



Associazione Astronomica del Rubicone

*.....ma ora verranno le stelle,  
le tacite stelle....*

*(G. Paganini)*

*L'AR*

Presenta il

**CORSO DI ASTRONOMIA DI BASE**

**GLI AMMASSI DI GALASSIE  
Visti con gli occhi del JWST**

a cura di Matteo Montemaggi

Savignano sul Rubicone 28/04/2023



**Pandora's Cluster – Abell 2744**  
**JWST 15/02/2023**



**2MASS J17554042+6551277**

**11/03/2022**



**ETA CARINAE 12/07/2022**

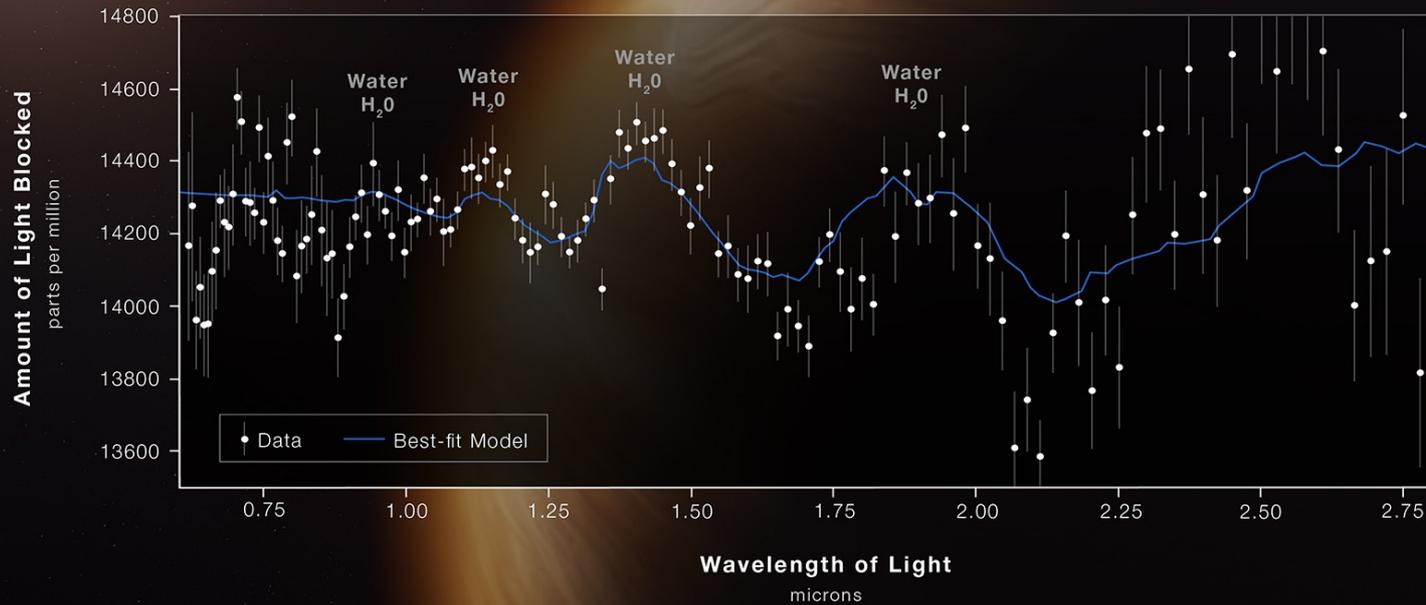


**NEBULOSA ANELLO DEL SUD (NGC 3132) 12/07/2022**

HOT GAS GIANT EXOPLANET WASP-96 b

# ATMOSPHERE COMPOSITION

NIRISS | Single-Object Slitless Spectroscopy



**AMMASSO DI  
GALASSIE  
SMACS 0723**



# Organizzazione gerarchica

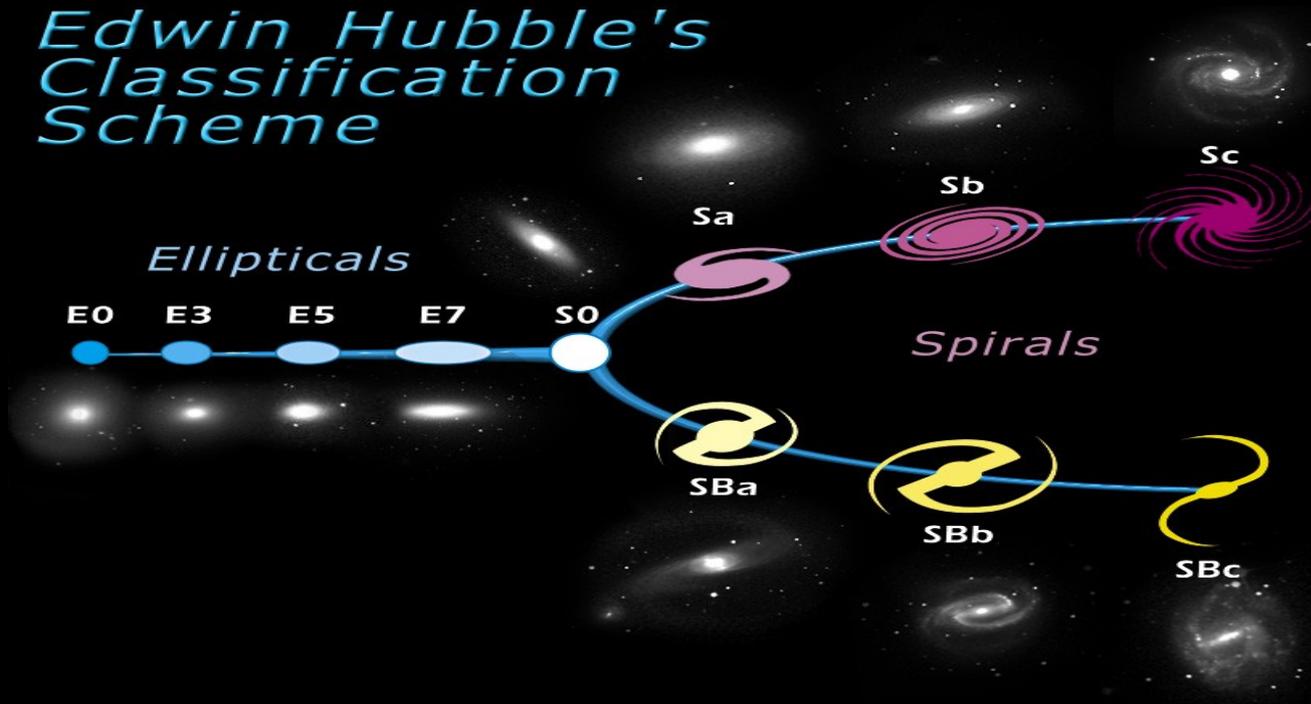
- **GRUPPI:** insieme di poche decine di galassie, 10 milioni di anni luce
- **AMMASSI:** da centinaia a diverse migliaia di galassie, su alcune decine di milioni di anni luce
- **SUPERAMMASSI:** decine di gruppi e ammassi dislocati su centinaia di milioni di anni luce

**George Abell – Catalogo 1958**

# Le galassie

- Composizione: da centinaia di milioni a centinaia di miliardi di Stelle + gas + polveri + (materia oscura?)
- Dimensioni: da 10 000 a 350 000 anni luce

## Edwin Hubble's Classification Scheme

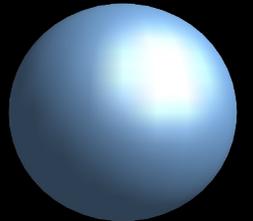
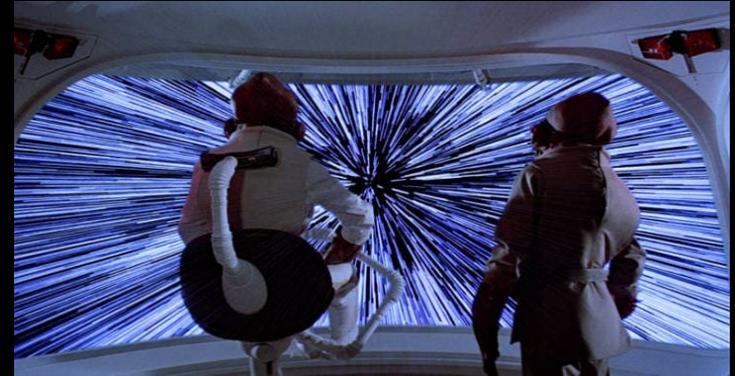


# L'anno luce

L'anno luce (ly o al) è un'unità di misura della lunghezza, definita come la distanza percorsa dalla radiazione elettromagnetica (luce) nel vuoto nell'intervallo di un anno.

Velocità della luce nel vuoto  $\sim 300\,000\text{ km/s}$

1 a.l.  $\sim 9\,500\,000\,000\,000\text{ km}$



# L'anno luce



Earth to Moon = 1.3 Light seconds

Speed of Light =  
299,792 km/sec



Earth to Sun = 8 Light minutes



Earth to Mars = 12.7 Light minutes



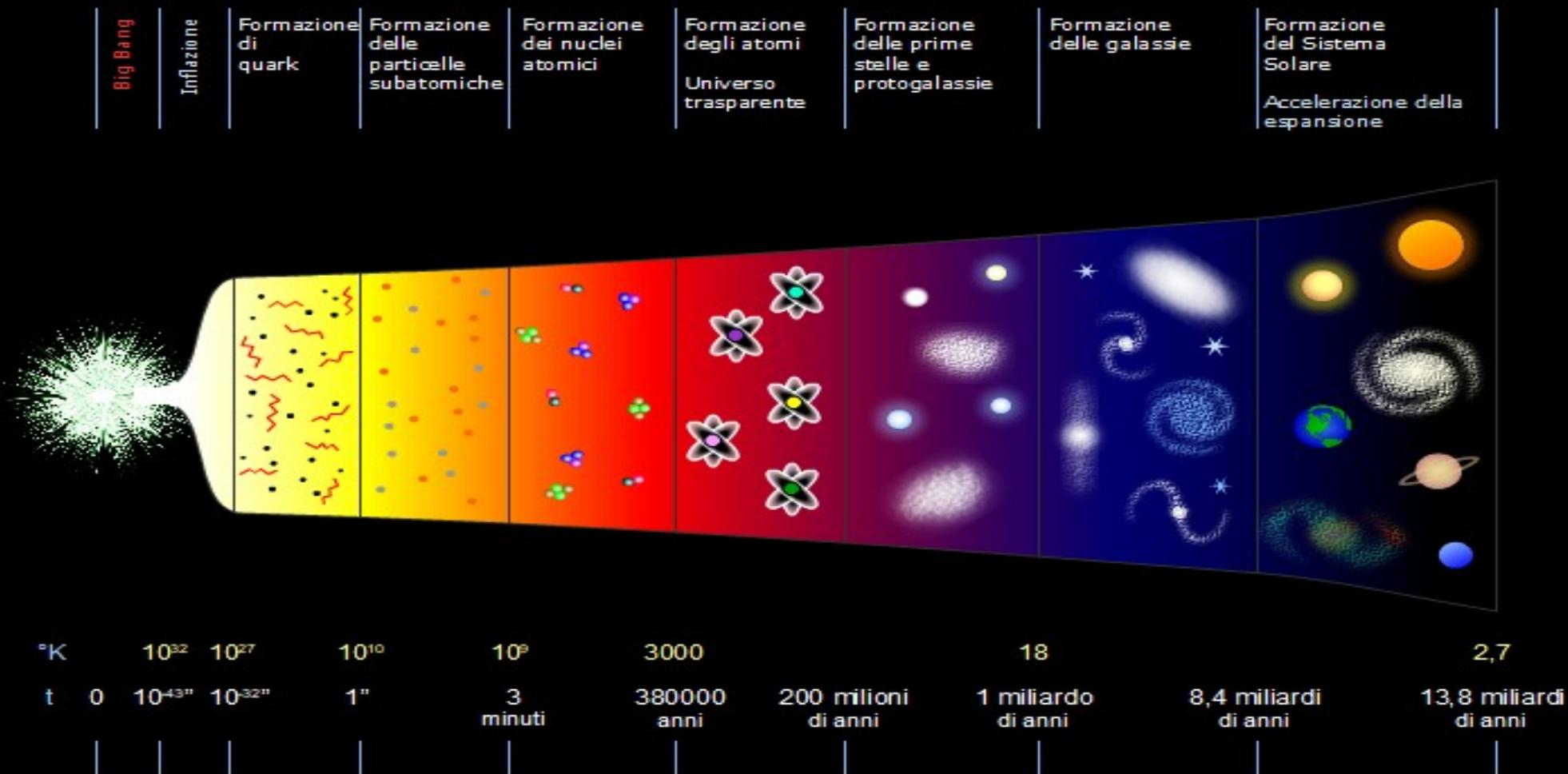
Earth to Alpha Centauri = 4.4 Light years



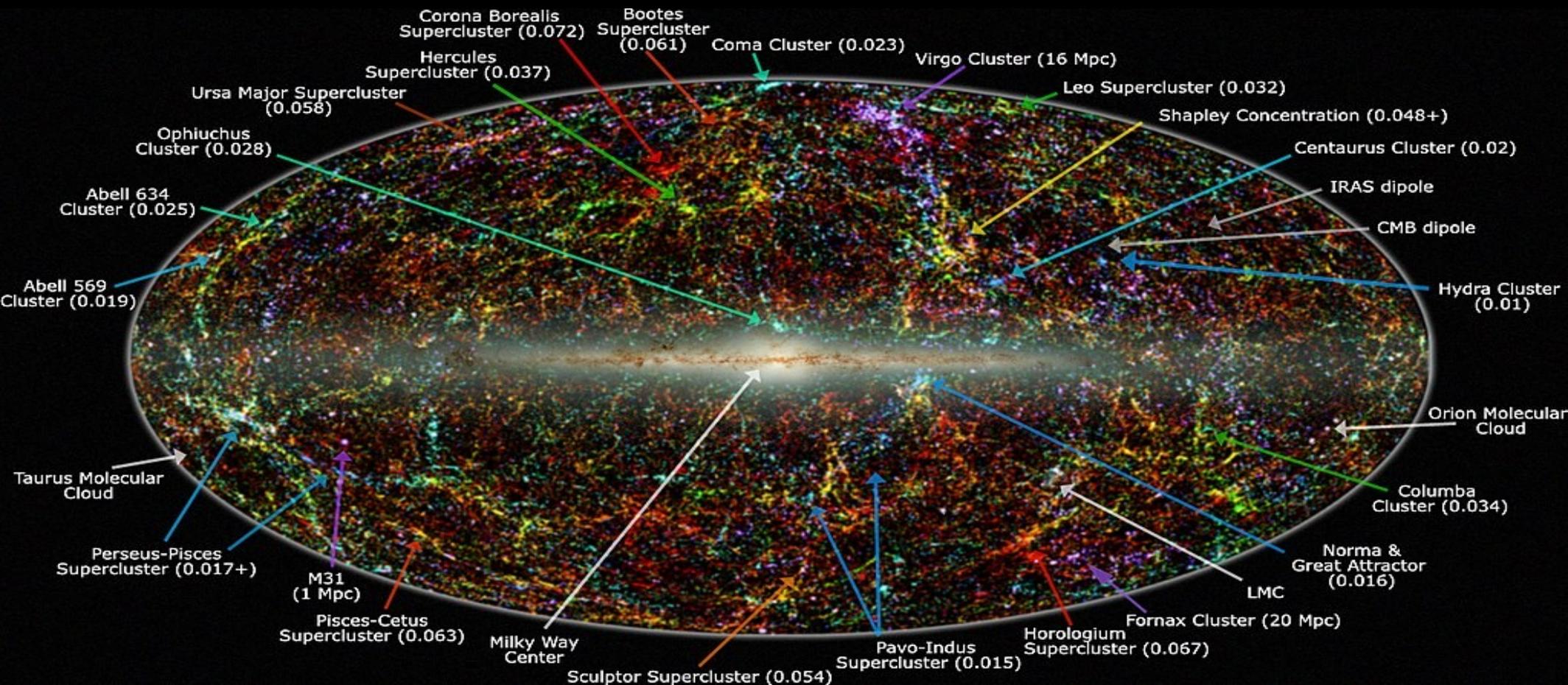
Earth to far side of our Milky Way Galaxy = 52,000 Light years



# Dal Big Bang... a oggi !



# L'Universo conosciuto

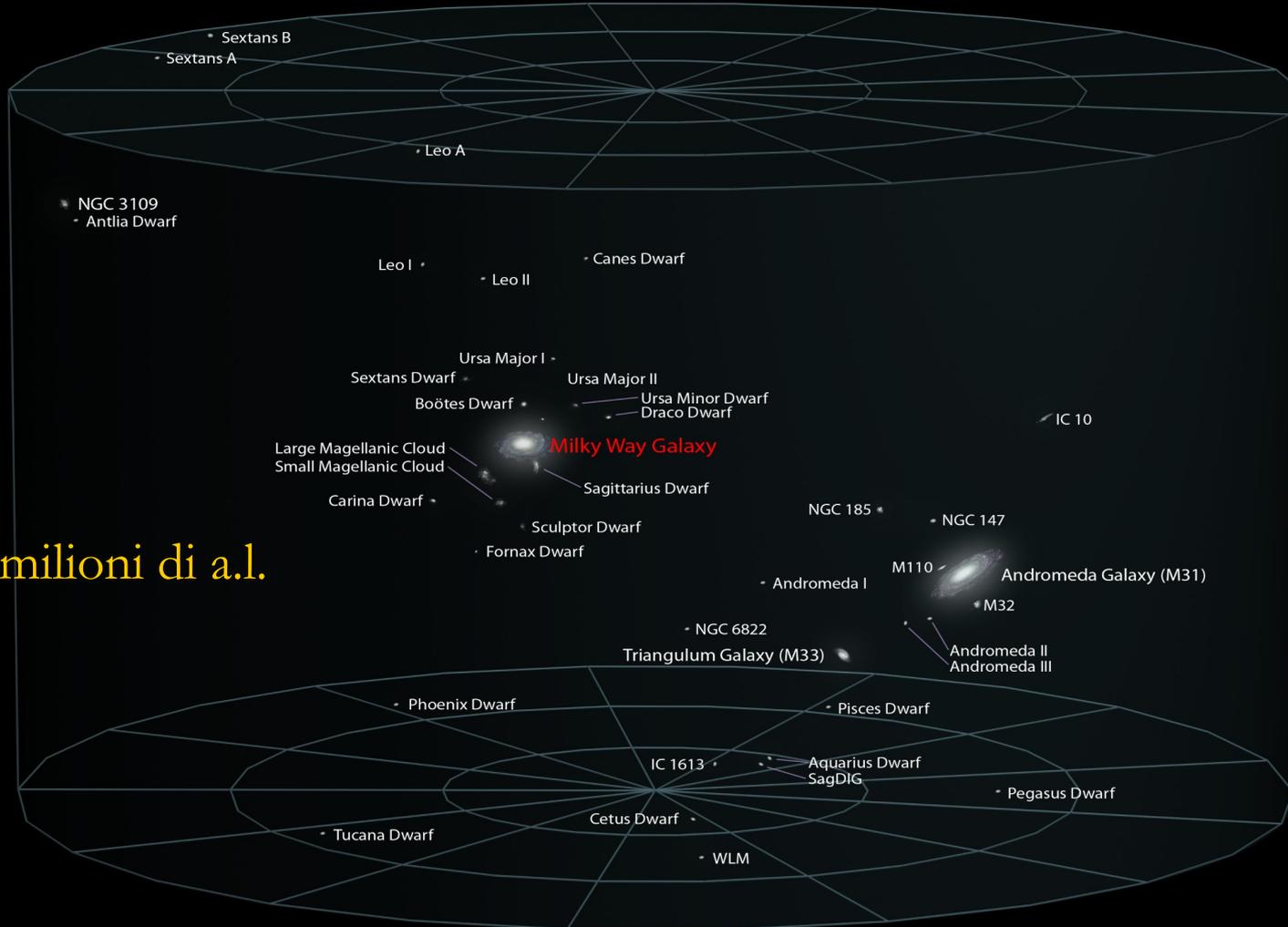


# Via Lattea

- Composizione: centinaia di miliardi di Stelle + gas + polveri + ... (materia oscura?)
- Dimensioni: ca. 100 000 anni luce



# LOCAL GALACTIC GROUP



50 galassie

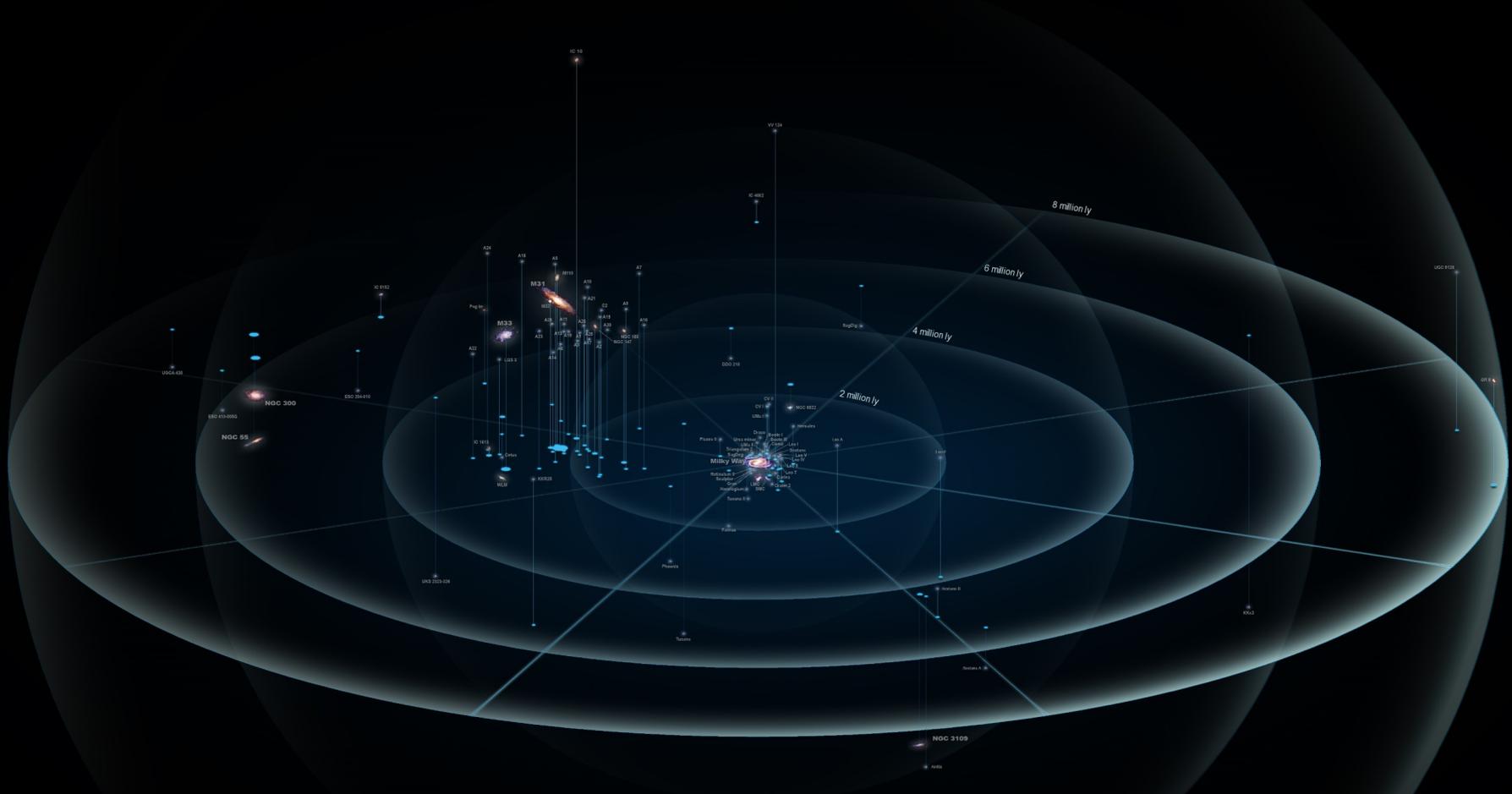
Diametro ~ 4 milioni di a.l.

**Galassia di Andromeda M31  
(+ M32 + M110)**



**Galassia del Triangolo M33**

# Local Group and nearest galaxies



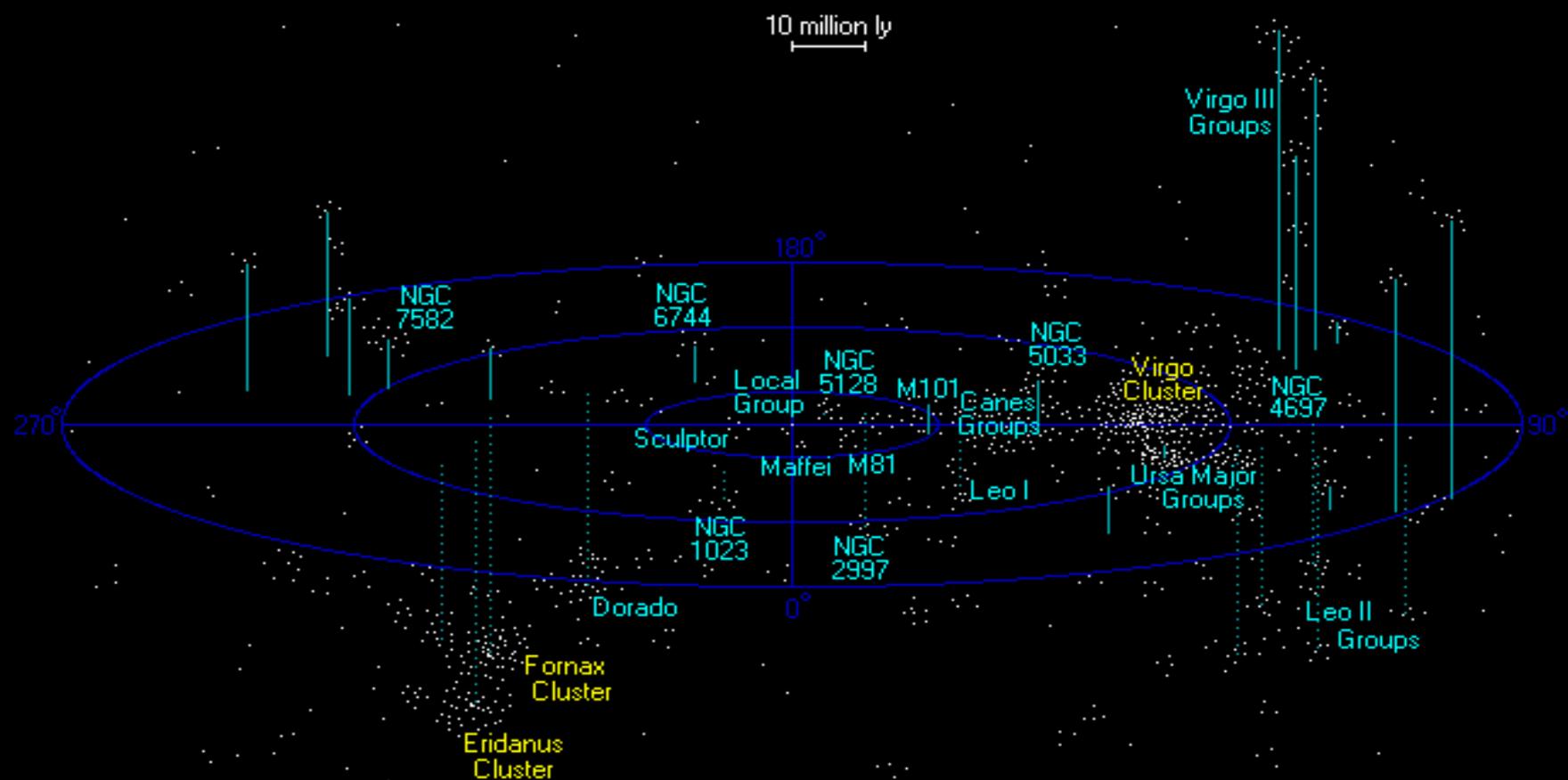
<b>GRUPPI PIÙ VICINI</b>	<b>DISTANZA (anni luce)</b>
Gruppo Locale	—
Gruppo Maffei (IC 342)	10 milioni
Scultore	11 milioni
M81	11,4 milioni
M83/NGC 5128	11,9 milioni
Canes I (M94)	13 milioni
NGC 1023	20 milioni
M101	23,9 milioni
NGC 2997	25 milioni
Canes II (M106)	26,1 milioni
M51	31 milioni
Tripletto del Leone (M66)	35,1 milioni
Leo I (M96)	38 milioni
Drago	40 milioni
NGC 5866	44 milioni
Orsa Maggiore (M109)	55,1 milioni

**Galassia di Bode M81**



**Galassia Sigaro M82**





# MARKARIAN'S CHAIN

Virgo Cluster, ~ 50 milioni di a.l. di distanza

Diametro: 15 milioni di a.l.

Da 1300 a 2000 galassie

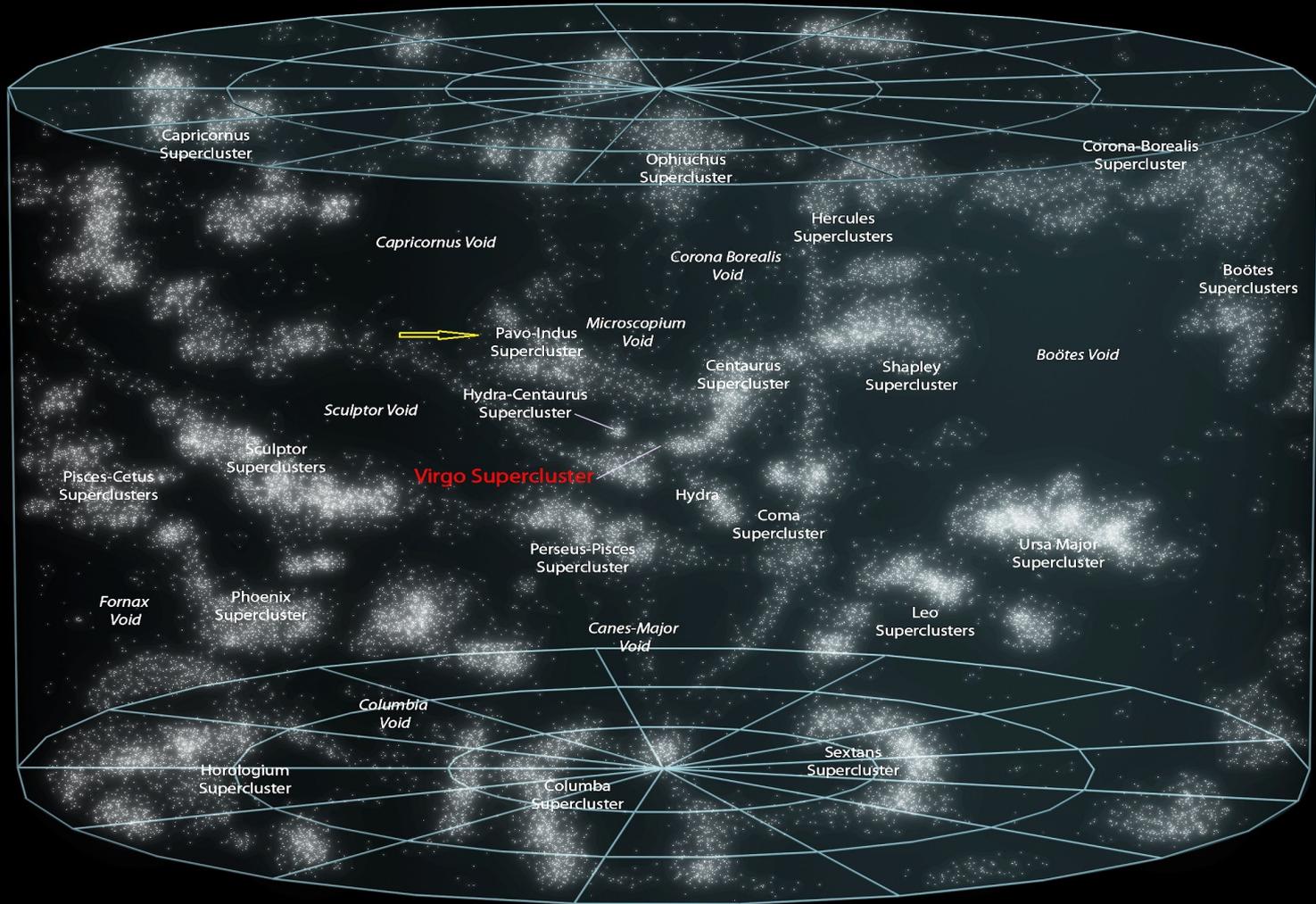
M86

M84

M87



# Local Superclusters





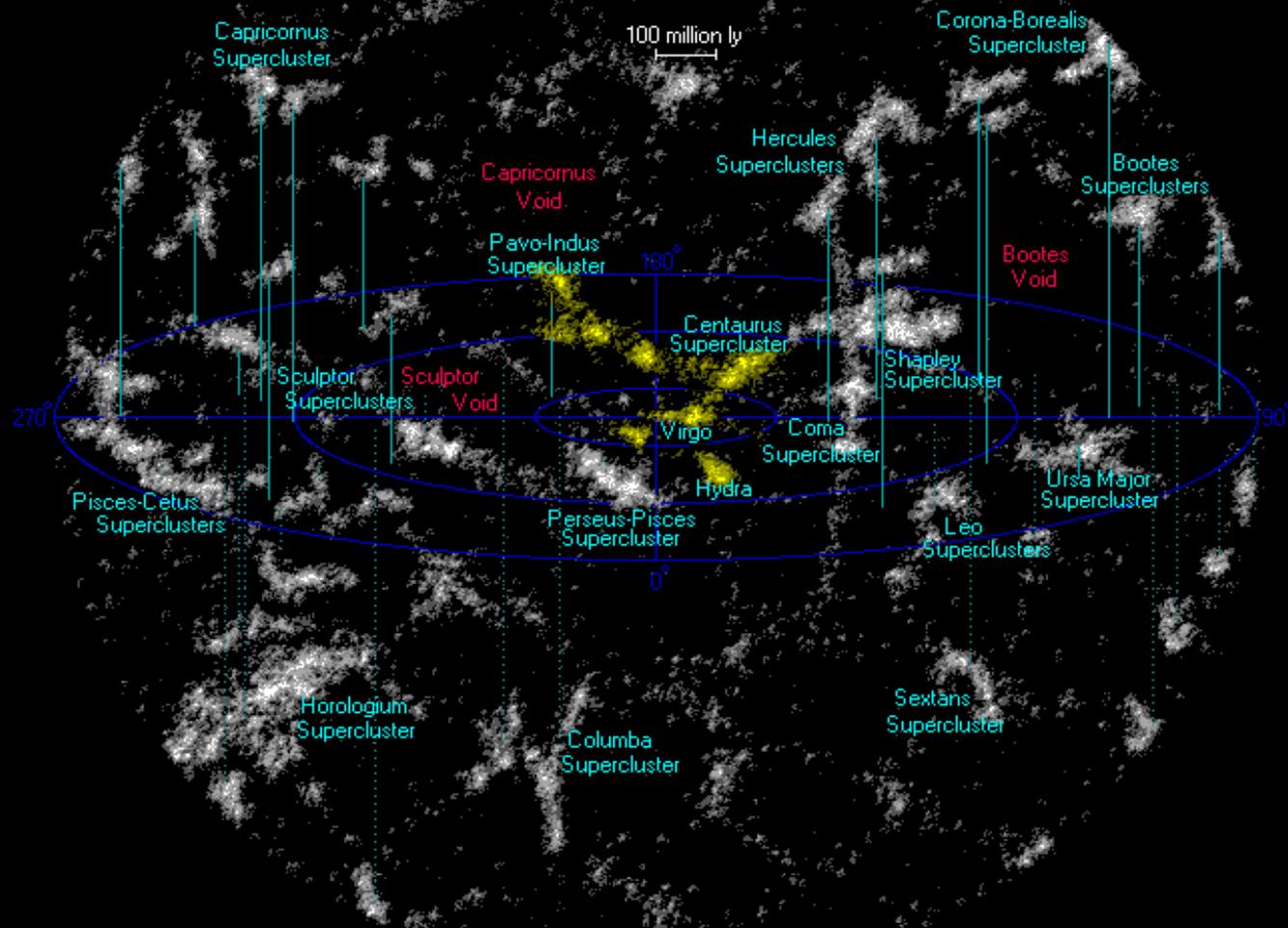
QUINTETTO DI STEPHAN

~ 300 milioni di a.l. nel Pegaso



QUINTETTO DI STEPHAN

JWST 12/07/2022



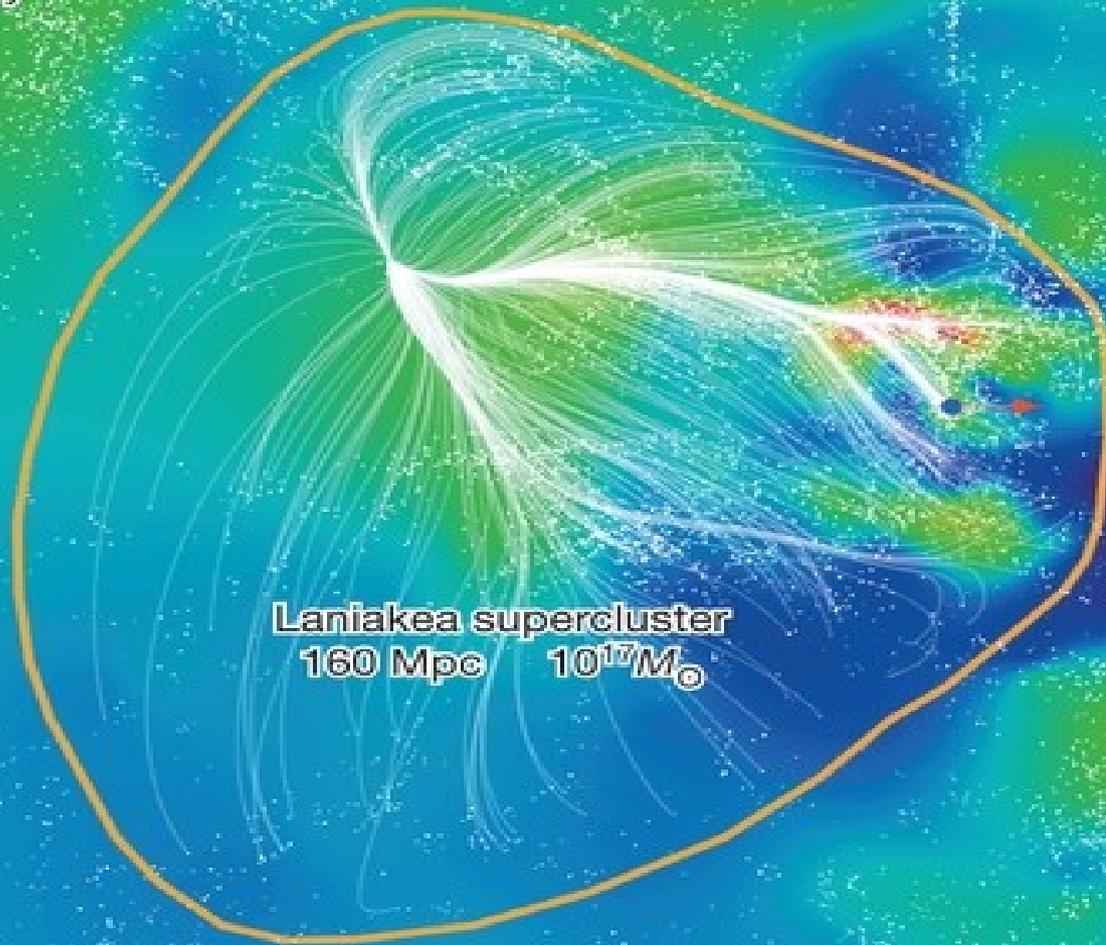
# CIELO INCOMMENSURABILE (in Hawaiano) – Superammasso contenente 100 mila galassie (da 300 a 550 ammassi e gruppi), con diametro di 520 milioni di a.l. e contenente una massa di 100 000 miliardi di Soli.

LANIAKEA 2014



Shapley

Coma



Laniakea supercluster  
160 Mpc  $10^{17} M_{\odot}$

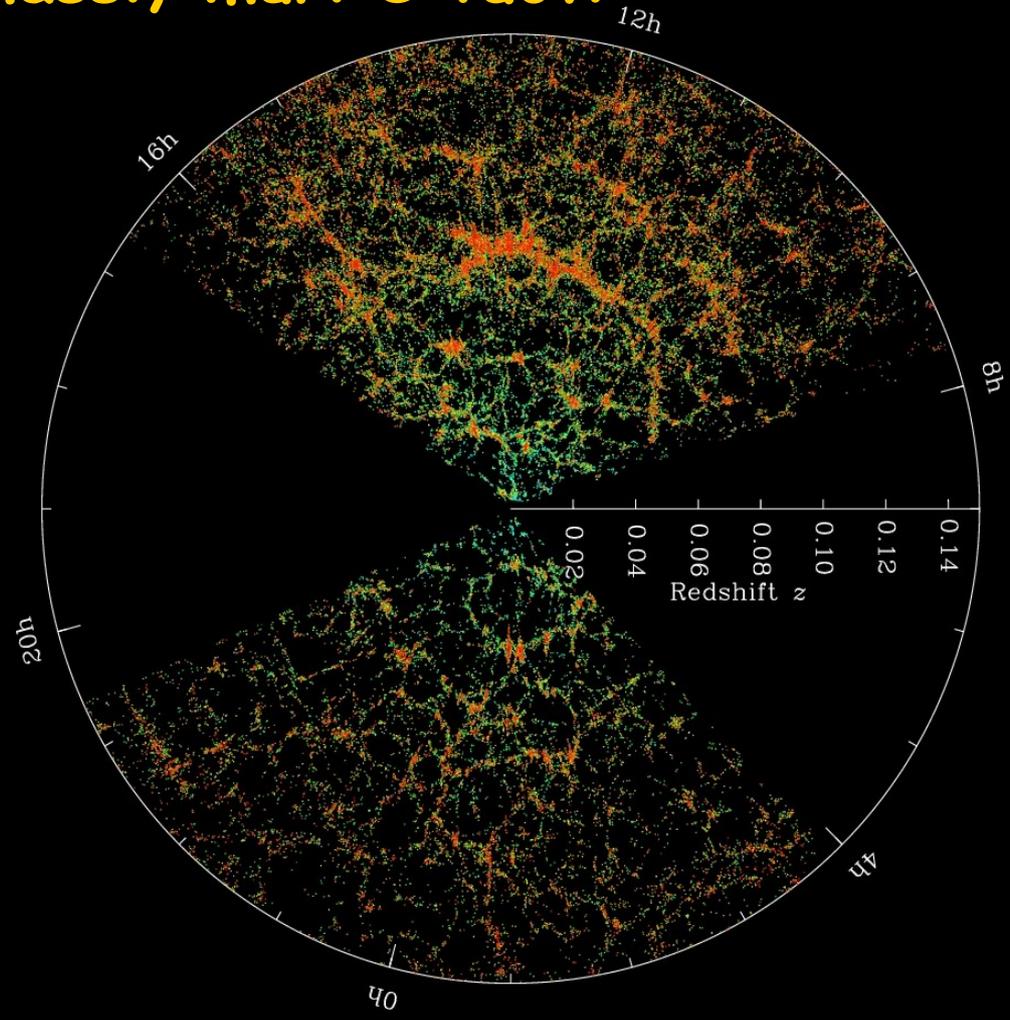
Perseus-Pisces

# L'Universo conosciuto - Superammassi, muri e vuoti

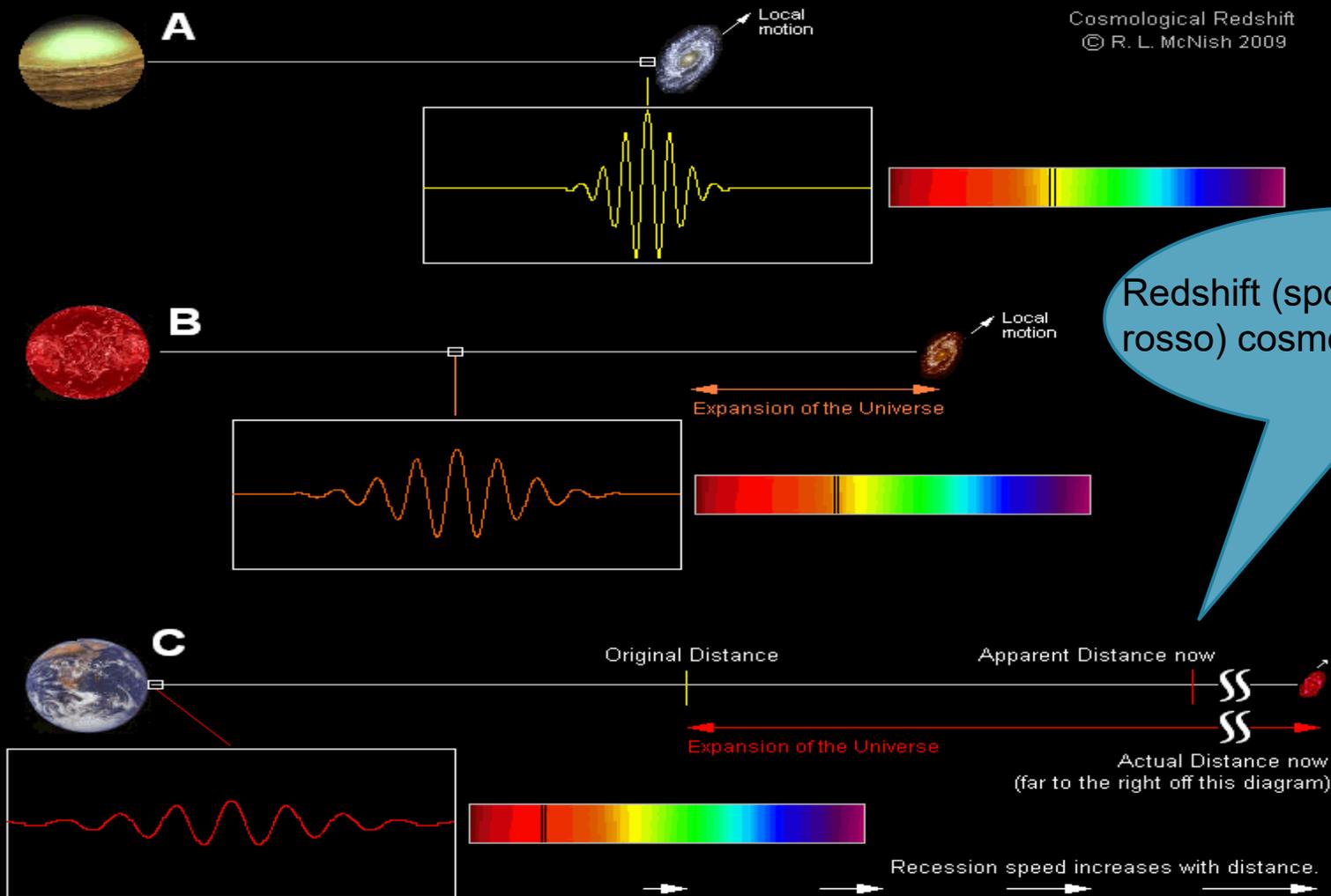
- 10% Filamenti, muri o piani estesi fino a miliardi di a.l.

- 90% Spazi vuoti di dimensioni tra 30 a 300 milioni di a.l.

- La materia sia visibile che oscura si concentra nel 10% dei filamenti



# Lo studio delle strutture a grande scala



Cosmological Redshift  
© R. L. McNish 2009

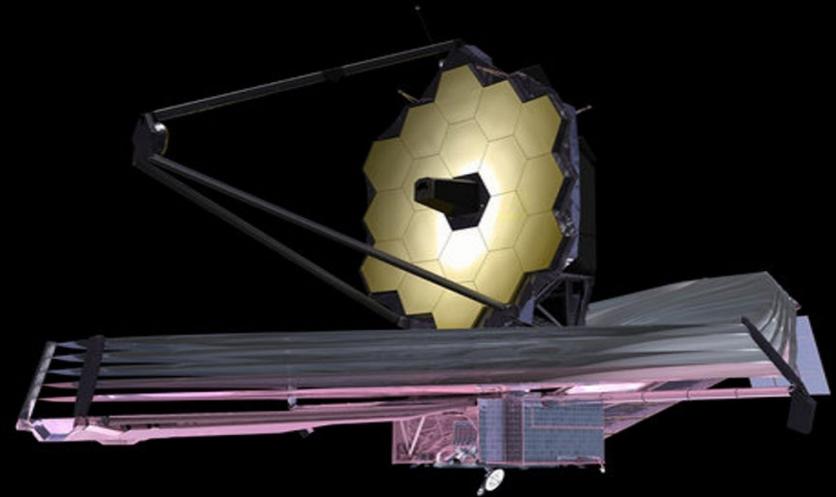
Redshift (spostamento verso il rosso) cosmologico "z"

# "Passato", presente e... futuro!

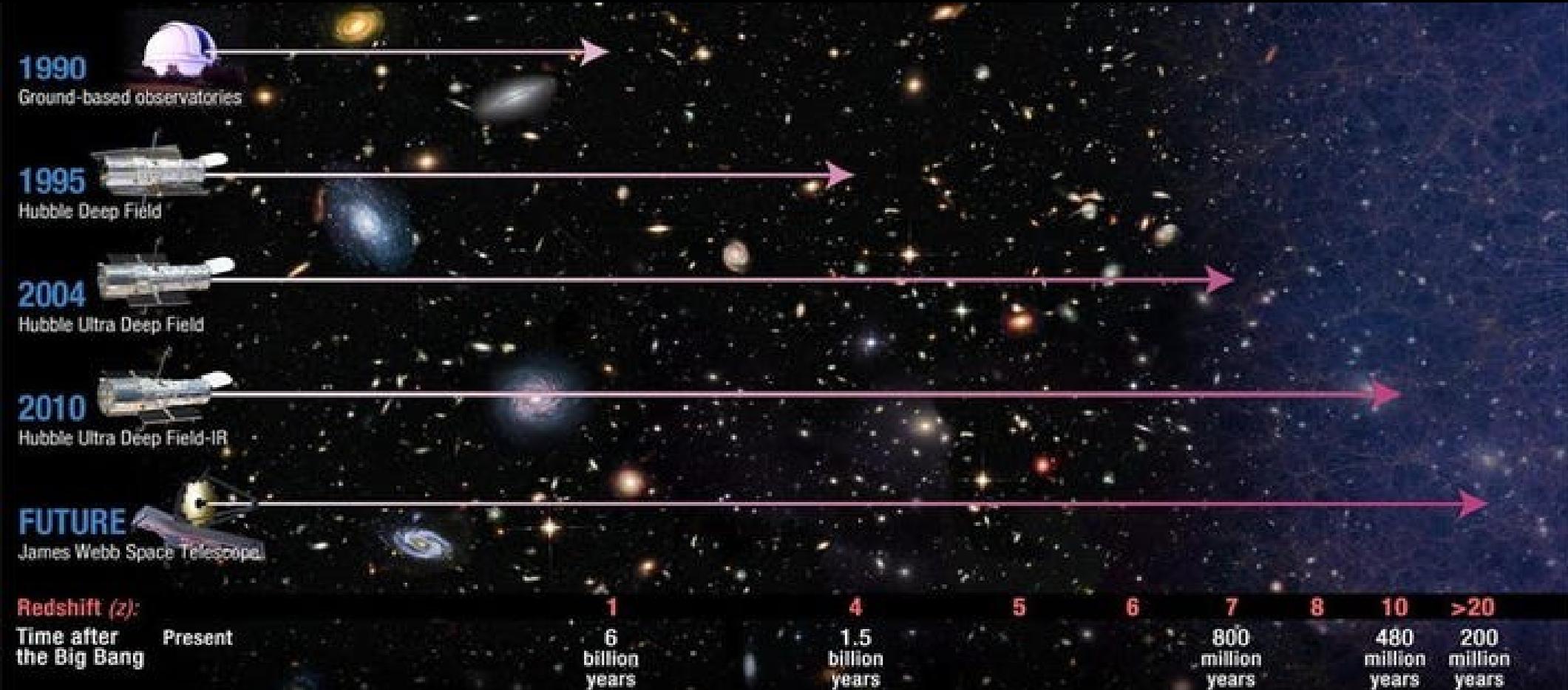


HST (Hubble Space Telescope)  
1991 - oggi

JWST (James Webb Space Telescope)  
Partito il 25/12/2021,  
in funzione dal 12/07/2022



# "Passato", presente e... futuro!



# I primi ammassi - Protoammassi

- Compaiono qualche centinaio di milioni di anni dopo il Big Bang
- Struttura meno definita rispetto ad ammassi maturi
- Alto red-shift (spostamento dello spettro verso il rosso)
- Le galassie centrali mostrano grande attività di formazione stellare

**Ricostruzione artistica di un ammasso in formazione**

# I primi ammassi - Protoammassi



Galassia Ragnatela,  
MRC 1138-262, 10 600 mln di a.l.



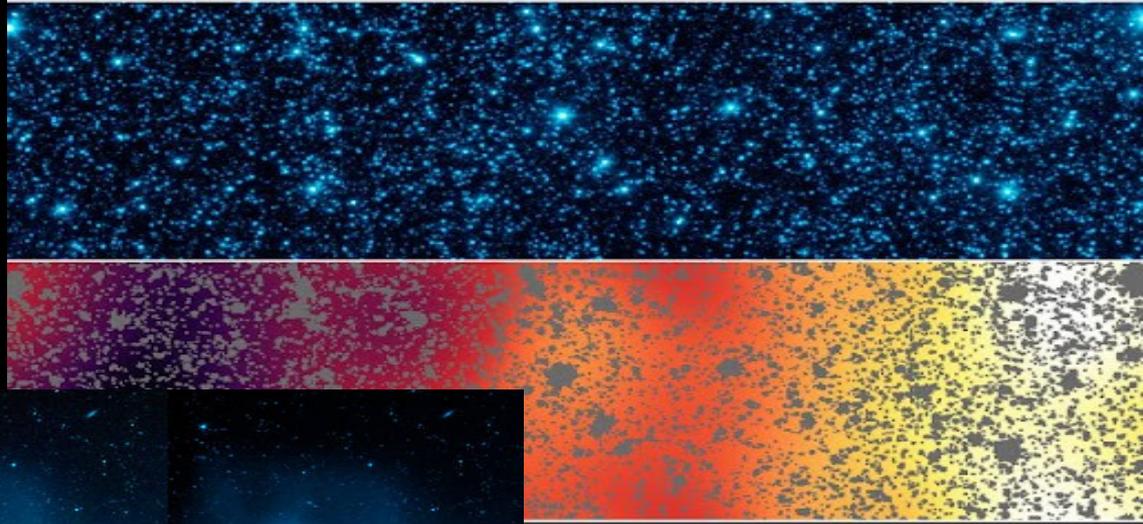
CL J1001+0220, 11 100 mln di a.l.

# I primi ammassi - Protoammassi



**Protosuperammasso Hyperion, 2 300 milioni di anni dopo il BB**

# Il Telescopio Spaziale Spitzer e l'infrarosso



(a)



(b)



(c)

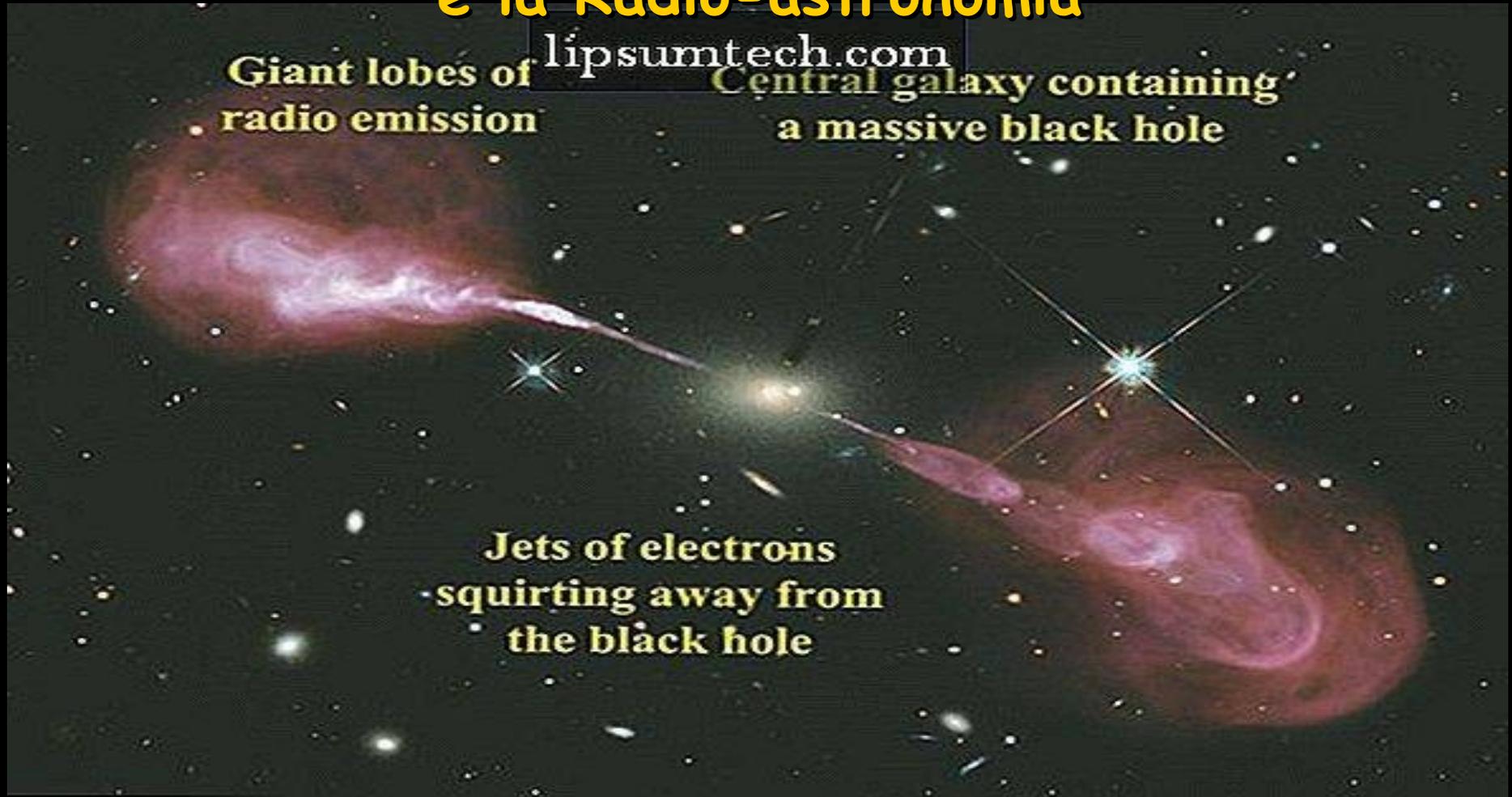


(d)

# Astronomia X e il gas negli ammassi di galassie

- Gas caldo a una temperatura tra 10 e 100 milioni di gradi;
- Bassa densità, ma potrebbe contenere fino al doppio della materia ordinaria di tutte le galassie dell'ammasso;
- Buchi neri supermassicci al centro delle principali galassie sono responsabili del mantenimento della elevata temperatura del gas.

# Il centro degli ammassi di galassie e la Radio-astronomia

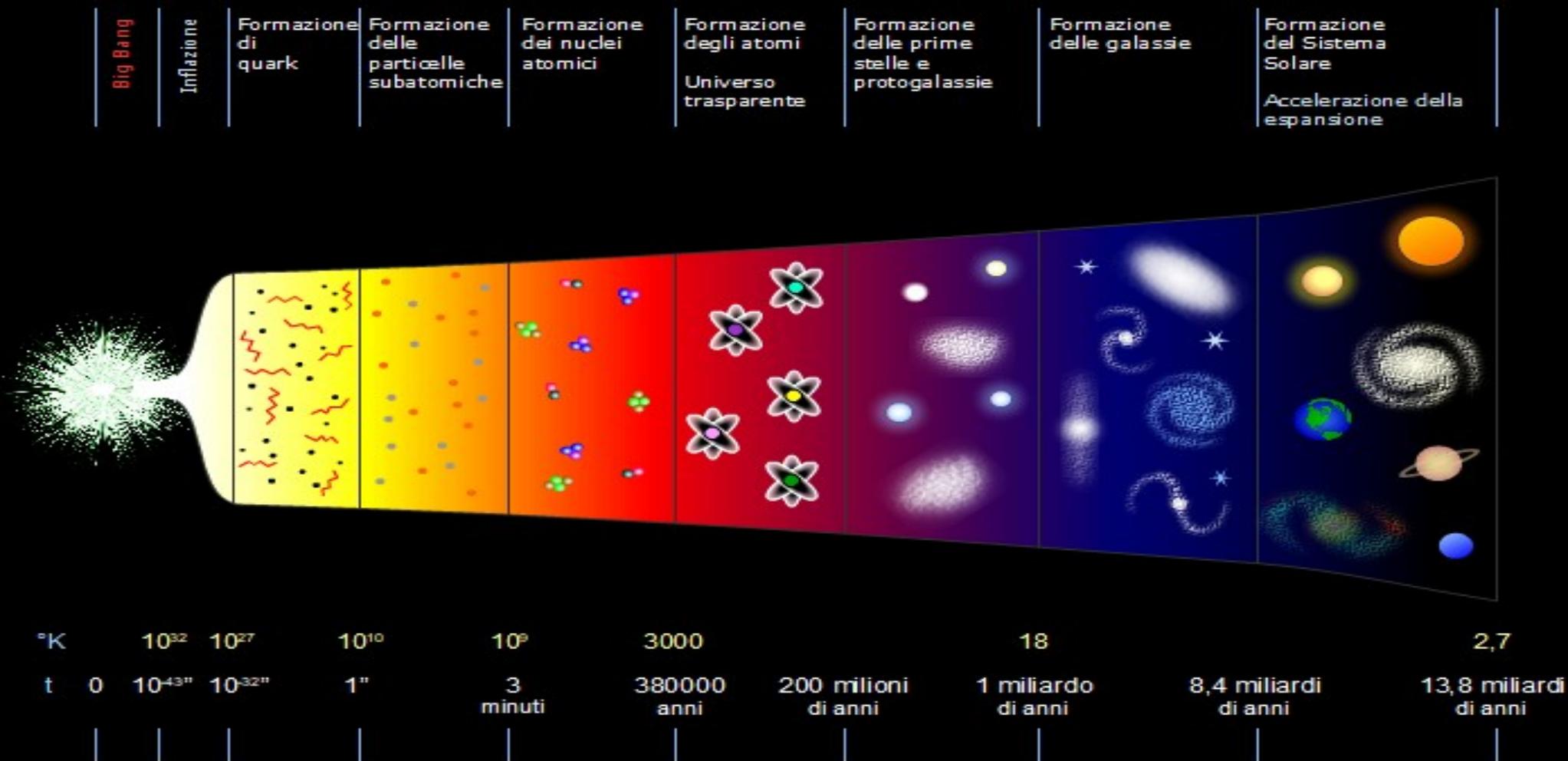


# Il Fondo Cosmico a microonde (CMB)



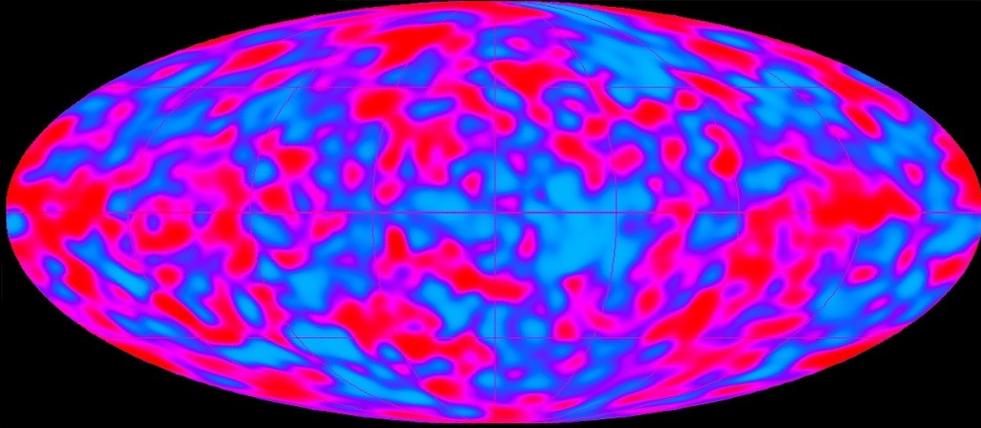
Arno Penzias e Robert W. Wilson 1964-65  
e la Radiazione Cosmica di Fondo (CMB)

# Dal Big Bang... a oggi !

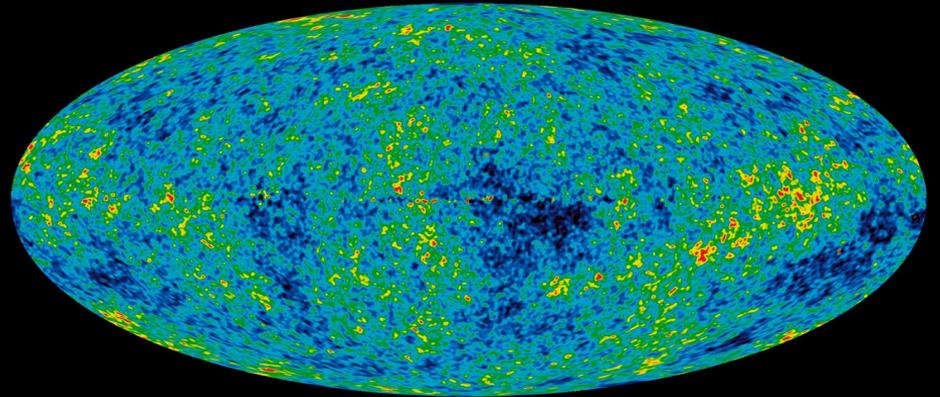


# Il Fondo Cosmico a microonde (CMB)

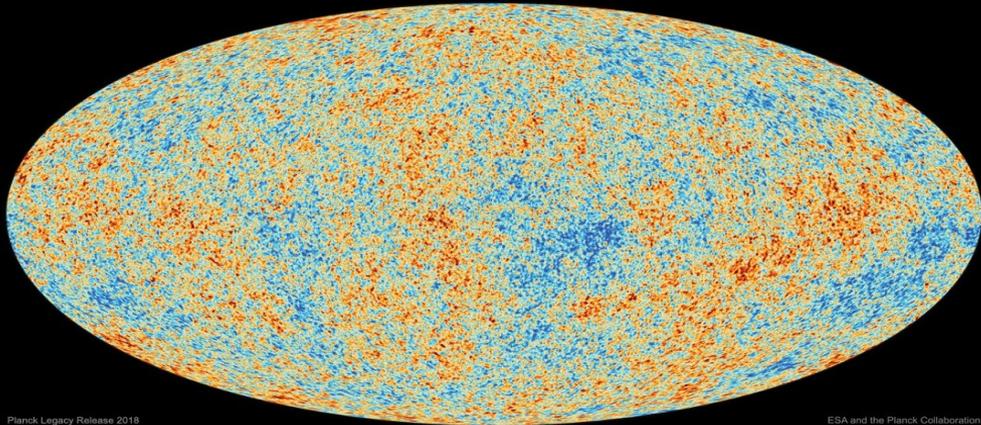
COBE (Cosmic Background Explorer)  
1992



WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy  
Probe) 2003



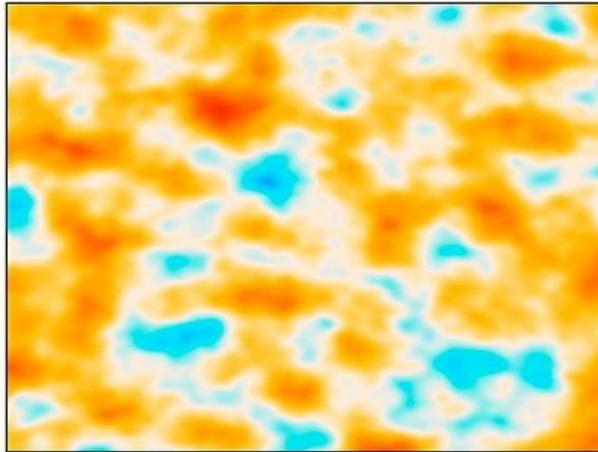
PLANK Surveyor (ESA) 2013



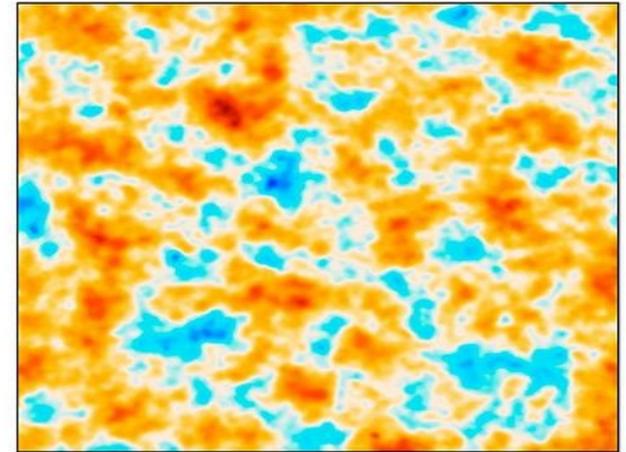
# Il Fondo Cosmico a microonde (CMB)



COBE

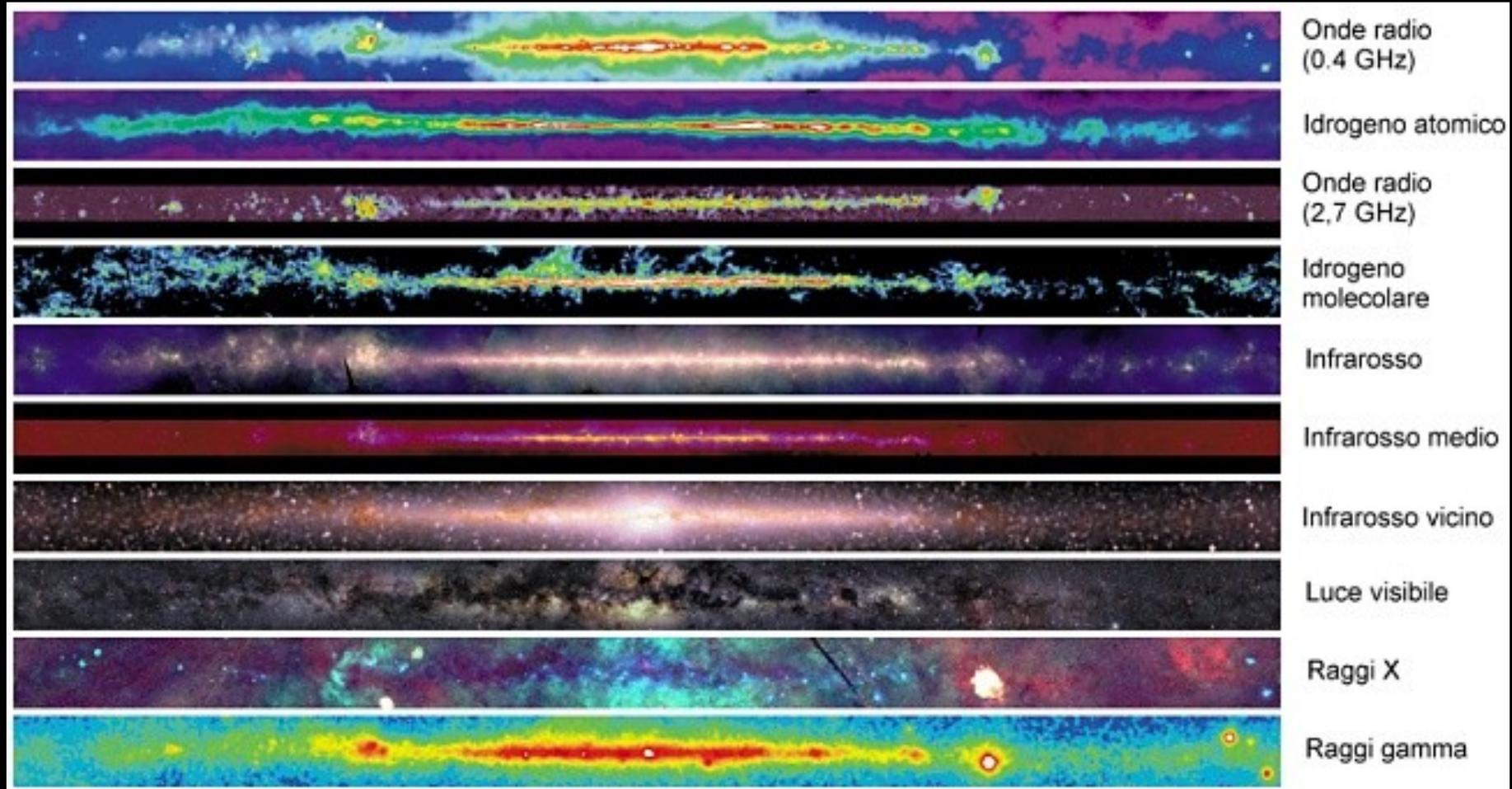


WMAP



Planck

# L'astronomia multibanda



# L'astronomia multibanda



Ammasso del Proiettile, 3,8 miliardi di a.l.

# La classificazione degli ammassi

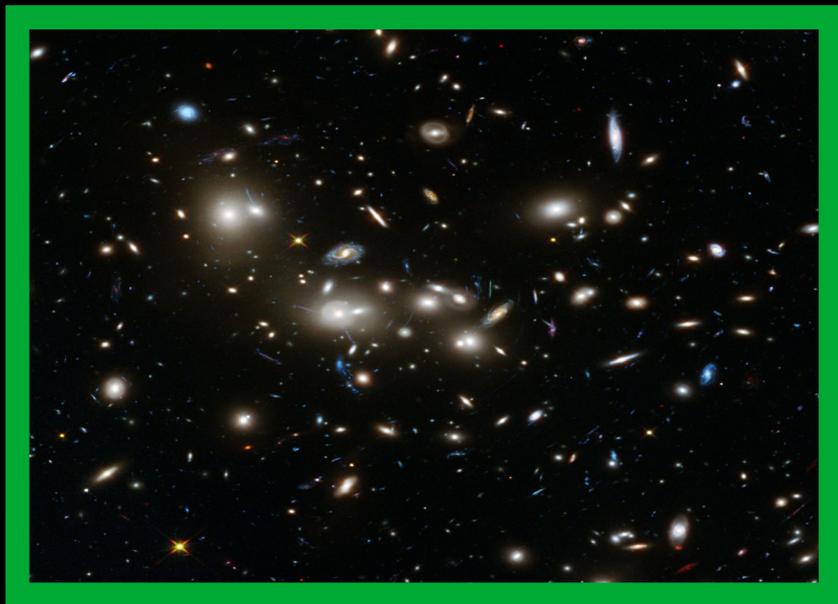
- TIPO I: simmetria sferica, alta concentrazione al centro e galassie meno massicce nell'alone, galassia ellittica centrale supermassiccia (es. Abell 2199)
- Tipo I-II
- TIPO II: galassie ellittiche di luminosità relativa inferiore ai precedenti gruppi, simmetria intermedia e poveri di galassie a spirale (es. Ammasso della Chioma)
- Tipo II-III
- TIPO III: Privi di galassia centrale molto più luminosa delle altre, ricchi di spirali e privi di simmetria (es. Abell 2744, Ammasso di Pandora)



ABELL 2199 – TIPO I



Ammasso della Chioma – TIPO II

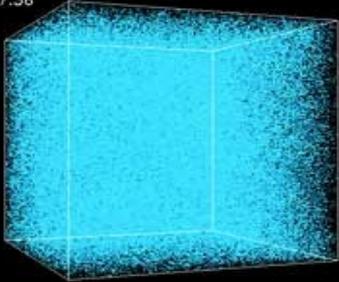


ABELL 2744 “Pandora” – TIPO III

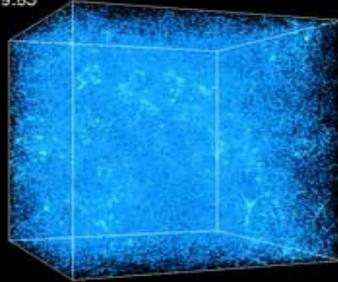
# La formazione degli ammassi

[https://www.lescienze.it/news/2014/05/07/video/simulazione\\_evoluzione\\_universo\\_illustris-2128792/1/](https://www.lescienze.it/news/2014/05/07/video/simulazione_evoluzione_universo_illustris-2128792/1/)

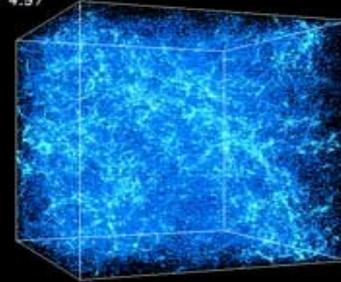
Z=27.36



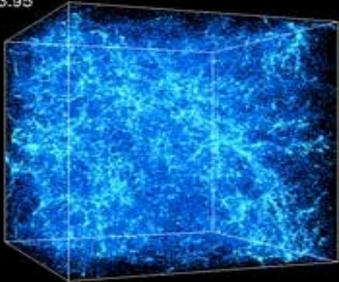
Z= 9.83



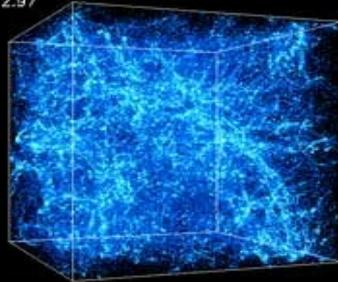
Z= 4.97



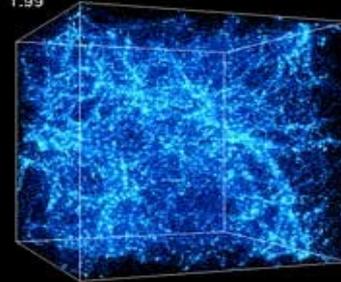
Z= 3.95



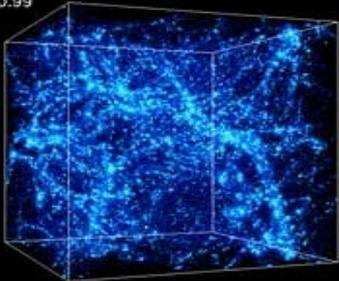
Z= 2.97



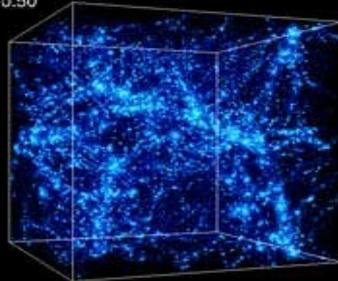
Z= 1.99



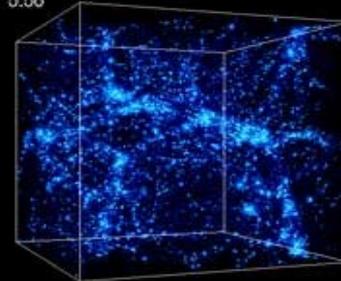
Z= 0.99



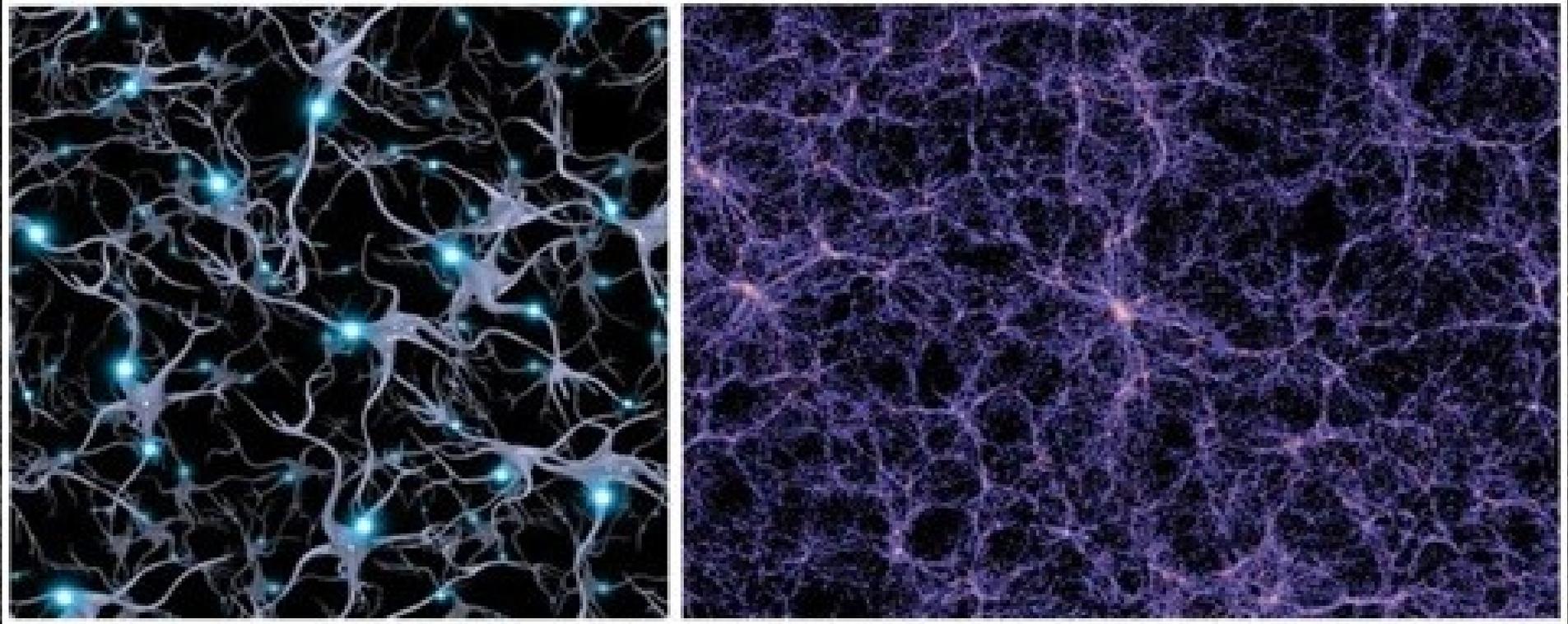
Z= 0.50



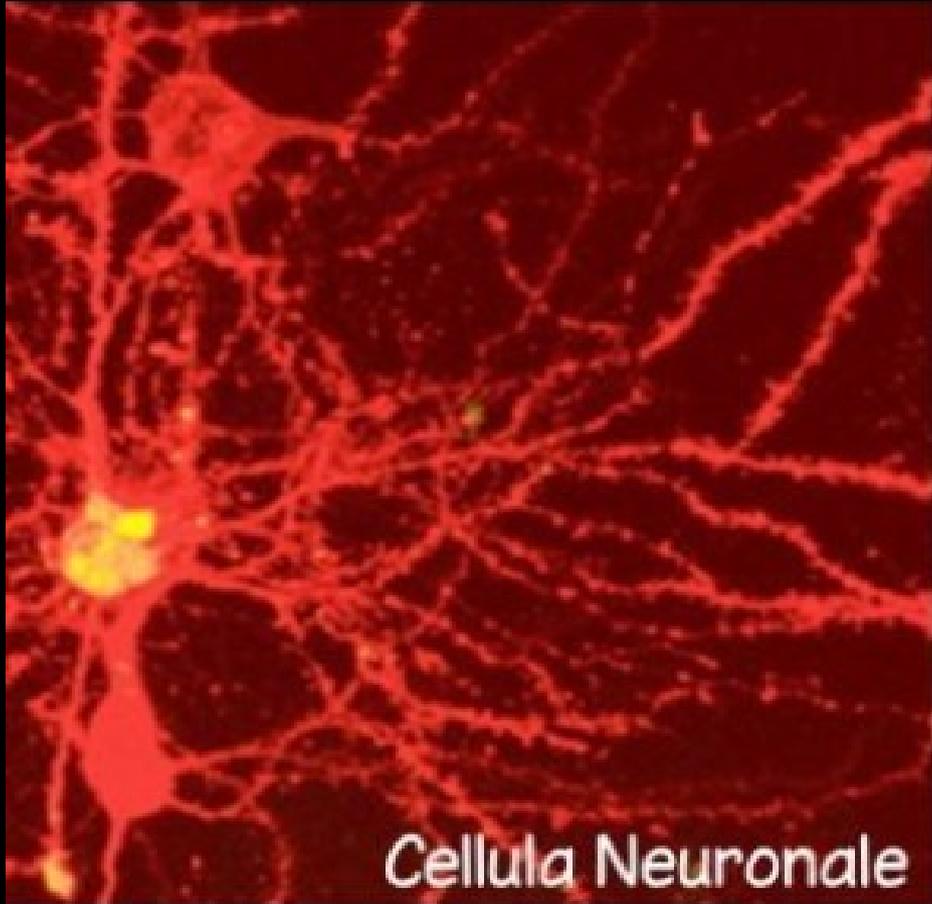
Z= 0.00



# I teorici e le simulazioni

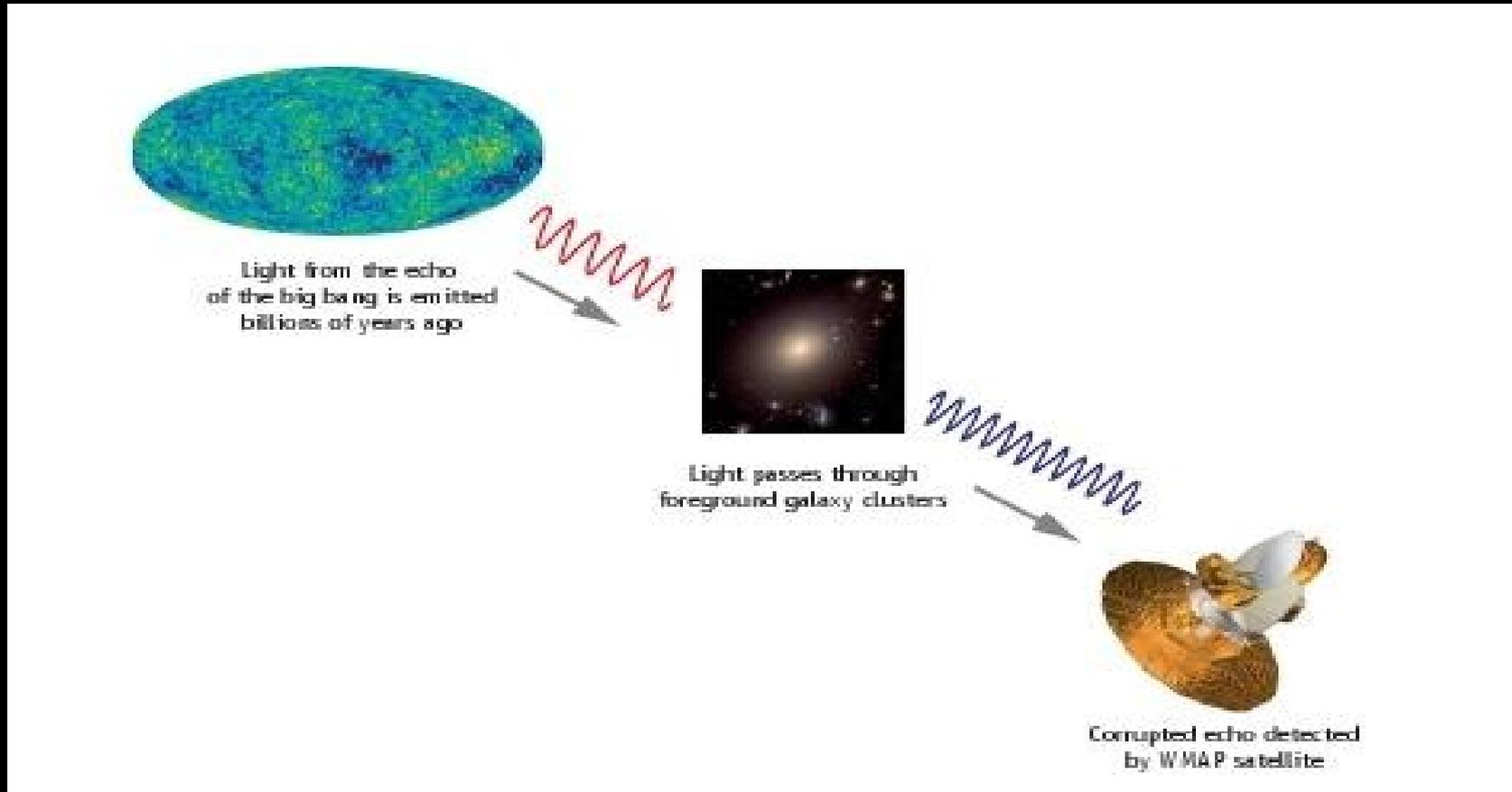


# I teorici e le simulazioni



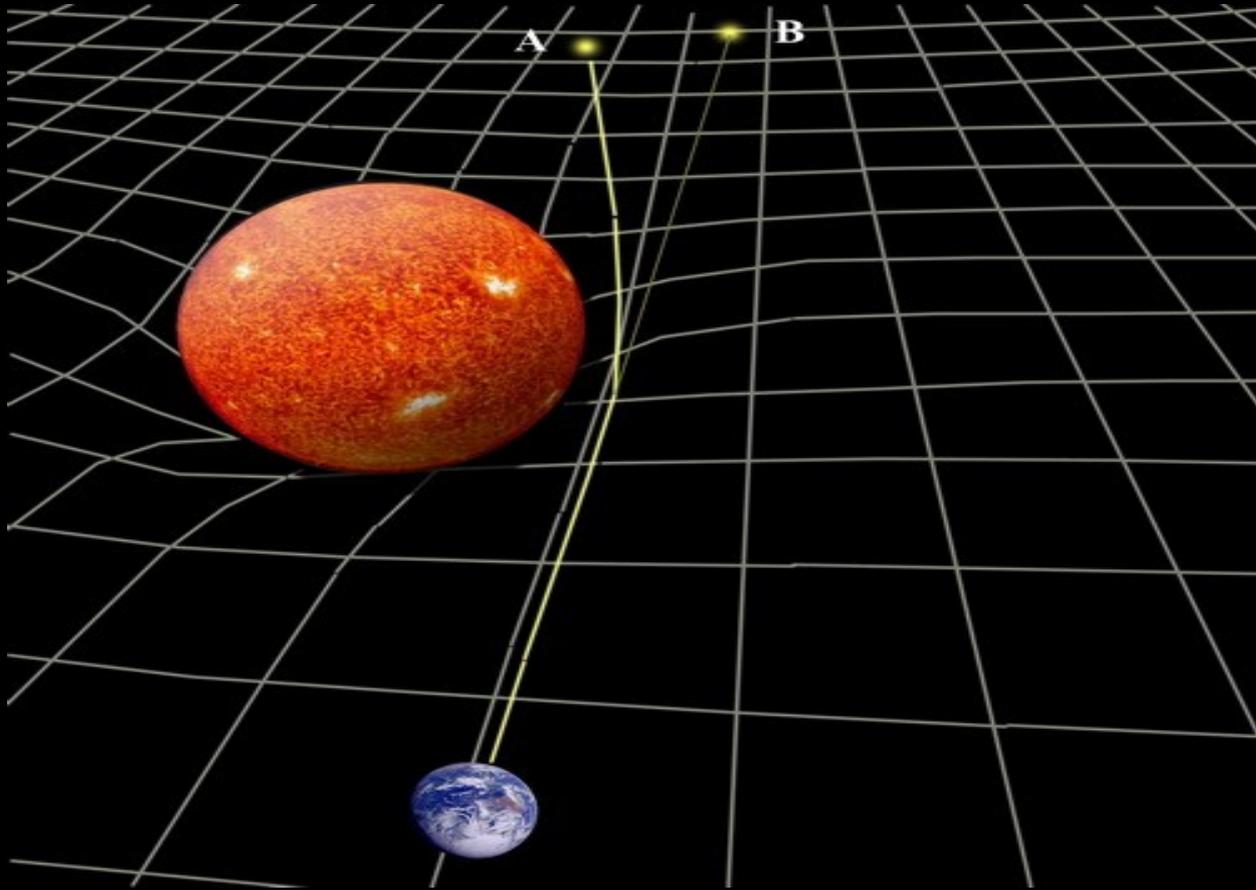
# La massa degli ammassi di galassie

Effetto Sunyaev-Zeldovich, distorsione della CMB

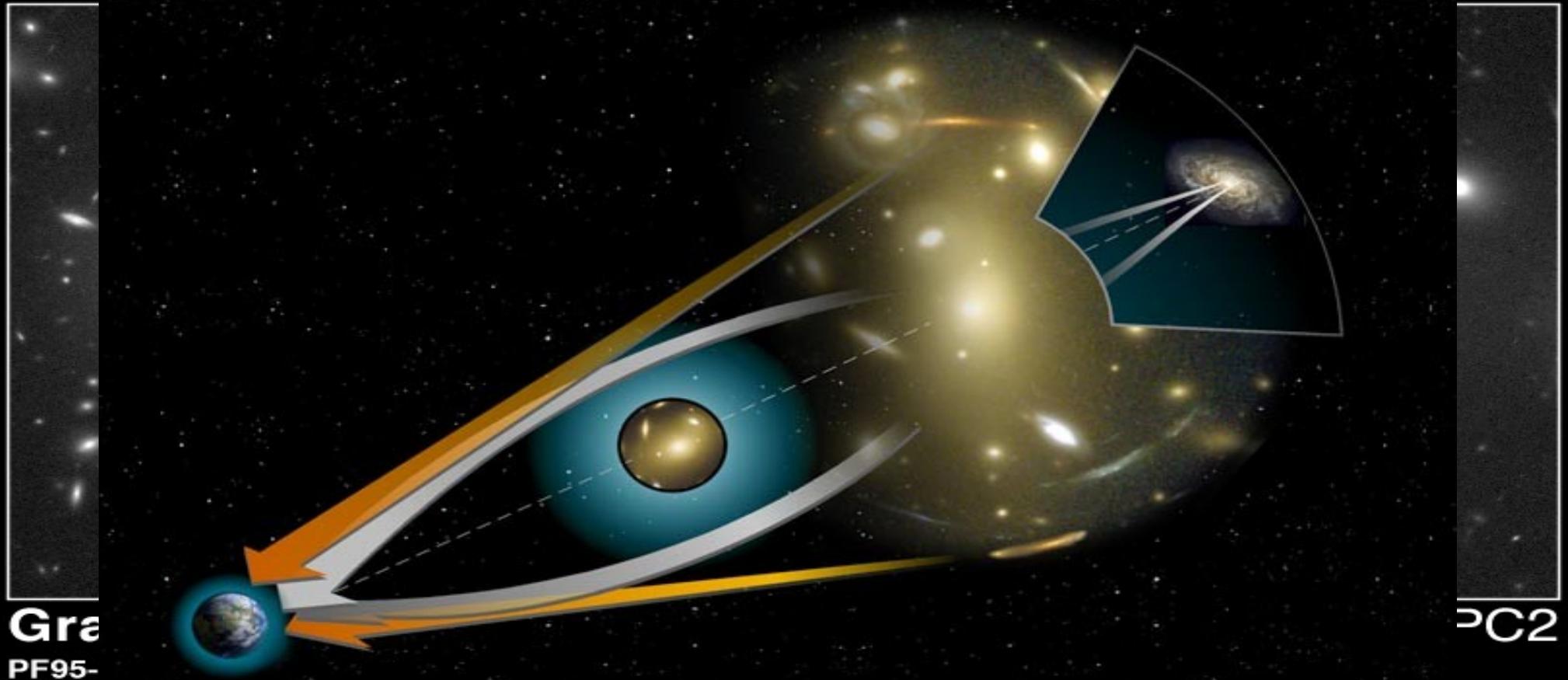


# La massa degli ammassi di galassie

Fenomeno di Lente Gravitazionale, dalla Relatività di Einstein



# La massa degli ammassi di galassie

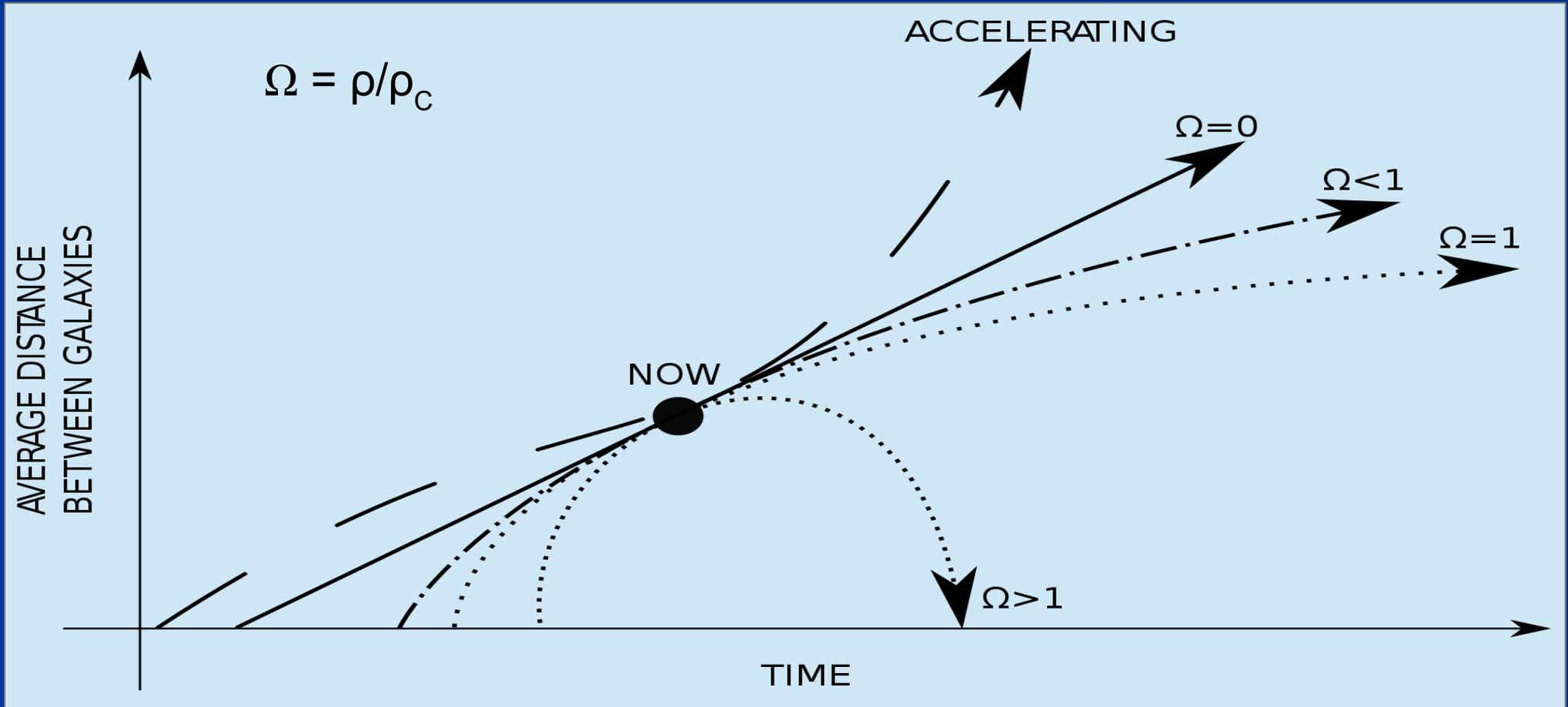


Gra  
PF95-

PC2

Fenomeno di Lente Gravitazionale

# La massa delle strutture a larga scala e l'Universo

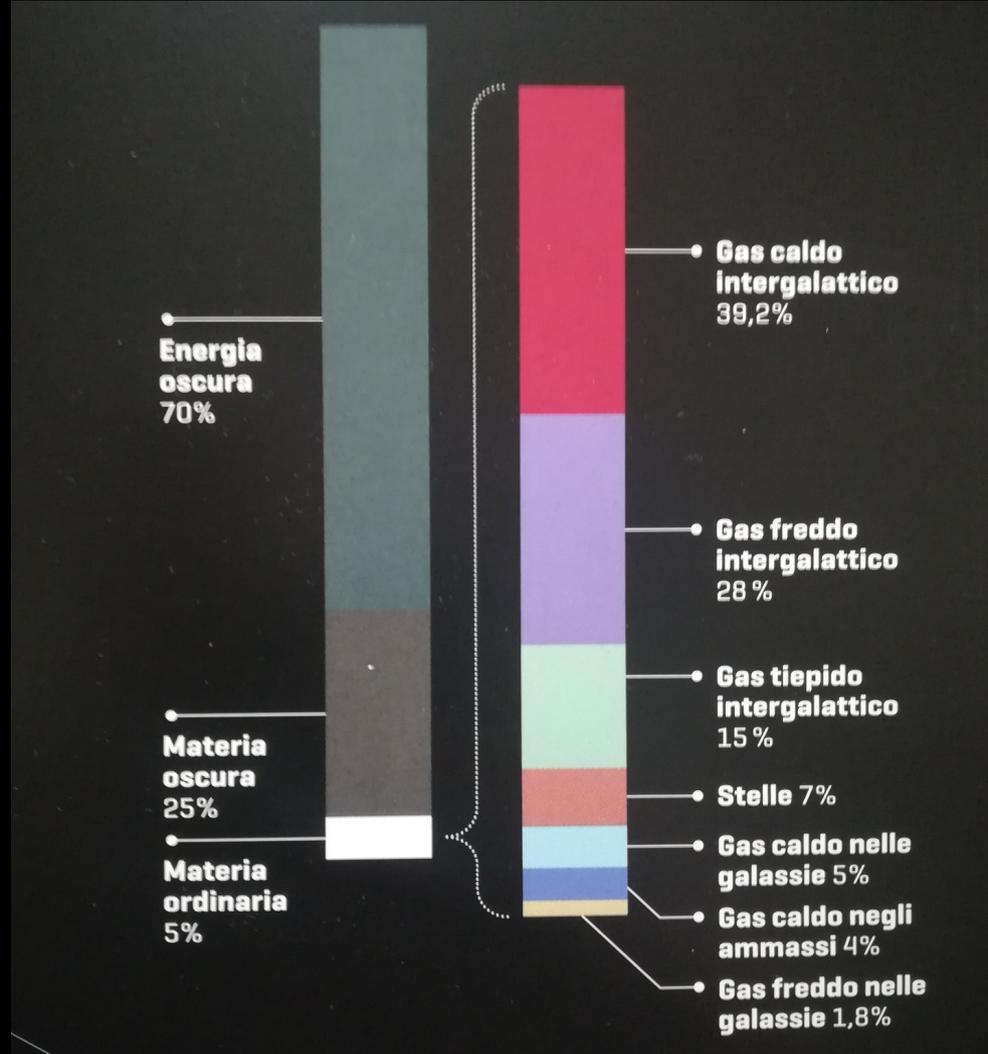


# Com'è fatto l'Universo?

- Materia Ordinaria 5 % → visibile
  - Materia Oscura 27 % → distr. disomogenea
  - Energia Oscura 68 % → distr. omogenea
- } invisibili

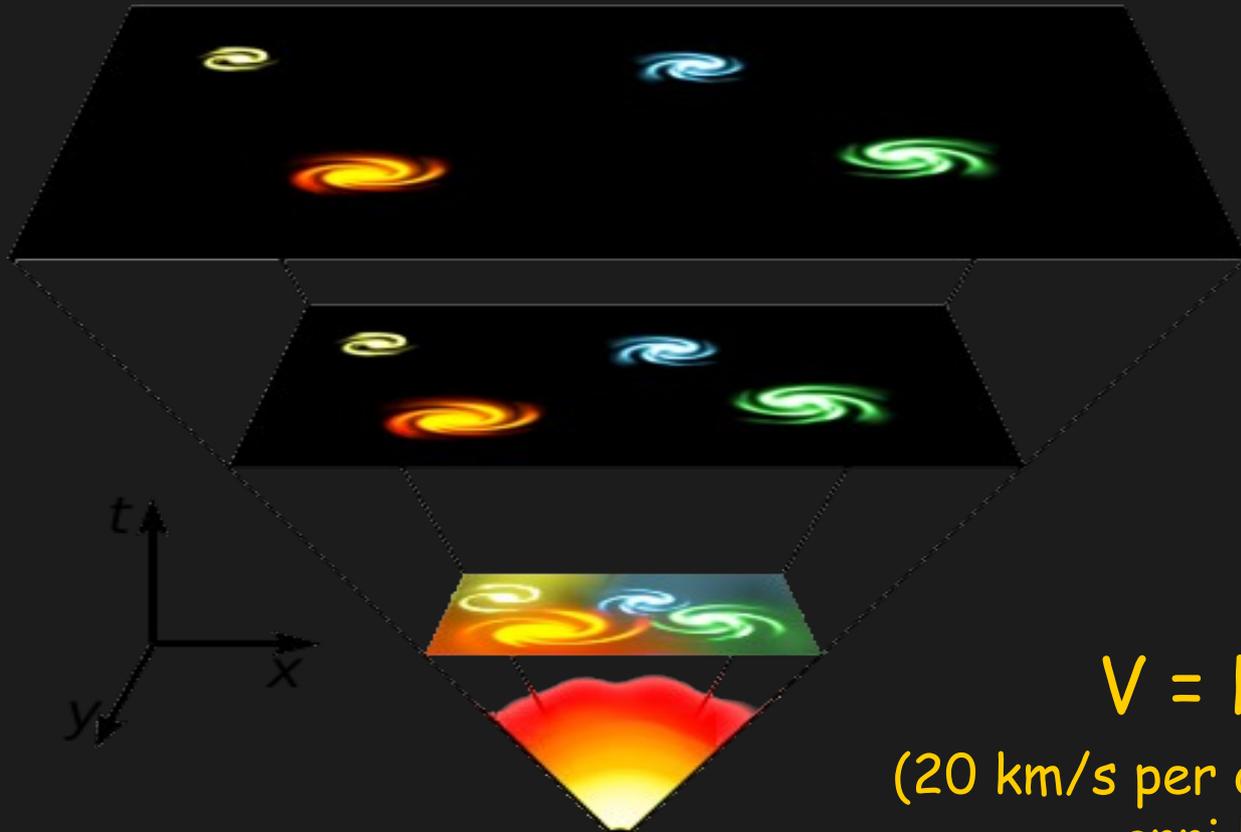


# Com'è fatto l'Universo?



# Espansione Omogenea e Isotropa dell'Universo

Il ritmo di espansione cambia con il tempo???



$$V = H_0 d$$

(20 km/s per ogni milione di anni luce)

# L'Universo rallenta?

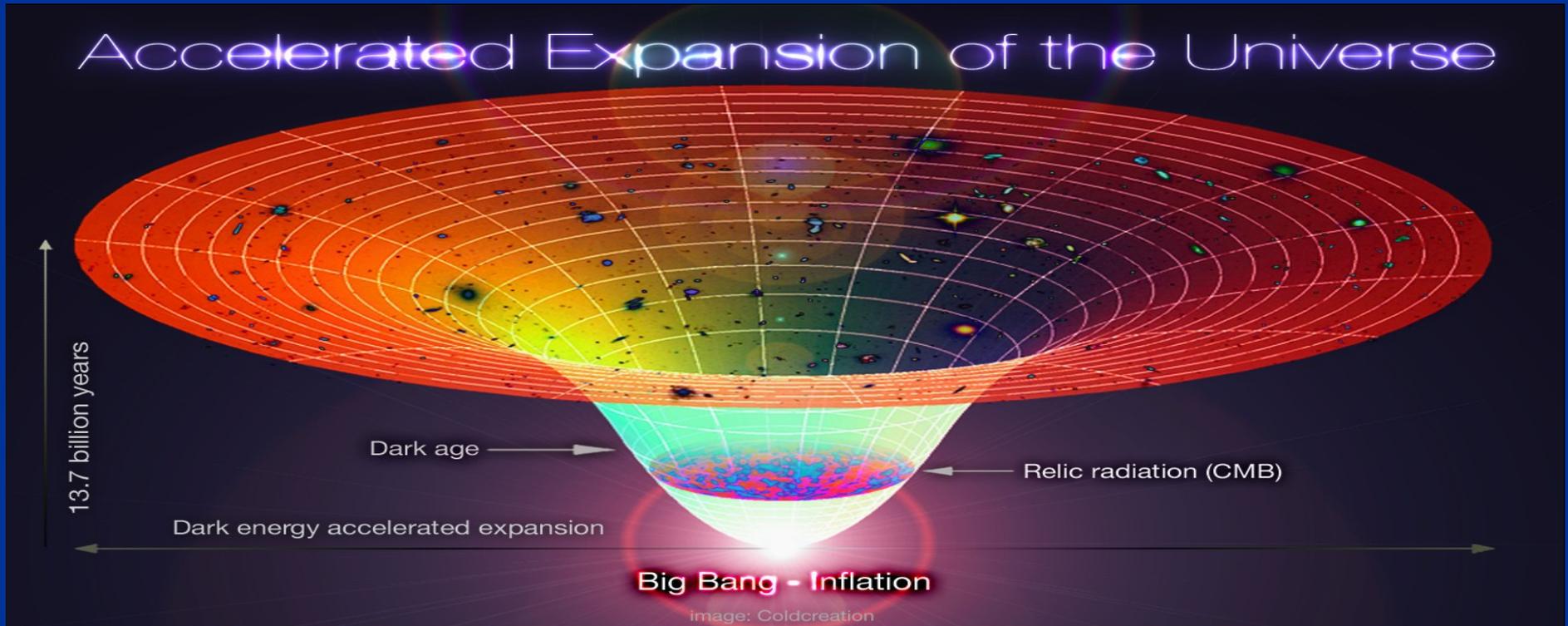
1998 - Brian Schmidt e Adam Riess (Nobel 2011)

- High-z Supernova Search Team
  - Supernova Cosmology Project
- } L'Universo accelera

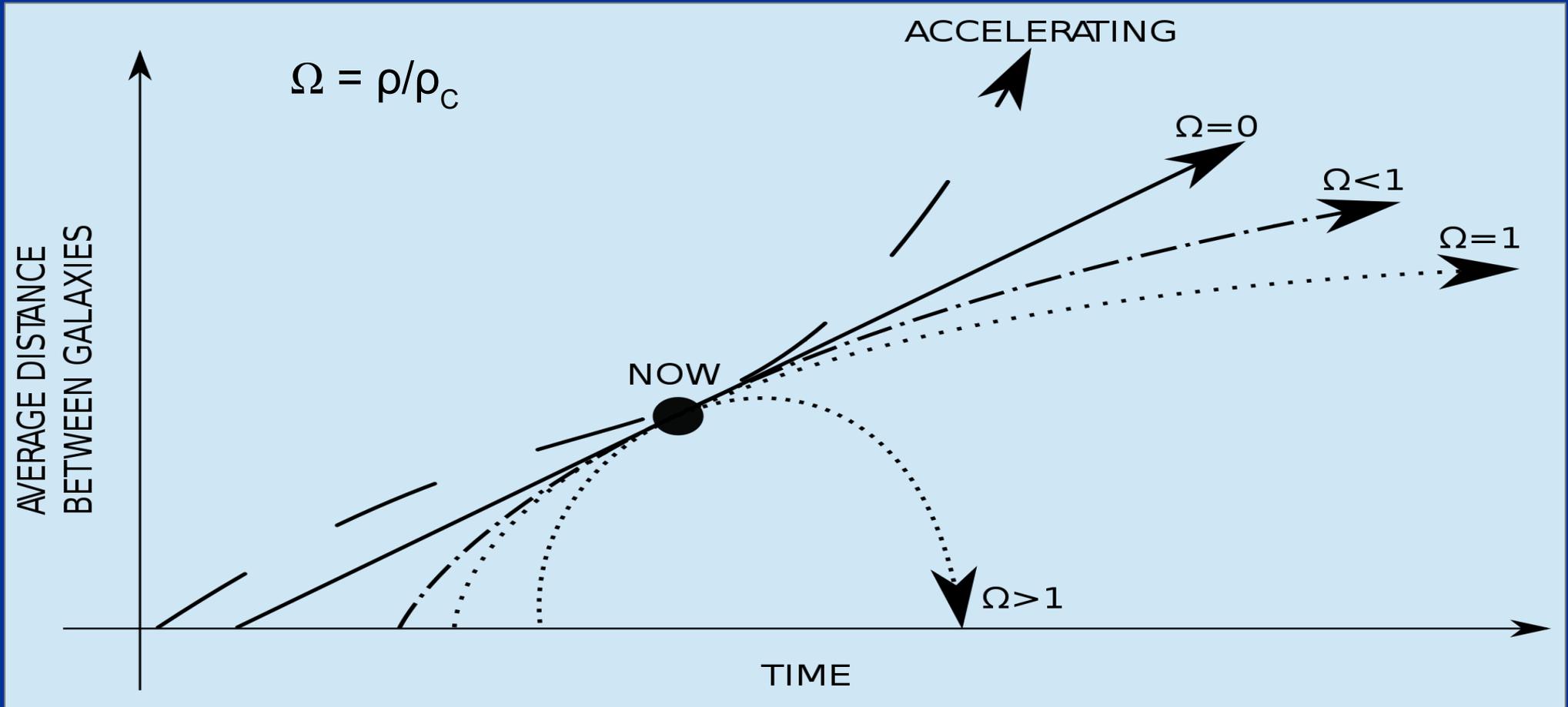


# L'Inflazione - Alan Guth 1980

Tutto nell'intero universo osservabile è stato in contatto con tutto!!!

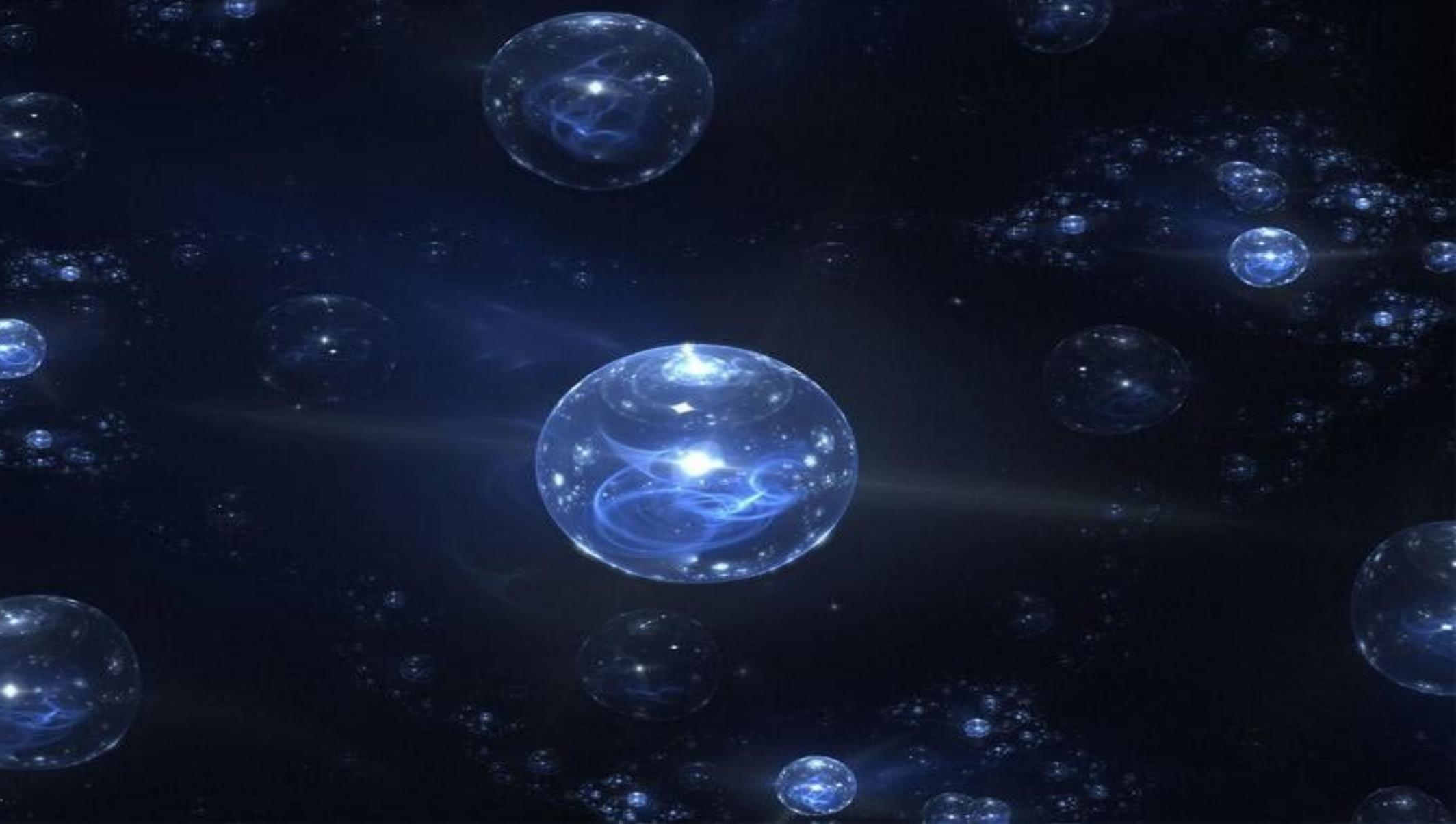


# Modelli di Universo secondo la Relatività

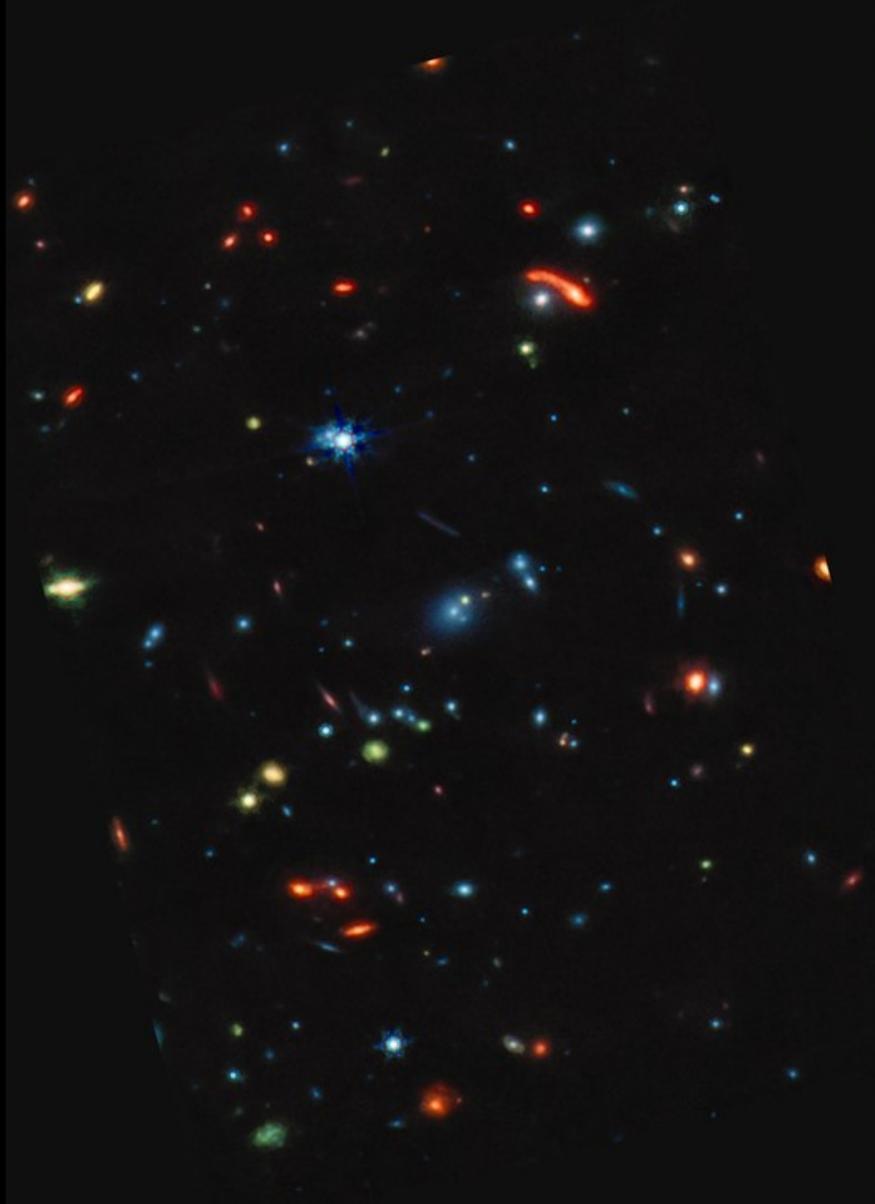


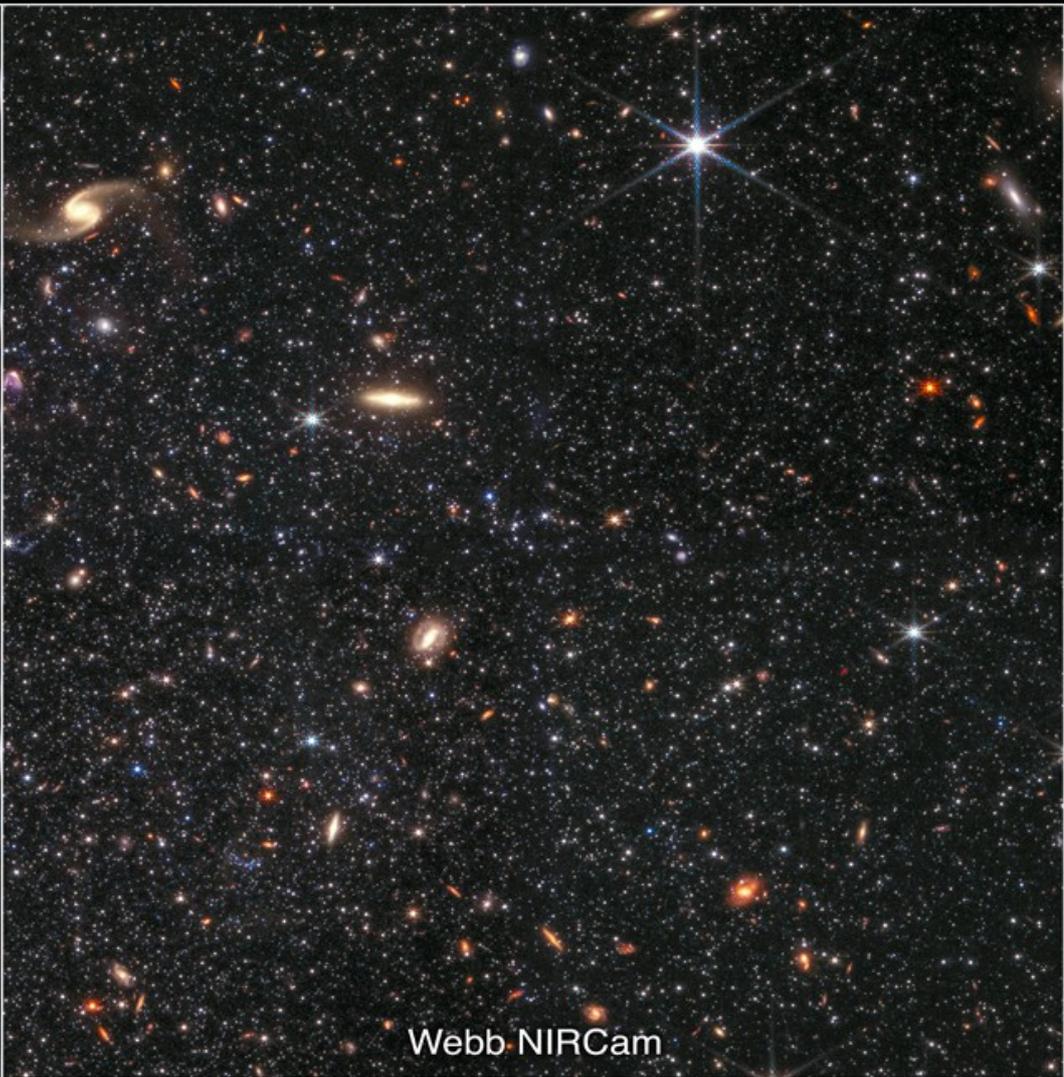
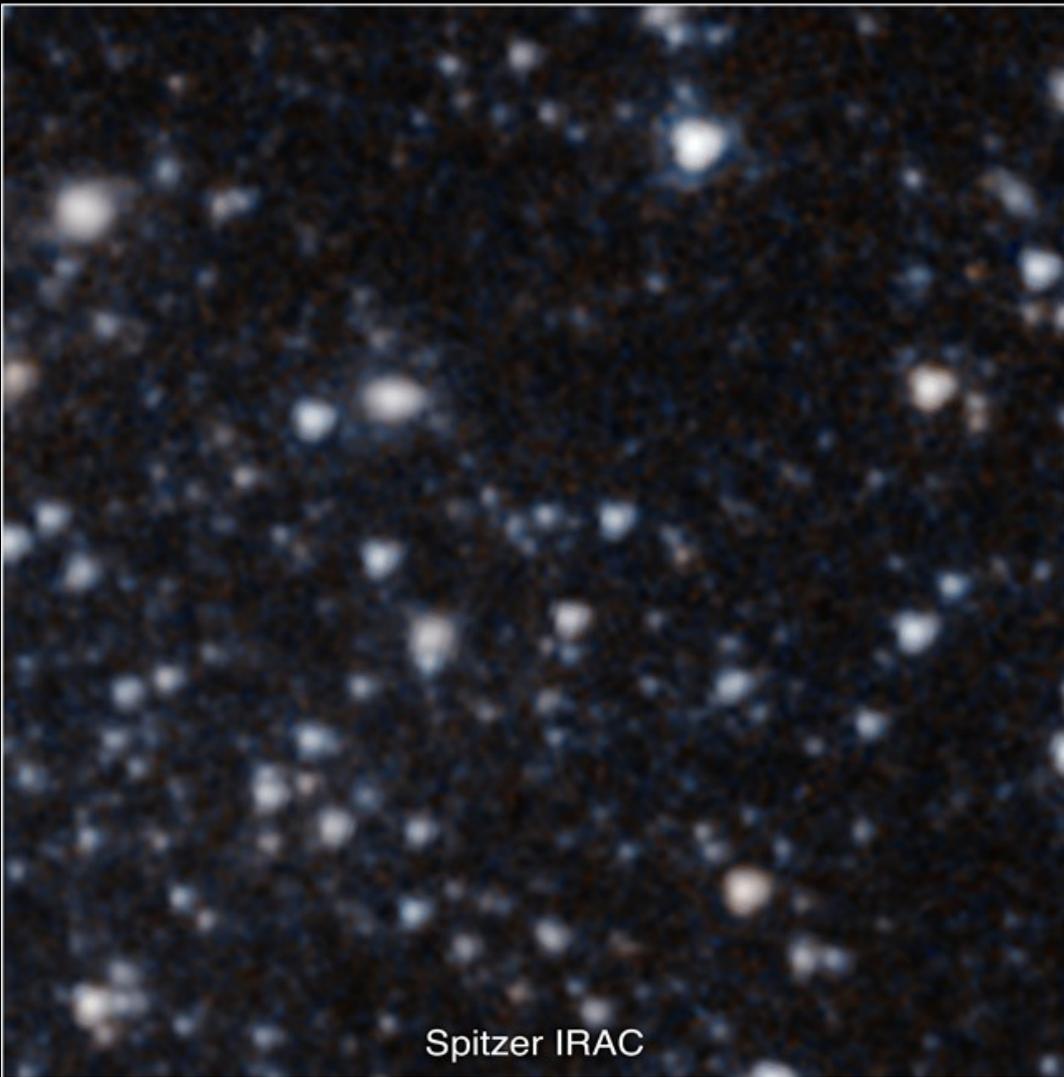
# Il Destino dell'Universo

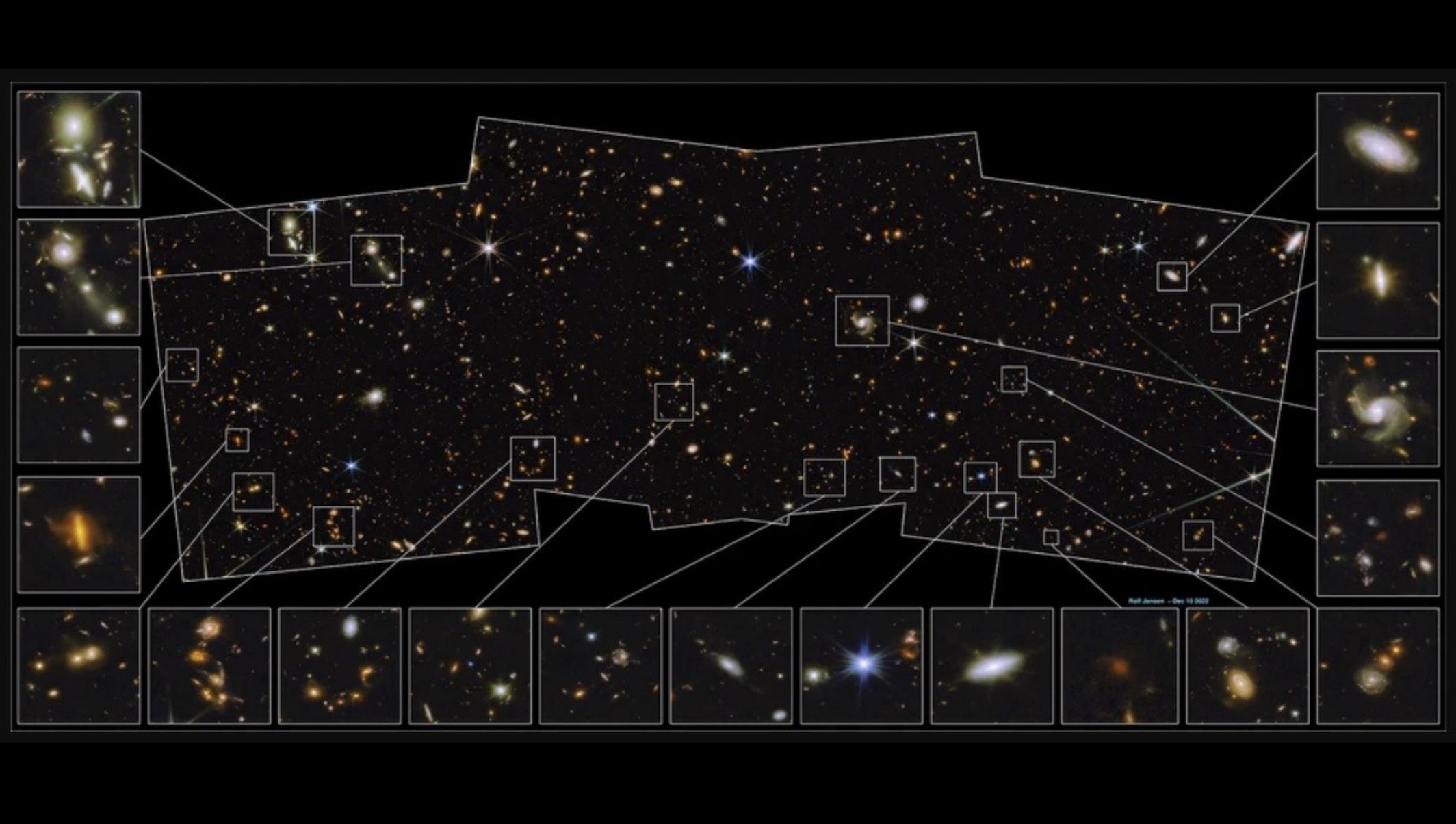
- L'En. Oscura domina l'Universo cadenzando il ritmo della sua espansione, e continuerà a farlo, dato che la sua densità rimane costante, mentre la densità di materia e della radiazione vanno diluendosi con il crescere dell'Universo.
- In futuro l'espansione continuerà a un ritmo sempre maggiore, fino al superamento della velocità della luce.
- Si sta creando spazio tra le galassie a un ritmo sempre crescente (moti superluminali).
- A quel punto le galassie non saranno più visibili (usciranno dal nostro orizzonte).

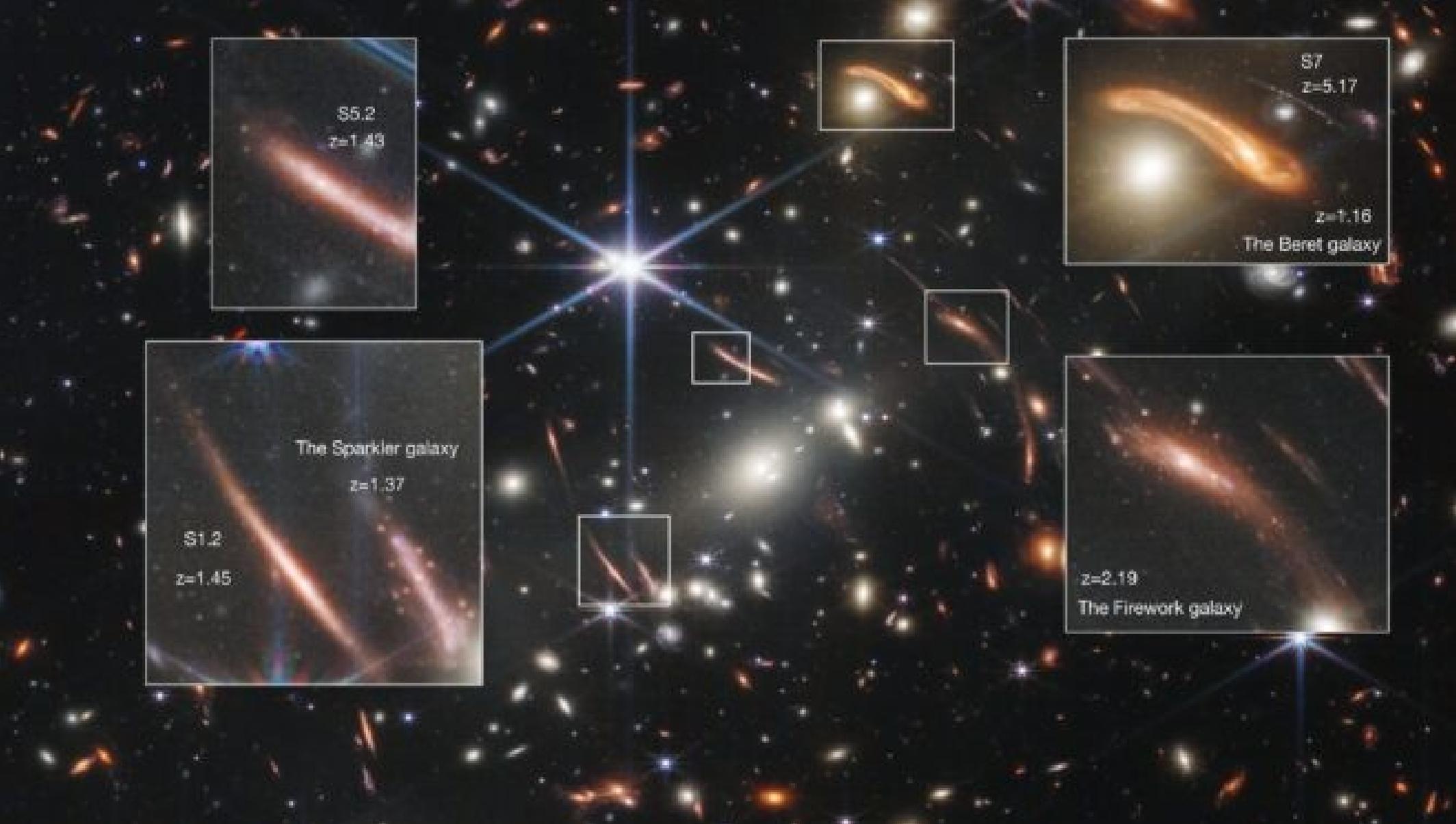


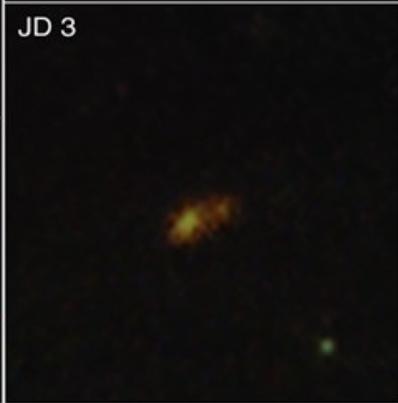












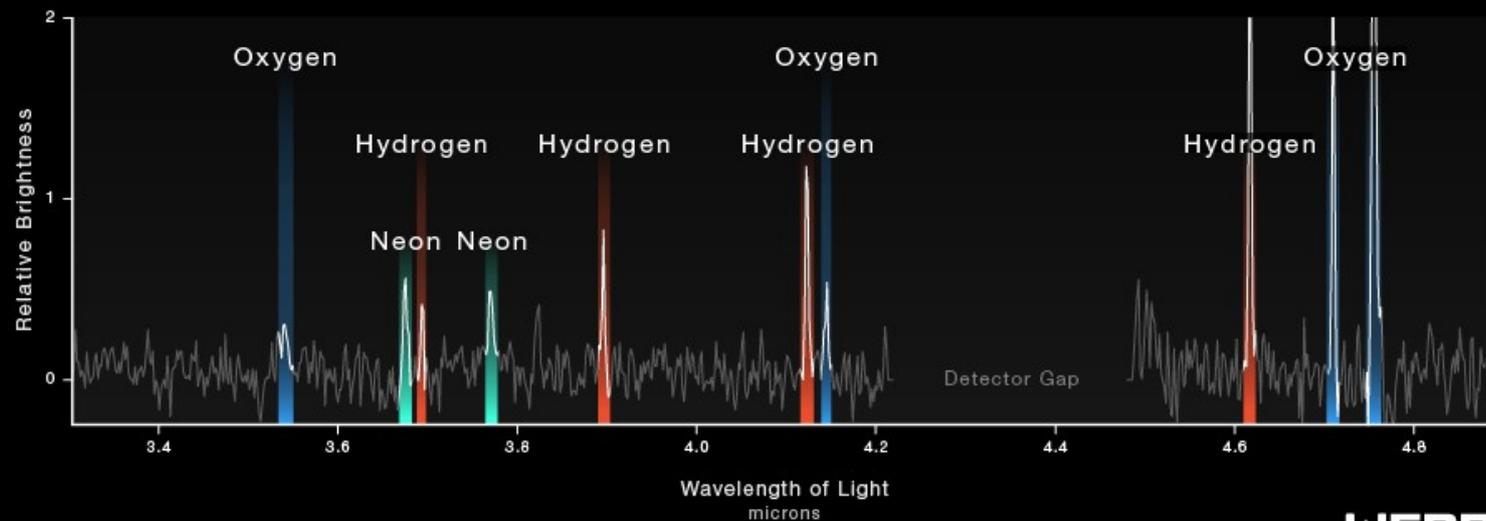
DISTANT GALAXY BEHIND SMACS 0723

# WEBB SPECTRUM SHOWCASES GALAXY'S COMPOSITION

NIRCam Imaging



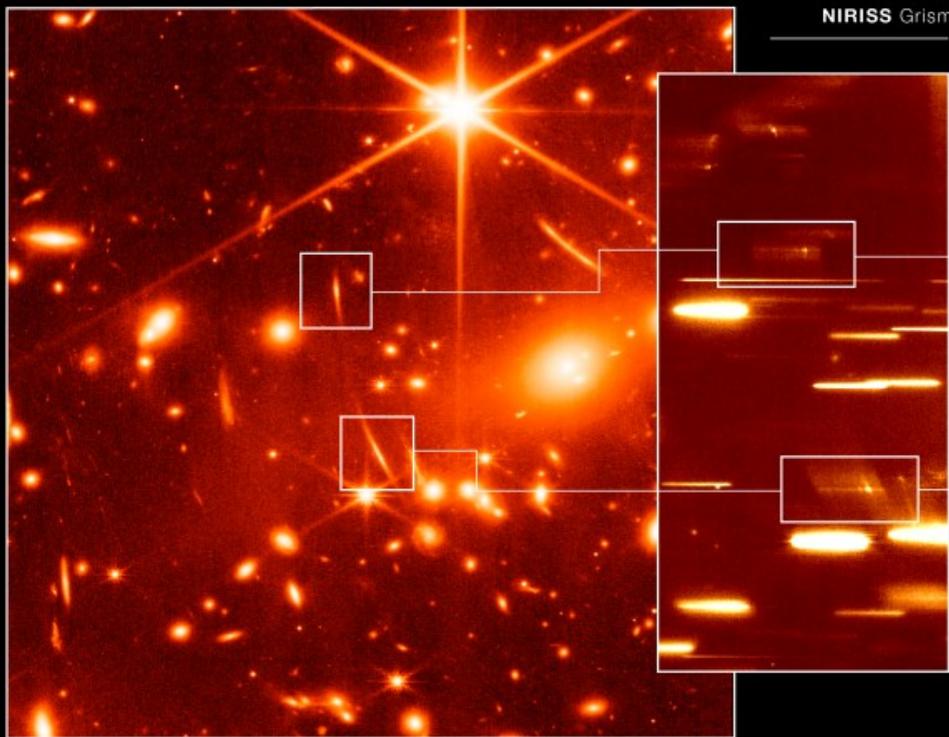
NIRSpec Microshutter Array Spectroscopy



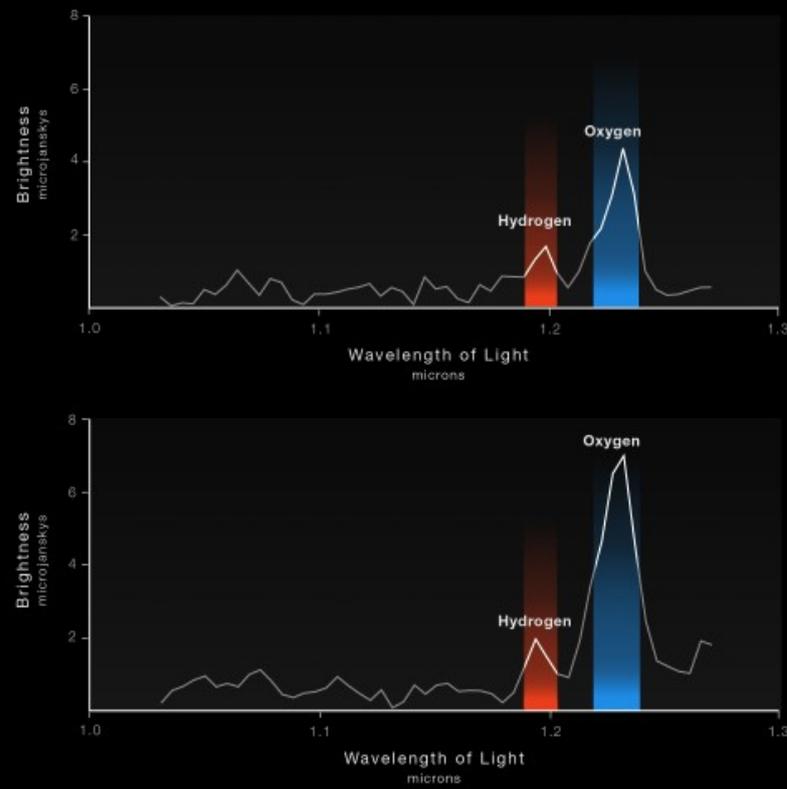
**WEBB**  
SPACE TELESCOPE

# WEBB SPECTRA CONFIRM TWO ARCS ARE THE SAME GALAXY

NIRISS Imaging



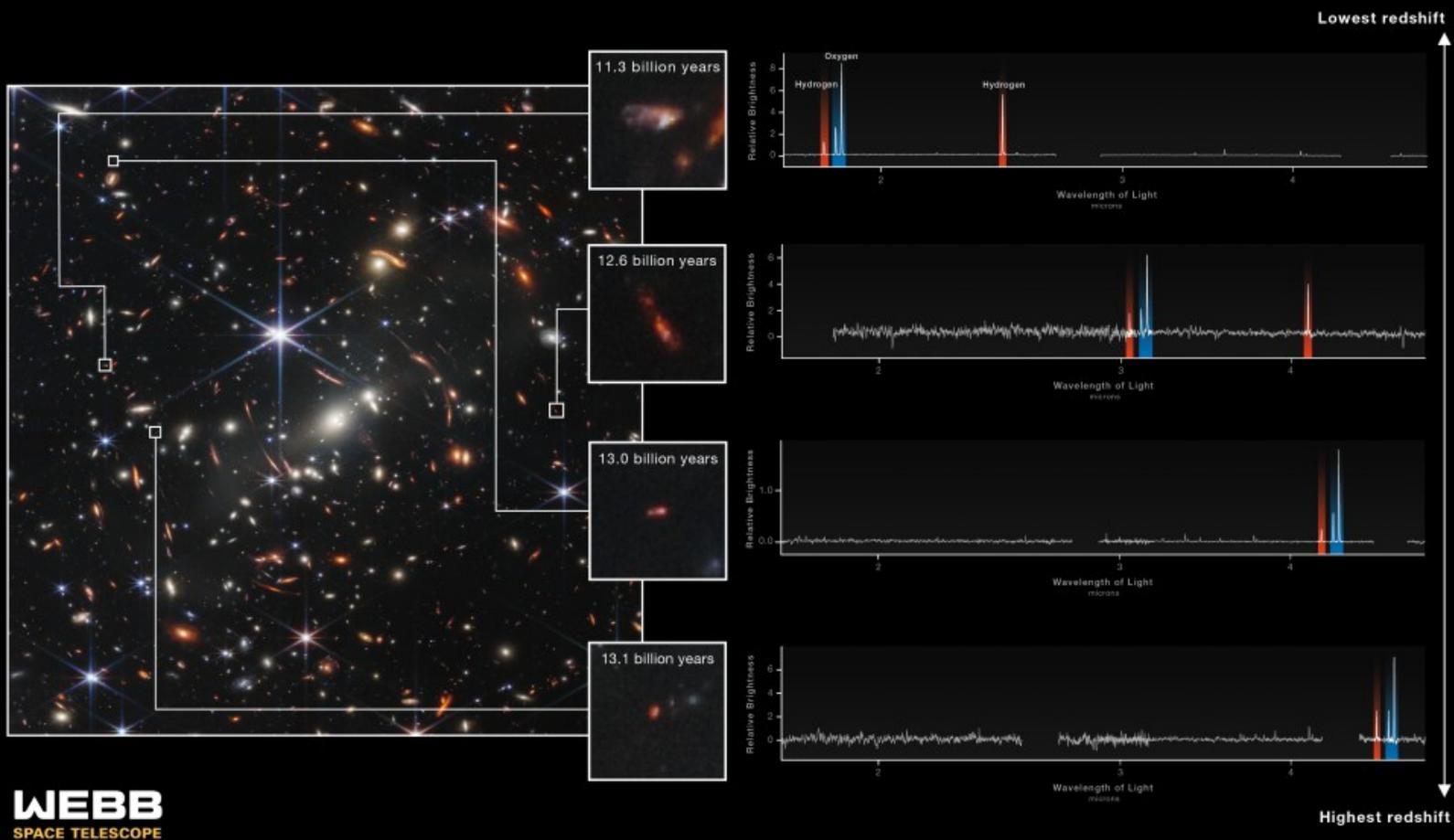
NIRISS Wide Field Slitless Spectroscopy



# WEBB SPECTRA IDENTIFY GALAXIES IN THE VERY EARLY UNIVERSE

NIRCam Imaging

NIRSpec Microshutter Array Spectroscopy

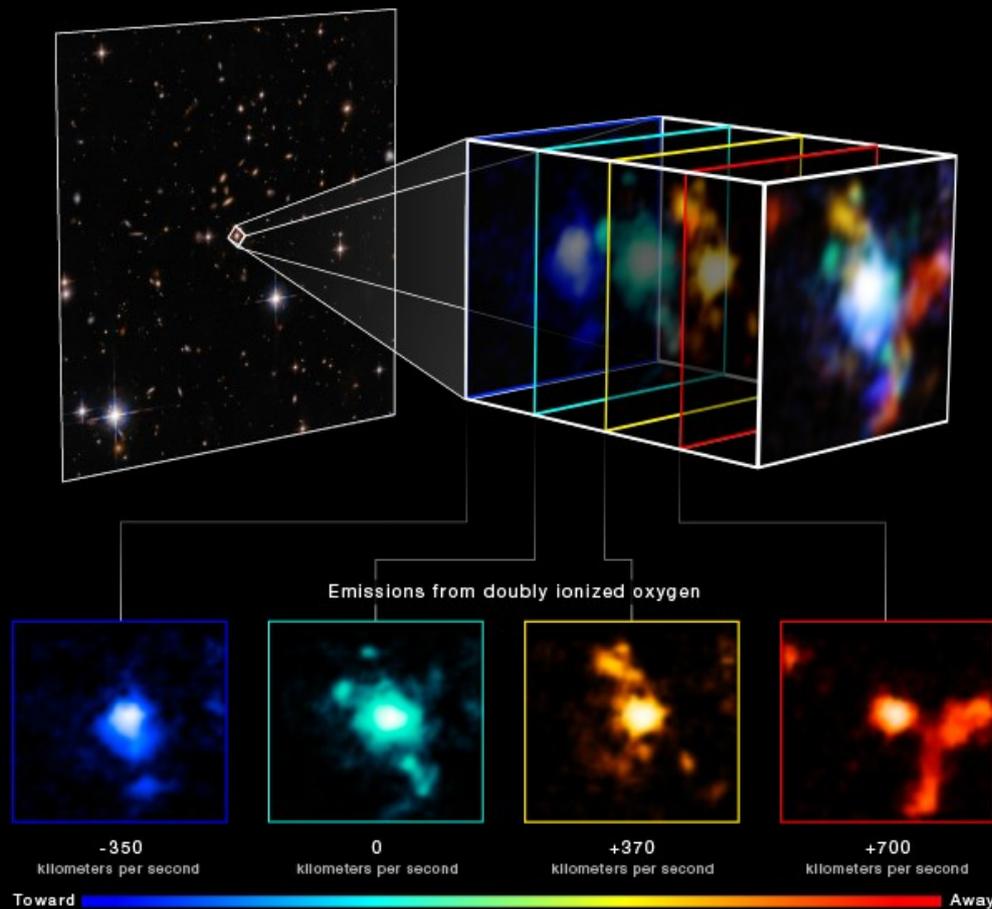


SDSS J165202.64+172852.3

# MOTIONS OF GAS AROUND AN EXTREMELY RED QUASAR

Hubble ACS + WFC3 Imaging

Webb NIRSpec IFU Spectroscopy

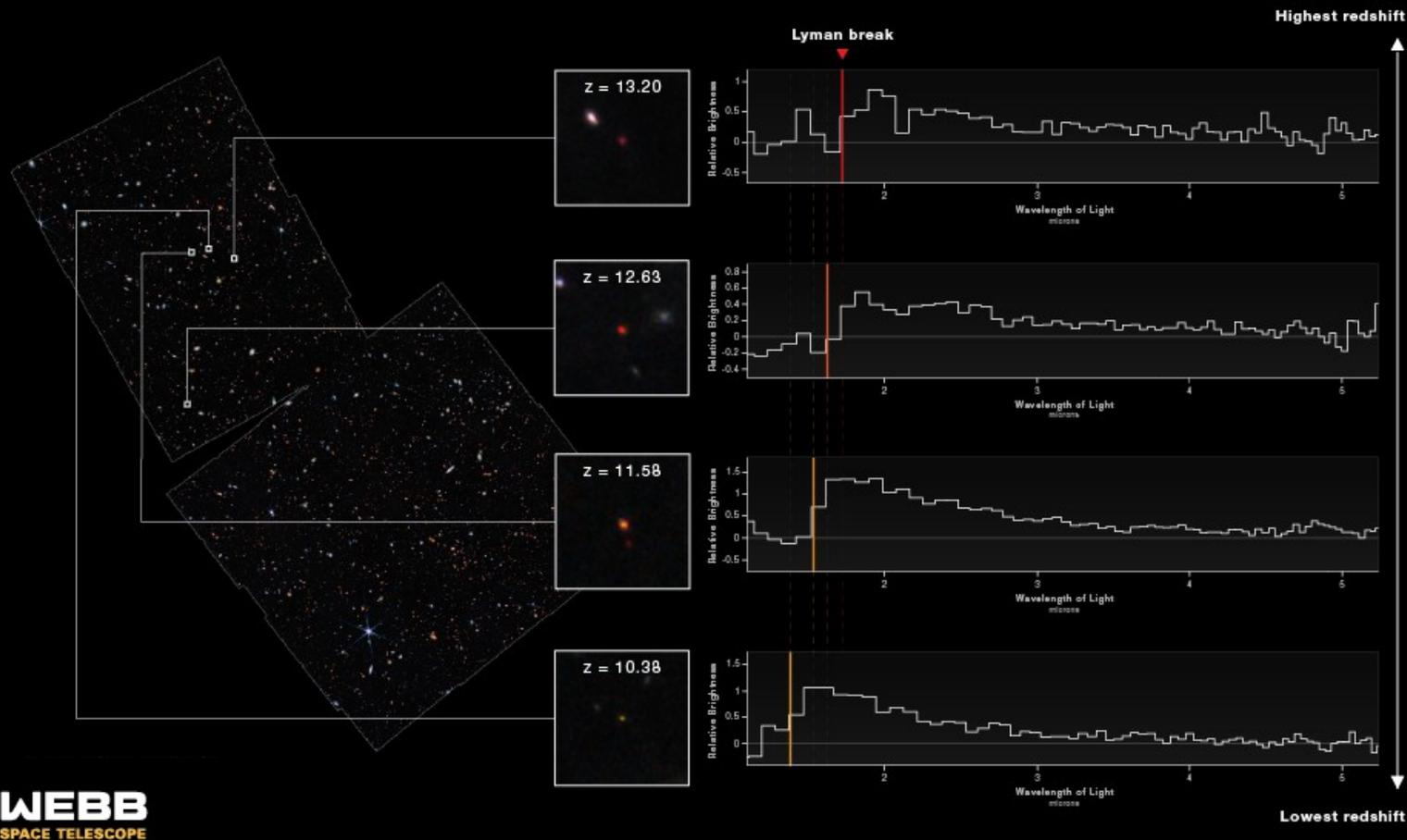




# WEBB SPECTRA REACH NEW MILESTONE IN REDSHIFT FRONTIER

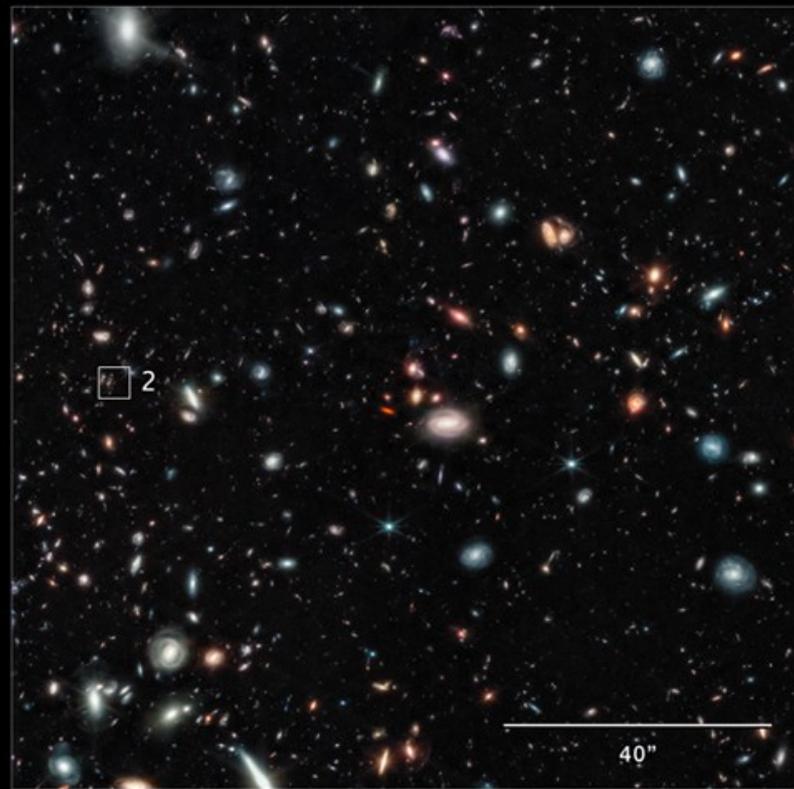
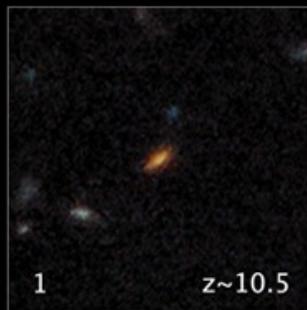
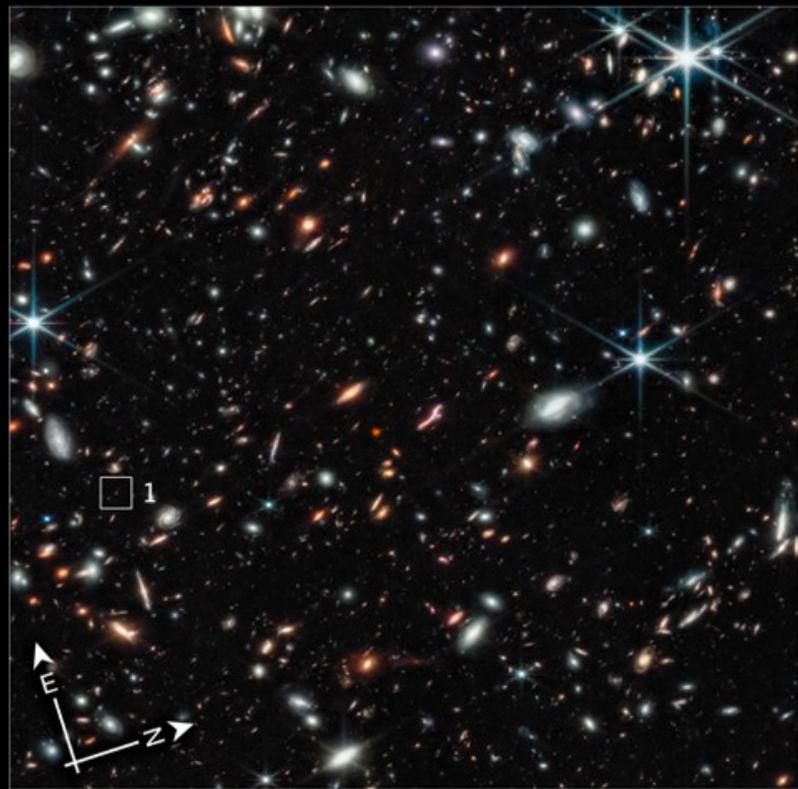
NIRCam Imaging

NIRSpec Microshutter Array Spectroscopy



JAMES WEBB SPACE TELESCOPE

# PANDORA'S CLUSTER | ABELL 2744



NIRCam Filters

F090W

F115W

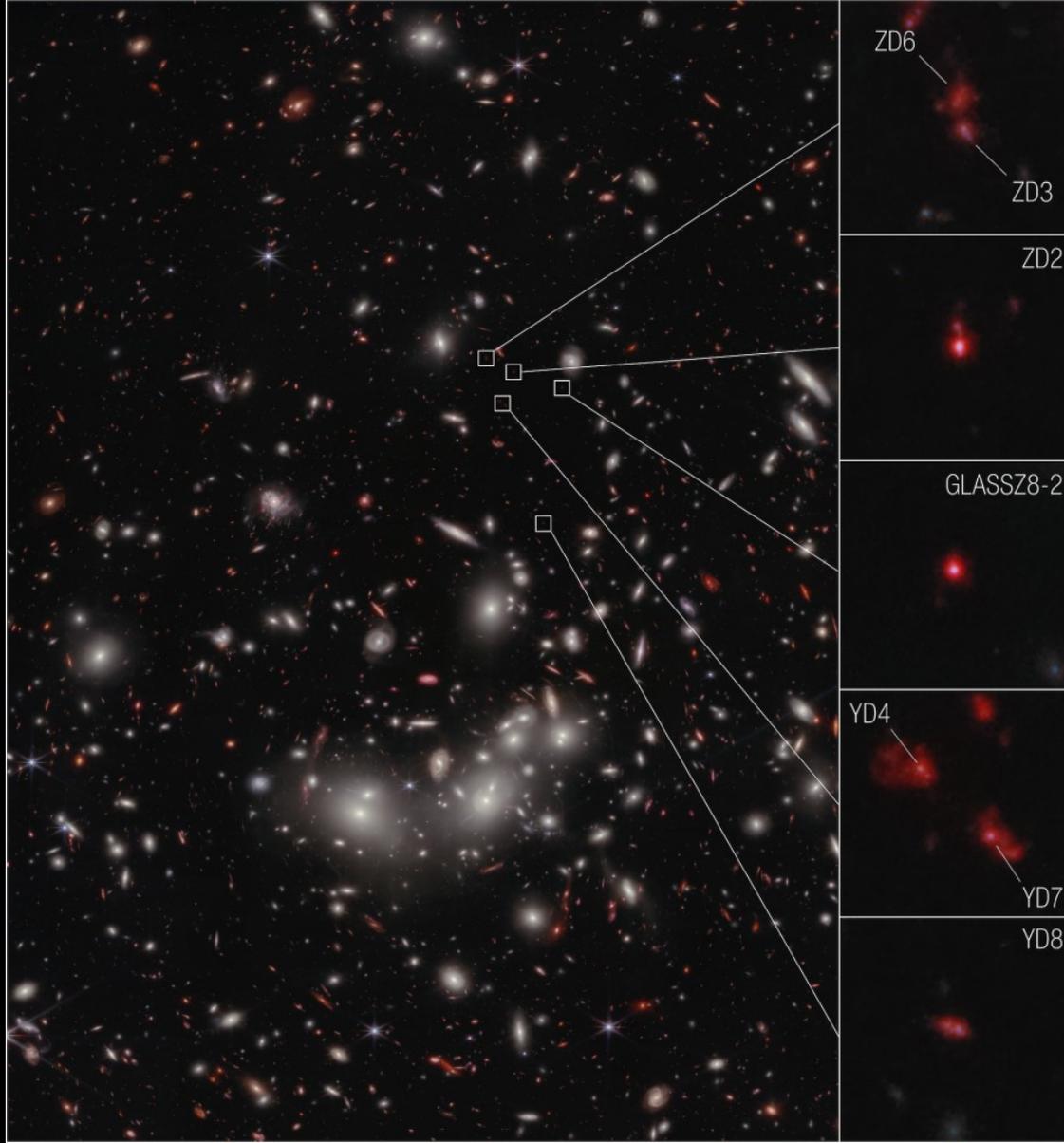
F150W

F200W

F277W

F356W

F444W



# Bibliografia

- Atlante nel Cosmo (National Geographic) - Gli ammassi di Galassie, 2019
- Viaggio nell'Universo FABBRI ed., "Il Big Bang" e "L'Universo in espansione", 2001
- Alberto Casas, "La Materia Oscura", RBA, 2015
- Steven Weinberg, "I primi tre minuti", 1994 Mondadori e De Agostini
- Stephen Hawking, "Dal big bang ai buchi neri. Breve storia del tempo", 1988, traduzione di L. Sosio, BUR, 2000
- B.W. Carrol, D.A. Ostlie, "An Introduction to Modern Astrophysics", ed. Pearson, 2003
- L. Ferretti, I.M. Gioia, G. Giovannini, "Merging processes in Galaxy Clusters", Kluwer Academic Publishers, 2002
- JWST first images: <https://www.nasa.gov/webbfirstimages>
- JWST first images: <https://webbtelescope.org/resource-gallery/images>
- Supernova Cosmology Project: <http://panisse.lbl.gov/>