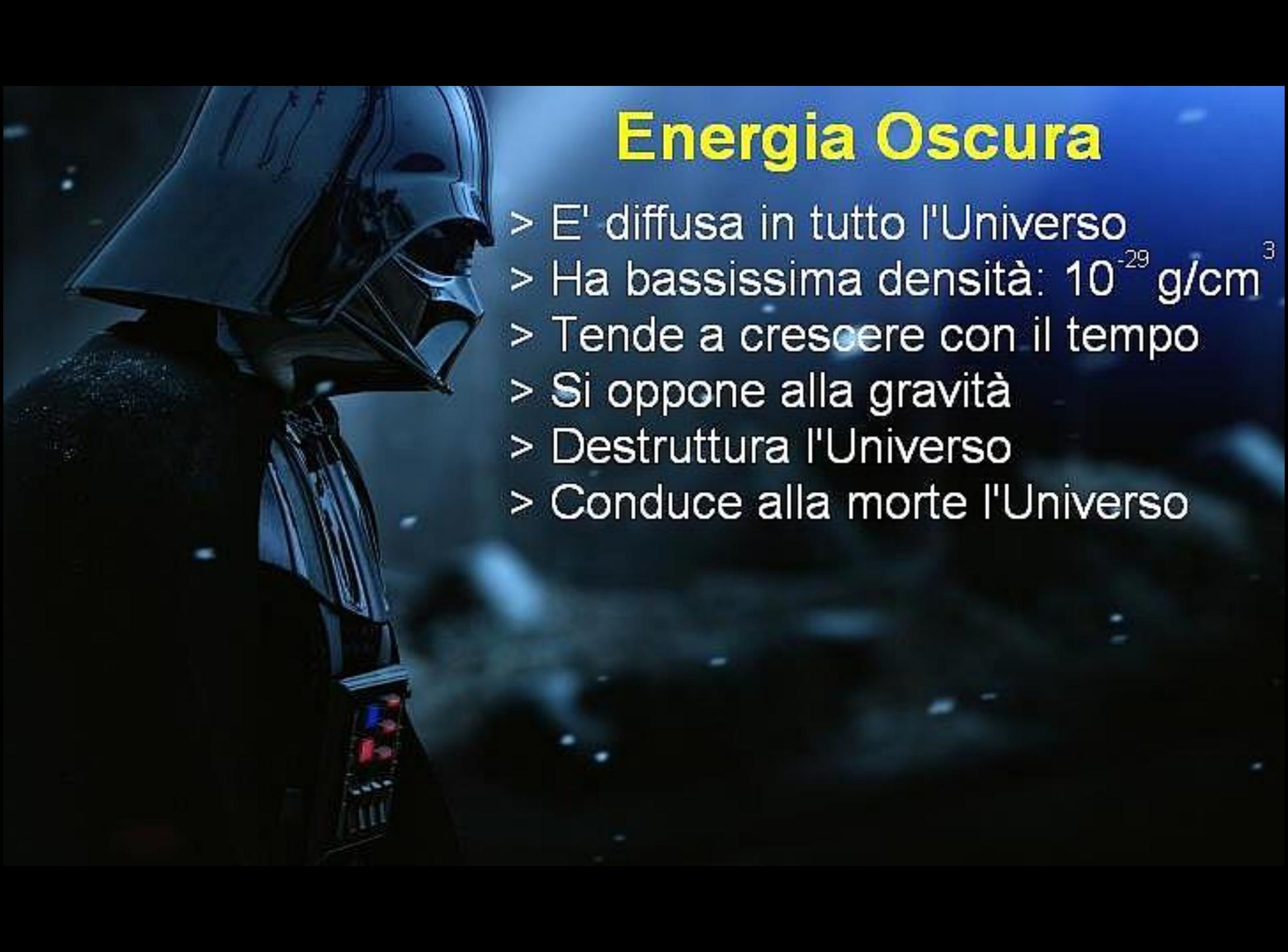
$$R_s (km) \approx 3 \times \frac{M_{stella}}{M_{Sole}}$$



Nel 1967, Wheeler li battezza buchi neri

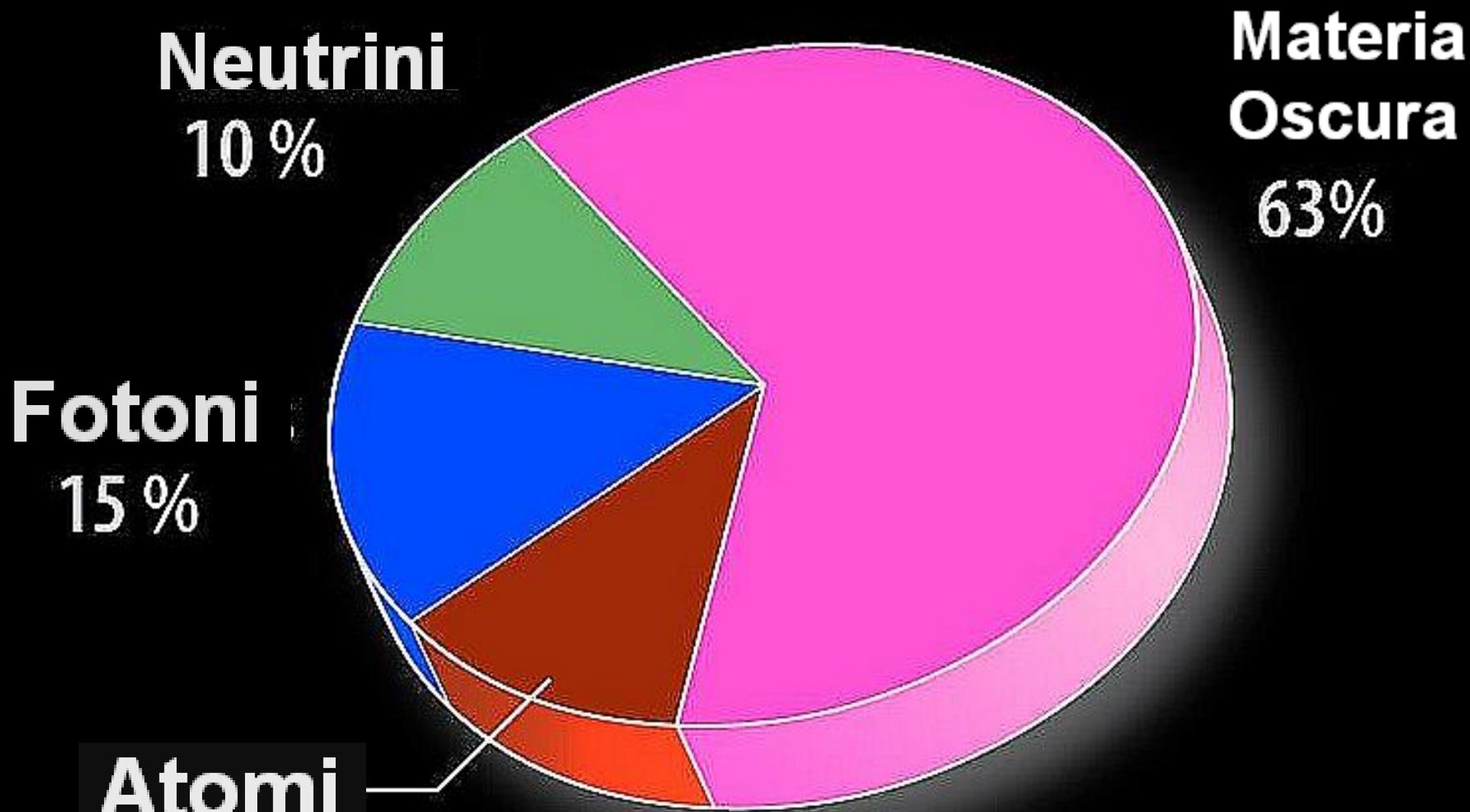
Struttura dell'Universo





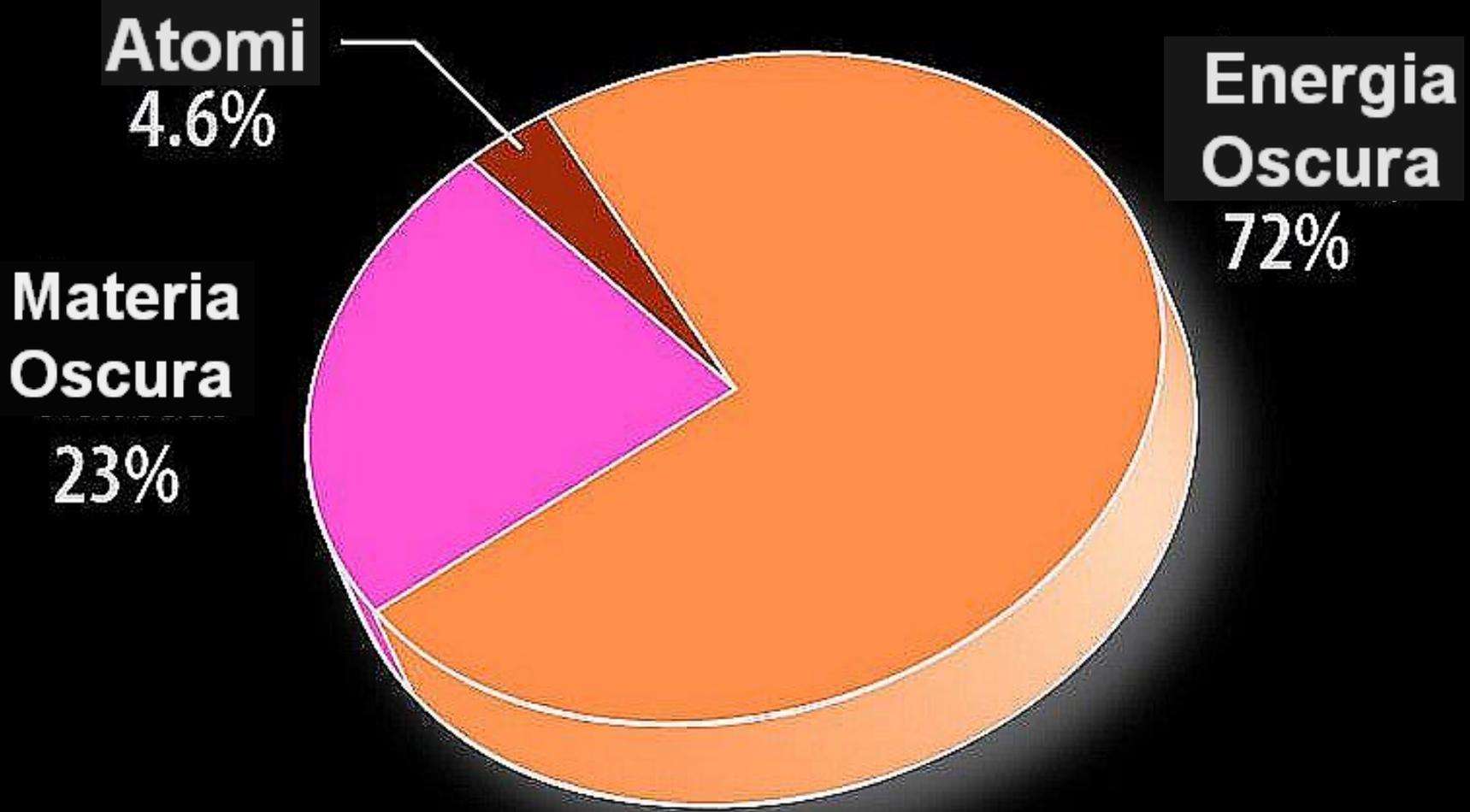
Energia Oscura

- > E' diffusa in tutto l'Universo
- > Ha bassissima densità: 10^{-29} g/cm³
- > Tende a crescere con il tempo
- > Si oppone alla gravità
- > Destruce l'Universo
- > Conduce alla morte l'Universo



13,7 Miliardi di anni fa

(età dell'Universo: 380.000 anni)



Oggi

Equazioni di Friedmann

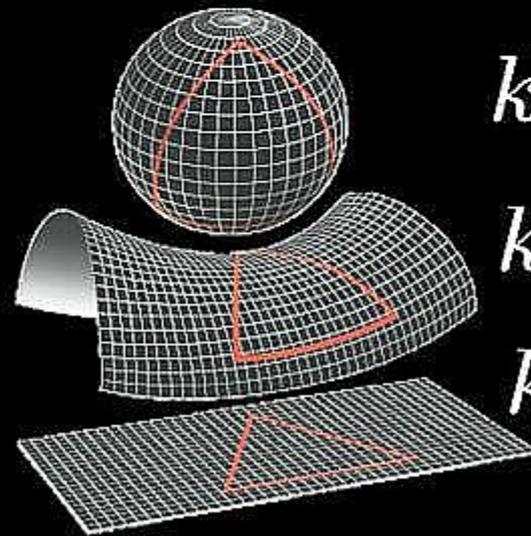
$$\dot{R} = \left[R^2 \frac{8\pi G \rho + \Lambda c^2}{3} - k c^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\ddot{R} = -\frac{4\pi G}{3} \left(\rho + \frac{3p}{c^2} \right) R + \frac{\Lambda c^2}{3} R$$



Aleksandr Aleksandrovič Fridman
(San Pietroburgo, 6 giugno 1888 –
Pietrogrado, 16 settembre 1925)

- R = Raggio dell'Universo
- \dot{R} = Velocità di espansione
- \ddot{R} = Accelerazione dell'espansione
- ρ = Densità media della materia
- p = Pressione
- c = Velocità della luce
- G = Costante di Gravitazione Universale
- Λ = Costante cosmologica
- k = Parametro di curvatura



$k=+1$

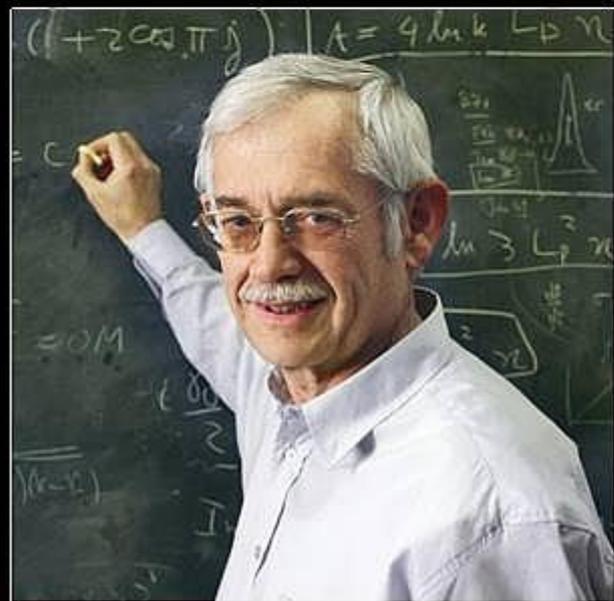
$k=-1$

$k=0$

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)



Entropia dell'Universo al tempo t

Entropia di Beckenstein - Hawking

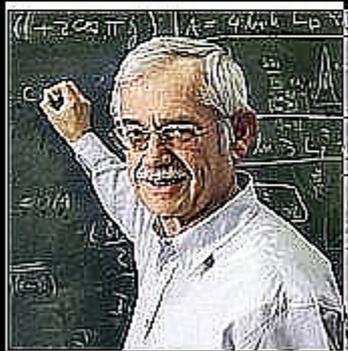


Hawking

$$S_u(t) = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{k_B \cdot c^3}{h \cdot G} \cdot A(t)$$

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

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



Beckenstein

$$S_u(t) = 2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{k_B \cdot c^3}{h \cdot G} \cdot R(t)^2$$

h = costante di Plank

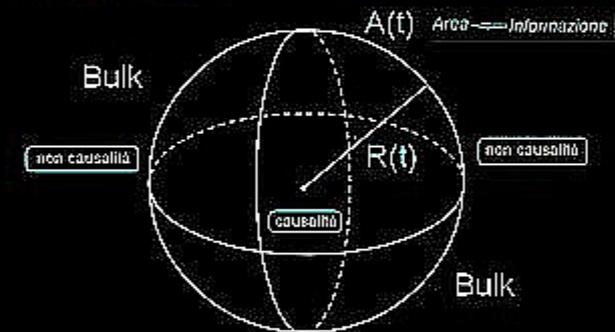
G = costante di gravitazione universale

k_B = costante di Boltzmann

c = velocità della luce nel vuoto

Universo (k=1)

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



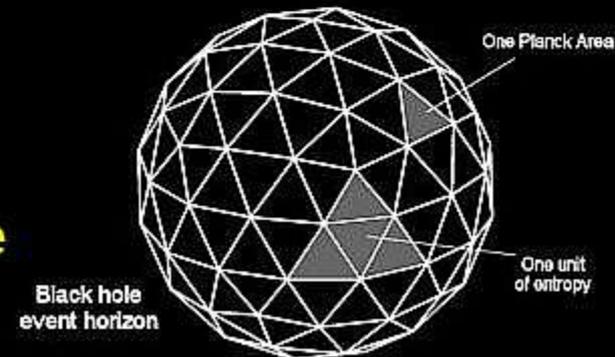
$R(t) = 13,7$ miliardi di AL

Entropia di Beckenstein - Hawking

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

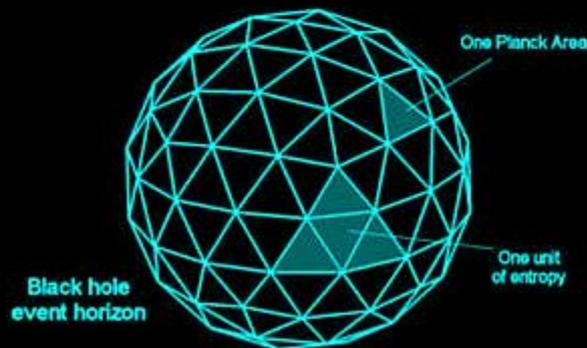


A = area dell'orizzonte degli eventi
c = velocità della luce nel vuoto
h = costante di Planck (non ridotta)
G = costante di Gravitazione Universale
k = costante di Boltzmann



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

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



Unità di Planck: unità fondamentali

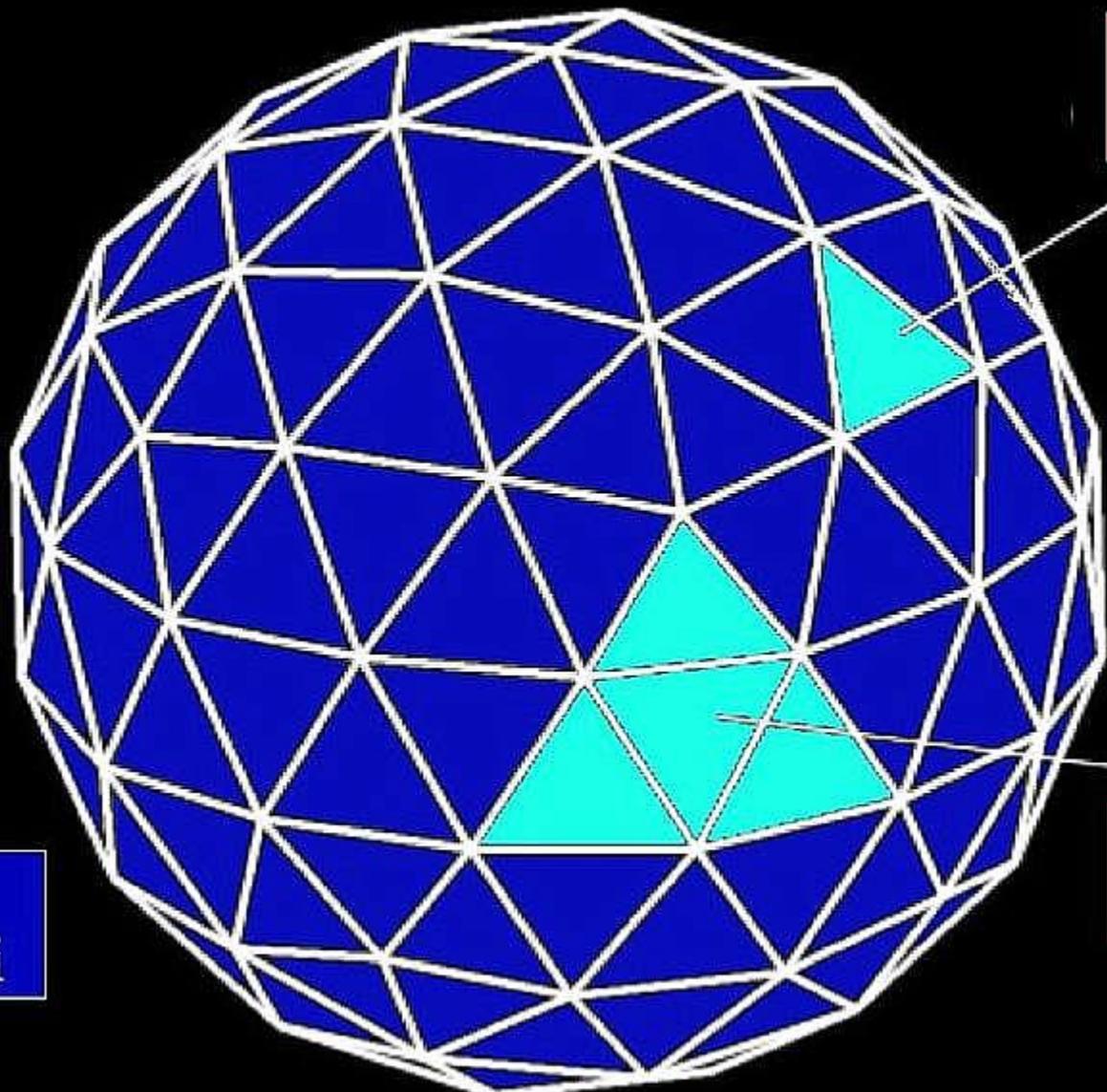
Dimensione	Formula		Valore nel Sistema Internazionale
Lunghezza di Planck	Lunghezza (L)	$l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$	$1,616\ 252(81) \times 10^{-35}$ m
Massa di Planck	Massa (M)	$m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$	$2,176\ 44(11) \times 10^{-8}$ kg
Tempo di Planck	Tempo (T)	$t_p = \frac{l_p}{c} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}$	$5,391\ 24(27) \times 10^{-44}$ s
Temperatura di Planck	Temperatura (Θ)	$T_p = \frac{m_p c^2}{k_B} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G k_B^2}}$	$1,416\ 785(71) \times 10^{32}$ K
Carica di Planck	Carica elettrica (Q)	$q_p = \sqrt{4\pi\epsilon_0 \hbar c}$	$1,875\ 545\ 870 \times 10^{-18}$ C

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

$$c = \frac{l_p}{t_p}$$

$$\hbar = \frac{m_p l_p^2}{t_p}$$

$$G = \frac{l_p^3}{m_p t_p^2}$$

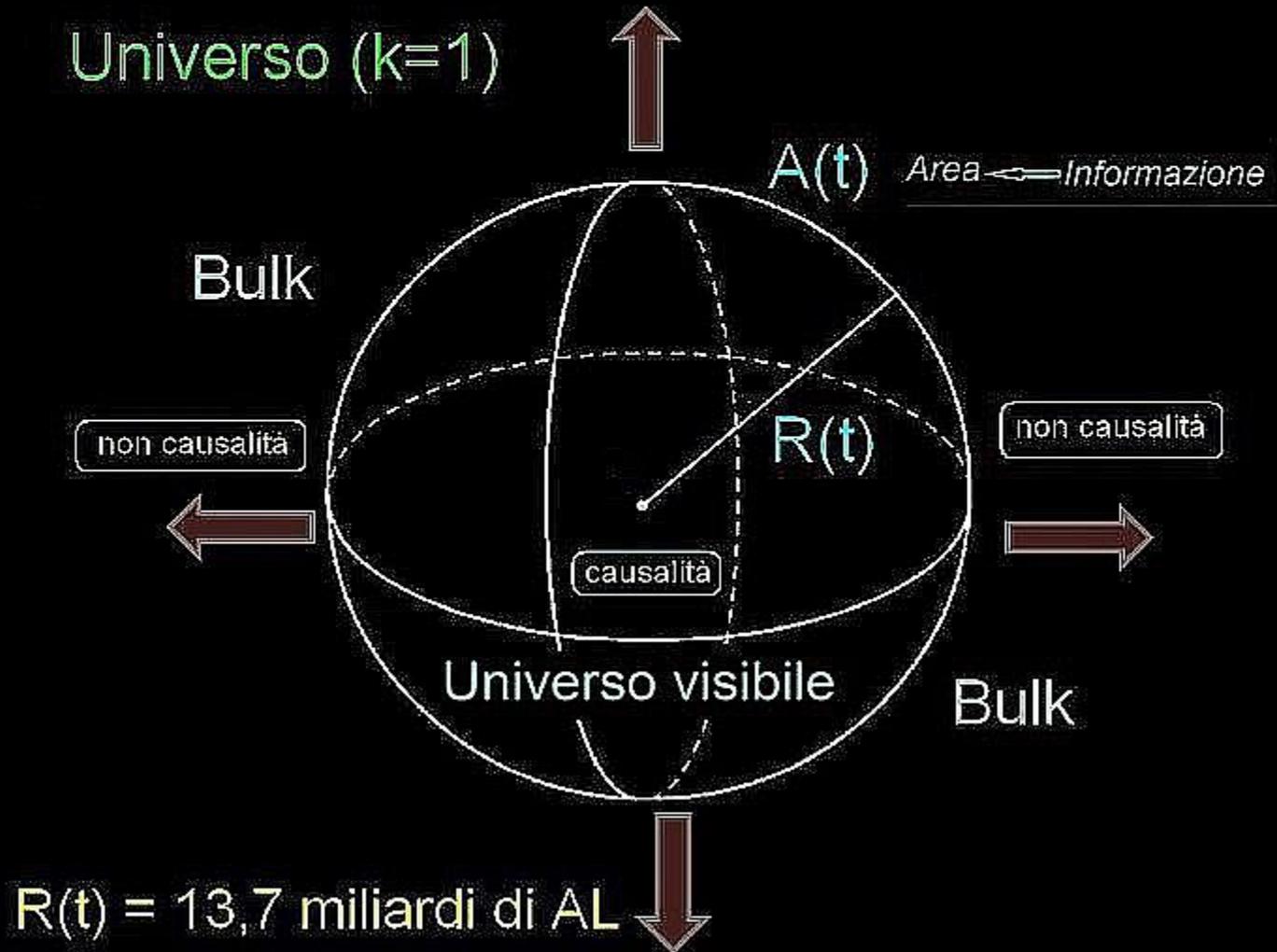


Una unità di Planck

Una unità di entropia

Orizzonte degli eventi

Il continuo aumento dell'Entropia dell'Universo a causa della sua espansione



...il trascorrere del tempo.

$$(t - t_0) = \frac{3.17 \times 10^{-8}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{h \cdot G}{2 \cdot k_B \cdot c^5}} \cdot \frac{1}{\sqrt{S_u(t)}} \cdot \left[S_u(t) - S_u(t_0) \right] \quad (\text{anni})$$

ma anche:

$$(t - t_0) = 3.17 \times 10^{-8} \cdot \left[R(t) - R(t_0) \right] \quad (\text{anni})$$

dove:

$S_u(t)$ = Entropia dell'Universo al tempo t

$S_u(t_0)$ = Entropia dell'Universo al tempo t_0

$R(t)$ = Raggio dell'Universo visibile al tempo t (anni luce)

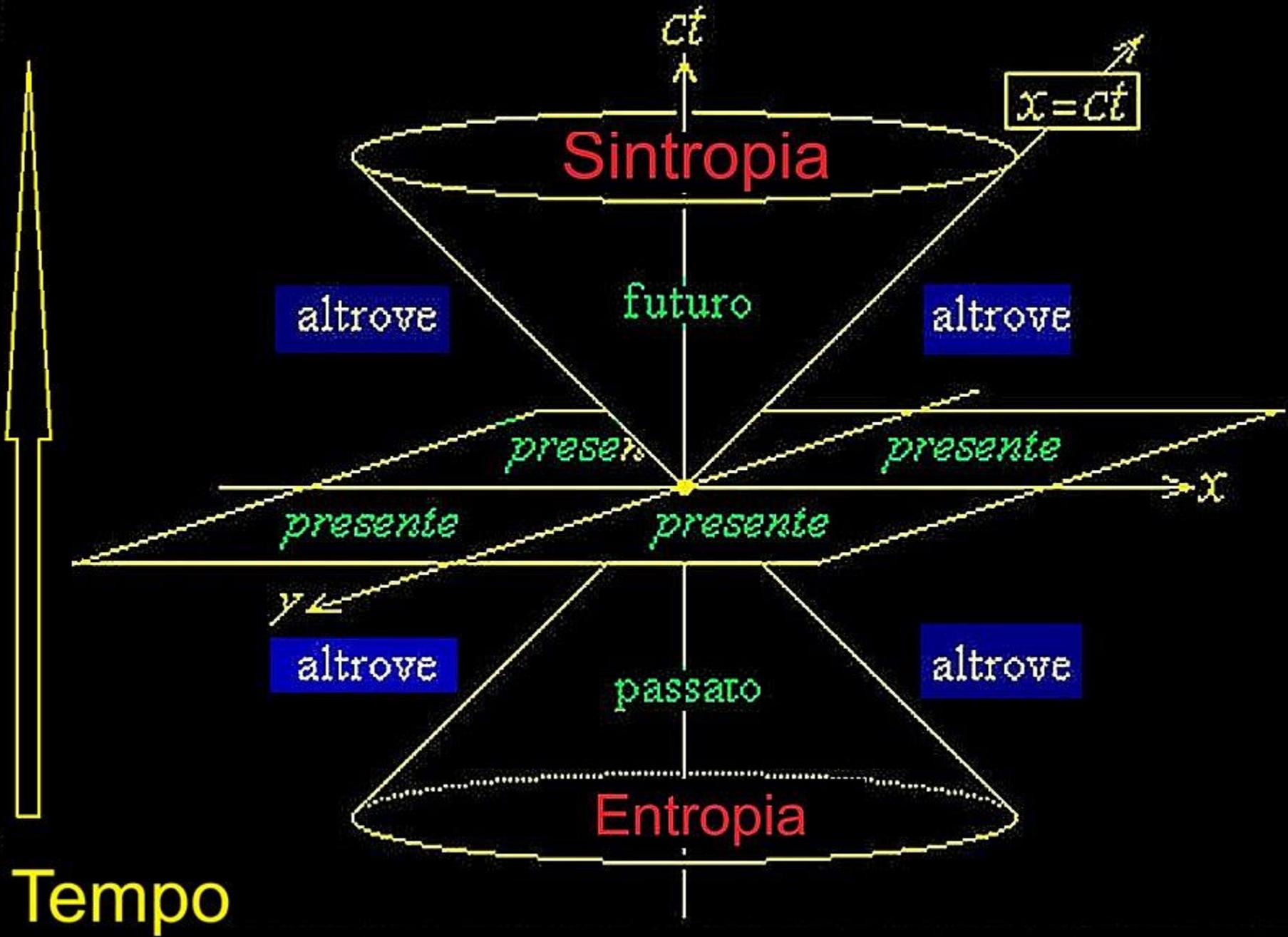
$R(t_0)$ = Raggio dell'Universo visibile al tempo t_0 (anni luce)

h = costante di Plank $6.626\,070\,040(81) \times 10^{-34} \text{ J s}$

G = costante di gravitazione universale $6.674\,08(31) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

K_B = costante di Boltzmann $1.380\,648\,52(79) \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

c = velocità della luce nel vuoto $299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$



**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**

**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

il principio di Brillouin

Brillouin (1964) ha enunciato il suo famoso principio:

$$\Delta I = \Delta S + C$$

$$\Delta I > 0$$

$$C \ll 1$$

dove:

$$C = K_B \cdot \ln(2)$$

K_B = costante di Boltzmann

$$1.380\,648\,52(79) \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

ΔS = aumento di entropia

ΔI = informazione acquisita studiando un sistema

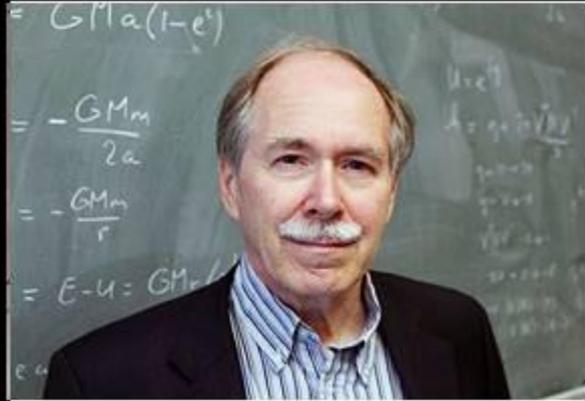
Leon Brillouin (Sèvres, 7 agosto 1899 – New York, 1969) è stato un fisico francese



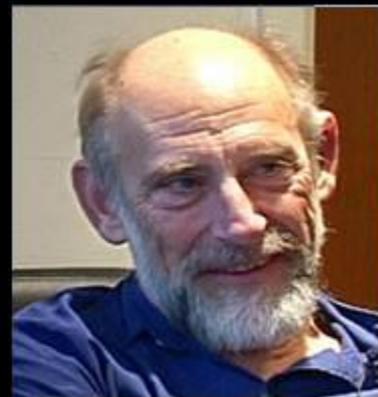
$$\Delta I = \Delta S$$

L'osservazione di un sistema fisico permette di guadagnare una quantità di informazione ΔI , ma questo si paga con un aumento ΔS di entropia del sistema.

...ma anche sull'Entropia dell'Universo.



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'involuppo 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"

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

superficie cosmologica



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

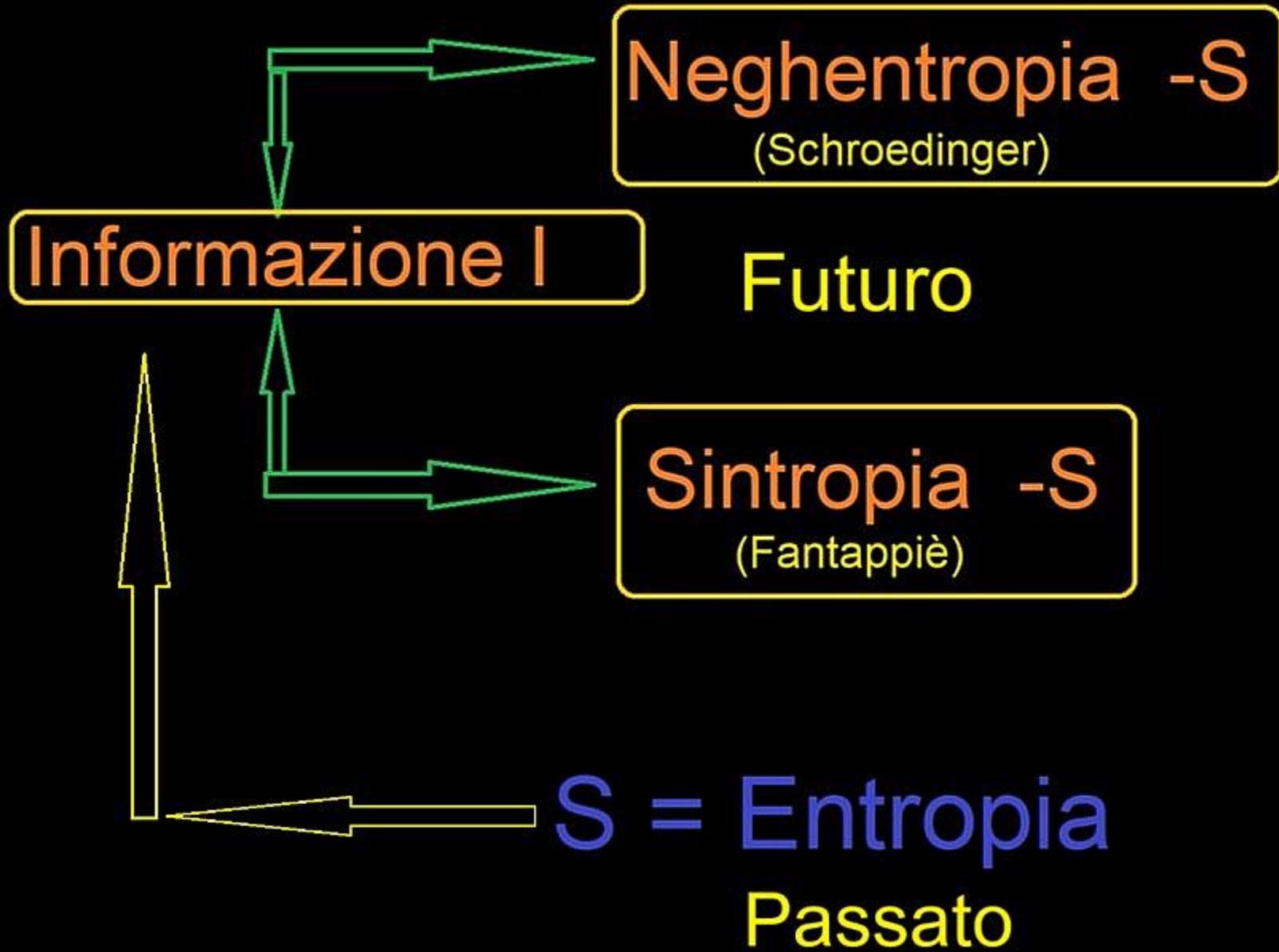
valore massimo

$$\dot{R} \Rightarrow c$$

Universo \Rightarrow BH

$$R(t) = 13,7 \text{ Miliardi di anni luce}$$

$h =$ costante di Plank $6.626\ 070\ 040(81) \times 10^{-34} \text{ J s}$

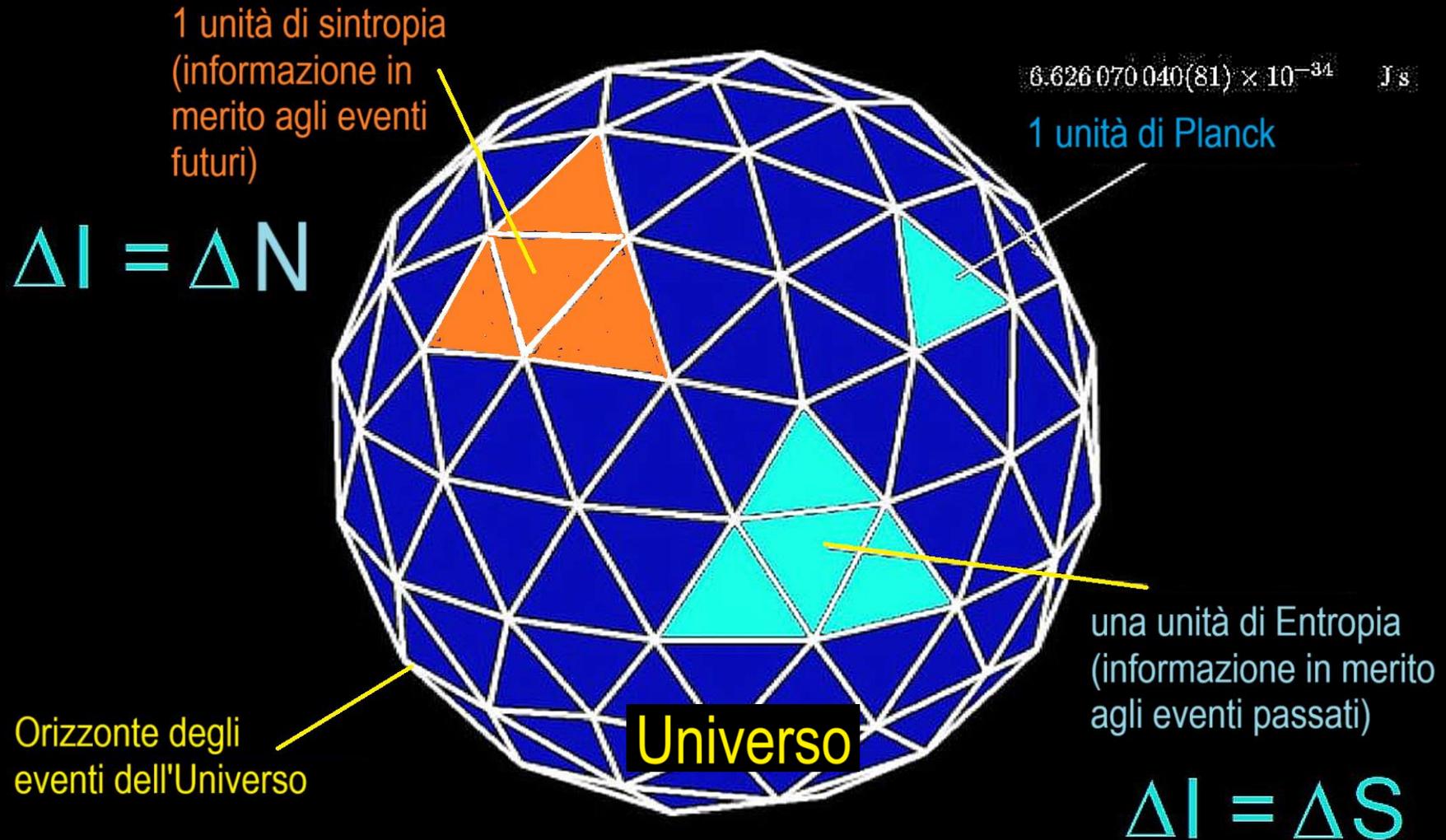


Entropia ← Informazione derivante
dagli eventi passati

Sintropia ← Informazione intorno
agli eventi futuri

L'informazione è già tutta codificata
nell'orizzonte esterno dell'Universo

Codifica dell'informazione



Codifica dell'informazione

Presente = $F(\text{Passato}, \text{Futuro})$

Stato Presente = $G(\text{Entropia}, \text{Sintropia})$

Informazione attuale = $H(\text{Info}(\text{passato}), \text{Info}(\text{futuro}))$

dove:

$F(\cdot)$, $G(\cdot)$, $H(\cdot)$: funzioni sconosciute altamente nonlineari

 (libero) arbitrio

Lloyd (2002) cercò di rispondere alla seguente domanda:

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

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

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:

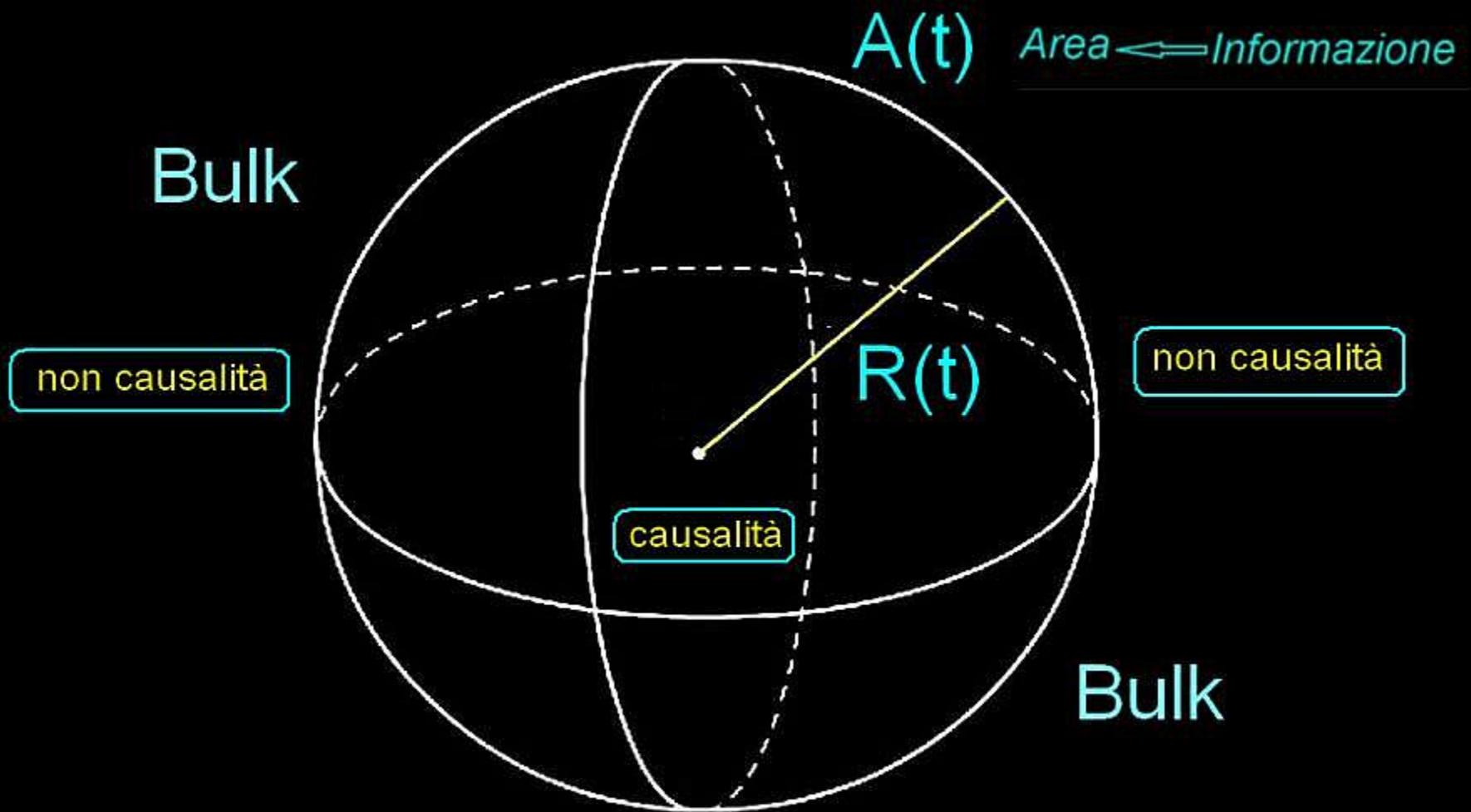
$$I \leq 10^{122} \text{ bits}$$

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

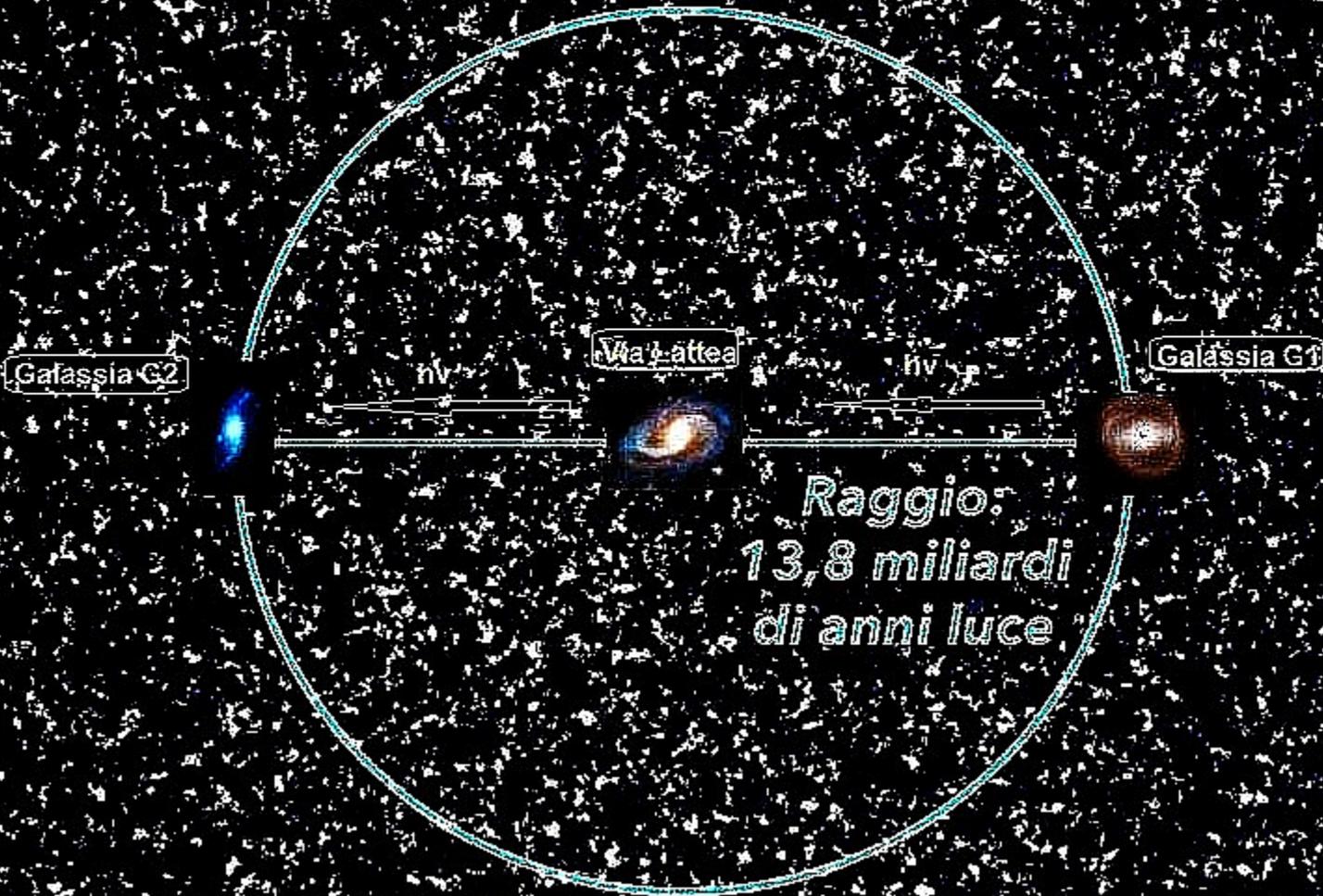
Si crea una superficie che racchiude un volume di spazio a cui abbiamo accesso in maniera causale.

Universo ($k=1$)



$$R(t) = 13,7 \text{ miliardi di AL}$$

Quanto è grande l'Universo?



L'Universo è 38 volte più grande di quello che riusciamo a osservare



La totalità dell'Universo osservabile
Estensione: 93,2 miliardi di anni luce

L'espansione risulterebbe in accelerazione, motivo per cui vi è un limite all'universo *osservabile*, delimitato dall'orizzonte cosmologico, cioè la regione dell'universo oltre il quale ogni oggetto si allontana dall'osservatore a velocità maggiori della luce, tale orizzonte oggi è pari a 46,5 miliardi di anni luce.

Questo orizzonte corrisponde quindi alla distanza massima con cui si può più avere *contatto causale*.

...cioè si può osservare e misurare

Cioè non esisterà mai la possibilità di osservare o scambiare alcun segnale o informazione generato d'ora in avanti con regioni oltre l'orizzonte, cioè in pratica *escono* dalla realtà dell'osservatore e quindi, di fatto, "al di fuori" del "suo Universo".

Vi è da chiarire che sebbene oggetti oltre l'orizzonte cosmologico si allontanano dall'osservatore a velocità maggiori di quelle della luce questo non risulta in contrasto con la relatività generale di Einstein.

Infatti quest'ultima proibisce qualsiasi movimento a velocità superluminali *all'interno* dell'universo ma non pone alcun limite alla velocità di espansione di quest'ultimo.

Informazione codificata nell'Universo

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

Cosa provoca ciò?

...l'Energia Oscura che crea lo Spazio-Tempo...

L'Energia del Vuoto (= Energia Oscura)

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

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

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

\hbar = Costante di Plank ridotta

C = Velocità della Luce ($c=300.000 \text{ Km/sec}$)

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

Densità dell'Energia Oscura

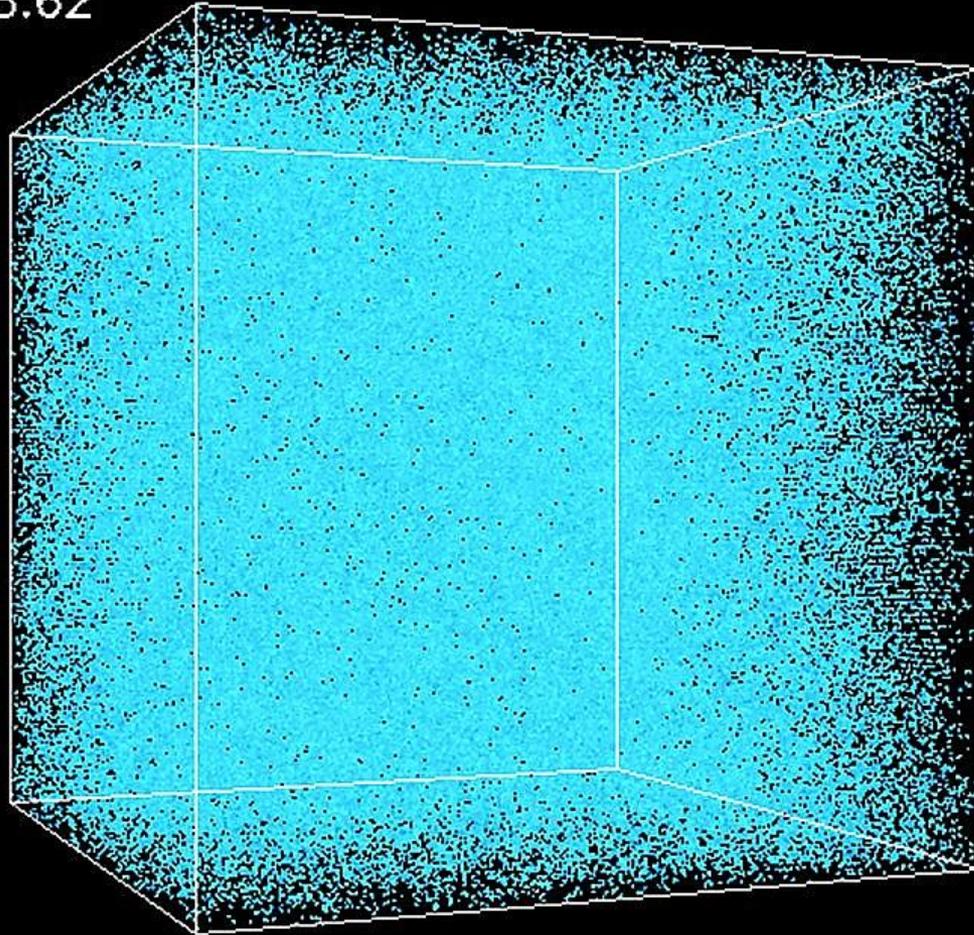


Energia Oscura

- > E' diffusa in tutto l'Universo
- > Ha bassissima densità: 10^{-29} g/cm³
- > Tende a crescere con il tempo
- > Si oppone alla gravità
- > Destruce l'Universo
- > Conduce alla morte l'Universo

Ecco i suoi effetti...

$Z=28.62$



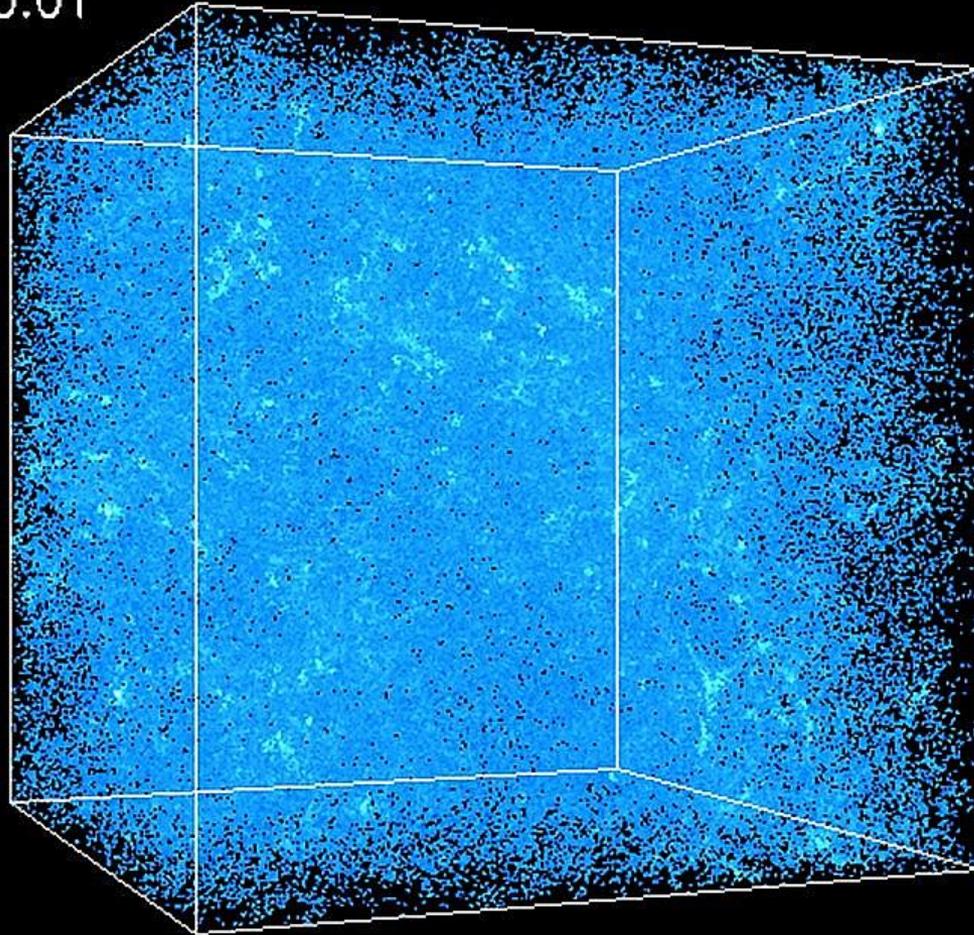
$t = 13.7 / (1+z)^2$ Gy
dopo il Big Bang

$t = 0.0156$ Gy

1 Gy = 1 miliardo di anni

$Z=10.01$

$t = 13.7 / (1+z)^2$ Gy
dopo il Big Bang

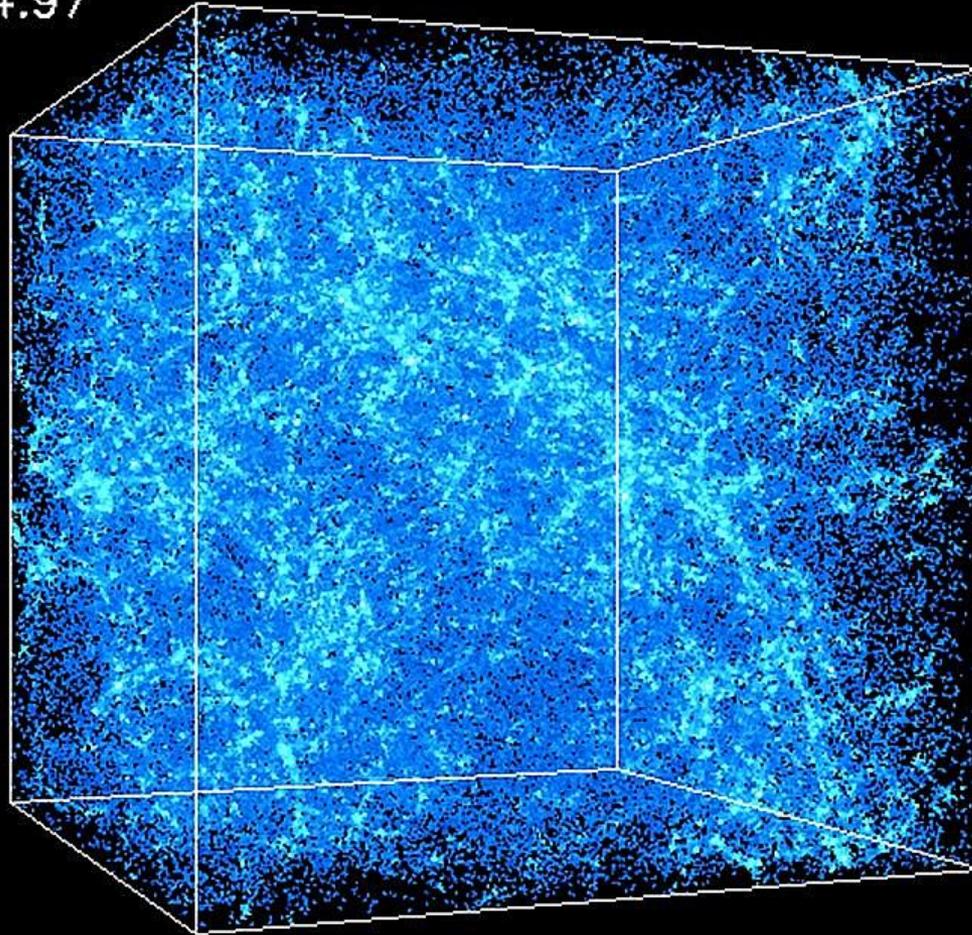


$t = 0.113$ Gy

1 Gy = 1 miliardo di anni

$Z = 4.97$

$t = 13.7 / (1+z)^2$ Gy
dopo il Big Bang

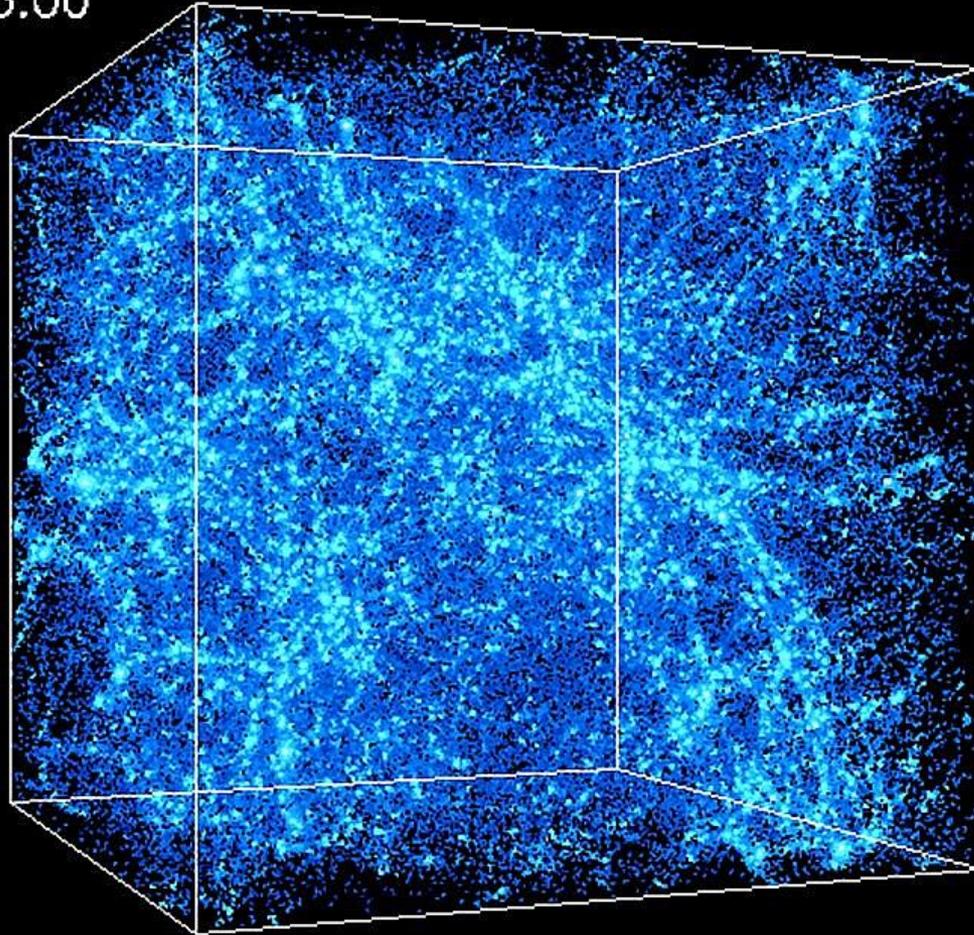


$t = 0.384$ Gy

1 Gy = 1 miliardo di anni

$Z = 3.00$

$t = 13.7 / (1+z)^2$ Gy
dopo il Big Bang

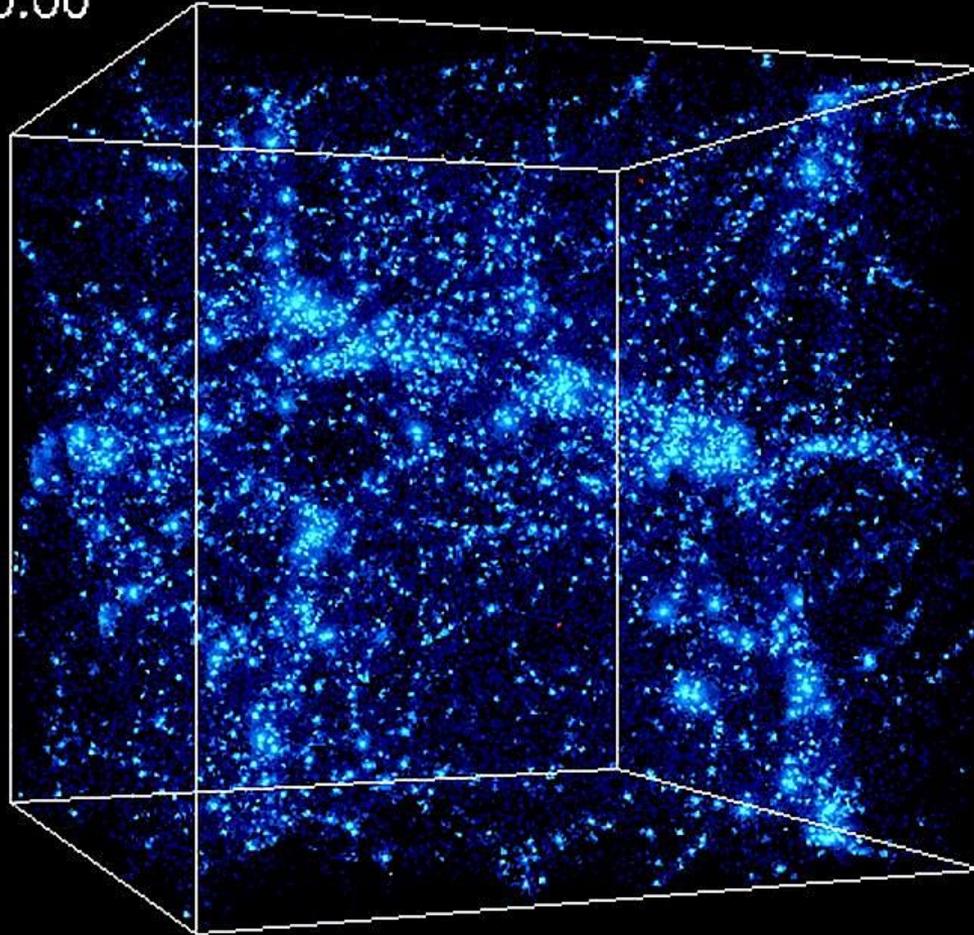


$t = 0.856$ Gy

1 Gy = 1 miliardo di anni

$z = 0.00$

$t = 13.7 / (1+z)^2$ Gy
dopo il Big Bang



$t = 13.7$ Gy
oggi...

1 Gy = 1 miliardo di anni

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

- 3) L'Universo è sostanzialmente a 2 dimensioni le quali creano l'effetto tridimensionale a noi percepibile agendo sull'informazione localmente presente in ogni punto di esso.**
- 4) Ogni punto locale dell'Universo contiene l'informazione completa relativa al tutto l'Universo nel suo insieme.**

Questo spiega bene l'Entanglement

- 5) Ogni istante temporale nell'Universo contiene tutta l'informazione relativa agli altri istanti passati, presenti e futuri di esso, quindi l'informazione sul presente è una combinazione non lineare dell'informazione relativa al passato e di quella relativa al futuro.**

Dove è il libero arbitrio?

Universo bidimensionale



Il destino dell'Universo

Cosa succederà quando

$$V(\text{espansione}) = c$$

... quando la velocità di espansione dell'Universo sarà uguale alla velocità della luce (nel vuoto) ?

$$c = 300000 \text{ Km/sec}$$

...l'Universo sarà in equilibrio termodinamico.

$T(\text{univ}) = 0 \text{ } ^\circ\text{K}$

...l'Entropia sarà massima.

...l'Informazione sarà massima.

10^{122} bits

...l'orizzonte cosmologico sarà un orizzonte degli eventi.

...l'energia oscura avrà vinto

Big Freeze

...tra 16,7 Miliardi di anni

Evoluzione dell'Universo:

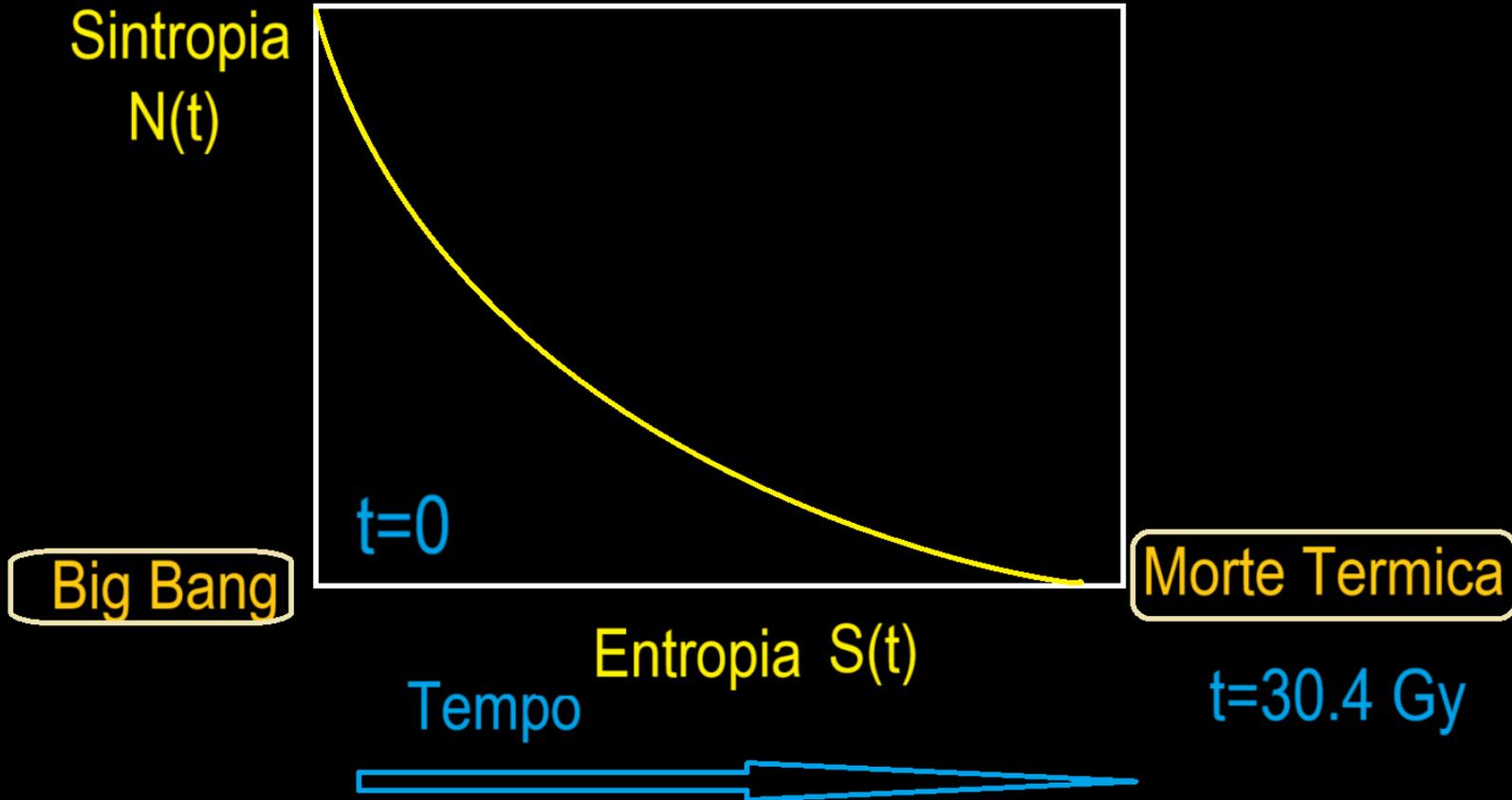
Trasformazione della Sintropia in Entropia

Big Bang = Massima Sintropia e Zero Entropia

Morte Termica = Zero Sintropia e Massima Entropia

Evoluzione dell'Universo:

Trasformazione della Sintropia in Entropia



...l'Energia Oscura che crea lo Spazio-Tempo...

...però nessuno sa cosa sia...

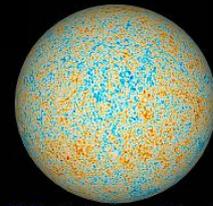
Domande strane... (ma legittime...)

L' Energia Oscura è "l'intelligenza dell'Universo"?

L' Energia Oscura rende l'Universo una entità cosciente e senziente?

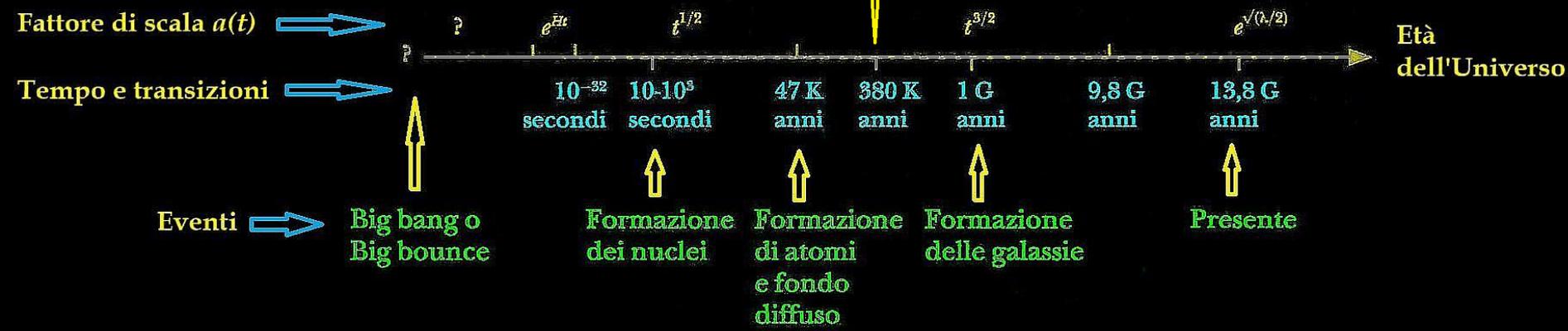
L' Energia Oscura stabilisce le leggi della Fisica valide in un dato Universo?

Evoluzione dell'Universo:

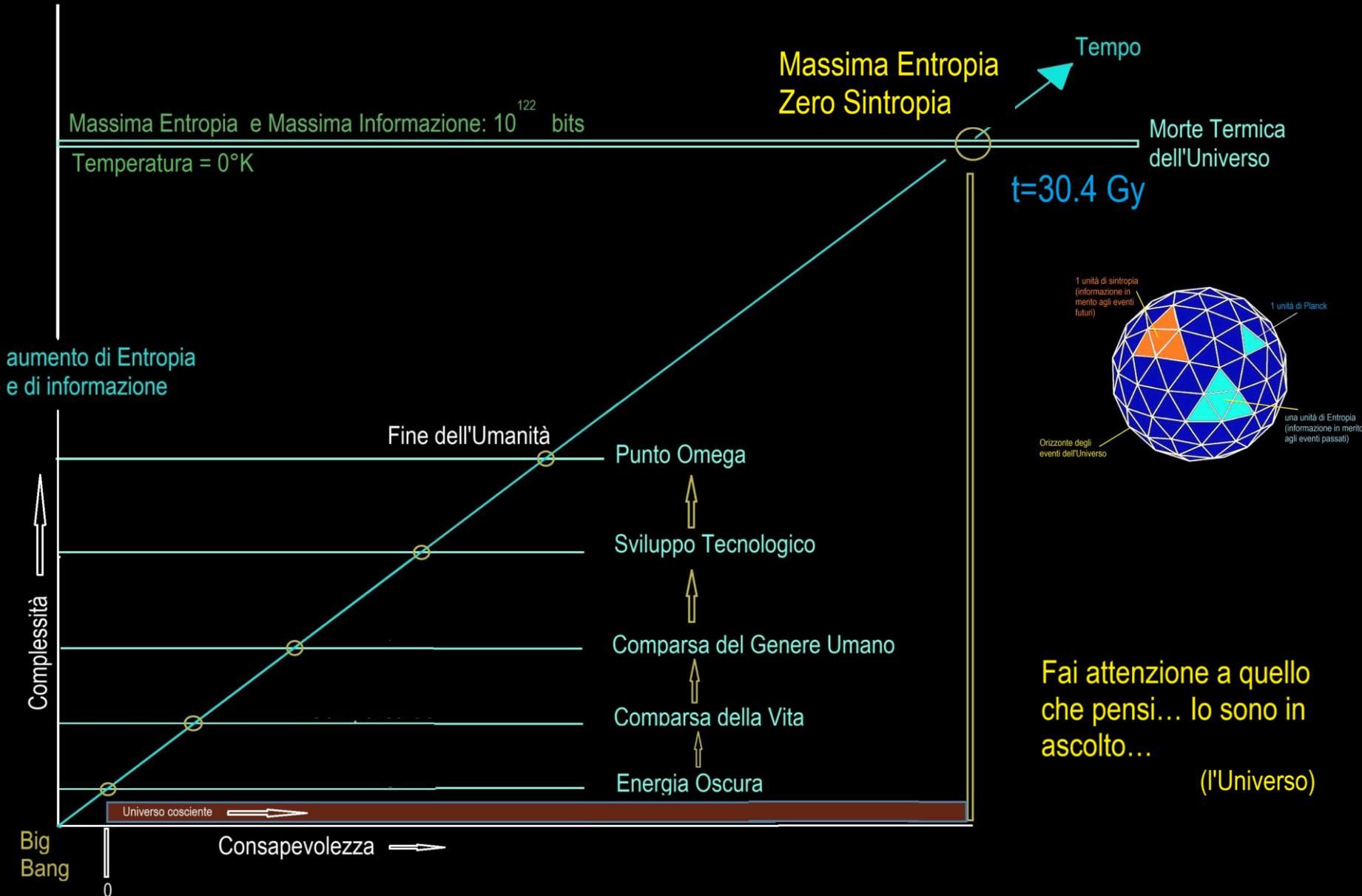


CMB flux (Cosmic Microwaves Background) anisotropia termica

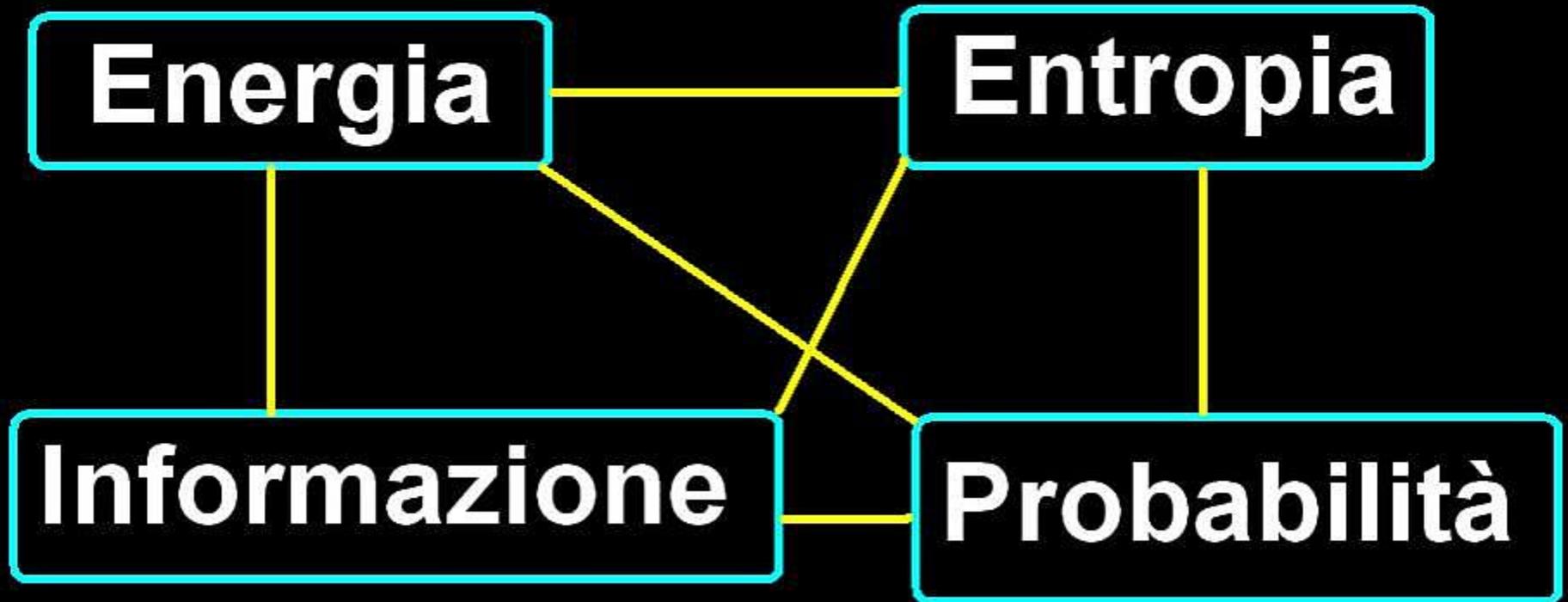
Componente che domina la dinamica dell'Universo



Universo cosciente



Corrispondenze



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 condiziona 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



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"

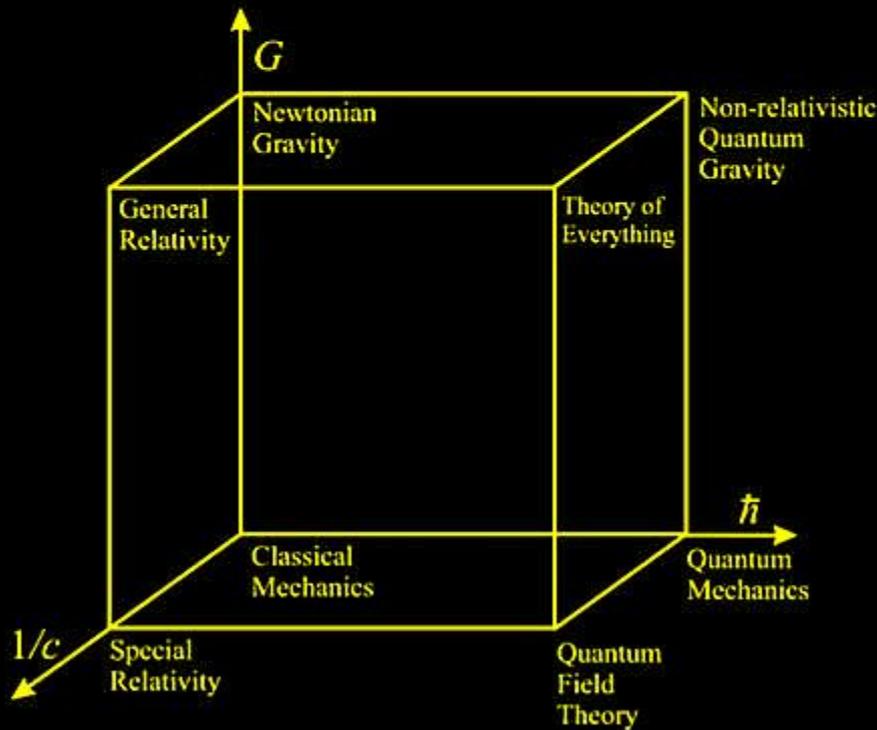
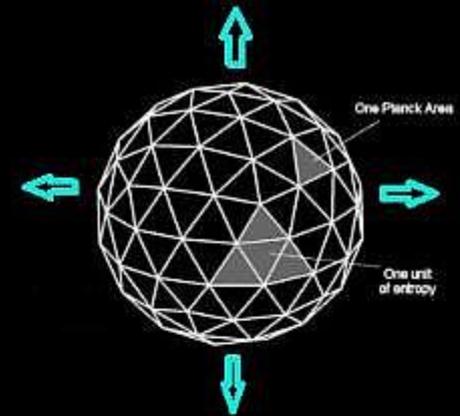
...diversi Universi, diverse leggi Fisiche

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.

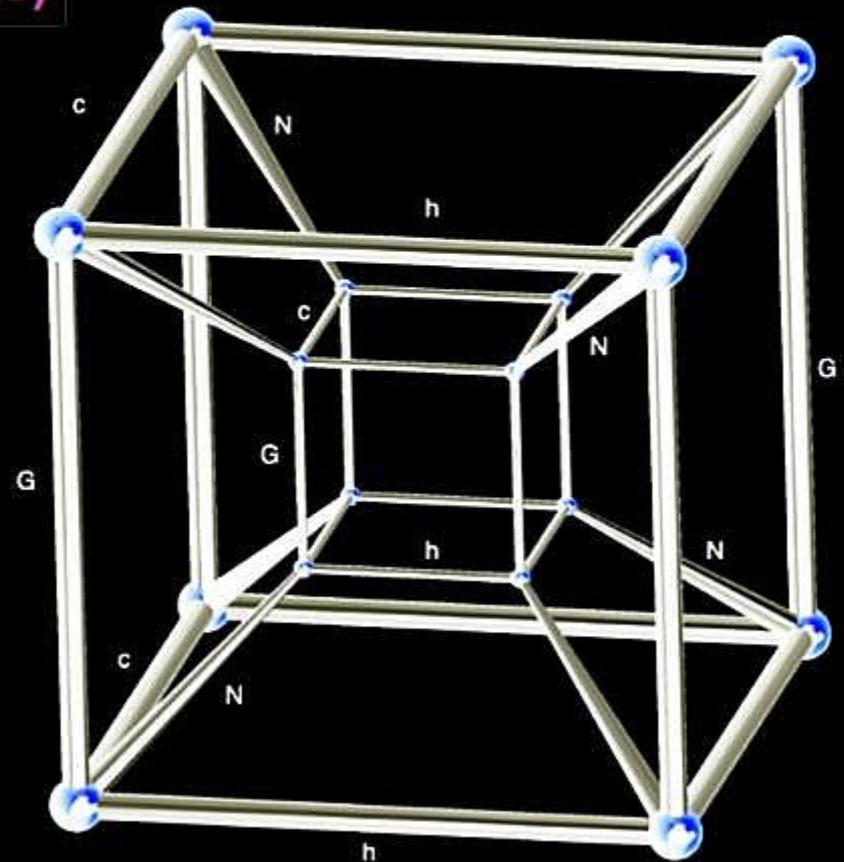
...quindi: G e c potrebbero variare su tempi scala cosmologici

Aumento progressivo dell'Informazione (N bits) nell'Universo a causa della sua espansione

(variazione delle costanti fisiche)



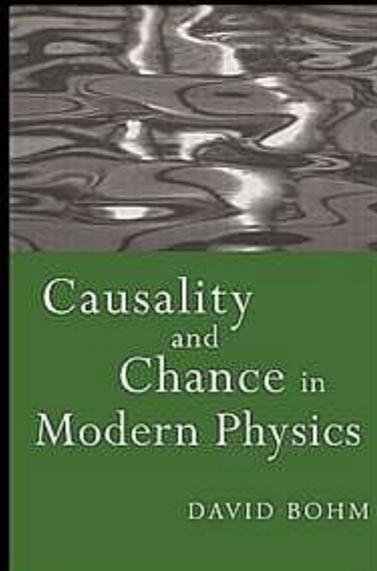
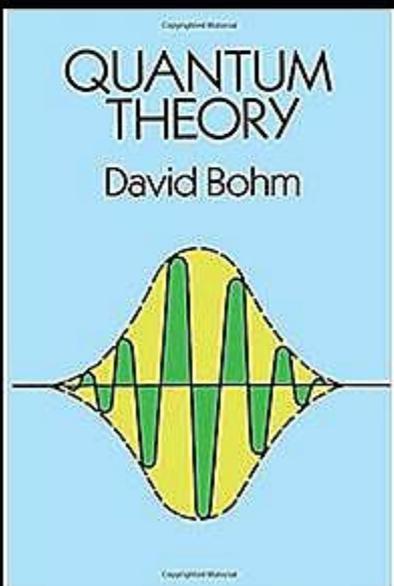
Situazione attuale



Futuro

Fenomeni Naturali

Ogni fenomeno naturale è una percezione della variazione locale del **Campo Informativo** che pervade tutto l'Universo



Il campo informativo contiene due livelli di Ordine:

Ordine Esplicito

Ordine Implicito

Teoria delle Variabili Nascoste
(metafora del mazzo di carte)

Ordine Esplicito

*...si riferisce ai fenomeni che noi possiamo osservare. E' l'ordine manifesto della nostra realtà che noi sperimentiamo quotidianamente
E' una pura illusione...*

Ordine Implicato

...è quello che pilota la realtà che osserviamo. Si riferisce alla "Realtà vera e assoluta" che è generata dall'interazione dell'informazione presente nell'Universo.

L'Ordine Implicato stabilisce che ogni regione locale, infinitamente piccola, dell'Universo contiene l'informazione completa su tutto l'Universo nella sua totalità.

Universo

produce



Ordine implicato

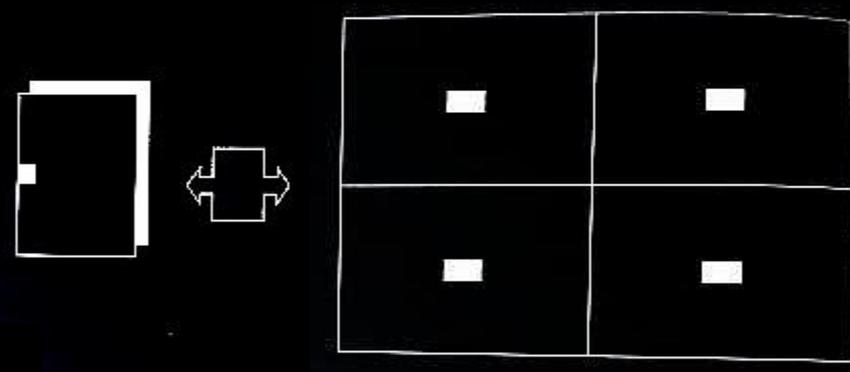
produce



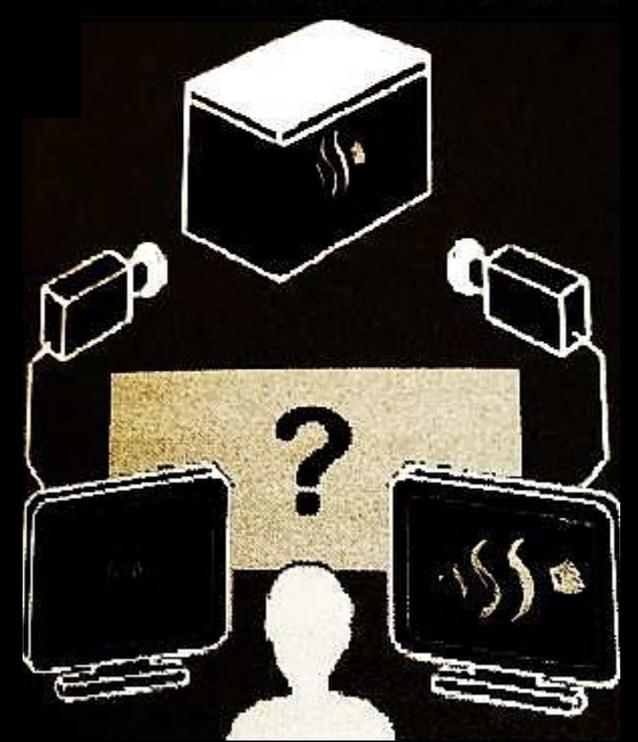
Ordine Esplicito

Cosmologia

Fenomeni osservati



metafora del foglio ripiegato



metafora dell'acquario

**Ordine
implicato**

produce



**Ordine
Esplicito**

Entropia implicata
Informazione impl.
Energia implicata

Entropia esplicita
Informazione espl.
Energia esplicita

Energia del Vuoto?

Energia Ordinaria?

Campo del punto Zero

Schiuma quantistica

Ontologia

Quello che è vero...

Epistemologia

Quello che sappiamo e come lo sappiamo...

Informazione
relativa agli eventi
futuri

$$\Delta I = \Delta N$$

Ordine Implicato

Sintropia

Ordine

Disordine

Ordine Esplicito

Entropia

Informazione
proveniente dal
Passato

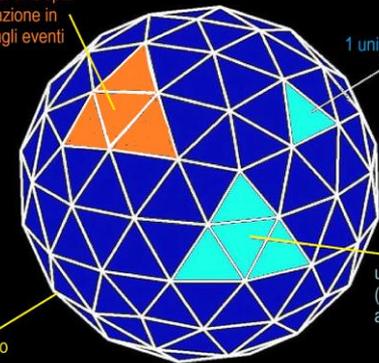
$$\Delta I = \Delta S$$

1 unità di sintropia
(informazione in
merito agli eventi
futuri)

1 unità di Planck

Orizzonte degli
eventi dell'Universo

una unità di Entropia
(informazione in merito
agli eventi passati)



Gravità Entropica

Erik Peter Verlinde (Woudenberg, 21 gennaio 1962) è un fisico olandese.

Si occupa di fisica teorica e teoria delle stringhe. È fratello gemello di Herman Verlinde, anch'egli fisico teorico. Ha dato il nome alla "formula di Verlinde", importante nella teoria di campo conforme (CFT) e nella teoria topologica del campo quantistico (TQFT). Attualmente lavora presso l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Amsterdam.

Nel corso di un simposio tenutosi l'8 dicembre 2009 presso lo Spinoza Instituut a Utrecht ha presentato una teoria che deriva dalla meccanica newtoniana. Il 6 gennaio 2010 ha quindi pubblicato *On the Origin of Gravity and the Laws of Newton*, che si può tradurre in: "Sull'origine della gravità e delle leggi di Newton". In tale teoria l'esistenza della gravità è spiegata in ragione di una differenza nella concentrazione di informazione nello spazio vuoto che separa e circonda due masse. La gravità sarebbe quindi una forza entropica, l'effetto di una causa esistente ad un livello più profondo della realtà microscopica. In un'intervista con il giornale *de Volkskrant* ha affermato che a livello microscopico le leggi di Newton non si applicano, ma a livello di mele e pianeti sì. Come per la pressione dei gas: le molecole del gas in sé non hanno alcuna pressione, ma un contenitore pieno di gas sì.



Erik Peter Verlinde

Gravità Entropica

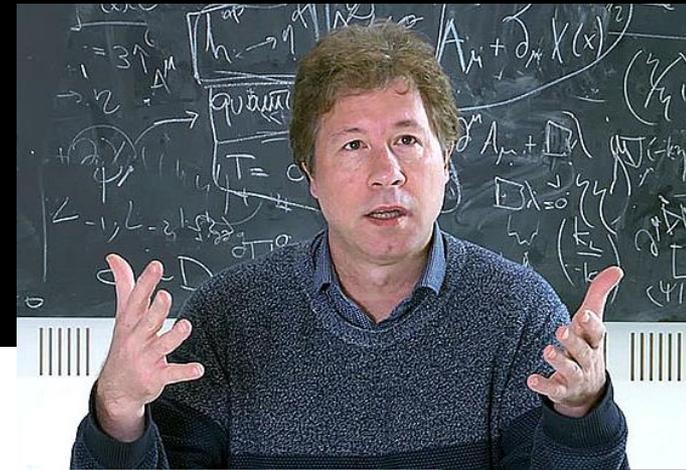
On the Origin of Gravity and the Laws of Newton

Erik Verlinde¹

Institute for Theoretical Physics
University of Amsterdam
Valckenierstraat 65
1018 XE, Amsterdam
The Netherlands

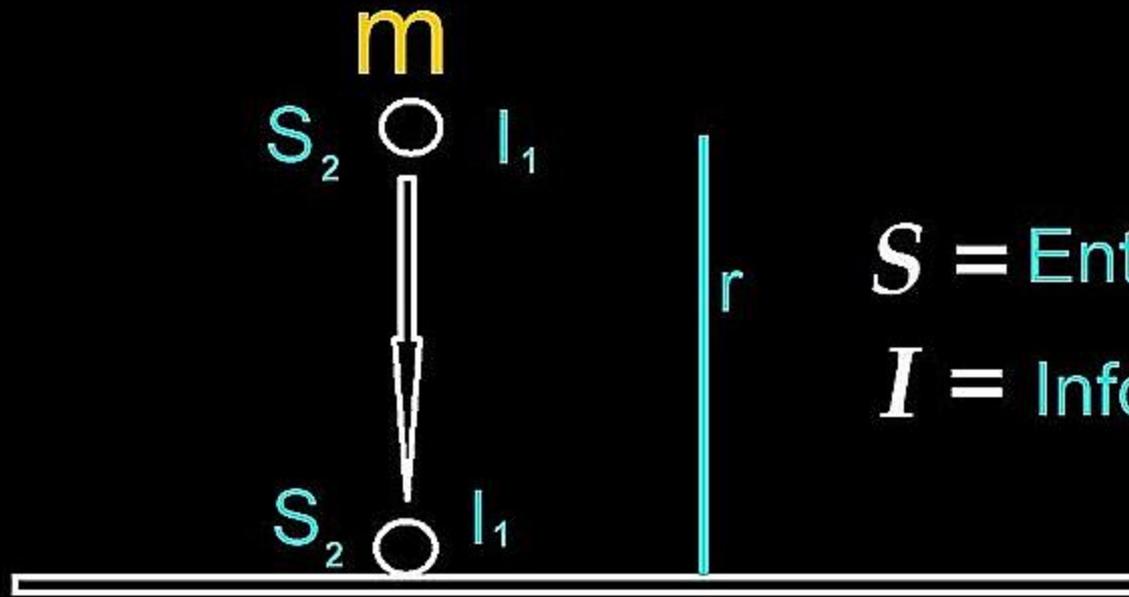
Abstract

Starting from first principles and general assumptions Newton's law of gravitation is shown to arise naturally and unavoidably in a theory in which space is emergent through a holographic scenario. Gravity is explained as an entropic force caused by changes in the information associated with the positions of material bodies. A relativistic generalization of the presented arguments directly leads to the Einstein equations. When space is emergent even Newton's law of



Erik Verlinde

Quando un corpo cade...



S = Entropia

I = Informazione (bits)

$$S = k_B \cdot \log_2(I)$$

Gravità Entropica

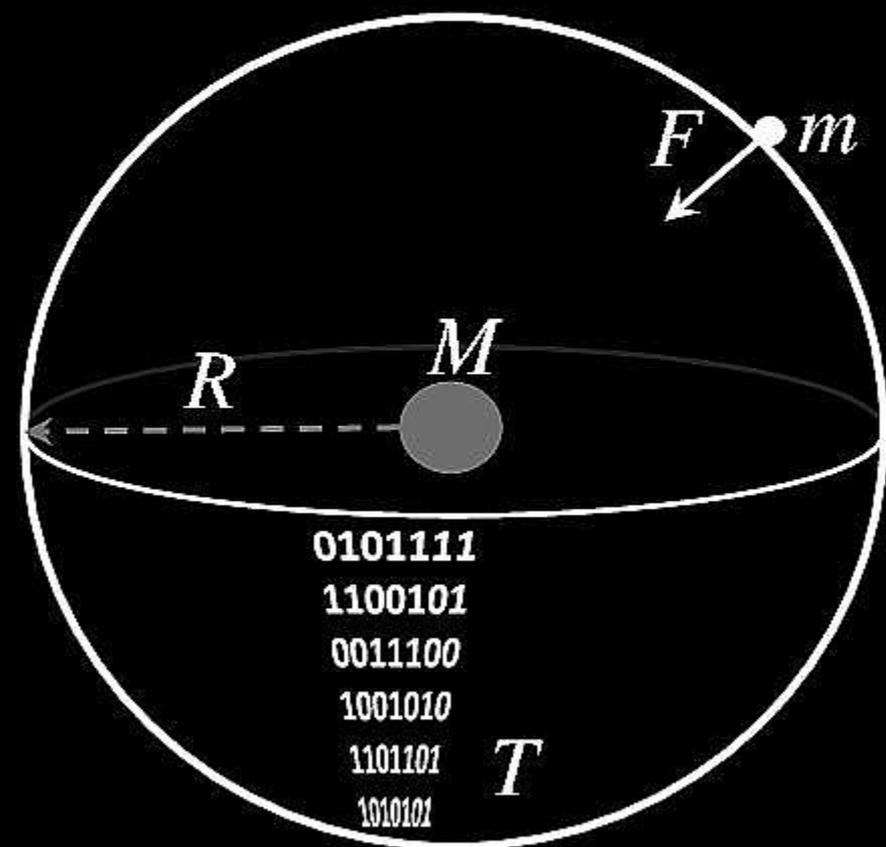
La Forza di Gravità, come noi la percepiamo, è dovuta ad una variazione locale dell'Entropia dovuta alla presenza di corpi materiali dotati di massa.

La Gravità corrisponde ad una variazione dell'Informazione nel Campo Informativo locale.

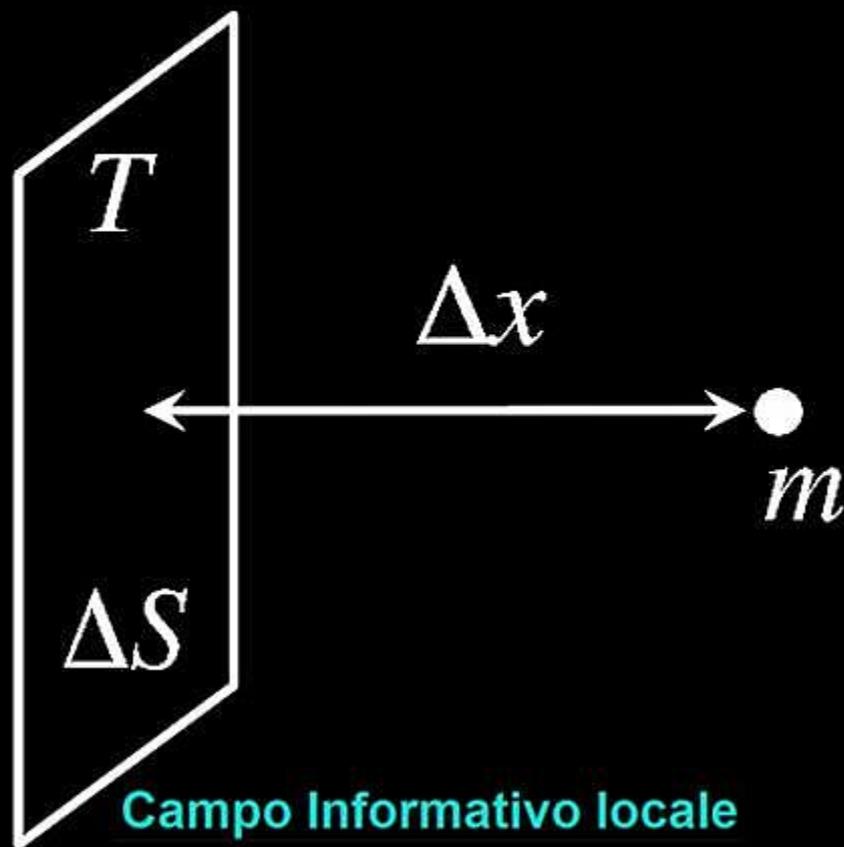
Gravità Entropica

$$\frac{1}{T} = \frac{\partial S}{\partial E},$$

$$\frac{F}{T} = \frac{\partial S}{\partial x}.$$

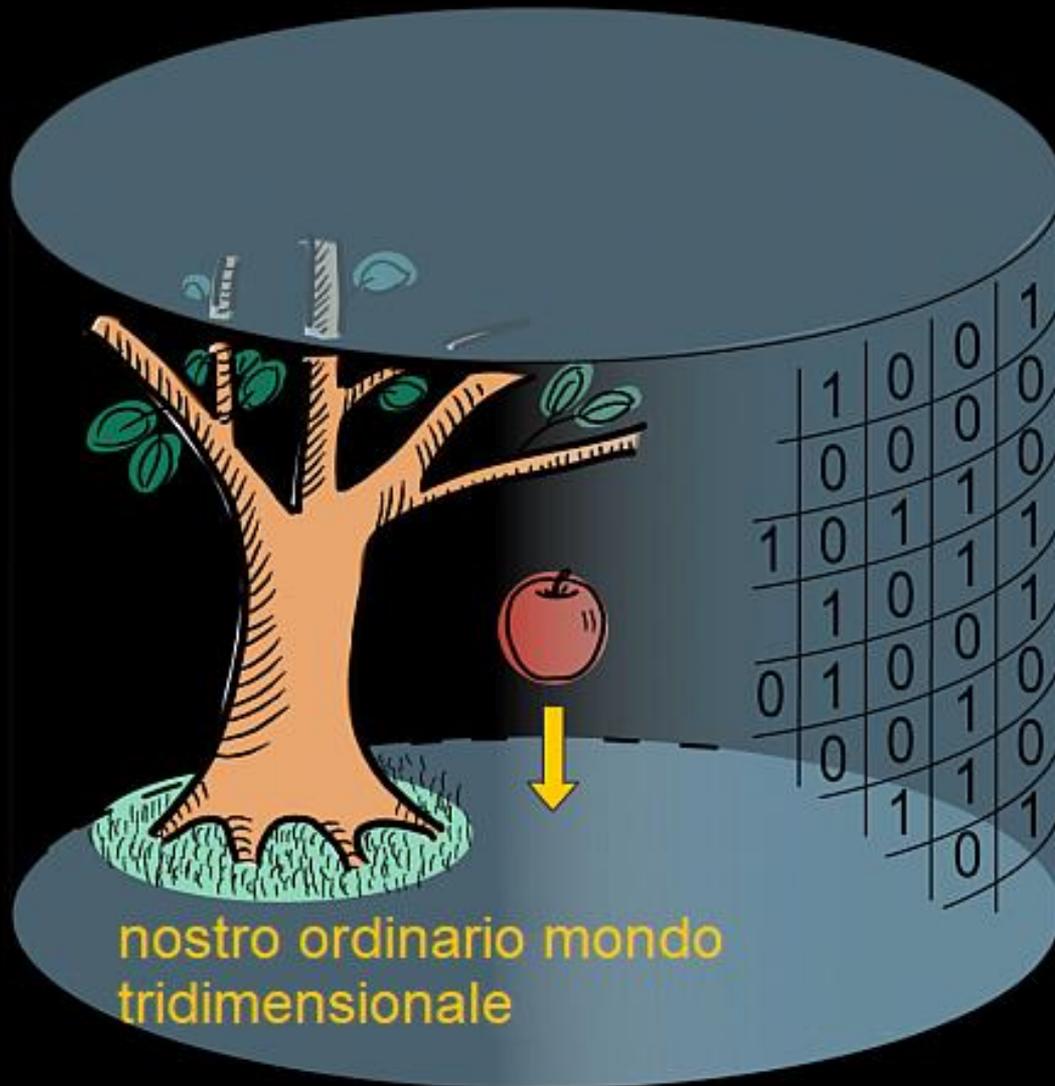


Campo Informativo locale



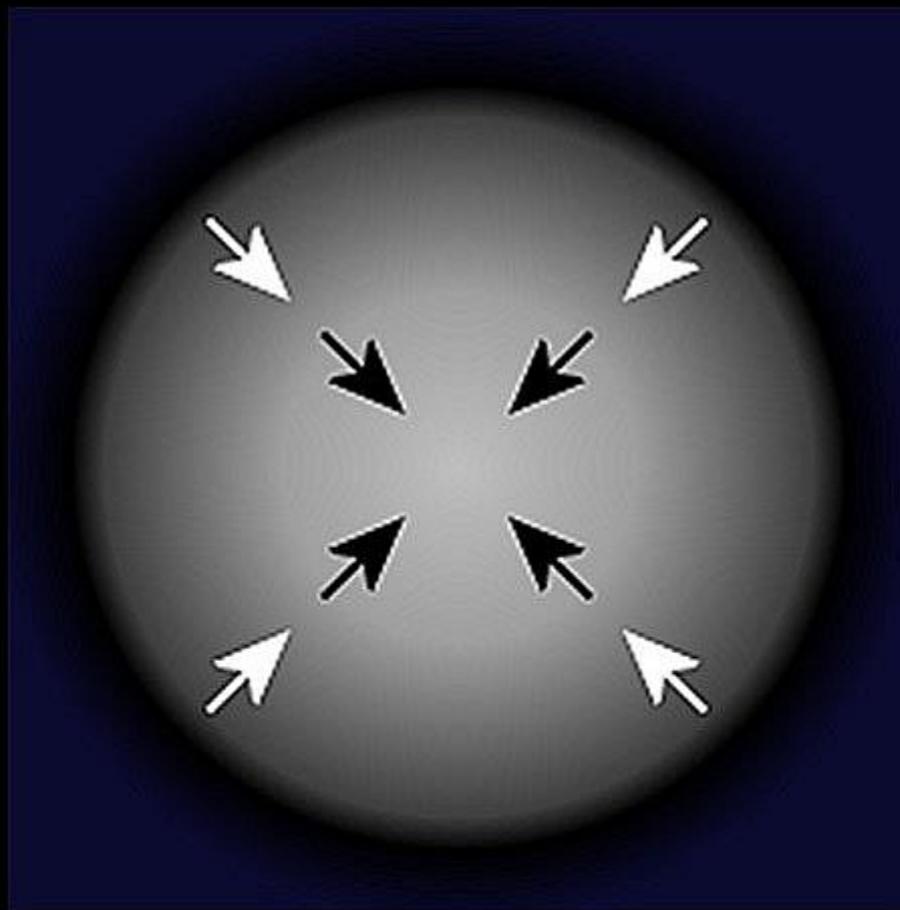
Campo Informativo locale

Gravità Entropica



Campo Informativo
Entropia
Informazione

Un collasso gravitazionale produce un aumento di Entropia...



Quindi...

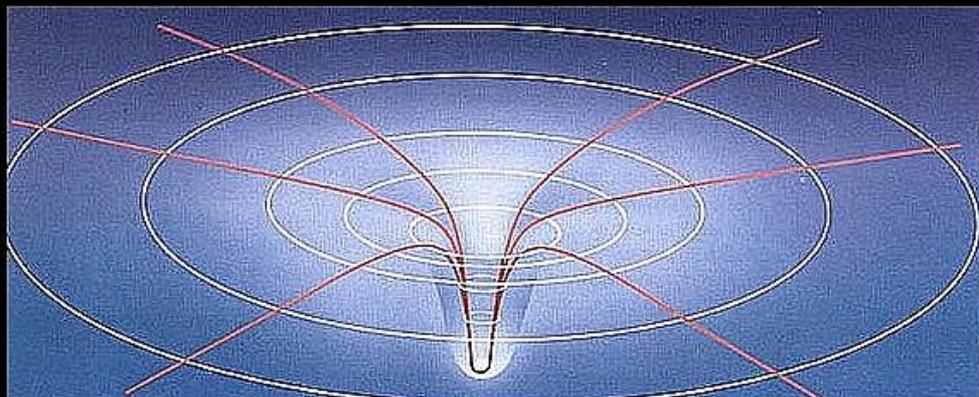


Le stelle si formano con un collasso gravitazionale.

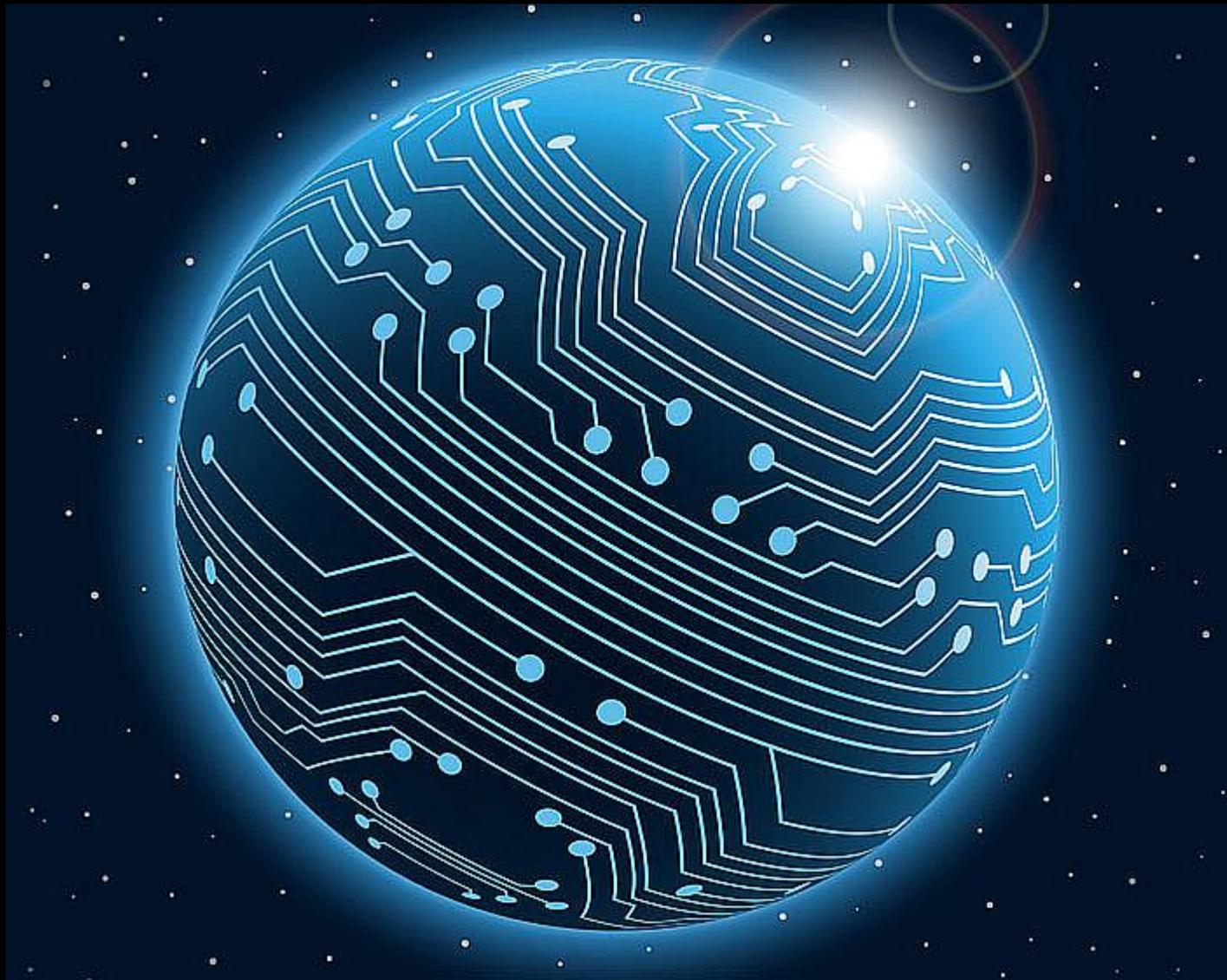
Le stelle muoiono con un collasso gravitazionale...

L'Entropia sempre aumenta.....

l'Informazione sempre aumenta...



Noi, qui, ora....



Campo magnetico (f.e.m.)

Equazioni di Maxwell

Campo gravitazionale (Gravità)

Equazione di Newton

Equazione di Einstein (Relatività Generale)

Gravità Entropica

Campo informativo (Informazione)

Potenziale Quantico di Bohm

Entropia di Bernstein-Hawking

Campo magnetico (Misurabile)

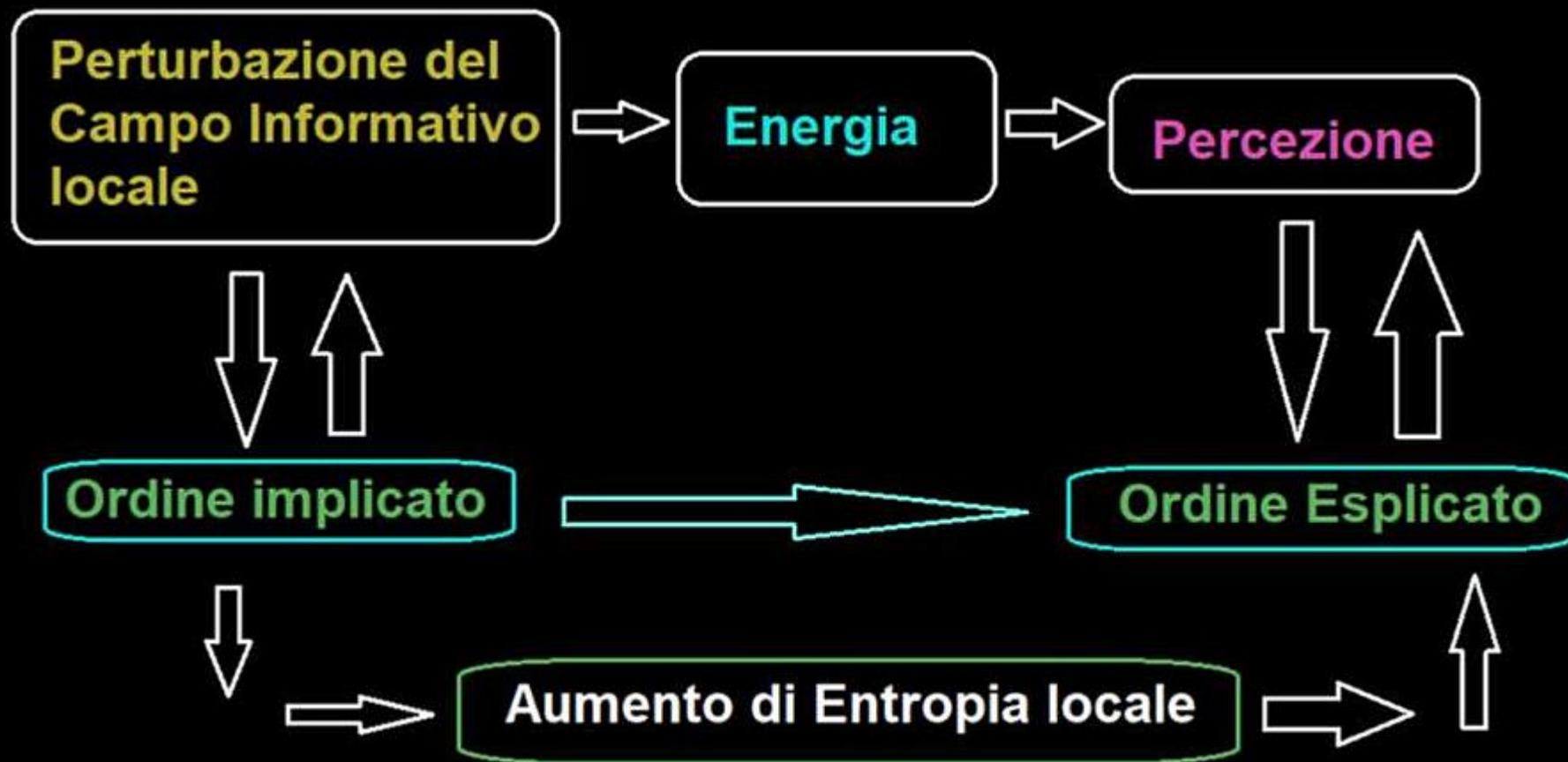
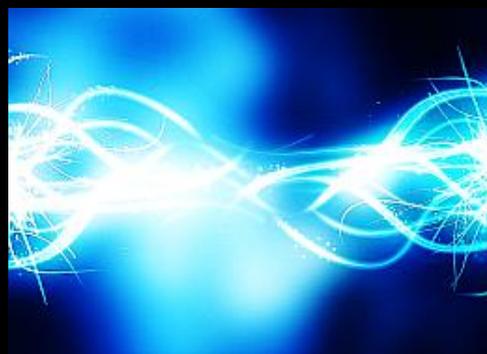
(Terra)

Campo gravitazionale (Misurabile)

(Terra + Sole + Luna)

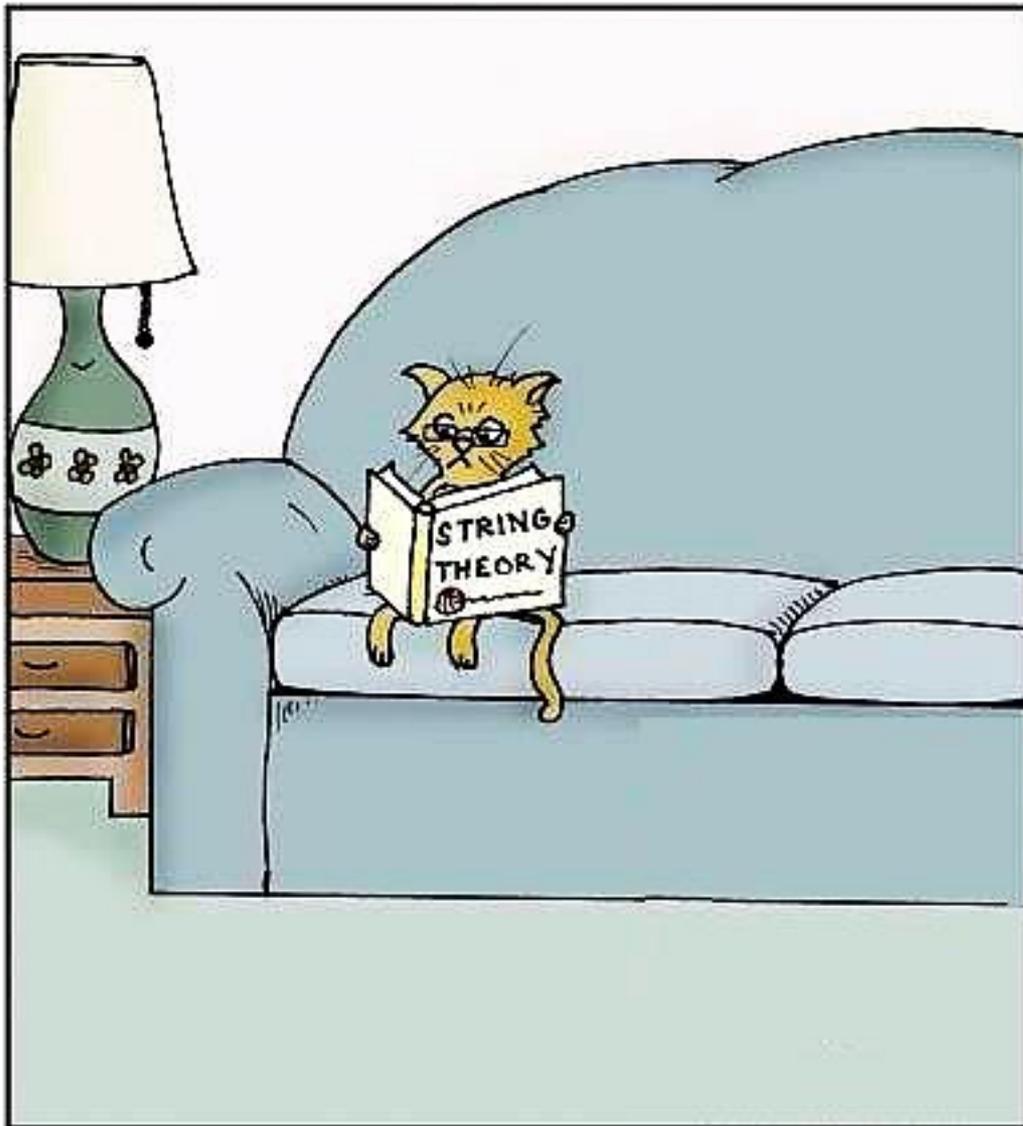
Campo informativo (Rilevabile, ma non misurabile)

(Universo)



**La Teoria dell'Universo Olografico
permette (entro certi limiti) di rendere
conto dei fenomeni olistici....**

...ma questa è un'altra storia...



Grazie per
l'attenzione!