

The background of the slide is a vibrant image of the Eagle Nebula, also known as the 'Pillars of Creation'. It features three prominent, towering columns of interstellar dust and gas, illuminated from behind by a bright orange-red light source, likely a young star. The columns are set against a dark, star-filled space. The overall color palette is dominated by deep blues, oranges, and reds.

I «Pilastrì della Creazione»
Eagle Nebula a 6500 Ly
Telescopio spaziale NASA JWST MIRI 2022

All'alba dell'Universo

Giorgio Sedmak
Rotary Alto Adriatico
22/03/2023

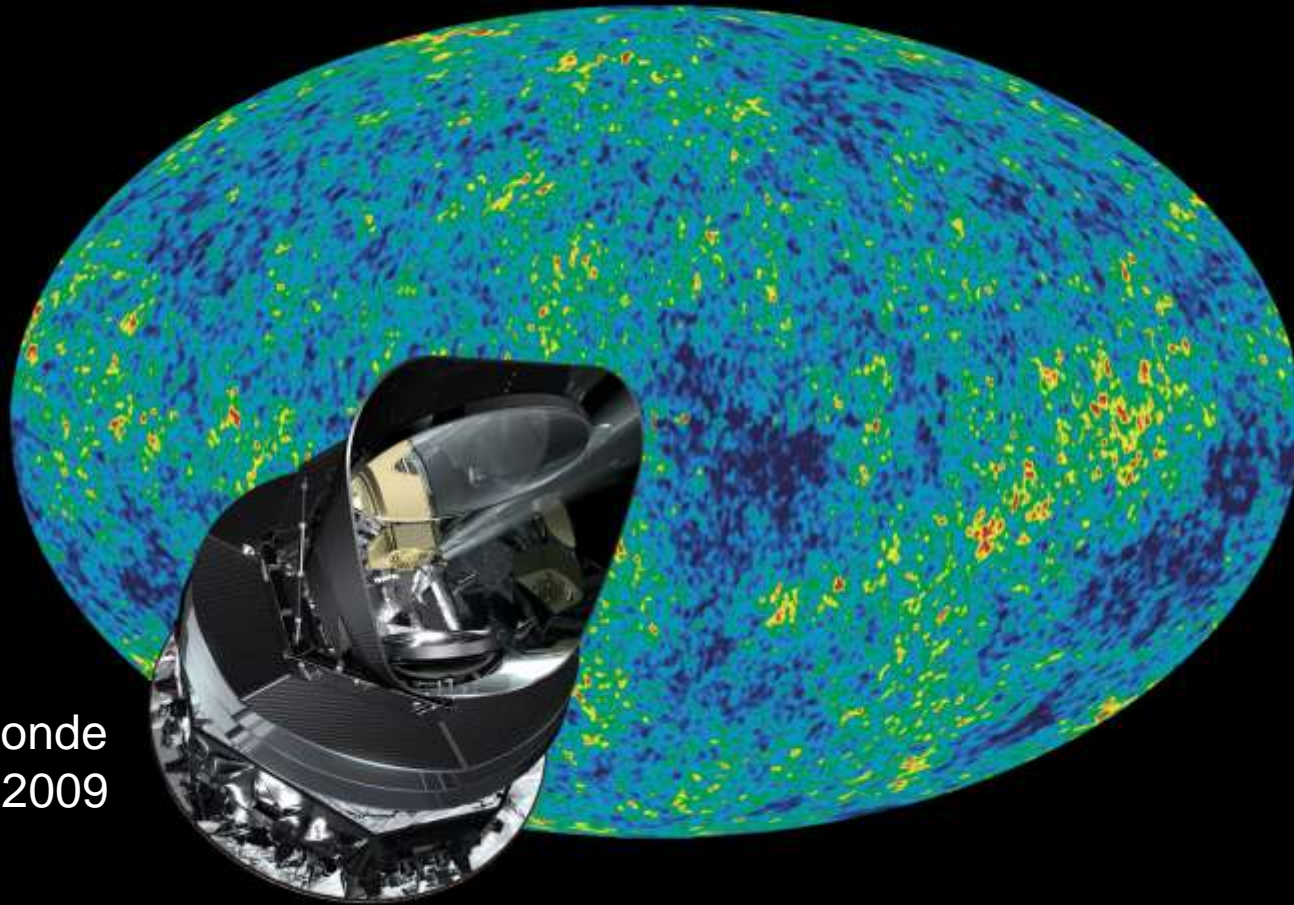
am

La prima luce dell'Universo

La radiazione di fondo (CMB) a $2.7 \text{ }^\circ\text{K}$ è emessa 380000 anni dopo il Big Bang

Le irregolarità di $1/100000$ di $^\circ\text{K}$ sono i semi delle future stelle e galassie

Osservazione microonde NASA WMAP 2003 e ESA Planck 2012



Telescopio spaziale microonde
ESA Planck 2009

Osserviamo le stelle e i pianeti



VLT / VST Very Large Telescope
ESO Cile Paranal 2001 / 2011
Apertura 4 x 8.2 m / 2.6 m
Banda visuale
Operativo dalla Terra

NASA 1990
HST Hubble Space Telescope
Apertura 2.4 m
Banda visuale – vicino infrarosso
Orbita 540 km dalla Terra



Osserviamo gli esopianeti

i radiotelescopi di sintesi

ESO Cile Chajnantor 2013
ALMA Radio Telescope
Antenne 66 x 12/7 m
Apertura 0.15/16 km
Banda submm/mm



Idrogeno primordiale e Protostelle

100 - 1000 milioni di anni dal Big Bang l'idrogeno primordiale si aggrega per gravità in regioni irregolari casuali. Densità e temperatura aumentano e a 13 – 15 milioni di °K si innesca la fusione nucleare di idrogeno in elio
Le prime protostelle illuminano l'Universo neonato

Osservazione

HST Deep Field (stelle e galassie)

ESO VLT MUSE (nubi di idrogeno)

Nasce una stella nella nube primordiale

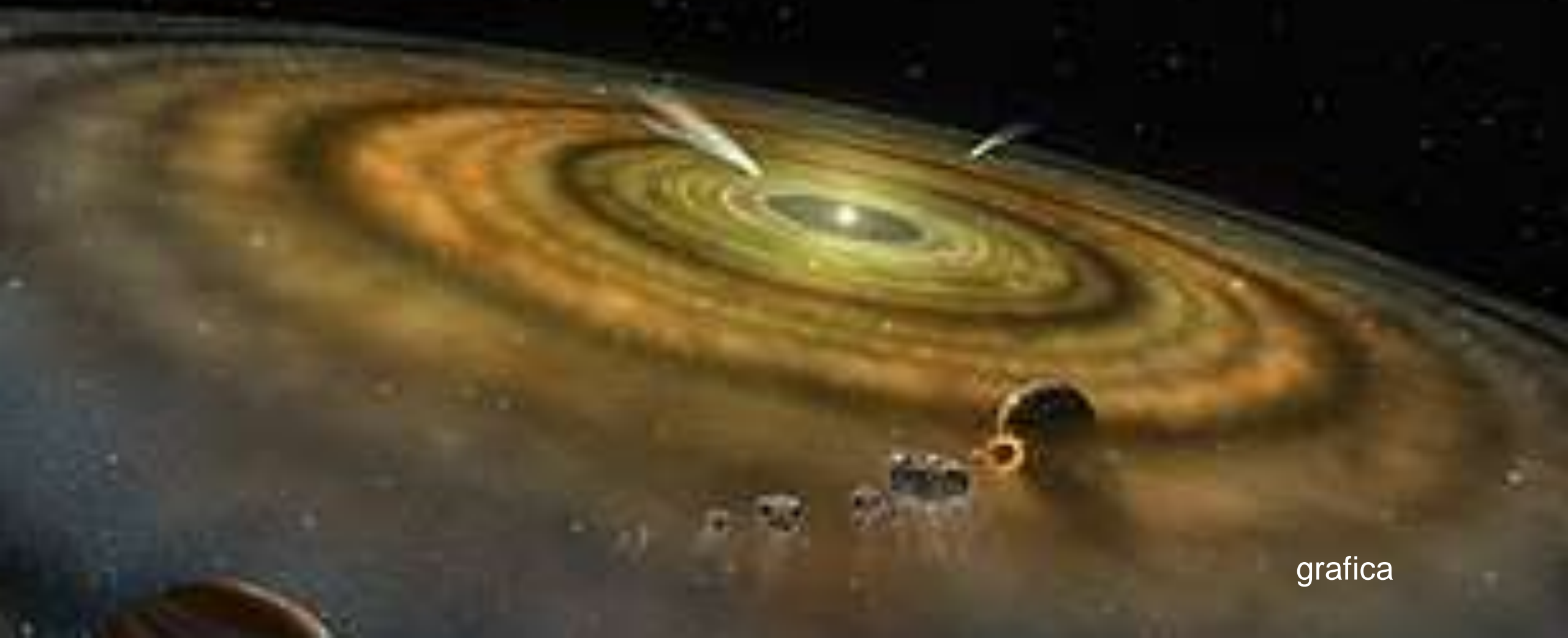
Formazione protostellare nella nebulosa oscura L1527

Telescopio NASA JWST NIRCам 2022

Età 100000 anni

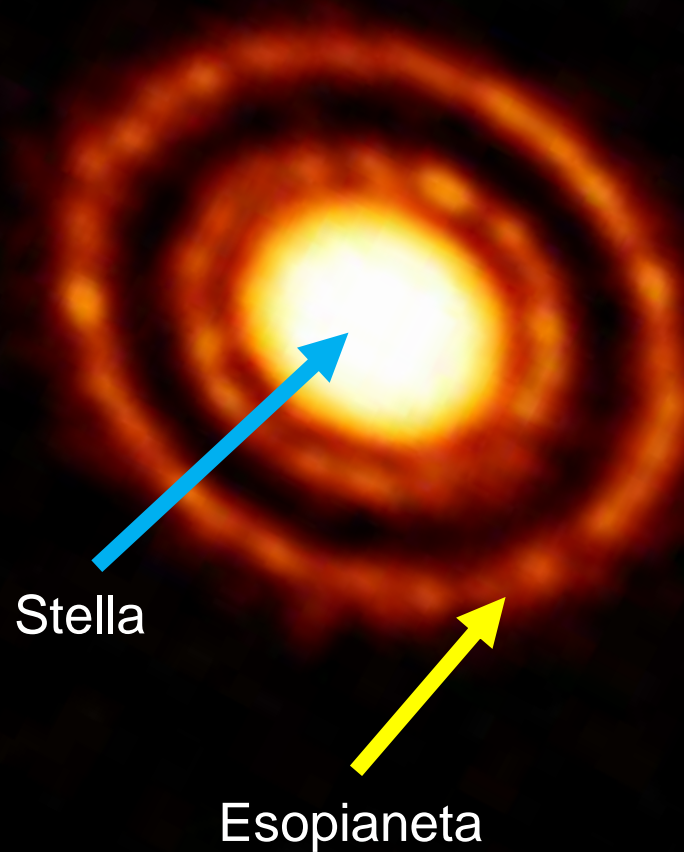


Dai dischi circumstellari di materia in collasso
nascono i sistemi planetari quale il nostro Sistema Solare



grafica

Esopianeti ed Esolune in formazione



Disco protoplanetario stellare

Esopianeti in formazione

Stella AS209

a 410 Ly nella Via Lattea

Osservazione ESO ALMA 2018

Disco circumplanetario

Esoluna in formazione

Esopianeta PDS 70c

a 400 Ly nella Via Lattea

Osservazione ESO ALMA 2021



Acqua liquida, Zona abitabile, Vita organica

Nella nostra galassia, 500 milioni di pianeti abitabili con acqua liquida



Terra
Il nostro pianeta
visto dallo spazio

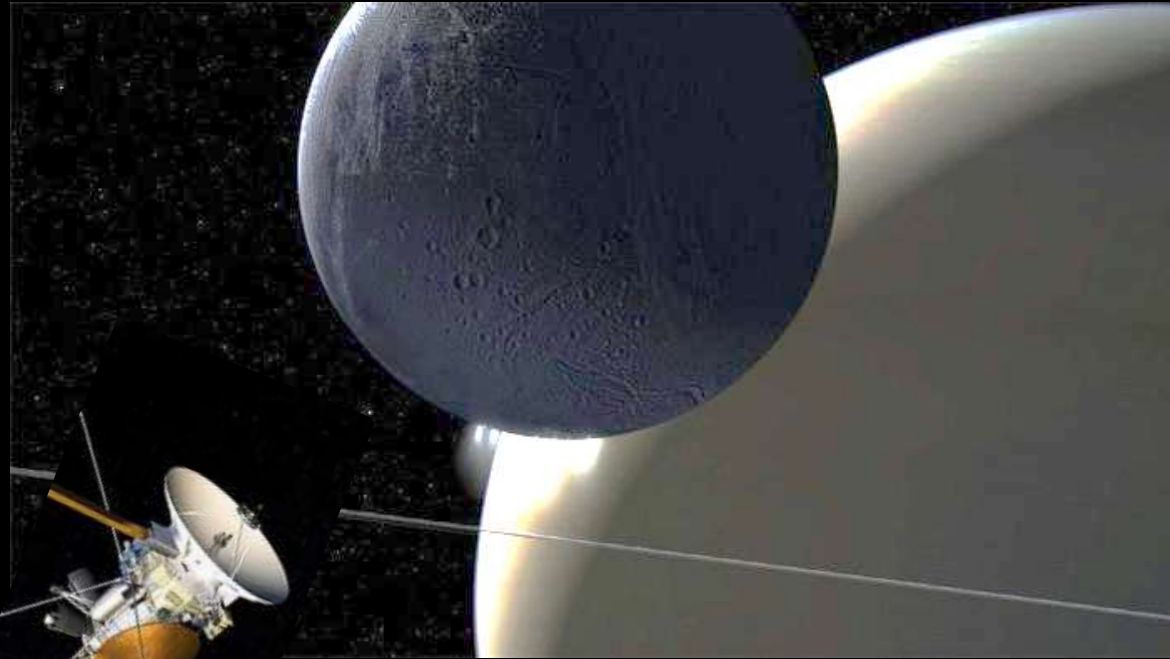


Stella TOI-1452 Distanza 100 Ly

Sonda
NASA TESS
2020

Esopianeta TOI-1452 b
completamente coperto d'acqua
NASA TESS 2022
grafica NASA

Acqua liquida fuori zona abitabile sotto il ghiaccio lune di pianeti ed esopianeti



Encelado, luna di Saturno, e i suoi geyser
Osservazione NASA ESA Cassini, 2005



Esoluna Kepler-1625b-i
Esopianeta Kepler-1625b
Distanza 8200 Ly
NASA Kepler 2017
grafica

Vita e morte delle stelle, fucine nucleari, in stelle di neutroni e buchi neri

Nascita

Protostella 2017HH 212
Età 40000 anni

Vita

Stella Sol
Età 4.52 Gy

Morte

La supernova SN1987A
massa 20 msol, età 10 My
espelle i suoi elementi pesanti

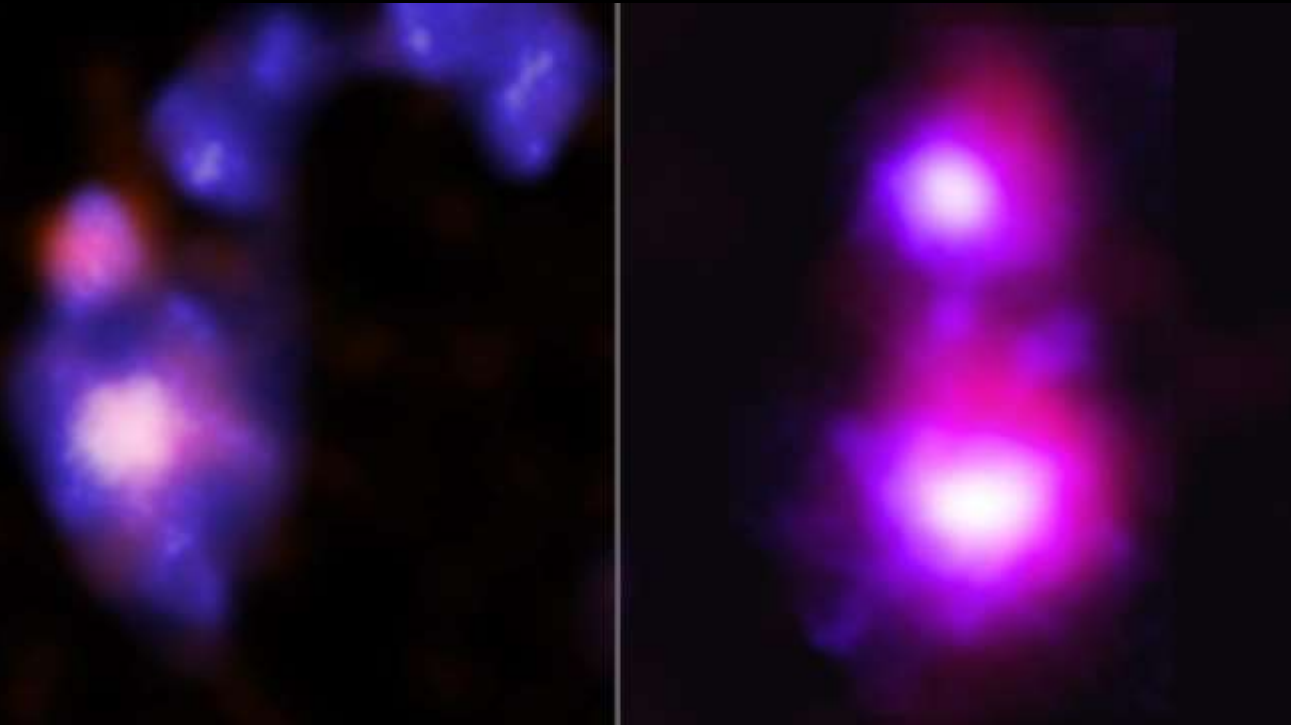
Osserviamo le stelle di neutroni

Pulsar Vela
in raggi X

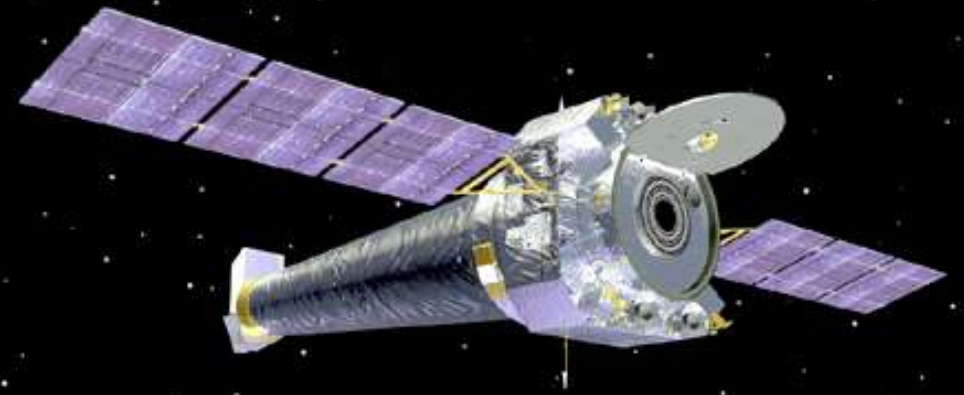
Pulsar Crab PSR B0531+21 a 6520 Ly in Toro
1.4 masse solari, 30 km diametro, 33 ms periodo



Osserviamo i buchi neri stellari con i telescopi spaziali X e Gamma ...



Due galassie nane in fusione in Abell 1758S e il sistema galattico binario in Abell 133, ospiti di coppie di buchi neri supermassicci, Chandra X 2023



NASA Chandra X-ray Observatory
Telescopio spaziale raggi X
AXAF 1999 Grafica NASA

... e con i rivelatori di onde gravitazionali



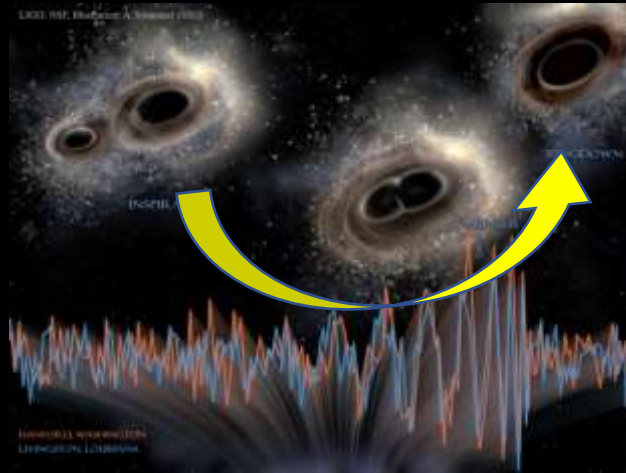
Interferometro laser LIGO
USA 2002
Hanford, Livingston
Lunghezza bracci 4 km

Interferometro VIRGO
Italia, 2003
Pisa
Lunghezza bracci 3 km

GW150914: la fusione di due buchi neri stellari

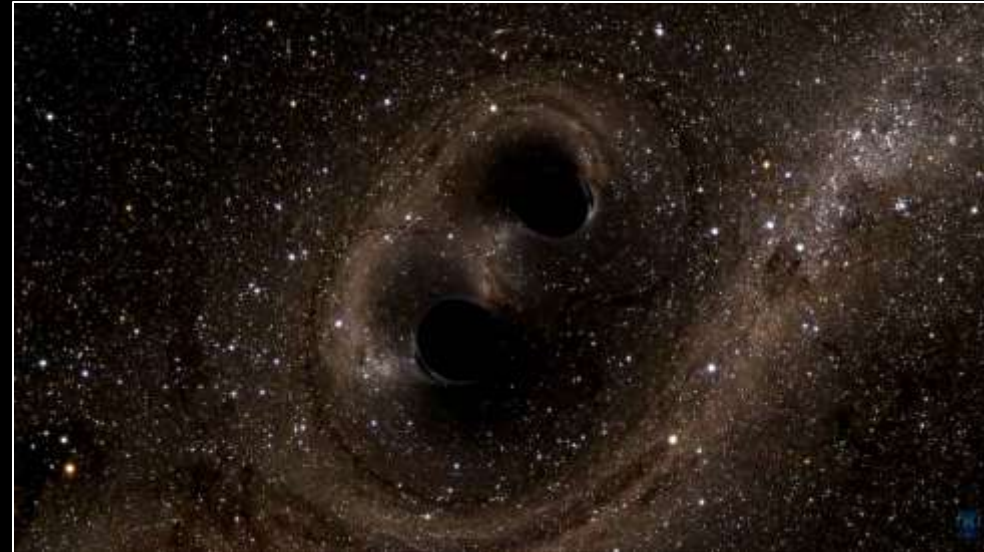
Collasso di due buchi neri di 35 e 30 M_{sol}

In uno di 62 M_{sol} + 3 M_{sol} di onde gravitazionali



onde gravitazionali

osservate



La fusione a tempo rallentato 1:100

La Galassia



Evento GW150914
Interferometri LIGO e VIRGO 2015

Osserviamo l'Universo profondo

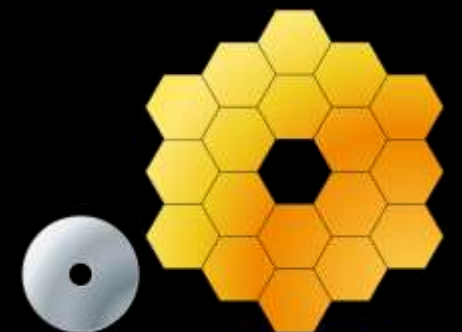
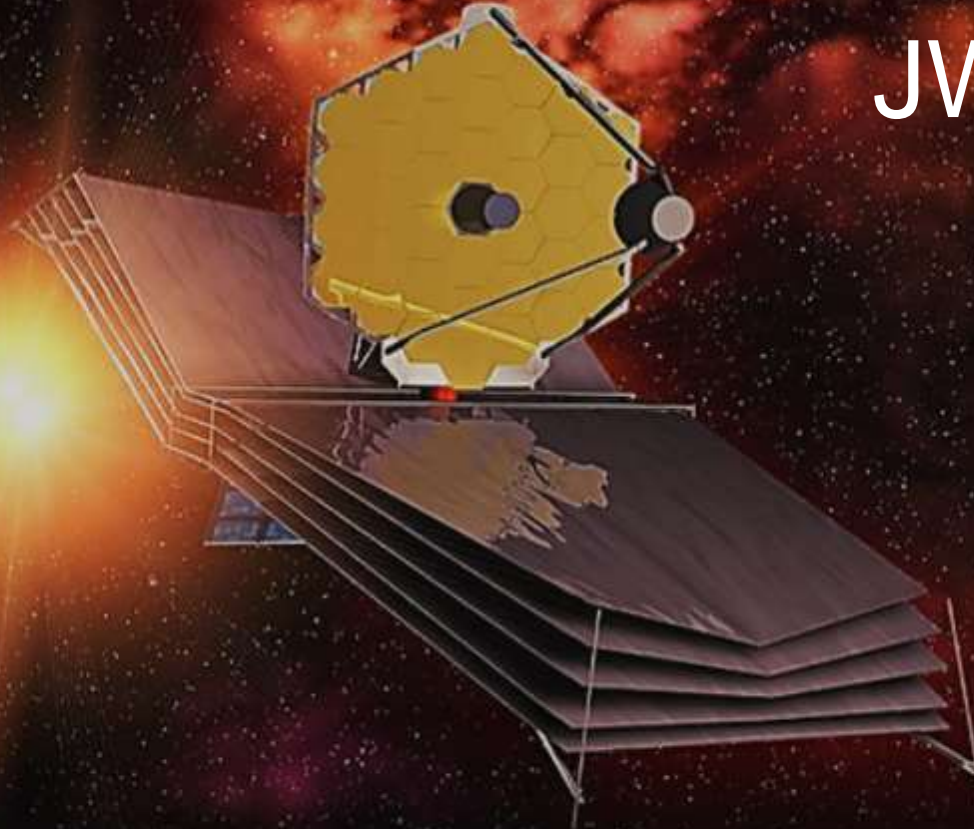
JWST Space Telescope

NASA ESA CSA 2021

Apertura 6.5 m

Banda Infrarosso

Orbita L2 a 1.5 Mkm dalla Terra

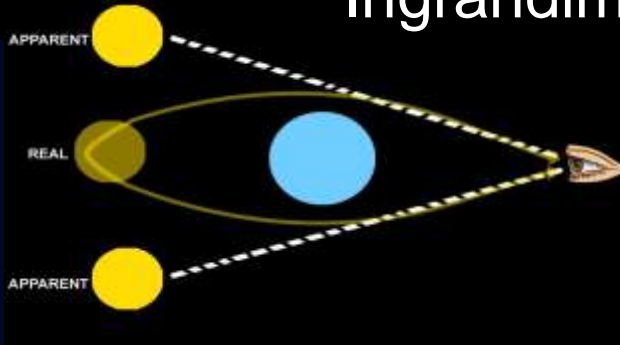


HST

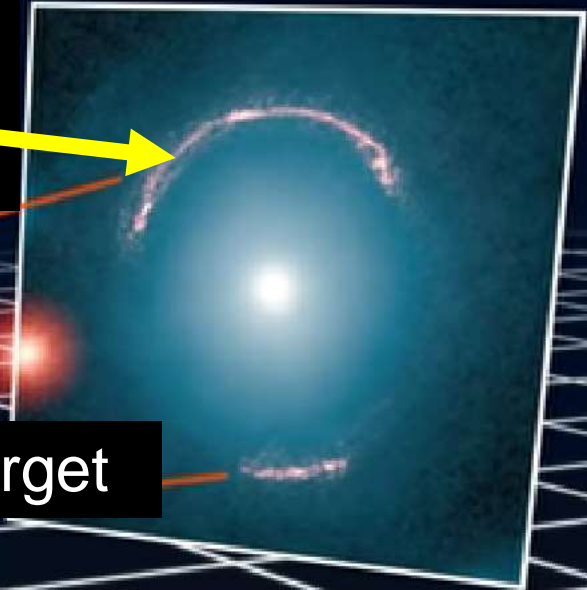
JWST

Lensing, la Lente Gravitazionale

Ingrandimento per curvatura relativistica dello spazio-tempo



Target
ingrandito
deformato



Target

Oggetto
massiccio
(Sole, Galassia,
Ammasso di
galassie)

Telescopio

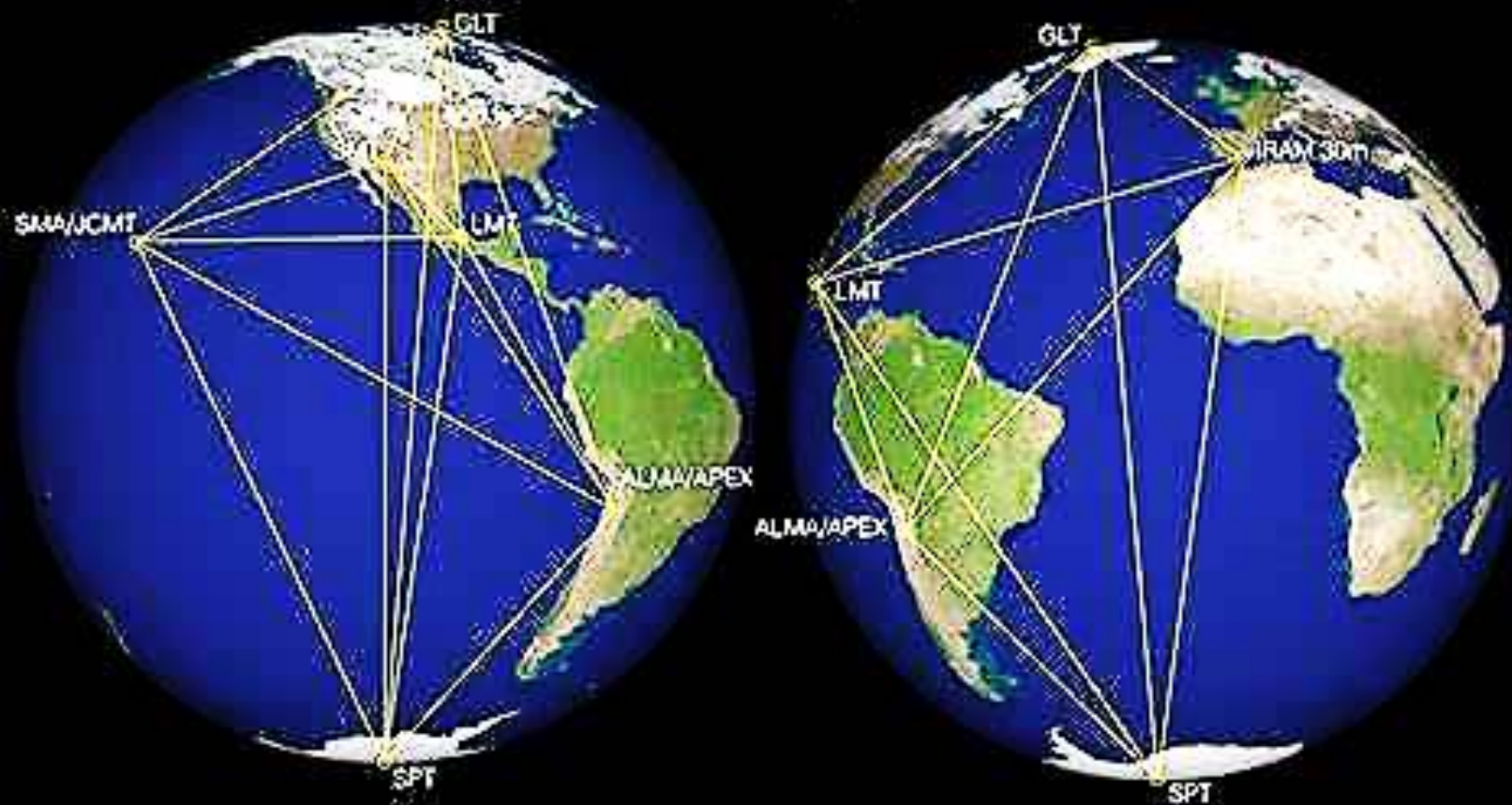
Looking
into the past

I radiotelescopi a sintesi intercontinentale

EHT 2009

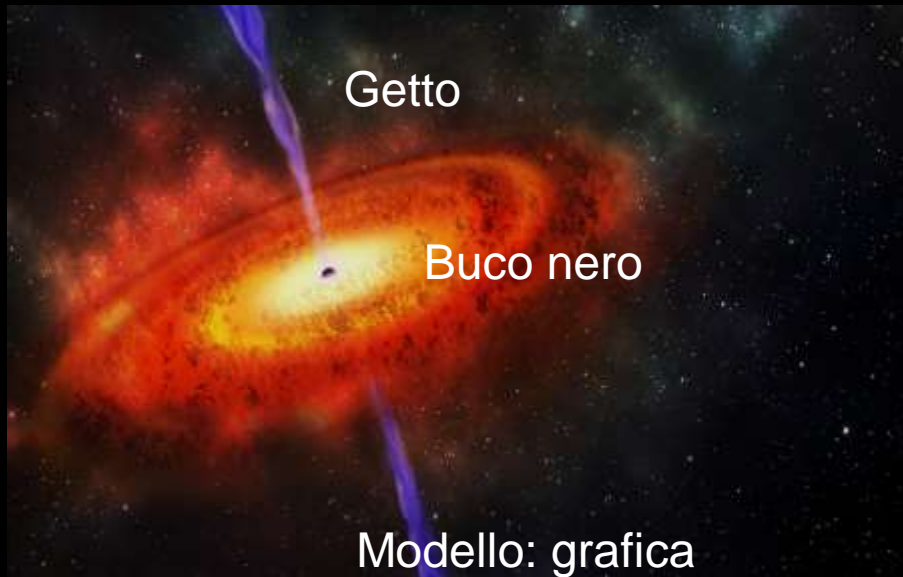


Event Horizon Telescope

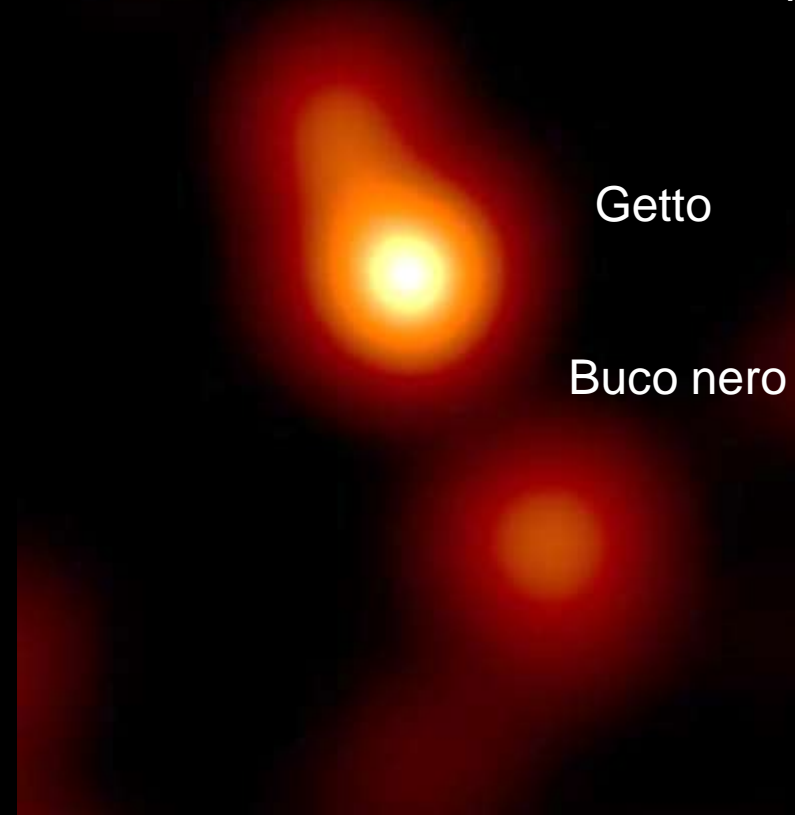


Quasars e Buchi Neri Primordiali

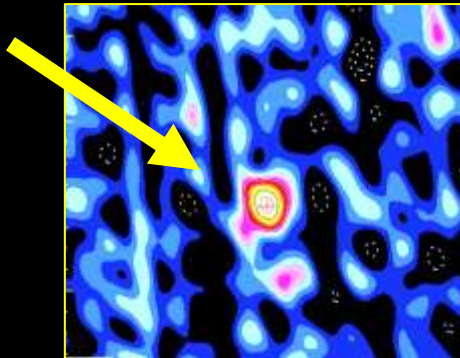
A 270–770 milioni di anni dal Big Bang, alla fine dell'Età Oscura dell'Universo,
prima delle prime stelle



I getti relativistici del quasar NRAO 530
a 7.5 miliardi di anni-luce
Massa buco nero 0.3 – 2.0 miliardi Msol
Osservazione: Telescopio EHT 2023

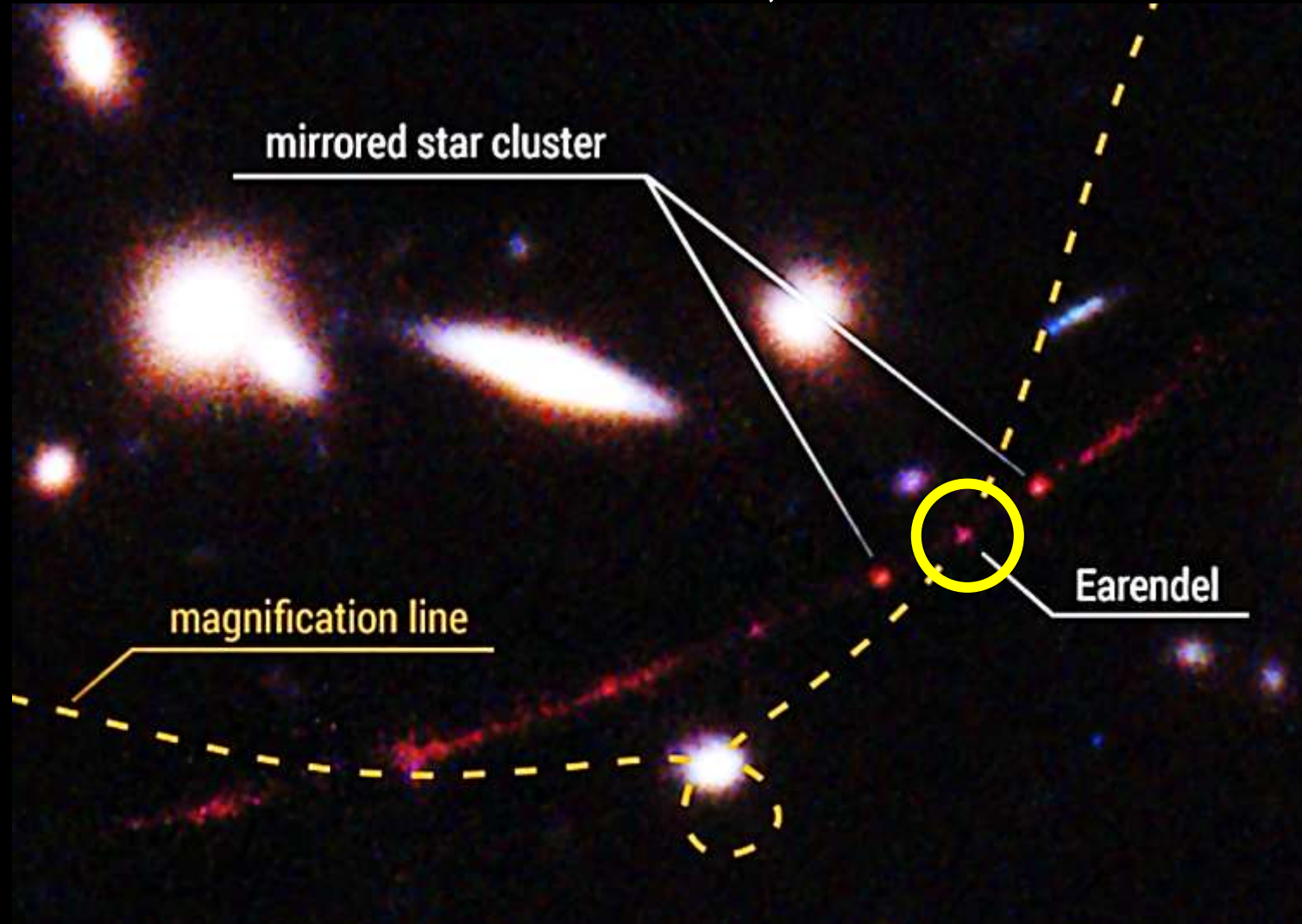


Osservazione: la galassia ospite del
quasar Ulas J134208.10+092838.61
Età 690 My
Massa buco nero 800 milioni msol
Luminosità 40mila miliardi Lsol



La stella più antica, 12.87 miliardi di anni fa

Earendel WHL0137-LS «Stella del Mattino», 900 My dal Big Bang, 99% H, He
Distanza 28 G Ly, Lensing x40000 da ammasso di galassie WHL0137-08
Osservazione HST, JWST 2022



Le stelle si aggregano in ammassi e, su scala crescente, in galassie

Ammasso stellare globulare 47 Tuc NGC104

Età 10 Gy, Distanza 13400 Ly, Dimensione 120 Ly, oltre 1 milione di stelle

Osservazione ESO VISTA 2013



La galassia più simile alla nostra

Andromeda M31 (NGC224)

Osservazione HST

1000 miliardi di stelle

Diametro 220000 Ly

Età 13 miliardi di anni

Distanza 2.54 M Ly

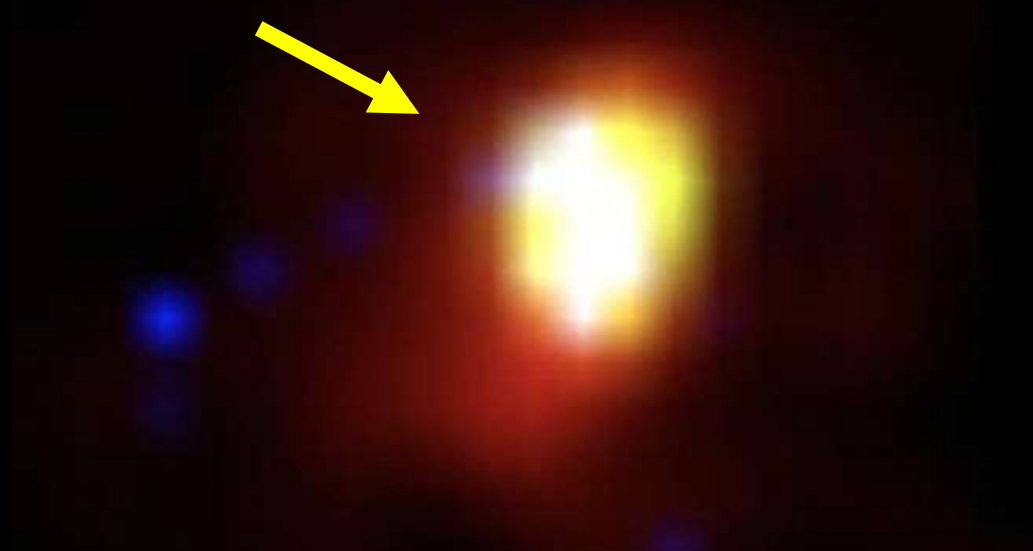


La galassia più antica, 13.55 miliardi di anni fa

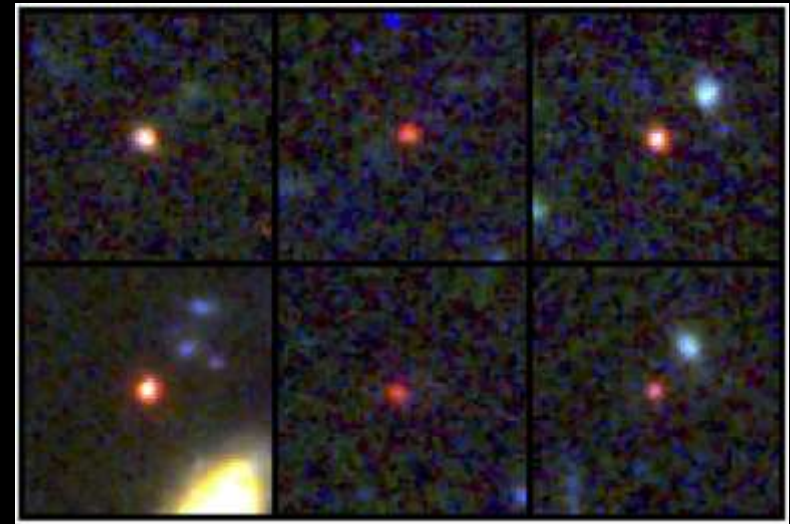
Galassia CEERS-93316, 236 My dal Big Bang, Distanza 34.7 GLy

Osservazioni NASA JWST Luglio 2022

Ogni galassia contiene 100 – 1000 miliardi di stelle



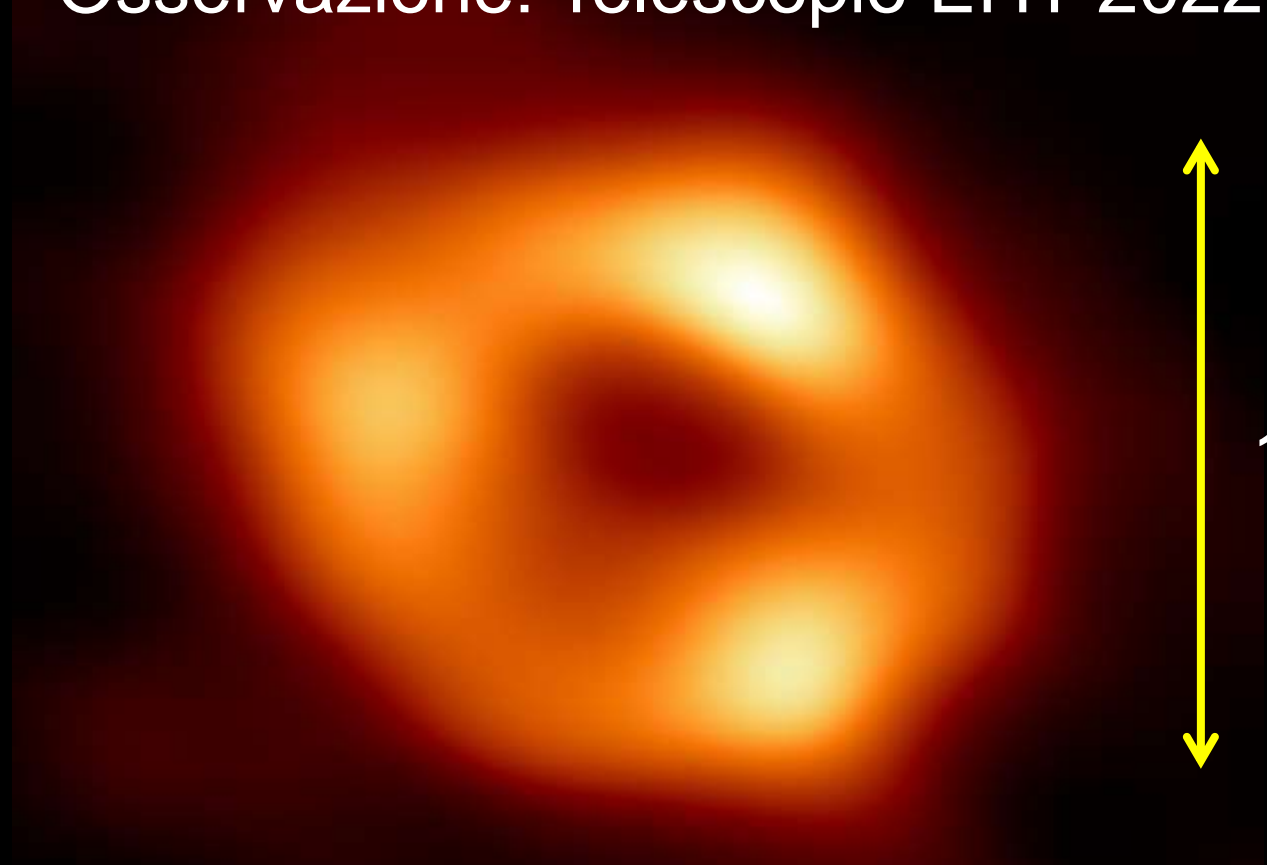
L'arrossamento Doppler (redshift $z = \Delta\lambda/\lambda$) è proporzionale alla distanza perché l'espansione dell'Universo aumenta la velocità di allontanamento relativo degli oggetti astronomici



Galassie nane ma massicce !!!
«impossibili» di 300 – 700 My
Telescopio NASA JWST 2023

La materia al centro delle galassie collassa in un buco nero supergigante

Osservazione: Telescopio EHT 2022



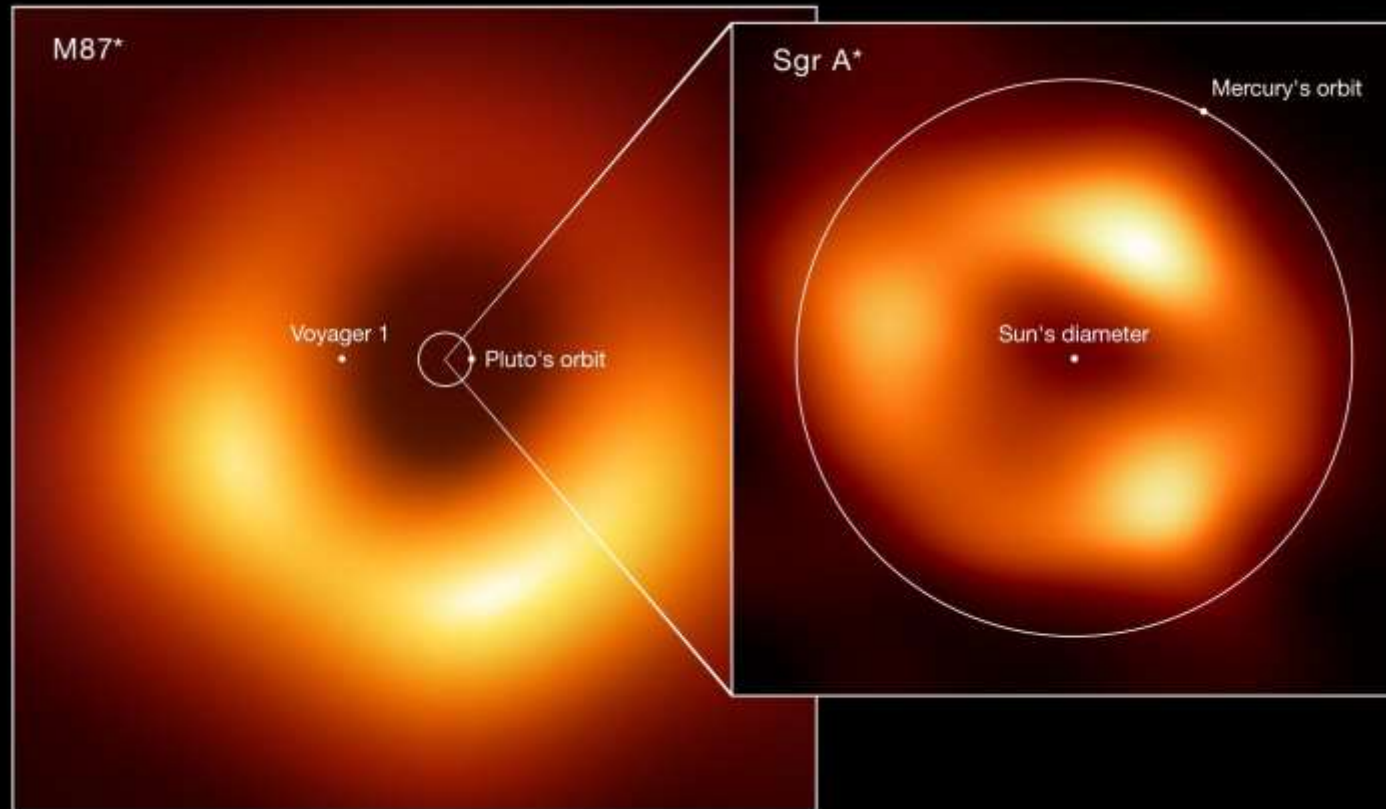
17 ore-luce

Il Buco Nero Sagittarius A* al centro della nostra Galassia

Massa 4.1 milioni Msol a 27000 Ly

Il buco nero supergigante di 6.6 miliardi Msol in M87 a 55 Mly comparato con Sagittarius A*

M87



Sgr A*

Telescopio EHT 2019. 2021,2022

La galassie si aggregano in ammassi

Ammasso di galassie IDCS J1426.5+3508

Osservazione HST Keck Spitzer Chandra 2017

Massa 500000 miliardi di msol

Dimensioni 6.5 – 16.5 M Ly

90% materia oscura



- ... e gli ammassi di galassie in superammassi
 - Insieme, costituiscono l'Universo
 - 2000 miliardi di galassie

- Superammasso Hyperion

Età -11.77 miliardi di anni, 2 Gy dal Big Bang

Massa 4.8 milioni di miliardi di m_{sol}

Dimensioni 489 M Ly

Osservazione ESO VLT 2018

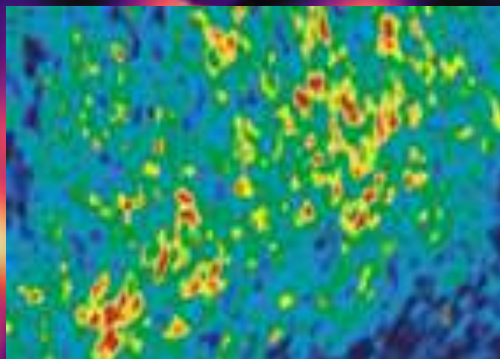
La materia visibile: solo il 5% dell'Universo

Materia oscura: 27% dell'Universo, osservata gravitazionalmente

Energia oscura: 68% dell'Universo, dedotta dall'accelerazione dell'espansione cosmica

Possibilmente causate dai buchi neri ?

La radiazione di fondo a
2.7 °K 380000 anni
dopo il Big Bang



Telescopio ESO VST Survey KIDS 2016
Materia oscura (colore rosa) rilevata con
microlensing gravitazionale su 3 milioni
di galassie su 6 miliardi di anni-luce
a 13.77 miliardi di anni dal Big Bang

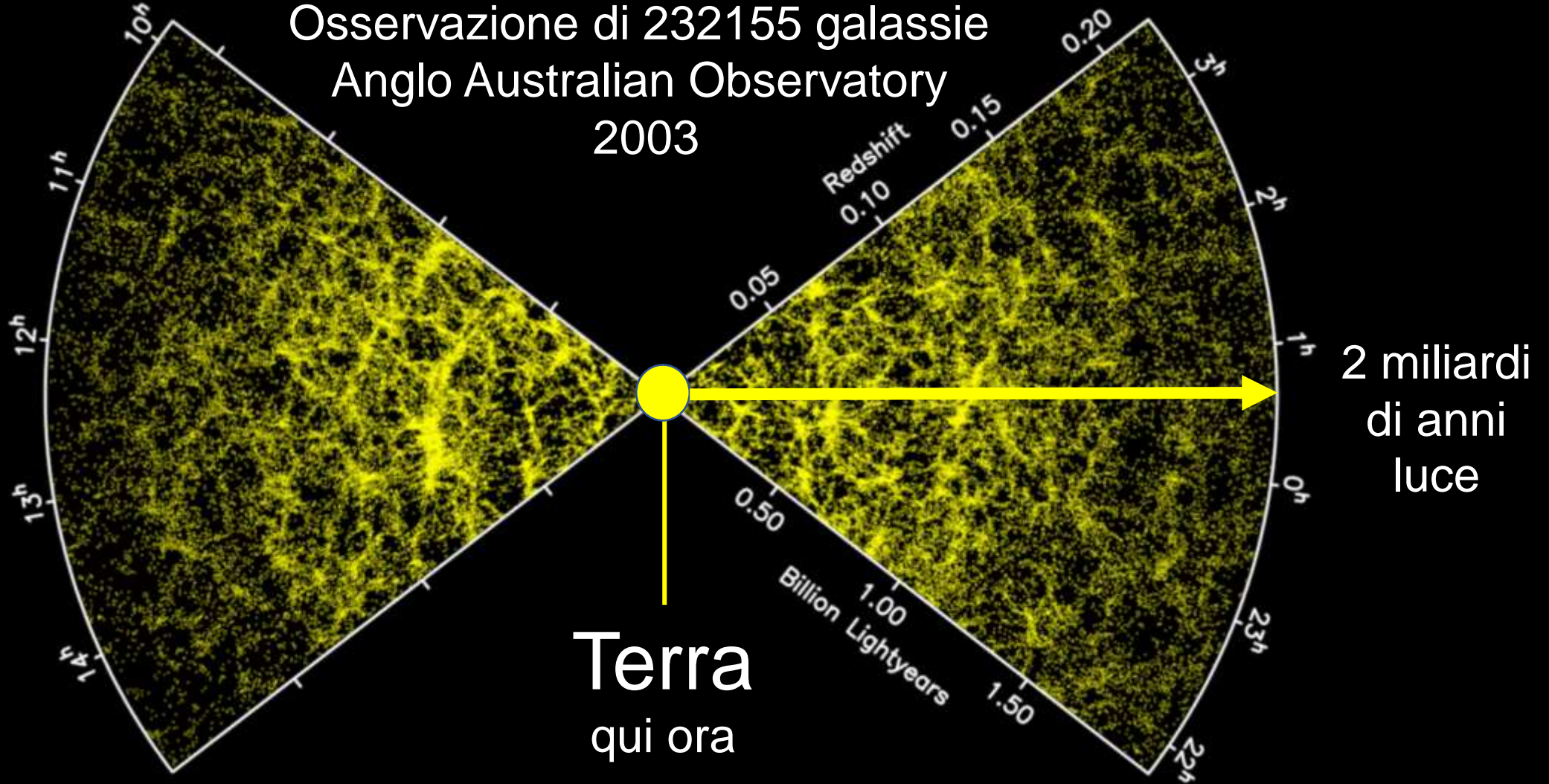
La struttura 2D dell'Universo a grande scala

2dF GRS Galaxy Redshift Survey, Dimensioni survey 4 GLy

Osservazione di 232155 galassie

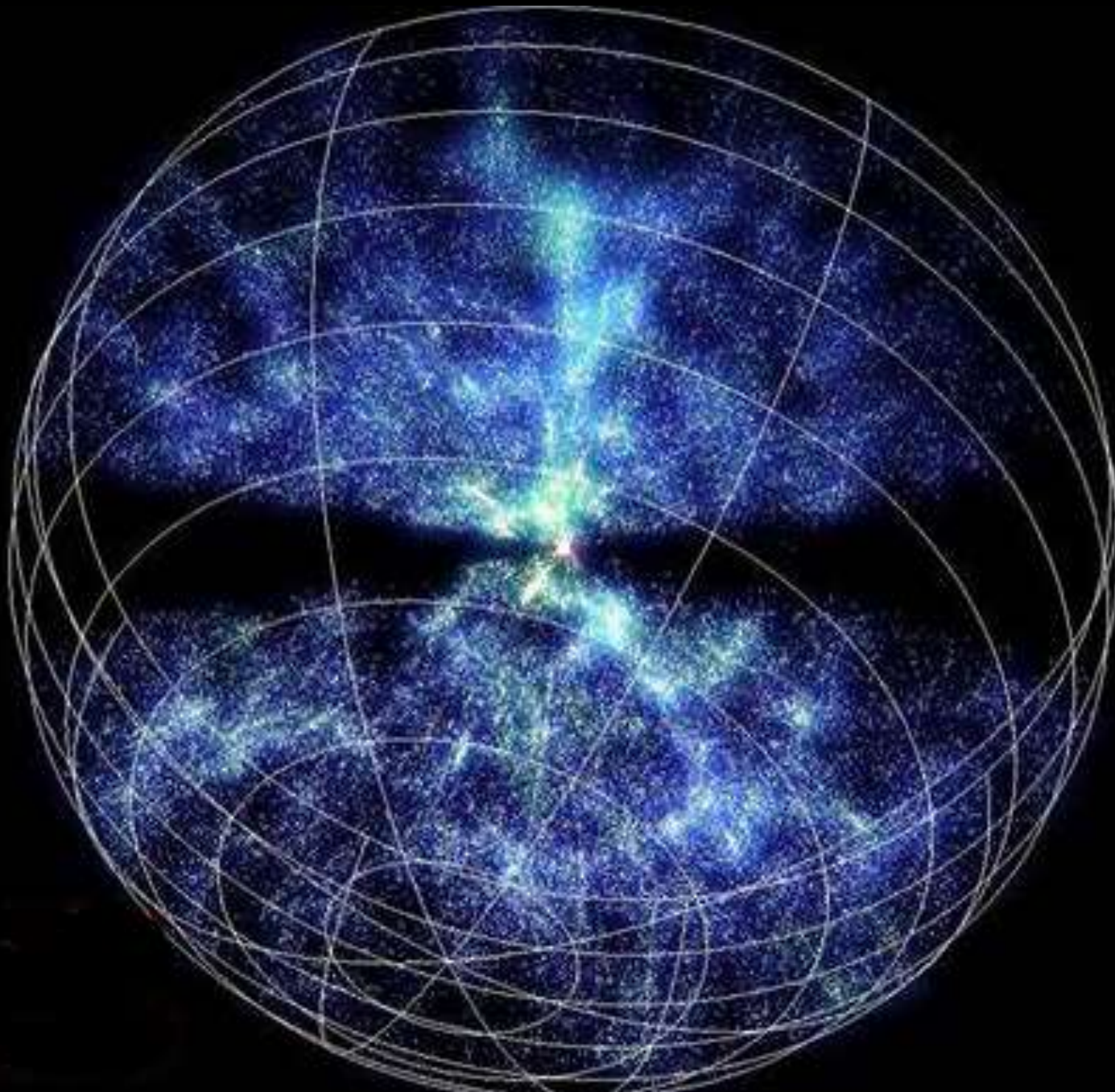
Anglo Australian Observatory

2003



Terra
qui ora

2 miliardi
di anni
luce



La struttura 3D dell'Universo a grande scala

Dimensioni survey 1.3 GLy
6dF GS Galaxy Redshift Survey
Osservazione di 125071 galassie
Anglo Australian Observatory
2001 – 2009

Qualsiasi osservatore risulta al
centro apparente della struttura

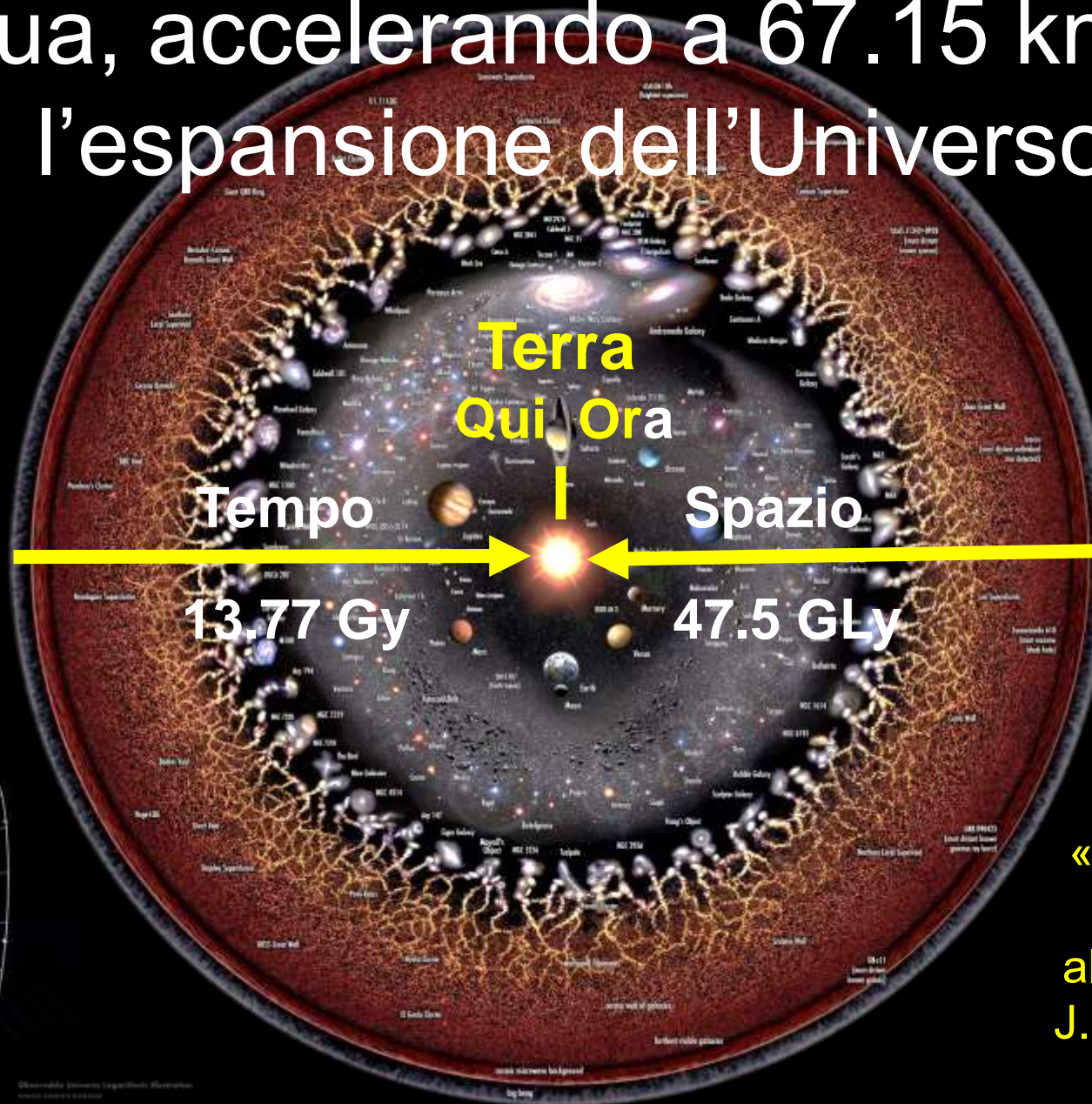
Oggi, la formazione di stelle e galassie continua ...

Nascita ed evoluzione stellare in 30 Doradus
Telescopio NASA JWST 2022



... e continua, accelerando a 67.15 km/s per Mpc,
l'espansione dell'Universo

Big Bang
Tempo 0



Big Bang
Spazio 0

Il Prima e il Dopo ?
«Non ne abbiamo la più
pallida idea. Guida
all'Universo sconosciuto»
J.Cham, D.Whiteson 2019

Grafica

Observatory Science Department Illustration
www.nasa.gov

big bang