

Da Piazza Maggiore verso...
l'infinitamente grande e
l'infinitamente piccolo

Flavio Fusi Pecci
INAF Osservatorio Astronomico
Bologna

Da Piazza Maggiore ai confini dell'universo



Tanto per iniziare
Dove siamo?
Dove stiamo andando?

100 metri

Dal centro di
Bologna,
fino ai confini più
estremi
dell'Universo
visibile,
partendo da
Piazza Maggiore.



10.000.000 metri

- La Terra

- Eh sì, anche la Terra è un corpo celeste
- è un pianeta: si muove nello spazio come gli altri pianeti.



Earth



Noi siamo qui

100.000.000 metri

- La Terra appare isolata e sospesa ad questa distanza.
- Nel suo moto attorno al Sole, essa attraversa un quadrato come quello dell'immagine in un'ora.

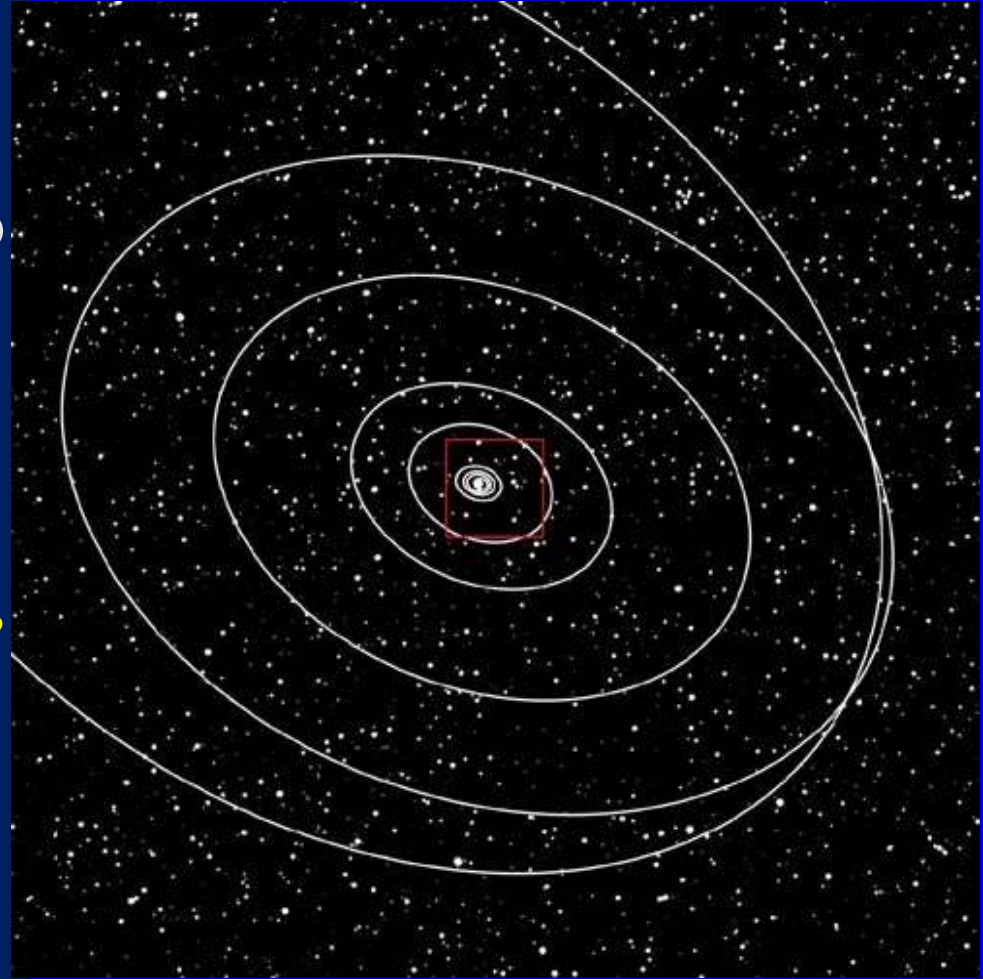


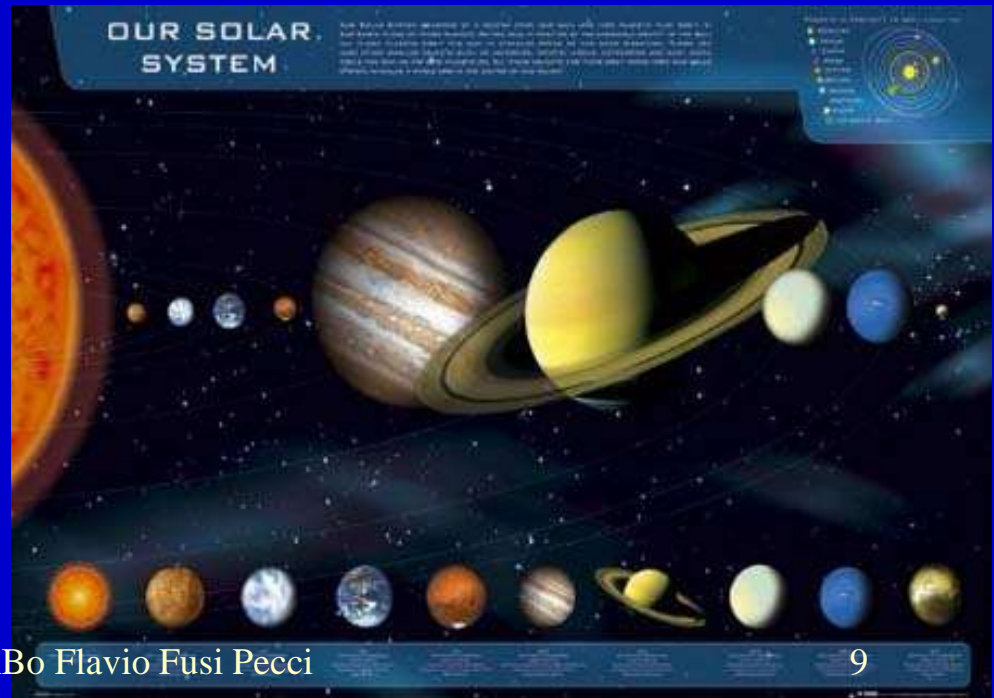
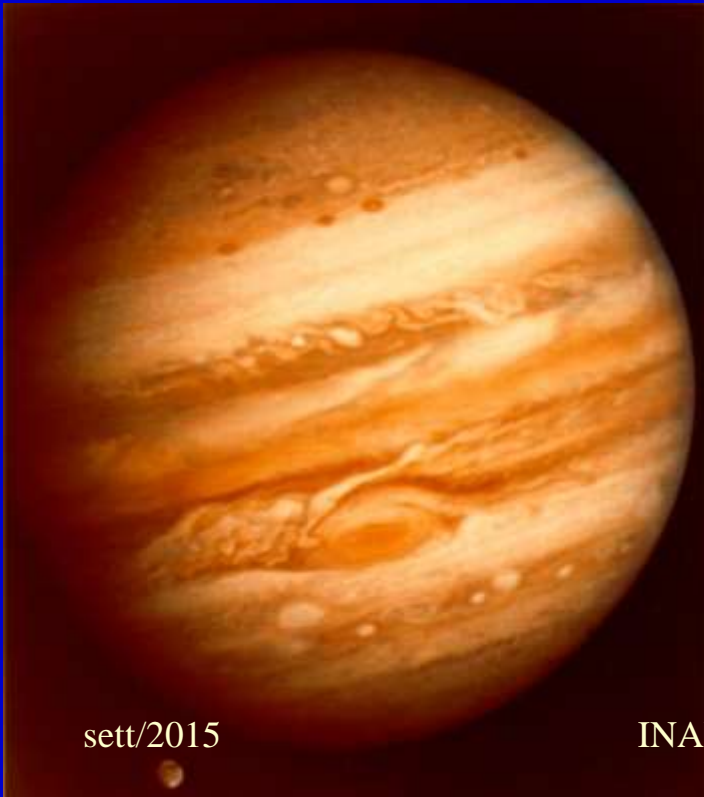
10.000.000.000.000 metri.

Si può vedere tutta l'area
percorsa dai pianeti del
Sistema solare.

Nell'immagine si vedono
le orbite dei pianeti
esterni (Giove, Saturno,
Urano e Nettuno).

Plutone, che presenta
un'orbita molto inclinata,
secondo la recente
classificazione dei corpi
del Sistema solare
appartiene alla categoria
dei pianeti nani.

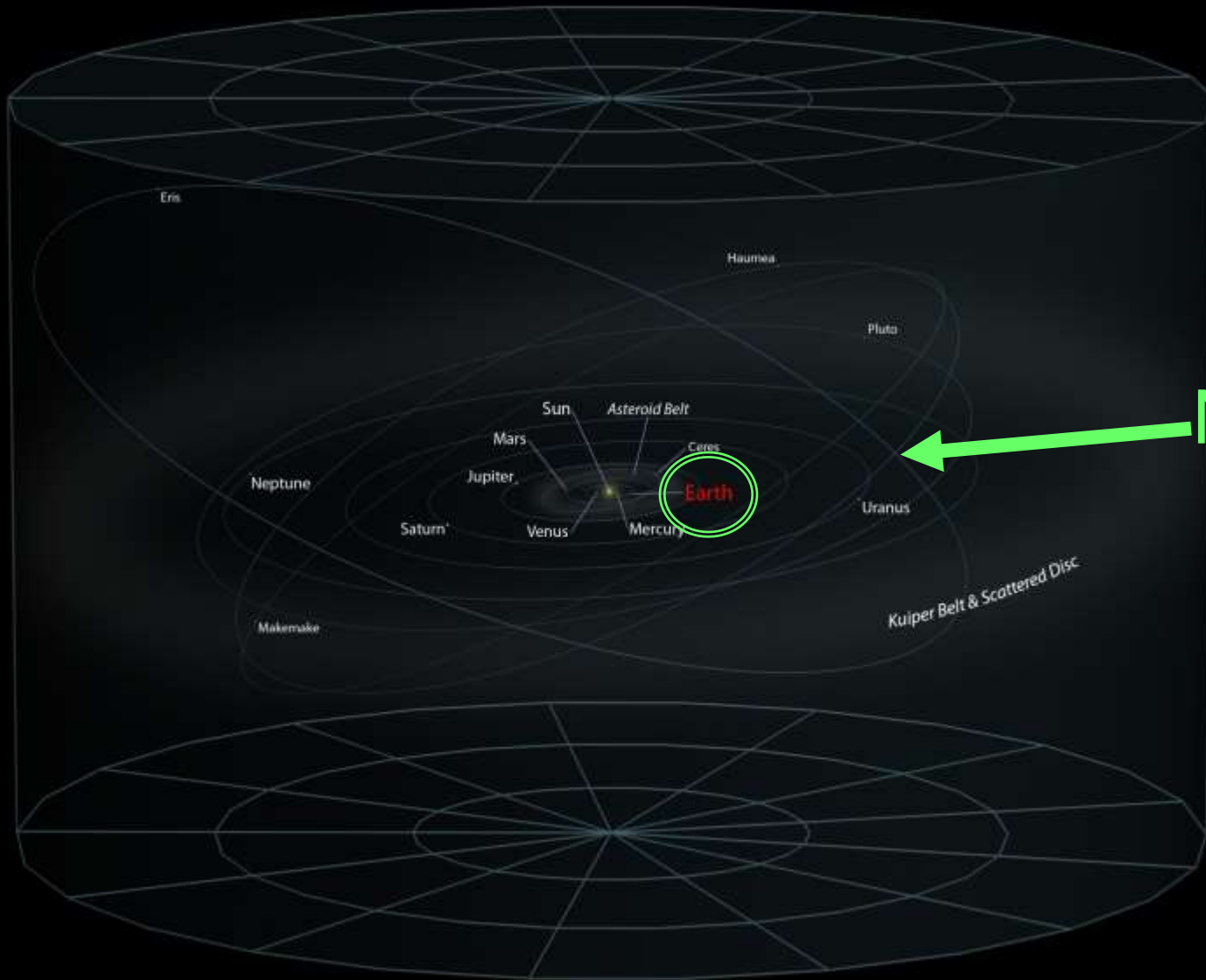




sett/2015

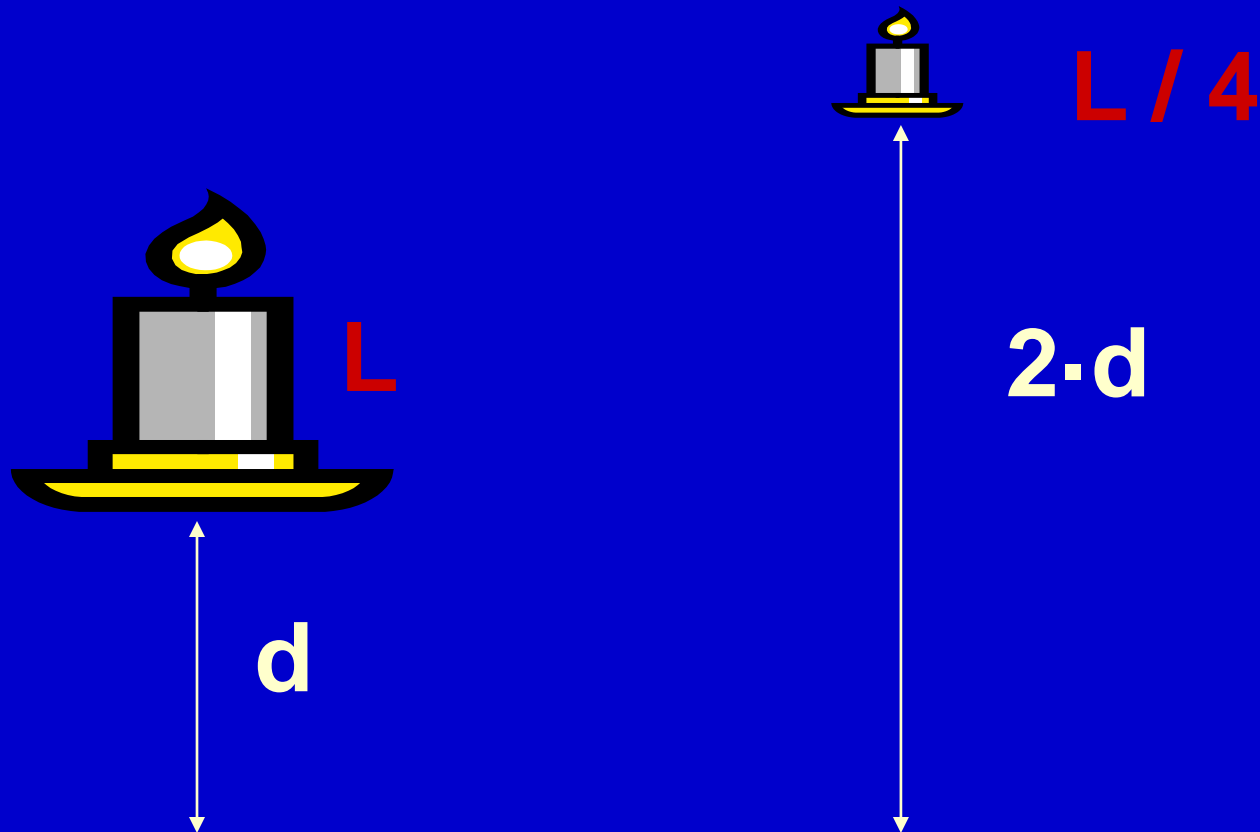
INAF - OABO Flavio Fusi Pecci

Solar System



Noi siamo qui

Luminosità apparente e distanza



Quanto distano le stelle ?



Indicare la loro distanza dalla Terra in chilometri sarebbe come volere esprimere quella tra Bologna e Los Angeles, California in millimetri (9.926.000.000 mm)

Gli astronomi usano
l'anno luce
(lo spazio percorso dalla luce in un anno) che vale
 $\sim 9.560.800.000.000$ KM
 $= 300000$ km/sec x (60x60x24x365) sec

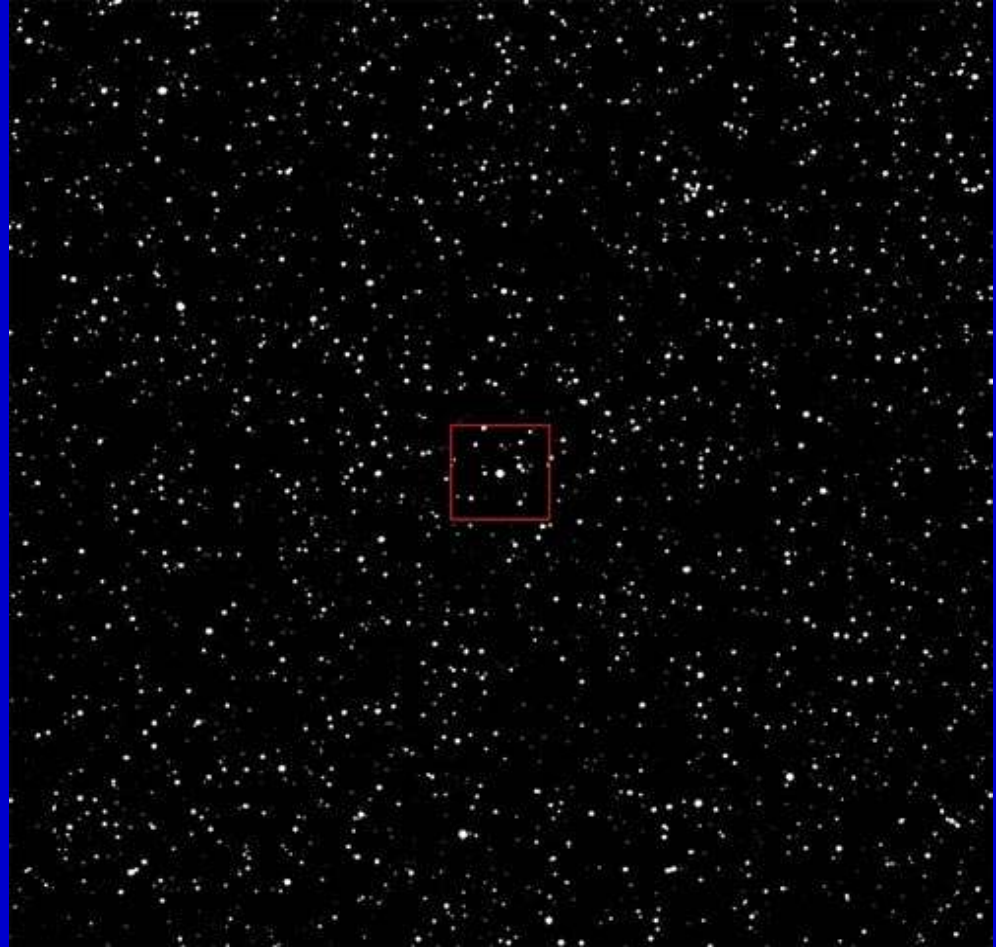


10.000.000.000.000.000 metri

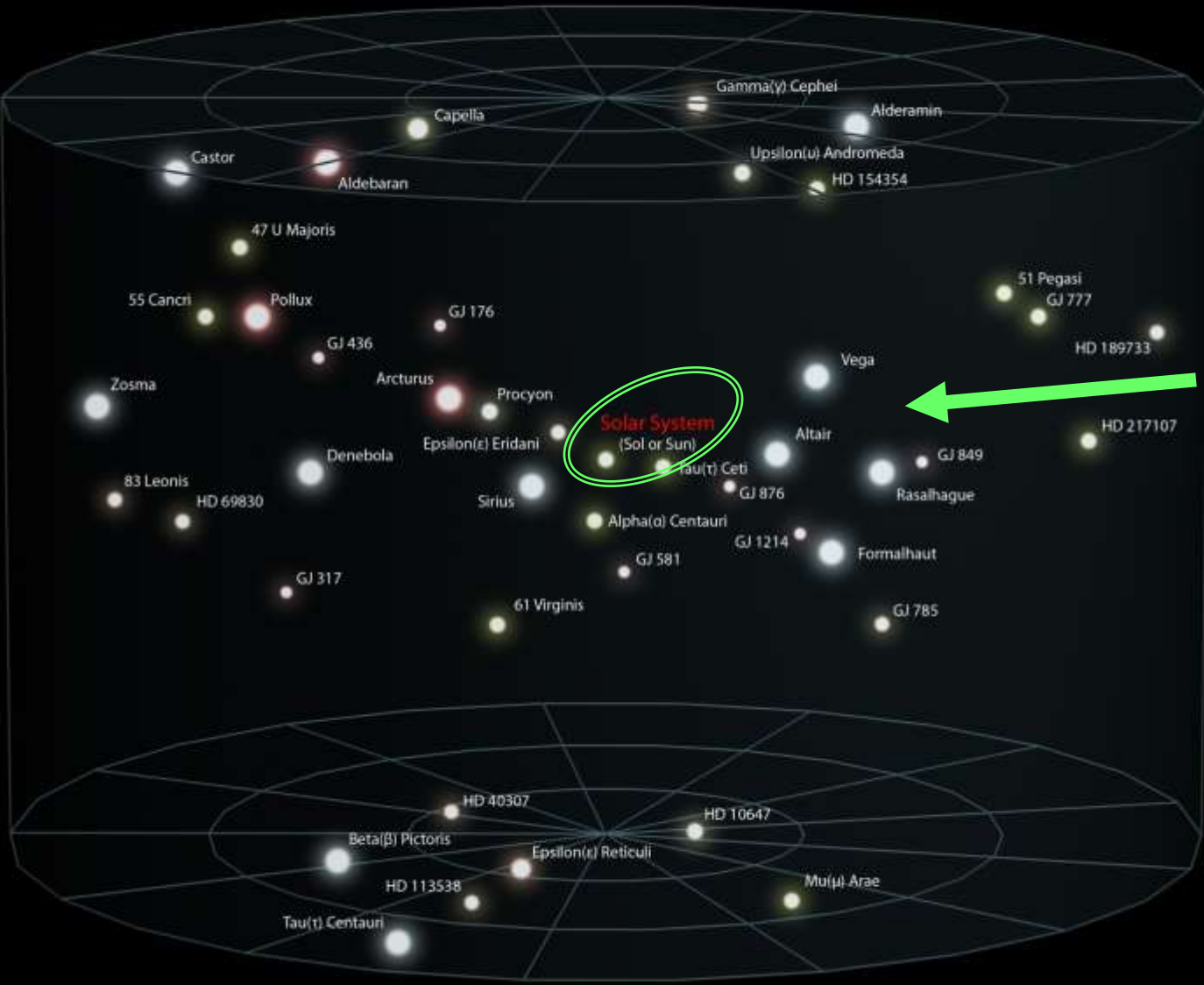
Sin qui abbiamo percorso la
distanza coperta dalla luce
nel vuoto in un anno.

Tale distanza viene chiamata
anno luce

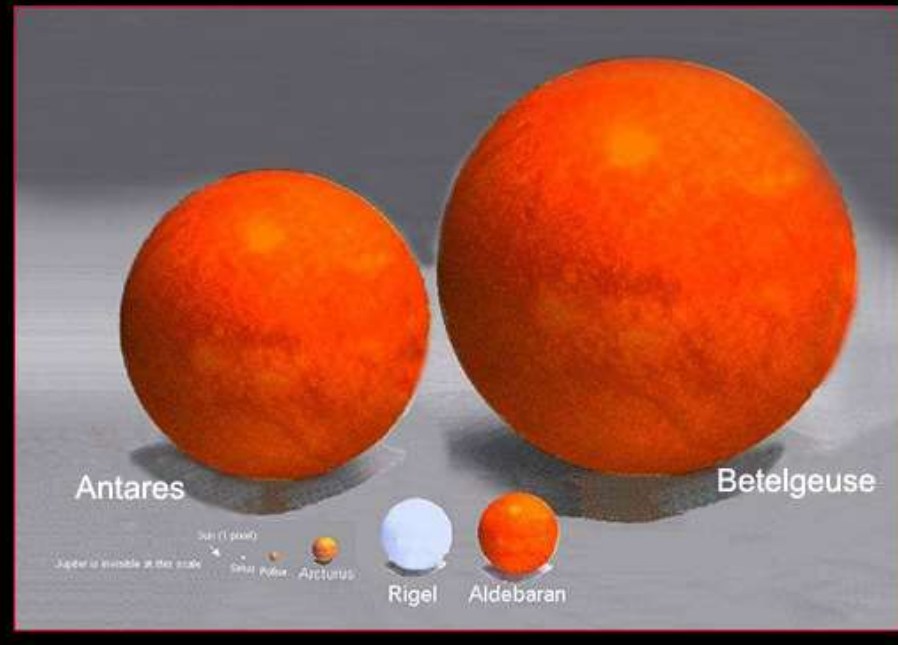
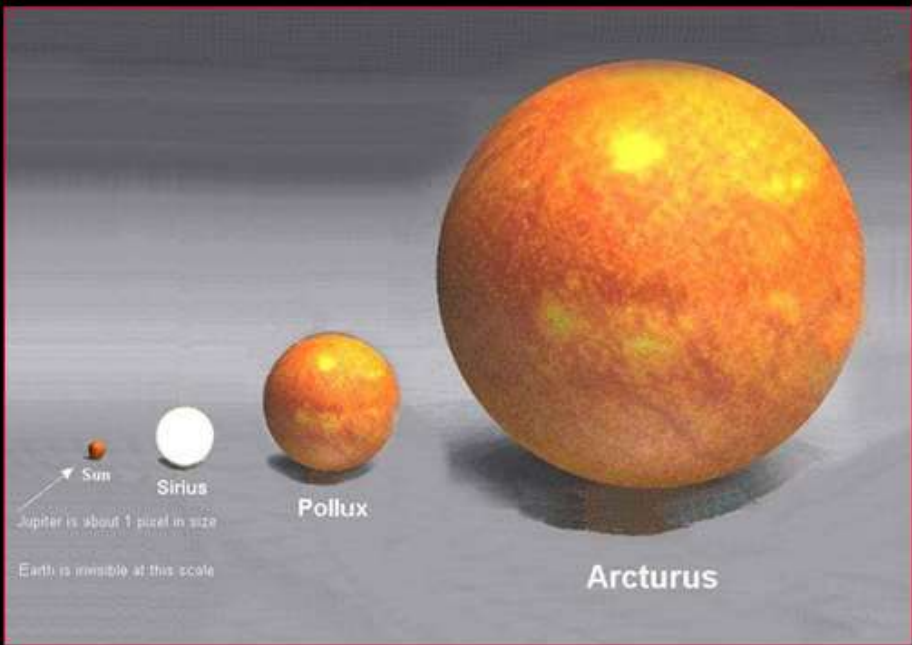
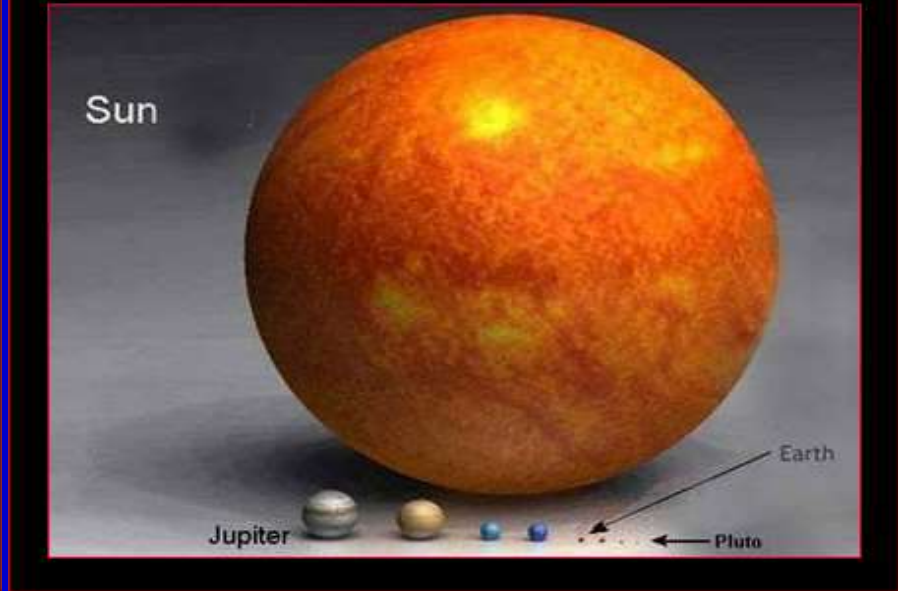
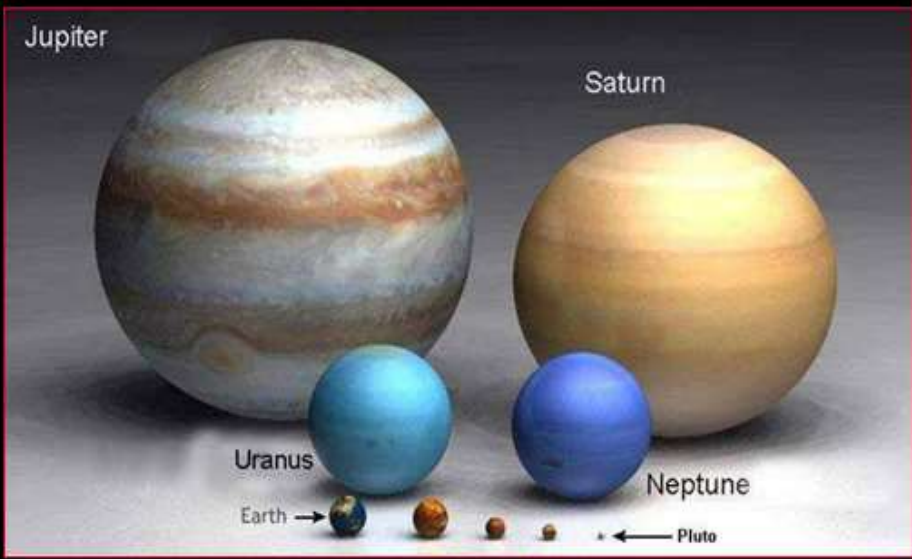
Il Sole continua ad apparire
come la stella più
brillante, solo perché è la
stella più vicina.



Solar Interstellar Neighborhood



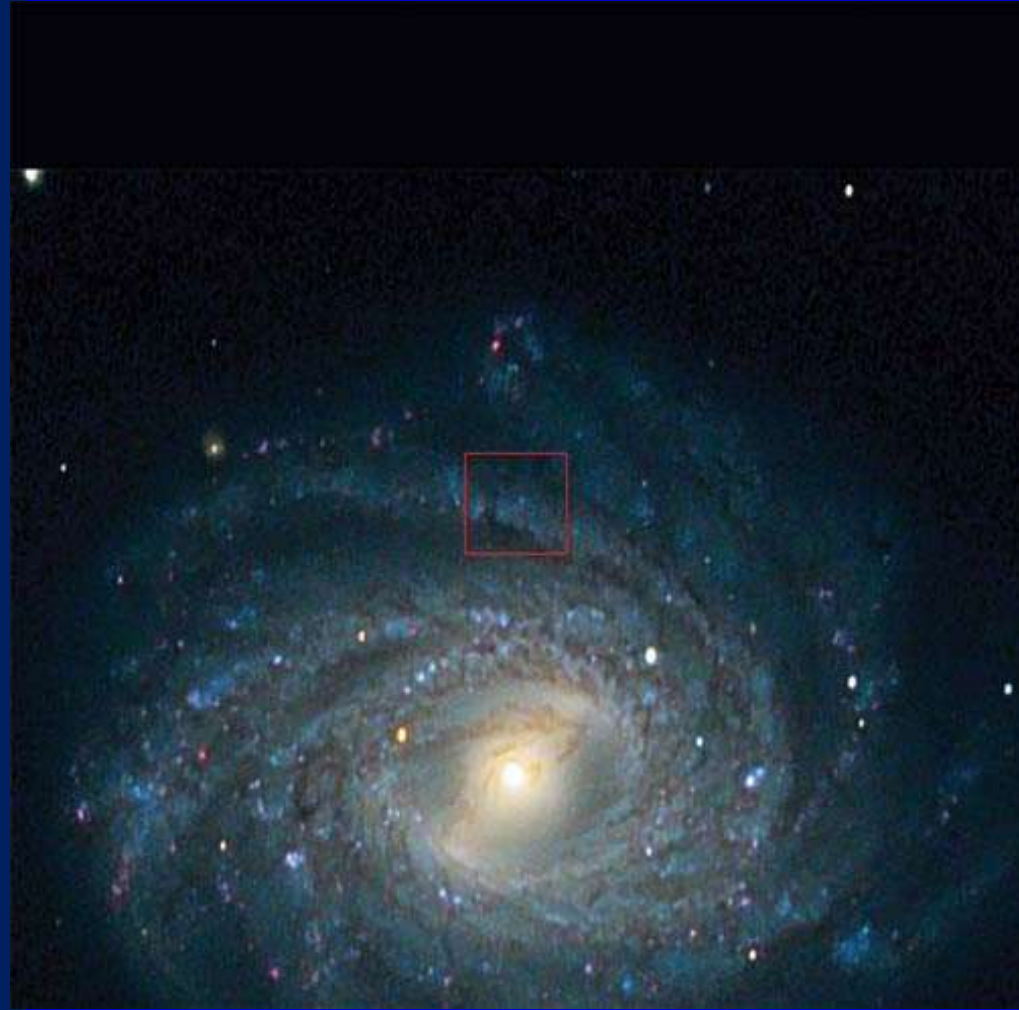
Noi siamo qui



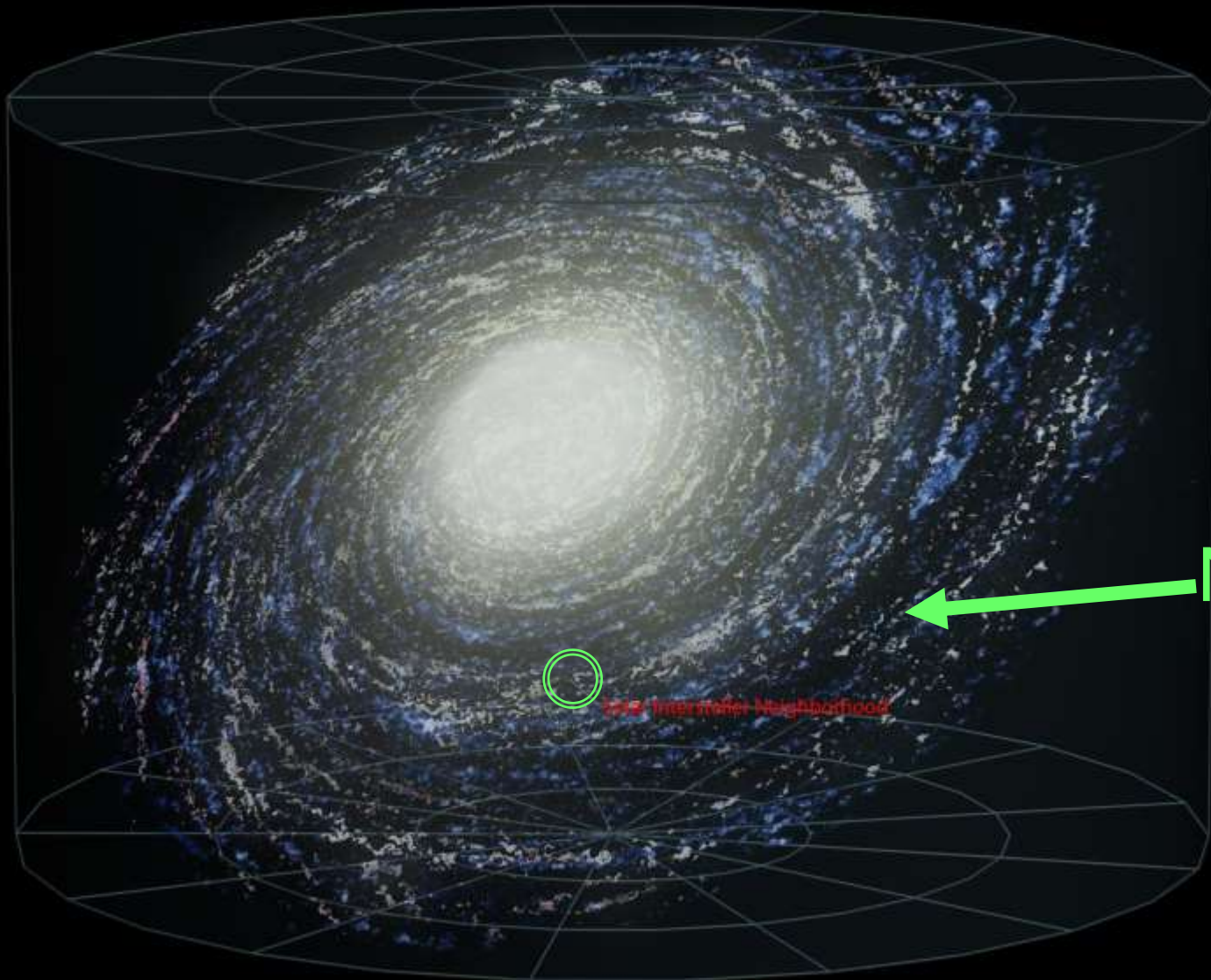
1.000.000.000.000.000.000.000 metri

Ecco la **Via Lattea**! È stato necessario percorrere **100 mila anni luce** per vederla dall'esterno.

Essa è composta da centinaia di miliardi di stelle, che si attraggono reciprocamente e che ruotano attorno al centro galattico in senso antiorario il Sole compie un giro in circa 300 milioni di anni.



Milky Way Galaxy



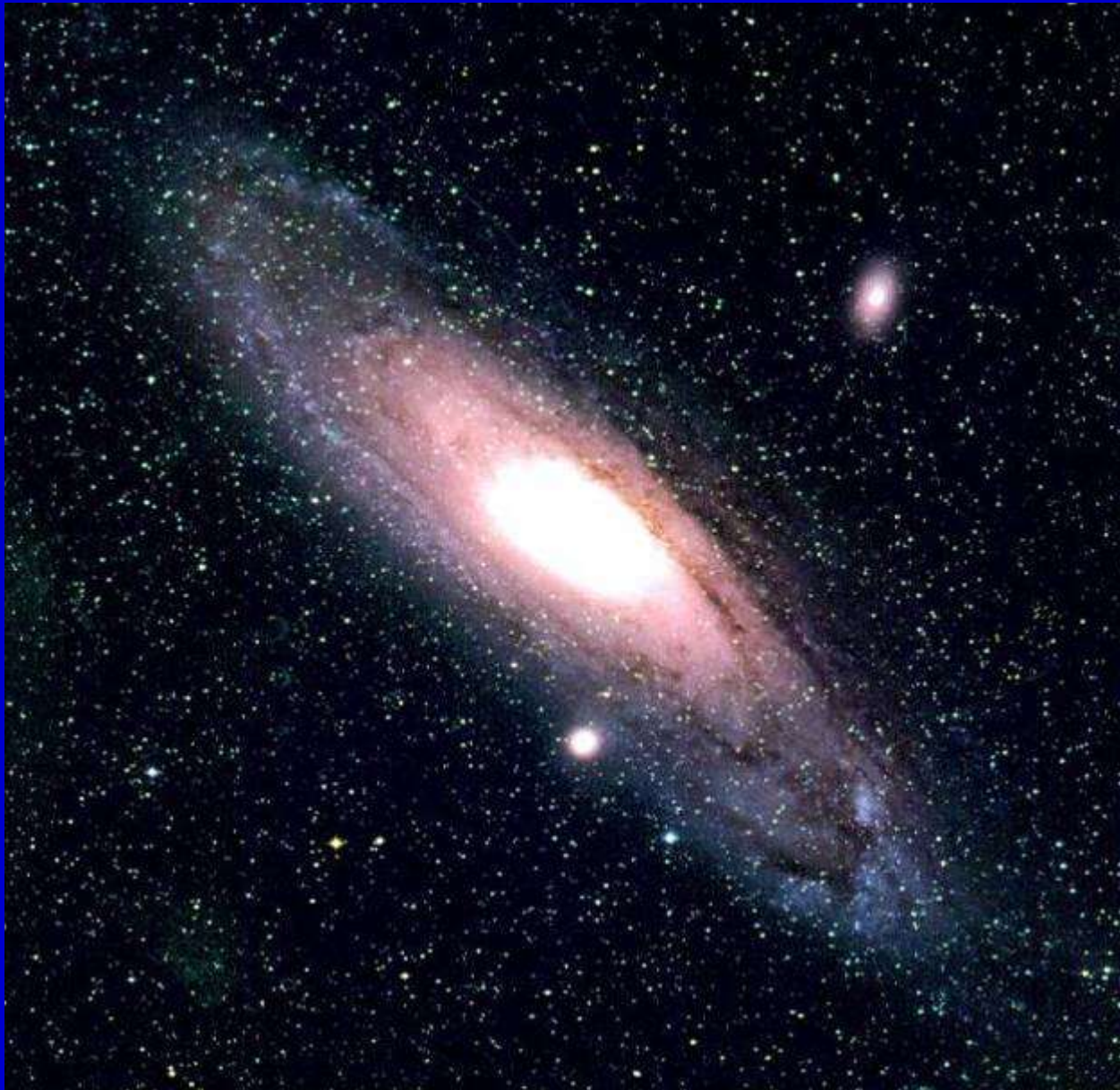
Noi siamo qui

10.000.000.000.000.000.000.000 metri

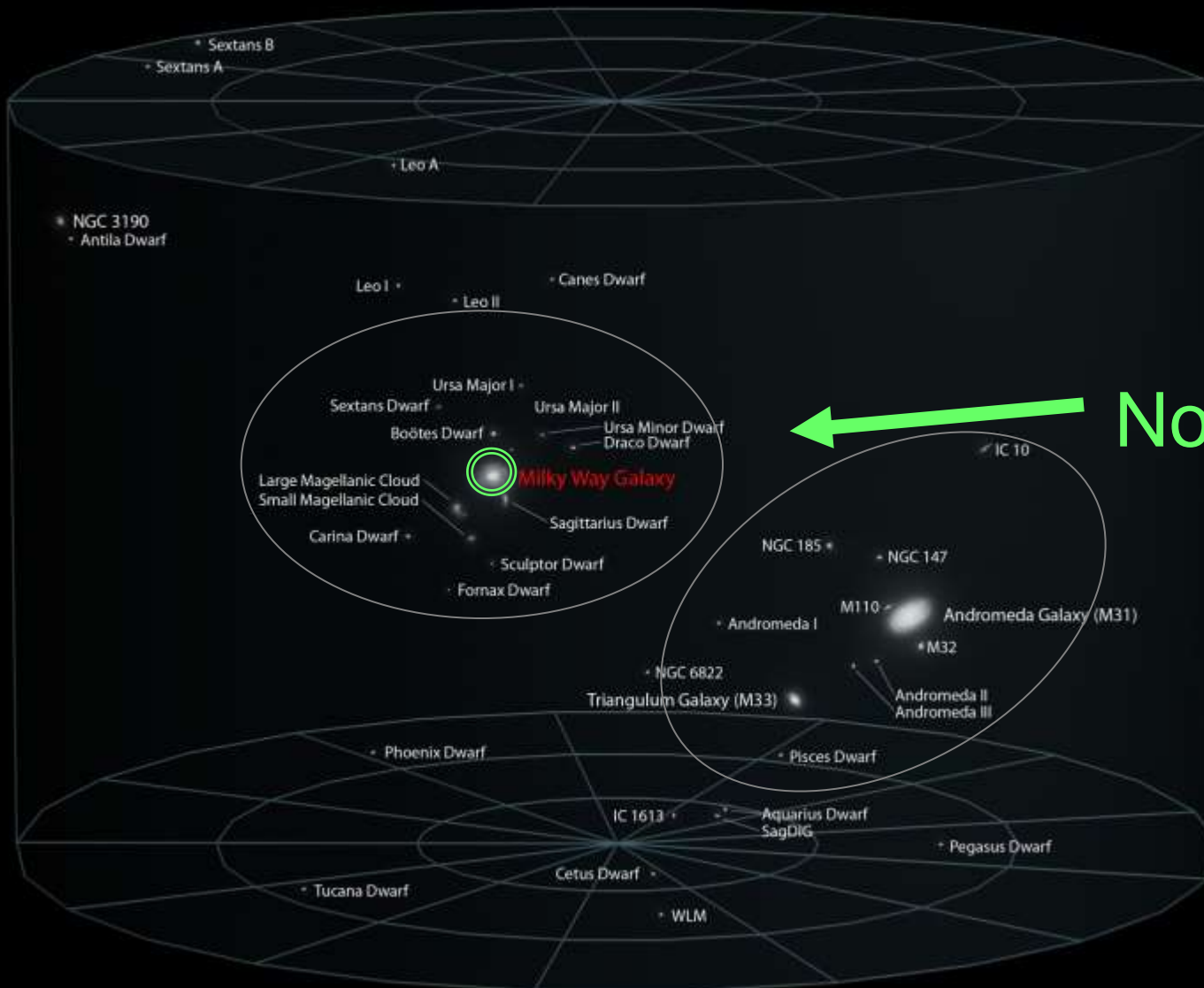
- Un milione di anni luce di distanza
- ci permettono di vedere la Via Lattea in prossimità delle altre galassie del **Gruppo Locale.**



M 31 Galassia di Andromeda (spirale)



Local Galactic Group



Circa 50 galassie
intorno alla

Via Lattea

+

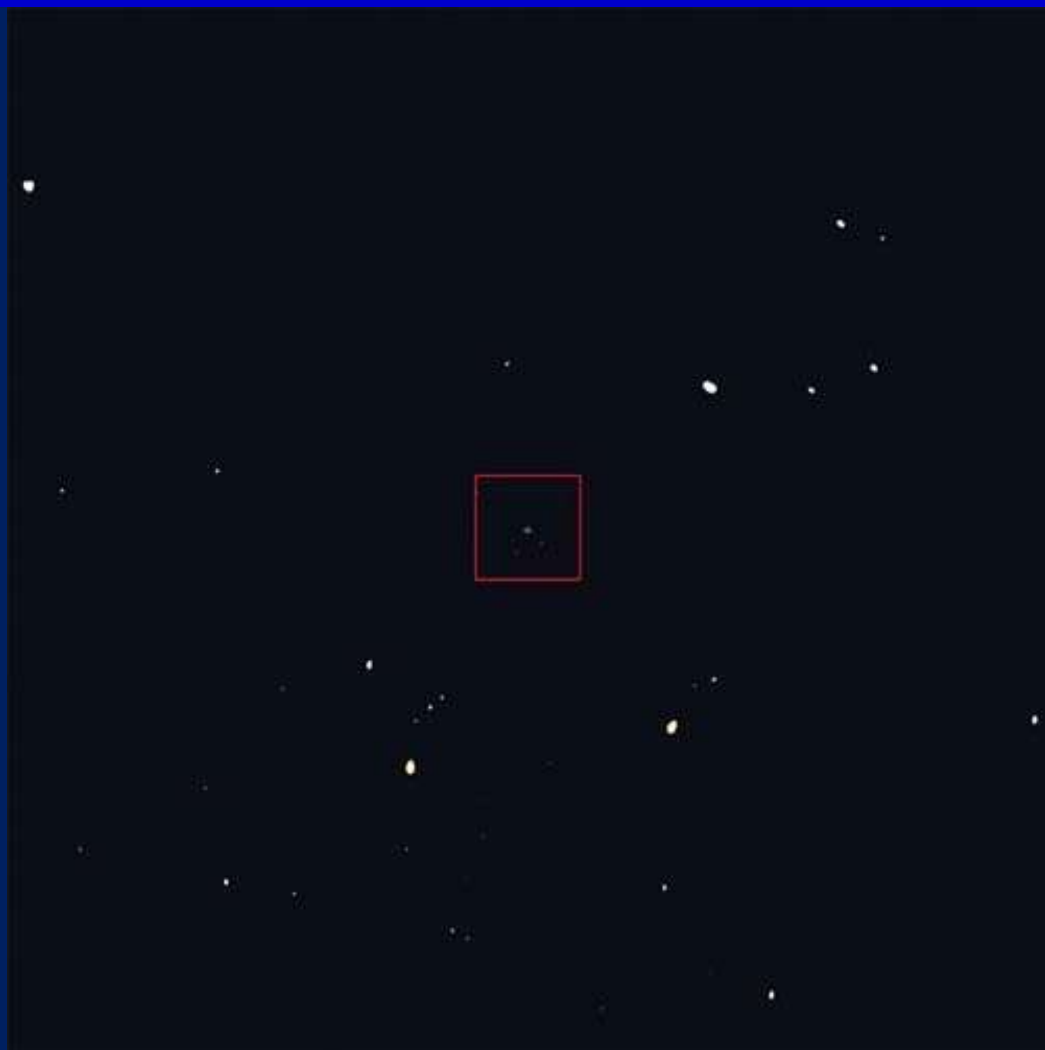
Andromeda

Noi siamo qui

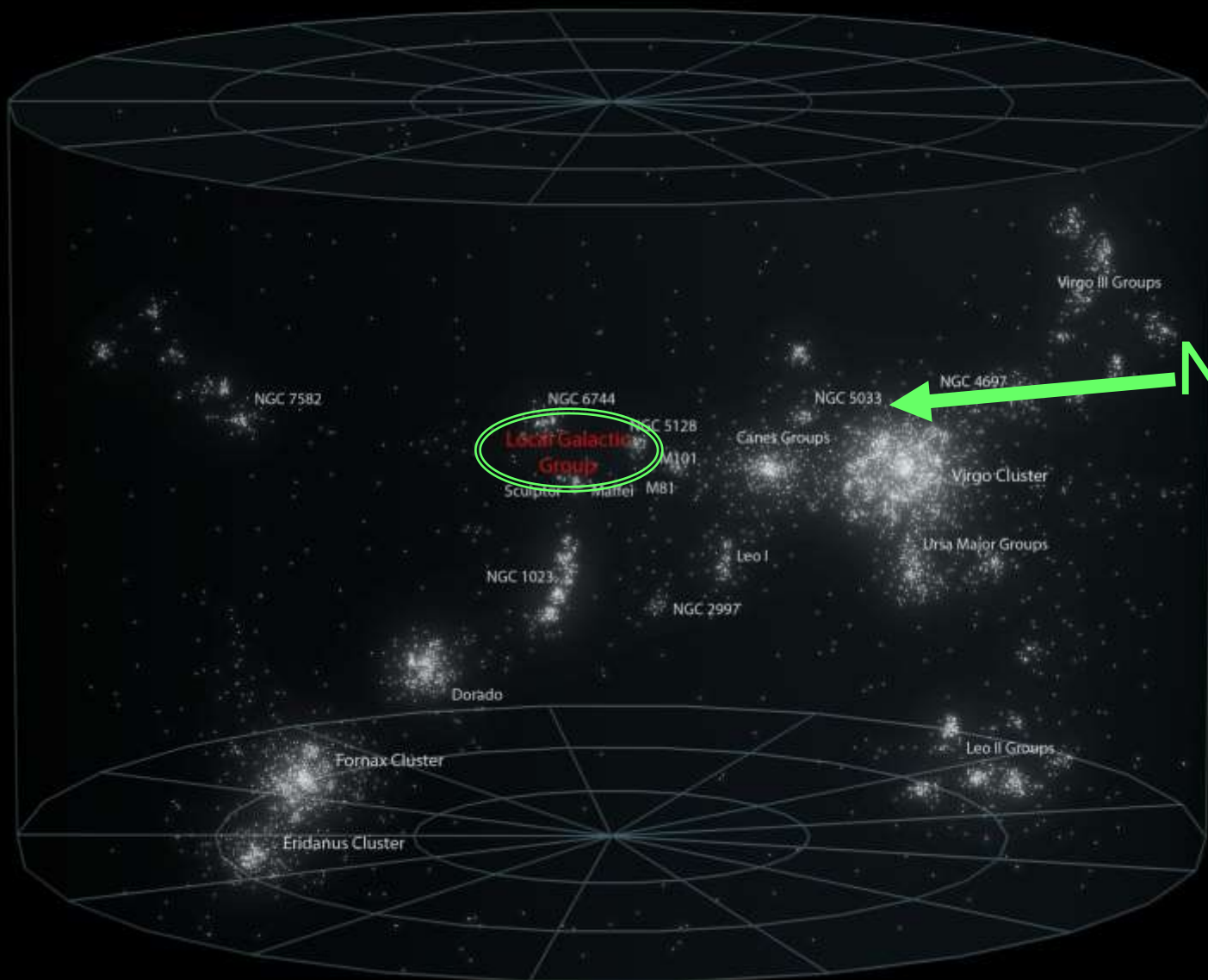
100.000.000.000.000.000.000.000 metri

Così come l'attrazione gravitazionale reciproca lega le stelle a formare le galassie, anche le galassie si attraggono tra loro.

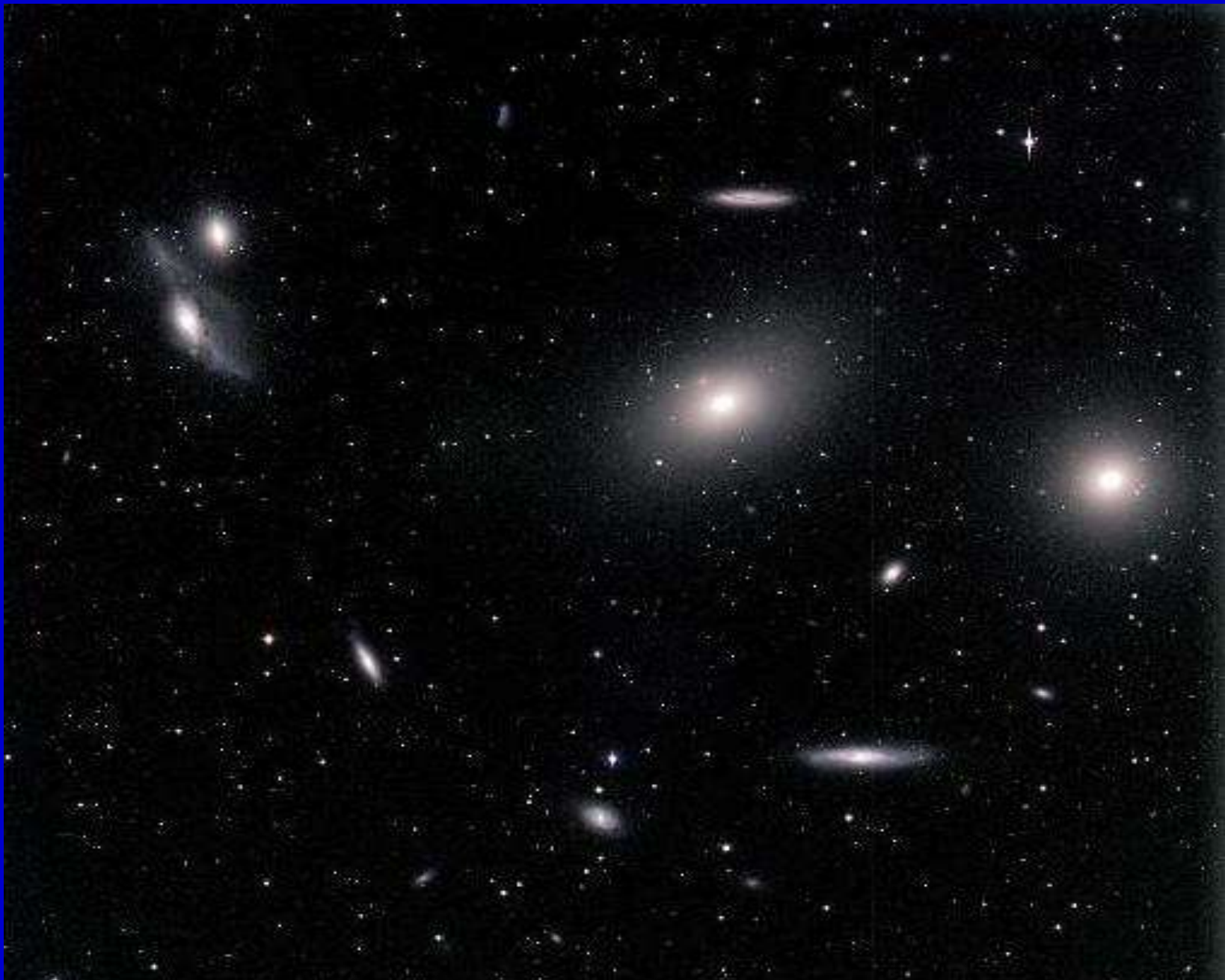
Siamo a 10 milioni di anni luce da Piazza Maggiore.



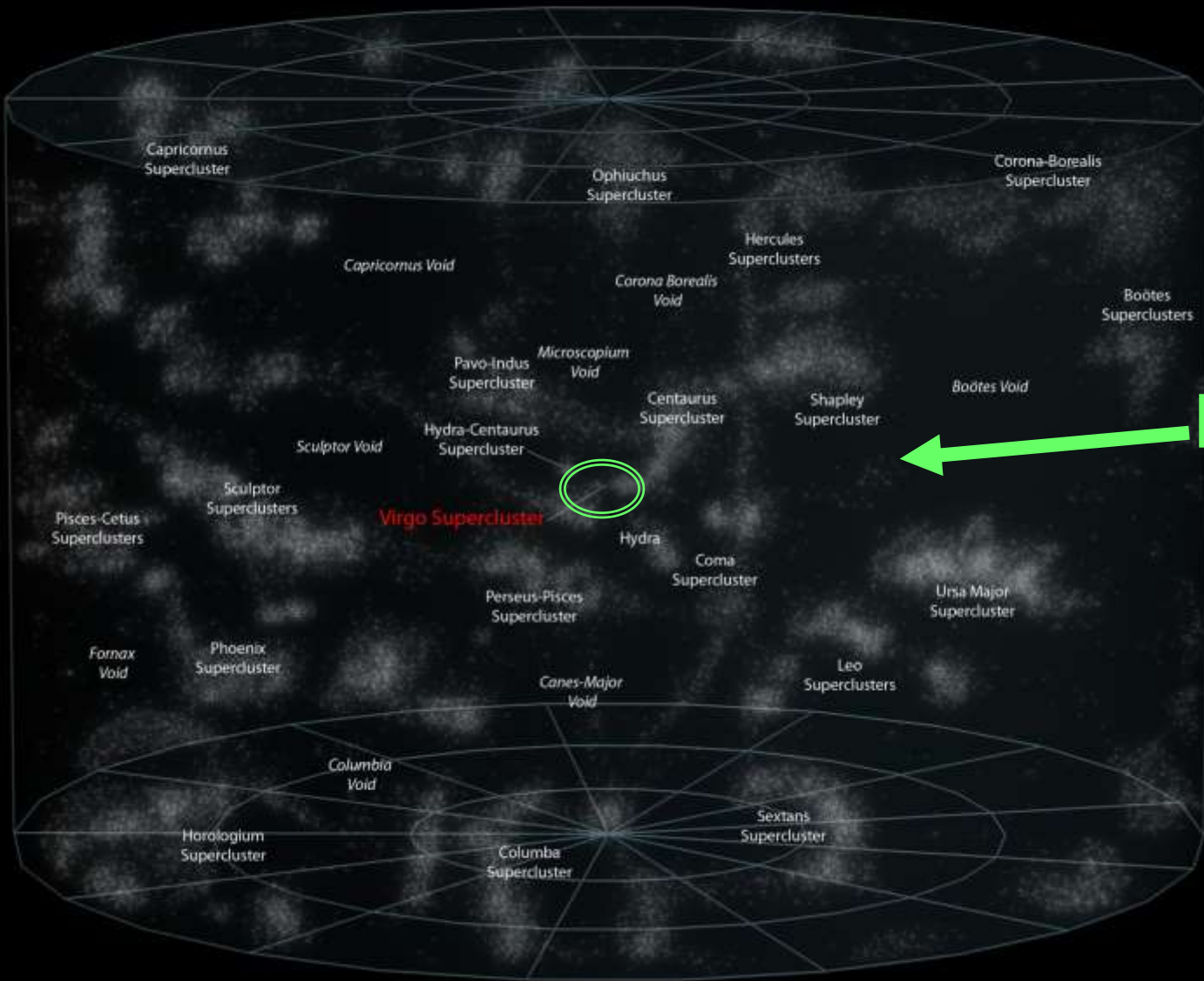
Virgo Supercluster



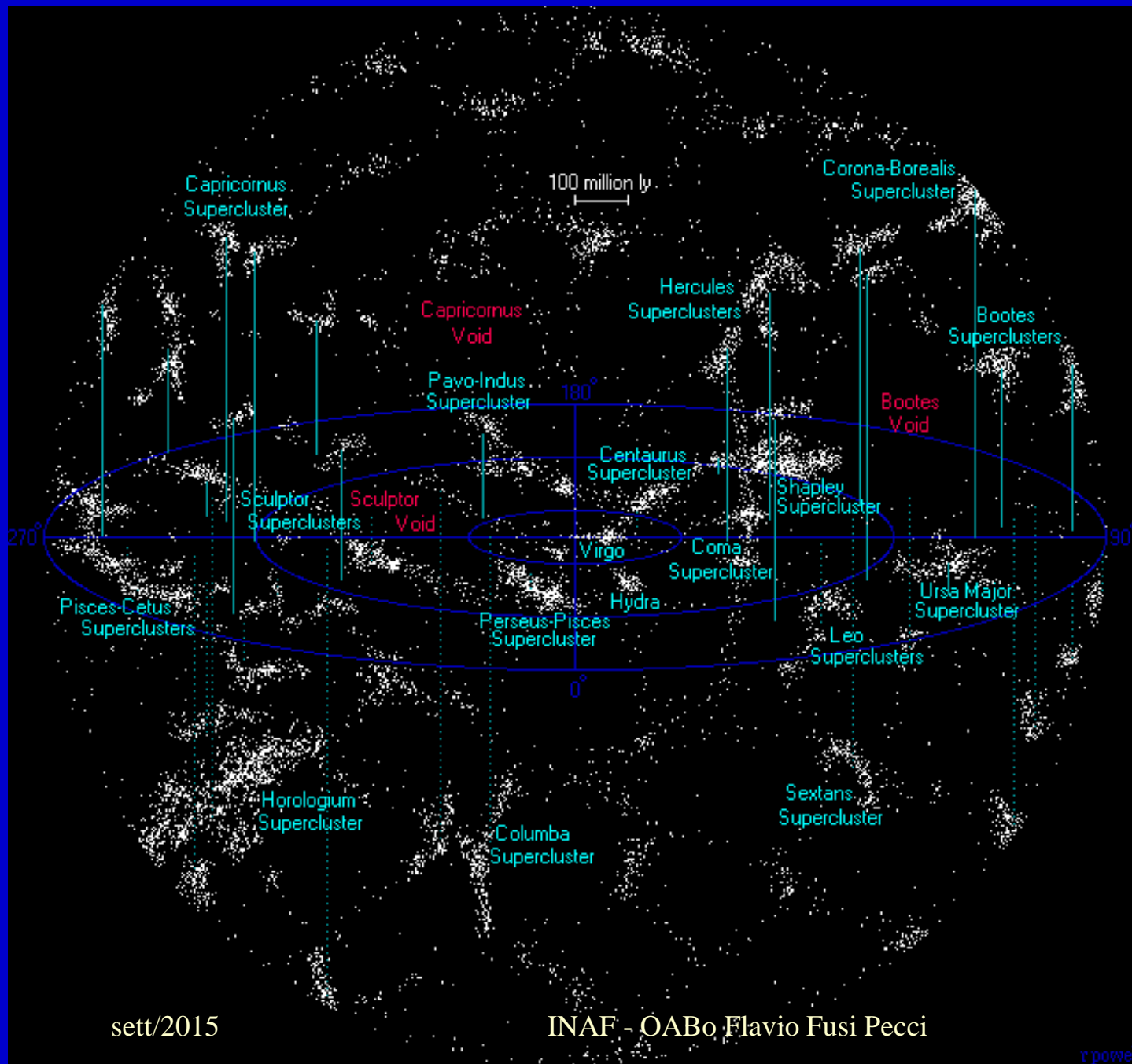
Noi siamo qui



Local Superclusters



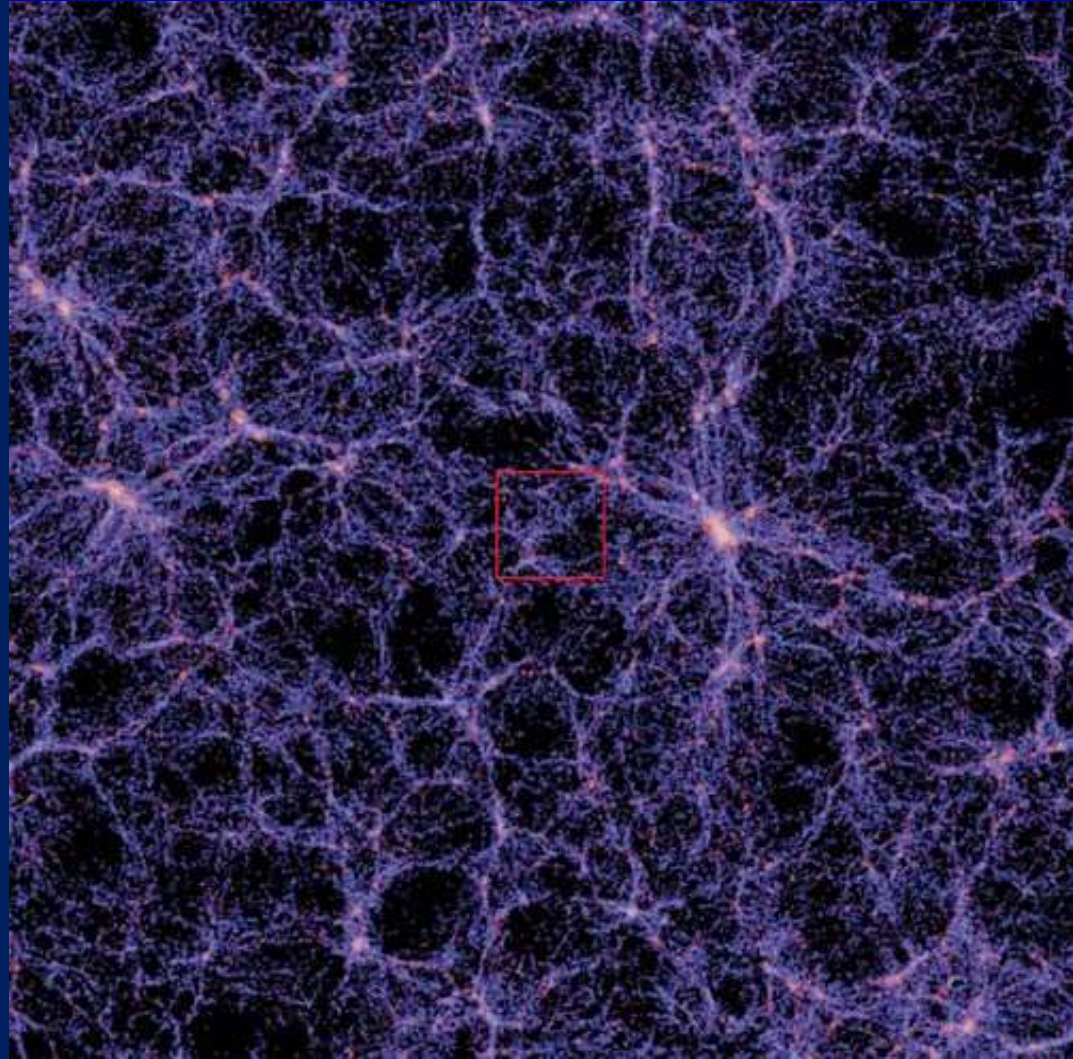
Noi siamo qui



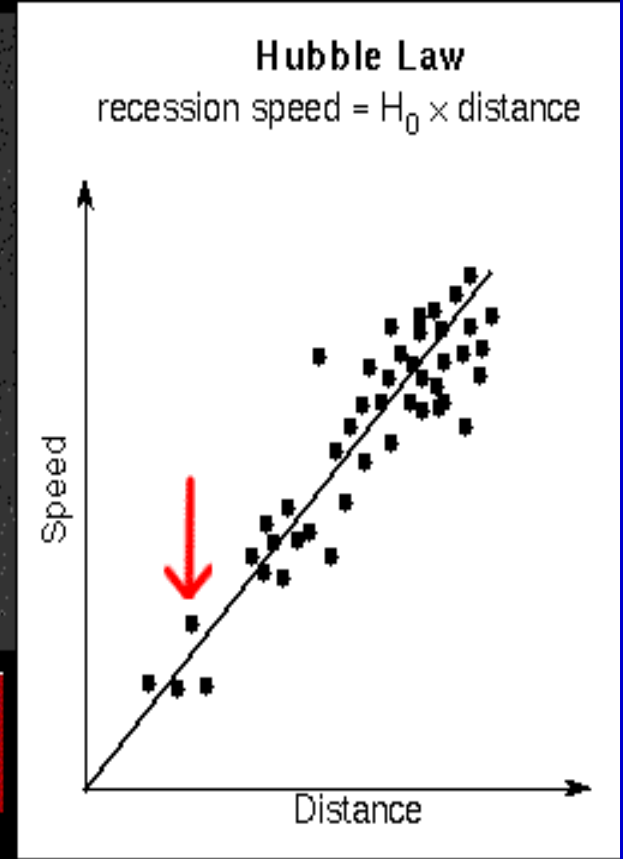
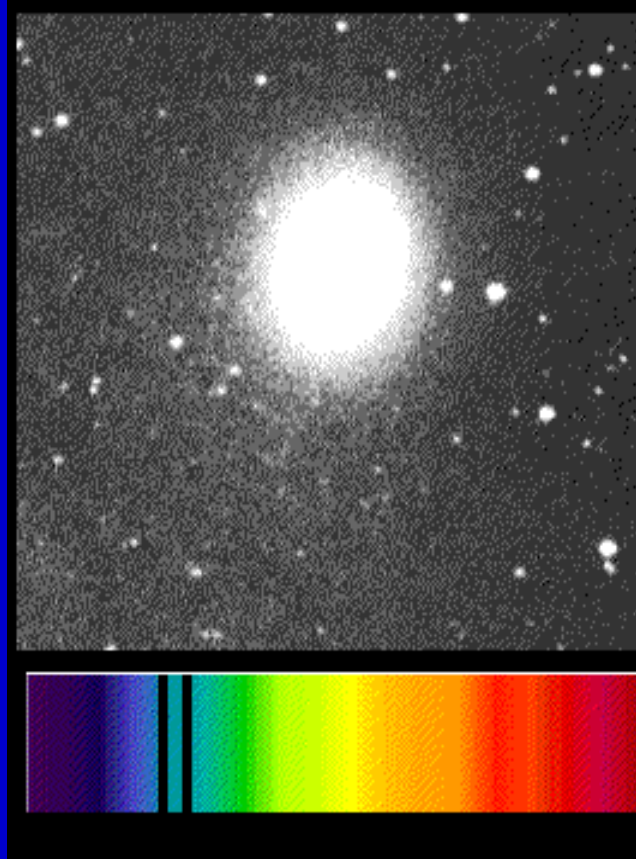
100.000.000.000.000.000.000.000 metri.

Ad una distanza di oltre
12 miliardi di anni luce.
L'immagine qui riprodotta
mostra come dovrebbe
apparire, secondo gli studi
più recenti, tutto
l'Universo visibile.

Ciò che si osserva è la
materia distribuita come
se seguisse le maglie di
una rete, intervallata da
enormi spazi vuoti.



1929
E.P.Hubble
scopre la
relazione tra
velocità radiale
delle galassie e
la loro distanza:
 $V = H \text{ distanza}$
primo indizio di
un'espansione
collettiva
dell'universo.



INAF - OABO Flavio Fusi Pecci

Riassumendo.....

Distanza:

- della Luna: 384.000 km = 1.28 secondi luce
- del Sole: 149.597.870 km = 8 minuti 20 secondi luce
- della stella più vicina: 4,28 anni luce

Diametro della Via Lattea: 100.000 anni luce

Distanza della galassia di Andromeda: 2.300.000 anni luce

Dimensioni del "Gruppo Locale": 5 milioni di anni luce

Distanza Superammasso della Vergine: ~ 60 milioni di anni luce

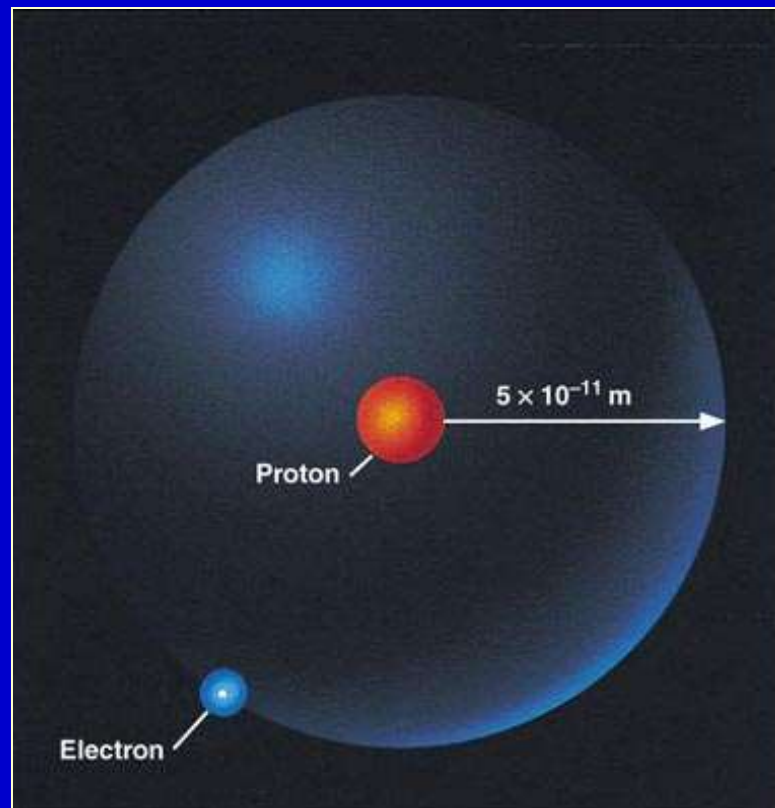
Dimensioni del Superammasso: ≈ 200 milioni di anni luce

Distanza degli oggetti più lontani osservati: ≈ 11-12 miliardi di anni luce

Atomo di Idrogeno

1 protone = carica positiva

1 elettrone = carica negativa



Quanti atomi nel corpo umano??

- Se fosse fatta di Idrogeno ...
una persona che pesa 100 Kg conterrebbe circa

5.000.000.000.000.000.000.000.000.000
atomi

Modello standard

- **particelle che costituiscono la materia**
- **particelle che mediano le forze fondamentali**

Particelle che mediano le forze

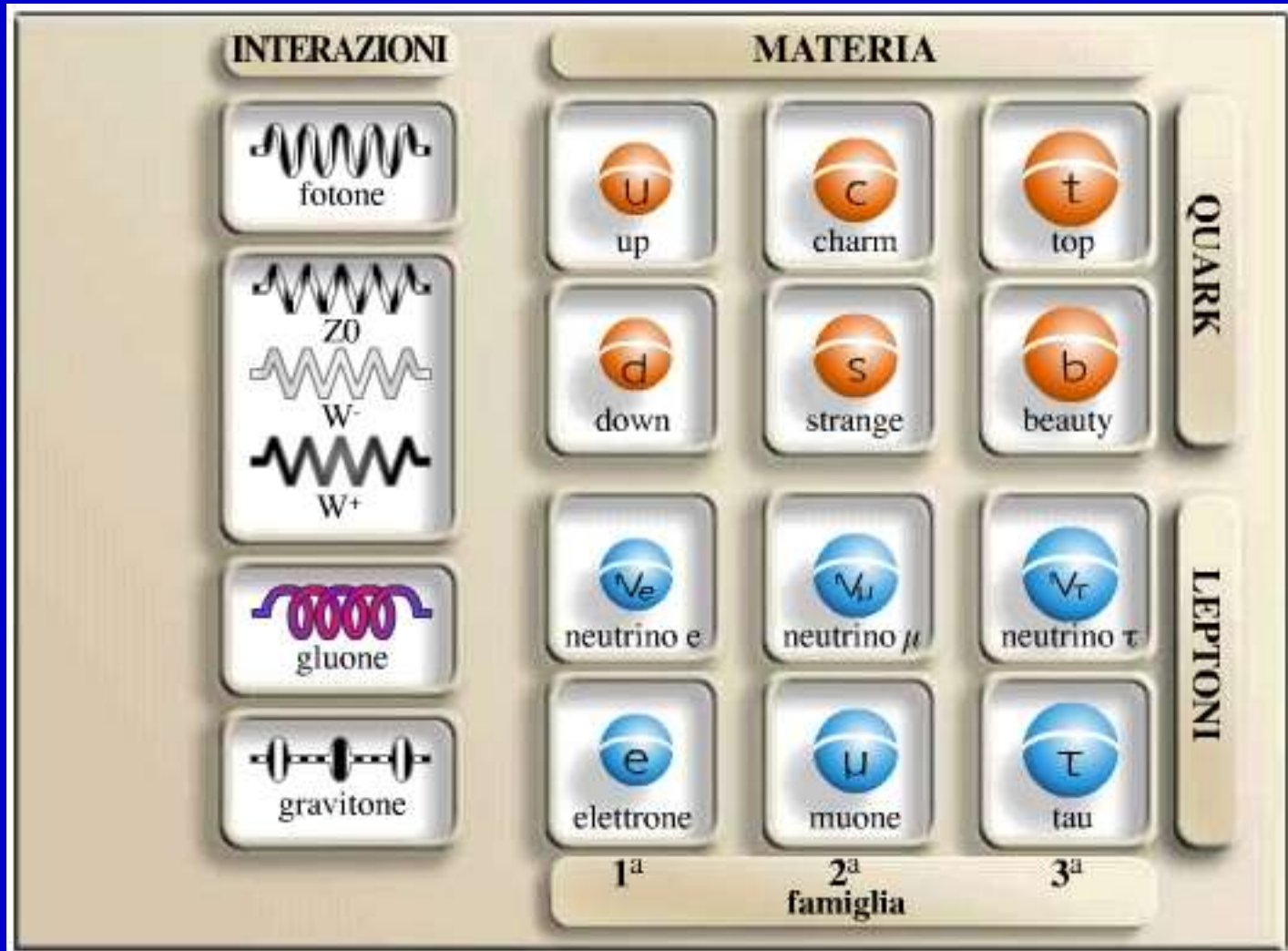
Si è capito che le 4 interazioni o forze fondamentali sono dovute ad un reciproco scambio dei cosiddetti mediatori di forza (chiamati bosoni).

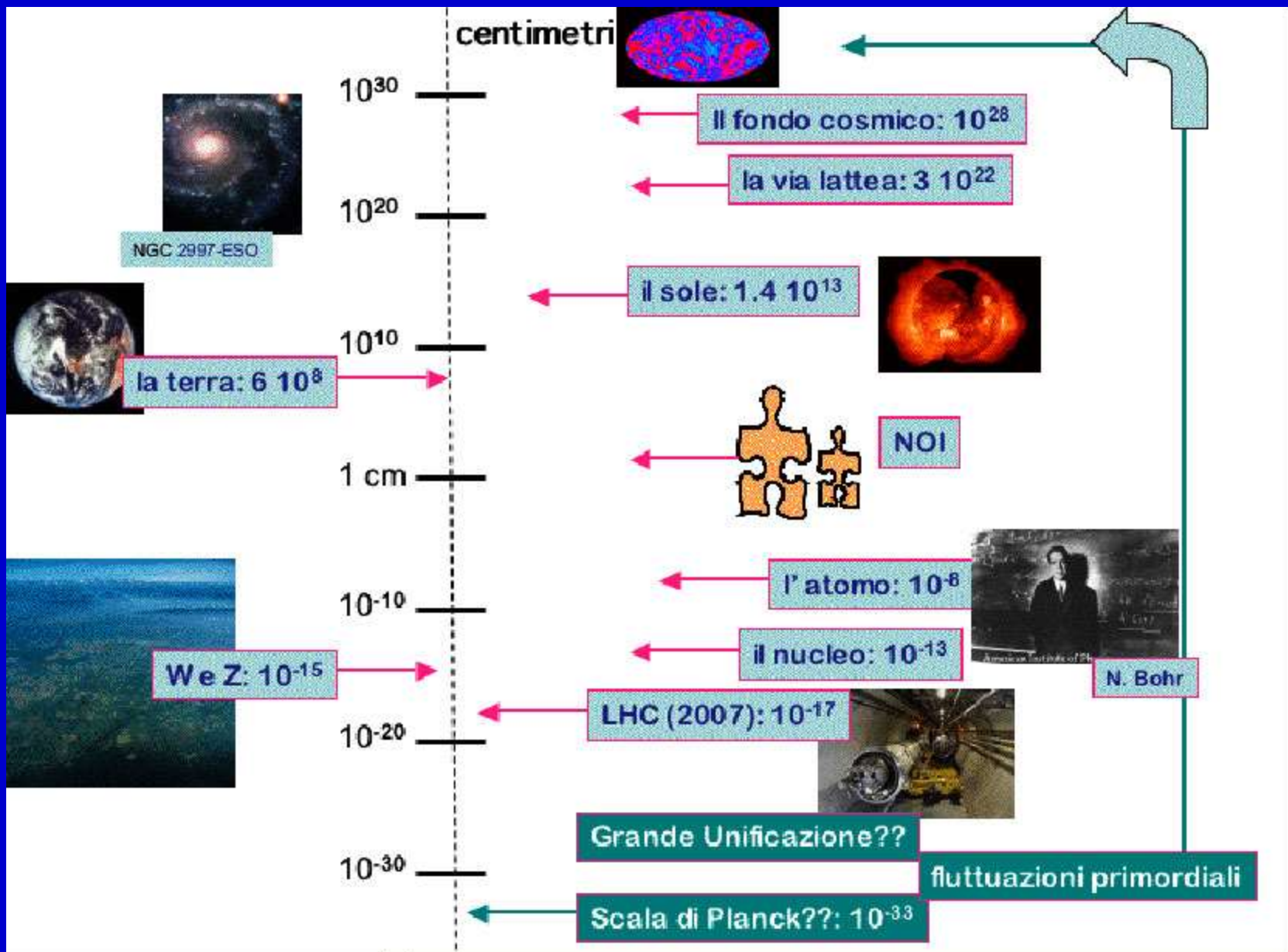
GRAVITAZIONALE: gravitone

ELETTROMAGNETICA: fotone

NUCLEARE FORTE: gluone

NUCLEARE DEBOLE: W^+ , W^- , Z^0

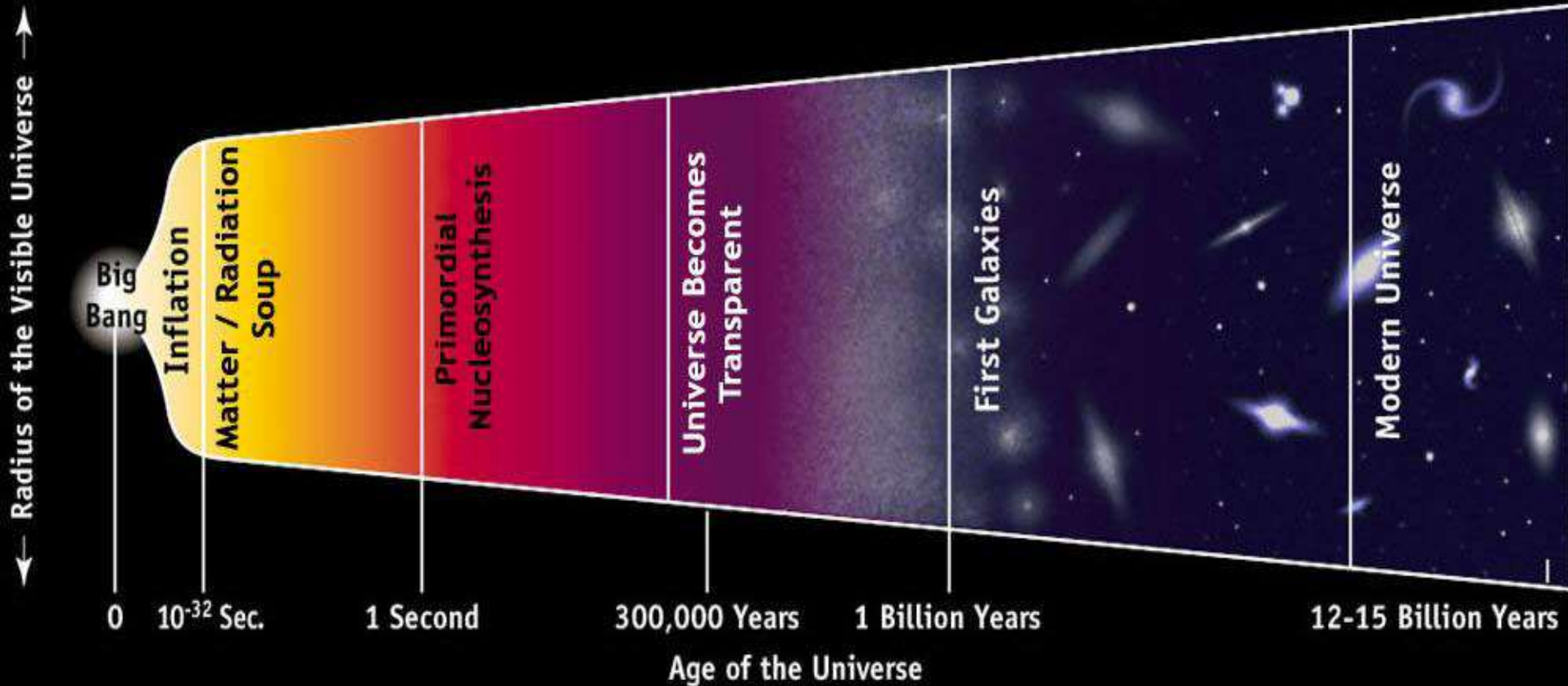




A bright yellow, multi-pointed starburst shape is centered on a solid blue background. The starburst has approximately 12 points of varying lengths, creating a dynamic, explosive appearance. The text "Big Bang" is centered within this shape.

Big Bang

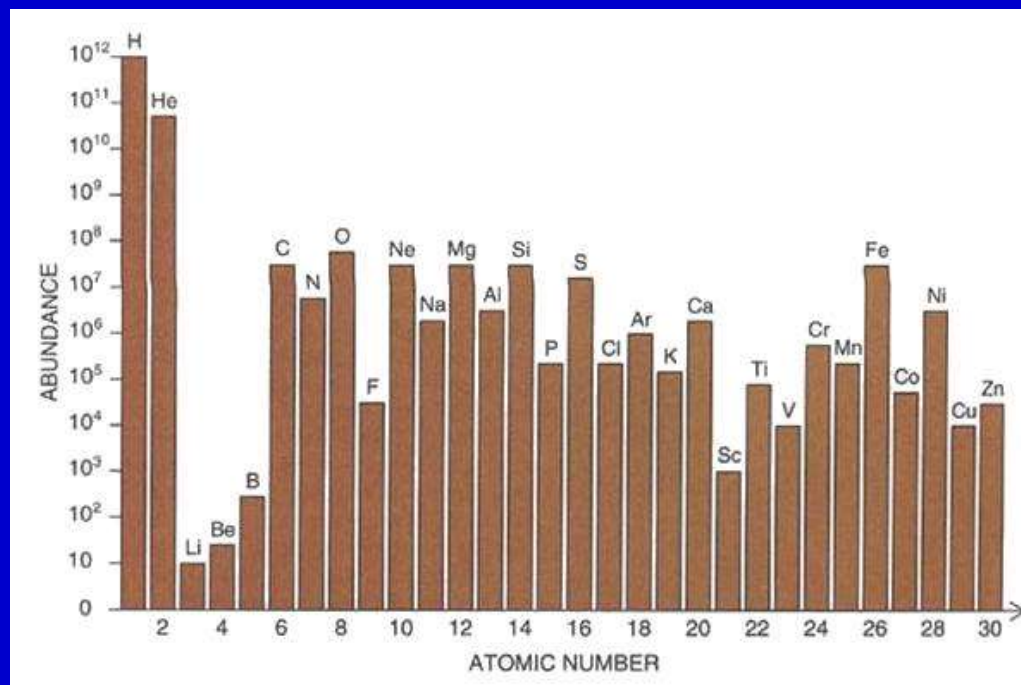
La teoria del Big Bang



Non pretende di descrivere l'istante iniziale, ma è in grado di spiegare in che modo dalla fase ad alta densità e temperatura in cui si trovava l'universo nei primi secondi di vita si è arrivati all'universo che noi osserviamo.

Le abbondanze degli elementi

- Le abbondanze previste dalla teoria sono in buon accordo con le osservazioni.
- L'elemento più diffuso nell'universo è l'idrogeno (75%), seguito dall'elio (24%), mentre gli elementi più pesanti rappresentano soltanto una frazione trascurabile della densità totale.



Particella di Dio....

Come mai questo nome ?

una forzatura + un errore

- 1993: Leon Lederman ha scritto un libro che avrebbe dovuto avere come titolo “The **Goddamn Particle**: If the Universe Is the Answer, What is the Question?” dove con “Goddamn” intendeva la “**dannata particella introvabile**”
- L’Editore decise di cambiare da “**Goddam Particle**” a “**God Particle**” Cioè “Particella Dio”
- La successiva traduzione ha aggiunto la storpiatura in “**Particella di Dio**”

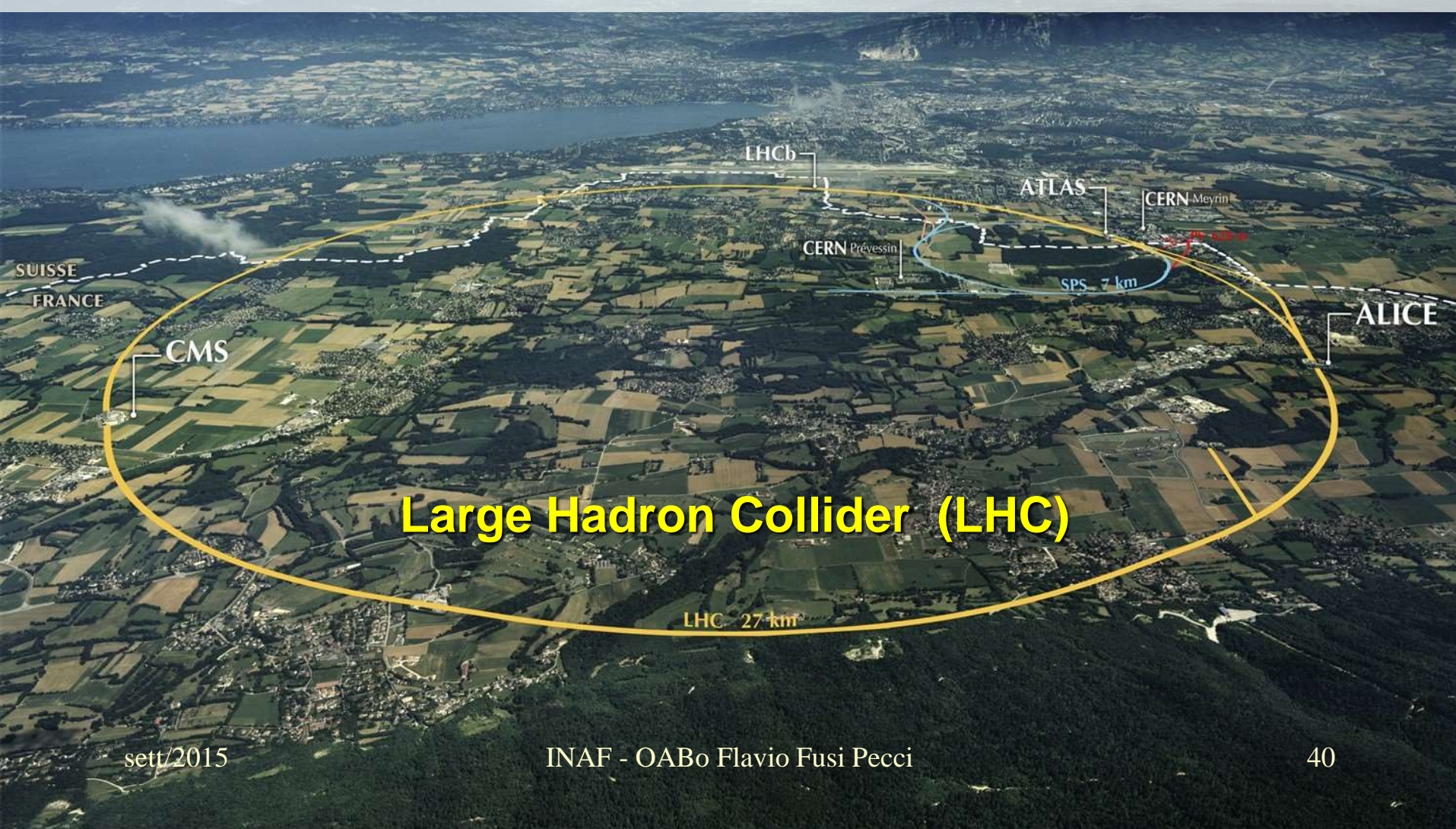
Negli anni '60 **Peter Higgs propose una soluzione:**
le particelle non hanno massa propria, ma l'Universo è
pervaso da un campo che le particelle devono attraversare
quando si muovono.

Questo campo frenerebbe in modo diverso ogni particella
rendendola più o meno pesante, *come un campo innevato frena
chi lo attraversa.* E le equazioni della teoria rimangono valide!



Al CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) si **accelera la materia ad energie (velocità) sempre più alte per scomporla nei suoi costituenti elementari** per evidenziare il bosone di Higgs, previsto dalla teoria ma mai osservata in alcun esperimento.

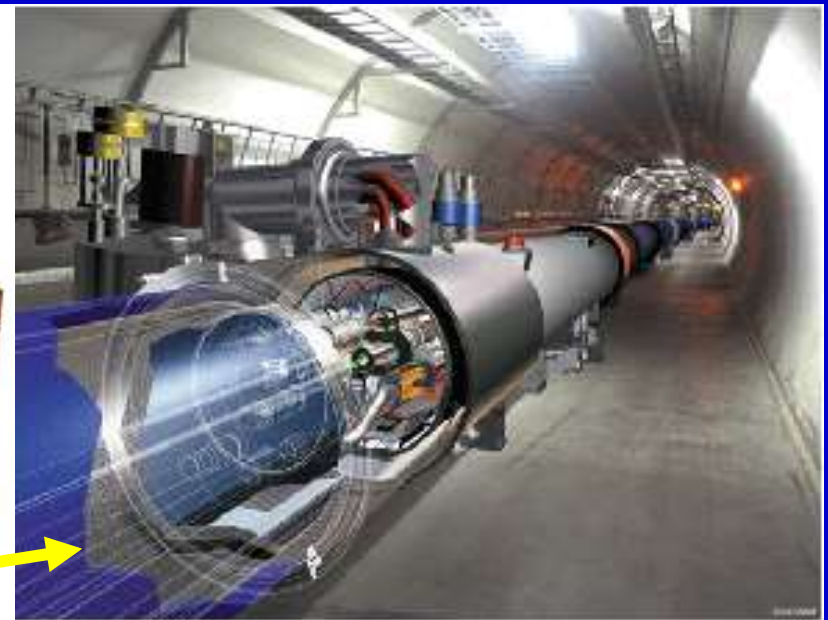
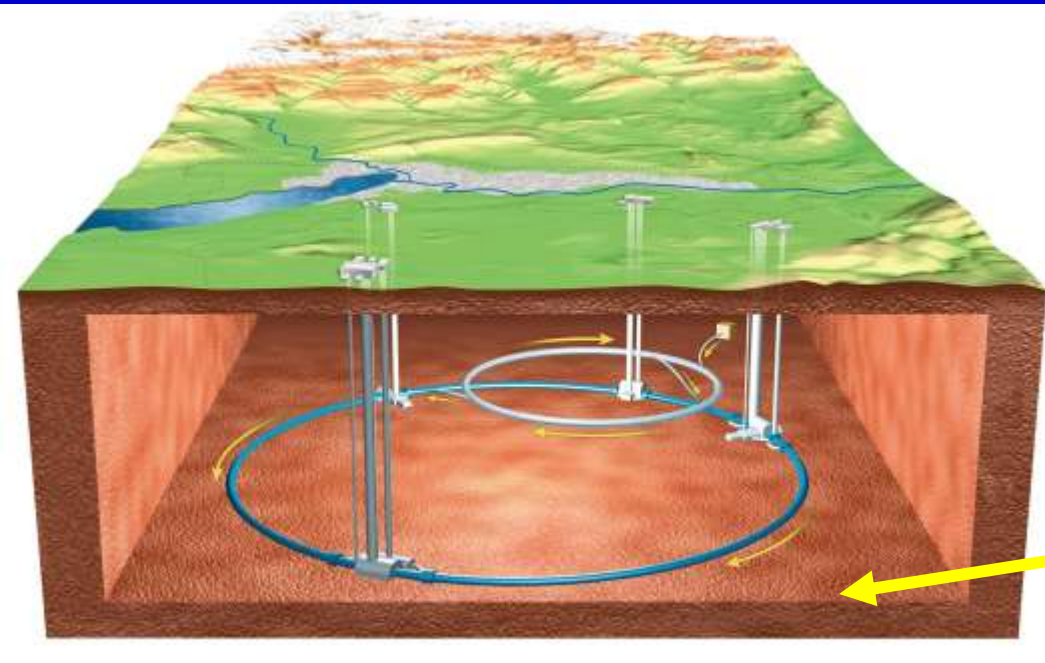
Se non esistesse, la scoperta sarebbe altrettanto importante anche se minerebbe la teoria e ne richiederebbe di nuove.



Il **Large Hadron Collider (LHC)** e' il piu' grande e potente acceleratore di particelle attualmente in funzione. Si trova presso il confine franco-svizzero **vicino Ginevra**.

Alcuni numeri: **27km di circonferenza** **~175m di profondita'**
Costruito in collaborazione con migliaia di scienziati ed ingegneri di oltre 100 paesi.

La rivelazione del bosone di Higgs e' uno degli scopi principali di LHC.



LHC estremo in tutto

LHC è il **posto più freddo dell'universo** perché i suoi magneti sono tenuti ad una **temperatura di oltre 270 gradi sotto zero**, cioè un grado meno della temperatura media dell'Universo.

Questa gigantesca macchina per la scienza è anche uno dei **punti più caldi della Galassia**.

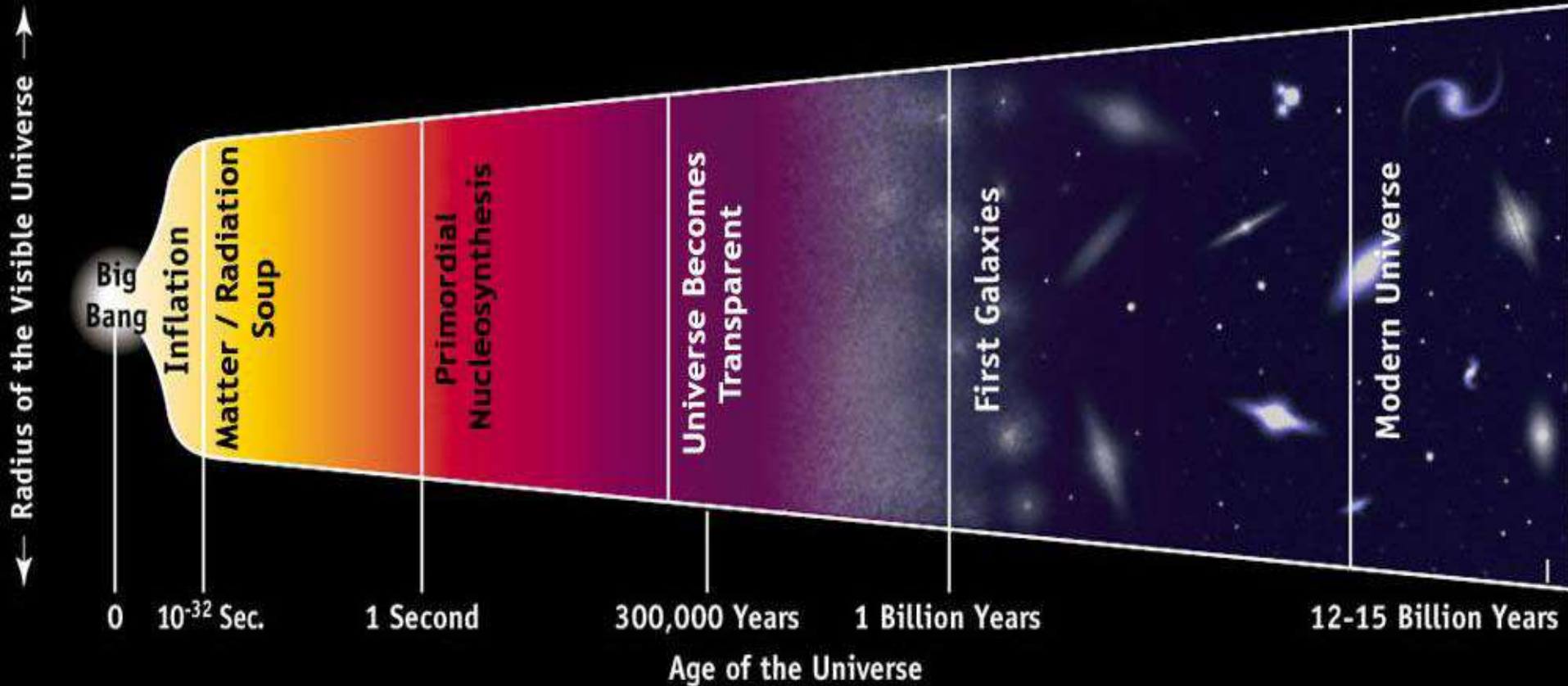
Quando fa scontrare le particelle si scatena una **temperatura 1000 miliardi di volte superiore a quella del cuore del Sole**.

Ma solamente in un punto microscopico. LHC è **anche uno dei luoghi più vuoti del cosmo**, perché non esiste un altro luogo dell'Universo dove ci sia così poca densità di materia come dentro i tubi di questa macchina.

Dentro LHC si scontrano fasci di protoni. Questi fasci si incrociano 40 milioni di volte al secondo e, a ogni incrocio, avvengono in media 20 collisioni protone-protone. In totale avvengono **800 milioni di collisioni per secondo**.

Ci si aspetta di vedere il bosone di Higgs, la 'particella di Dio', una volta ogni 10.000.000.000.000 collisioni, quindi non più di una volta al giorno.

La teoria del Big Bang



Non pretende di descrivere l'istante iniziale, ma è in grado di spiegare in che modo dalla fase ad alta densità e temperatura in cui si trovava l'universo nei primi secondi di vita si è arrivati all'universo che noi osserviamo.

Particelle che mediano le forze

Si è capito che le 4 interazioni o forze fondamentali sono dovute ad un reciproco scambio dei cosiddetti mediatori di forza (chiamati bosoni).

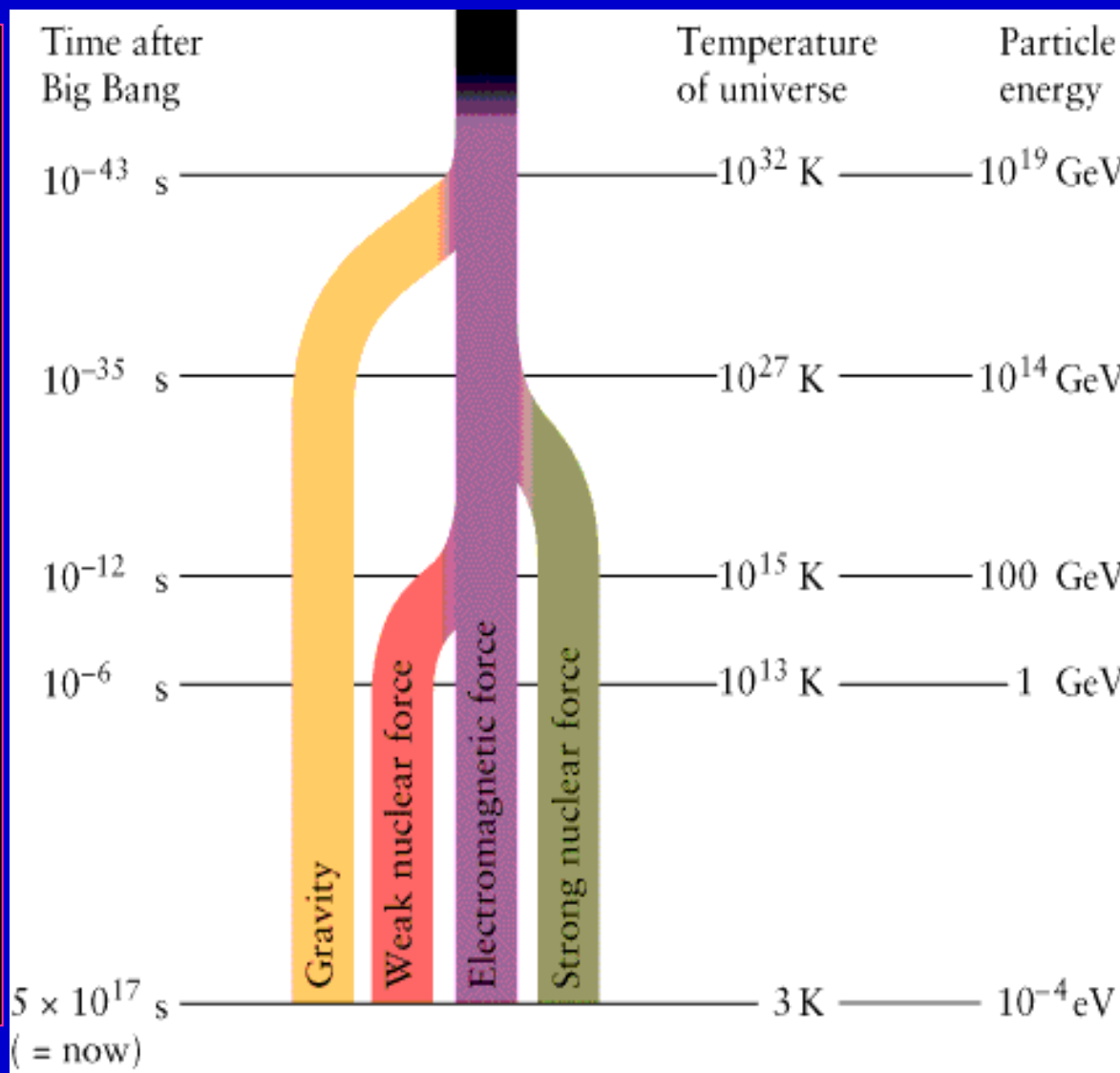
GRAVITAZIONALE: gravitone

ELETTROMAGNETICA: fotone

NUCLEARE FORTE: gluone

NUCLEARE DEBOLE: W^+ , W^- , Z^0

La teoria del Big Bang non è idonea a descrivere l'universo negli istanti iniziali,
quando la scala dell'universo era confrontabile con la cosiddetta lunghezza di Planck, 10 alla-33 cm, ovvero quando l'universo aveva una età di 10 alla - 43 secondi



Si intensificano I tentativi miranti a una teoria unificata delle interazioni

Cronologia Universo

Intervallo tempo	Era	Quali forze e che cosa	Nota
0 - 10e-43	Planck	Le 4 forze fondamentali sono unificate	Fisica sconosciuta
10e-43 - 10e-36	GUT	Gravitazione separata dalle altre	1° Rottura Simmetrie
10e-36 - 10e-32	Elettroweak	Forza forte separate da elettrodebole .. forse da prima...	T=10e28 2° Rottura
10e-34 - 10e-32	Inflationary	Inflatone sovra-espande	
10e-12 - 10e-6	Electroweak breaking	Elettromagnetica separata da debole	Higgs ha dato massa 3° Rottura
10e-6 - 1 sec	Hadron	Quark-gluon plasma Nautrino decoupling	
1 - 10 sec	Lepton	Universo dominato dai neutrini Annichilazione hadro-antihadron	
10 sec - 380000 yrs	Photon	Fotoni dominano e interagiscono con quello che è sopravvissuto alle annichilazioni	Brodo interagente Universo da opaco a trasparente alla fine
		Nel frattempo.....	
3 min - 20 min	Nucleosynthesis	Si formano i nuclei H + He + ..	
70000	Matter dominated	Densità nuclei atomici uguale densità di fotoni relativistici	Jeans length Grav/Press Dark Matter??
377000	Recombination	H + He ricombinati e neutri	Free path fotoni infinito Universo trasparente CMB + BAO
		Poi... però....	
150e6 yrs - 800e6	Dark Ages	Universe foggy 21cm spin-line H neutron Proto-galassie	Finchè H dominante è neutro....
150e6	Reionization	Intensa radiazione ri-ionizza	Stellone, PopIII, AGN etc.
500e6 yrs	Star formation	In quel periodo inizia etc.	
9e9	Sistema solare	Si formano sole + pianeti	

Si può dire che...

Il nostro universo ha avuto origine dal Big Bang

14 miliardi di anni fa

La densità media è vicina a quella critica, dunque la geometria dell'universo è praticamente piatta

Il 25% del contenuto dell'universo è sotto forma di materia oscura e il 70% sotto forma di energia oscura che accelera l'espansione

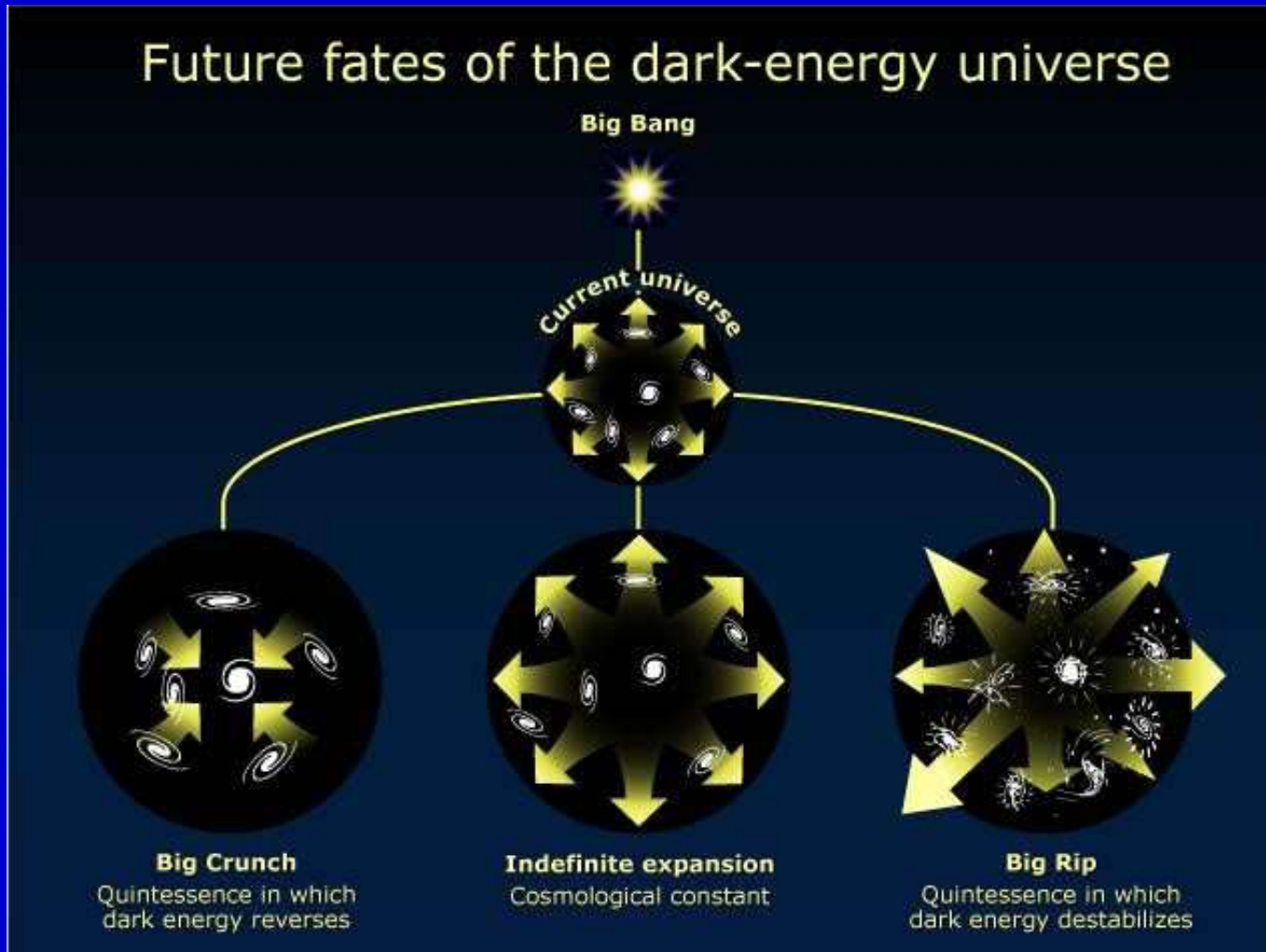
Le osservazioni indicano che l'universo è infinito (senza escludere un universo finito) e che l'universo si espanderà per sempre

Forse esistono altri universi

Forse esistono altre dimensioni

Forse il processo di formazione di universi è eterno...

Il futuro dell'Universo



Esistono altri universi?

..... il Principio Antropico

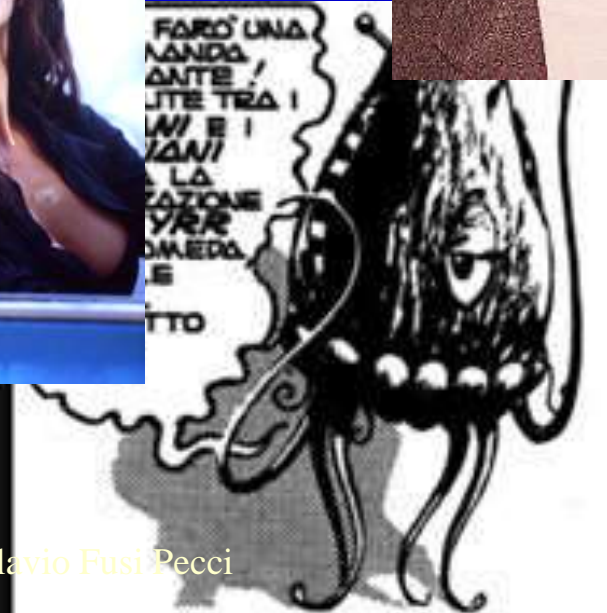
L'Universo deve avere quelle proprietà che in un qualche momento della sua storia permettono alla vita di svilupparsi.

Potrebbe esistere un insieme di altri universi, con diversi valori delle costanti fondamentali.

Solo negli universi con i valori opportuni (come il nostro) si forma la vita, e solo quegli universi possono essere osservati ??



Come saranno gli abitanti?



fine
grazie