

# **Archeologia dell'Universo: dal presente al Big Bang attraverso le immagini dei piu' potenti telescopi**

**Accademia dei Lincei**

Francesca Matteucci, 8 novembre 2024



# La Via Lattea prima di Galileo

## Varie teorie

- Il latte perso da Giunone mentre allattava Ercole (Grecia)
- La strada per Roma (i primi cristiani)
- Il grano seminato da Iside (Egitto)
- Un grande fiume (Arabia)
- Polvere di stelle fatta di oro (Incas)



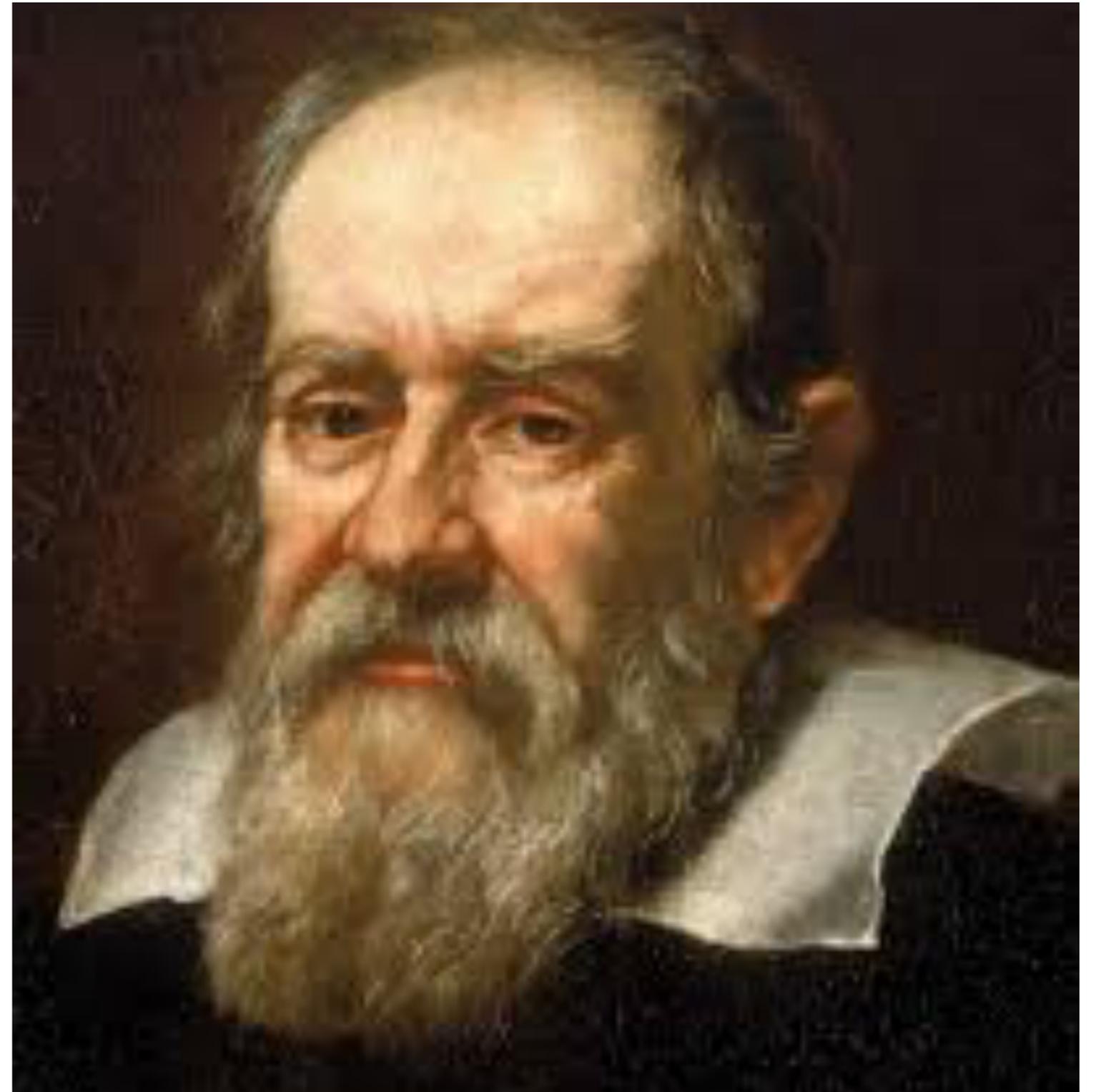
# **La Via Lattea da Galileo in poi**

**In 1610 Galileo scopri che la Via Lattea e' fatta da una miriade di stelle " nihil aliud quam innumerarum stellarum coecervatim consitarum congeries". (Sidereus Nuncius)**

**Wright e Kant e l'intuizione degli Universi isola (XVIII secolo)**

**Herschel, alla fine del XVIII secolo: la Via Lattea (Galassia) è costituita da stelle che si trovano in un disco e il Sole si trova al centro**

**Hubble nel XX secolo: la visione moderna della Galassia: un disco fatto di stelle e il Sole non piu' al centro**



# **Hubble, Lemaitre e l'Universo in espansione**

**Edwin Hubble nel 1929**

**Hubble misuro' con precisione le distanze degli oggetti che venivano chiamati "nebulae" e capi' che erano lontani e non potevano appartenere alla nostra Galassia**

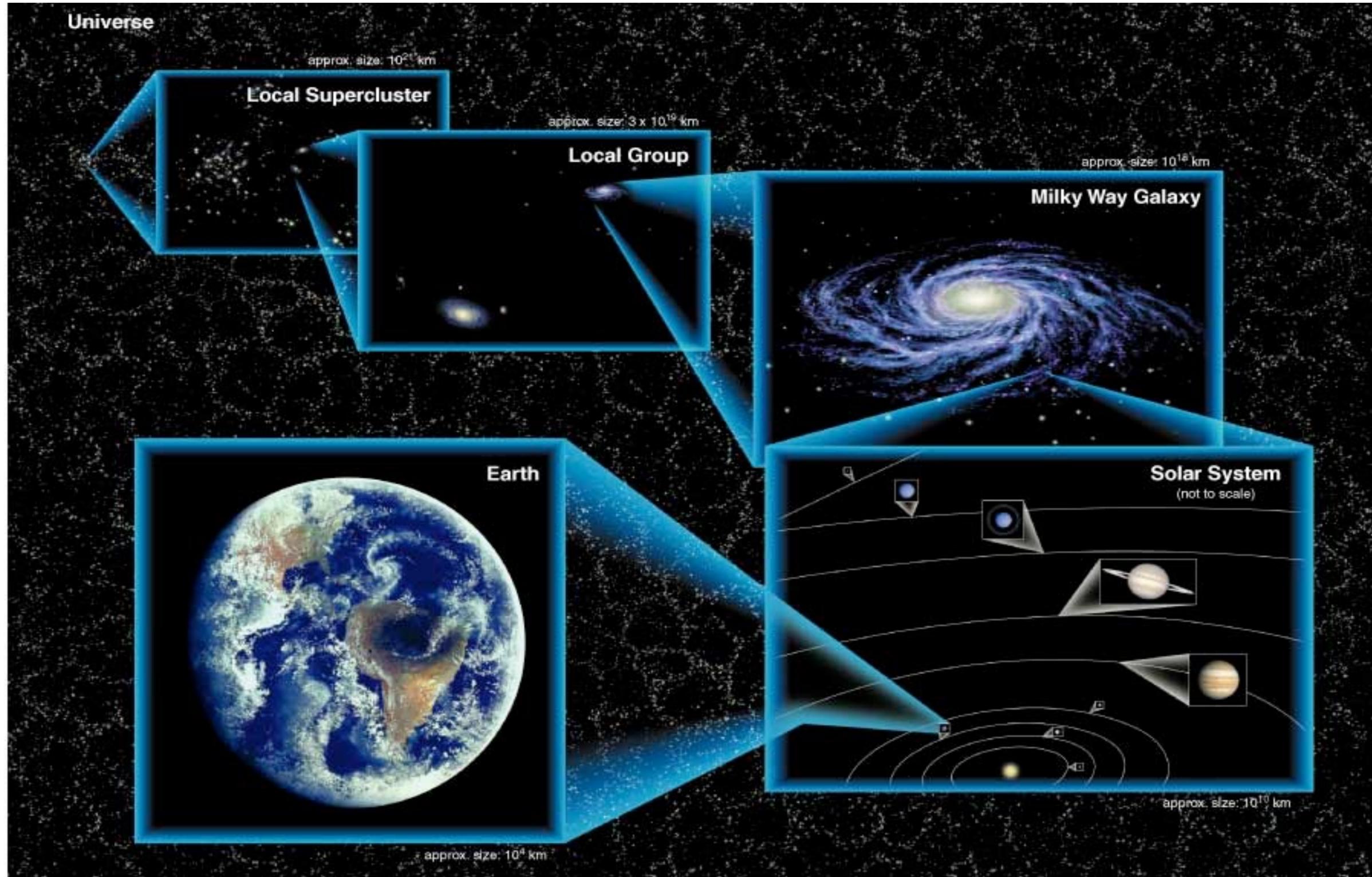
**Misuro' anche la velocità con cui tali oggetti si allontanano da noi che e' proporzionale alla loro distanza**

**Fu cosi' che nacque la teoria del Big Bang e dell'universo in espansione**

**Due anni prima, Pierre Lemaitre aveva intuito tutto cio' ma pubblico' la sua teoria in un' oscura rivista belga, in francese**



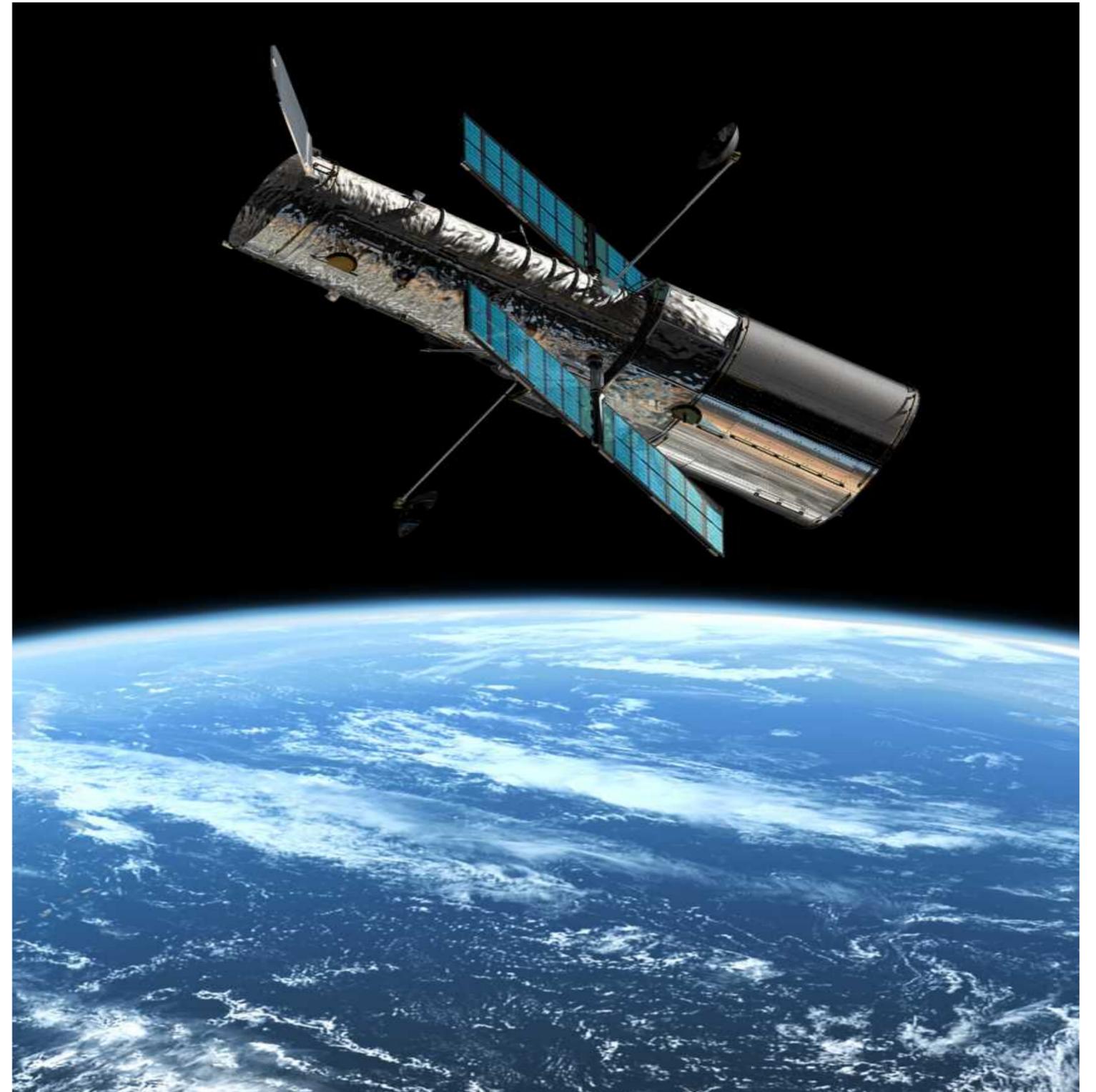
# Dove siamo nell' Universo?



# I telescopi del presente

## Hubble Space Telescope

- Lanciato in orbita nel 1990 e' ancora attivo. Primo telescopio ottico ad orbitare al di fuori dell'atmosfera terrestre
- Orbita a circa 500 km dalla Terra e impiega circa 90 minuti per fare un giro completo attorno al nostro pianeta. Ha uno specchio di 2,40 metri di diametro
- E' responsabile delle maggiori scoperte scientifiche degli ultimi 30 anni



# I telescopi del presente

## Very Large Telescope (VLT)

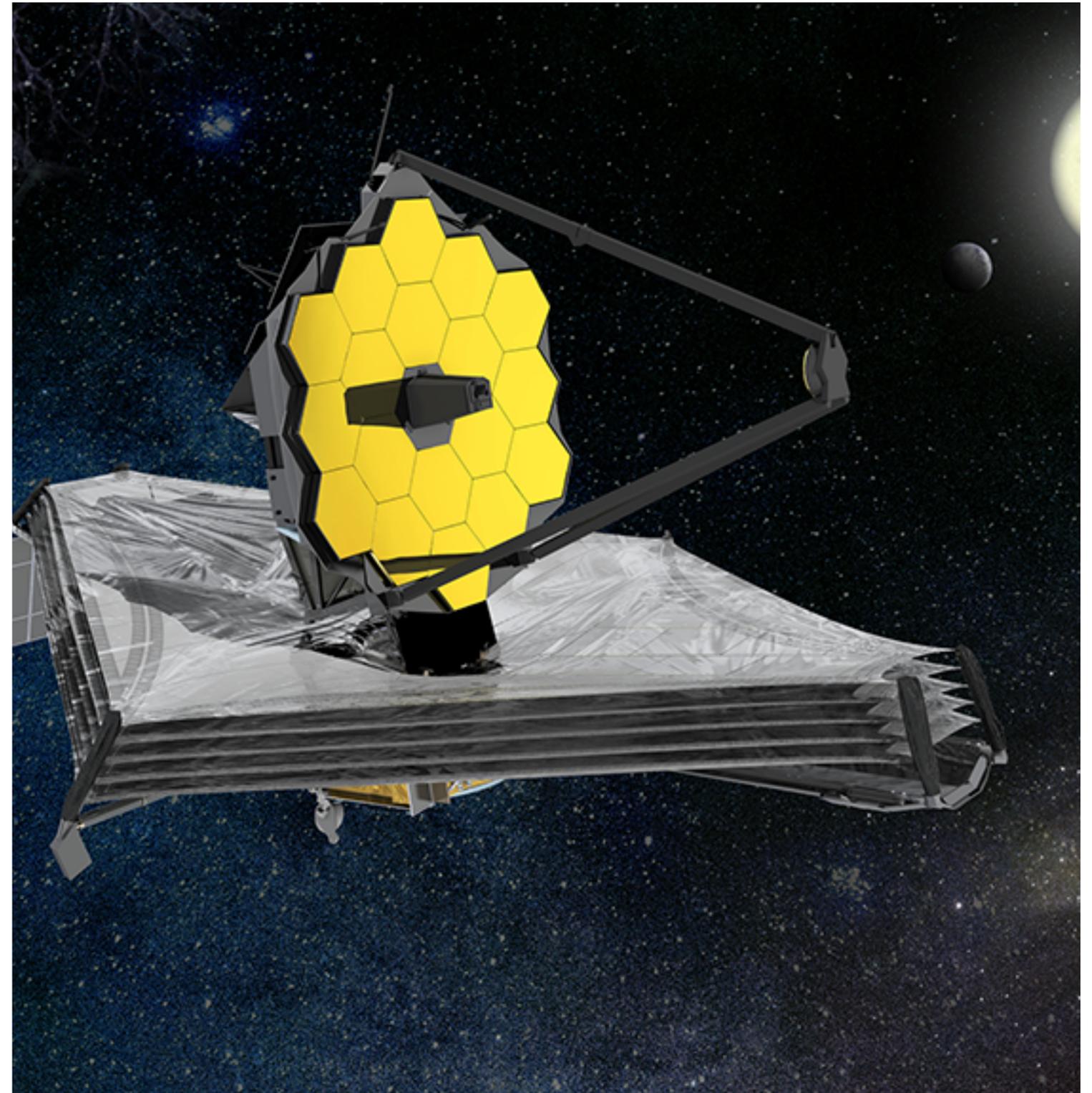
- Il VLT si trova sulla Terra, in Cile, nel deserto di Atacama
- Consta di 4 telescopi con uno specchio di 8 metri di diametro
- Con essi, come con Hubble Space Telescope, si sono ottenute immagini di oggetti lontani miliardi di anni luce!



# I telescopi del presente

## JWST

- James Webb Space Telescope e' un telescopio spaziale, figlio di Hubble Space Telescope. Lanciato il 25 dicembre 2021
- Orbita a 1.500.000 km dalla Terra ed ha uno specchio di diametro di 6,4 metri
- Osserva la luce ottica ma anche rossa ed infrarossa e vede molto indietro nel tempo, in particolare le prime stelle e e prime galassie



# Galassie

## Galassie a spirale: la Via Lattea



# Le galassie. La sequenza di Hubble

## Ellittiche, Spirali ed Irregolari

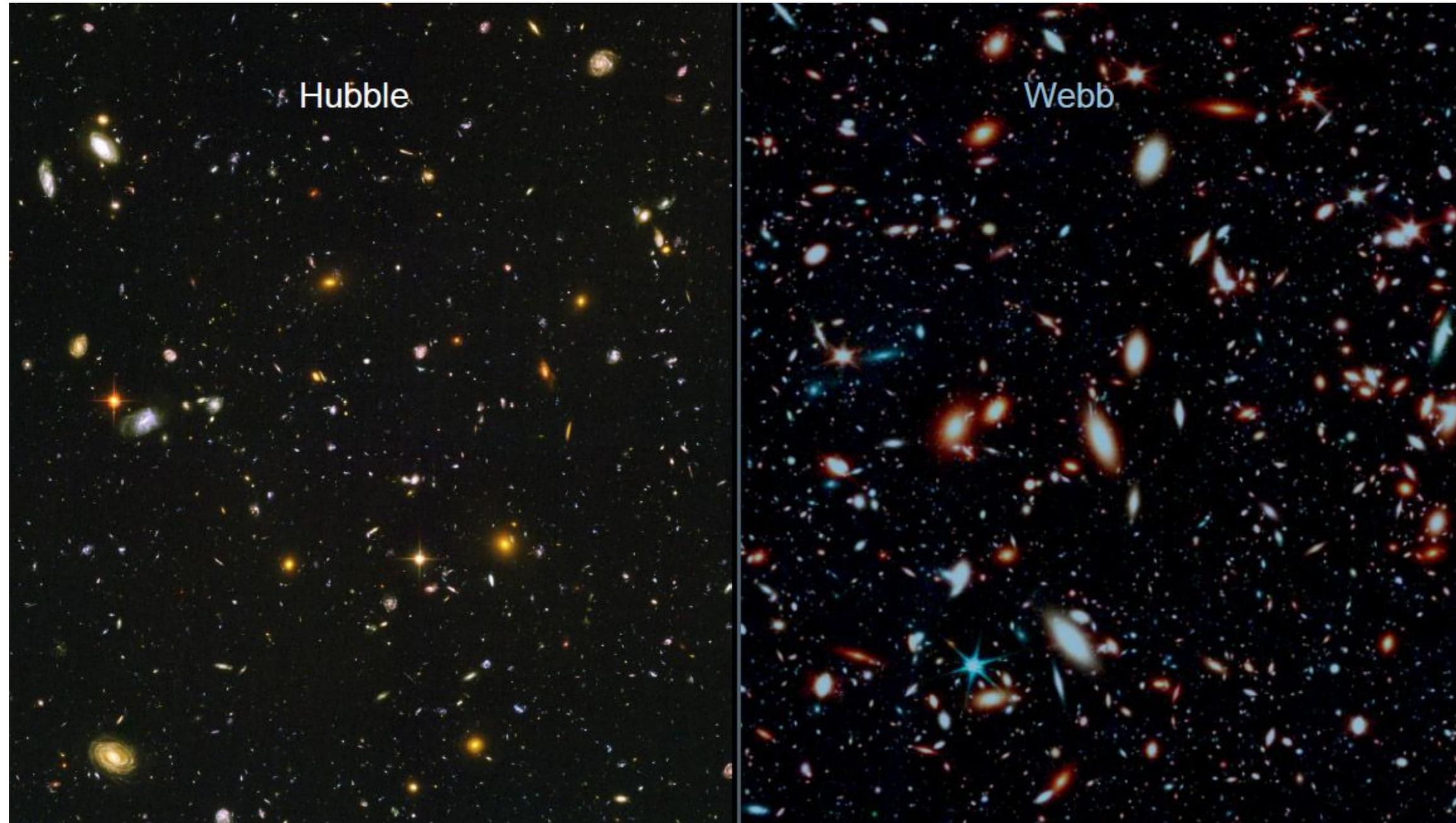


37 © Anglo-Australian Observatory  
photo by David Malin

© Anglo-Australian Observatory

# L'Universo visto da James Webb Space Telescope

Confronto con lo stesso campo di cielo visto da Hubble Space Telescope



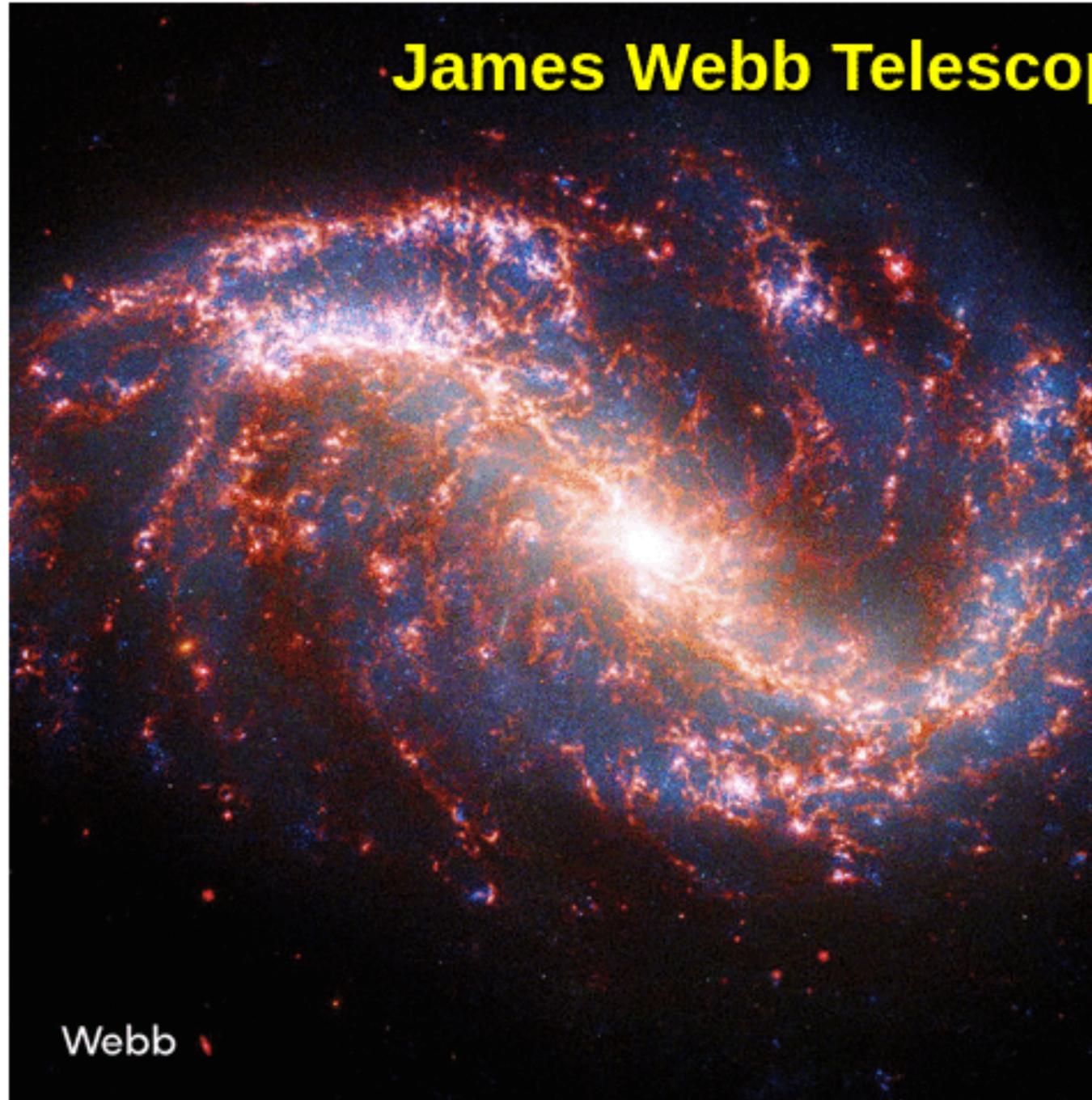
# James Webb Space Telescope e Hubble Space Telescope

Il quintetto di Stephan (5 galassie) note come "le galassie danzanti"-  
Immagine di Hubble a destra nella foto, di JWST a sinistra nella foto  
Distanza: 209 milioni di anni luce

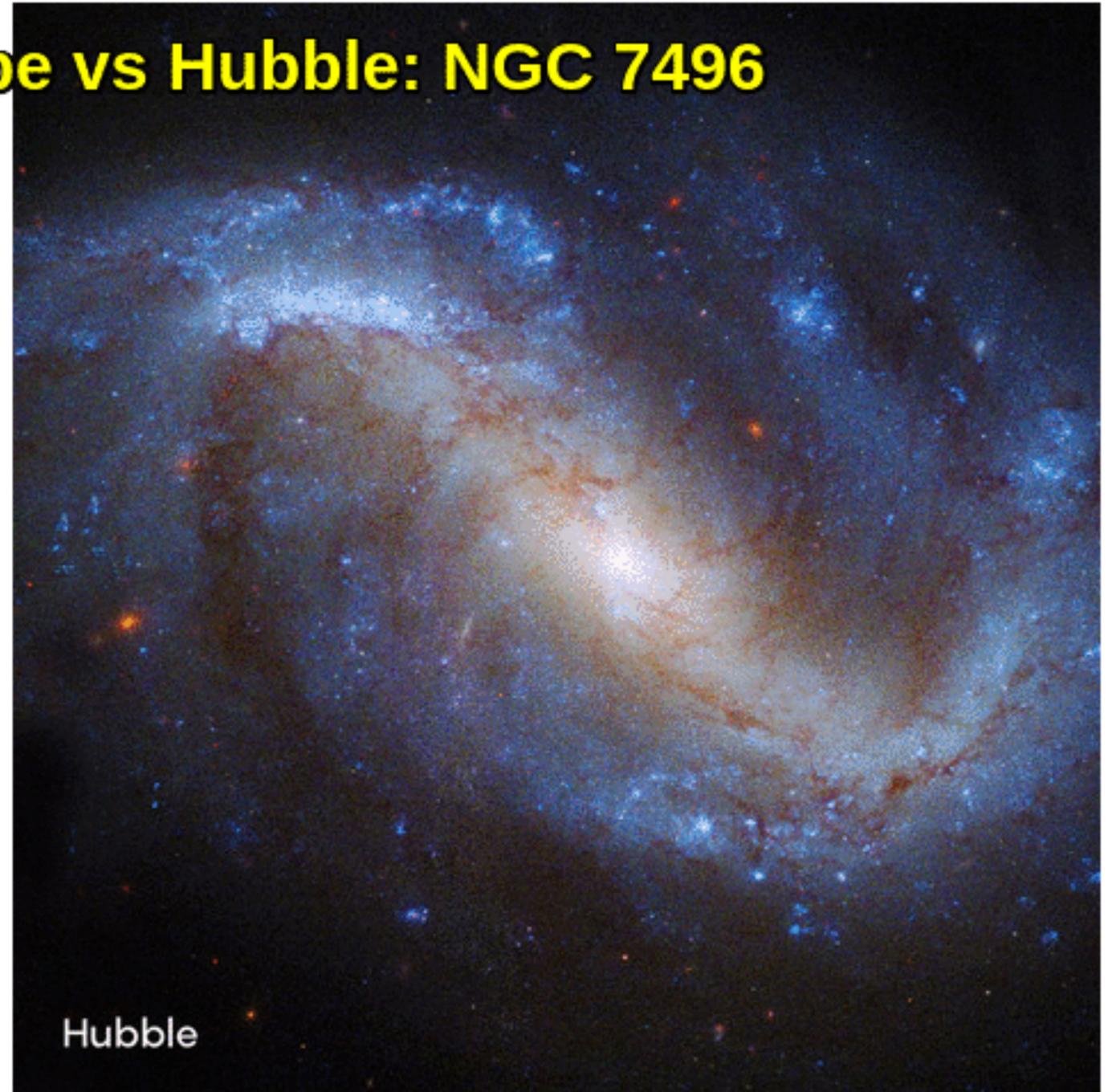


# James Webb e Hubble a confronto

James Webb Telescope vs Hubble: NGC 7496



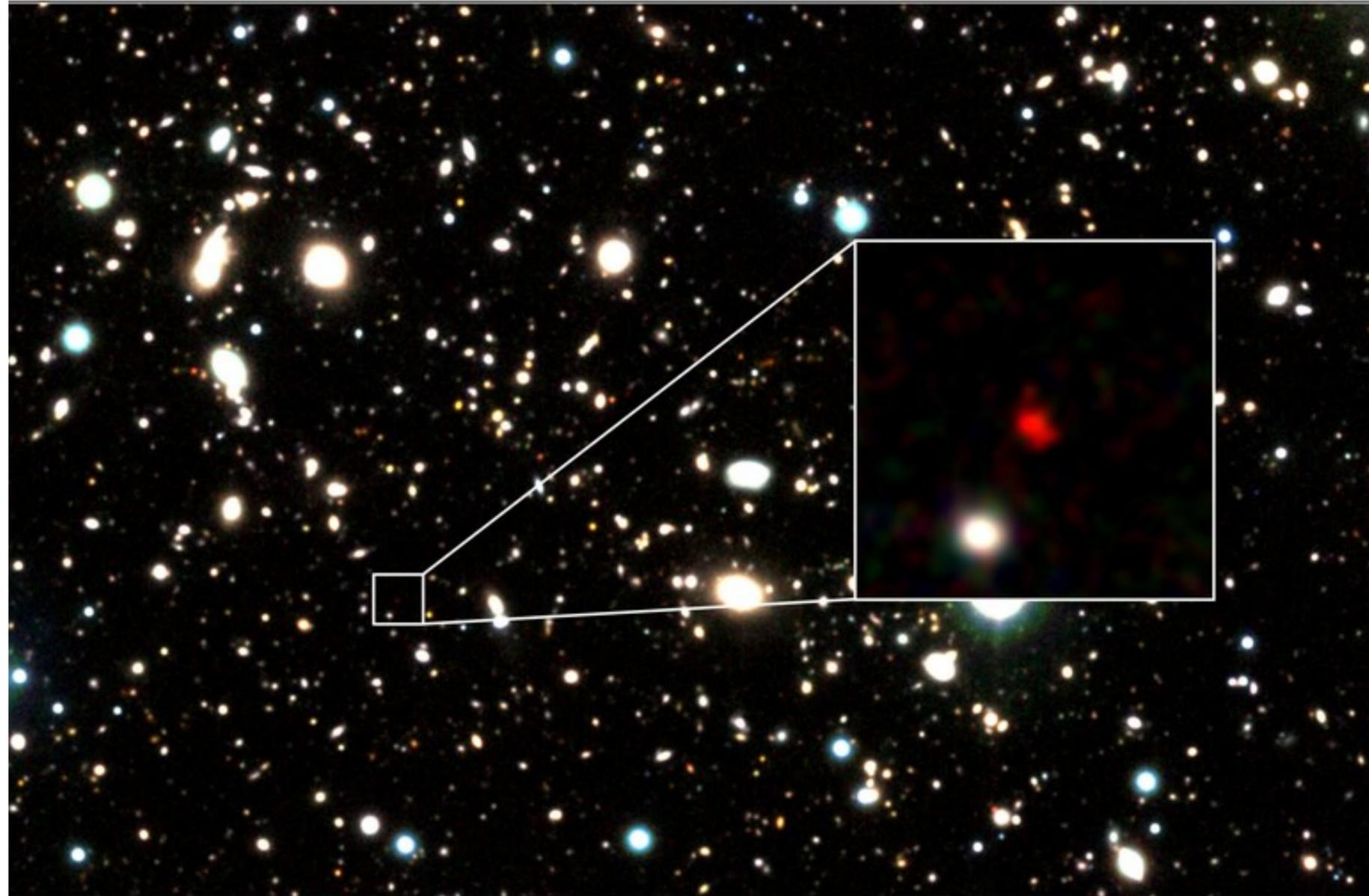
Webb



Hubble

# La galassia piu' distante: 13.5 miliardi di anni luce

Galassia Hd1, nata 300 milioni di anni dopo il Big Bang  
Immagine da telescopi terrestri ed uno spaziale



# La formazione degli elementi chimici

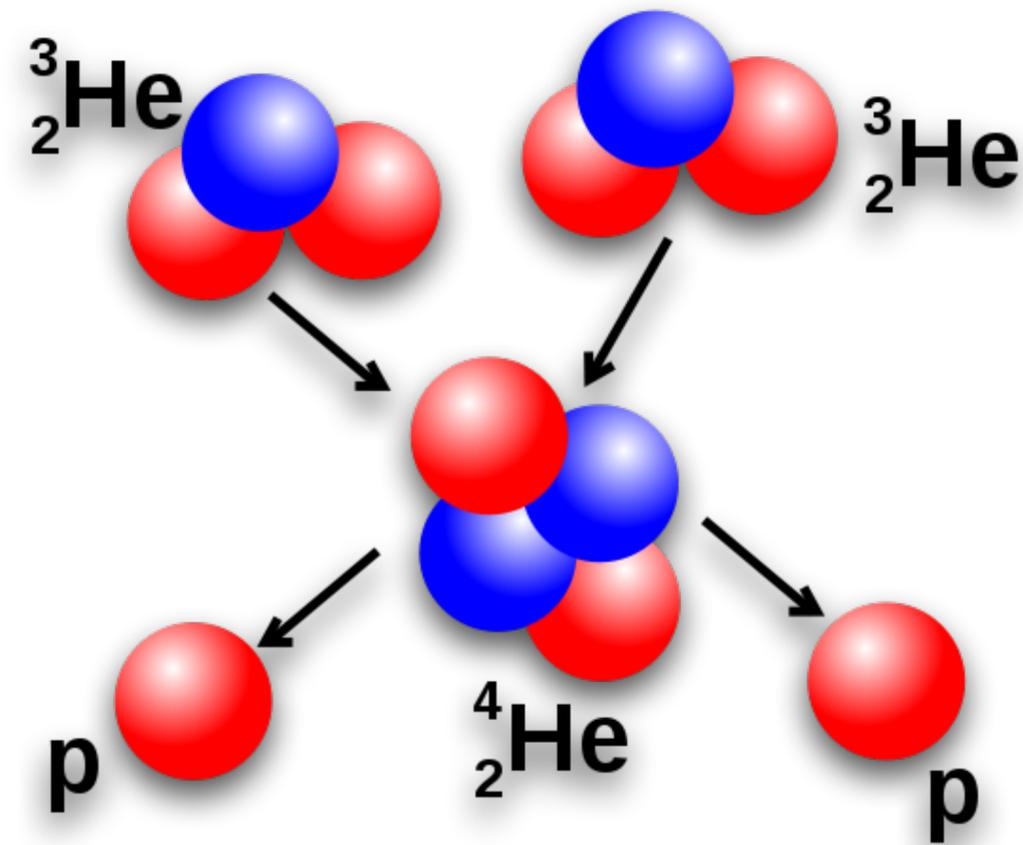
## Un problema di archeologia galattica

- Le abbondanze chimiche misurate al momento presente nelle stelle e nel gas contengono la storia di formazione ed evoluzione delle galassie a cui appartengono
- Decifrare questa storia e' compito dell'archeologia galattica: attraverso complessi modelli di evoluzione delle galassie si cerca di riprodurre quello che osserviamo e ricostruire la storia della formazione stellare di ogni galassia
- Le stelle infatti sono responsabili della formazione di tutti gli elementi chimici a partire dal carbonio fino all'uranio ed oltre
- Gli elementi leggeri, quali l'idrogeno, l'elio, il deuterio ed il litio si formarono durante il Big Bang, circa 13.7 miliardi di anni fa, benché l'elio ed il litio vengano anche prodotti dalle stelle

# Le reazioni di fusione nucleare nelle stelle

## Dall'idrogeno al ferro

- Tutte le stelle passano il 90% della loro vita a fondere idrogeno in elio
- Il nostro Sole si trova in questa fase evolutiva
- Ulteriori reazioni di fusione producono tutti gli elementi più pesanti dell'elio fino al ferro
- Solo stelle maggiori di 10 volte la massa del Sole riescono a produrre gli elementi più pesanti, dal carbonio al ferro
- Gli elementi più pesanti del ferro vengono prodotti anche da stelle piccole ma attraverso reazioni di cattura di neutroni su nuclei di ferro



# Le stelle nascono

La nebulosa di Carina

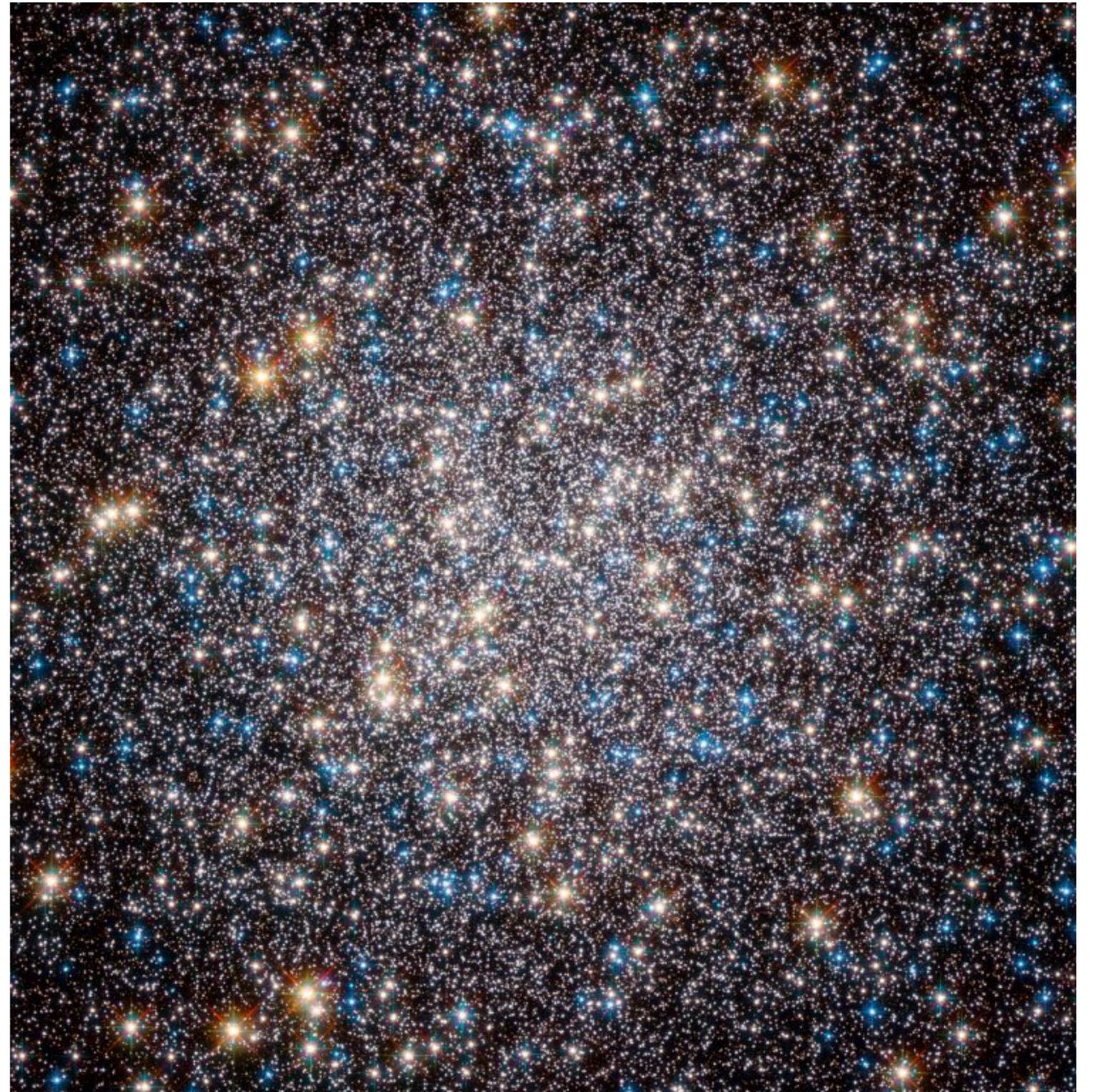
Immagine di Hubble Space Telescope e James Webb Space Telescope



# Le stelle vivono

## Immagine di Hubble Space Telescope

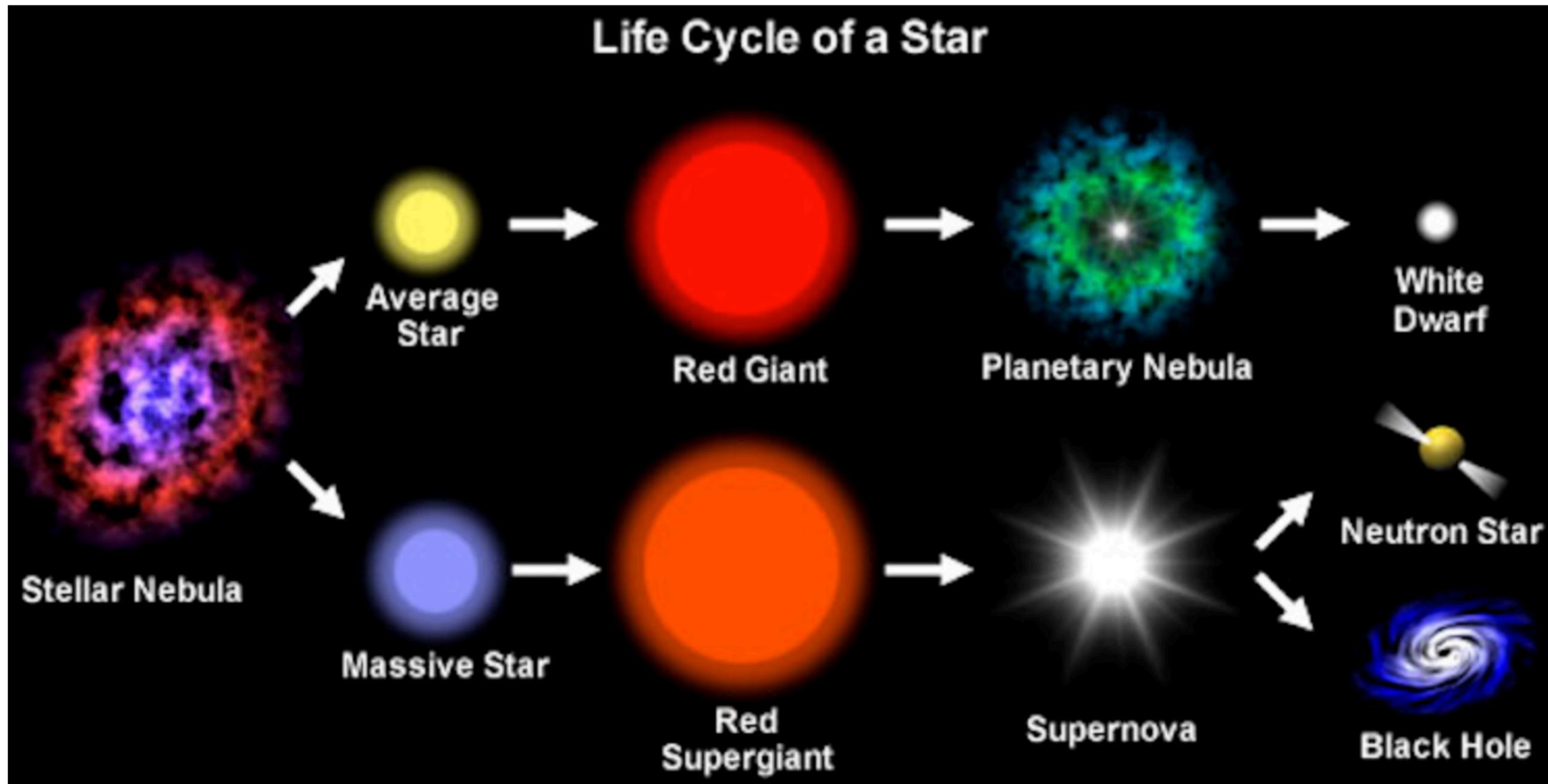
- Nucleo dell'ammasso globulare M13 (il piu' vicino a noi)
- Gli ammassi globulari sono le strutture piu' antiche e contengono circa 1 milione di stelle di piccola massa (minore o circa uguale a quella del Sole)
- Essi popolano l'alone stellare che circonda il disco della nostra Galassia



# Le stelle muoiono

## I cadaveri stellari: nane bianche, stelle di neutroni e buchi neri

Cio' che resta dopo la morte nucleare delle stelle



# Le stelle muoiono

## Nebulose Planetarie

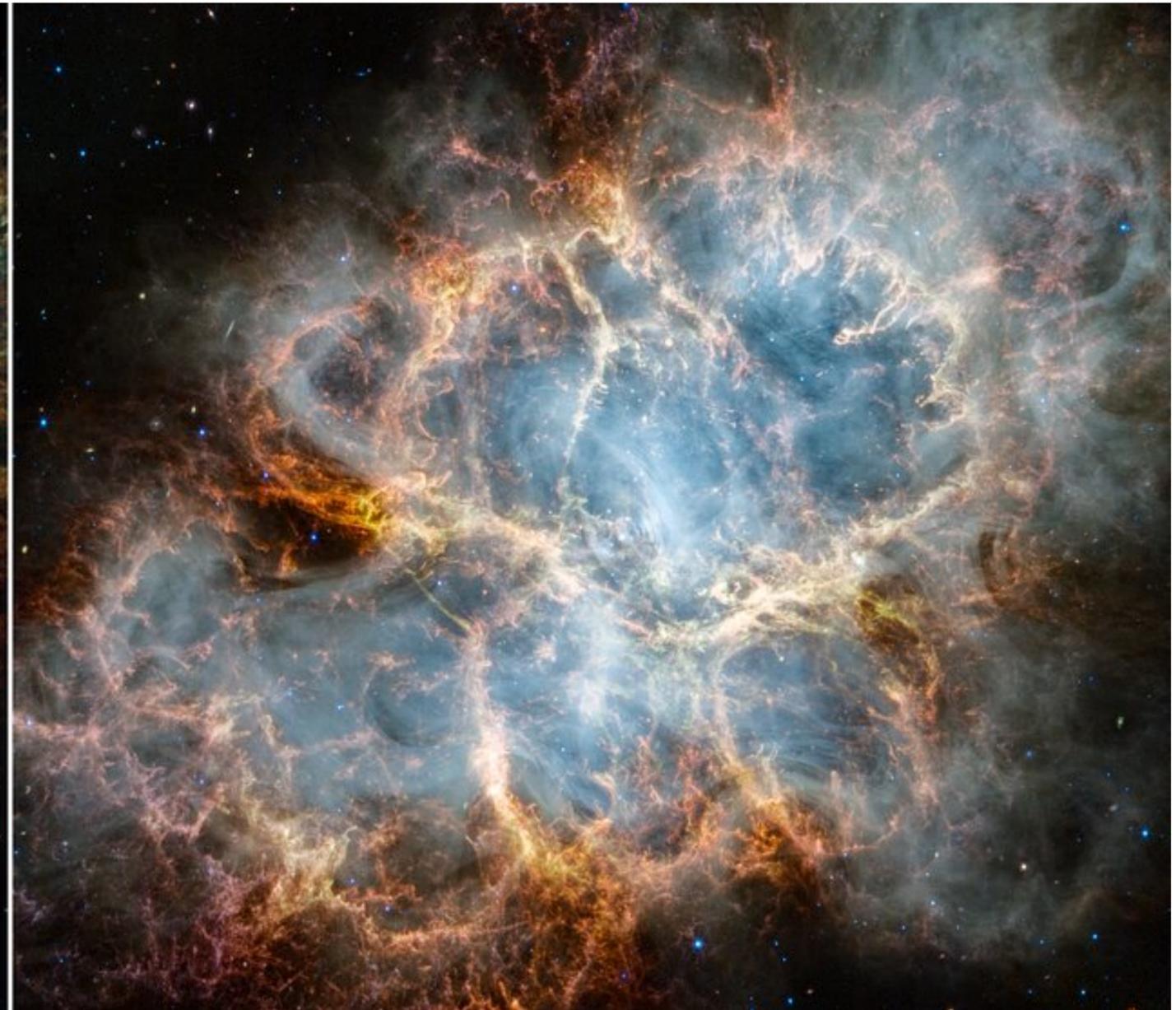
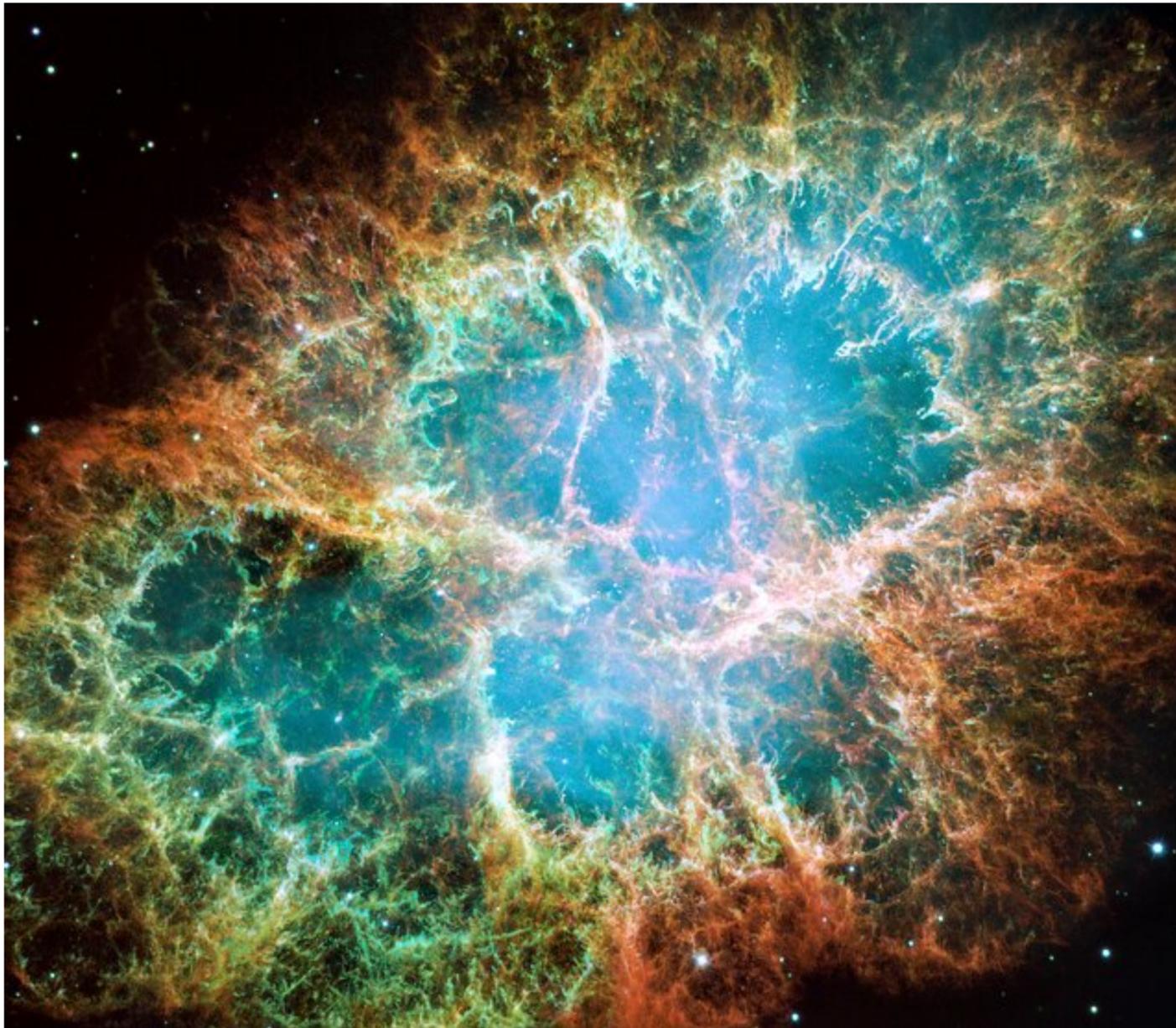
- La morte di una stella come il Sole lascia una Nebulosa Planetaria che e' la materia espulsa dalla stella prima di morire
- Al centro della nebulosa si trova un oggetto molto denso detto **nana bianca** (un fagiolo che pesi come un camion)
- Immagini prese da Hubble Space Telescope



## **Le stelle muoiono: Supernovae**

**Crab Nebula vista da Hubble (sinistra) e James Webb: resto dell'esplosione di una stella massiva avvenuta nel 1050**

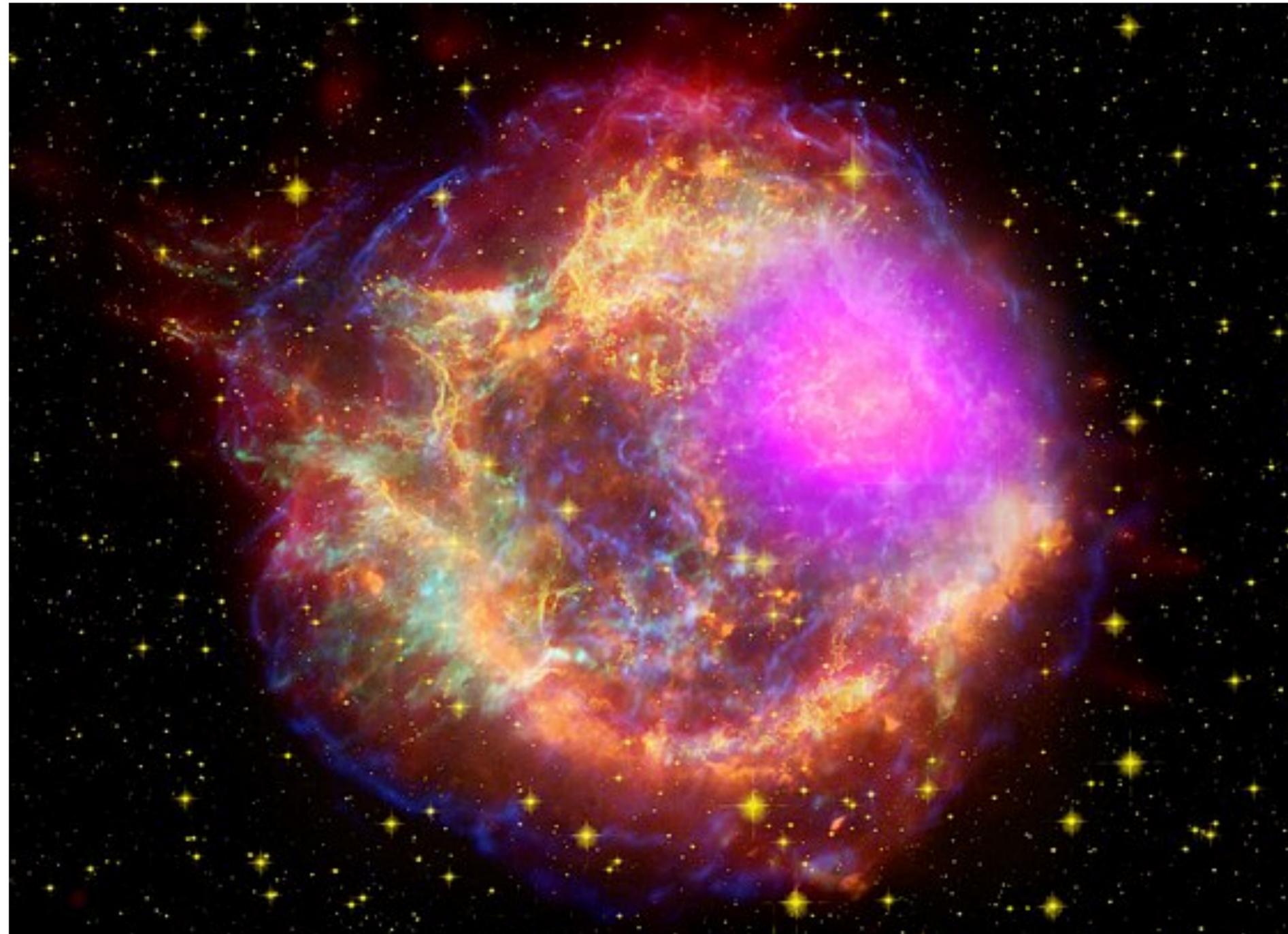
**All'interno di un resto di supernova si trova una stella di neutroni (una goccia di pioggia che contenga tutta la popolazione dell'Universo)**



# Le supernovae: senza di loro non saremmo qui

La loro luminosità e' miliardi volte quella del Sole

Cassiopea A: sovrapposizione di varie lunghezze d'onda

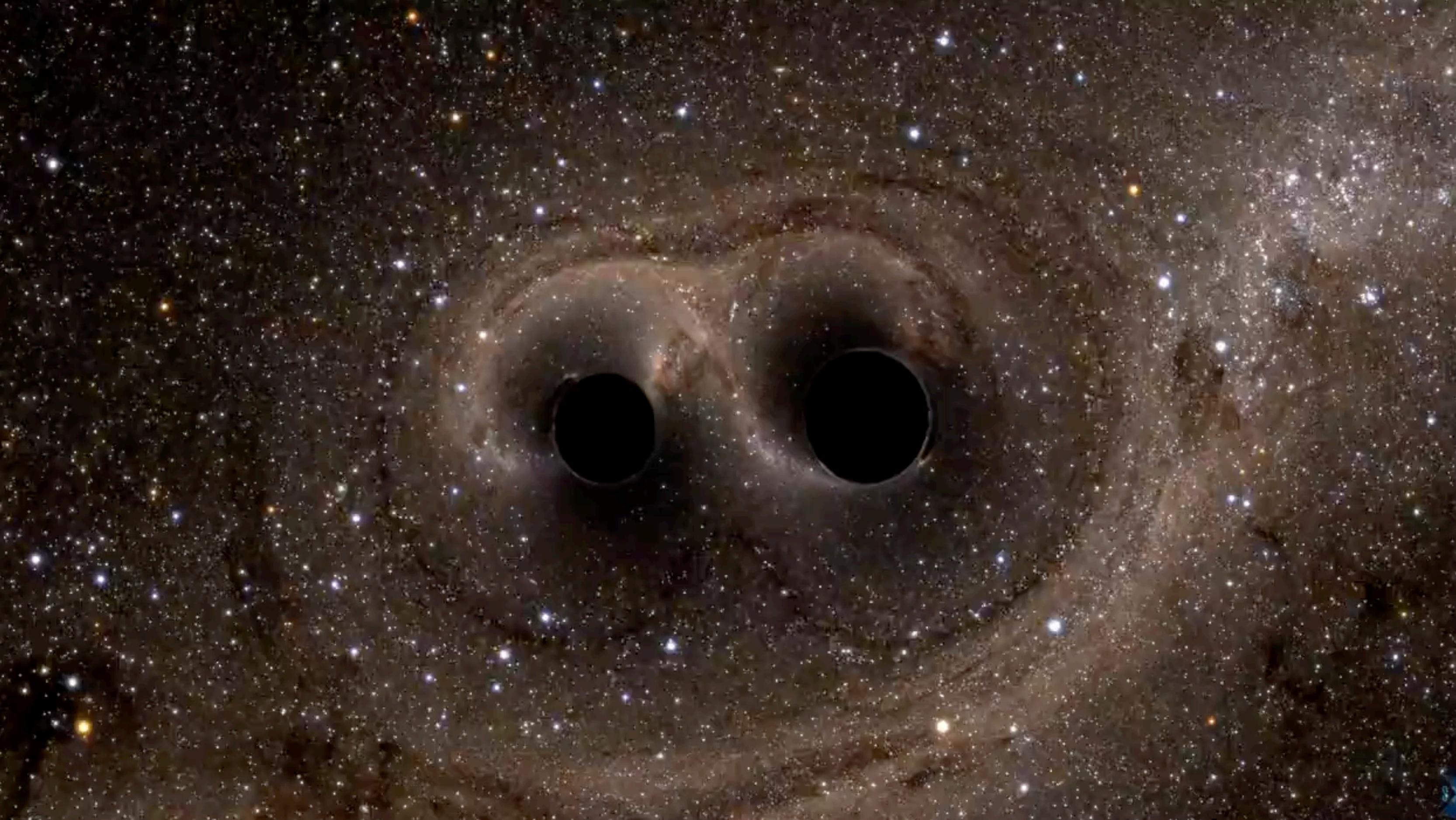


# Le stelle muoiono

**Supernova Ia, visione artistica**

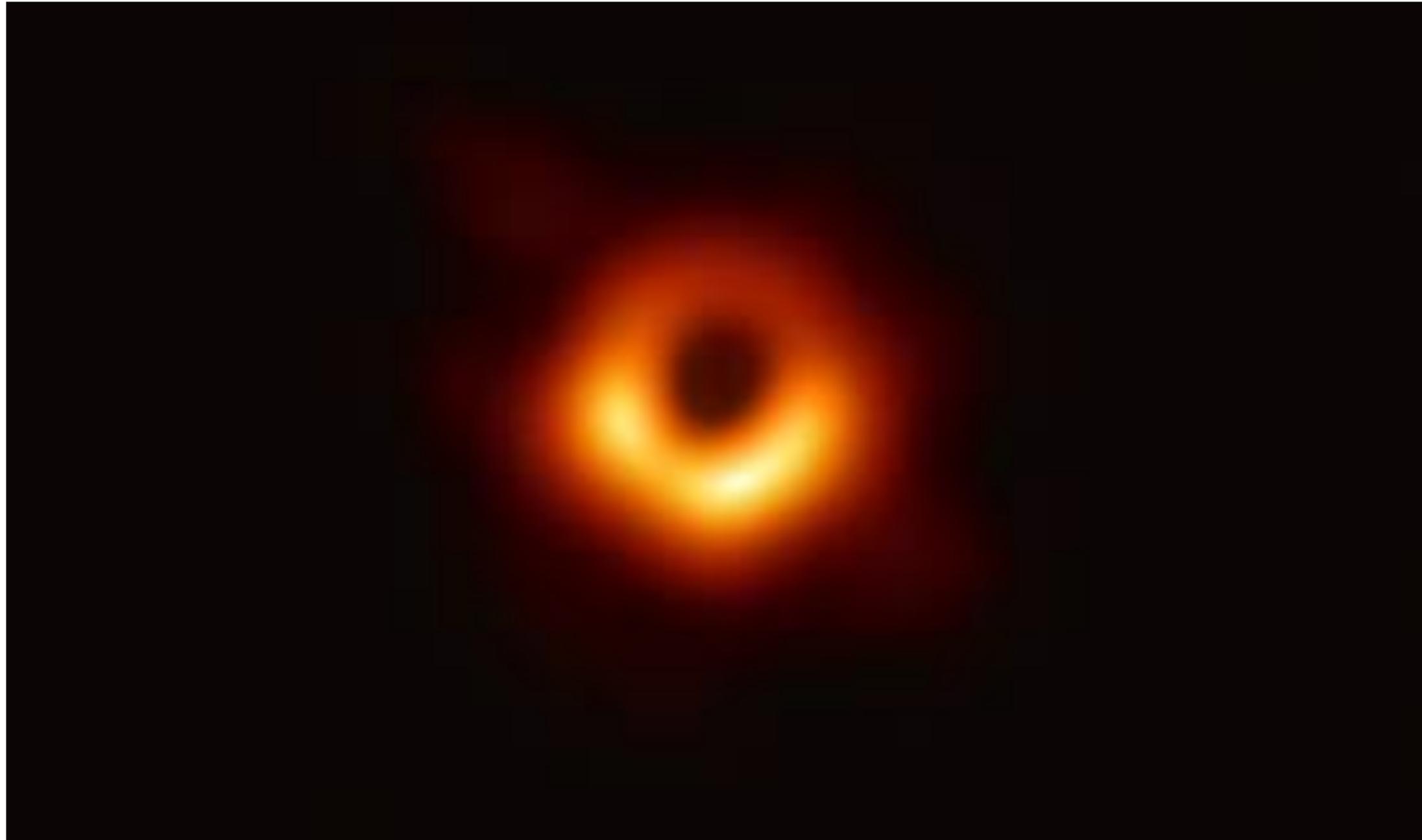
**Non lasciano alcun resto. Sono le maggiori produttrici di ferro nell'Universo**





# Il buco nero in Messier87 (Event Horizon Telescope)

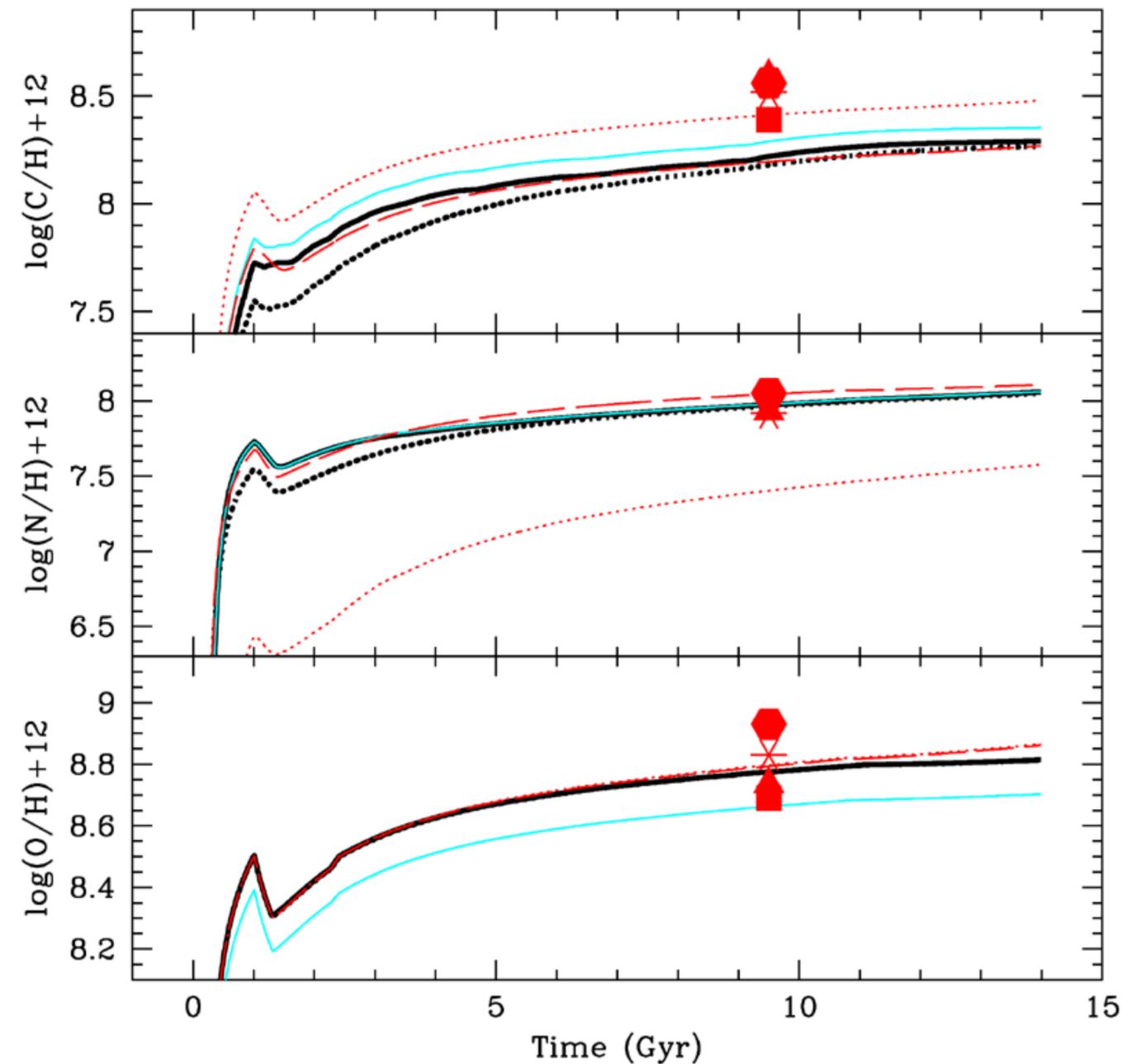
La prima foto di un buco nero supermassivo (miliardi di masse solari) al centro di una galassia  
a 55 milioni di anni luce



# Archeologia galattica

## Origine degli elementi chimici

- Modelli dettagliati di evoluzione chimica galattica sono in grado di riprodurre le abbondanze degli elementi misurate nel Sole e nel gas al momento presente
- Qui mostriamo l'evoluzione delle concentrazioni di ossigeno, azoto e carbonio nel gas dei dintorni solari in funzione del tempo, come predetto dai modelli (curve)
- La concentrazione di elementi pesanti è aumentata di circa 1000 volte dal Big Bang ad oggi



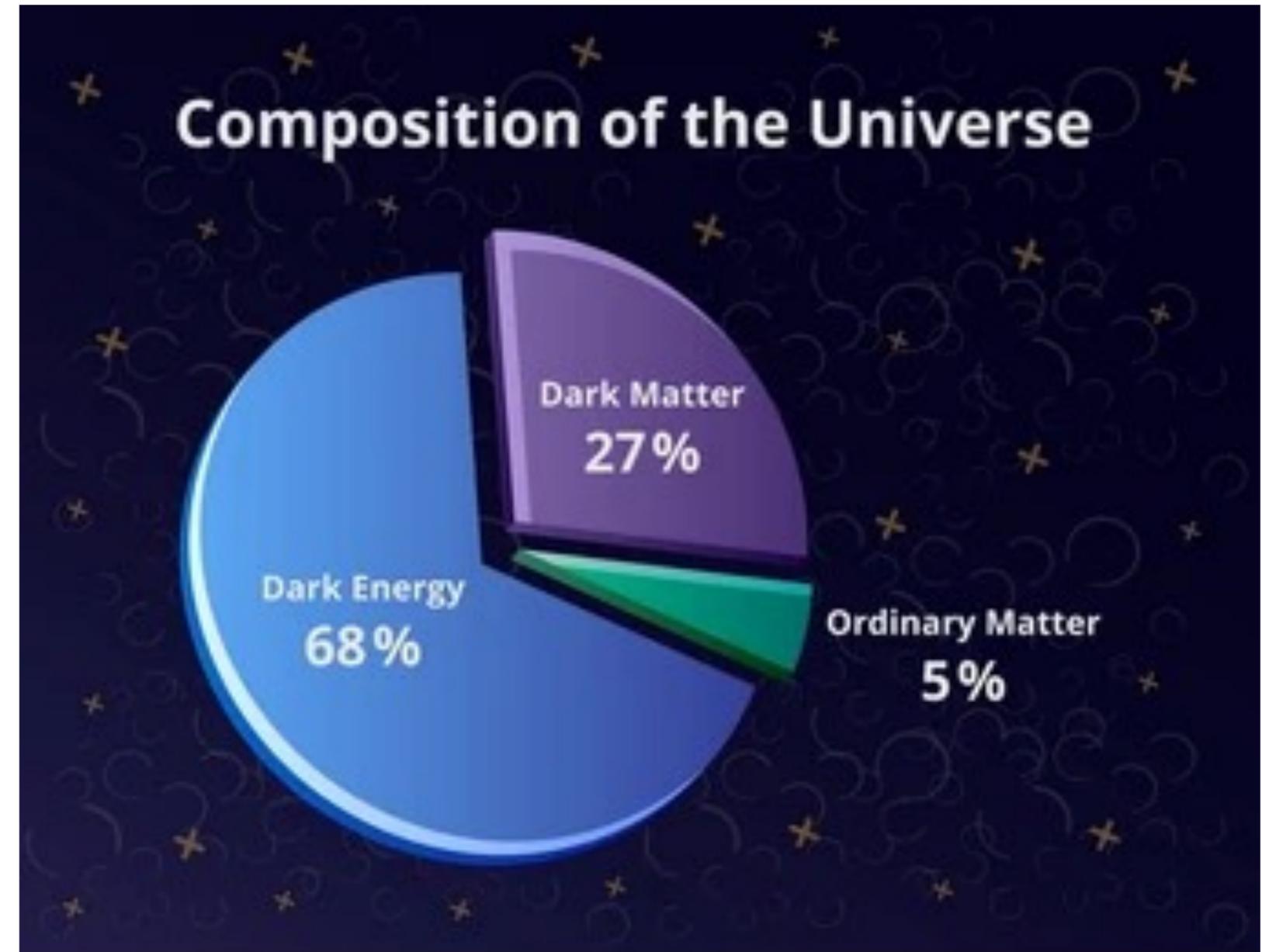
# La composizione dell'Universo

**Dalla legge di Hubble-Lemaitre dalla radiazione cosmica e dalle supernovae**

La radiazione di fondo cosmica nelle microonde (CMB) si disaccoppio' dalla materia 300.000 anni dopo il Big Bang e si e' raffreddata fino ad una temperatura di poco superiore allo zero assoluto

La legge di Hubble-Lemaitre a grandi distanze (Supernovae Ia) e la radiazione di fondo cosmica (CMB) hanno rivelato che

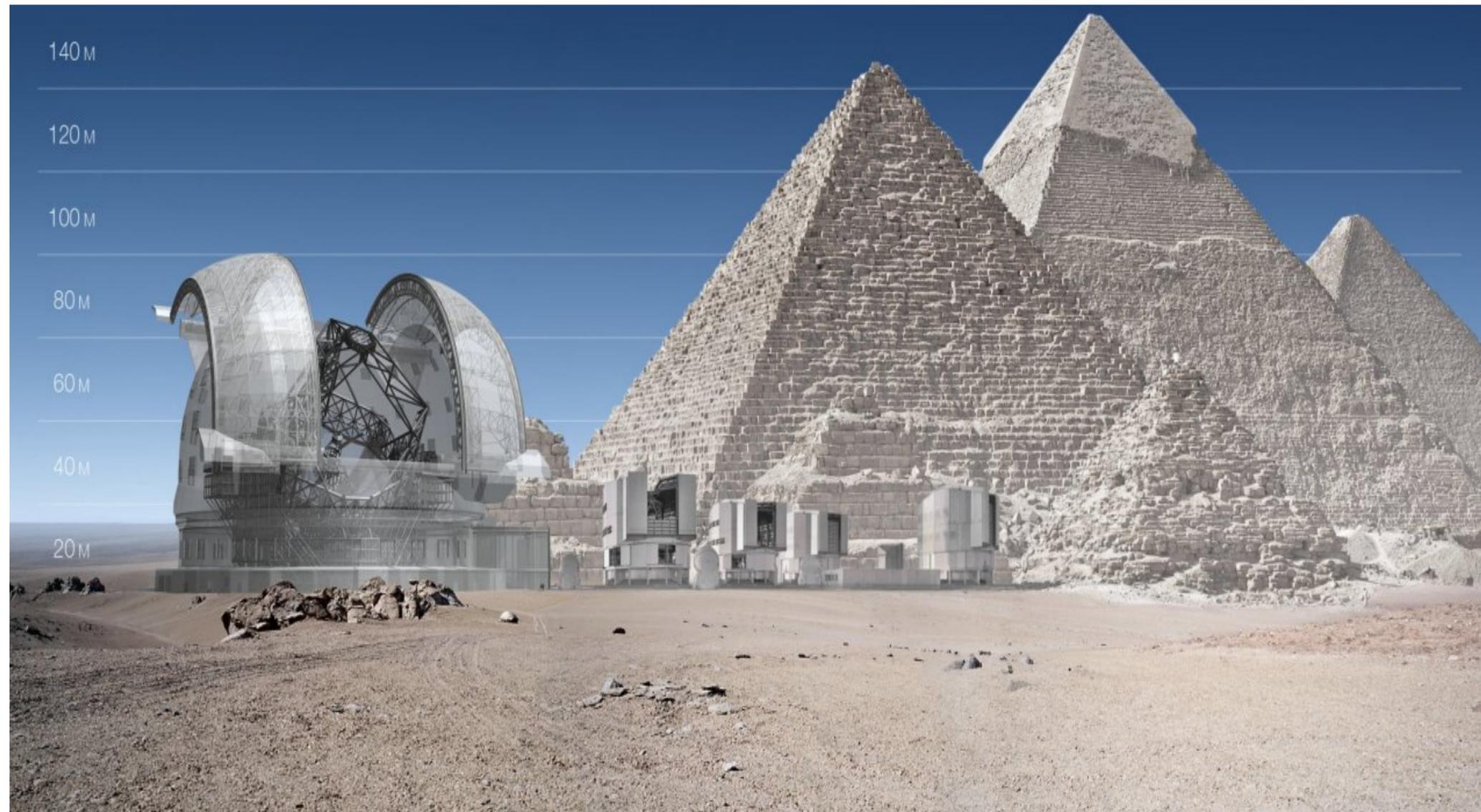
L' universo e' fatto al 68% di una forma di energia oscura, al 27% da una forma di materia oscura e da il 5% dalla materia che conosciamo



shutterstock.com · 2109965945

# I telescopi del futuro: Extremely Large Telescope Specchio di 39 metri metri di diametro

**ELT e Very Large Telescope(VLT) a confronto con le Piramidi**



# **Cosa ci resta da scoprire?**

**tantissime cose**

La natura dell'energia oscura e della materia oscura

La formazione delle prime stelle e delle prime galassie

L'evoluzione delle galassie e degli ammassi di galassie

Altra vita nello spazio

C'è ancora tutto un Universo da scoprire e forse non è neppure l'unico.....

