

Universo in Fiore 2019

CORSO BASE

NEL REGNO DELLE GALASSIE

Sabrina De Grandi

INAF



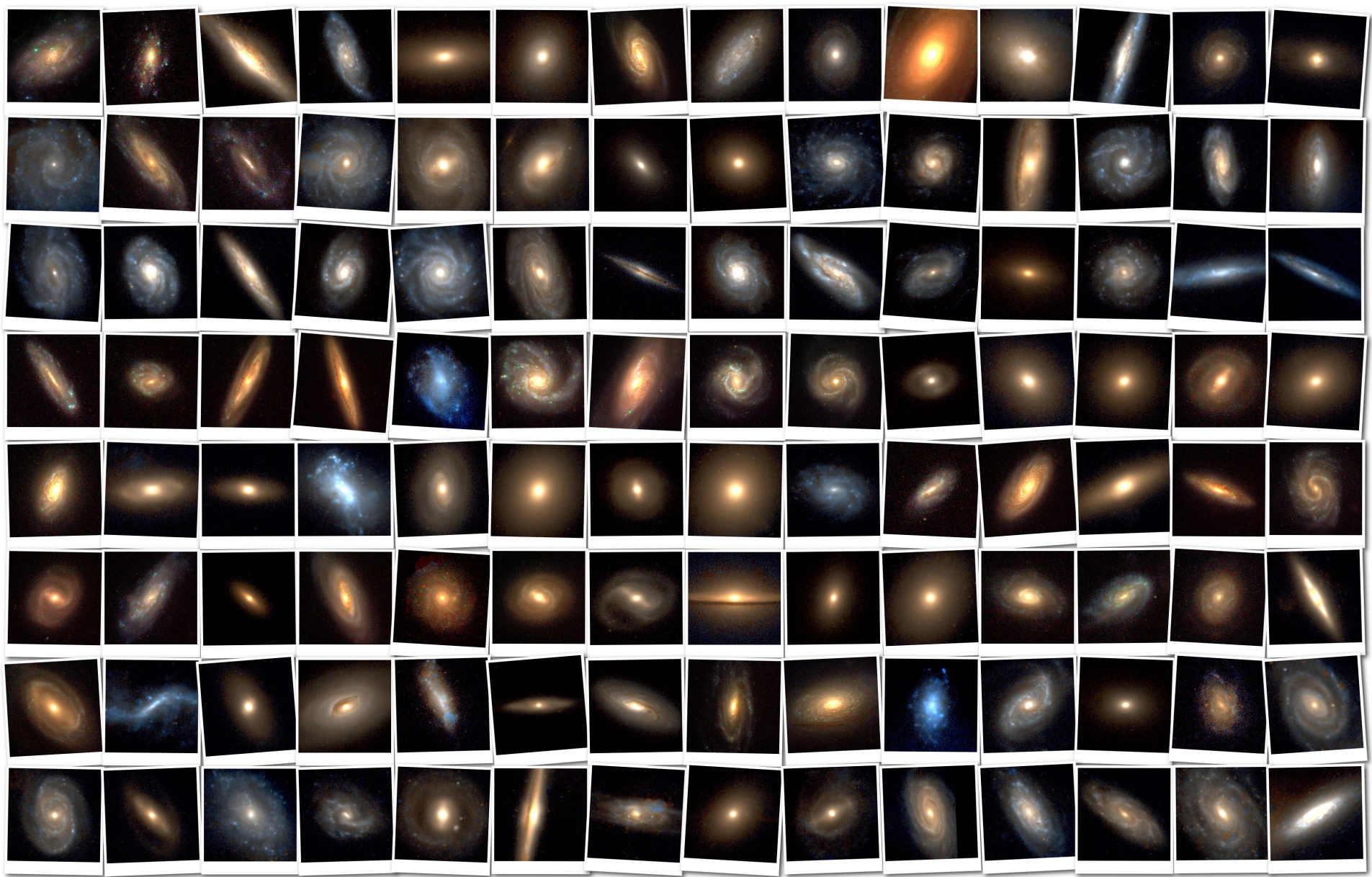
Osservatorio
Astronomico
di

Brera

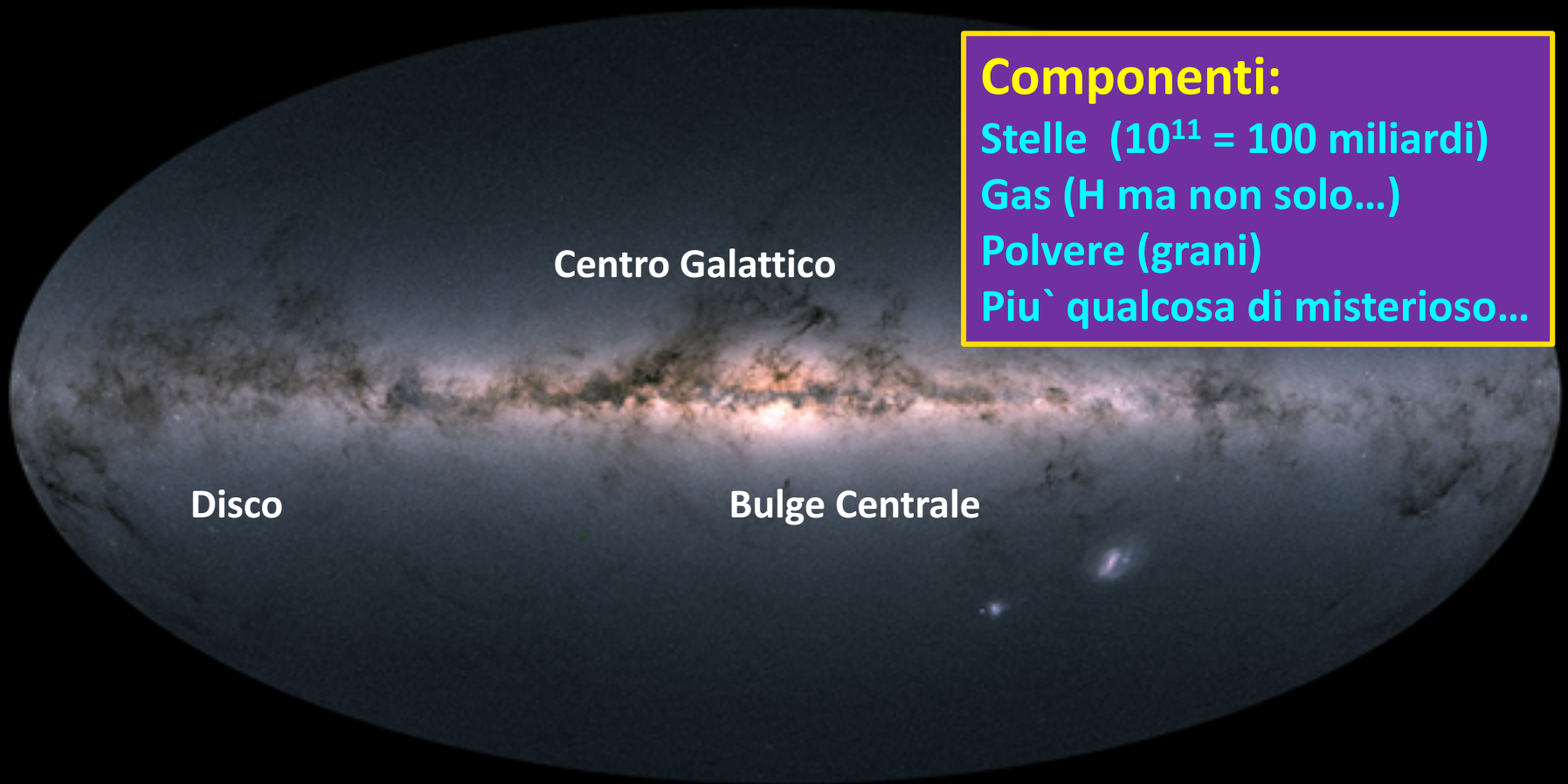
INAF

sabrina.degrandi@inaf.it

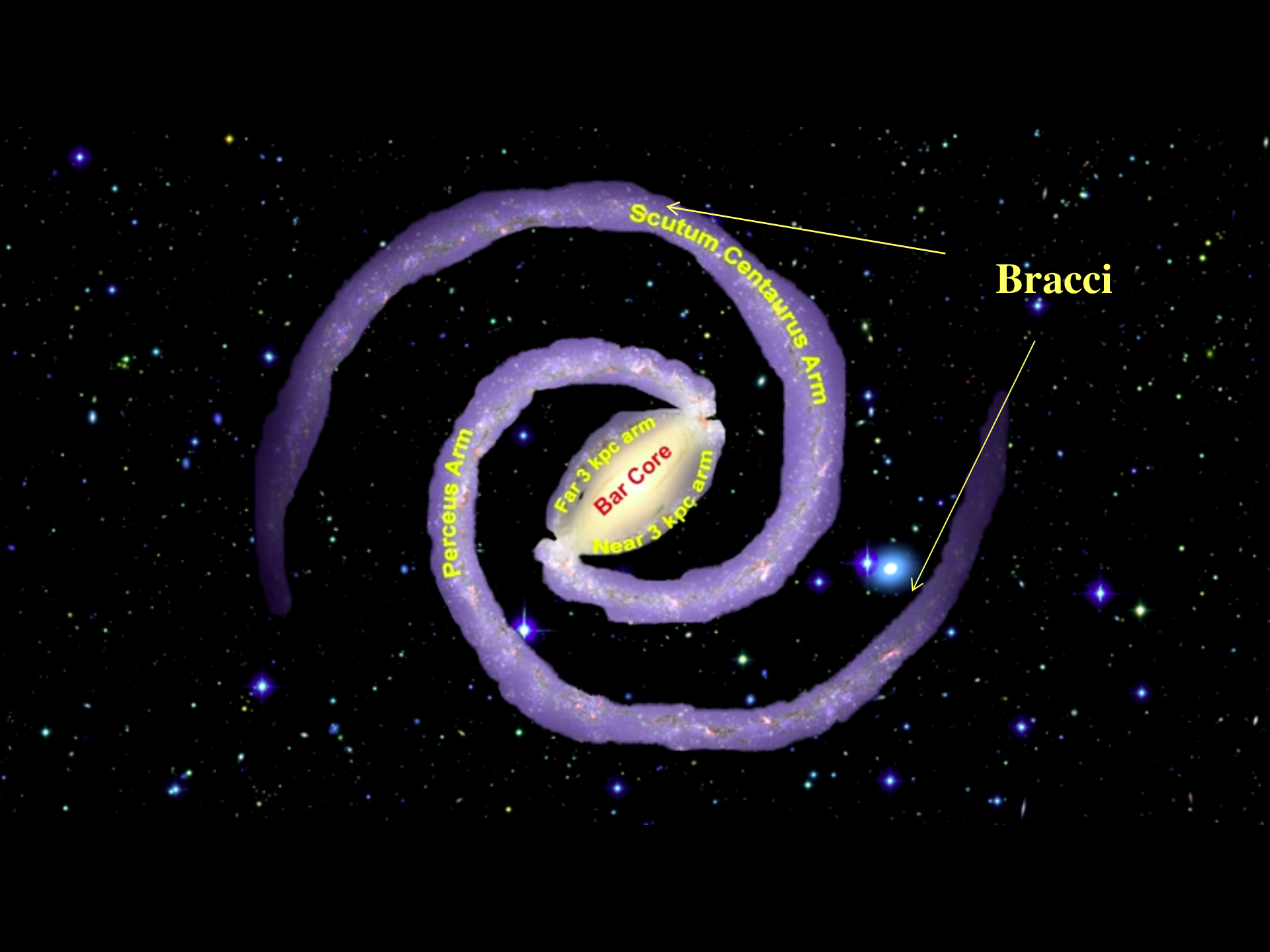
Lo ZOO delle Galassie



Iniziamo da vicino..... La Via Lattea



**Vedremo che si tratta di una galassia
del tipo piu` comune nell'Universo**



Scutum-Centaurus Arm

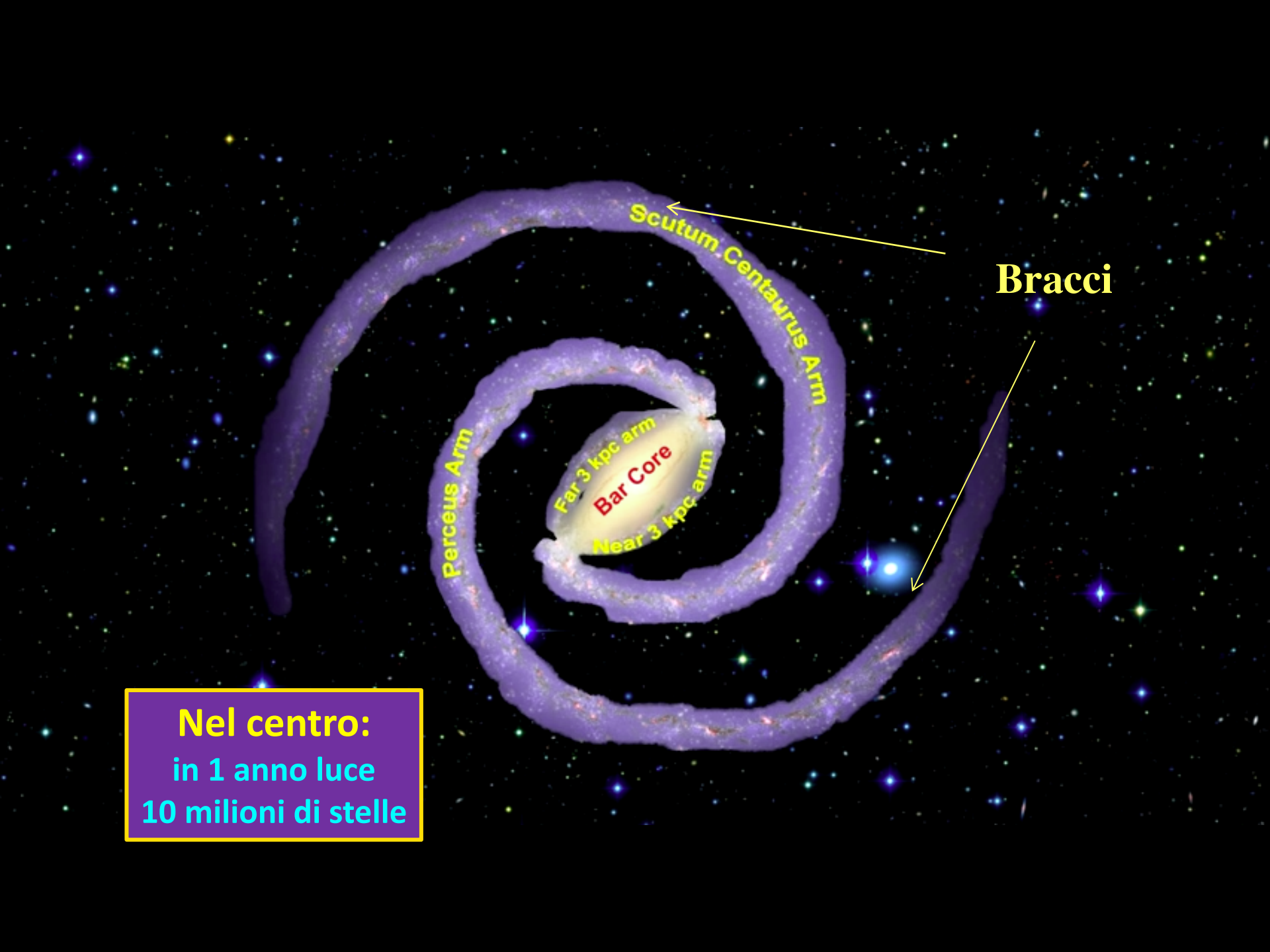
Perceus Arm

Far 3 kpc arm

Bar Core

Near 3 kpc arm

Bracci



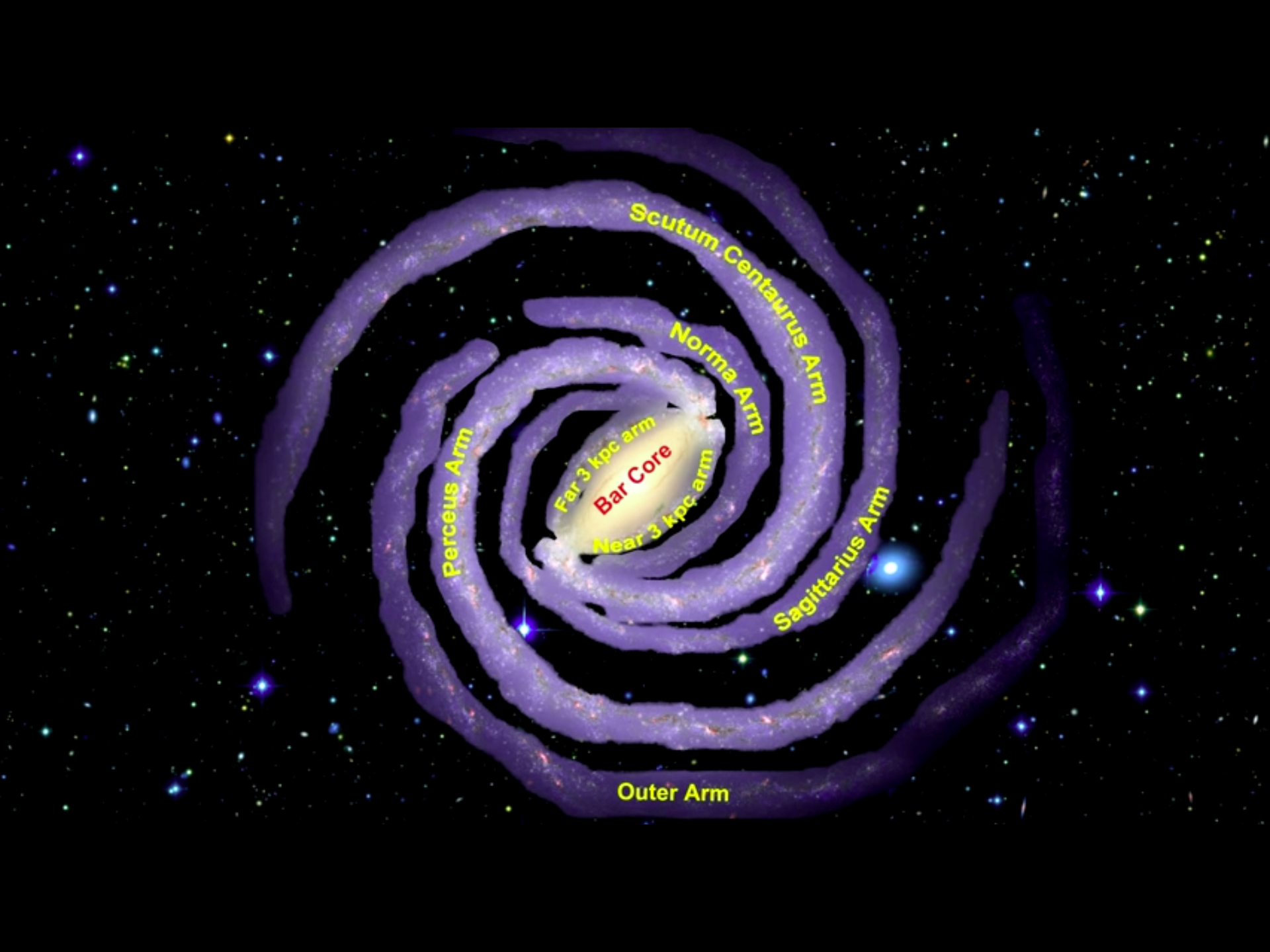
Scutum-Centaurus Arm

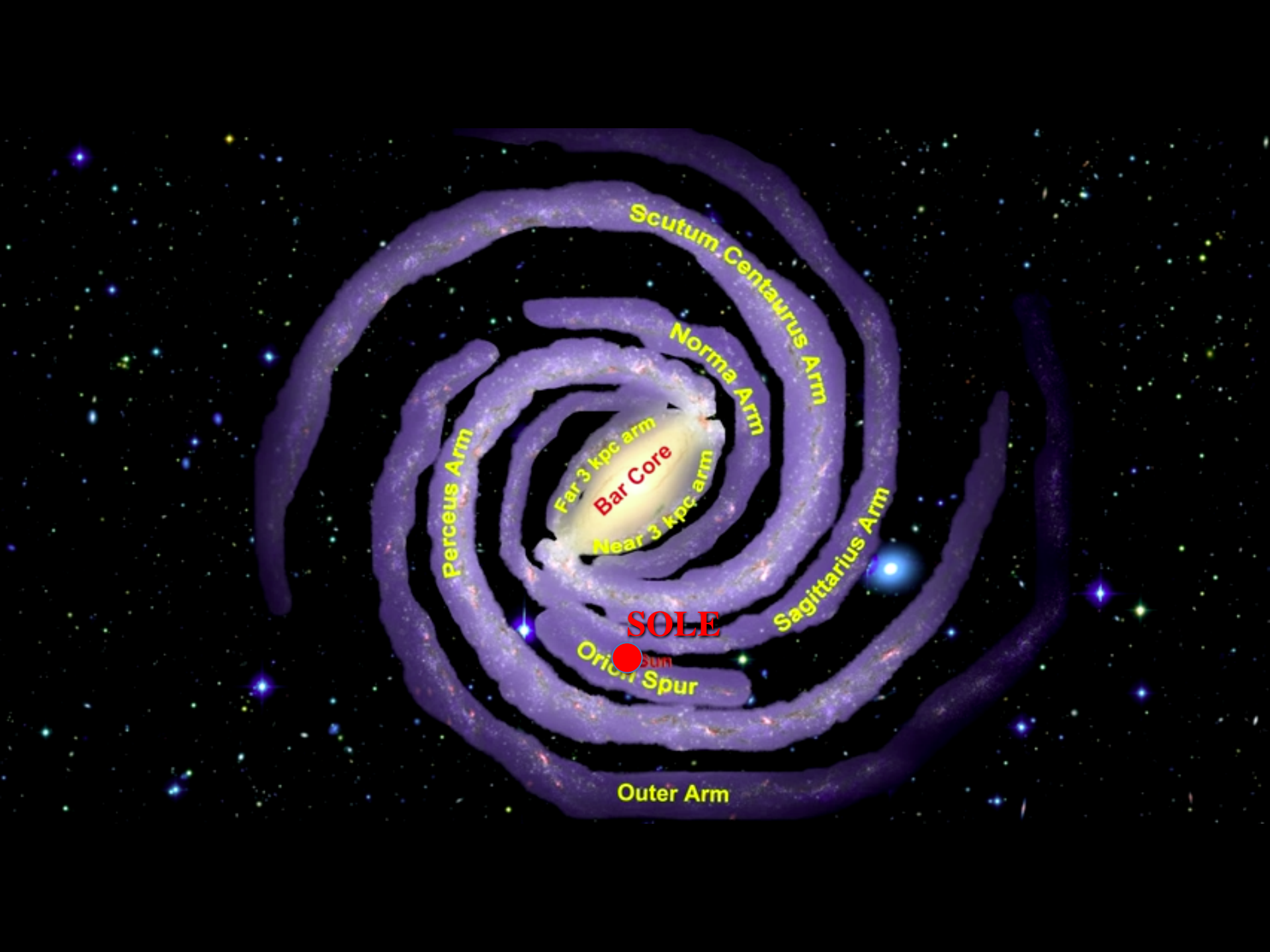
Perceus Arm

Far 3 kpc arm
Bar Core
Near 3 kpc arm

Bracci

Nel centro:
in 1 anno luce
10 milioni di stelle





Scutum-Centaurus Arm

Norma Arm

Sagittarius Arm

Outer Arm

Orion Spur

Perseus Arm

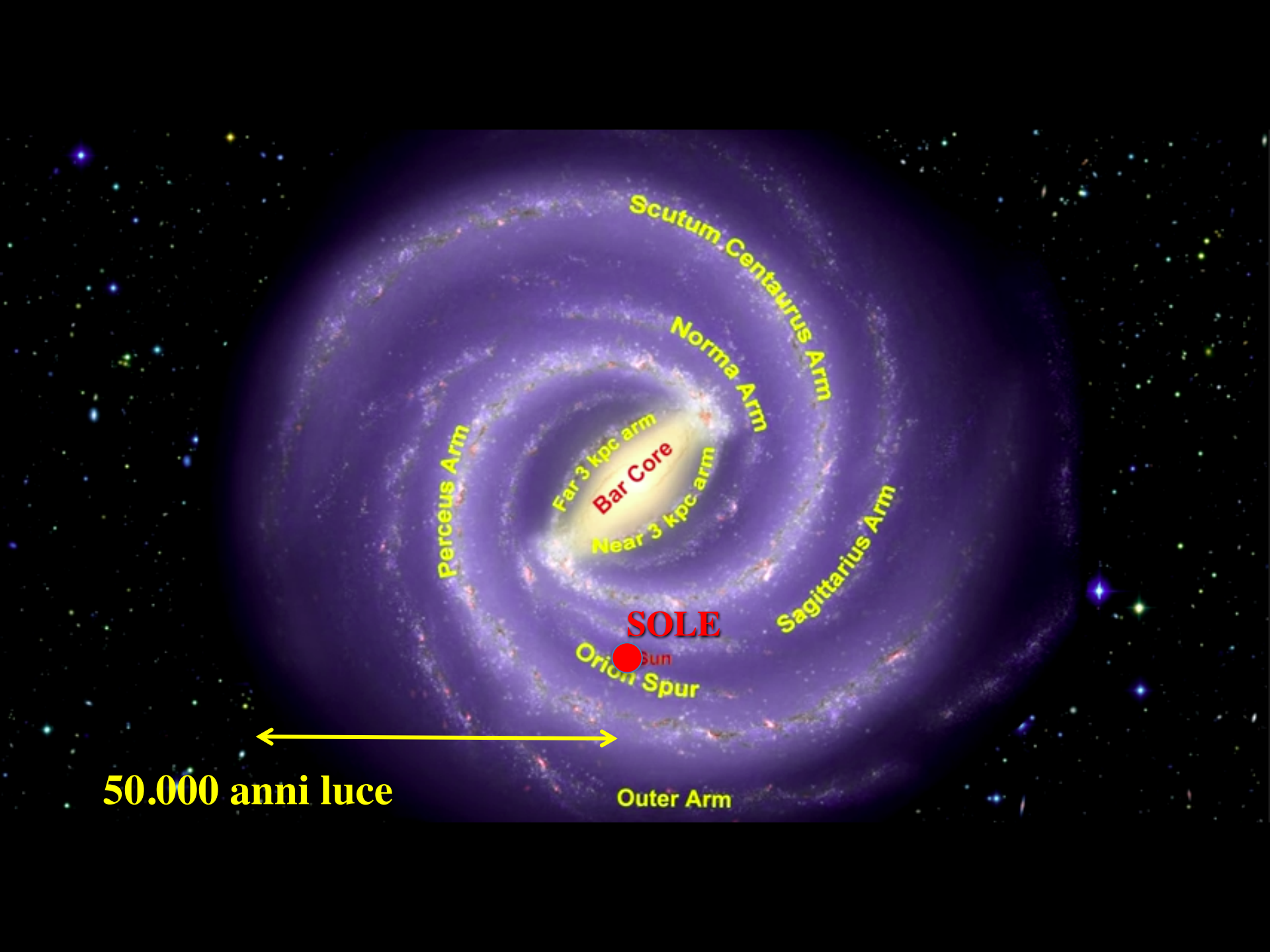
Far 3 kpc arm

Near 3 kpc arm

Bar Core

SOLE

SUN



Bar Core
Far 3 kpc arm
Near 3 kpc arm

SOLE

Sun

Orion Spur

50.000 anni luce

Outer Arm

Perseus Arm

Scutum-Centaurus Arm

Norma Arm

Sagittarius Arm

Alone Galattico: ammassi globularari

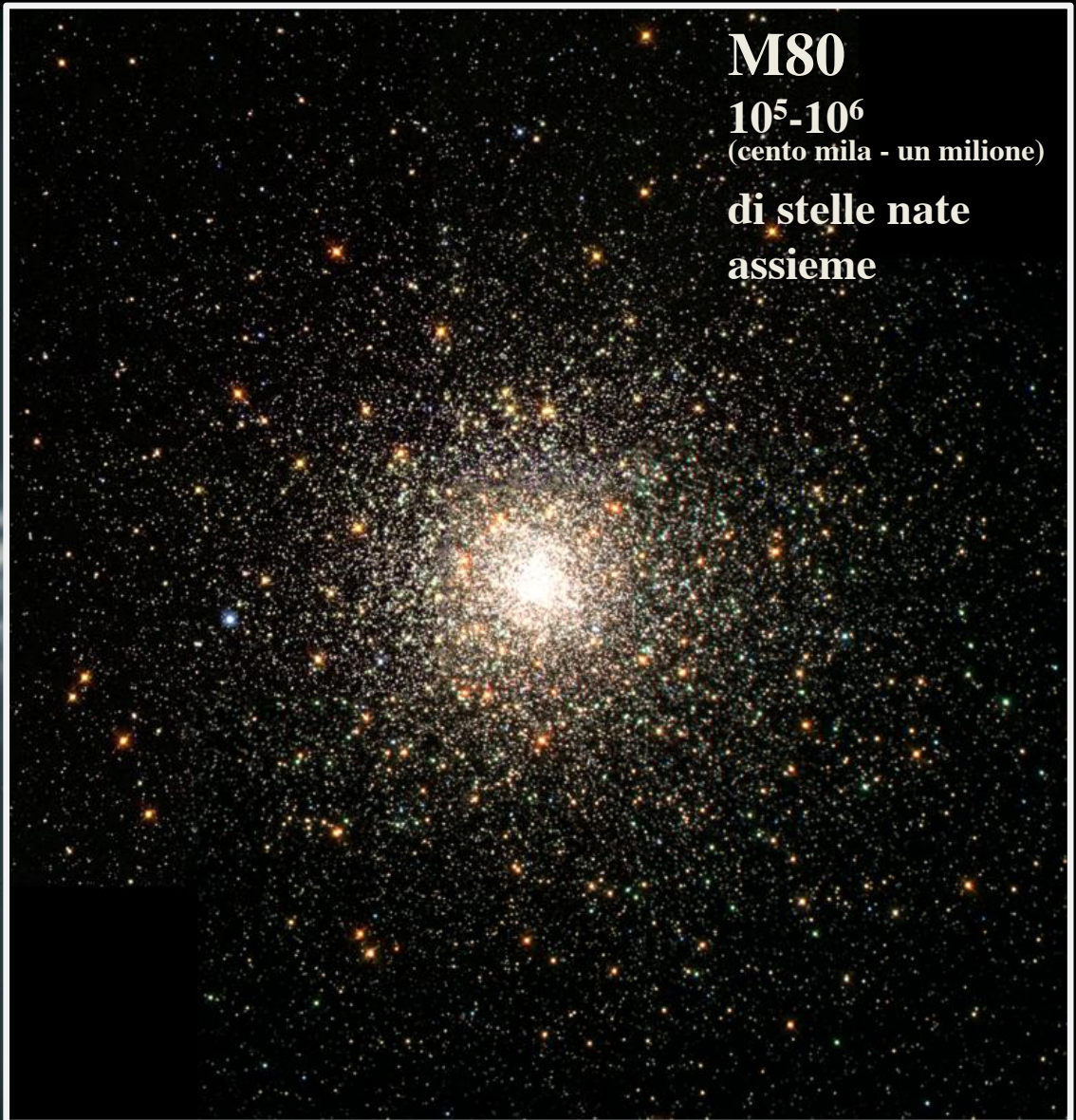
SOLE



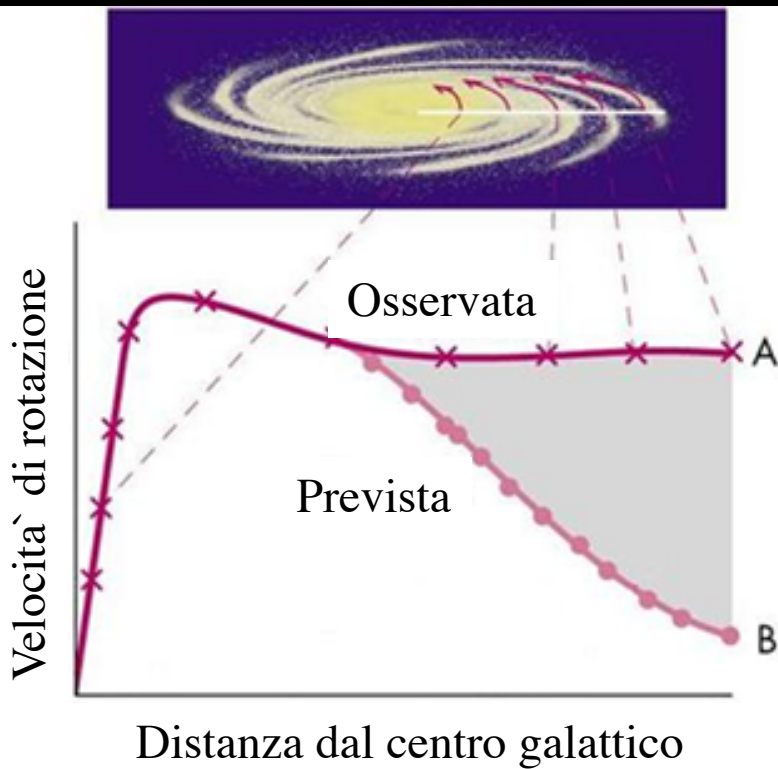
M80

10^5 - 10^6
(cento mila - un milione)

**di stelle nate
assieme**



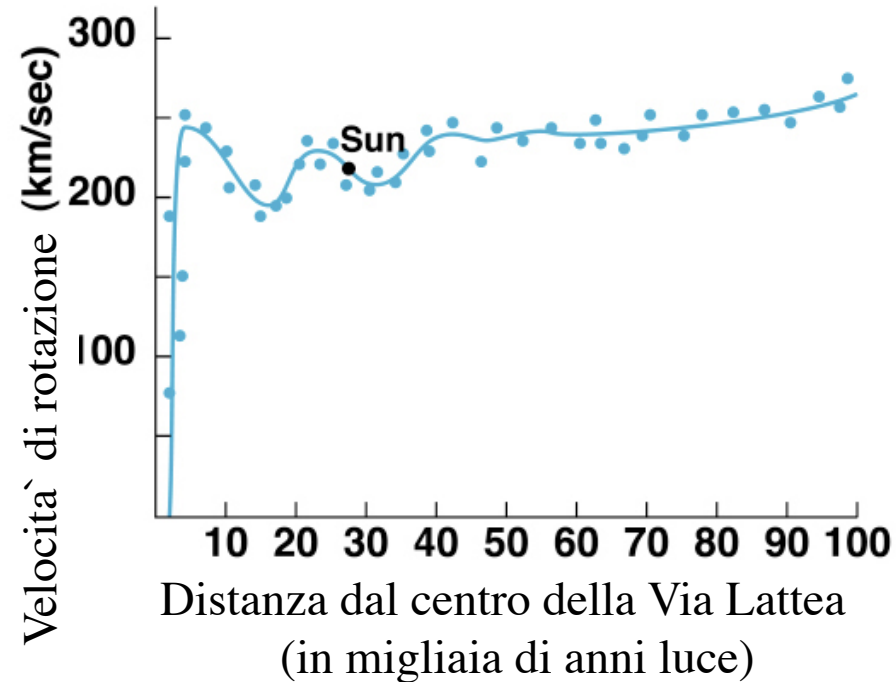
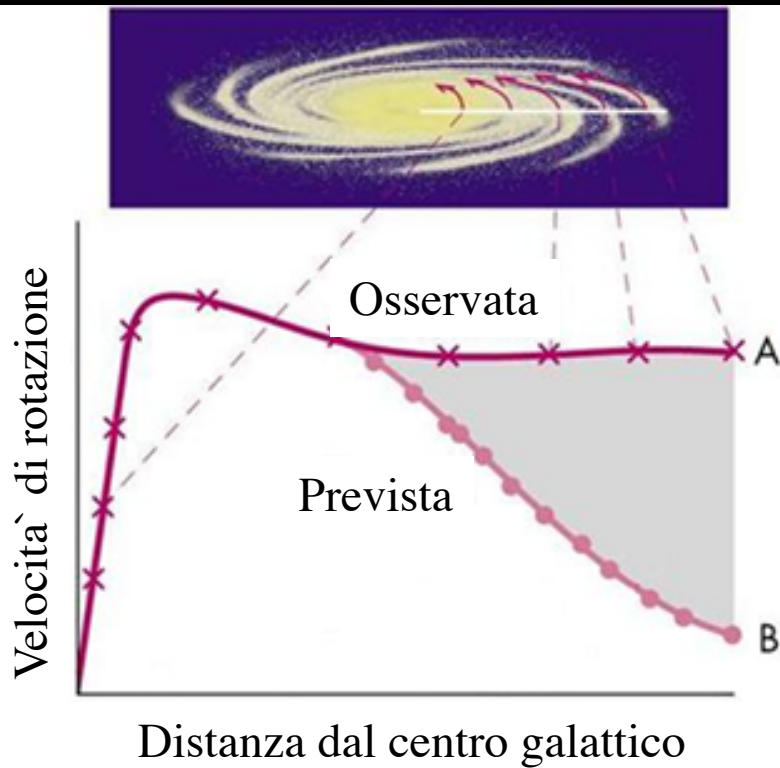
Curve di rotazione delle Spirali: misurare la Massa delle Galassie



La Massa delle galassie
puo` essere misurata dall'
osservazione delle velocita`
orbitali delle sue stelle

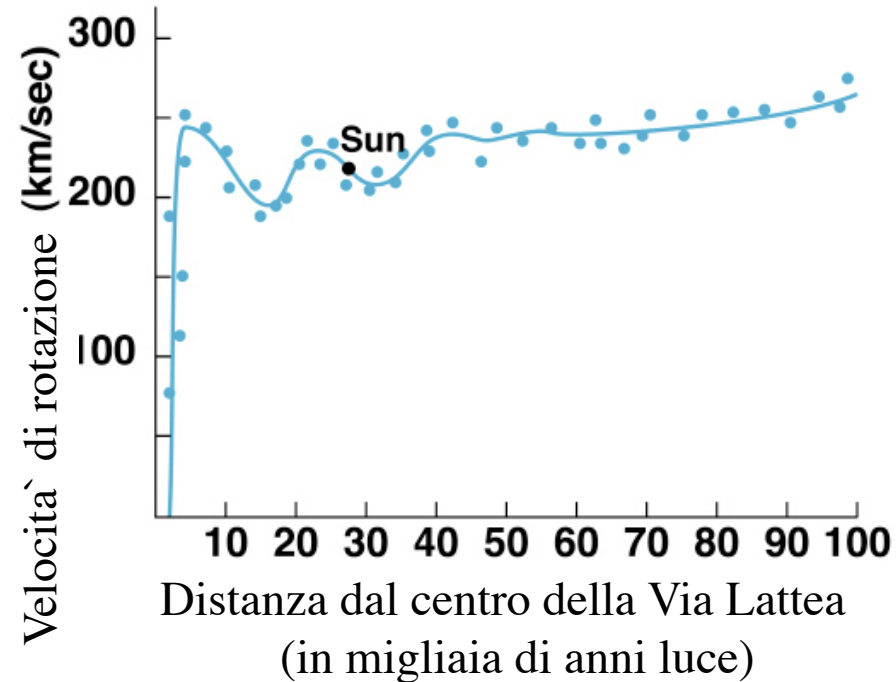
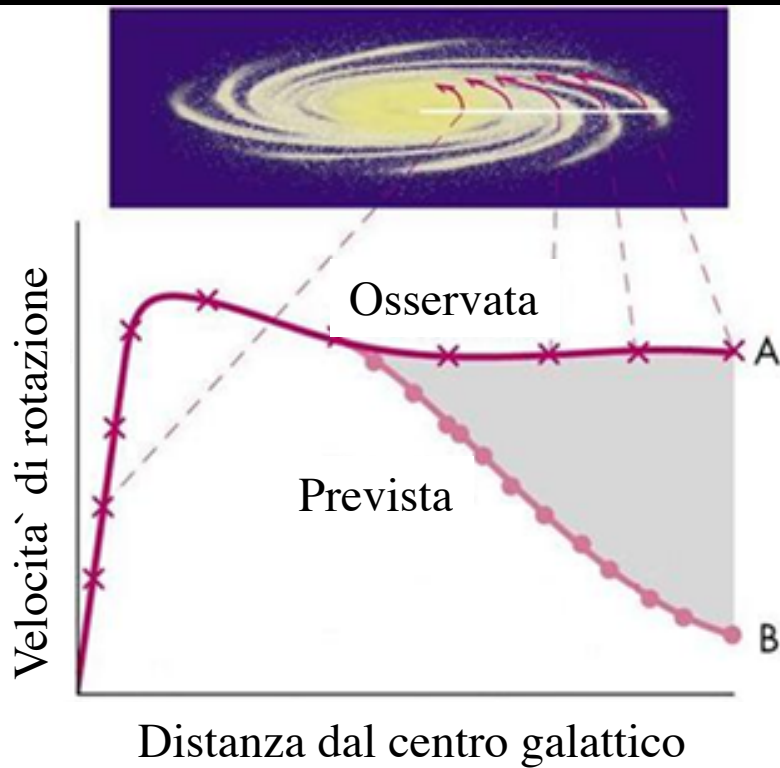
$$\langle v^2 \rangle \approx \frac{GM_{gal}}{R_{gal}}$$

Curve di rotazione delle Spirali: misurare la Massa delle Galassie



$$\langle v^2 \rangle \approx \frac{GM_{gal}}{R_{gal}}$$

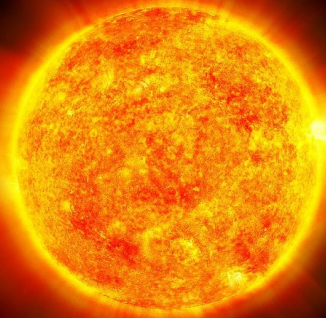
Curve di rotazione delle Spirali: misurare la Massa delle Galassie



La massa ottenuta dalla somma delle stelle non basta a spiegare i moti osservati: c'è altro!

$$\langle v^2 \rangle \approx \frac{GM_{gal}}{R_{gal}}$$

La Materia Oscura



Massa del Sole = $M_{\odot} \sim 10^{33}$ g

Luminosità del Sole = $L_{\odot} \sim 10^{33}$ erg/s

$$\frac{M_{\odot}}{L_{\odot}} = 1$$

Se calcoliamo il rapporto della Massa Totale (misurata dalle curve di luce) e della Luminosità Stellare (Massa dovuta alle stelle) di una Spirale troviamo:

$$\frac{M_{Sp}}{L_{Sp}} \sim 10 \frac{M_{\odot}}{L_{\odot}}$$



La Materia Oscura

La Materia Oscura obbedisce alla sola forza di gravità, non interagisce con la materia normale (gli atomi)

Si vede per i suoi effetti dinamici.

E' nota dal 1937 (Zwicky)...



Dov'è la
materia ???

Zwicky

La Materia Oscura

La Materia Oscura obbedisce alla sola forza di gravità, non interagisce con la materia normale (gli atomi)

Si vede per i suoi effetti dinamici.

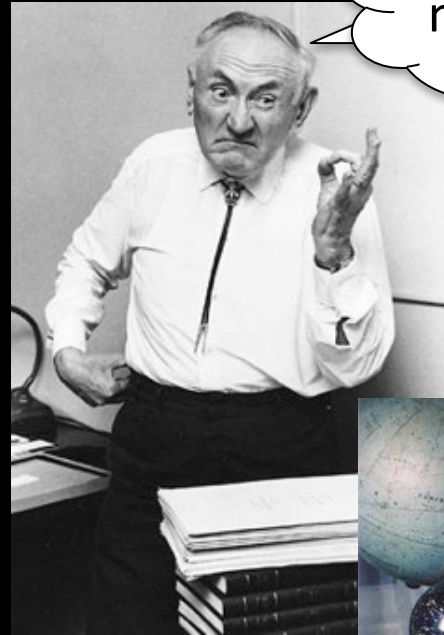
E' nota dal 1937 (Zwicky)...

Confermata negli anni '70 (Rubin)

E' stimata essere ~ 85% di tutta la Materia esistente nell'Universo,...

ma ancora oggi...2019....

Nessuno sa (ancora) cosa sia!

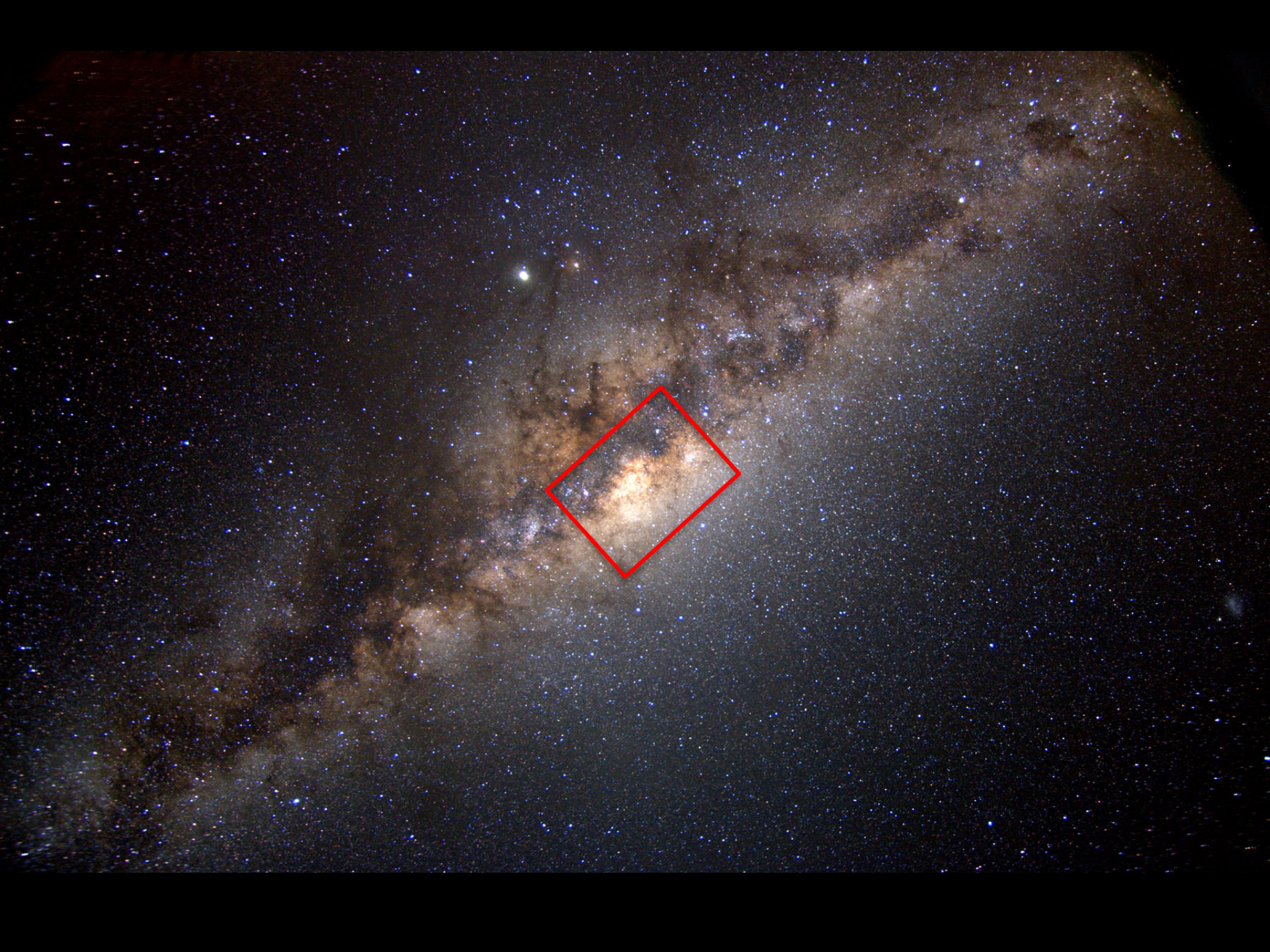


Dov'è la
materia ???

Zwicky

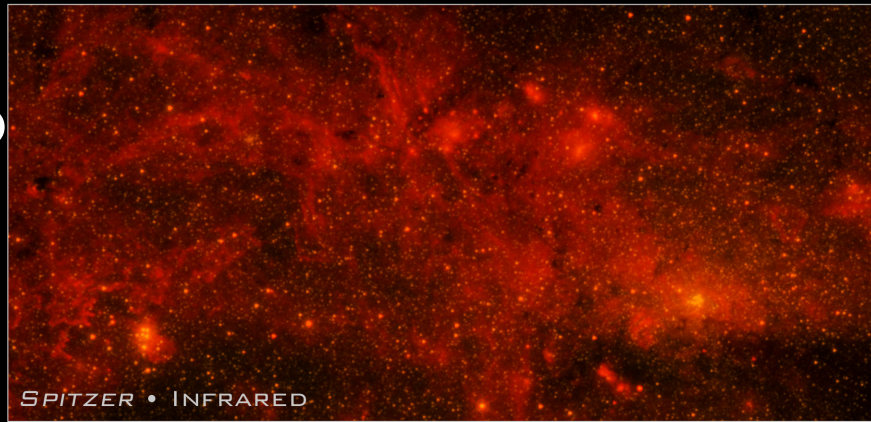
Rubin



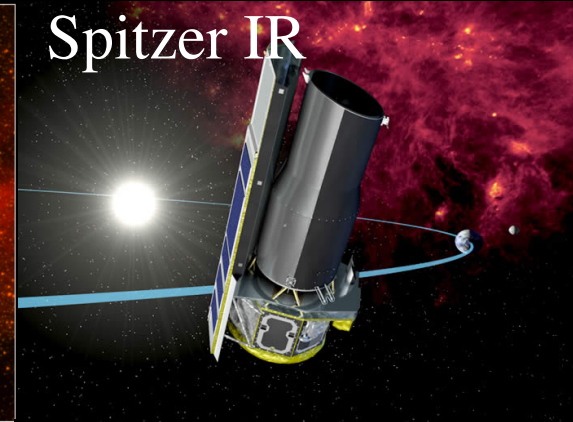


InfraRosso

stelle appena nate
gas + polvere

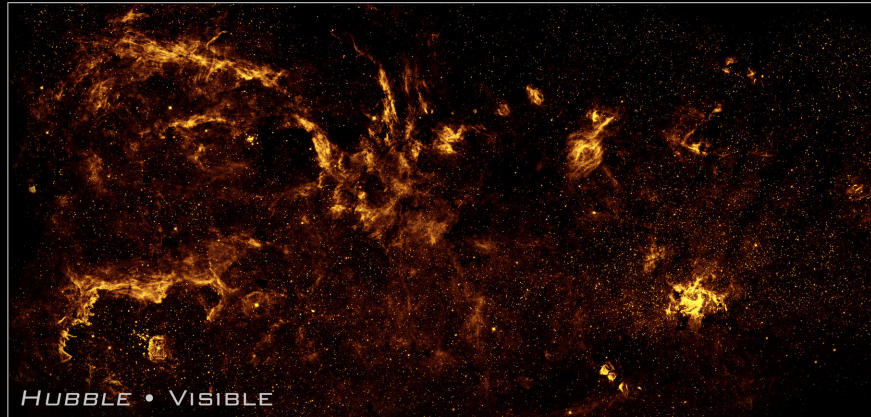


Spitzer IR



Visibile

archi da venti
stellari



HST



Raggi X

Stelle di neutroni
piccoli BH
Gas caldissimo



Chandra X

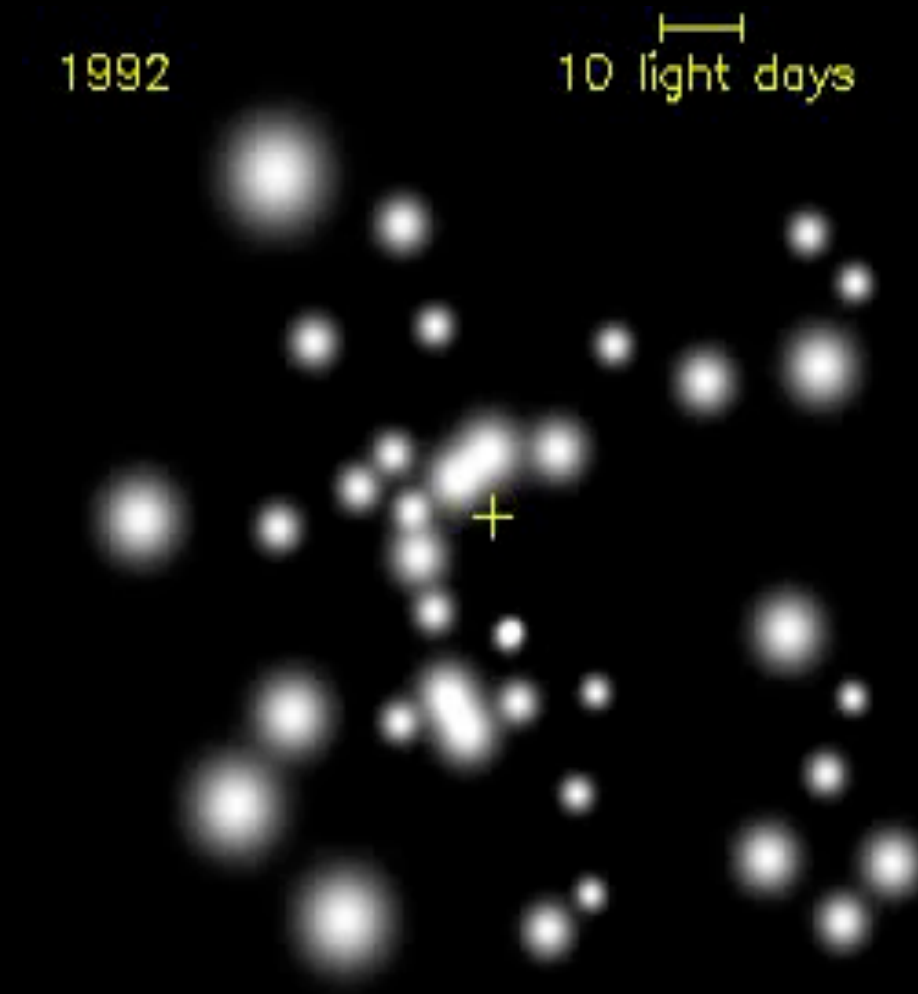


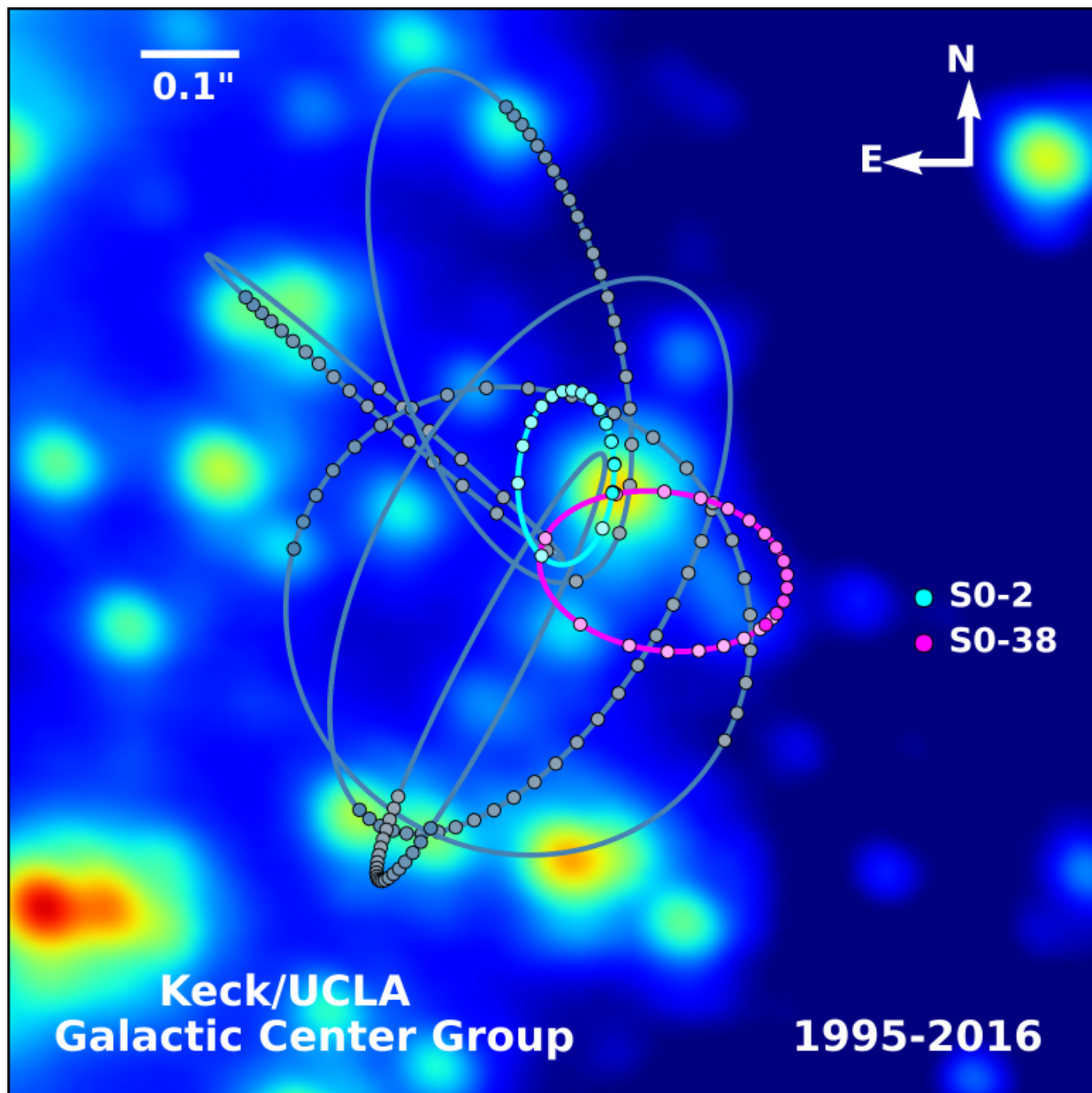


**il Centro Galattico
(26.000 a.l. dal Sole)**

Sagittario A e` qui

I moti delle stelle attorno a Sagittario A





Buco Nero Galattico Supermassiccio (SMBH)



Al centro della Via Lattea,
ha una **massa di ~ 4 milioni di soli** ($4 \times 10^6 M_{\odot}$)

Siamo pronti a dare una definizione di Galassia



- **Definizione:**

Grande insieme di stelle, gas e polveri, tenuti assieme dalla forza di gravità

- **Quante stelle?**

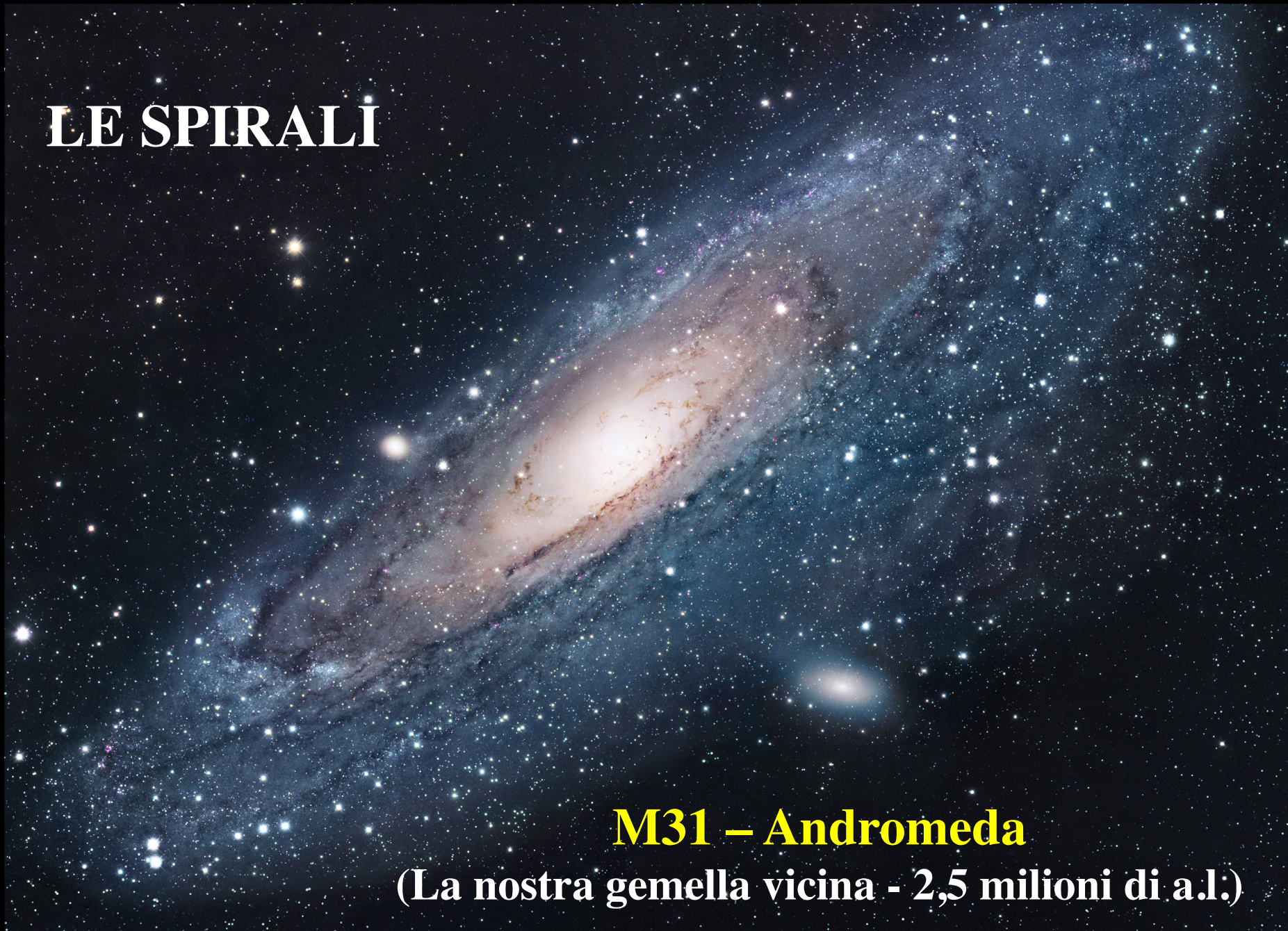
Da poche decine di milioni sino alle galassie giganti, con mille miliardi di stelle

- **Dimensioni:**

Oggetti enormi, con diametri compresi fra ~ 30.000 - 300.000 a.l.

Le altre Galassie

LE SPIRALI



M31 – Andromeda

(La nostra gemella vicina - 2,5 milioni di a.l.)

LE SPIRALI

Disco



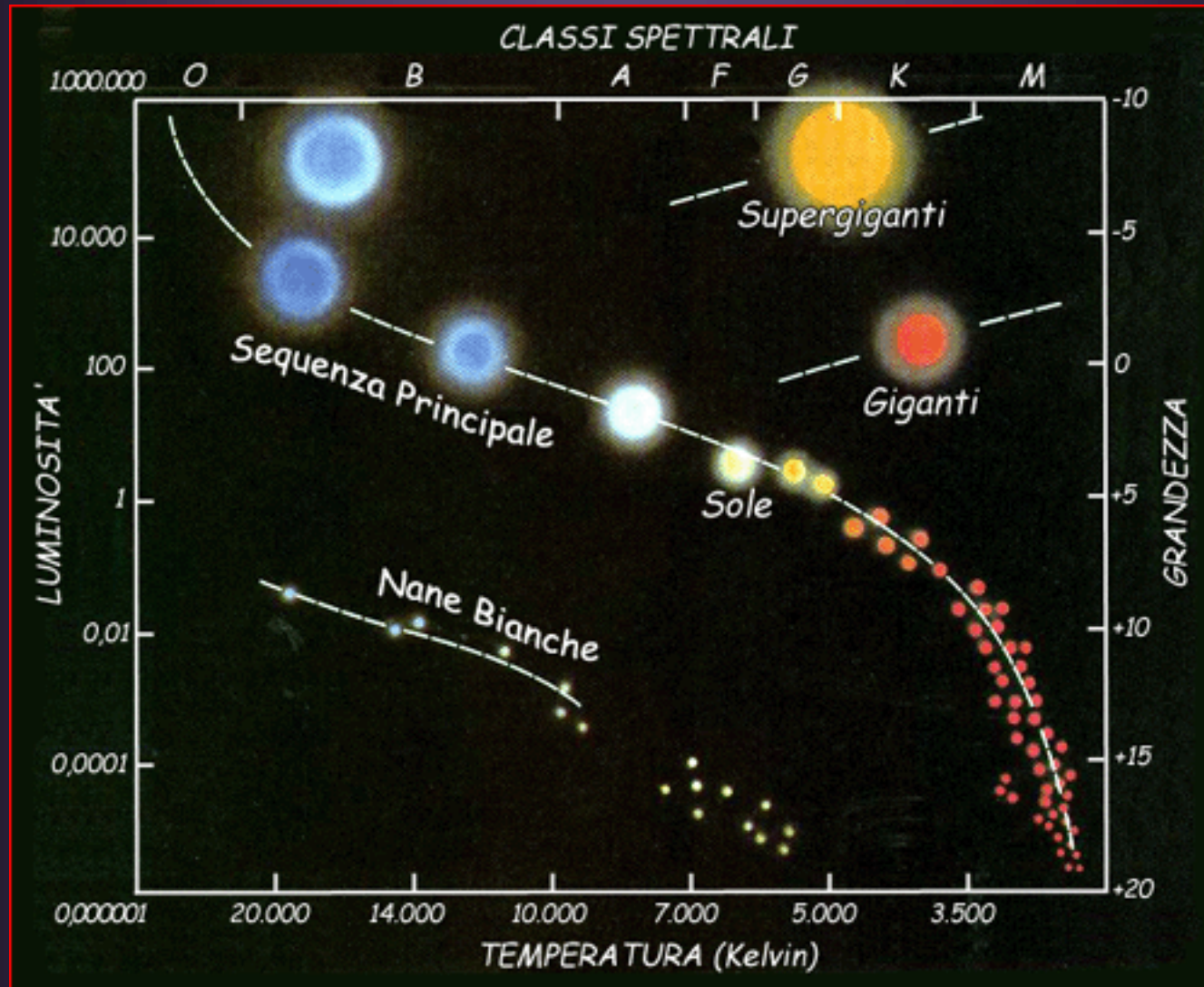
- Disco di stelle con presenza di molto gas (H) e polveri;
- Orbite stellari ordinate (circolari)
- Continua Formazione Stellare;
- Colore BLU

Struttura a Spirale



SPIRALI ~ 61%
del totale delle
Galassie nell'
Universo

“Piccolo” Inciso: Stelle ROSSE e Stelle BLU





M51 - Girandola



ESO 243-49 - Splendida Spirale di taglio

NGC 1365 – la Grande Spirale Barrata





NGC 1300 – “Grand-design”:

La Spirale dentro la Spirale

M104 – Galassia Sombrero

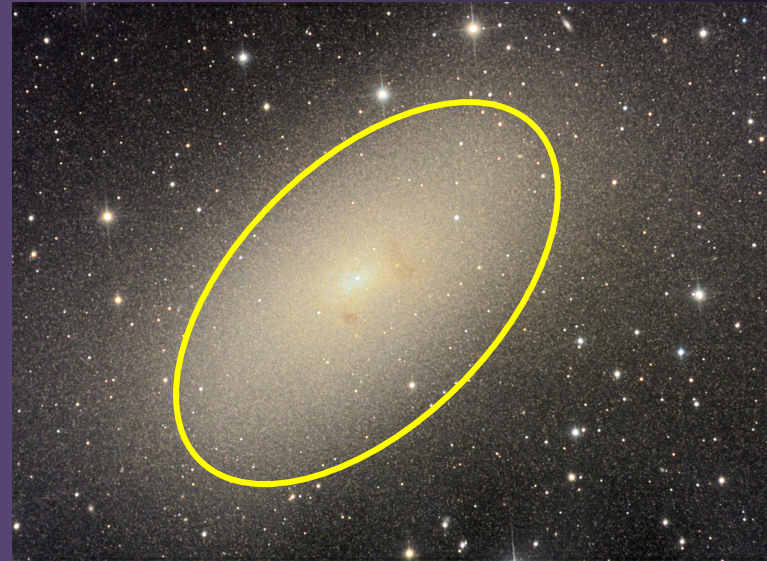
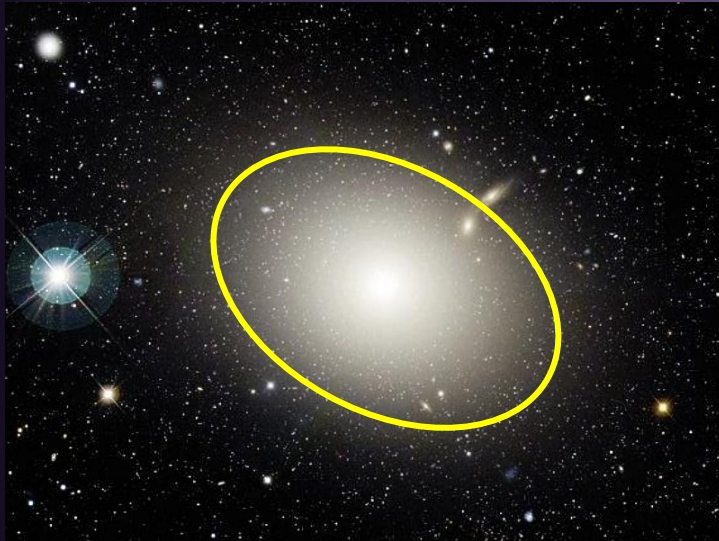


LE ELLITTICHE

The background of the slide is a high-resolution astronomical image of the universe. It features a vast field of galaxies, with a prominent concentration of elliptical galaxies. These galaxies appear as bright, glowing, and often elongated or circular structures of varying sizes. They are scattered across the dark, star-filled sky. Some galaxies are very close and large, while others are tiny specks in the distance. The overall color palette is dominated by the white and yellowish light of the galaxies, contrasted against the deep black of space, which is peppered with smaller, distant stars and fainter galaxy clusters.

LE ELLITTICHE

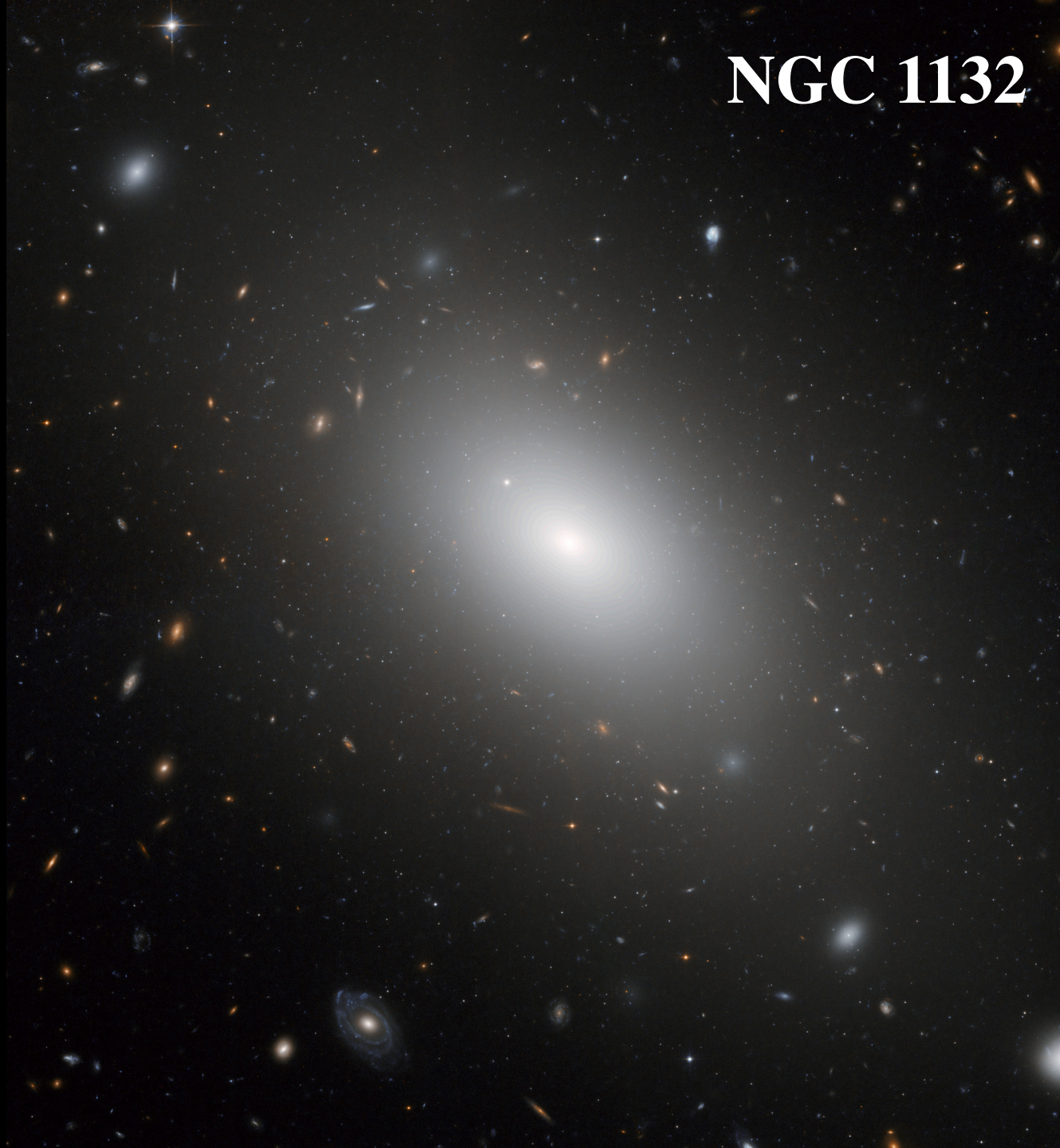
Struttura Ellissoidale

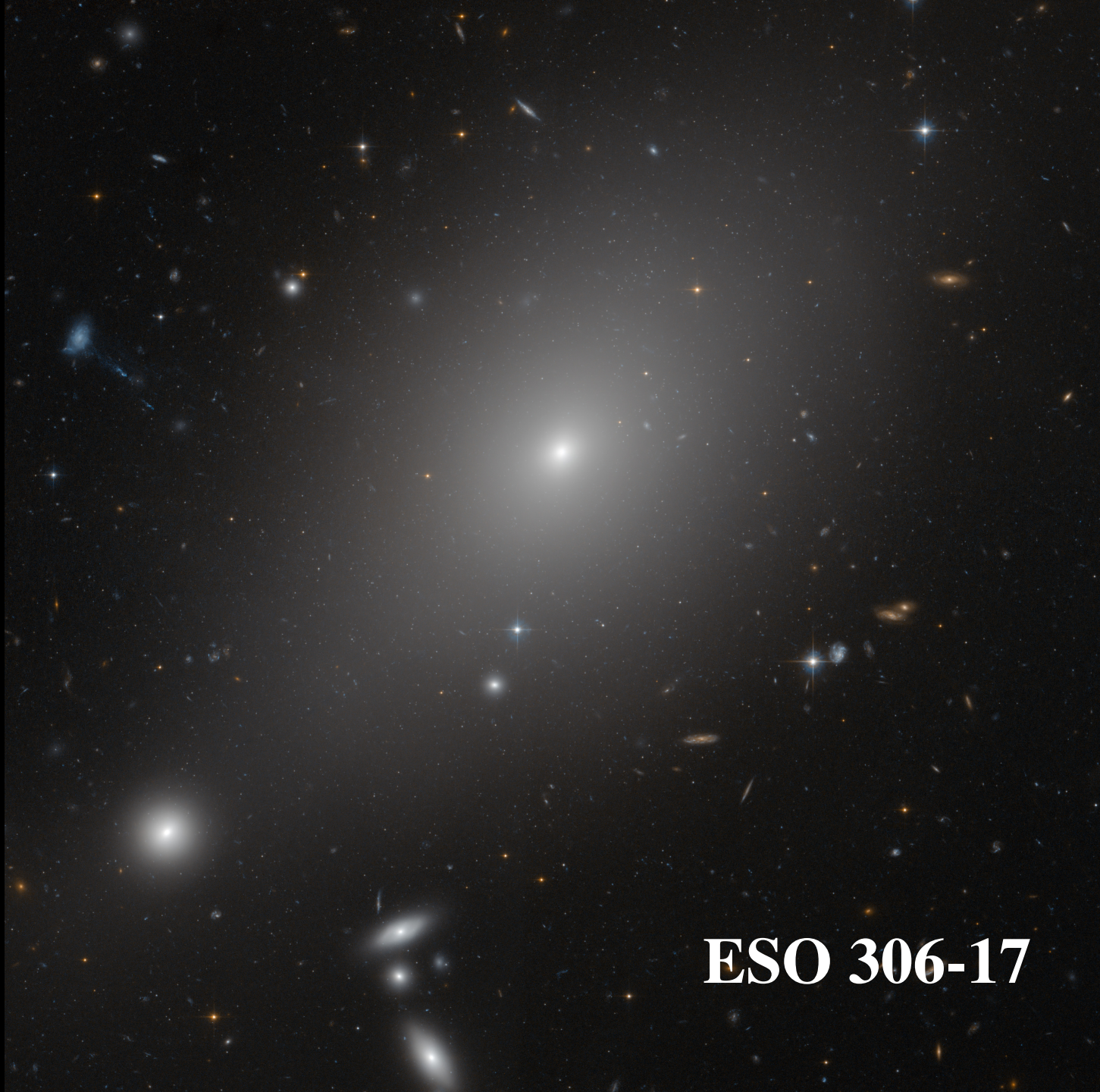


- **Elissoidi triassiali**
(quasi) privi di gas e polveri
- **Orbite stellari disordinate**
- **Formazione Stellare**
assente (quiescenti/passive)
- **Colore ROSSO**

ELLITTICHE ~ 13%
del totale delle Galassie
nell' Universo

NGC 1132





ESO 306-17

LE LENTICOLARI o S0

IC 335

LE LENTICOLARI o S0

Caratteristiche intermedie



- Simili alle Ellittiche pero': presenza di tenue disco di stelle e polveri
- Orbite stellari miste
- Bassa Formazione Stellare
- Colore intermedio-ROSSO

S0 ~ 22% del totale
delle Galassie nell'
Universo

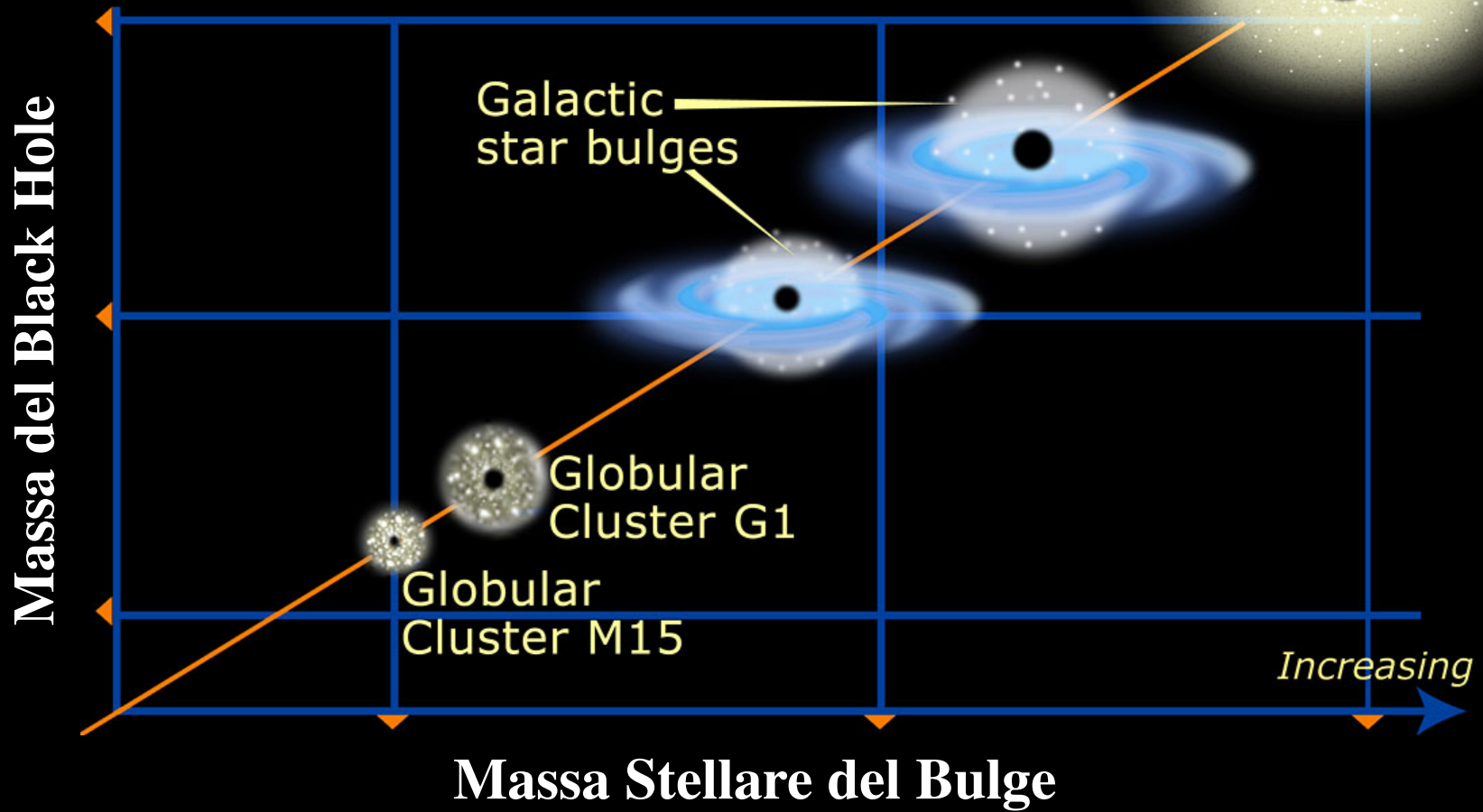
NGC 524 – S0





NGC 5866 – S0

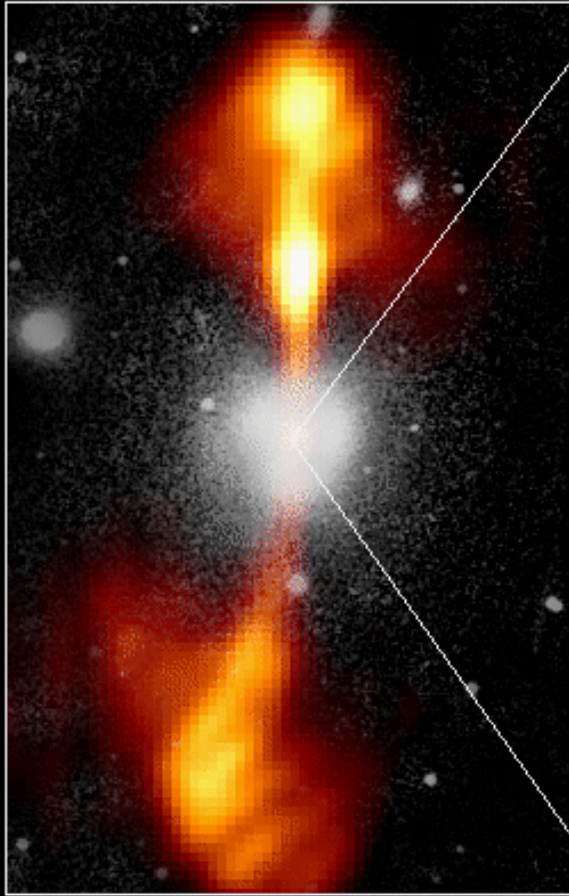
Relazione tra Massa del Buco Nero e Massa Stellare della Galassia



Massa SMBH $\sim 1/1000$ della Massa del Bulge

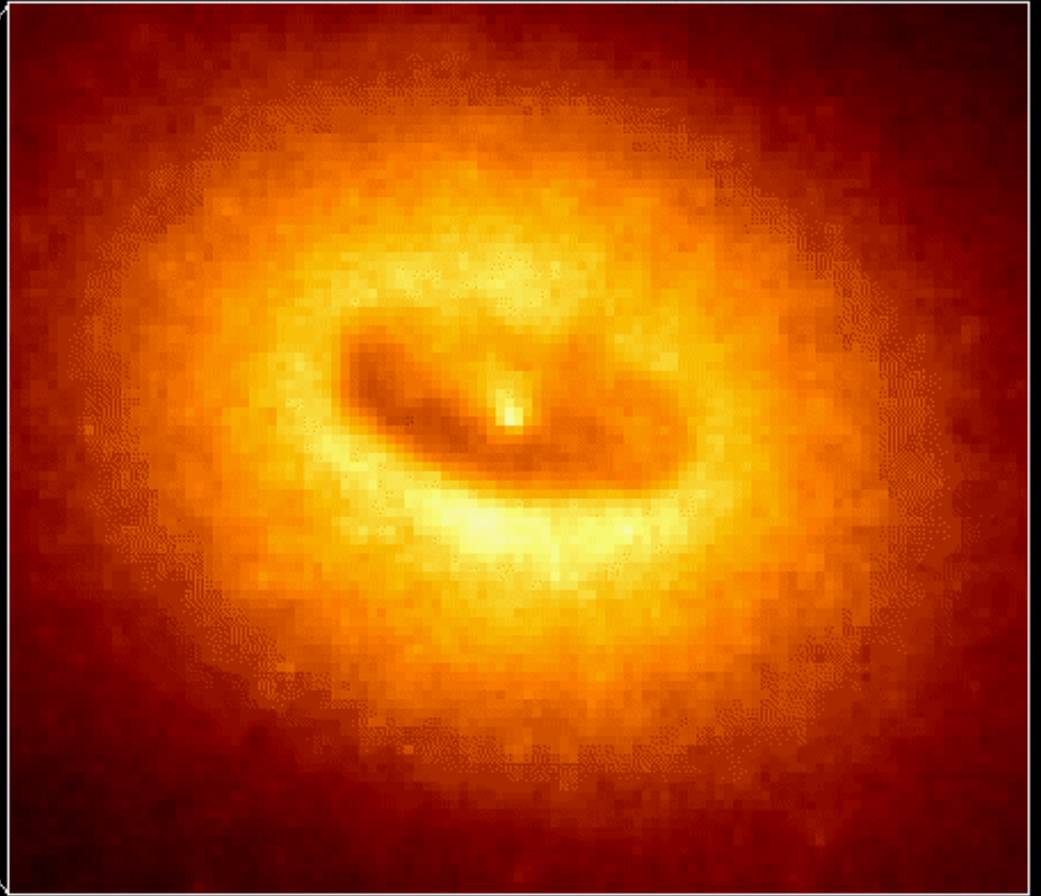
Centro di NGC4261 – Disco attorno al SMBH

Ground-Based Optical/Radio Image



380 Arc Seconds
88,000 LIGHTYEARS

HST Image of a Gas and Dust Disk



17 Arc Seconds
400 LIGHTYEARS

Relazione Massa del Bulge e Massa del SMBH: superventi che spazzano il gas dal centro delle galassie



NGC 1427A

LE IRREGOLARI

- Apparenza caotica (ne` Sp ne` E)
- con gas, polvere e
- stelle giovani

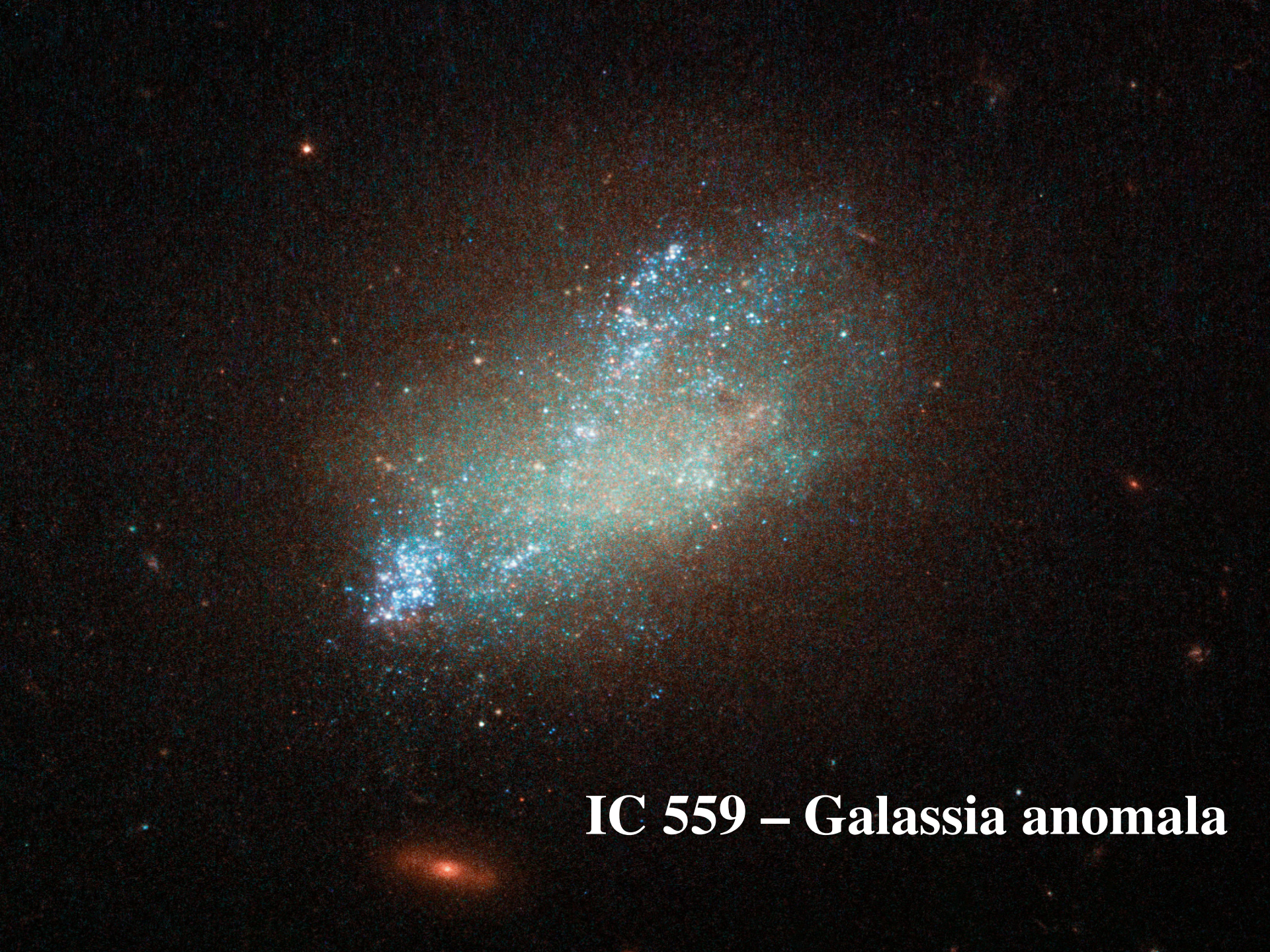
Irr ~ 4% del totale delle
Galassie nell' Universo



**Le Nubi di Magellano:
le nostre galassie satellite
nane e irregolari**



**Le Nubi di Magellano:
le nostre galassie satellite
nane e irregolari**



IC 559 – Galassia anomala



ESO 540-030 –
Uno sciame di deboli stelle
(e galassie di ogni tipo sullo sfondo)

Galassie

- **Quante Galassie nell'Universo?**
Piu' di 100 miliardi (10^{11})

- **Cosa c'è tra le galassie?**
Tenue gas con densità inferiore
ad un atomo al metro cubo



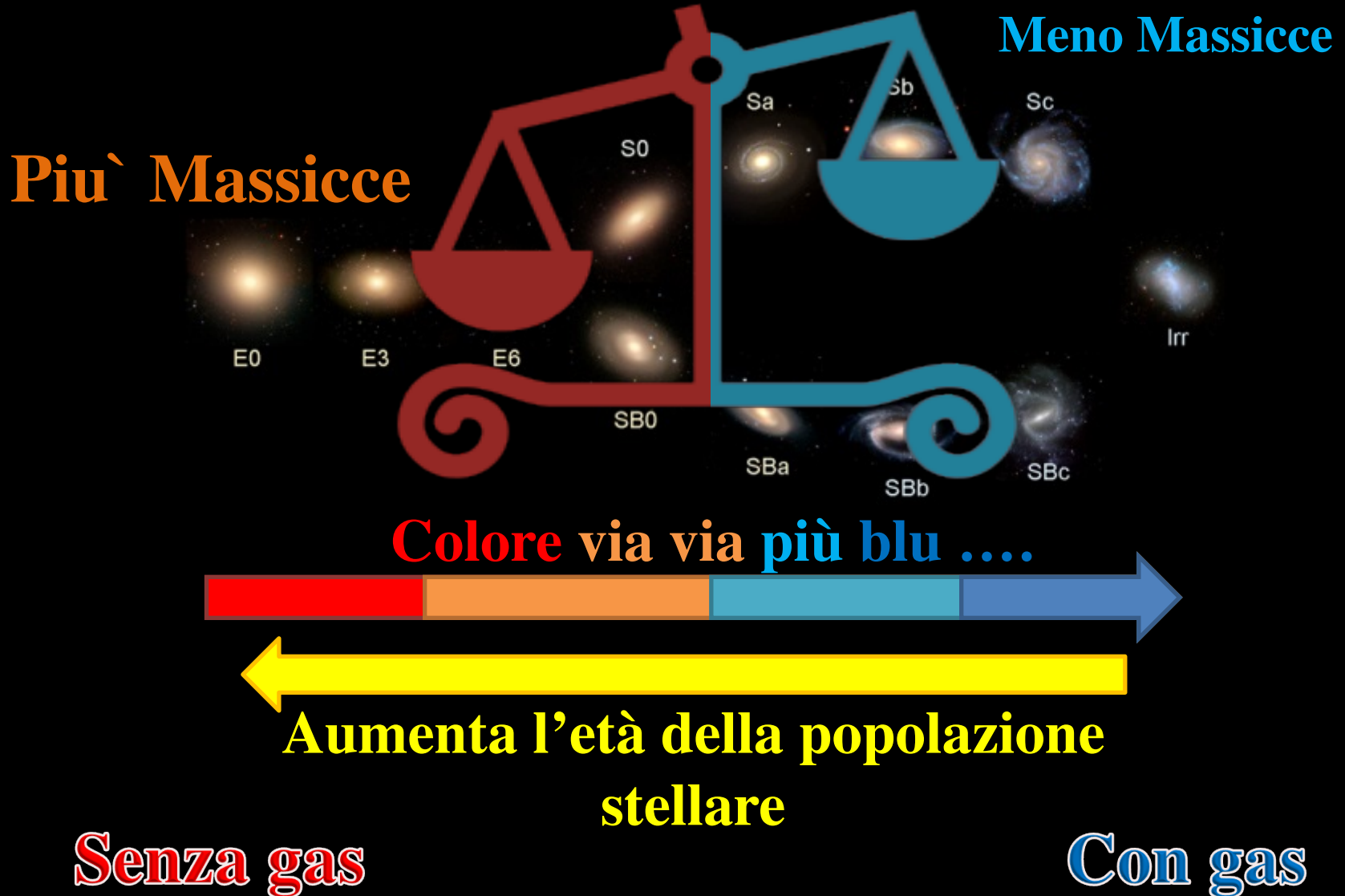
Campo profondo osservato da Hubble

Diagramma (“a forchetta”) di Hubble



**Classificazione Morfologica delle Galassie:
non è una sequenza evolutiva!**

Diagramma di Hubble



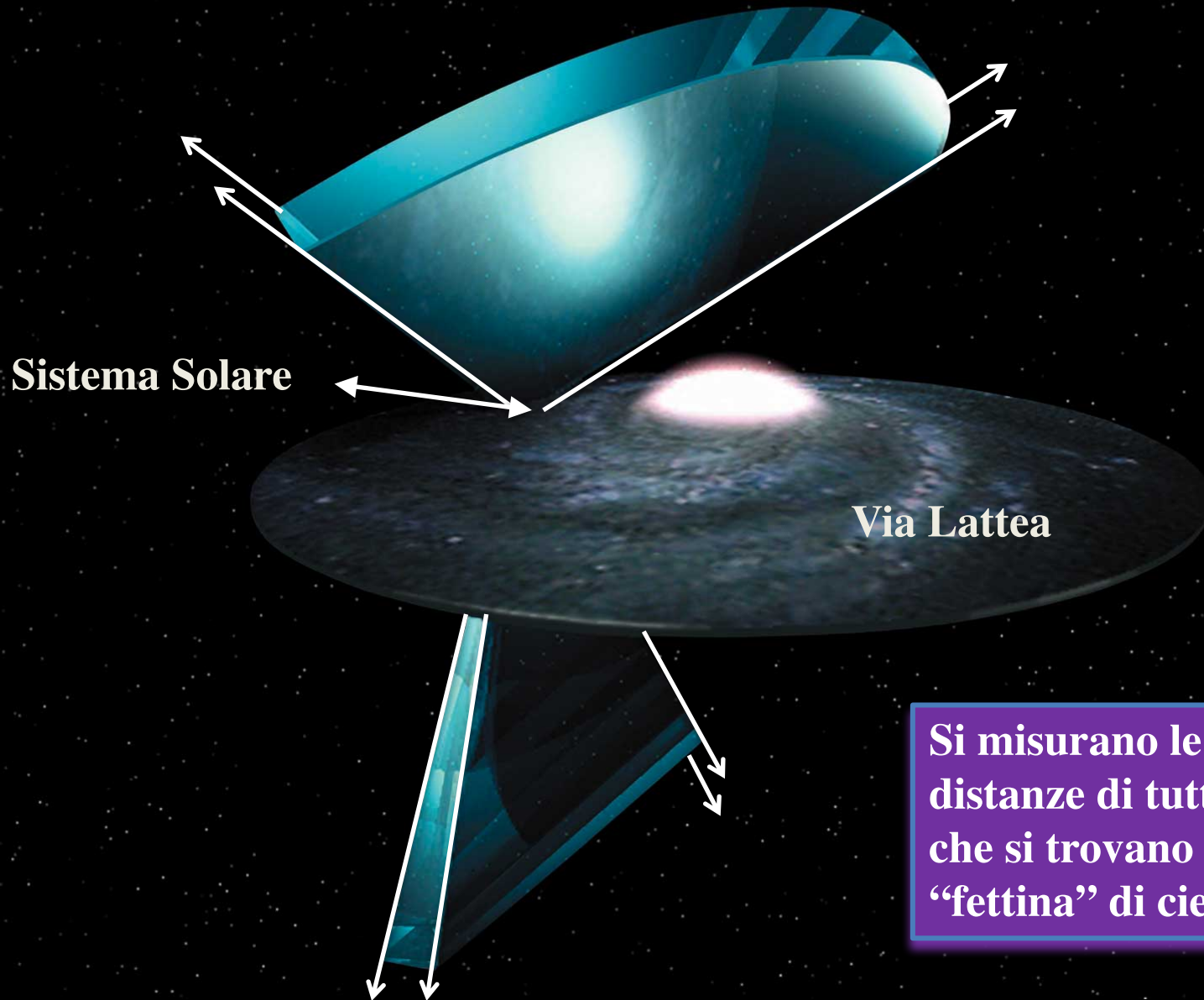
La Morfologia delle galassie é legata all'AMBIENTE



1. Nell' Universo esistono zone molto dense e zone meno dense di galassie
2. Galassie di tipo diverso stanno in zone diverse dell'Universo



Le Campagne osservative (survey) sulle Galassie:

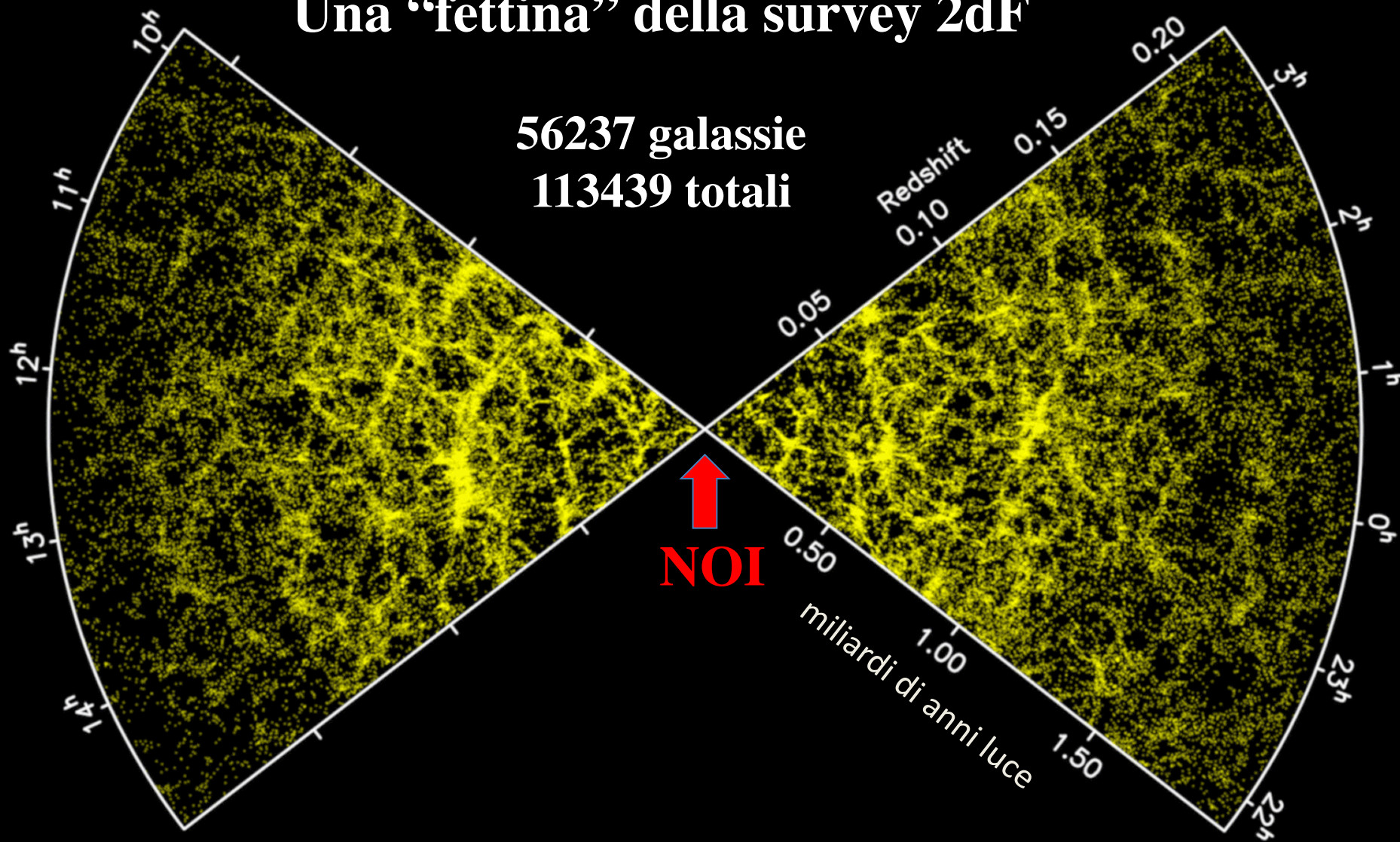


Si misurano le posizioni e le distanze di tutte le galassie che si trovano entro una “fettina” di cielo

Una “fettina” della survey 2dF

56237 galassie
113439 totali


NOI



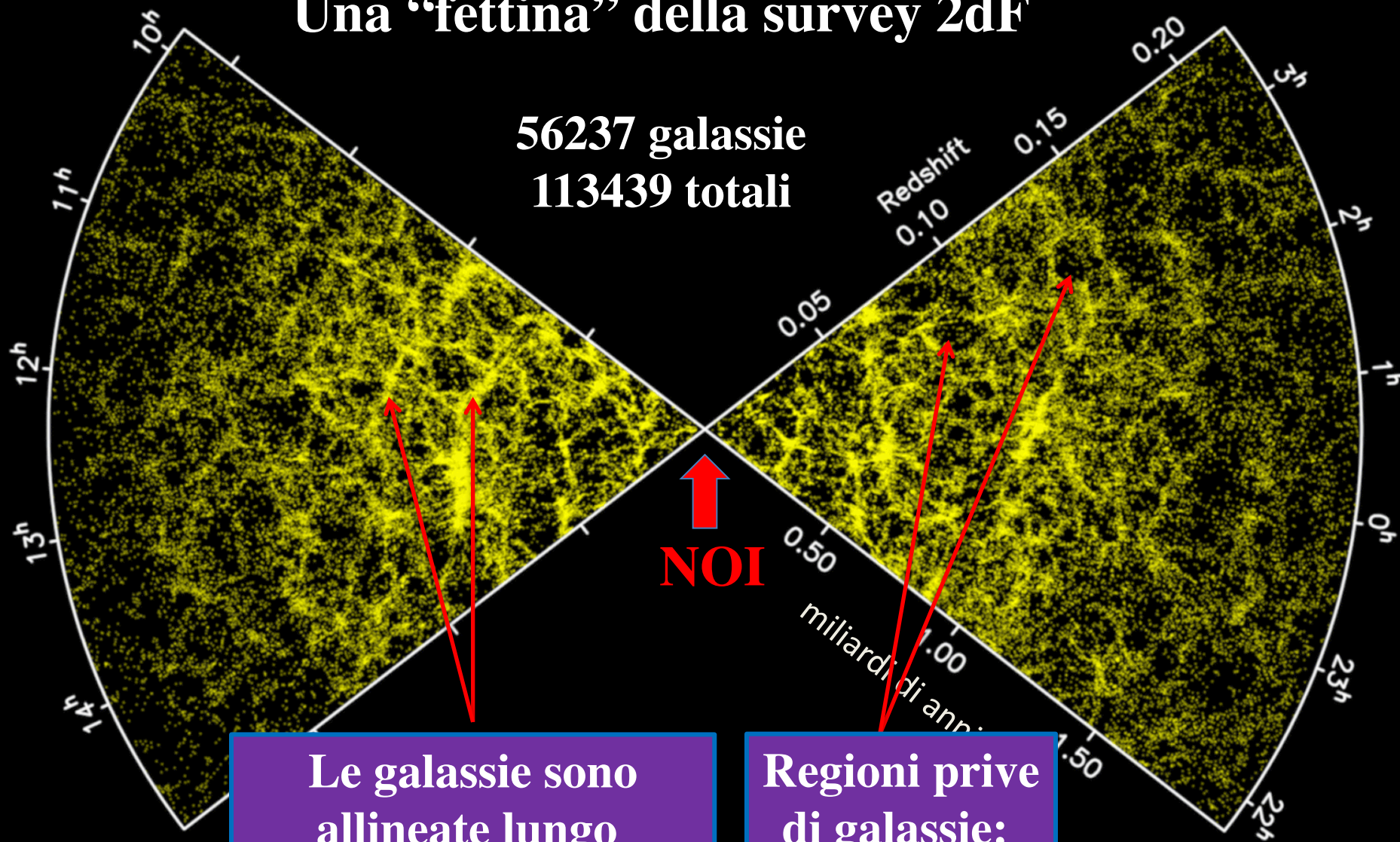
Una “fettina” della survey 2dF

56237 galassie
113439 totali

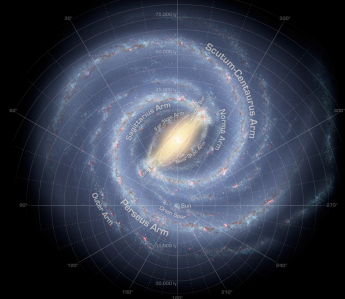
NOI

Le galassie sono
allineate lungo
“Filamenti” o “Muri”

Regioni prive
di galassie:
i “Vuoti”



Galassie isolate



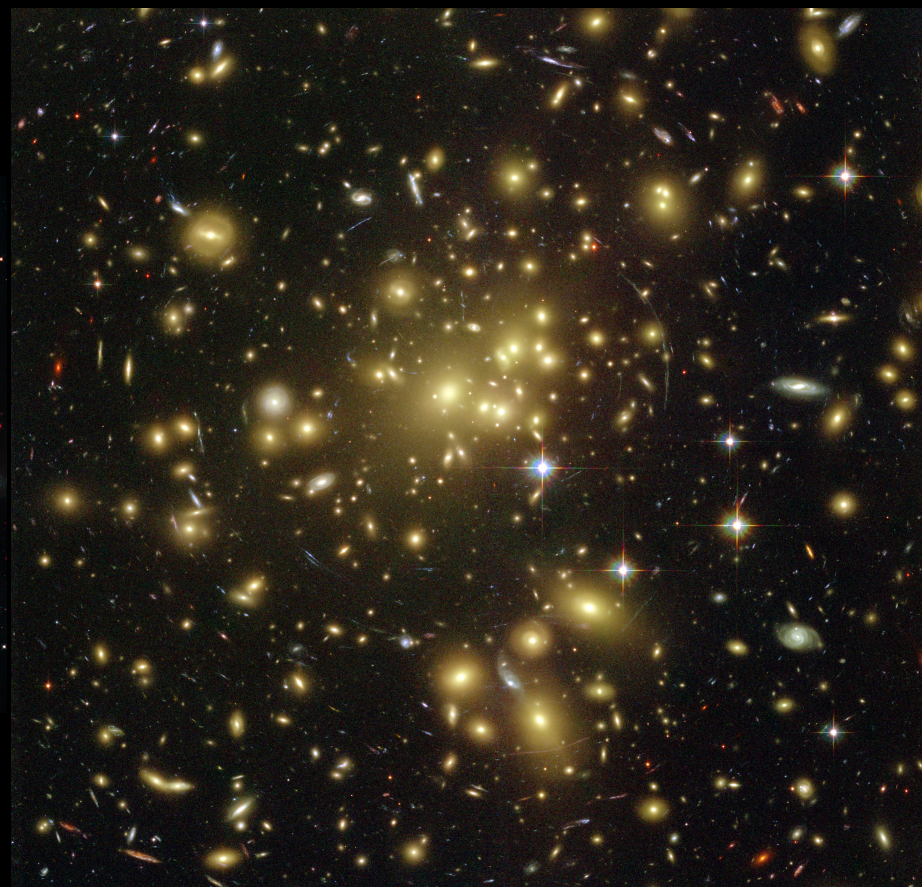
100 mila a.l.

Gruppi



3 milioni a.l.

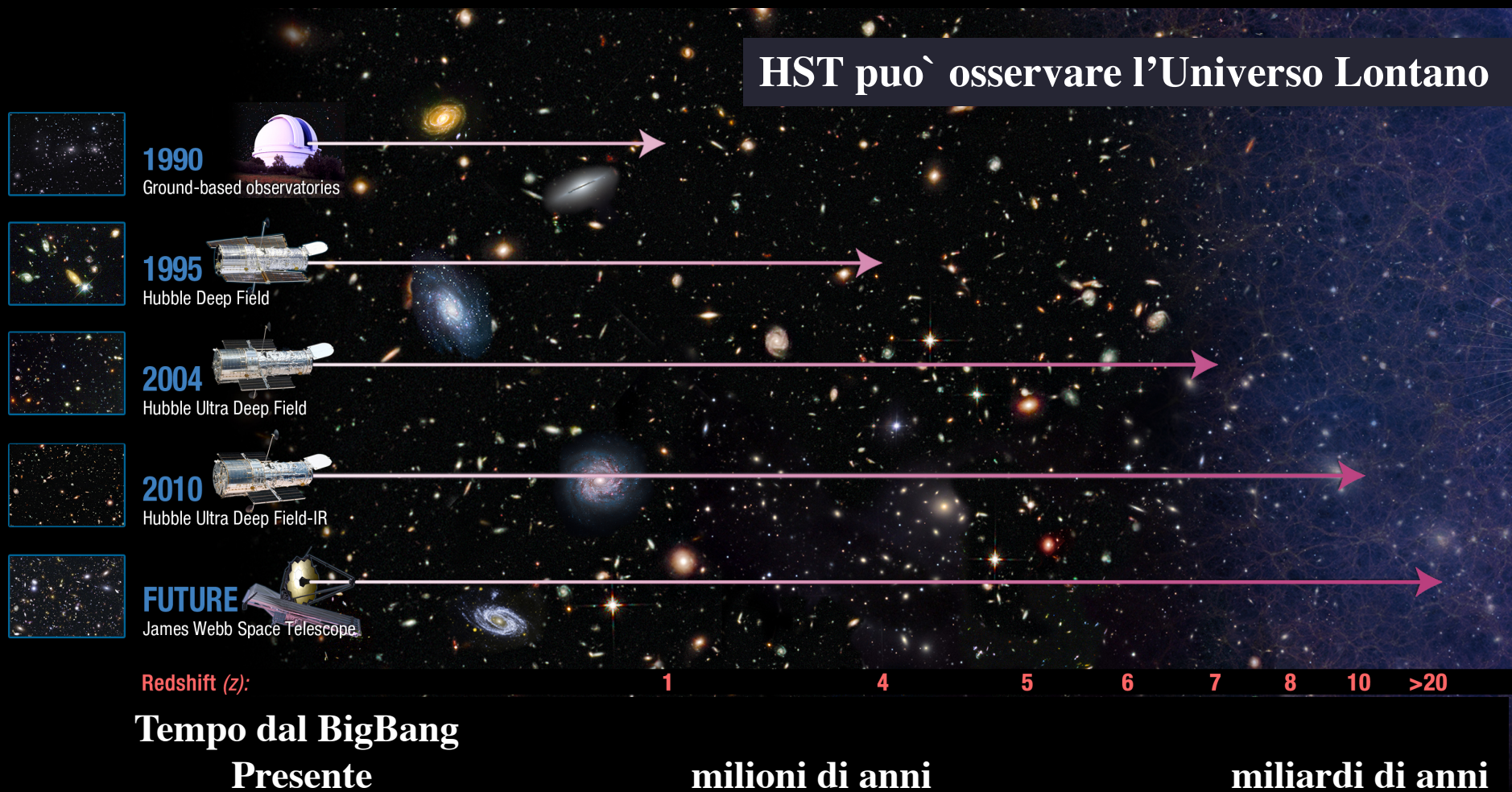
Ammassi



20 milioni a.l.

Come si sono formate le galassie?

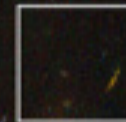
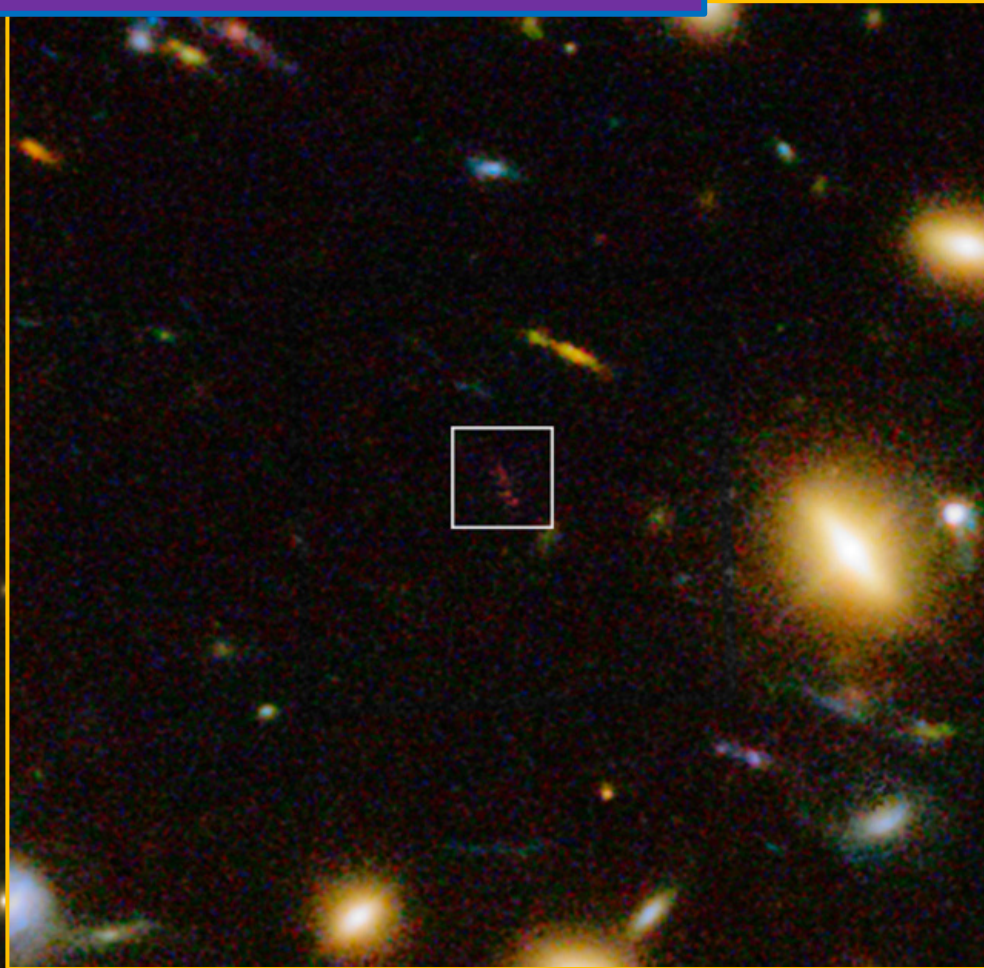
per rispondere dobbiamo osservare l'Universo piu' lontano



Quando si è formata
l'Universo aveva 400 mila anni
(oggi ne ha 13,8 miliardi)

A1698 (HST)

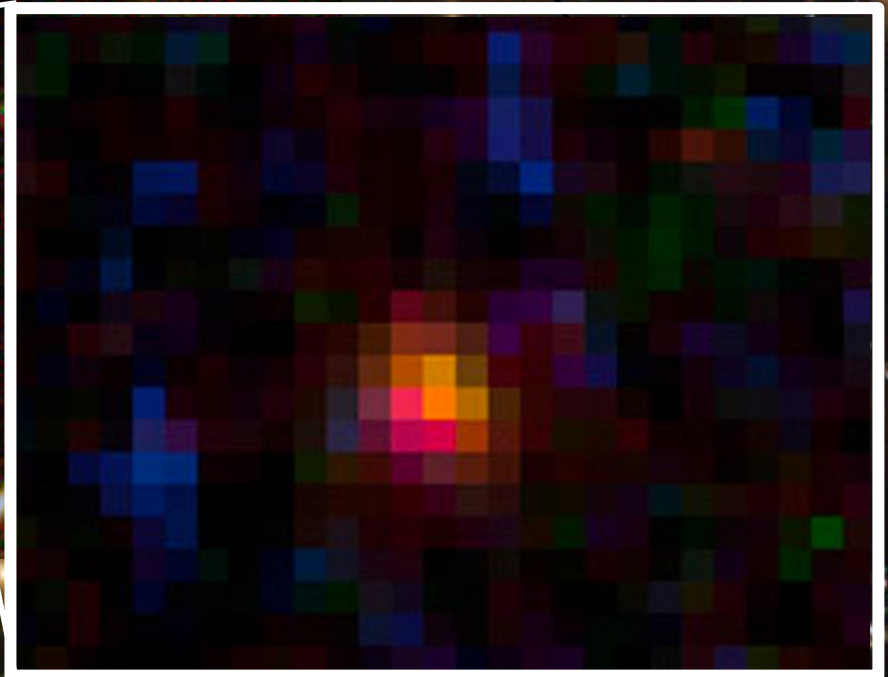
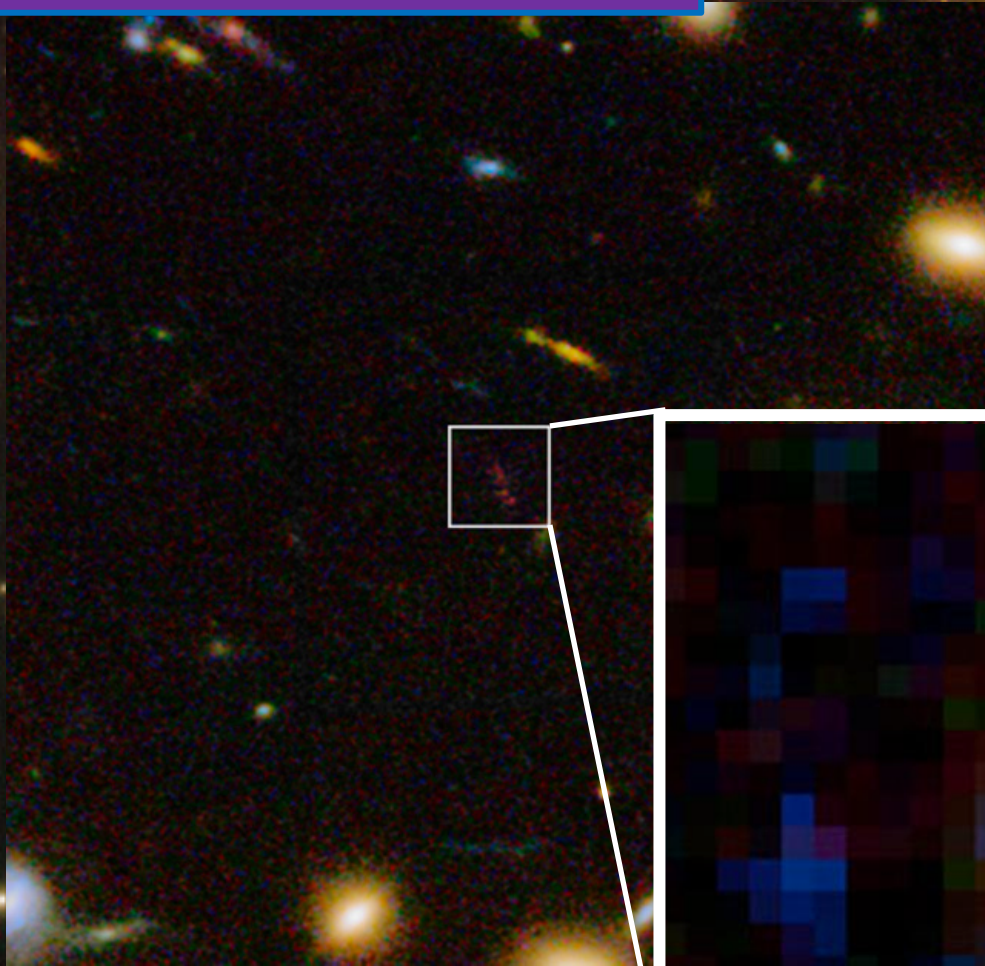
GN-z11 $z \sim 11$
1 marzo 2016



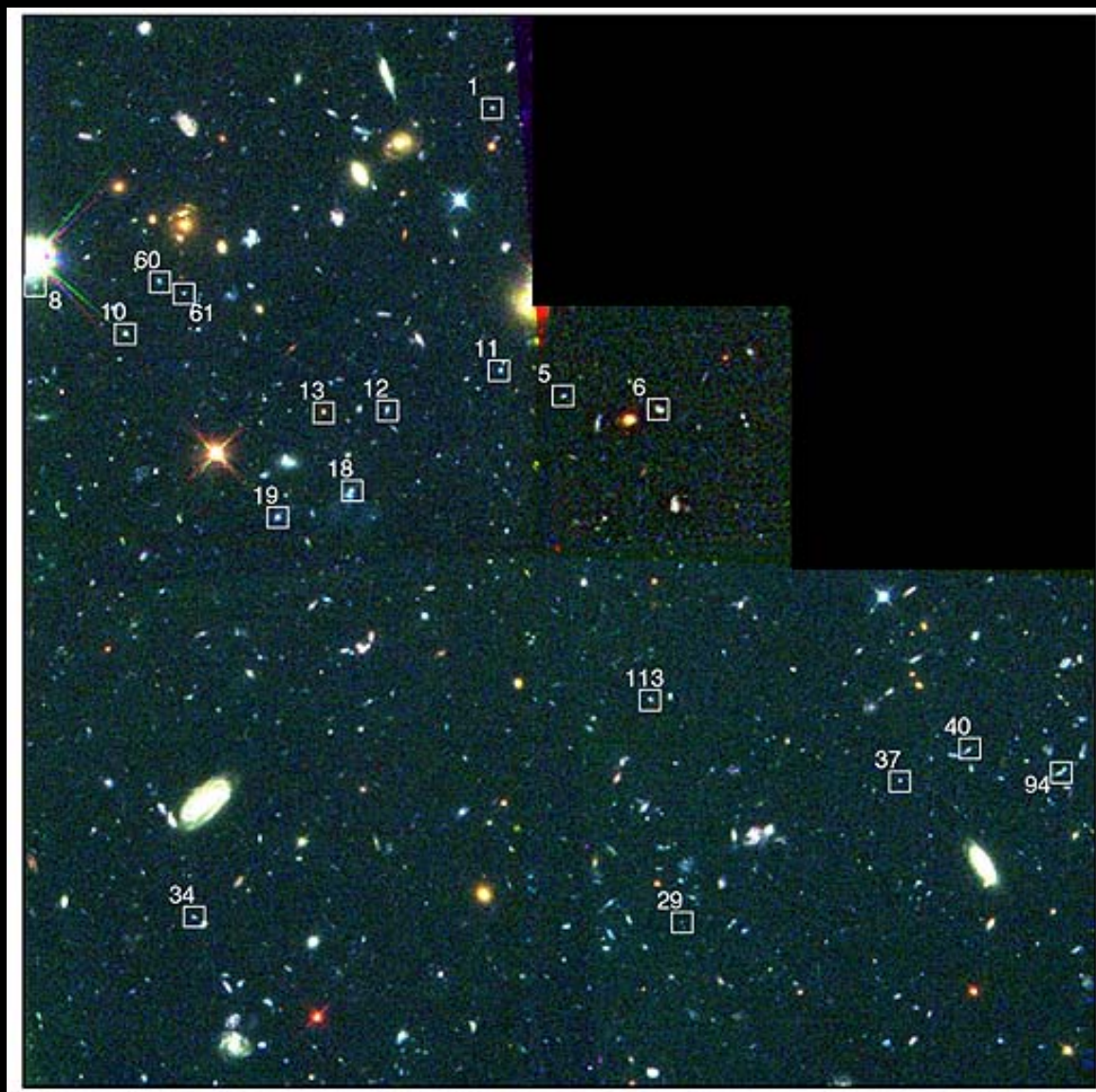
Quando si è formata
l'Universo aveva 400 mila anni
(oggi ne ha 13,8 miliardi)

A1698 (HST)

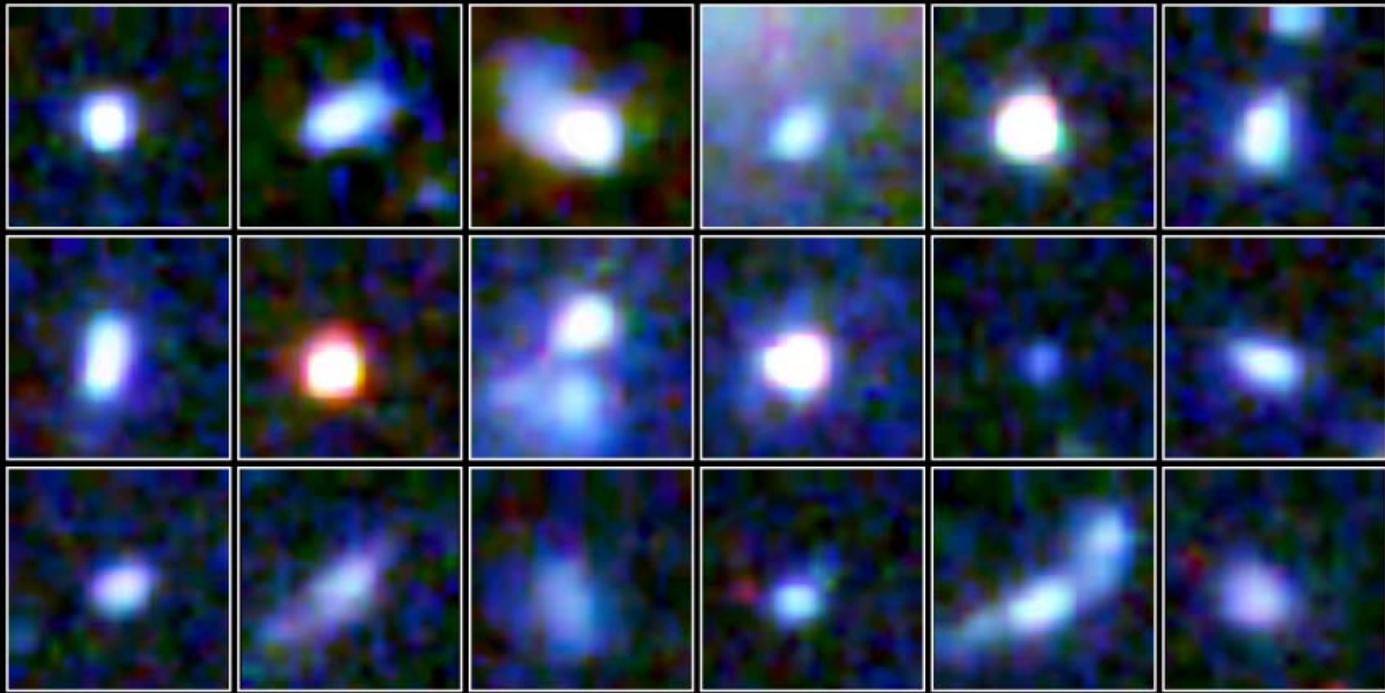
GN-z11 $z \sim 11$
1 marzo 2016



HST ha osservato i “semi” che hanno formato le Galassie



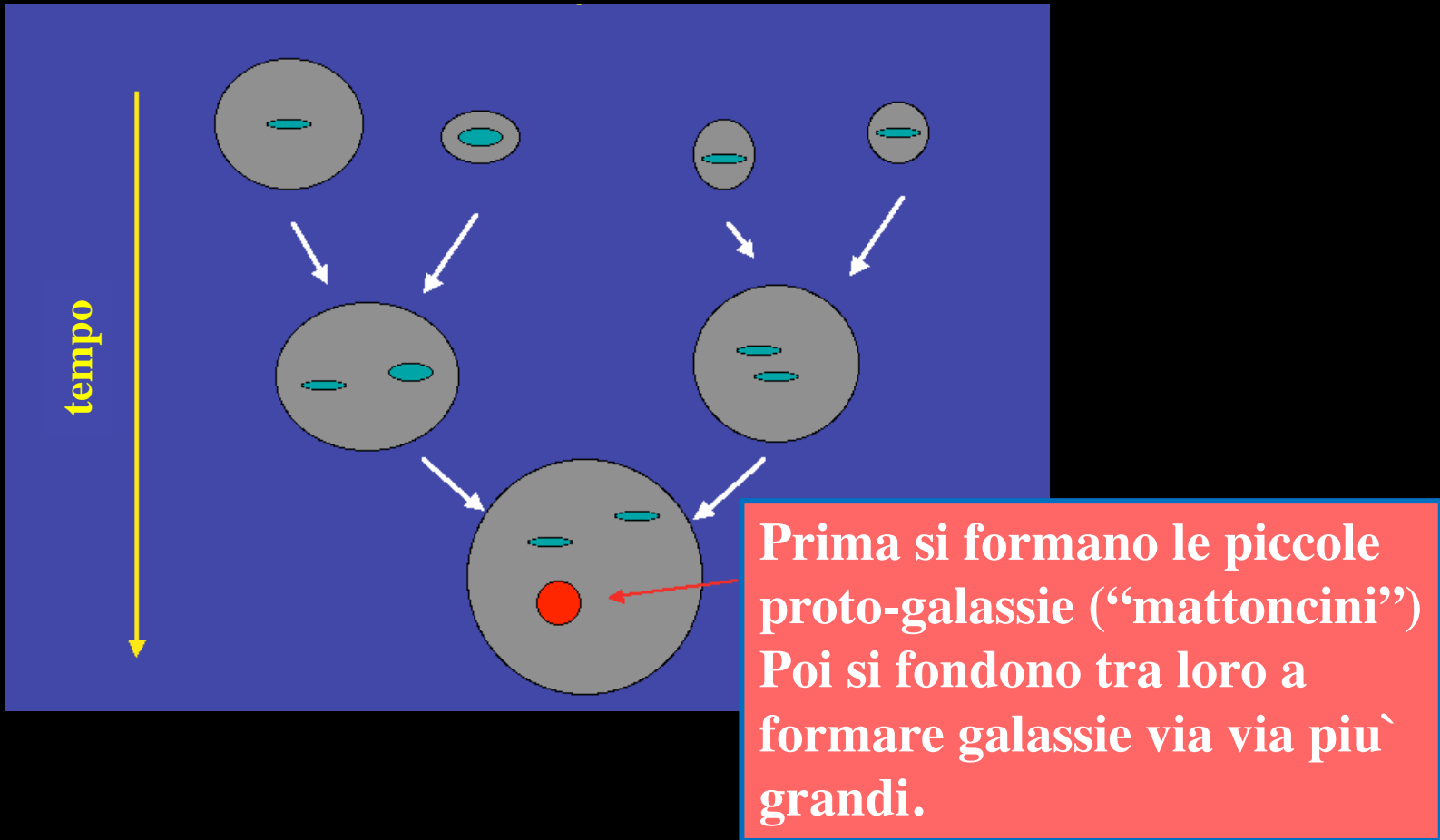
18 oggetti di dimensioni sub-galattiche a 11 miliardi di a.l.



- **Piccoli oggetti (~2-3 mila a.l. di diametro) oggetti blu a 11 miliardi di anni luce (Universo giovanissimo)**
 - **Ognuno contenente vari milioni di stelle giovani**
- ➔ si pensa che questi siano gli oggetti che, fondendosi sotto l'azione della forza di gravita`, hanno formato le grandi galassie di oggi.

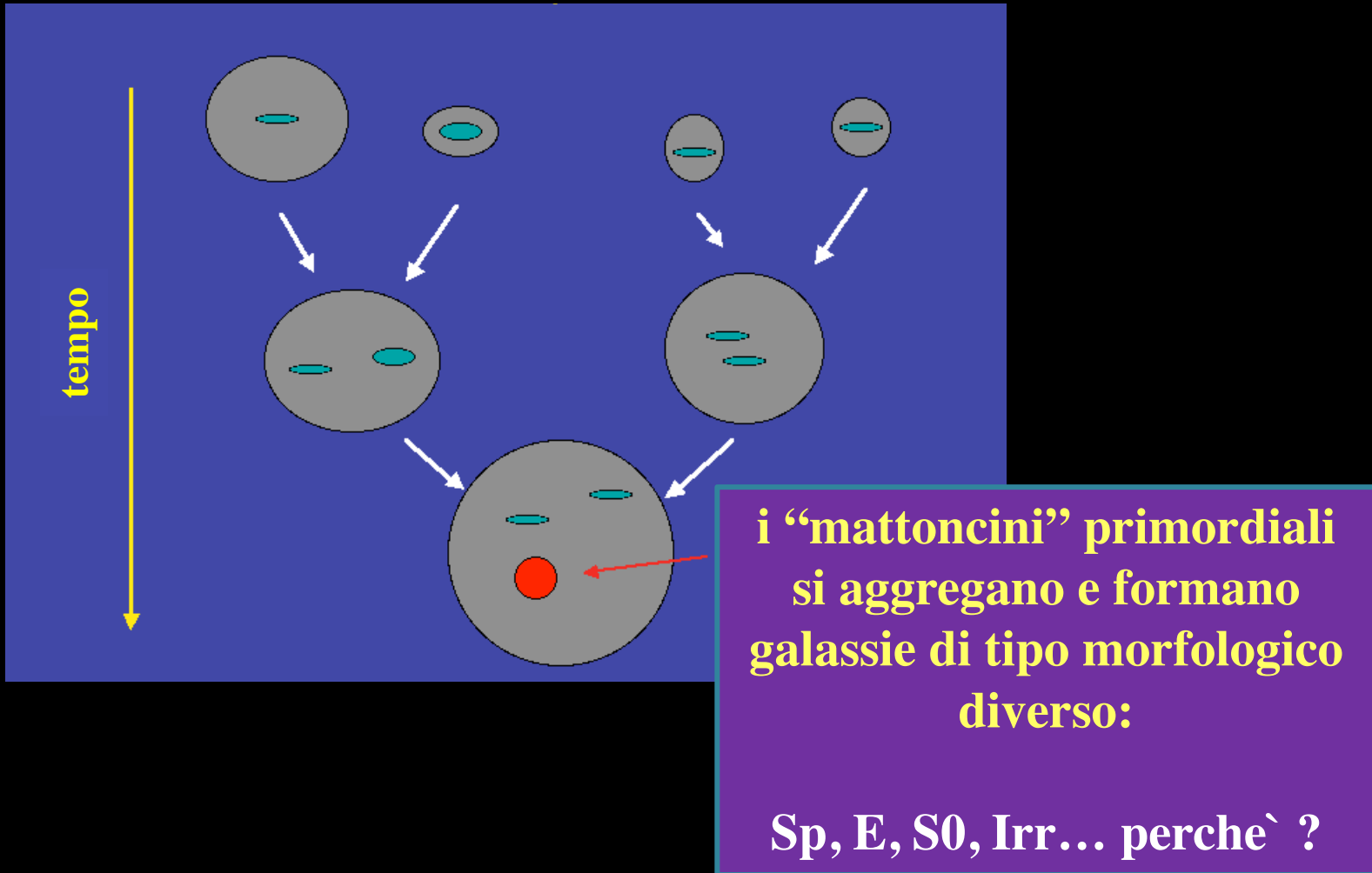
La “Formazione Gerarchica”

Formazione “bottom-up” cioè dal piccolo al grande



La “Formazione Gerarchica”

Formazione “bottom-up” cioè dal piccolo al grande

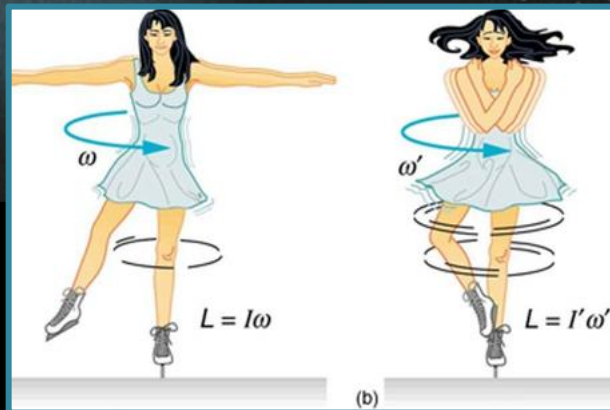


Formazione di una Spirale

1. Le Stelle si formano gradualmente entro una proto-galassia

2. Il Gas che non è coinvolto nella formazione stellare collassa a formare un disco.

3. Il risultato è una galassia a Spirale.



Formazione di un' Ellittica

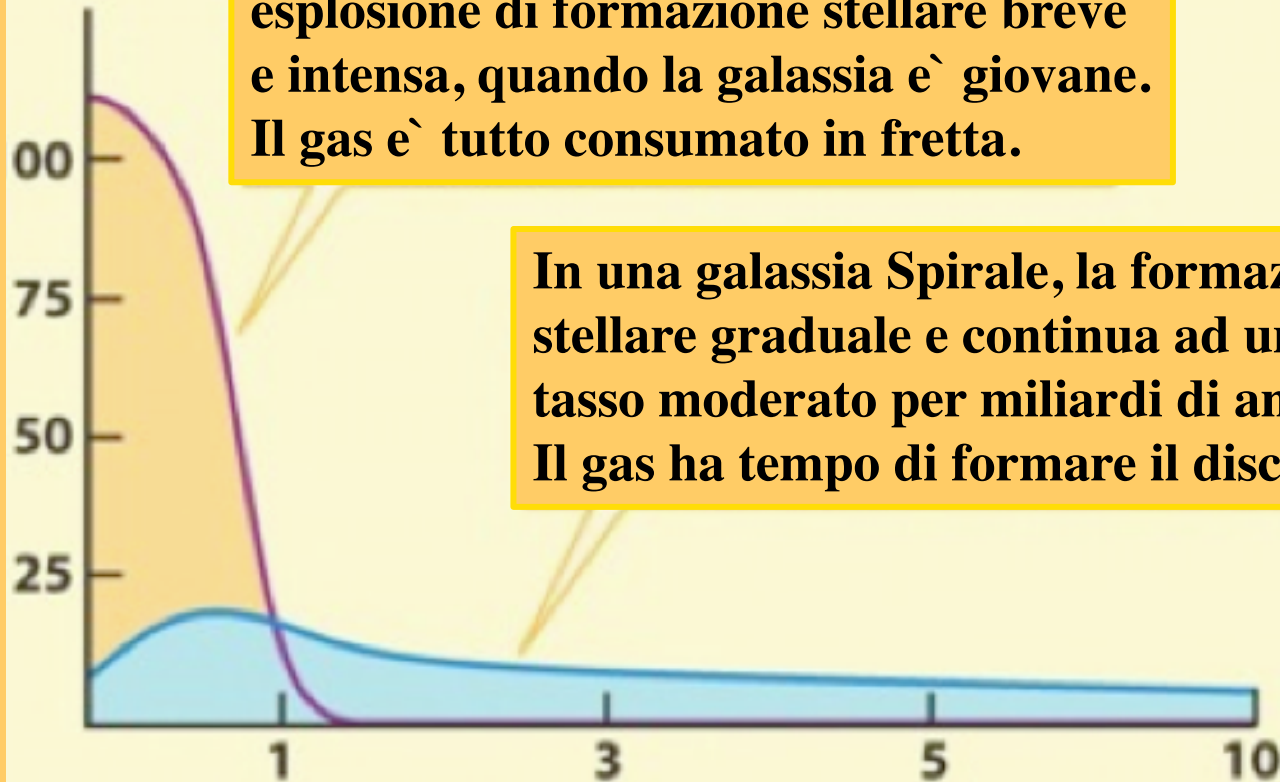
1. Le Stelle si formano rapidamente in una proto-galassia

2. Il Gas viene consumato velocemente e completamente per formare stelle, il disco non fa in tempo a formarsi.

3. Il risultato è una galassia Ellittica.



**Tasso di Formazione Stellare
($M_{\odot}$ /anno)**



In una galassia Ellittica c'è un'unica esplosione di formazione stellare breve e intensa, quando la galassia è giovane. Il gas è tutto consumato in fretta.

In una galassia Spirale, la formazione stellare graduale e continua ad un tasso moderato per miliardi di anni. Il gas ha tempo di formare il disco.

Miliardi di anni.

Formazione delle Galassie

- Il quadro visto finora sulla formazione delle galassie è incompleto
- Ci sono effetti tra galassie che sono molto importanti nella loro formazione, ad esempio collisioni, interazioni mareali e fusioni
- Infatti, anche se le distanze tra galassie sono grandi, in certi momenti della loro vita possono arrivare a incontrarsi. Soprattutto se entrano in ambienti densi (gruppi o ammassi).
- Si calcola che circa la metà delle galassie abbia subito almeno un'interazione dalla sua formazione.

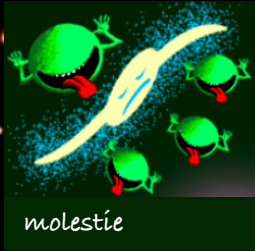
Interazioni tra Galassie

E' evento "raro" in cui la gravita` deforma e stira i sistemi e puo` causare una miriade di effetti che vanno dalla **distorsione della galassia ad aumenti drammatici della formazione stellare, fino alla fusione delle galassie in un unica galassia finale.**

Interazioni sono piu` frequenti in ambienti densi.

Nel passato le interazioni erano piu` frequenti

Interazioni che modificano una galassia



Una piccola galassia
“molesta”
una galassia piu` grande.



...ancora galassie “molestate”

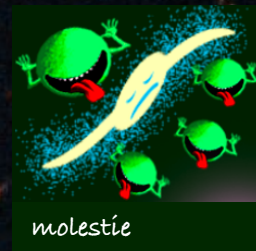
Arp 87

**Formazione di
Code e Ponti Mareali
di gas e stelle**

**Formazione stellare indotta
(locale o globale “starburst”)**

Arp 273





Un caso di “molestie”
estremo nell’interazione
tra due galassie nane

Zwicky 18

Lo spazio tra le galassie di un ammasso non è vuoto
ma c'è un tenue gas (densità ~ 1 atomo per cm^3)



Galassie Medusa



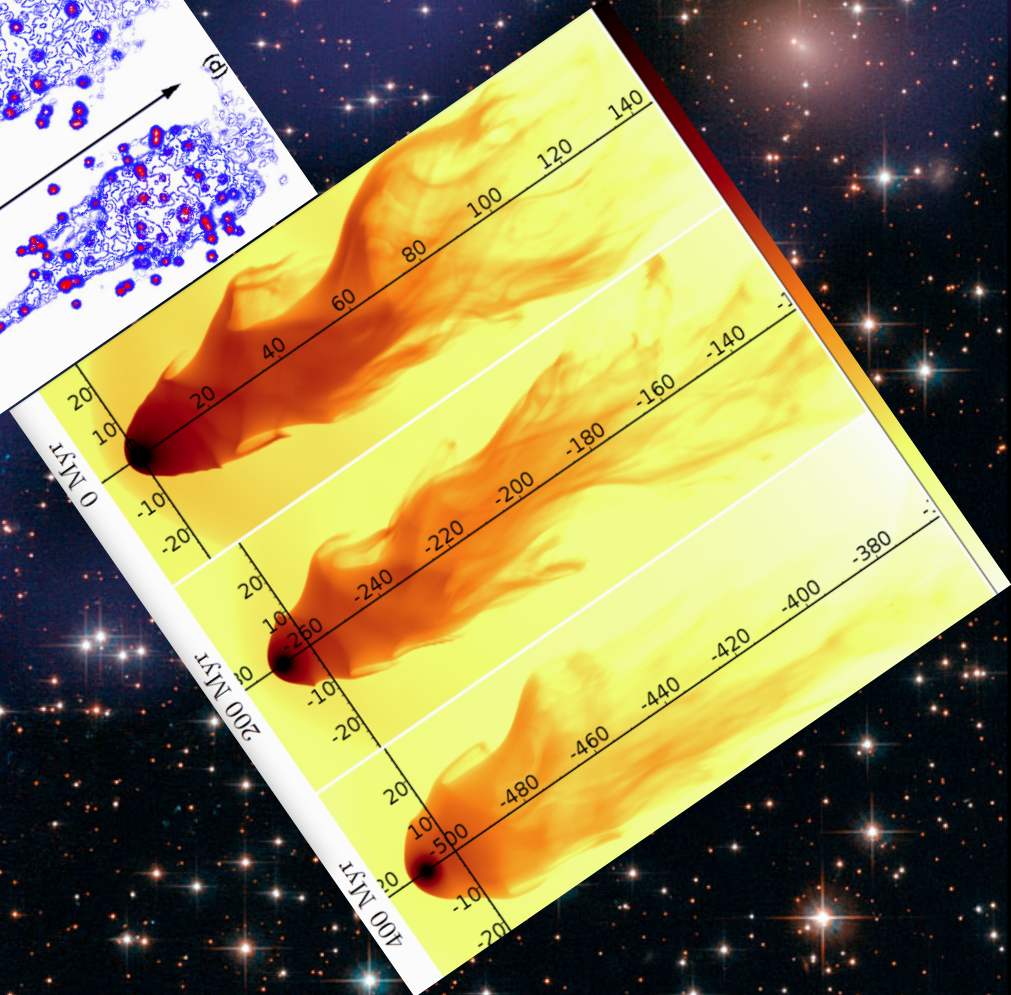
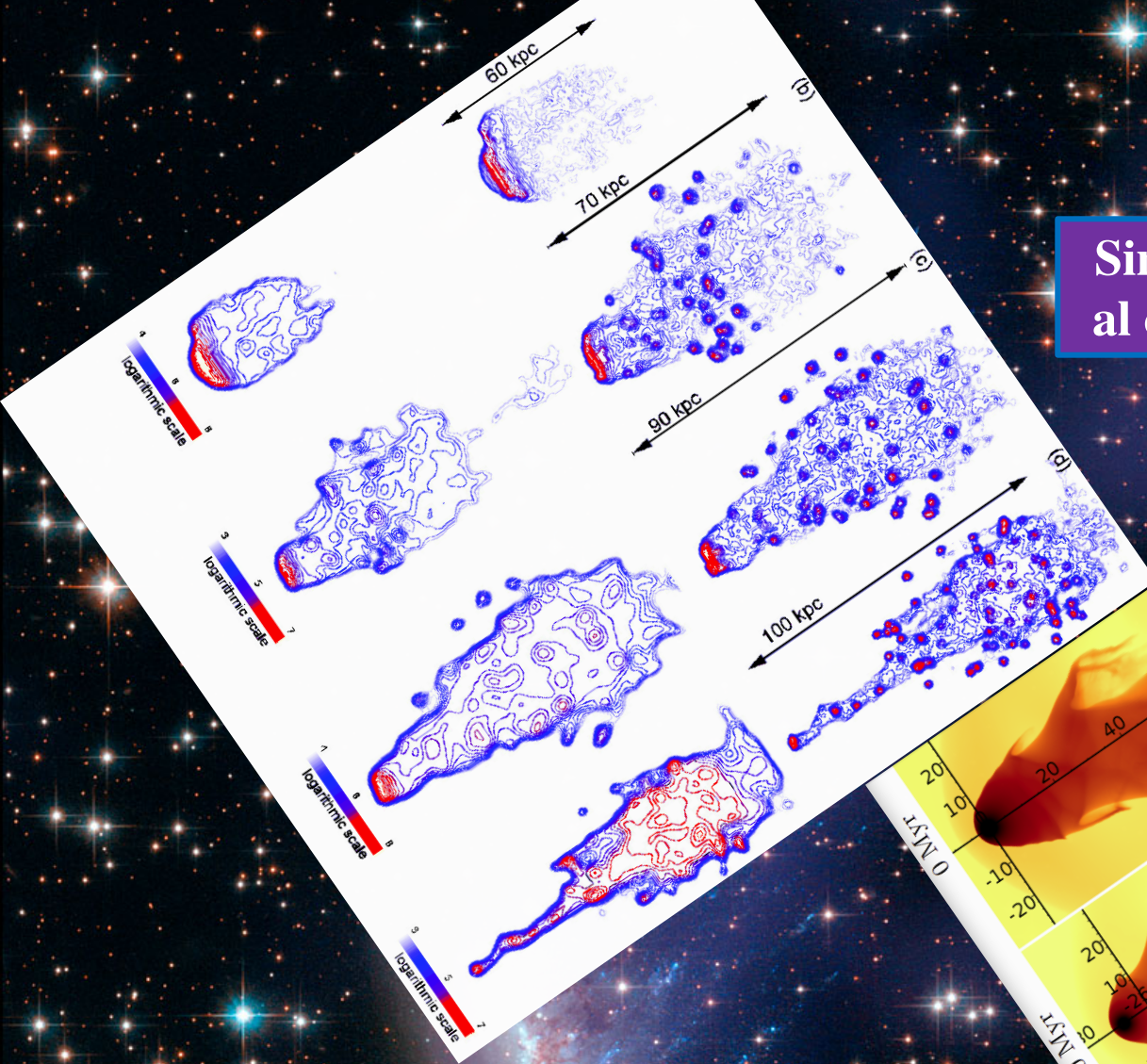
ESO 137-001
in A3627

spoliazione per
pressione d'ariete



Rimozione del Gas
anche questa galassia
diventera` rossa

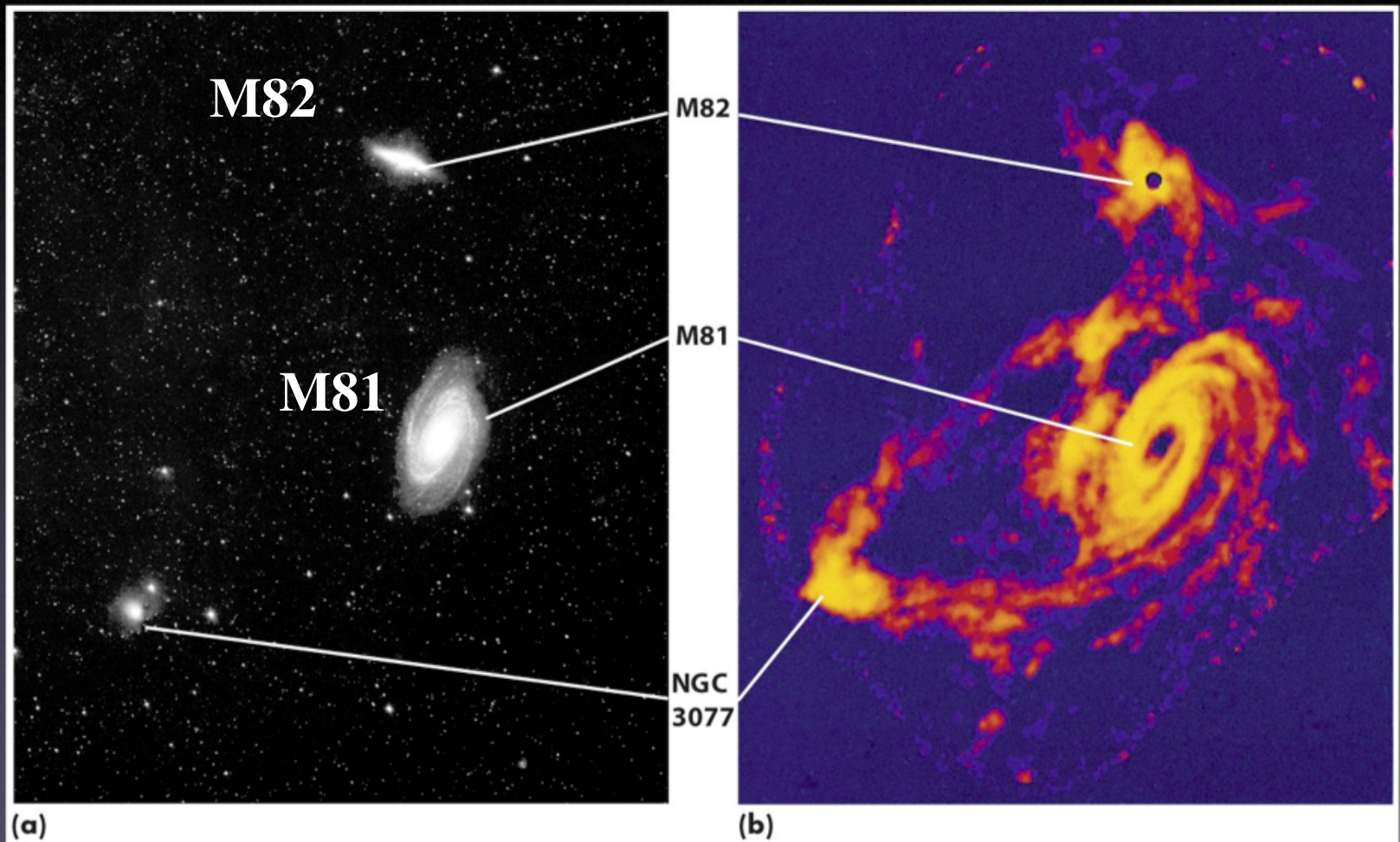
Simulazioni al computer



spoliazione per
pressione d'ariete



Interazioni di Gruppo



Le stelle (dentro)

Il gas HI (fuori)

Interazioni di Gruppo

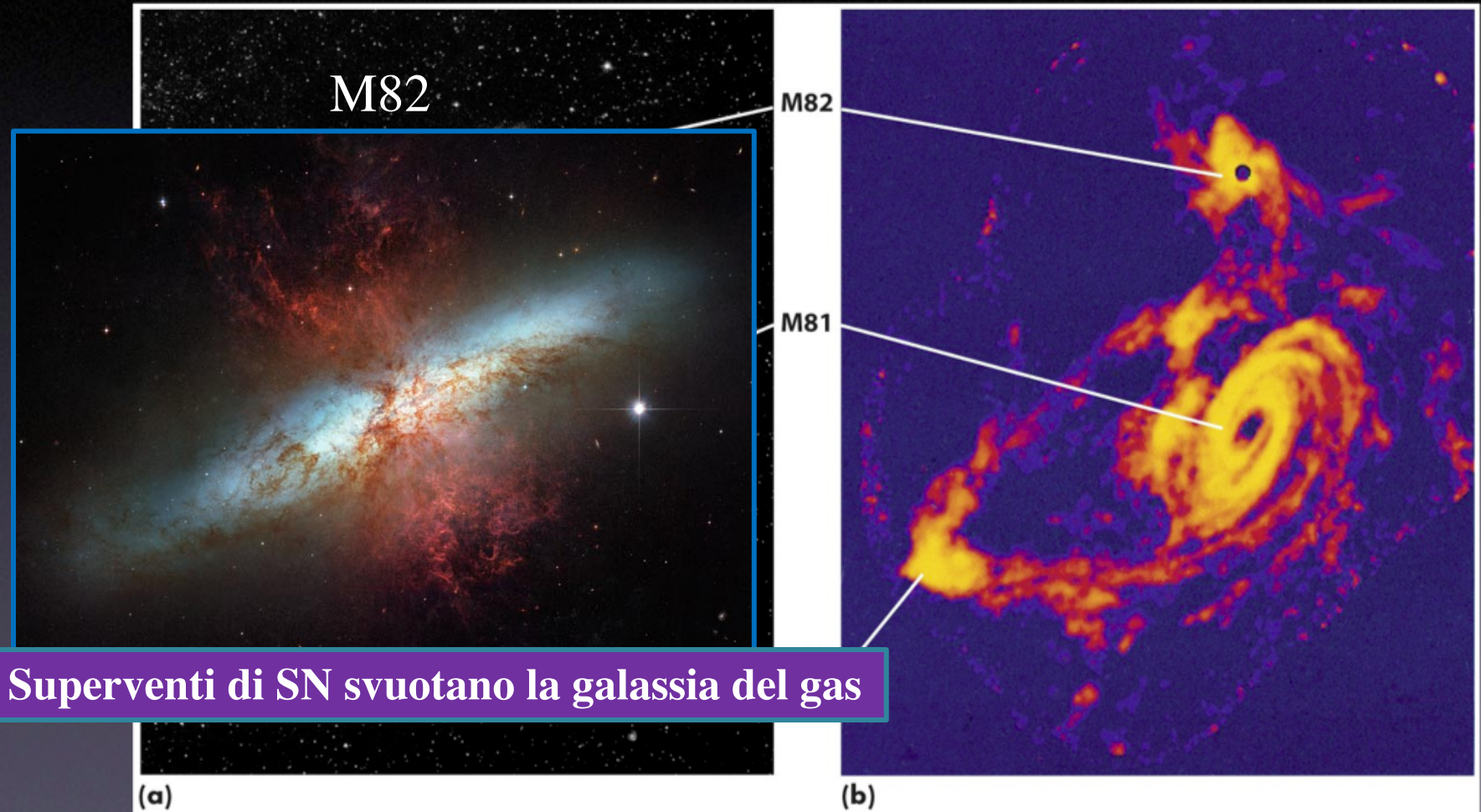
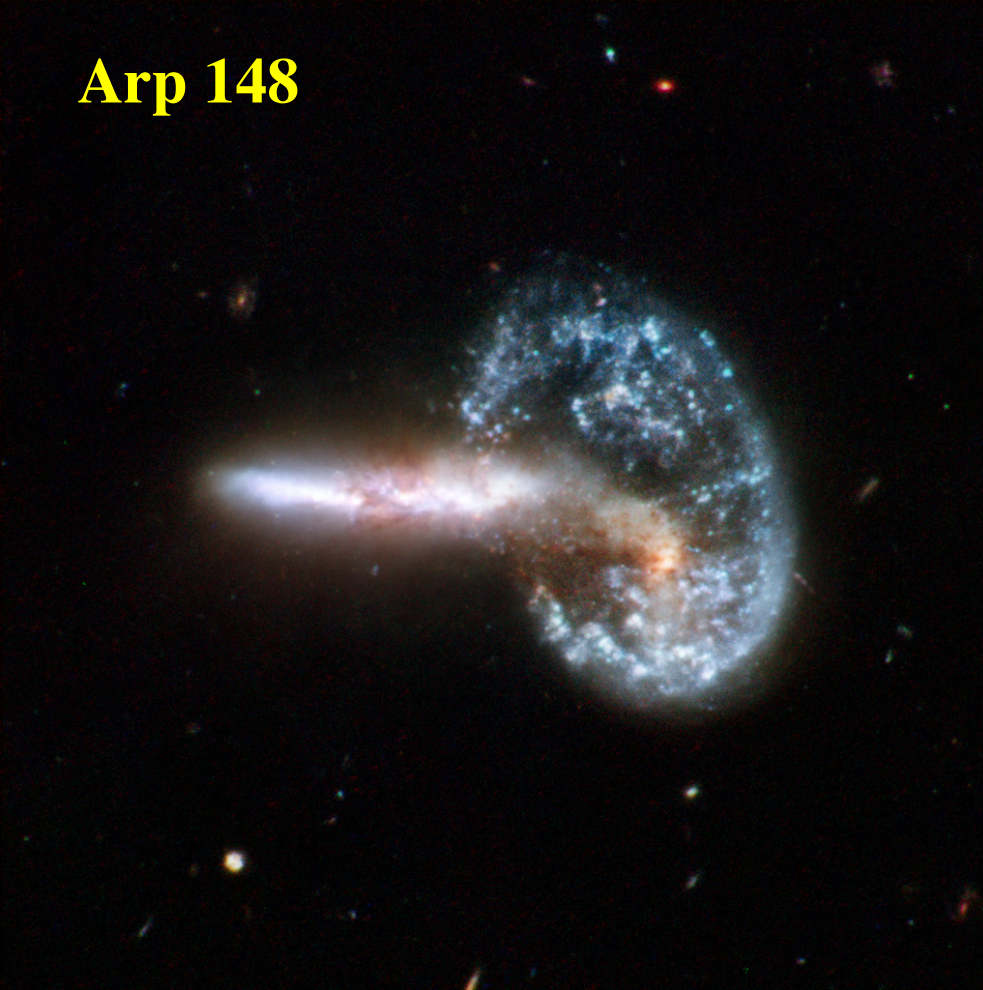


Immagine ottica

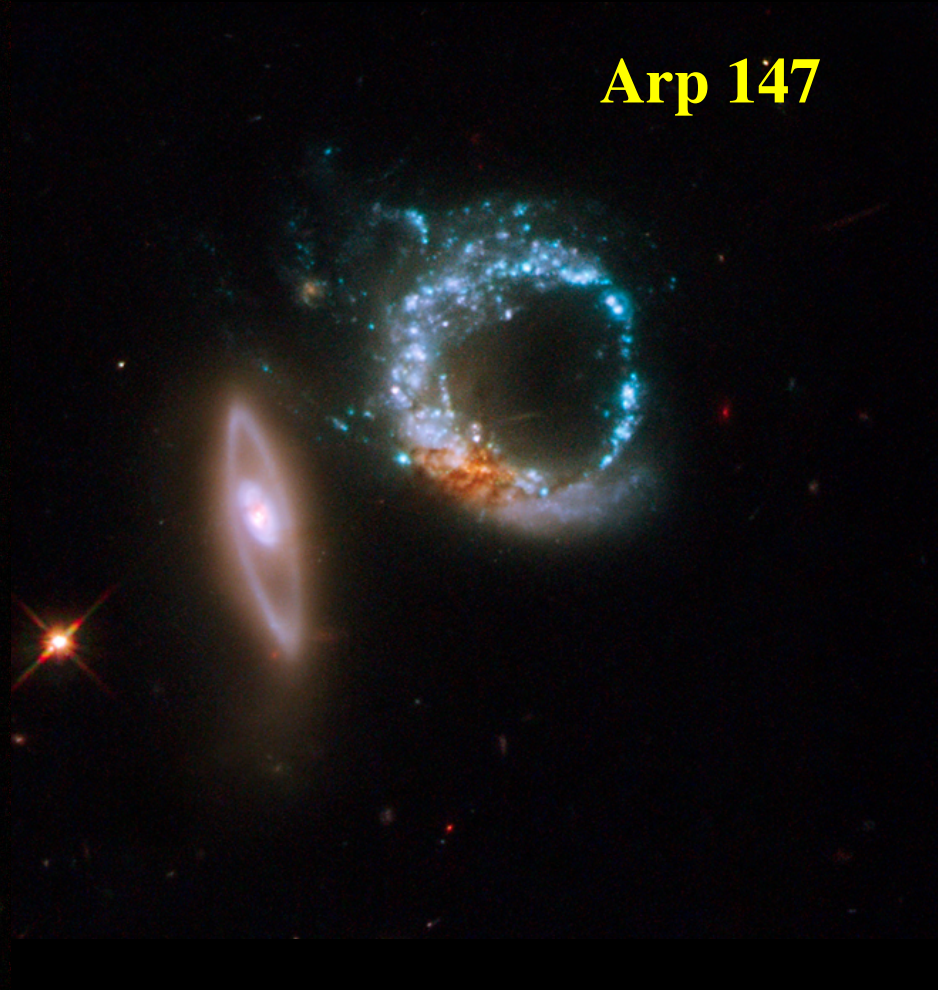
Immagine HI

Galassie che si attraversano

Arp 148



Arp 147



Le interazioni producono un effetto onda di pressione che spinge stelle e gas verso l'esterno fino a formare un **anello**.

Interazioni tra Galassie con masse simili: verso una galassia tutta nuova!

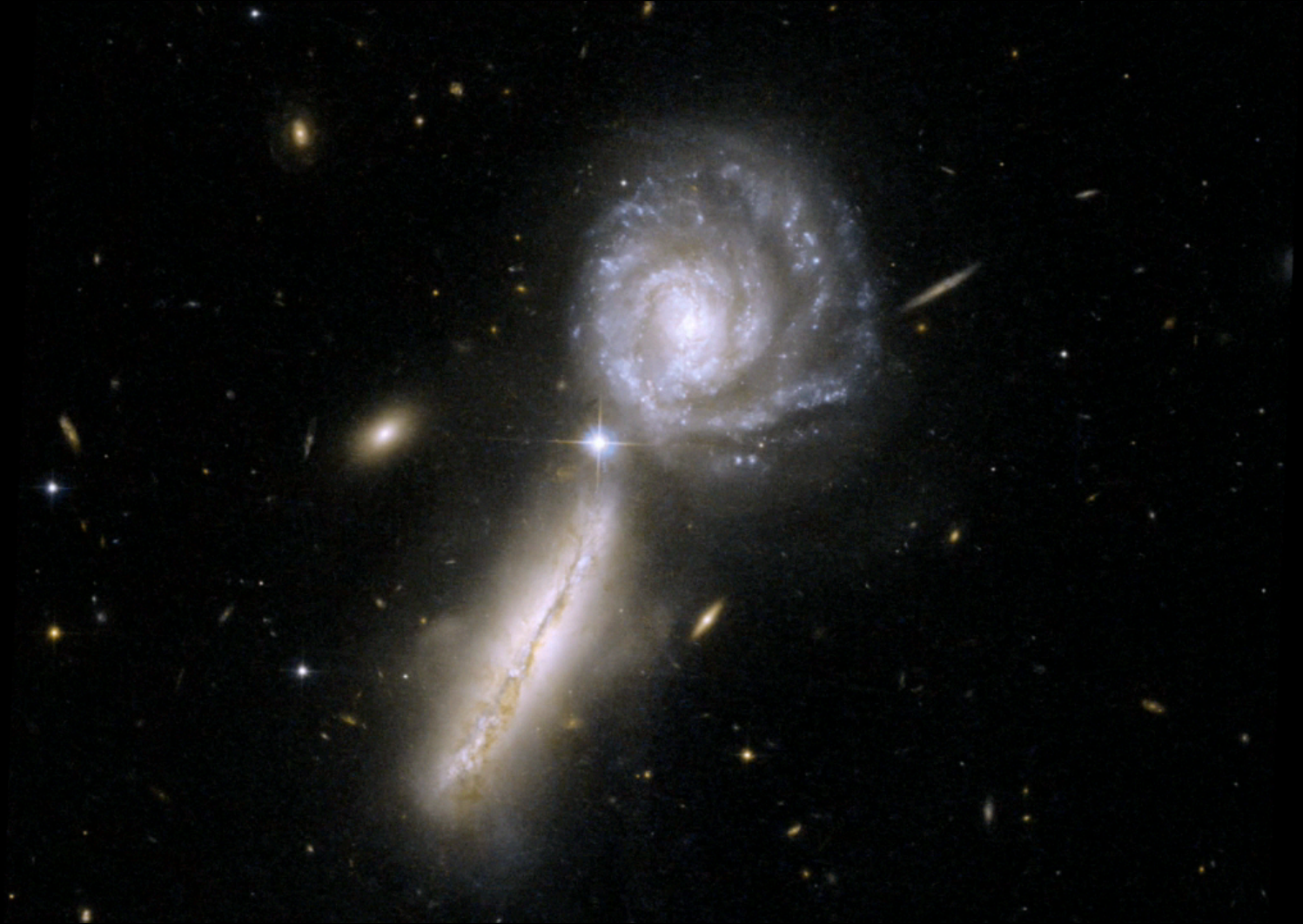
Le Antenne



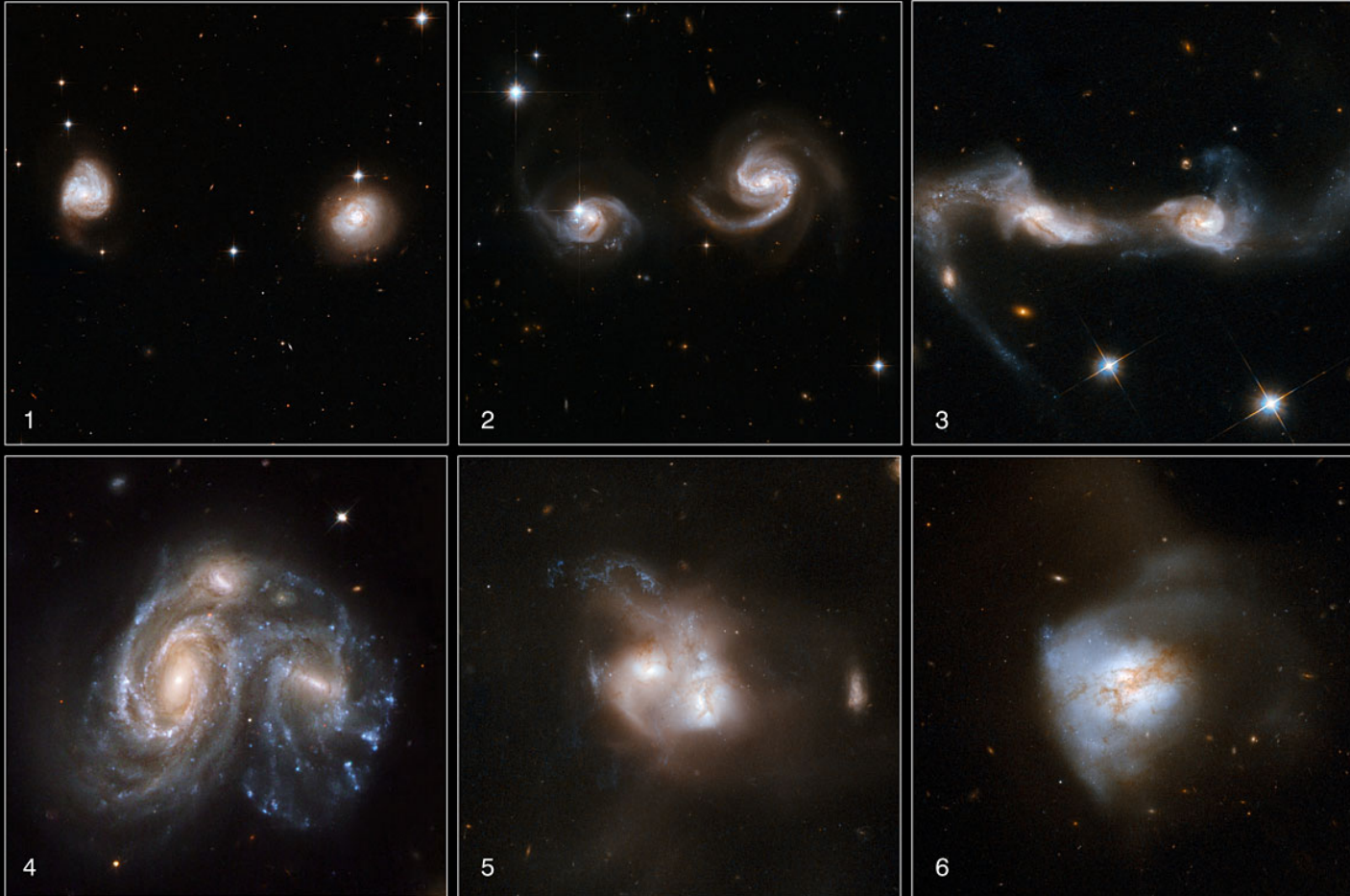
Arp 188: Il Girino



Simulazioni vs. Osservazioni



Le collisioni tra **Spirali** possono dare vita a una galassia con morfologia S0 o Ellittica



Fornax



Famosi casi di “trasformismo” galattico

Centaurus A



Famosi casi di “trasformismo” galattico

Modello di Galassia Isolata



Modello di Galassia Interagente

Acquisito tramite:

- Collisioni
- Maree
- Fusione



Perso tramite:

- Maree
- Pressione d'Ariete
- Superventi di SN
- ...

Ecco spiegato perche` negli ambienti piu` densi troviamo piu` Ellittiche (rosse) che Spirali (blu)

Acquisito tramite:

- Collisioni
- Maree
- Fusione



Perso tramite:

- Maree
- Pressione d'Ariete
- Superventi di SN
- ...

Stop SF e
la galassia
diventa rossa

Lo ZOO delle Galassie

GRAZIE