

Università "Primo Levi"



3 Febbraio 2017

Introduzione al corso di Astronomia

Bedogni Roberto INAF Osservatorio Astronomico di Bologna

<http://www.bo.astro.it/~bedogni/>
email: roberto.bedogni@oabo.inaf.it



Luce=informazione
L'Astronomia è una scienza osservativa

Luce – Astronomia -Informazione



Tutto ciò che osserviamo nel cielo notturno è la “luce” emessa, assorbita o riflessa dai corpi celesti

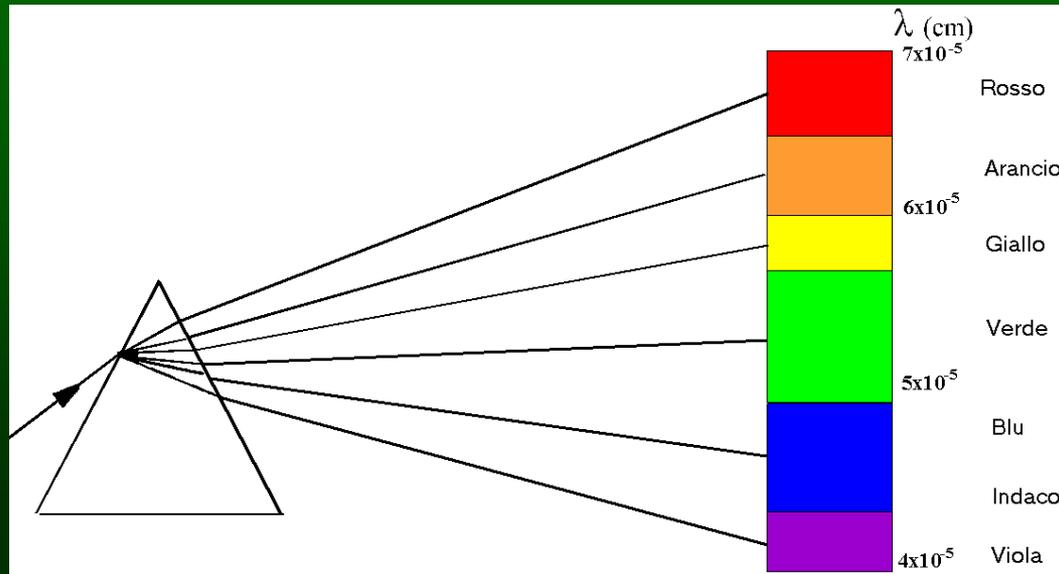
Possiamo quindi misurare :

1. L'intensità luminosa della sorgente (fotometria)
2. Le singole componenti luminose (alle diverse lunghezze di onda - spettroscopia)
3. L'altra componente osservativa è costituita dal vento solare ed dai raggi cosmici : particelle energetiche, antiparticelle, antimateria ... materia oscura (?)

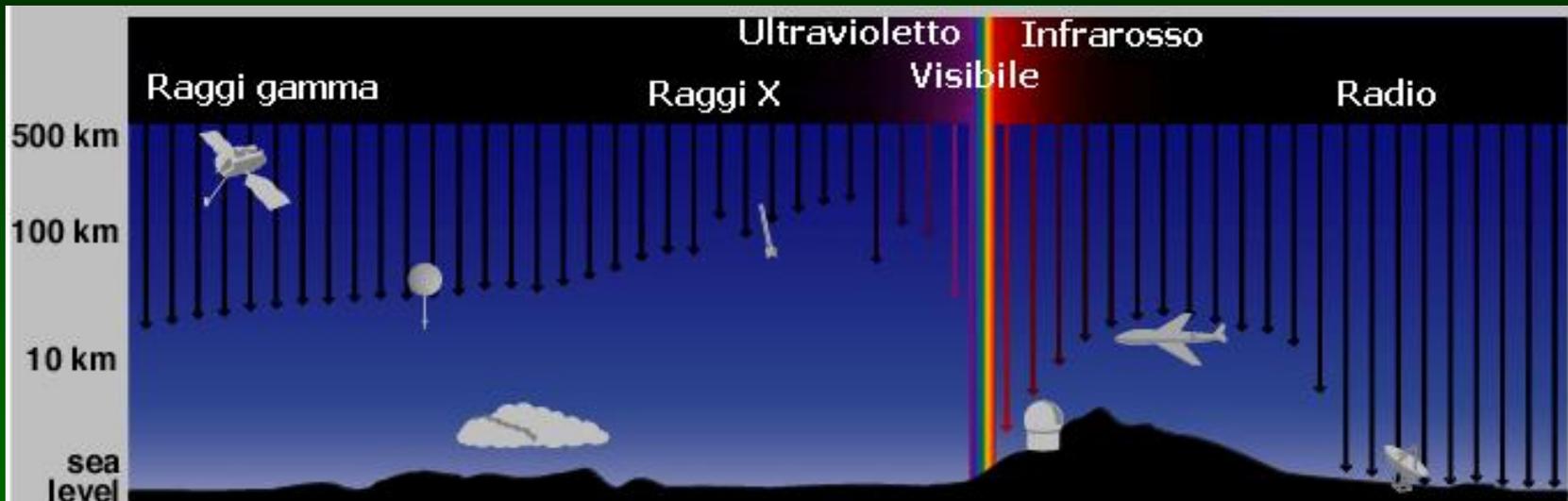
La velocità della luce



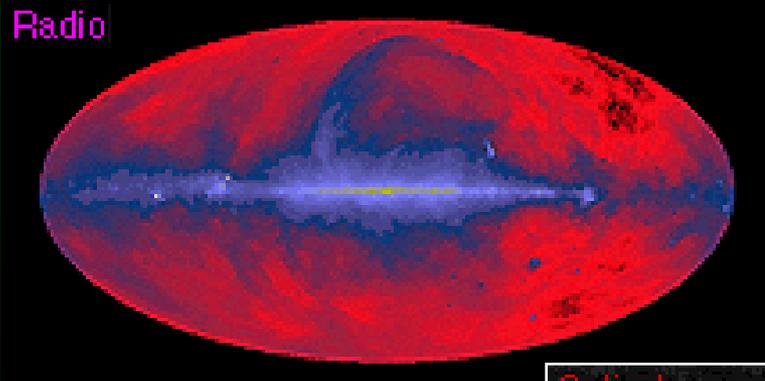
Lo spettro visibile ...ed oltre



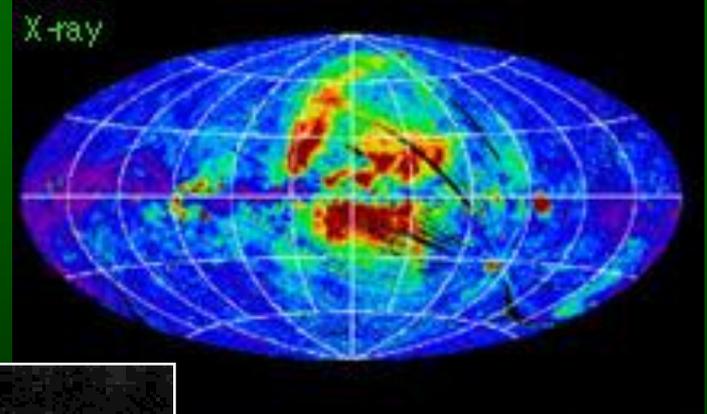
... una piccola parte dello spettro elettromagnetico



Nuove finestre sul cielo per la Galassia



Radio



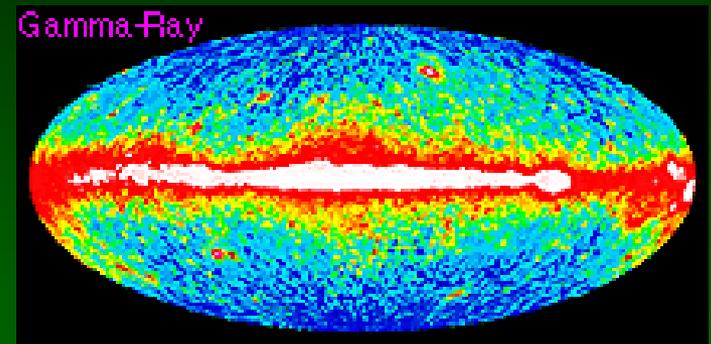
X ray



Visuale



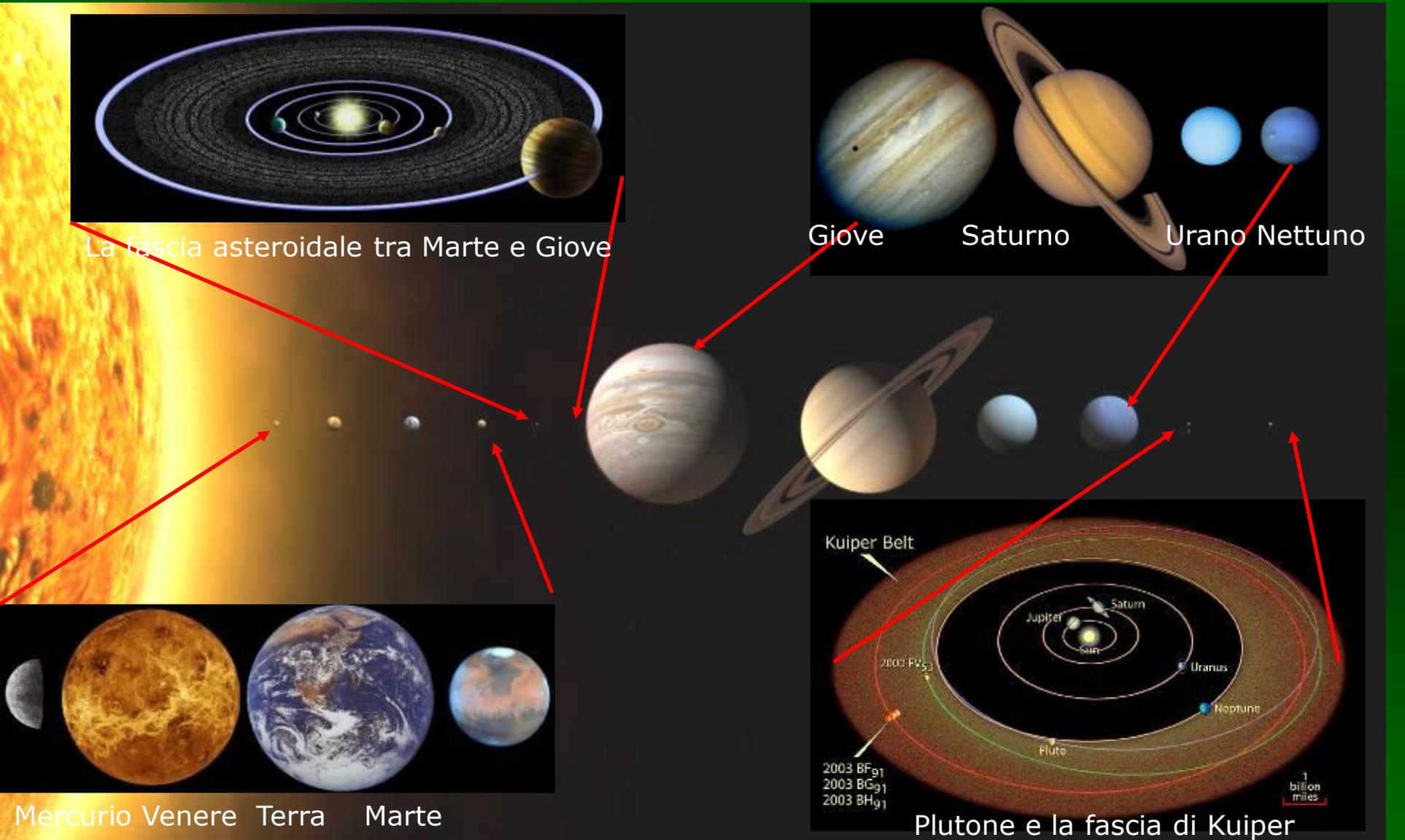
Infrarosso



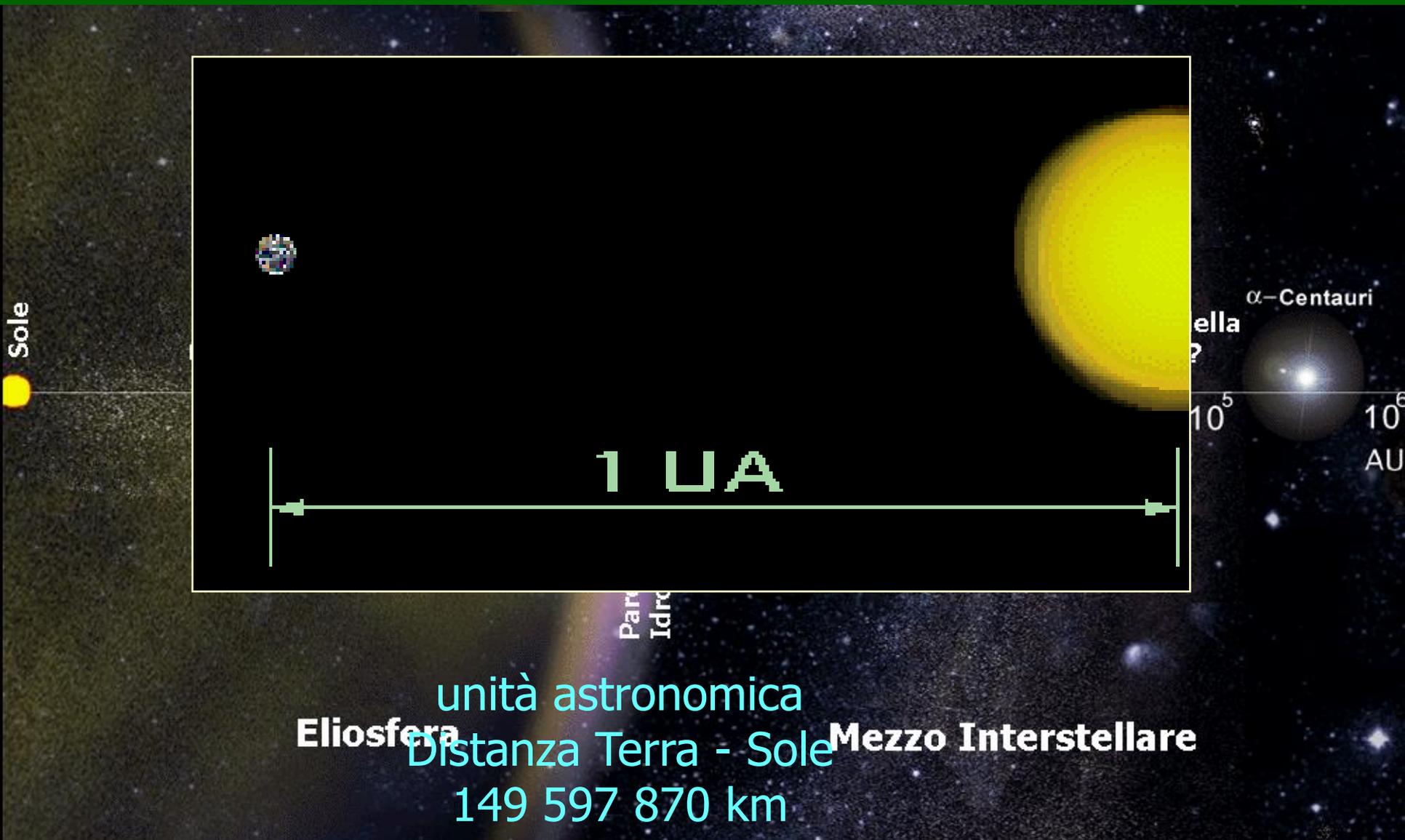
Gamma

Il Sistema solare
pianeti-satelliti-asteroidi-TNOs-
comete-meteoriti

I corpi del Sistema Solare

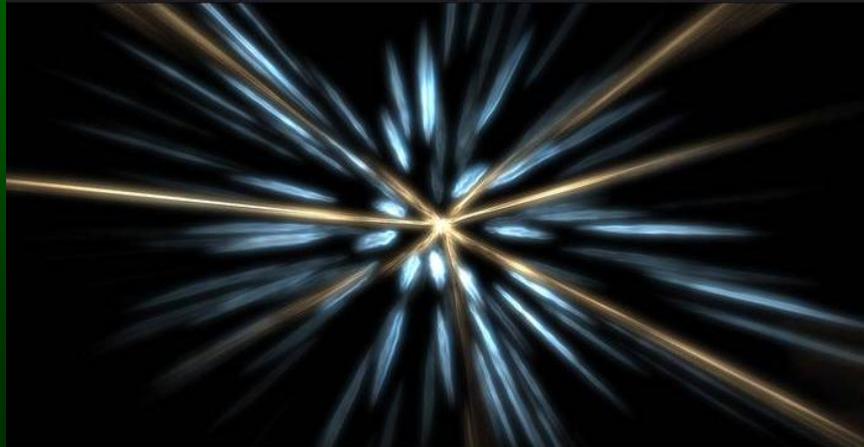


La misura delle distanze nel Sistema solare



La misura delle distanze oltre il Sistema solare

L'anno luce



L'anno luce è la distanza che la luce percorre, alla velocità di 299793 km/sec in un anno

$$1 \text{ a.l.} \sim 299793 \times 365,265 \times 24 \times 3600 \sim 9,461 \times 10^{12} \text{ km}$$

Più precisamente abbiamo

$$1 \text{ a.l.} = 9\,460\,730\,472\,580,8 \text{ km} = 9\,460,730472580 \text{ miliardi di km}$$

$$1 \text{ a.l.} = 63\,241,077 \text{ UA}$$

$$1 \text{ a.l.} = 0,306\,601\,394 \text{ parsecs}$$



~ 149 500 000 km
8,32 minuti-luce



Terra

Distanze planetarie
in "unità-luce"

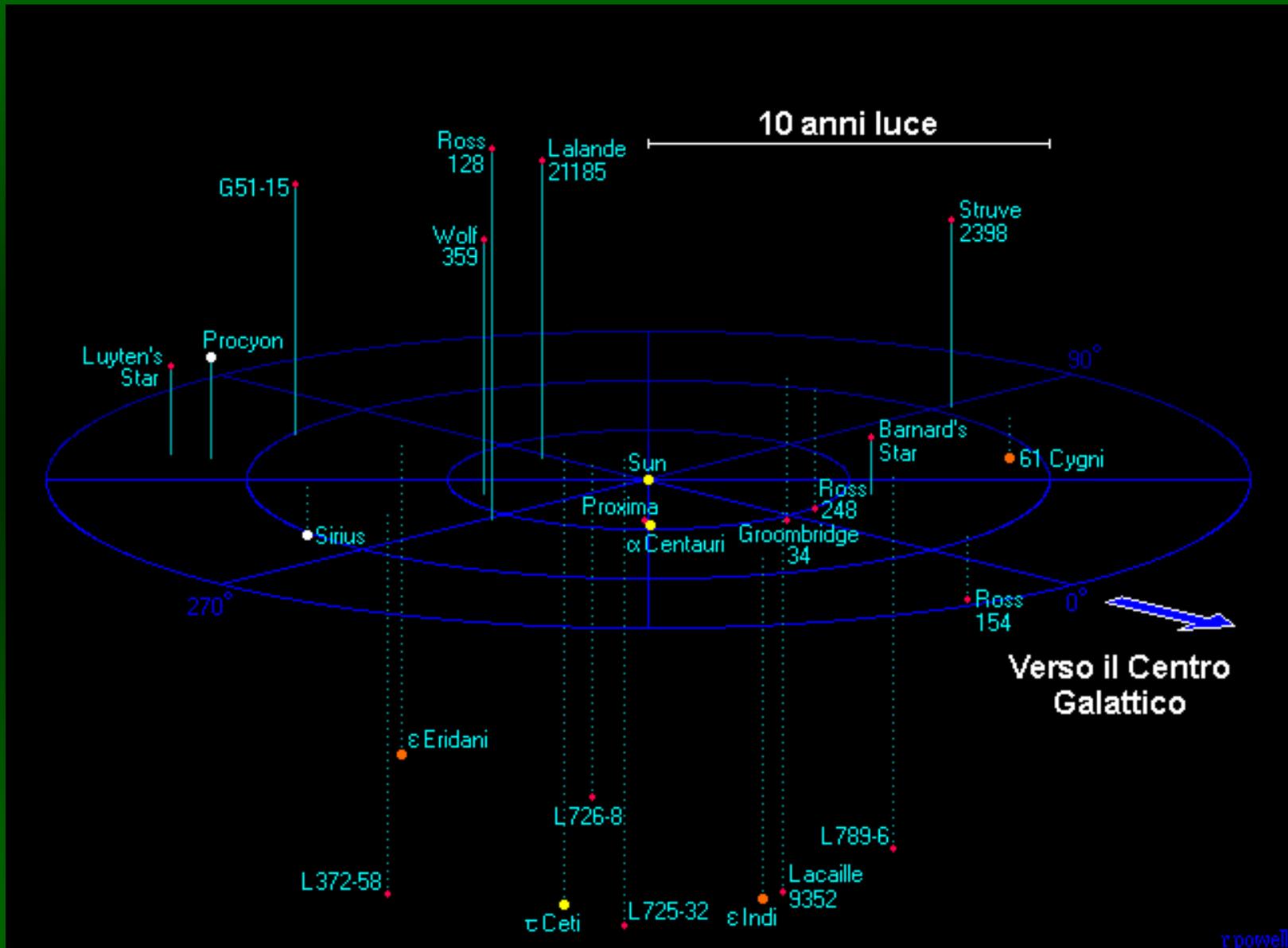
~5 906 000 000 km 5,3 ore-luce



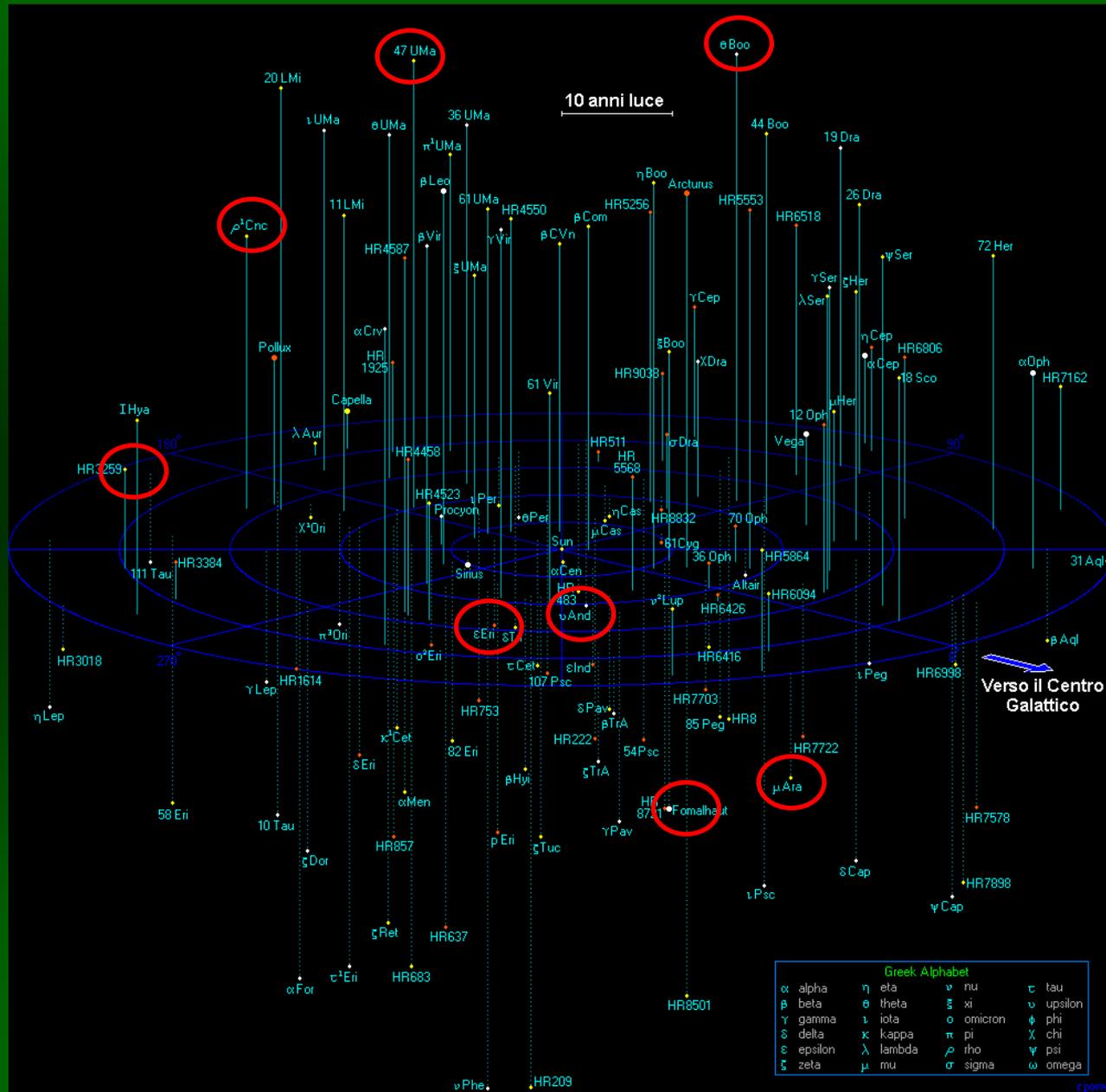
Plutone

Oltre il Sistema solare
stelle-nebulose-nubi oscure

Distanze e dimensioni -le stelle entro 12 anni luce



Distanze e dimensioni -le stelle entro 50 anni luce



M 45 Ammasso aperto le Pleiadi (Toro)

Dati osservativi (epoca J2000.0)

Costellazione	Toro
Ascensione retta	3 ^h 47 ^m
Declinazione	24° 7'
Distanza	443 a.l. (136,2+/-1,2 pc)
Magnitudine apparente (V)	1,6
Dimensione apparente (V)	110'

Caratteristiche fisiche

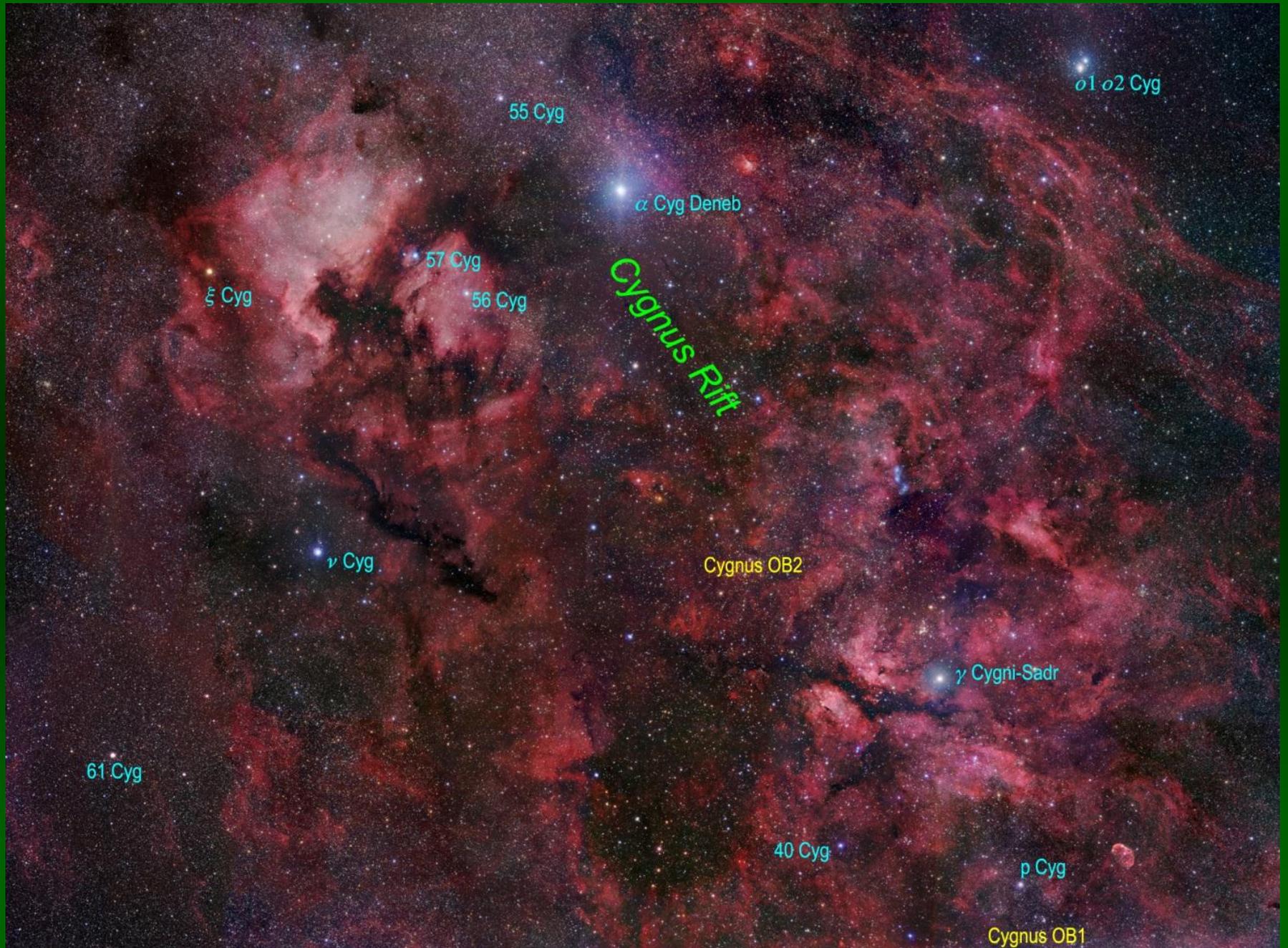
Tipo	Ammasso aperto
Dimensioni	12 a.l. (4 pc)
Età stimata	100 milioni di anni

Altre designazioni

M45, Mel 22, Cr 42



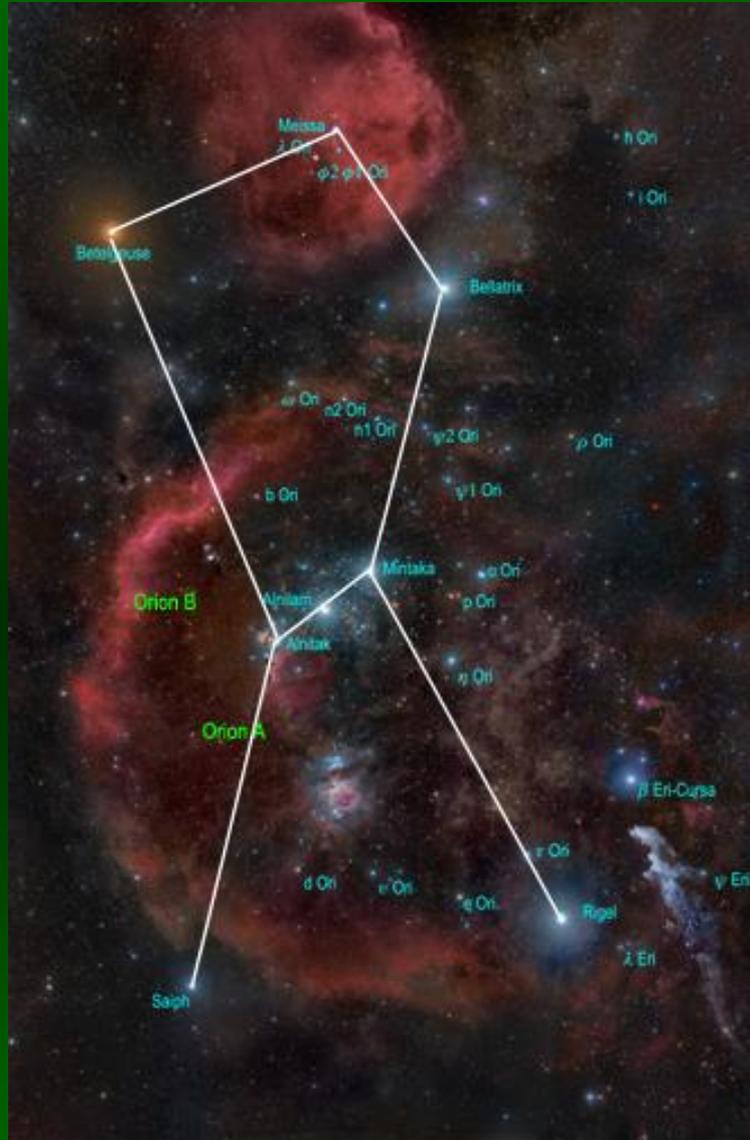
Costellazione del Cigno



Costellazione di Orione



Nord



Estensione 594° gradi quadrati

Image Credit & Copyright: S. Guisard and R. Gendler

Oltre il Sistema solare

La Via Lattea

Distanze e dimensioni - la Via Lattea

Unità di misura delle distanze

1 anno luce $\sim 63\,235$ U.A.

$M_{\text{Galassia}} = 10^{12} M_{\odot}$

50 000 a.l.

Braccio della
Squadra

Braccio dello
Scudo

Braccio del
Sagittario

Braccio di
Perseo

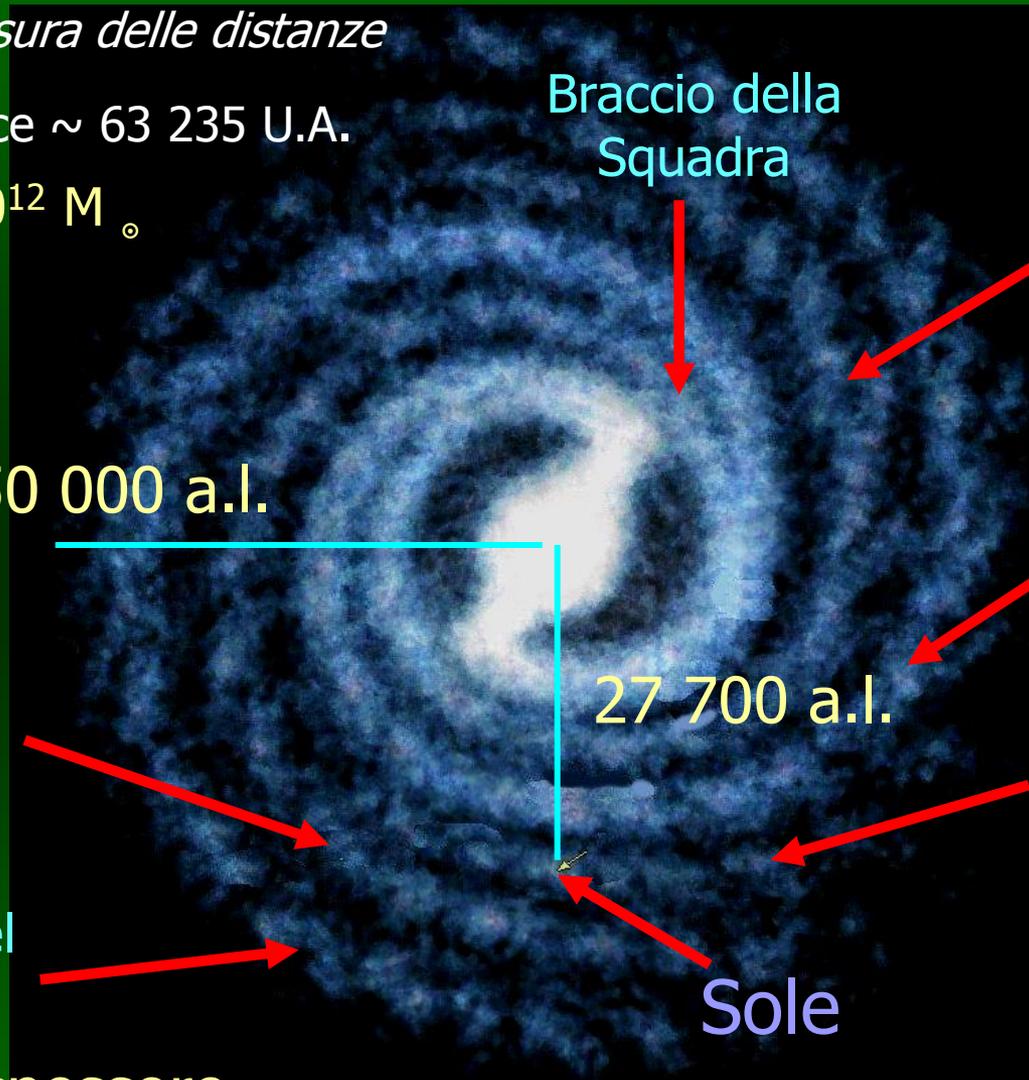
27 700 a.l.

Braccio di
Orione

Braccio del
Cigno

Sole

2000 a.l. spessore



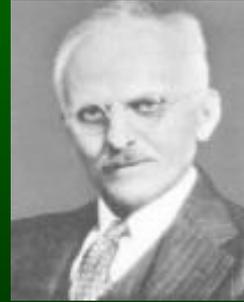
Le Galassie esterne alla Via Lattea distanze e dimensioni



Il grande dibattito



Harlow Shapley

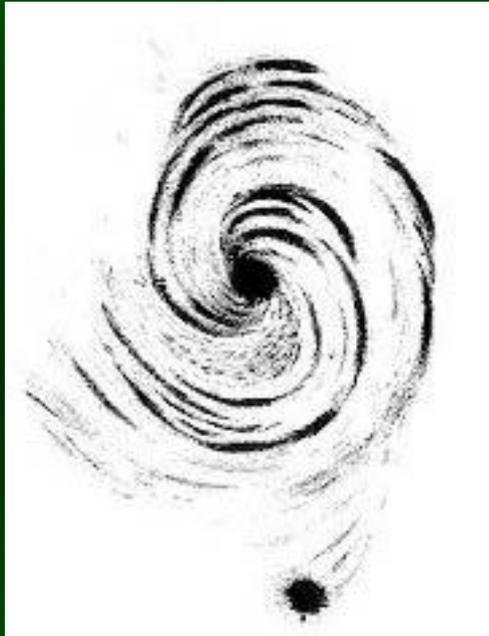


Heber D. Curtis

Washington, aprile 1920: quale è la natura delle nebulose a spirale?



Come è cambiata l'osservazione dei corpi celesti



M51

1845

Dipinto di
Lord Rosse

Whirlpool Galaxy • M51



Hubble
Heritage

NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)
Hubble Space Telescope WFPC2 • STScI-PRC01-07

M51

2002 Telescopio Hubble

La scala delle distanze

Luminosità assoluta ed apparente



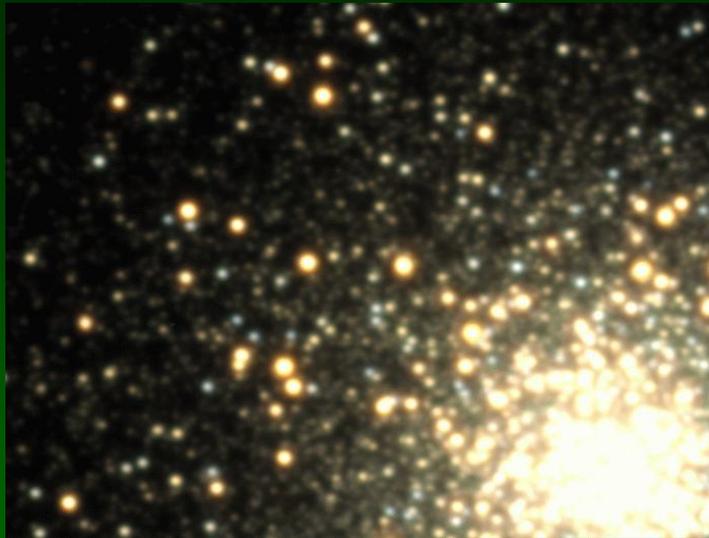
La scoperta delle Cefeidi in Andromeda



Henrietta Swan Leavitt (1868-1921)



Harvard women computers



Edwin Hubble, 1924



Le distanze intergalattiche

M31 la galassia di Andromeda



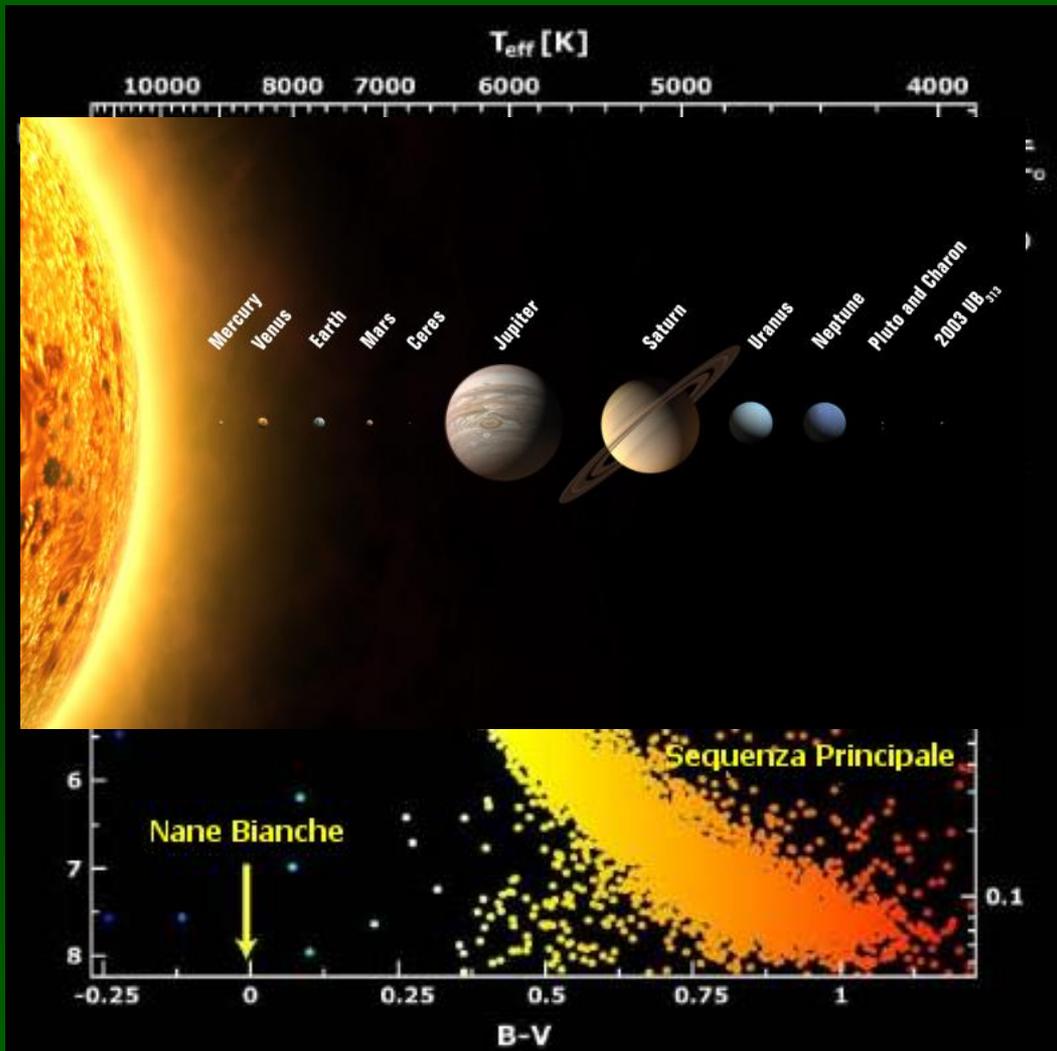
Distanza = 2,2 milioni di anni luce

Le Supernovae di tipo I



Il problema delle età

La scala dei tempi



Al fine di misurare l'età del Sistema solare si utilizzano degli "orologi" a lungo termine derivati dal decadimento di alcune specie fisiche.

Le misure fatte con questi elementi radioattivi su campioni di meteoriti mostrano che l'età del Sistema solare è almeno 4,55 miliardi di anni. Per gli Ammassi Globulari si utilizza l'evoluzione stellare

Ad esempio si ricava per M55 una stima dell'età di circa: $14 \pm 1,2$ miliardi di anni

La struttura dell'universo



Più lontano più giovane o più vecchio ?
La luce e l'archeologia astronomica

Distanze e tempi- Più lontano, più indietro nel tempo

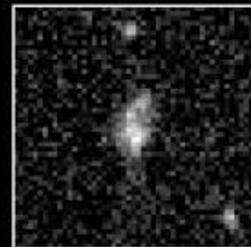
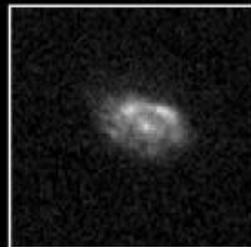
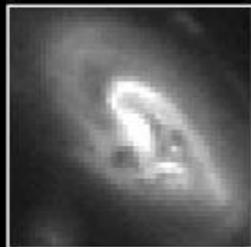
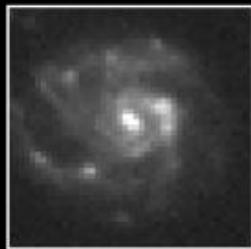
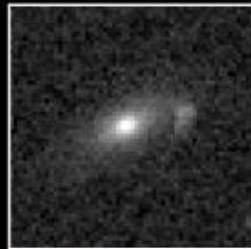
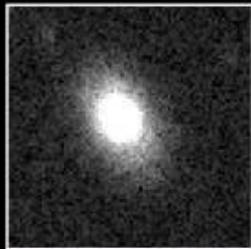
Evoluzione di una galassia ellittica

Oggi

5 miliardi

9 miliardi

12 miliardi di anni fa



Oggi

5 miliardi

9 miliardi

12 miliardi di anni fa

Evoluzione di una galassia a spirale

Più si guarda
lontano, come
distanza
spaziale, più in
realtà si esplora
l'Universo
indietro nel
tempo.

Anni-luce (anni fa)

Vega

26



Deneb

1600



galassia di Andromeda

2 milioni



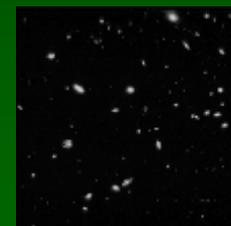
NGC1316
(ammasso di Fornax)

70 milioni



CI0939+4713
(ammasso di galassie)

4 miliardi



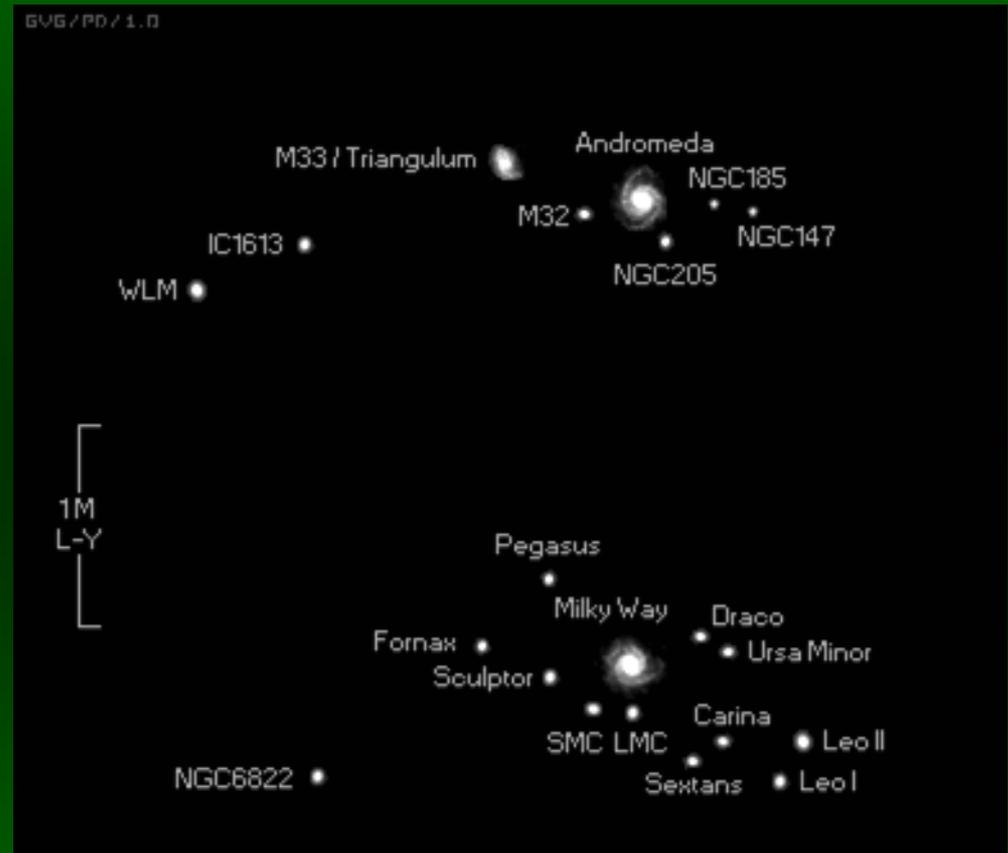
Lonfano in distanza a ritroso nel tempo L'Ammasso Locale

z (redshift) ~ 0

d (distanza da noi) $\sim 2 \times 10^6$ a.l.

"look back time" (da noi) $\sim 2 \times 10^6$ anni

età (dal Big Bang) $\sim 12 \times 10^9$ anni



2.000.000 a.l.

Il Superammasso ed il Grande Attrattore

z (redshift) $\sim 0.012-0.015$

d (distanza da noi) $\sim 200 \times 10^6$ a.l.

"look back time" (da noi) $\sim 200 \times 10^6$ anni

età (dal Big Bang) $\sim 12 \times 10^9$ anni



200.000.000.000 a.l.

Le più vecchie galassie -il campo profondo di HST

z (redshift) $\sim 0,83$

d (distanza da noi) $\sim 8 \times 10^9$ a.l.

"look back time" (da noi) $\sim 8 \times 10^9$ a.l. anni

età (dal Big Bang) $\sim 5-6 \times 10^9$ anni

Ammasso di galassie MS

1054-03

Distanza 8 miliardi di a.l.



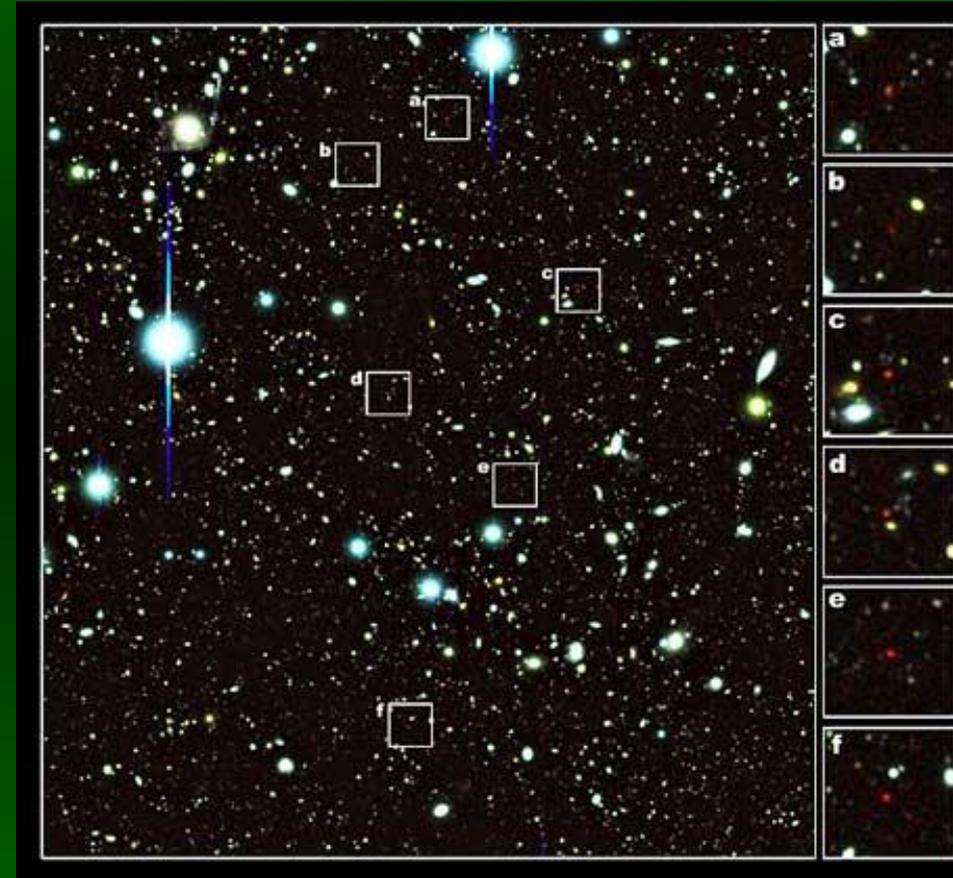
I più vecchi quasar

z (redshift) $\sim 6,41$

d (distanza da noi) $\sim 12 \times 10^9$ a.l.

"look back time" (da noi) $\sim 12 \times 10^9$ anni

età (dal Big Bang) $\sim 500 \times 10^6$ anni



2MASS Local Universe

+90°

RGB Channels:
R = Ks-band (2.2 μm), <14 mag
G = H-band (1.6 μm)
B = J-band (1.2 μm)



Ammassi e superammassi

La struttura dell'universo su grande scala

- A: Galactic Plane
- B: Perseus-Pisces Supercluster
- C: Coma Cluster
- D: Virgo Cluster/Local Supercluster
- E: Hercules Supercluster
- F: Shapley Concentration/Hydra-Centaurus Supercluster

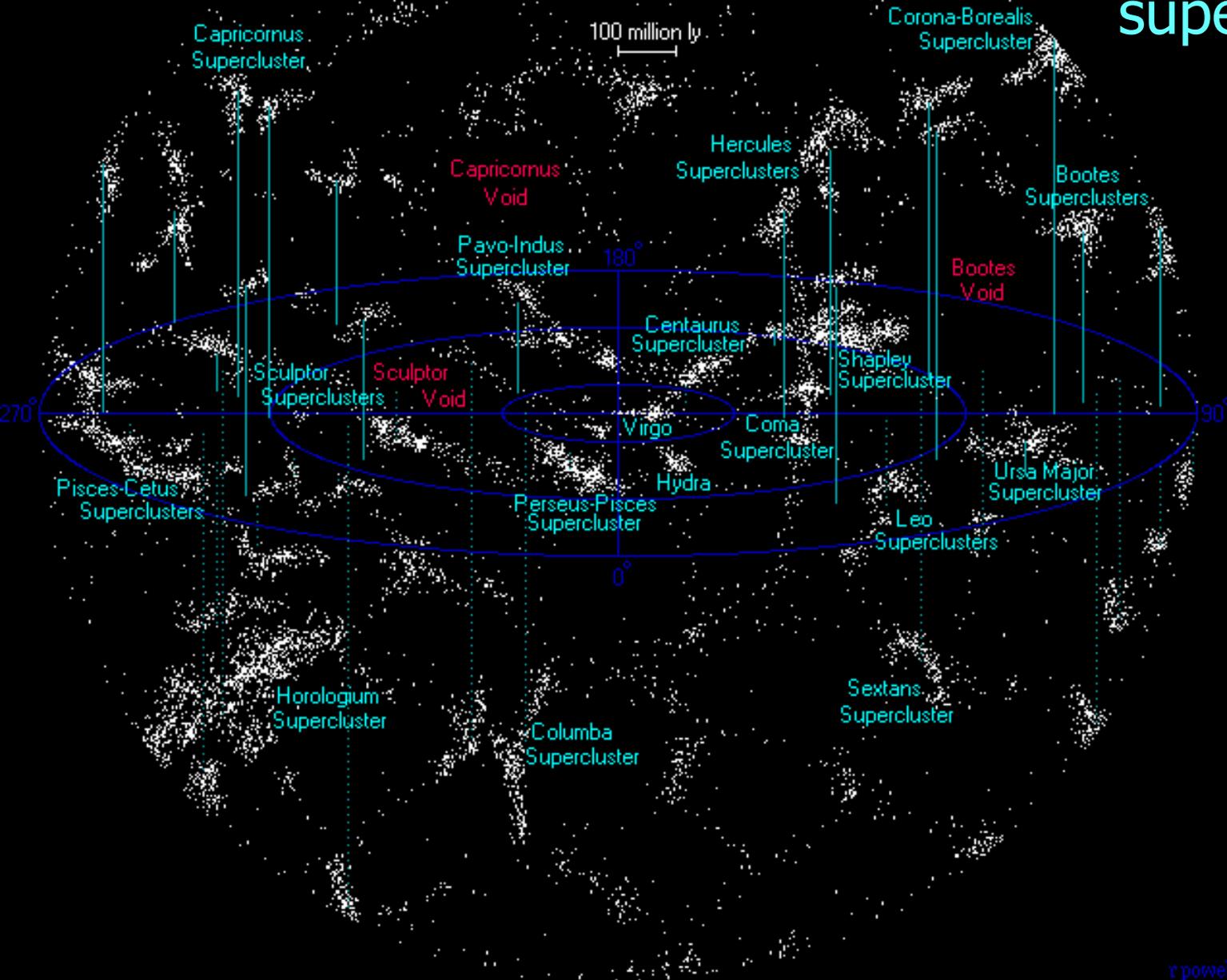
- G: "Great Attractor"/Abell 3627
- H: "Local Void"
- I: Eridanus/Fornax Clusters
- J: Pavo-Indus Supercluster
- K: Galactic Center

-90°

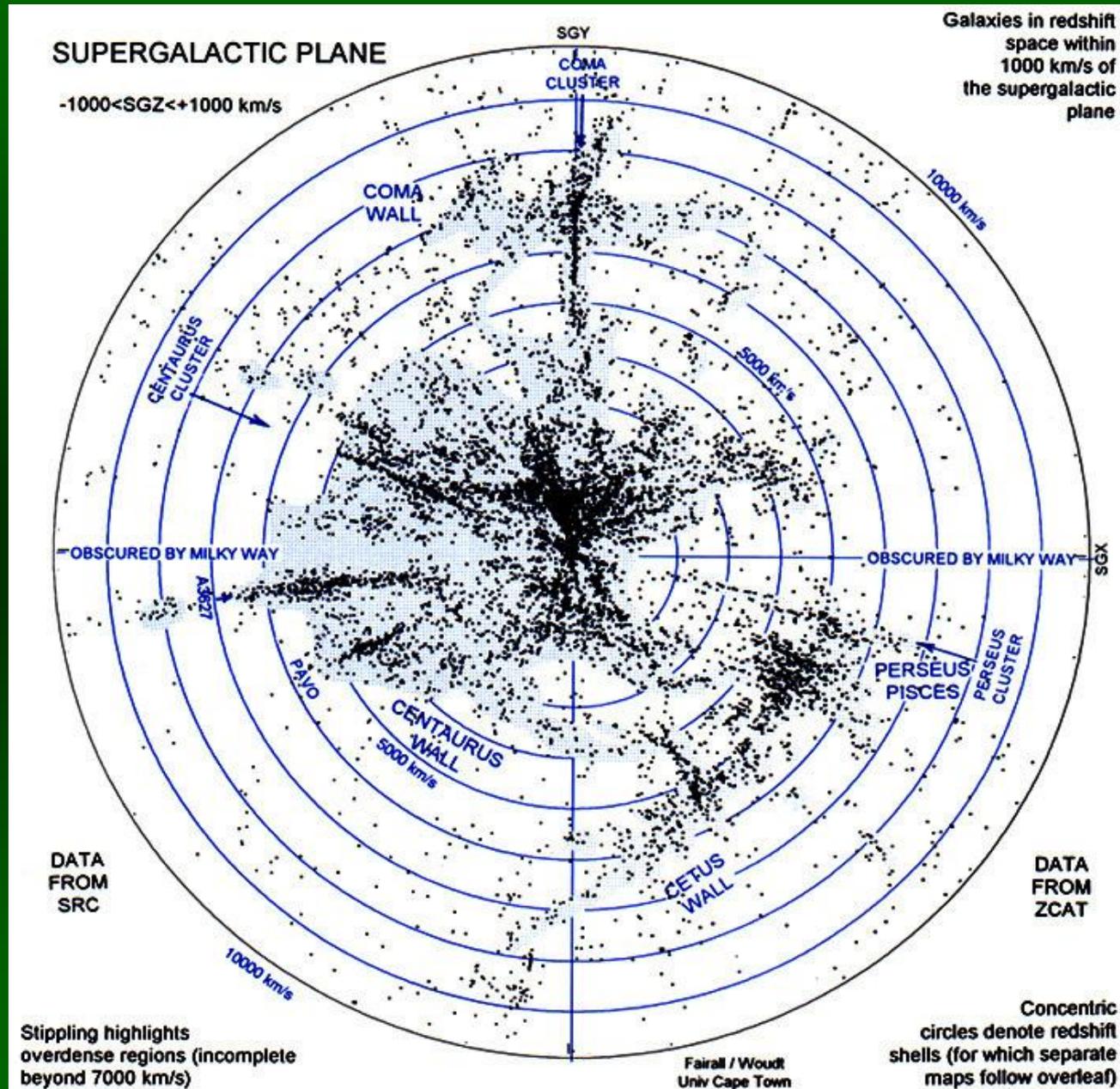
La distribuzione delle galassie



Ammassi e superammassi



Ammassi e superammassi



L'espansione dell'universo

Effetto Doppler-onde sonore

Il fischio della locomotiva si propaga con la stessa frequenza davanti e dietro



Il treno è fermo

Il fischio della locomotiva si propaga ad una frequenza più alta (acuta) nella direzione del moto, più bassa (grave) nella direzione opposta al moto



← Il treno è in moto

L'effetto Doppler si ha con tutti i moti ondulatori, sia quelli di propagazione delle onde sonore nell'aria che quelli di propagazione delle onde luminose nel vuoto

Onde sonore

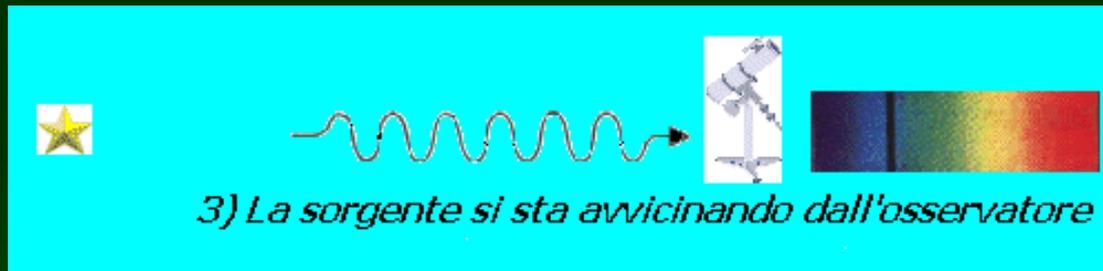
Se siamo fermi ad un passaggio a livello ed un treno viene verso di noi fischiamo ascoltiamo un suono che sia fa sempre *più acuto in avvicinamento* mentre diventa *sempre più grave in allontanamento*.

Effetto Doppler-onde Luminose

Nel caso della "luce" emessa da un corpo celeste



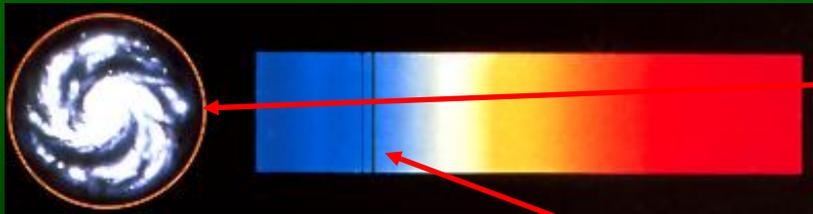
se questi si avvicina essa appare, all'osservatore terrestre, come "più acuta" cioè di frequenza più elevata e quindi "blu"



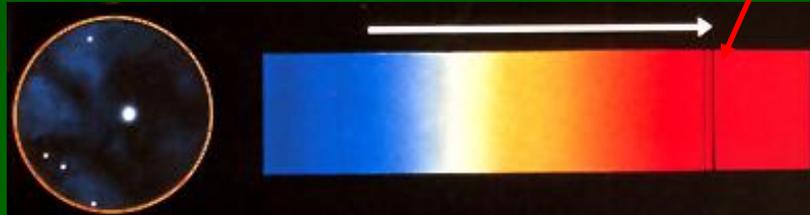
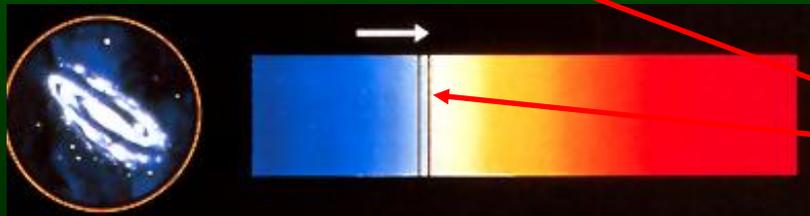
se invece **si allontana** essa appare di frequenza "più bassa" e quindi "rossa".



Red-Shift (spostamento verso il rosso) e galassie



A sinistra: le immagini delle galassie



A destra: gli "spettri" delle galassie con la riga H e K del calcio che si sposta sistematicamente verso il rosso (lunghezze di onda maggiori)

Universo in espansione

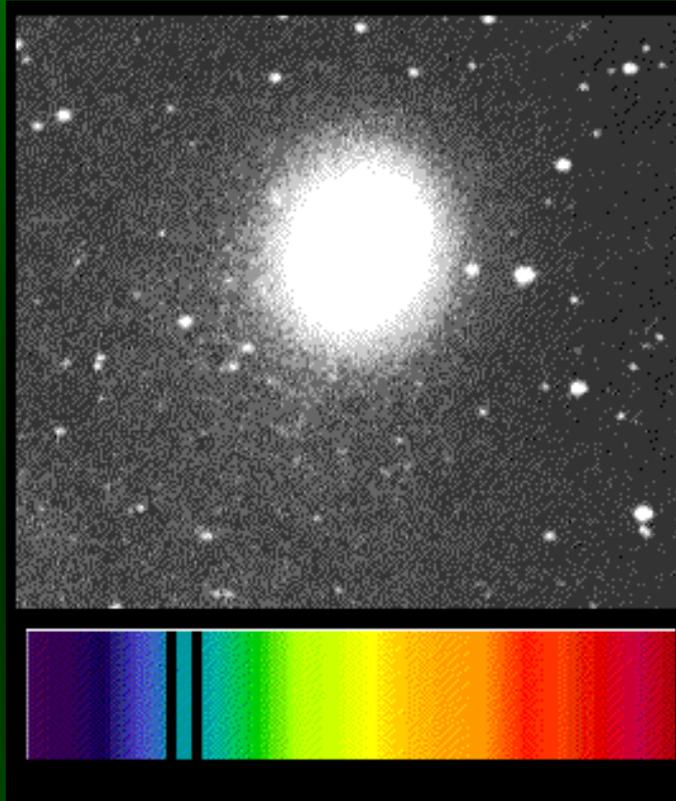
1929

E.P.Hubble

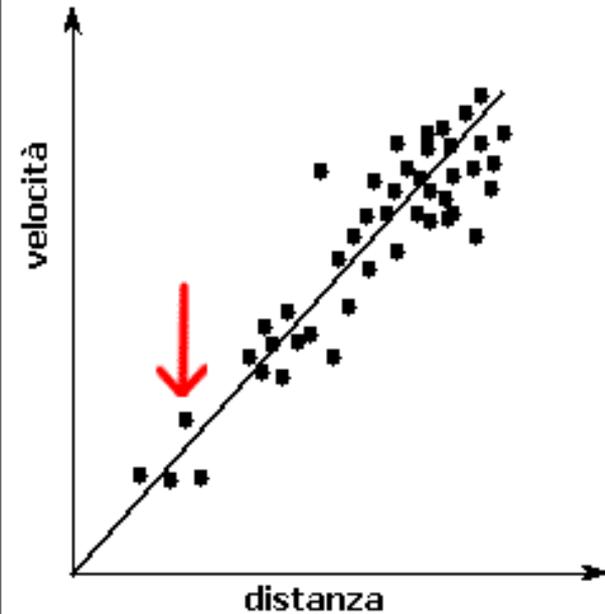
scopre la relazione tra velocità radiale delle galassie e la loro distanza:

$$V = H_0 \cdot d$$

primo indizio di un'espansione dell'universo.

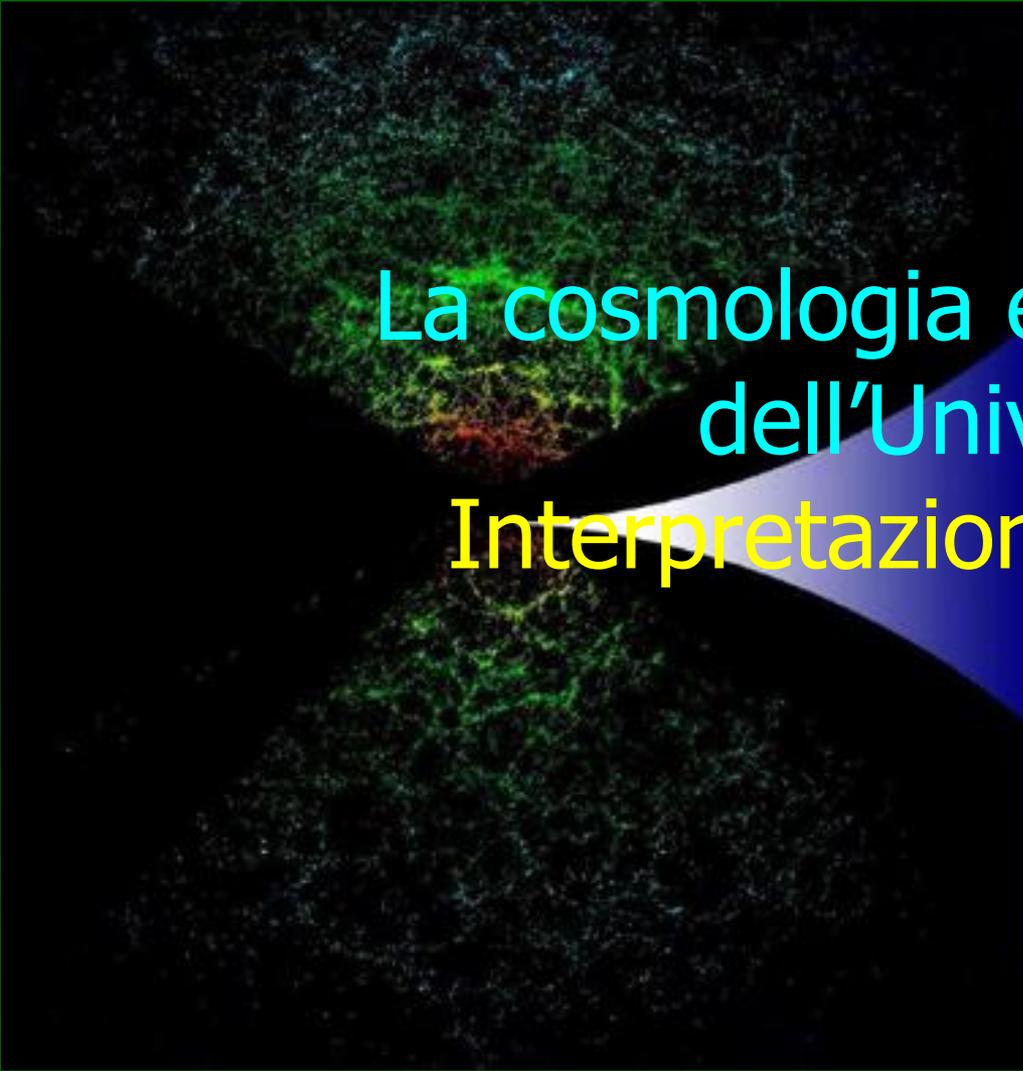


Legge di Hubble
velocità di recessione = $H \times$ distanza



Costante di Hubble-Tempo di Hubble

H_0 (km/sec)/Mpc Lunghe distanze	Anno	Autore	t_H in miliardi di anni= $977,8H_0$
530	1929	Hubble	1,845
100	1979	De Vaucouleres	9,78
95±4	1980	Aaronson	10,29
90±10	1993	Tully	10,86
87 ±7	1994	Pierce	11,24
H_0 (km/sec)/Mpc Corte distanze	Anno	Autore	Età in miliardi di anni
50	1971	Sandage	19,56
67 ±8	1989	Van den Berg	14,59
55 ±7	1995	Sandage e Tamman	17,78
67 ±7	1995	Reiss et al	14,59
85	1996	Misure HST	14,77

A visualization of the large-scale structure of the universe, showing a complex web of filaments and voids. The filaments are highlighted in green and blue, while the voids are dark. A blue beam of light originates from the text and points towards the right.

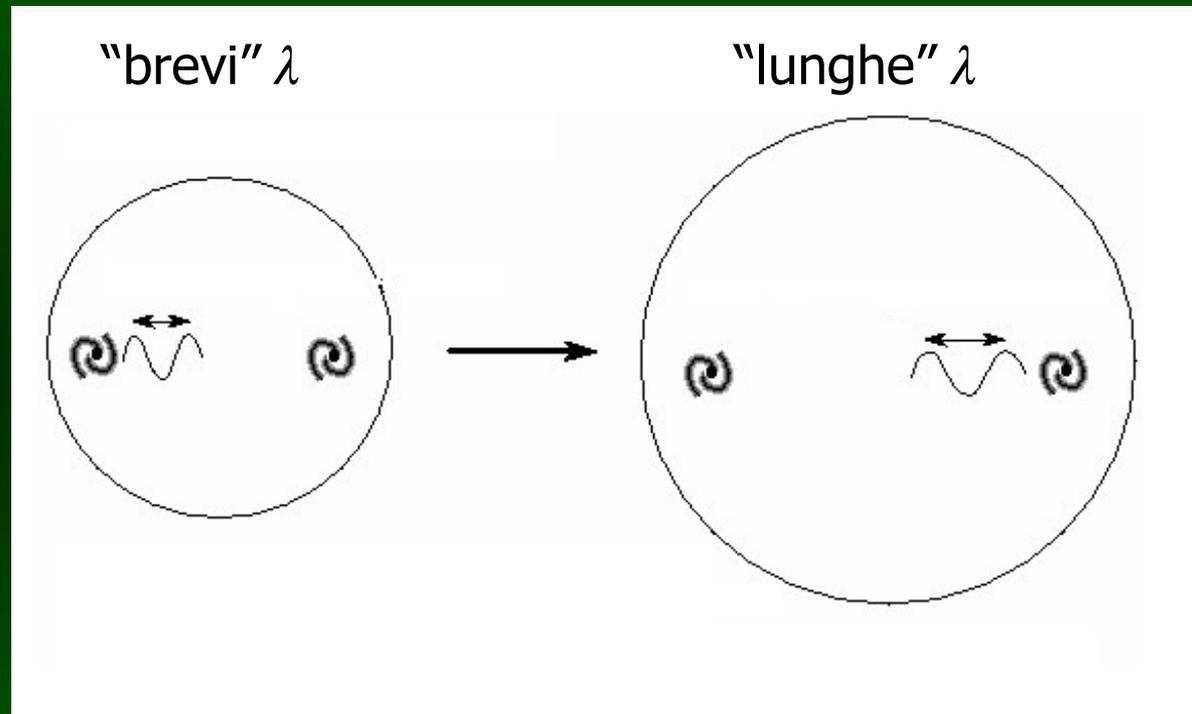
La cosmologia e la struttura
dell'Universo
Interpretazioni e modelli



L'espansione dell'Universo

Interpretazione

Allontanamento delle galassie → dovuto all'espansione dello spazio

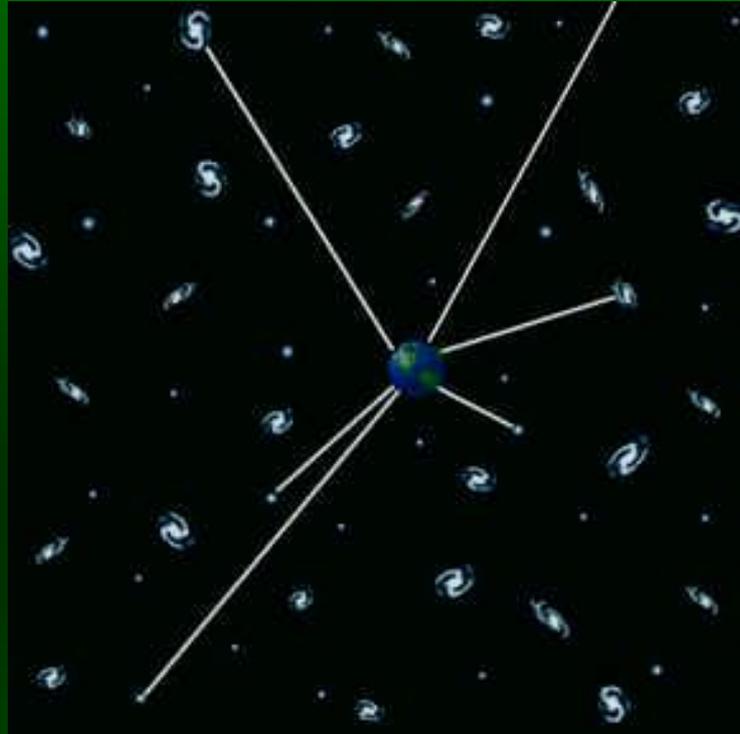


Alla base della Cosmologia moderna sta il dato osservativo che "le galassie si allontanano da noi con una velocità di fuga che è tanto maggiore quanto più sono lontane" secondo la legge di Hubble

$$V_r = c \cdot Z = H_0 \cdot d$$

Principio Cosmologico

Omogeneità ed isotropia dell'Universo



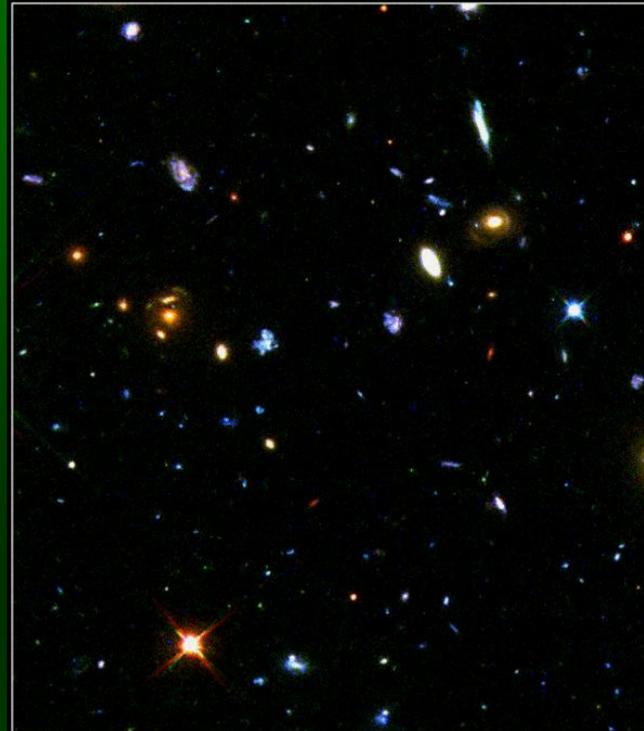
Il Principio Cosmologico afferma che : "l'Universo presenta lo stesso aspetto da ovunque lo si guardi". Valgono cioè le ipotesi di Omogeneità ed Isotropia.

Omogeneità = da qualsiasi parte si osservi la distribuzione delle galassie nell'Universo non si notano "in media" delle differenze

Isotropia = in qualunque direzioni si osservino le galassie non si trova alcuna particolare asimmetria.

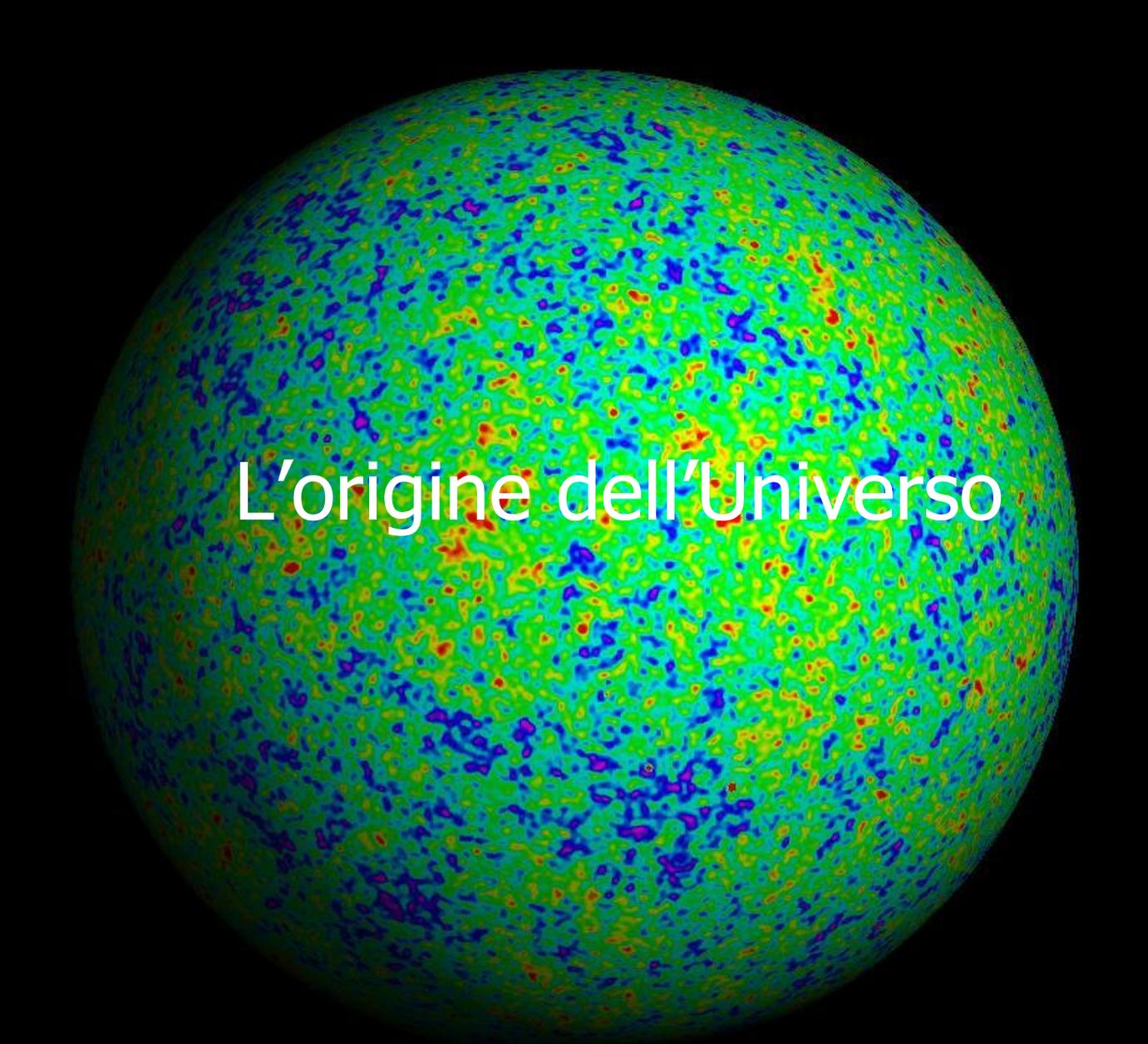
Il Principio Cosmologico

L'universo è una sfera
infinita con il centro in
ogni dove e la
circonferenza in
nessun luogo
(Pascal)



Ma come è possibile ritenere l'Universo isotropo ed omogeneo quando osserviamo intorno a noi le galassie la cui distribuzione è indice di disomogeneità ed anisotropia ?

Le galassie tendono infatti a raggrupparsi in strutture sempre più complesse dette "Ammassi di Galassie" fra cui si frappongono regioni ("Vuoti") in cui non "appare" materia luminosa ?



L'origine dell'Universo

La Radiazione Cosmica di Fondo



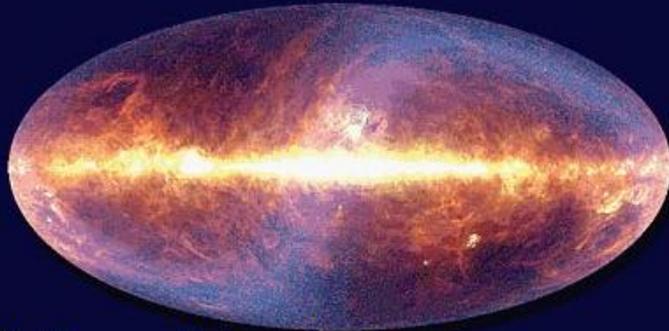
L'antenna con cui Penzias e Wilson osservarono per primi la radiazione di fondo

Nel 1965 Penzias e Wilson dei "Bell Laboratories" stavano provando un rivelatore alle microonde molto sensibile per lo studio dei disturbi alle comunicazioni radio. Essi si accorsero che il loro strumento raccoglieva sempre una quantità di "rumore" che non riuscivano ad eliminare.

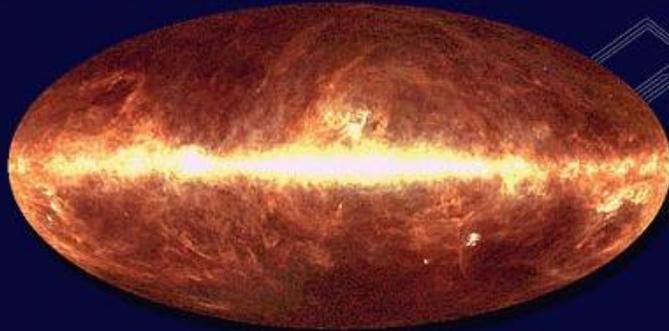
Inoltre questo "rumore" era uguale in qualunque direzione puntassero l'antenna e per qualunque giorno dell'anno facessero le misure.

La Radiazione Cosmica di Fondo-COBE

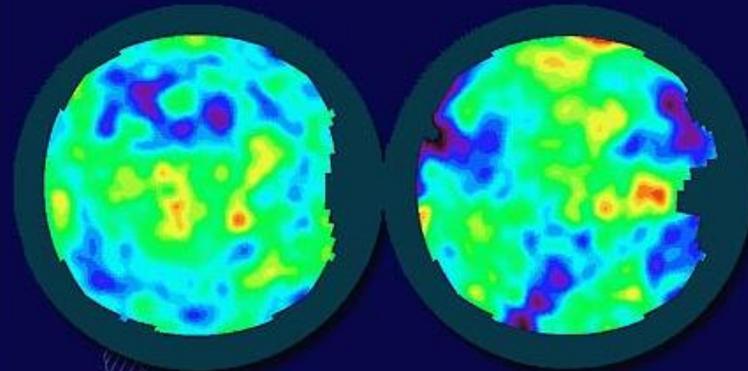
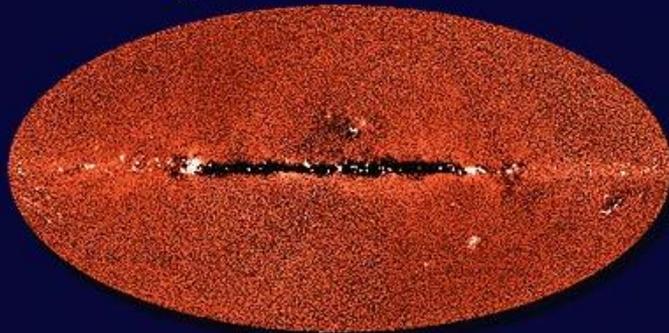
Il cielo osservato da COBE



Il cielo senza la luce zodiacale

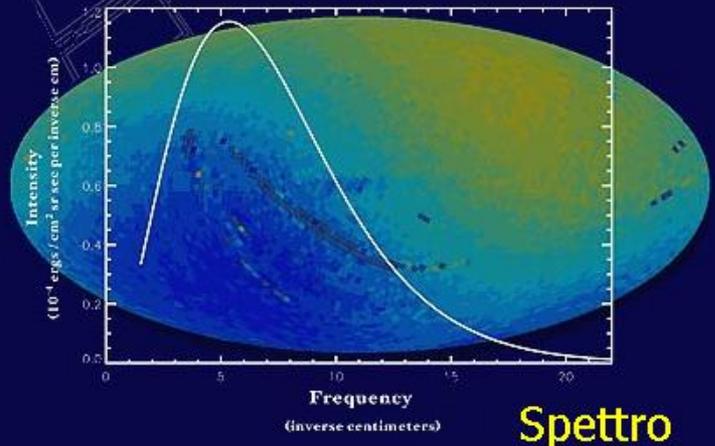


Il fondo extragalattico

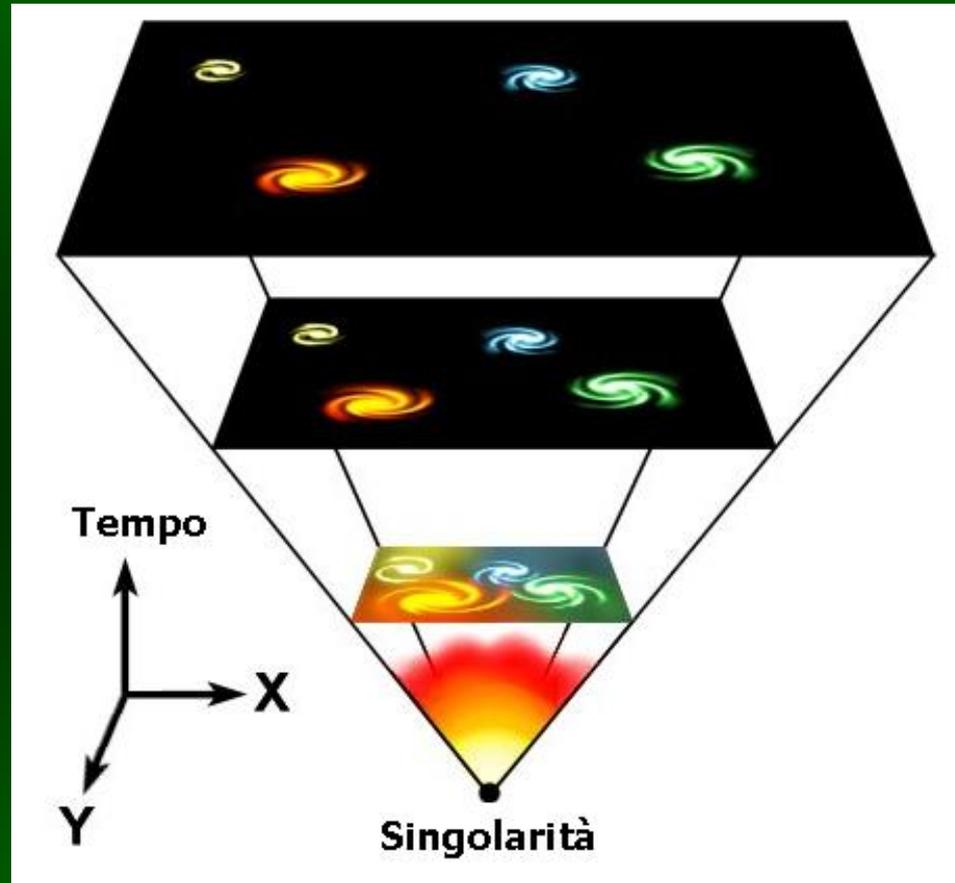


Anisotropia

the
COBE Legacy



Il Principio Cosmologico e la Radiazione Cosmica di Fondo



Esiste però un indicatore della omogeneità ed isotropia a "grande scala" la Radiazione Cosmica di Fondo !

A long-exposure photograph of a night sky. The sky is dark, and numerous stars are visible as long, thin, curved lines (star trails) that sweep across the frame from the bottom left towards the top right. A prominent, bright white star trail is visible near the top center. In the foreground, a range of rugged, snow-capped mountains is visible, their peaks and ridges silhouetted against the dark sky. The overall scene is a serene and dramatic representation of a clear night sky over a mountainous landscape.

I limiti dell'osservazione "luminosa"
Troppo buio – troppa luce

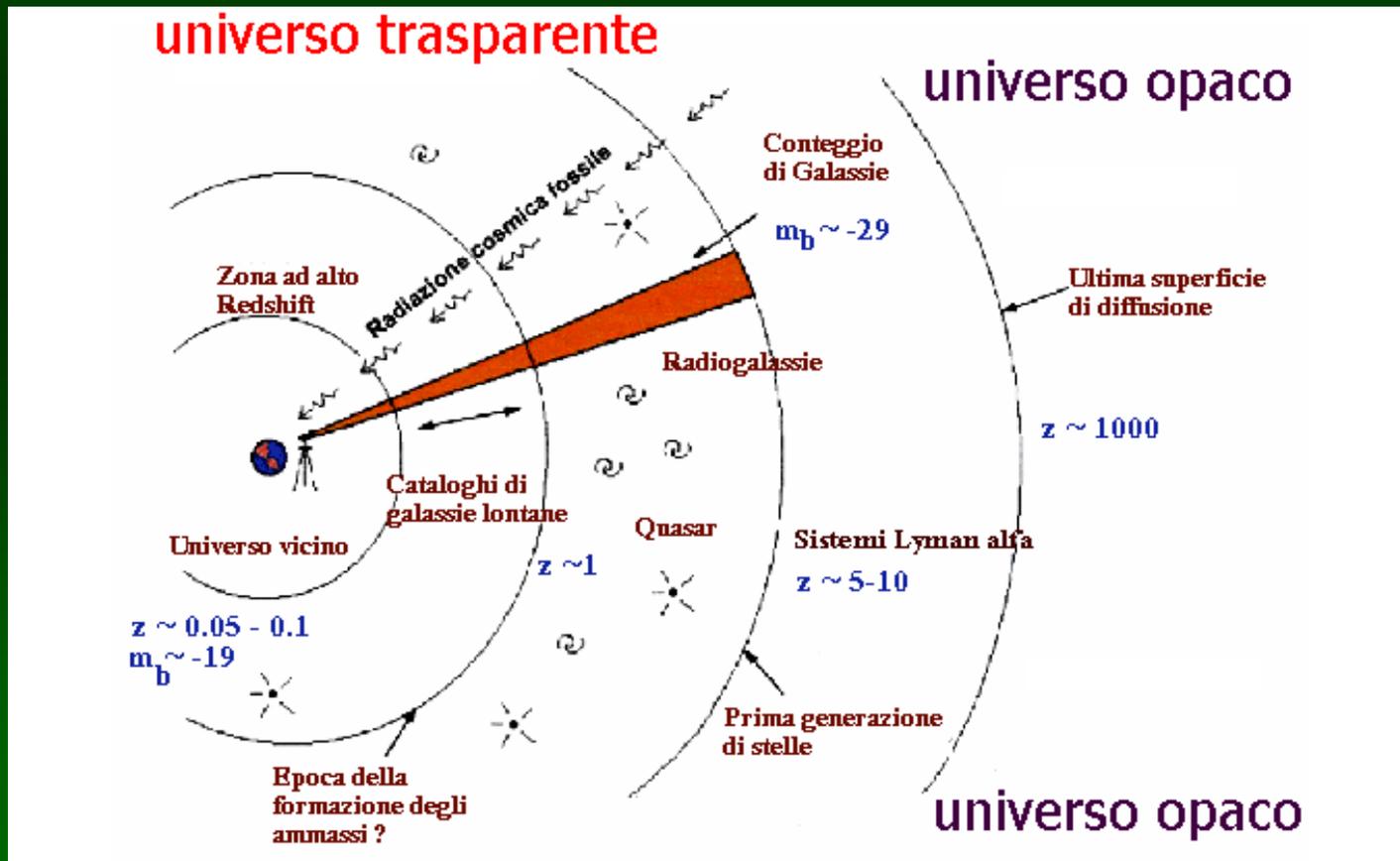
A ritroso in distanza e tempo L'Universo è trasparente

z (redshift) ~ 1100

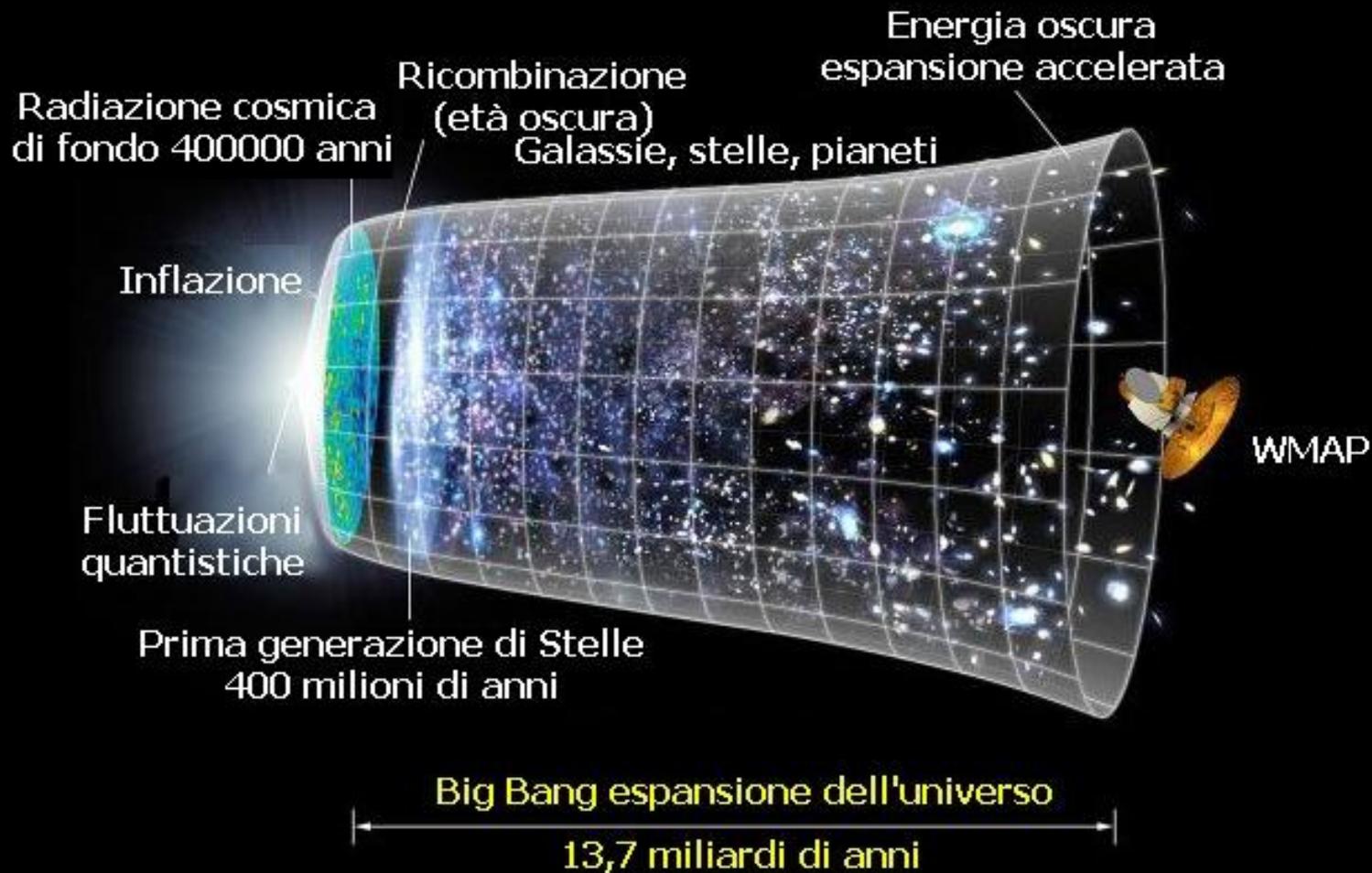
d (distanza da noi) $\sim 14 \times 10^9$ a.l.

"look back time" (da noi) $\sim 14 \times 10^9$ anni

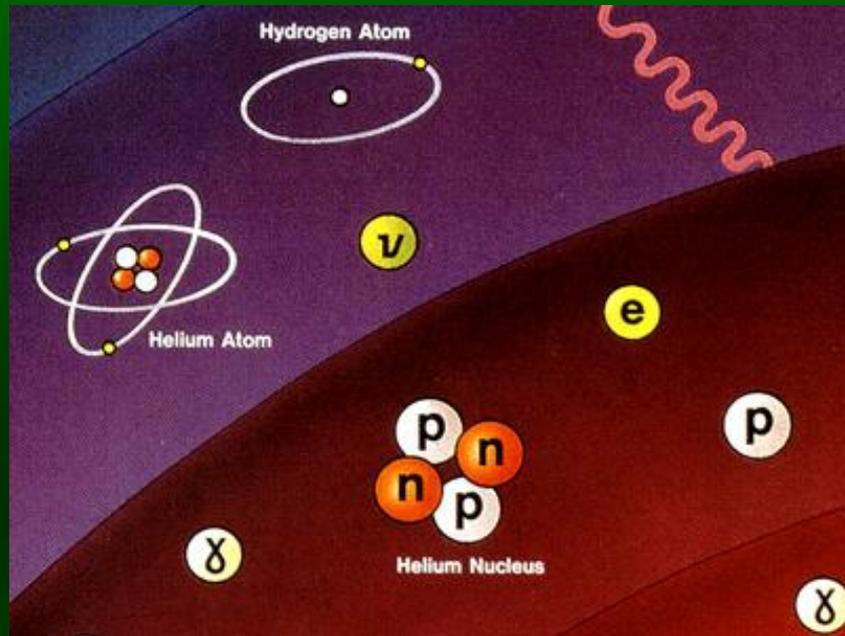
età (dal Big Bang) $\sim 3 \times 10^5$ anni



Lontano in distanza → a ritroso nel tempo



Uno sguardo oltre "l'opaco" la nucleosintesi primordiale



Per tempi $1 \text{ secondo} < t < 3 \text{ minuti}$.

I protoni ed i neutroni si "fondono" tra loro dando luogo a:

- *al Deuterio [^2H], all'Elio 3 [^3He], all'Elio 4 [^4He], al Litio [^7Li]*

A questo punto si sono formati gli elementi "leggeri" tramite la nucleosintesi primordiale mentre si hanno solo tracce degli elementi pesanti che verranno formati nelle stelle in seguito ai processi di fusione termonucleare che avverranno nel loro interno.



Le opinioni ...
(modelli, teorie ...)
Il Modello Standard

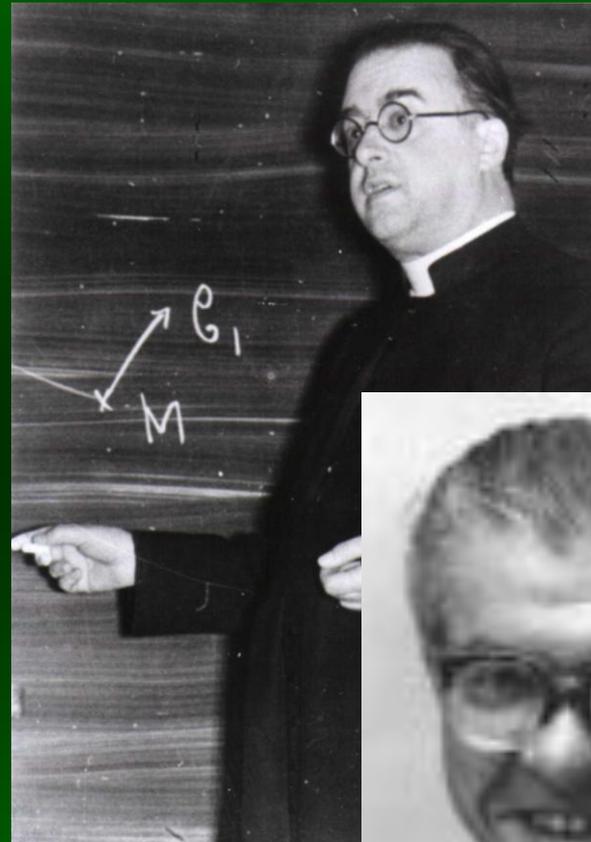


Big Bang

L'universo caldo del Big Bang

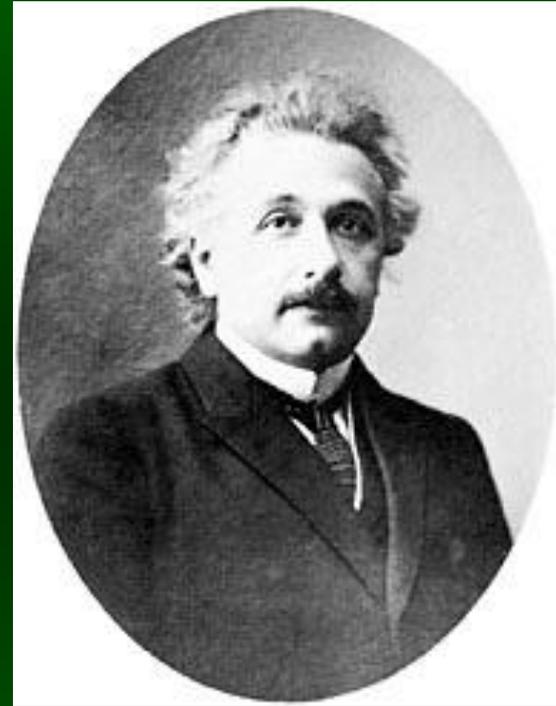
Georges Lemaître per primo suggerì, nel 1931, che l'intero universo potesse essere nato a partire da un atomo primordiale.

Nel 1949, nel corso di un popolare programma radiofonico della BBC, l'ipotesi di un'origine dell'universo fu battezzata sprezzantemente "idea del *Big Bang*" dall'astrofisico inglese Fred Hoyle.



Il Modello (cosmologico) Standard

- Per costruire un *modello cosmologico completo ed autoconsistente* è necessario far riferimento alla teoria della **Relatività Generale di Einstein** il modello comunemente accettato ha le seguenti caratteristiche:
- È nato dal "*Big Bang*" circa 13,7 miliardi di anni fa
- Dopo circa 3 minuti si formano gli elementi primordiali (H, He, Li)
- Dopo circa 380 000 anni la radiazione si *disaccoppia* dalla materia e si formano le galassie
- Ha *tre possibilità di evoluzione futura* definite dalle soluzioni di Friedmann



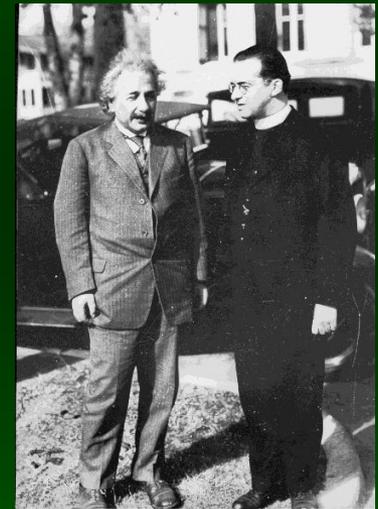
Modelli cosmologici relativistici

Einstein (1917): ottiene un modello di universo statico, ma deve introdurre una “forza repulsiva”: la costante cosmologica.

Friedmann (1922,1924) e Lemaitre (1927) trovano i modelli cosmologici non statici: lo spazio può espandersi (o contrarsi).



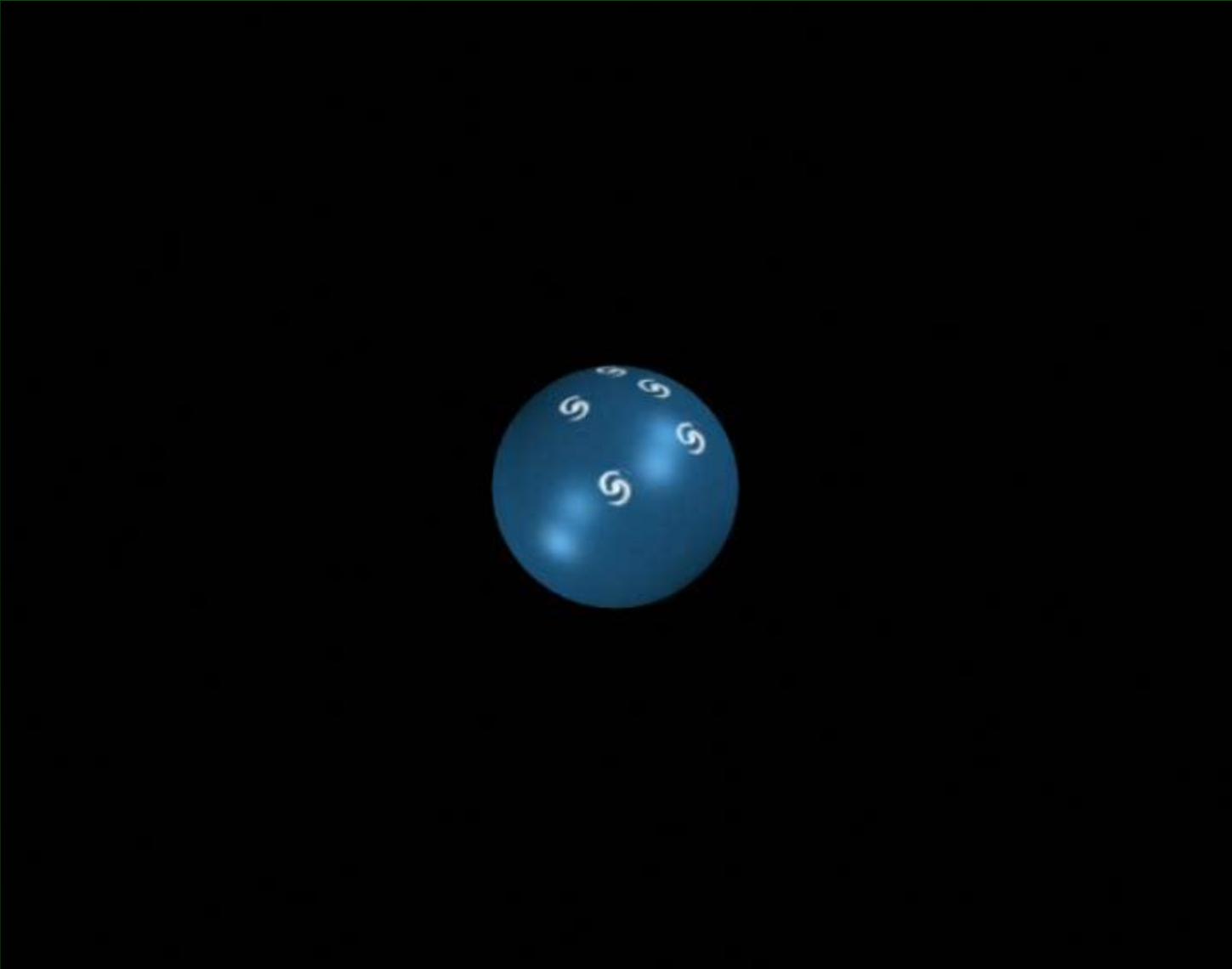
Alexander Friedmann (1888-1925)



Einstein con Georges Lemaitre (1894-1966)

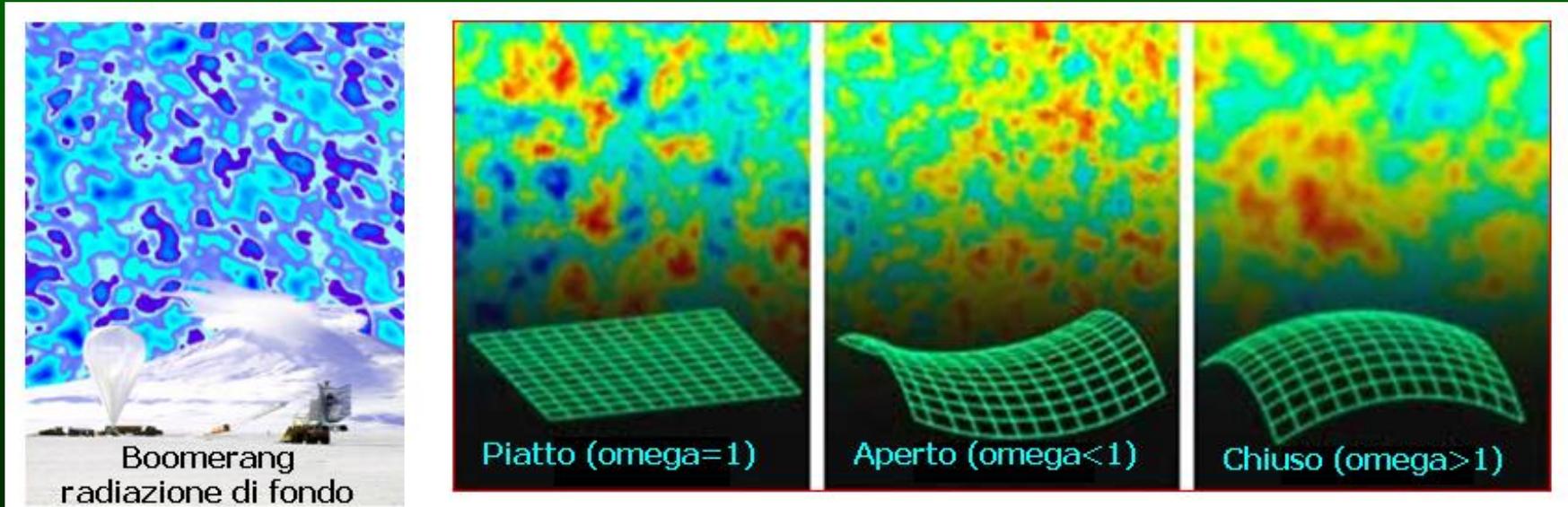
Le osservazioni mostrano che lo spazio sta espandendosi.

Modelli cosmologici relativistici



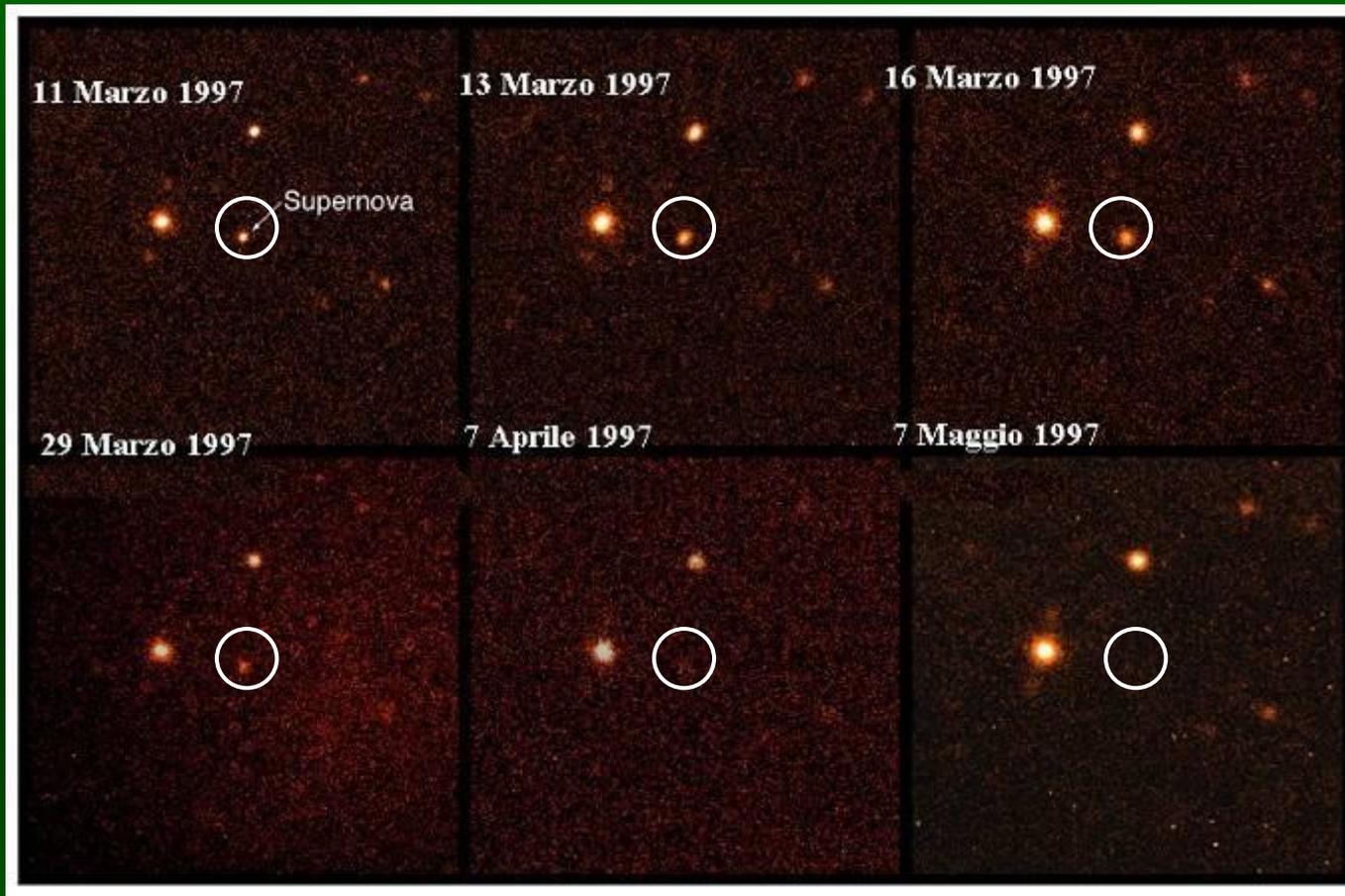
Le osservazioni mostrano che lo spazio sta espandendosi.

La geometria dell'universo



Le proprietà delle fluttuazioni della radiazione cosmica di fondo sono consistenti con un universo piatto, che ha esattamente la densità critica, dunque *infinito*.

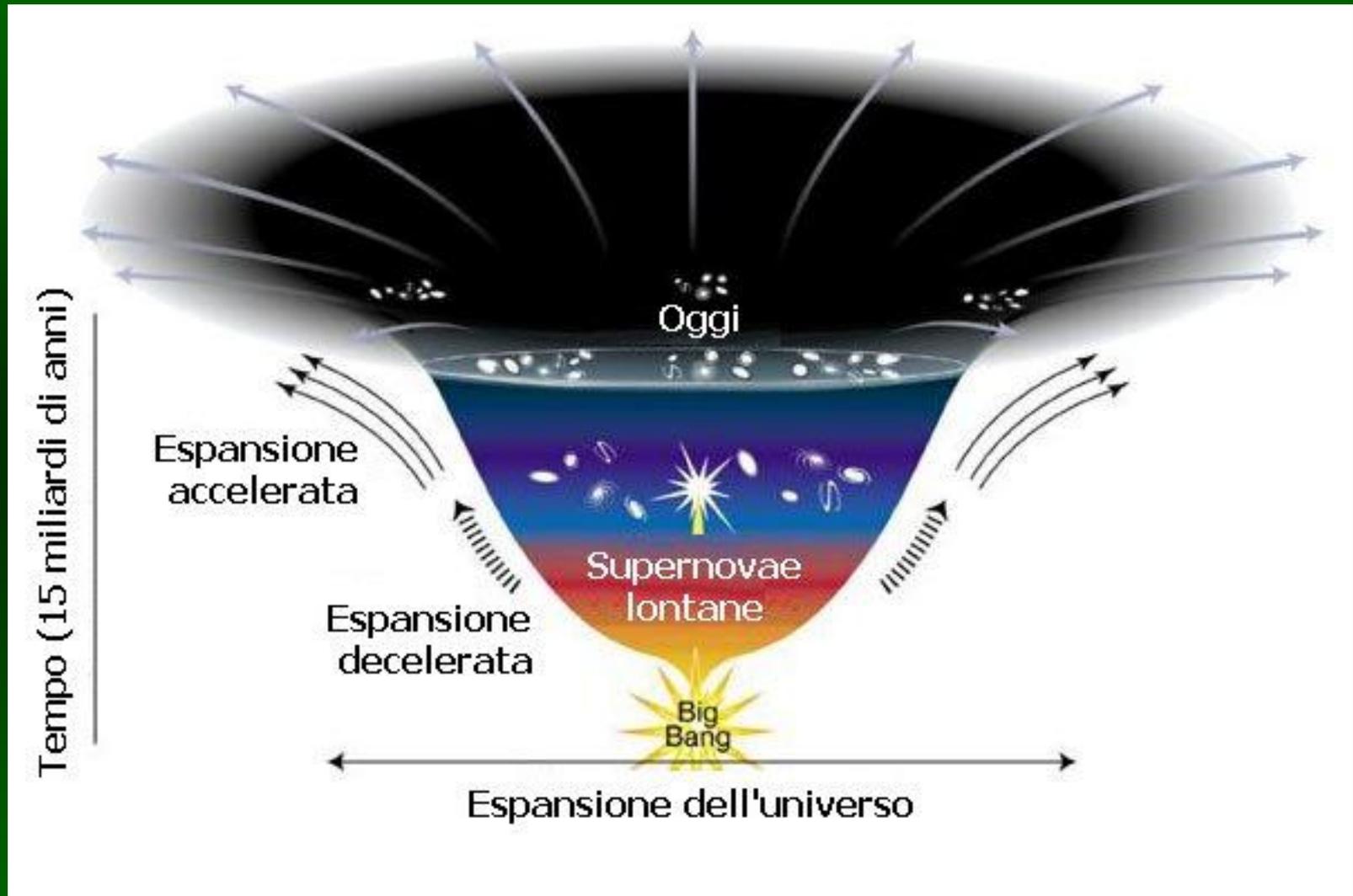
Le osservazioni recenti delle SN di tipo Ia



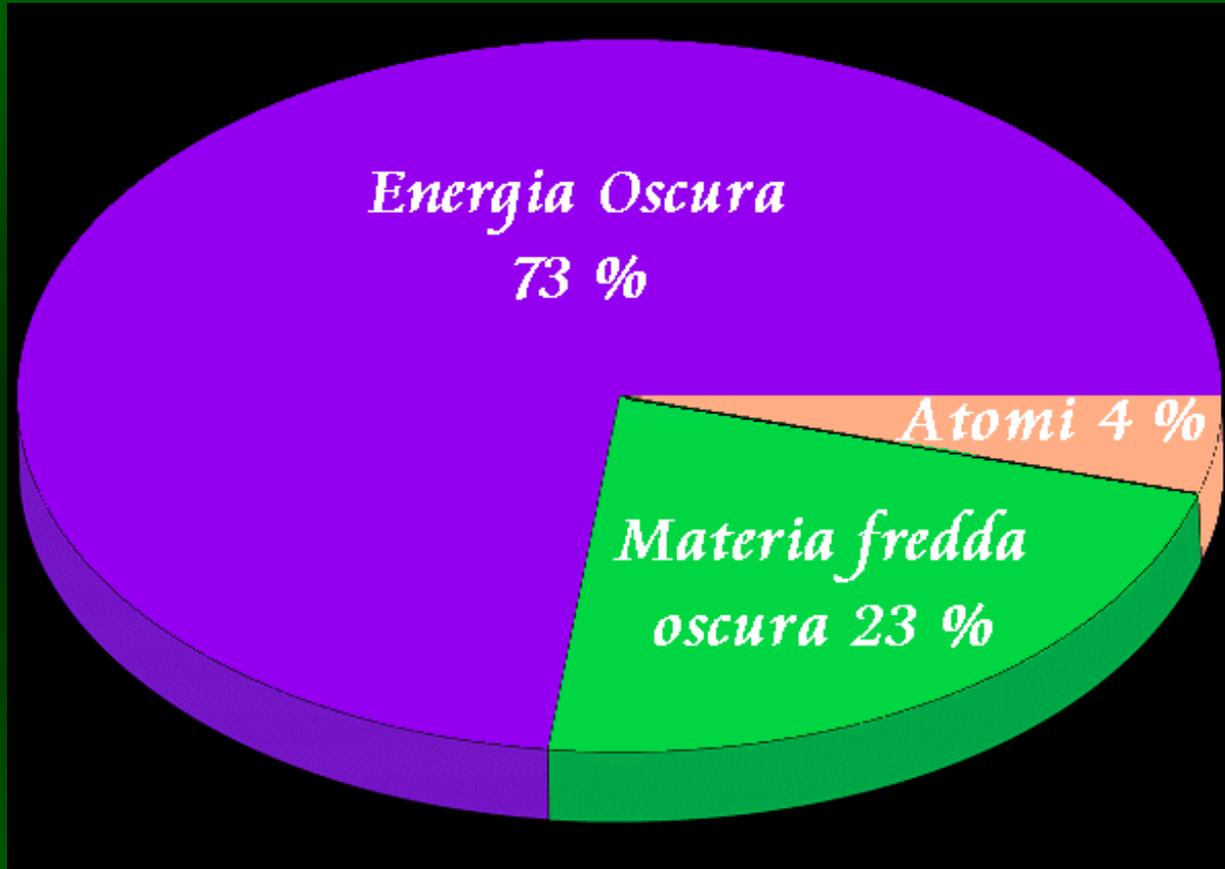
Queste osservazioni appaiono quindi in accordo con un modello di un Universo in cui il ritmo di espansione non rimane costante nel tempo.

E' affermata la possibilità di un espansione accelerata dell'Universo

L'universo ci ha ripensato?

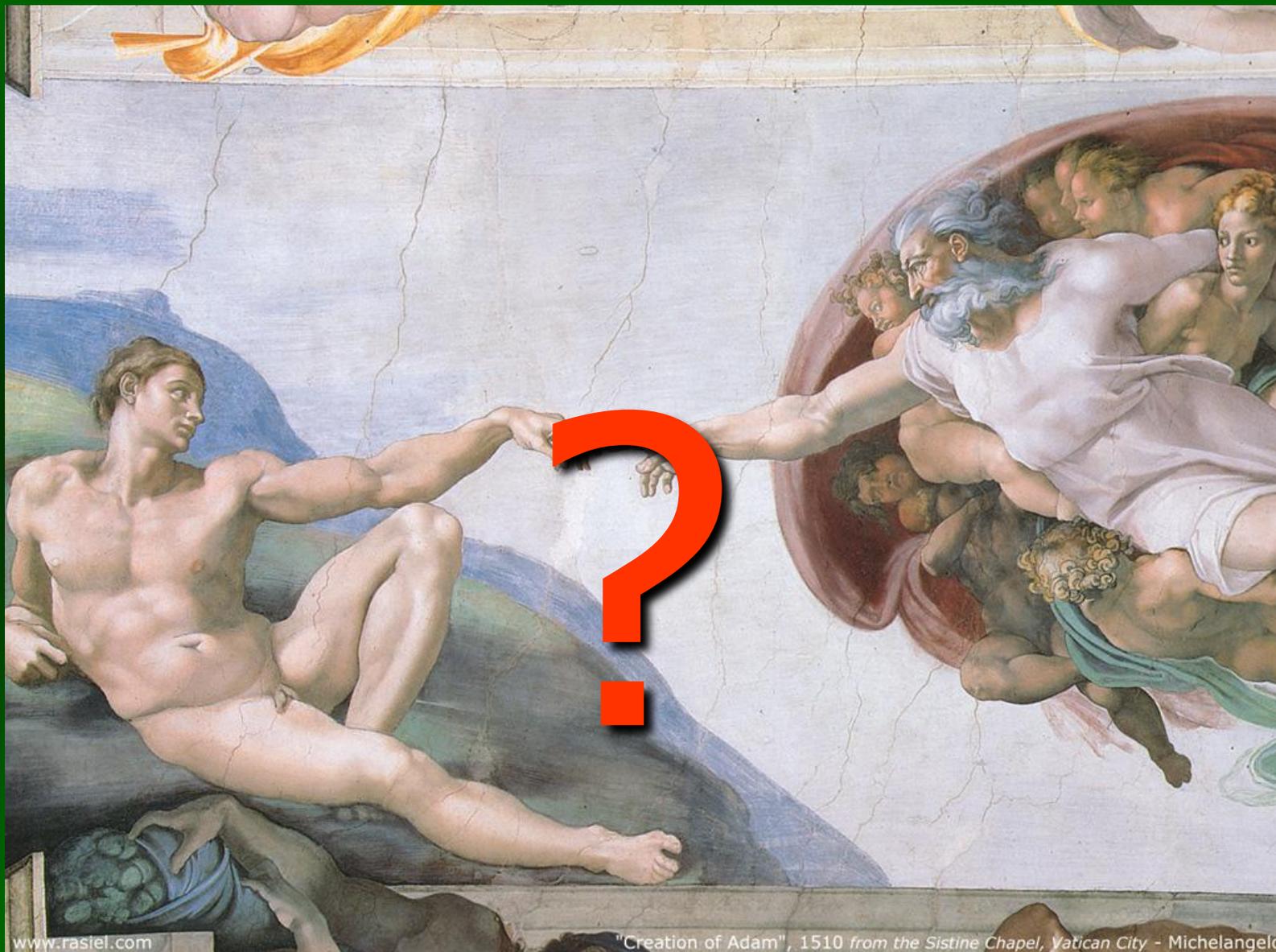


Energia e materia nell'Universo



Fino ad un secondo possiamo “vedere”
anche se non direttamente ma prima ?
Fino a quando ci possiamo spingere ?

All'origine del tutto



La grande Inflazione

L'universo inflazionario

-43
10 sec

Tempo di Planck

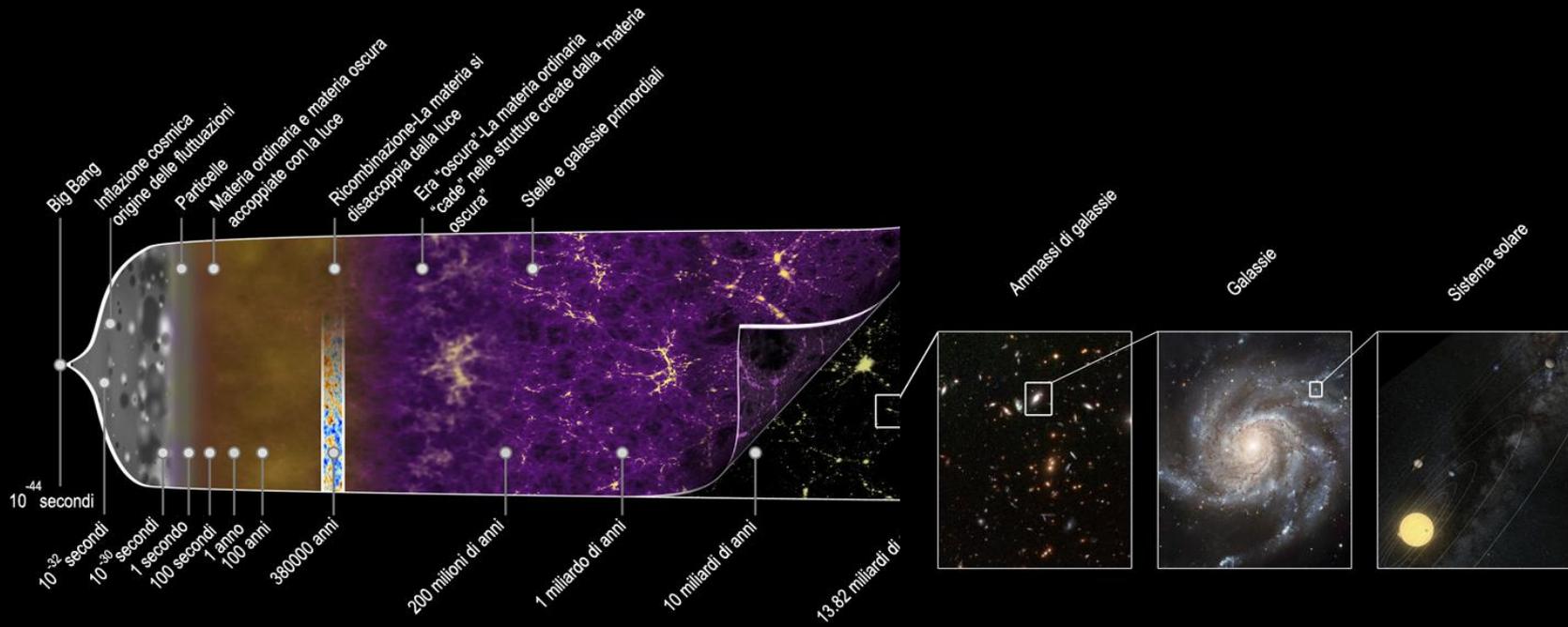
$\Omega > 1$

$\Omega = 1$

$\Omega < 1$



Lontano in distanza → ritroso nel tempo



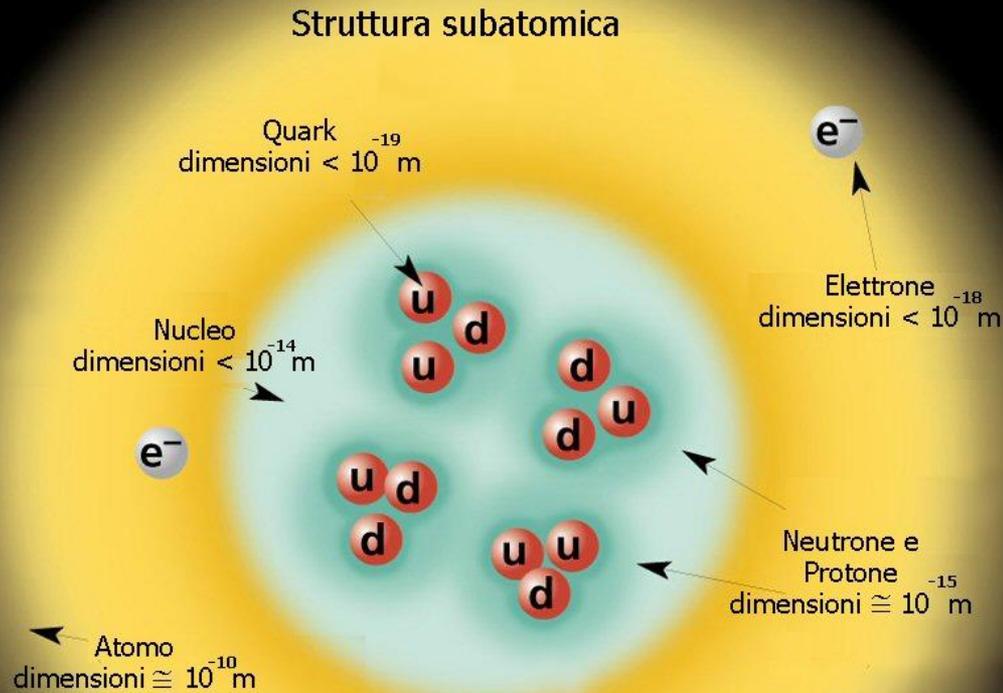
The image features a central, dark, circular region filled with numerous bright, yellowish-white stars, resembling a galaxy cluster or a distant galaxy. This central region is surrounded by a vast field of blue, glowing, spherical objects that appear to be part of a larger structure, possibly a bubble or a cluster of bubbles. The overall color scheme is dominated by deep blues and blacks, with the central stars providing a stark contrast. The text "Universo o Multiverso ?" is overlaid in a bright cyan color, centered horizontally and vertically over the dark star-filled region.

Universo o Multiverso ?

Microcosmo, macrocosmo e multiversi

Il BIG BANG fonde le leggi dell'infinitamente grande con quelle dell'infinitamente piccolo e muta la nostra visione dell'Universo facendoci entrare nel Multiverso

Dimensioni del mondo quantistico



Raggio

Nu

Q

10^{-10} m

m

m

Il mondo microscopico e la meccanica quantistica



M. Planck



"Non mi è mai venuto a che fare (Erwin Schrödinger, parlando della

"Penso si possa tranquillamente affermare che nessuno capisce la meccanica quantistica" (Richard P. Feynman)



W. Heisenberg

Il principio di indeterminazione di Heisenberg



In termini matematici si può scrivere come:

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar \text{ dove}$$

➤ $\hbar = h/2\pi = 1,054 \cdot 10^{-27}$ erg sec è la costante di Planck ridotta

➤ Δp rappresenta l'incertezza sulla misura dell'impulso di una particella

➤ Δt rappresenta l'incertezza sulla misura della posizione di una particella

Analogamente alla coppia tempo-energia il principio di Heisenberg vale anche per la coppia posizione-impulso

Dal valore estremamente piccolo di questa costante, h , si può facilmente comprendere che l'effetto di tale principio è irrilevante nel mondo "macroscopico" in cui viviamo.

Determinismo ed indeterminismo

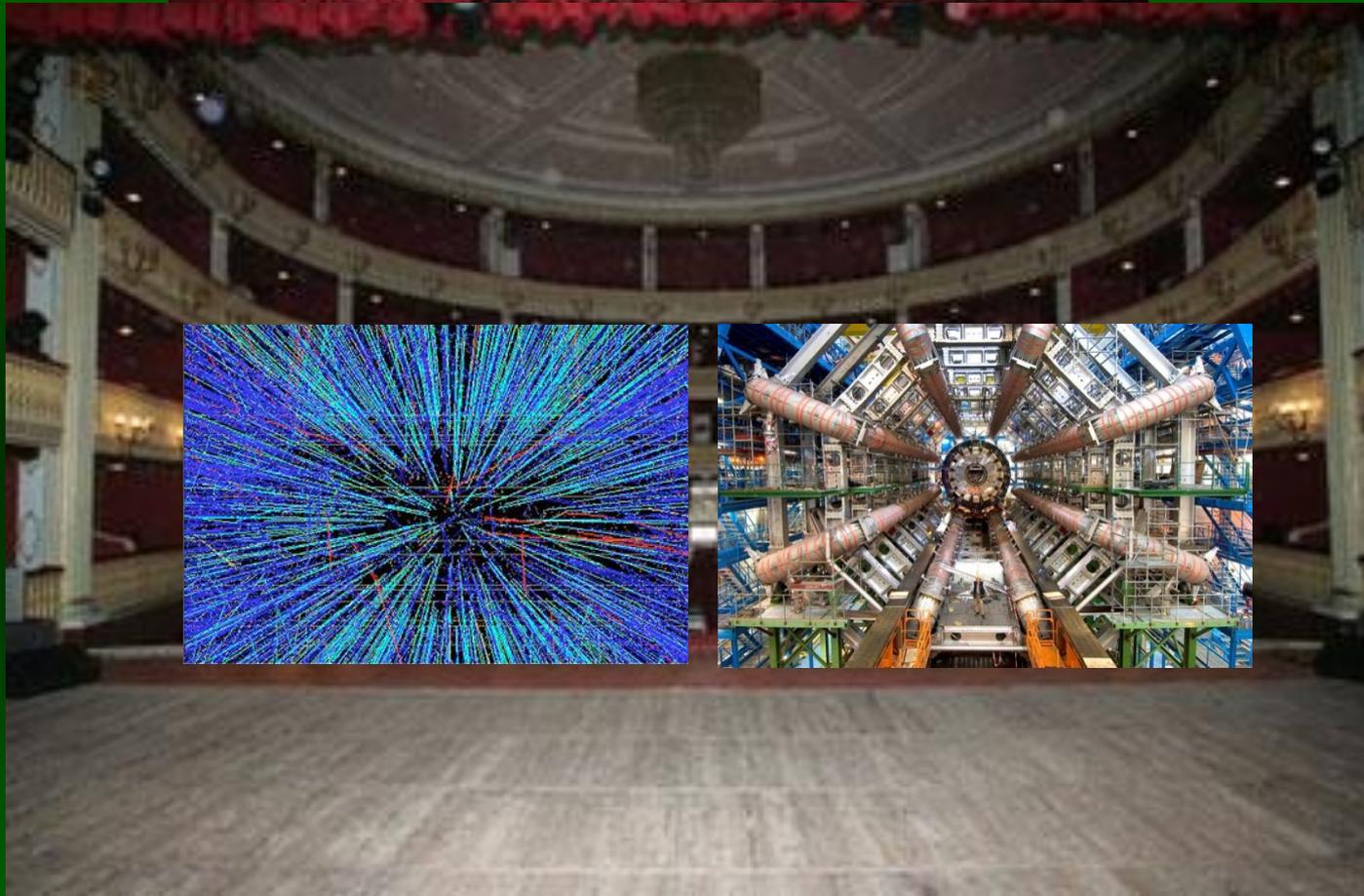


La Meccanica Quantistica non è una "teoria deterministica" e questa è una proprietà fondamentale ed ineliminabile del mondo atomico.

Il fatto che *non possiamo conoscere contemporaneamente posizione e moto oppure energia e tempo di una particella* non deve essere considerata un effetto d'incapacità sperimentale o di una mancanza di risoluzione degli strumenti ma dipende intrinsecamente dalla natura delle cose.

Il grande spettacolo della fisica moderna

Il palcoscenico gli attori e gli spettatori



La terza grande unificazione

Particelle elementari forze non-gravitazionali della natura

Teoria	Interazione	Mediatore	Intensità Relativa	Andamento	Raggio d'azione
Cromo dinamica	Forte	gluone	10^{38}	1	10^{-15} m
Elettro dinamica	Elettromagnetica	fotone	10^{36}	$1/r^2$	infinito
Sapore dinamica	Debole	W^+ W^- e Z (bosoni)	10^{25}	$1/r^5$ a $1/r^7$	10^{-16} m
Geometro dinamica	Gravità	gravitoni	1	$1/r^2$	infinito

Le "magiche" unità di Planck

Grandezza fisica	Simbolo	Valore
Distanza di Planck	L_{Planck}	$(\hbar G/c^3)^{1/2} \sim 1,6 \times 10^{-33} \text{ cm}$
Tempo di Planck	t_{Planck}	$(\hbar G/c^5)^{1/2} \sim 5,4 \times 10^{-44} \text{ sec}$
Massa di Planck	m_{Planck}	$(\hbar c/G)^{1/2} \sim 2,177 \times 10^{-5} \text{ g}$
Energia di Planck	E_{Planck}	$(\hbar c^5/G)^{1/2} \sim 10^{19} \text{ GeV}$
Temperatura di Planck	T_{Planck}	$E_{\text{Planck}}/k \sim 10^{32} \text{ }^\circ\text{K}$
Densità di Planck	ρ_{Planck}	$m_{\text{Planck}}/(L_{\text{Planck}})^3 \sim 10^{94} \text{ g/cm}^{-3}$

Le costanti fisiche utilizzate nel definire le grandezze di Planck sono
 $\hbar = h/2\pi = 1,054 \cdot 10^{-27} \text{ erg sec} = 1,054 \cdot 10^{-27} \text{ gr cm}^2/\text{sec}$ (costante di Planck)

$c = 2,997 \cdot 10^{10} \text{ cm /sec}$ (velocità della luce)

$G = 6,673 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/(\text{gr sec}^2)$ (costante di gravitazione)

$a = 7,565 \cdot 10^{-15} \text{ erg cm}^{-3} \text{ K}^{-4}$ (costante di densità di radiazione)

$k = 1,380 \times 10^{-16} \text{ erg /}^\circ\text{K}$ costante di Boltzmann

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ MKS}$ costante dielettrica del vuoto

L'ultima (?) unificazione Spazio-tempo e forze fondamentali

Come far emergere dalla schiuma quantica uno spazio-tempo regolare a curvatura nulla ??

Il tempo

Come giustificare l'irreversibilità del tempo nell'universo in cui viviamo ??



L'Universo prima della nascita dello spazio e del tempo

Cosa c'è prima del tempo di Planck ??

$$t_{\text{Planck}} = (\hbar G/c^5)^{1/2} = 5,4 \cdot 10^{-44} \text{ sec}$$

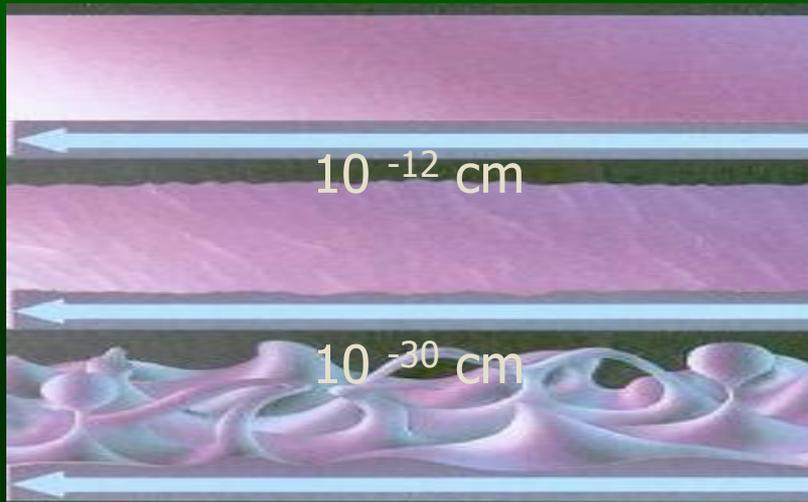
Solo la gravità quantistica potrebbe descrivere l'ingarbugliata "schiuma quantica" alla scala della lunghezza di Planck:

$$L_{\text{Planck}} \sim (\hbar G/c^3)^{1/2} \sim 1,6 \times 10^{-33} \text{ cm}$$

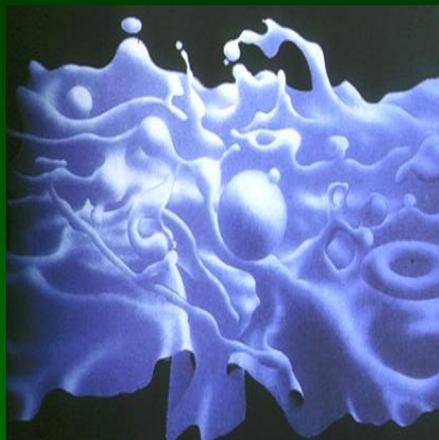
che precede la nascita dello spazio-tempo ! Ma per ora non abbiamo teorie e modelli che sono in grado di descrivere in modo significativo questo stato così complesso.

Quindi il "tempo di Planck" e la "lunghezza di Planck" rappresentano il limite comprensibile all'inizio del tempo e dello spazio.

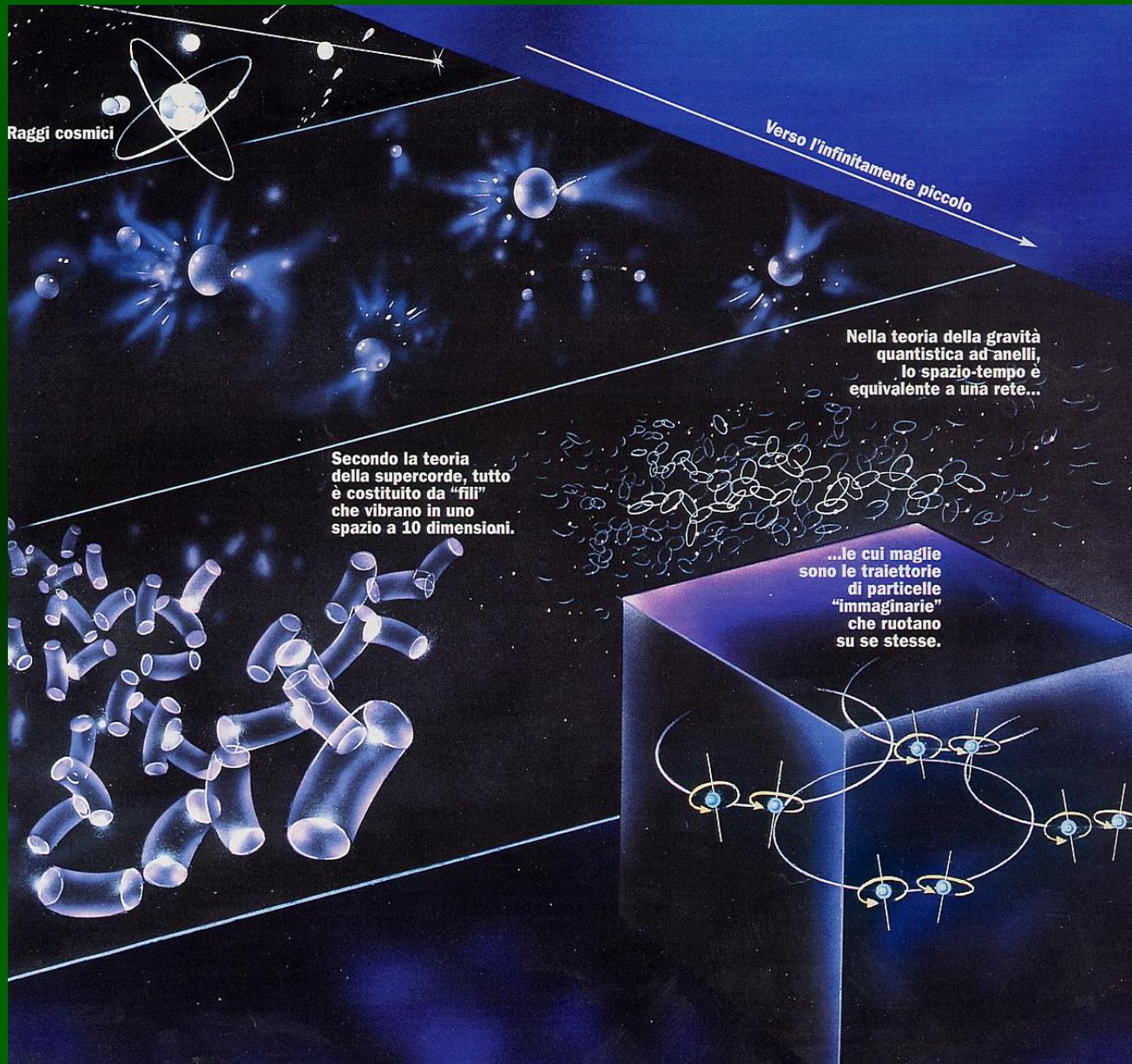
NON esistono un tempo $t=0$ ed un raggio $r=0$!



10^{-33} cm lunghezza di Planck



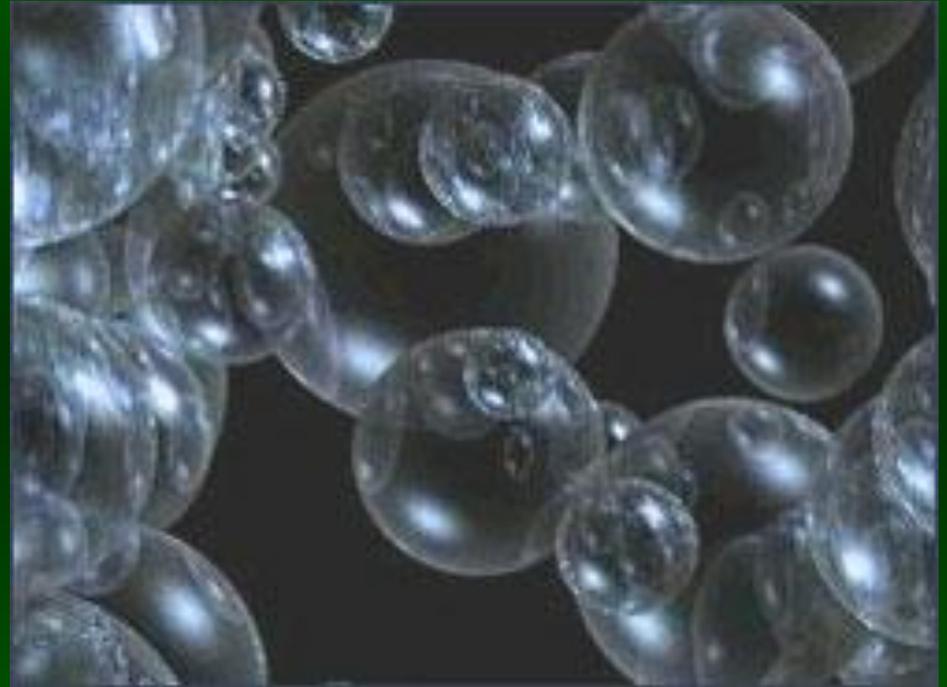
Superstringe e gravità quantistica



Tanti Big Bang ?

Come il nostro cosmo si e' enormemente espanso nei primi istanti , lo stesso potrebbe accadere ovunque e in ogni momento.

Una infinita distesa di spazio da cui emergono bolle di energia, o big bang, semi di tanti universi.





Principio Antropico
Noi nell'Universo o l'Universo è per noi ?

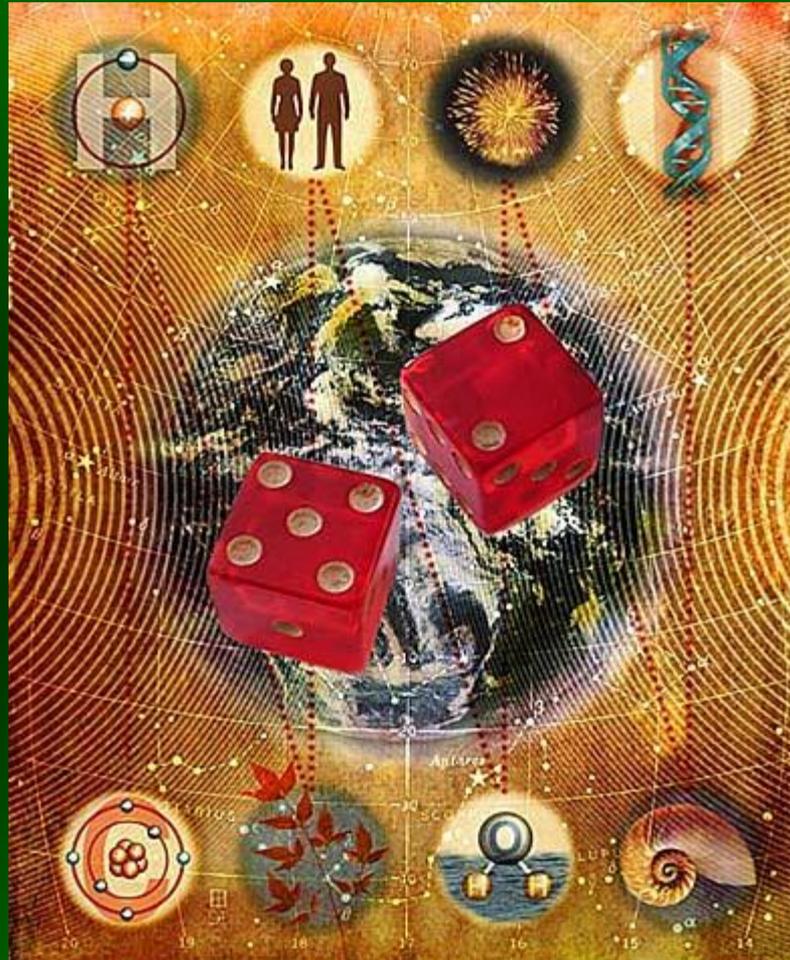
Il nostro Universo



Già nel 1970 l'astrofisico McCrea osservò che abbiamo, evidentemente, un solo Universo da studiare: quello in cui viviamo!

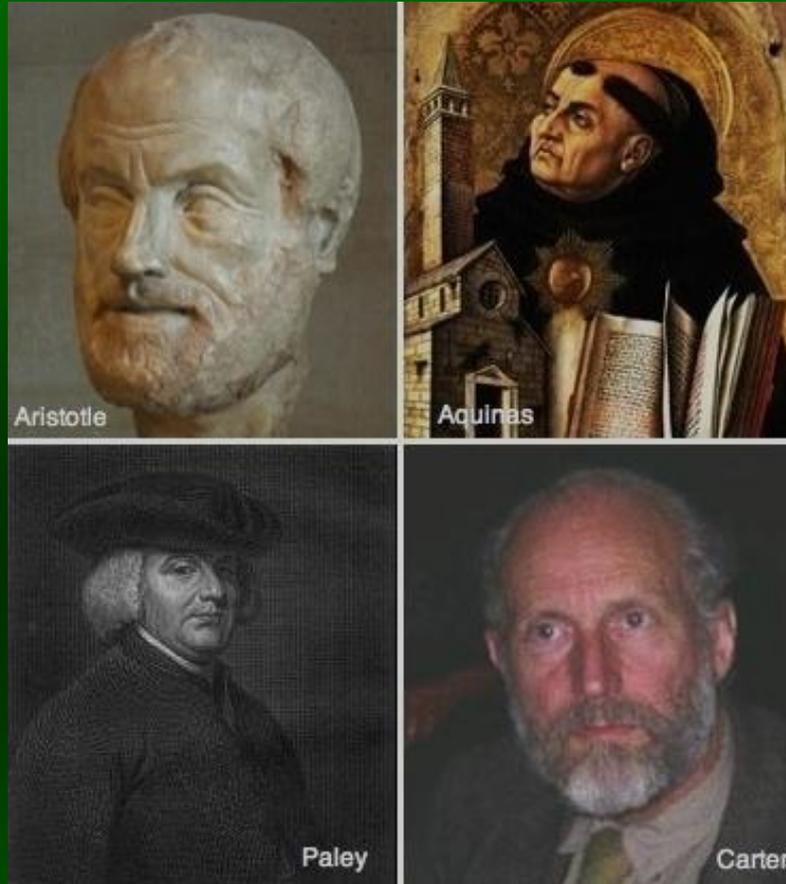
Non possiamo "uscire" dal nostro Universo ed osservare altri Universi per cercare di comprendere se si sono evoluti come il nostro.

Il caso e la necessità



Non possiamo escludere che le proprietà mostrate nel nostro Universo siano dovute al caso.

Il Principio Antropico



Nella sua versione più semplice il Principio Antropico prende atto dell'evidenza:

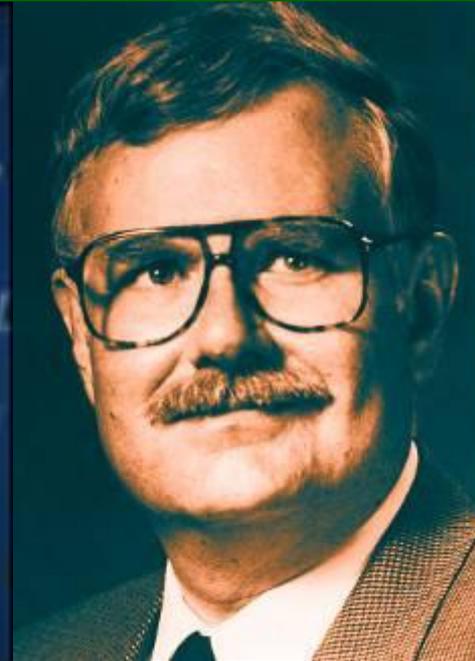
si possono formare dei tipi di Universo in cui è presente la vita così come noi la conosciamo, tra questi il nostro

Il Principio Antropico: PAD-PAF-PAF

J. Barrow



F. Tipler



J. Barrow e F. Tipler nel 1986 hanno proposto tre forme del Principio Antropico:

- Principio Antropico Debole (PAD)
- Il Principio Antropico Forte (PAF)
- Il Principio Antropico Finale (PAF)

Il Principio Antropico debole



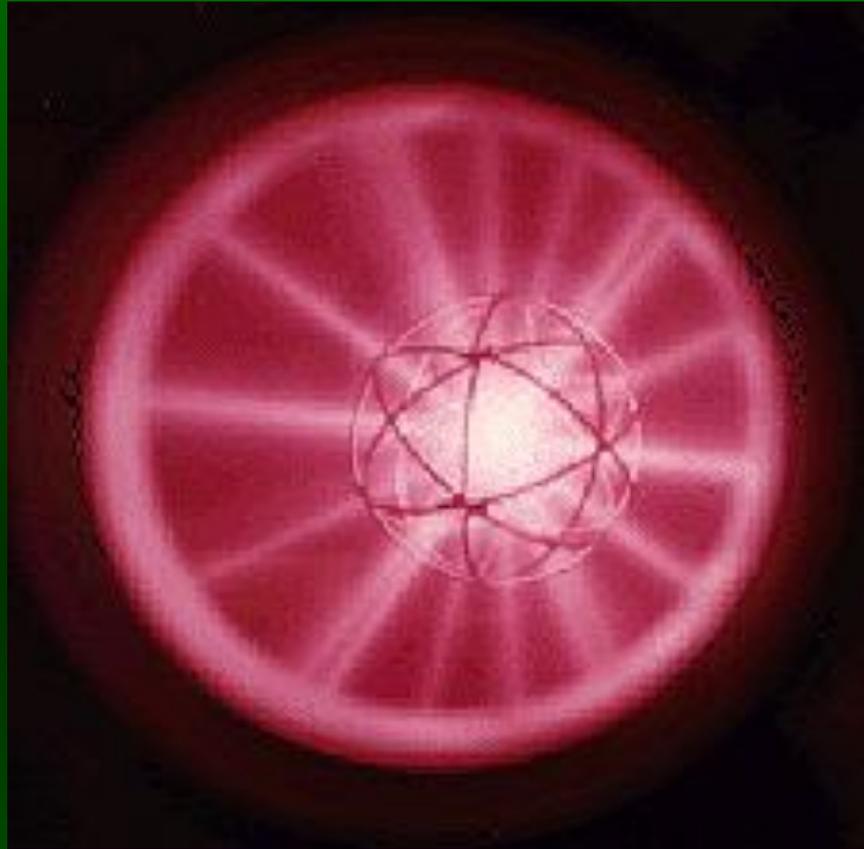
Principio Antropico Debole (PAD): *"I valori osservati di tutte le costanti fisiche non sono tutti ugualmente probabili DEVONO AVERE questi valori per potere rendere possibile la vita basta sul carbonio e quindi l'Universo ha parametri tali da permettere l'evoluzione ed espansione per tempi sufficientemente lunghi da permettere l'emergere della vita".*

Il Principio Antropico Forte



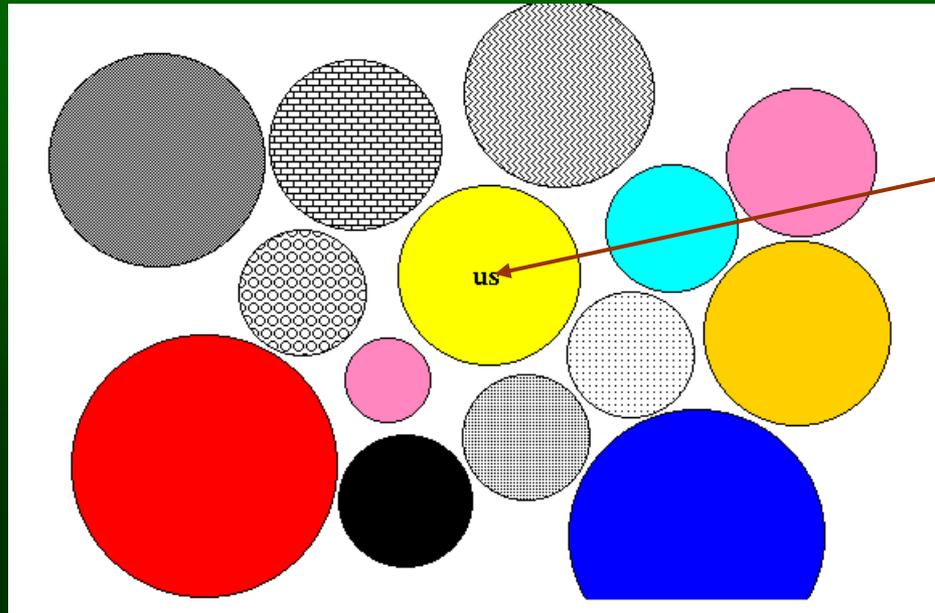
Il Principio Antropico Forte (PAF): *"L'Universo DEVE avere quelle proprietà tali da permettere lo sviluppo della vita ad una data fase della sua esistenza"*.

Il Principio Antropico Finale



Il Principio Antropico Finale (PAF): *"il processo di sviluppo dell'intelligenza è strettamente legata a quello dell'Universo inoltre lo sviluppo dell'Universo DEVE permettere alla vita intelligente di esistere per sempre"*

Il Principio Antropico



Il "nostro"
Universo

Il Principio Antropico, dà un riferimento entro cui motivare le coincidenze, apparentemente incredibili, che permettono la nostra presenza in un Universo che appare essere perfettamente impostato per la nostra esistenza.

Tutto, a partire dal valore della costante di struttura fine , fino all'esatto livello della forza nucleare debole, sembra fatto su misura per permetterci di esistere.

Il Principio Antropico stabilisce che la ragione per cui siamo qui a riflettere su questi argomenti, è dovuta al fatto che tutte le variabili corrette sono al loro posto. Secondo i critici, questa è semplicemente una tautologia un modo molto complicato di dire "se le cose fossero differenti, sarebbero differenti".

Le costanti fisiche fondamentali

Costante fisica	simbolo	valore c.g.s.	valore M.K.S.
velocità della luce	c	$2,9979 \times 10^{10}$ cm/sec	$2,9979 \times 10^8$ m/sec
costante di Planck	h	$6,6262 \times 10^{-27}$ erg sec	$6,6262 \times 10^{-34}$ J sec
costante di Planck razionalizzata	$h/2\pi = \hbar$	$1,0545 \times 10^{-27}$ erg sec	$1,0545 \times 10^{-34}$ J sec
carica dell'elettrone	e	$4,8032 \times 10^{-10}$ esu	$1,6021 \times 10^{-19}$ C
massa dell'elettrone	m_e	$9,1095 \times 10^{-28}$ gr	$9,1095 \times 10^{-31}$ Kg
rapporto tra carica e massa dell'elettrone	e/m_e	$5,2727 \times 10^{17}$ esu/gr	$1,7587 \times 10^{11}$ C/Kg
costante gravitazionale	G	$6,6732 \times 10^{-8}$ dyn cm ² gr ⁻²	$6,6732 \times 10^{-11}$ N m ² Kg ⁻²
massa protone	m_p	$1,660 \times 10^{-24}$ gr	$1,660 \times 10^{-27}$ Kg
costante di struttura fine	α	1/137	1/137
raggio dell'elettrone	$r_e = \frac{e^2}{m_e c^2}$	$2,8179 \times 10^{-13}$	$2,8179 \times 10^{-15}$

Le costante di struttura fine



Di tutte le costanti una è particolarmente interessante. Si tratta della costante di struttura fine α definita come una opportuna combinazione di altre costanti fondamentali:

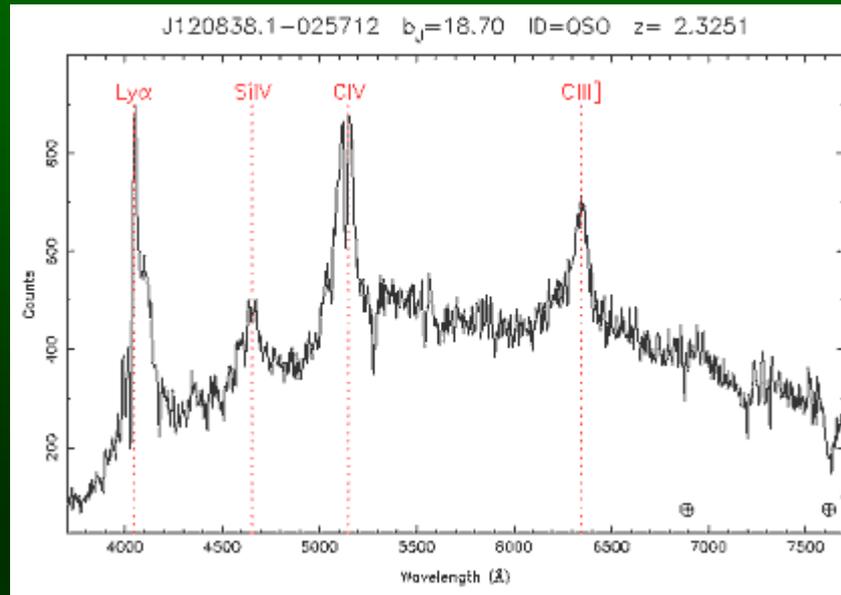
$$\alpha = (2\pi e^2)/hc$$

Questa costante è un numero pure il cui valore è dato da:

$$\alpha \sim 1/137$$

La sua proprietà consiste nel regolare la energia totale degli elettroni in orbita attorno al nucleo atomico !

La costante di struttura fine varia ???



Un esempio di
spettro di una
Quasar

J. Webb e M. Murphy hanno osservato gli spettri dei quasars distanti per verificare se la costante di struttura fine cambia α nel tempo.

Poiché la luce emessa dai Quasars ha viaggiato per miliardi di anni ecco che si può anche pensare che gli spettri dei quasar possano essere diversi (se varia α) da quelli osservati qui, oggi !

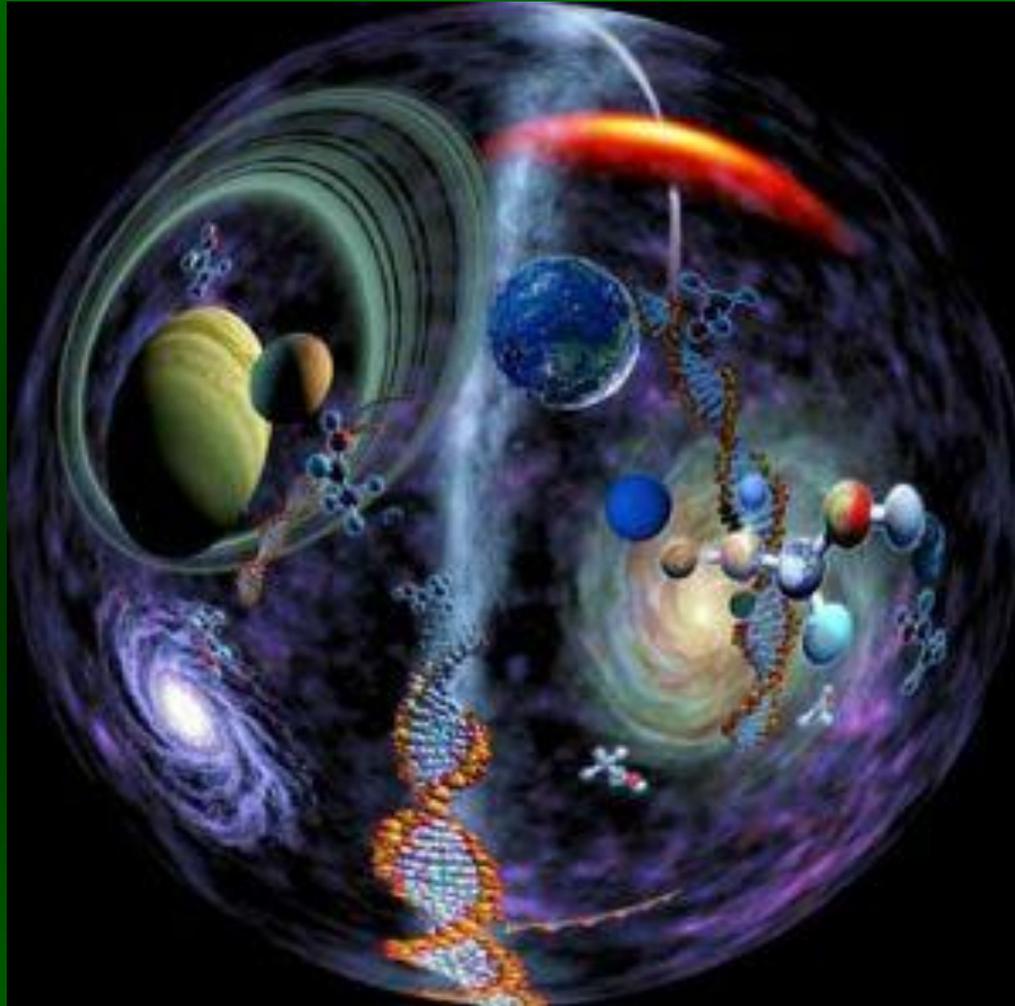
Le misure paragonano la posizione degli spettri delle quasars con quelli di laboratorio per stabilire una eventuale variazione di α nel tempo!

Le osservazioni di 128 Quasars misurano che la variazione di α deve essere di 0,00001 per gli ultimi 11 miliardi di anni

Un Universo "su misura" per noi ?



La (rap)presentazione è finita



... o è appena iniziata ?

Evoluzione dell'Universo



Infiniti inizi ?

Forse il nostro non è l'unico universo.

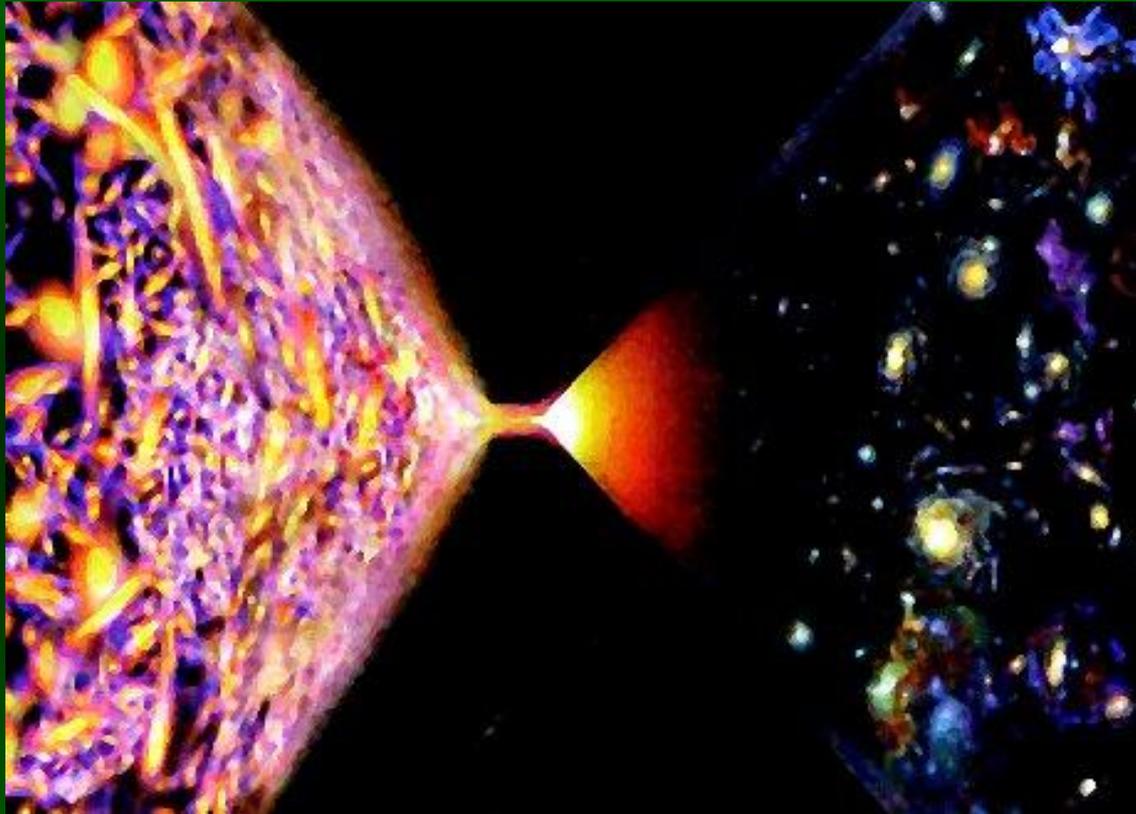
Il Big Bang da cui ebbero origine lo spazio e il tempo che conosciamo potrebbe essere stato solo uno degli infiniti inizi che generano

infiniti universi



Vorrei cambiare il mio universo

La presentazione è terminata



Grazie