

# **Corso base di Astronomia Generale**

**Le galassie e la struttura dell'Universo**

## Indice

1. Cosa sono le galassie
2. La “Via lattea” (“Milky Way”)
3. Altre galassie
4. Gruppi, ammassi, superammassi, etc. di galassie e la struttura a larga scala dell’Universo

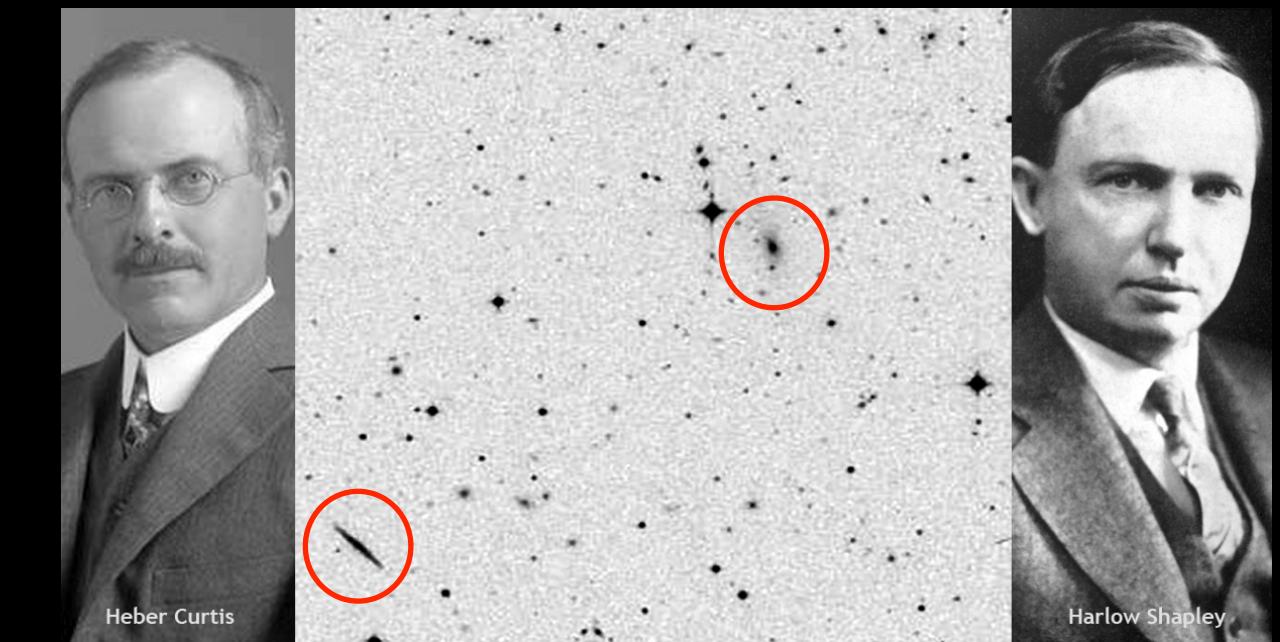
# COSA SONO LE GALASSIE

Ancora negli anni '20 del secolo scorso si conosceva una sola galassia, la nostra, denominata “**Via lattea**”<sup>(\*)</sup>, ritenuta di **30.000 a.l.** di ampiezza, con **Sole al centro**, immersa in uno **spazio vuoto**.

Tuttavia, l'osservazione del cielo aveva evidenziato l'esistenza di numerose “nebulose stellari” e “ammassi globulari”, costituite da un gran numero di stelle raggruppate.



Oggi si stima che il **numero di galassie** nell'universo osservabile sia di almeno **2000 miliardi** (e probabilmente di più)!



Il dibattito faceva furore tra l'opinione di Harlow Shapley (nebulose ed ammassi interni alla Via lattea) e quella di Heber Curtis (che riteneva queste strutture esterne alla Via lattea (che comunque rimaneva l'unica galassia esistente).

Il dibattito fu risolto da **Edwin Hubble** che, applicando una proprietà di certe stelle chiamate “**variabili cefeidi**” scoperte all'interno della **Nebulosa di Andromeda**, determinò che essa si trovava a **860 000 a.l. di distanza**, ben oltre i confini della Via lattea (in realtà, la distanza è di **2.54 mil a.l.**).

In un colpo solo, quindi, Hubble dimostrò che certi tipi di “nebulose” erano in realtà **galassie** più o meno simili alla Via lattea e che l'**Universo** era molto, ma **molto più vasto** di quanto ritenuto fino allora.

<sup>(\*)</sup> Pare che il nome derivi da un racconto della mitologia greca, in cui Era, una dea affaticata dal compito di allattare un bambino che non era suo, lo staccò violentemente dal suo seno facendo schizzare delle gocce di latte nel cielo e dando vita così alla “Via Lattea”

## COSA SONO LE GALASSIE (segue)

Una “galassia” è quindi un insieme **isolato** di oggetti celesti (**sistemi stellari, gas, polveri e altro**), tenuti insieme dalla forza di attrazione **gravitazionale**, in equilibrio **dinamico**.

Le “galassie” si diversificano per quantità di stelle e massa totale in esse contenute, da galassie molto piccole (“galassie nane”, da **100 mil ad alcuni mld di stelle**) a galassie molto grandi (“galassie giganti”, diverse centinaia di migliaia di mld di stelle), tra cui la **Via lattea**, con **200-400 mld** di stelle a seconda delle stime.

Le “galassie” si diversificano anche per **morfologia** (a **spirale**, **ellittiche**, **irregolari**, etc.) ed **età**.

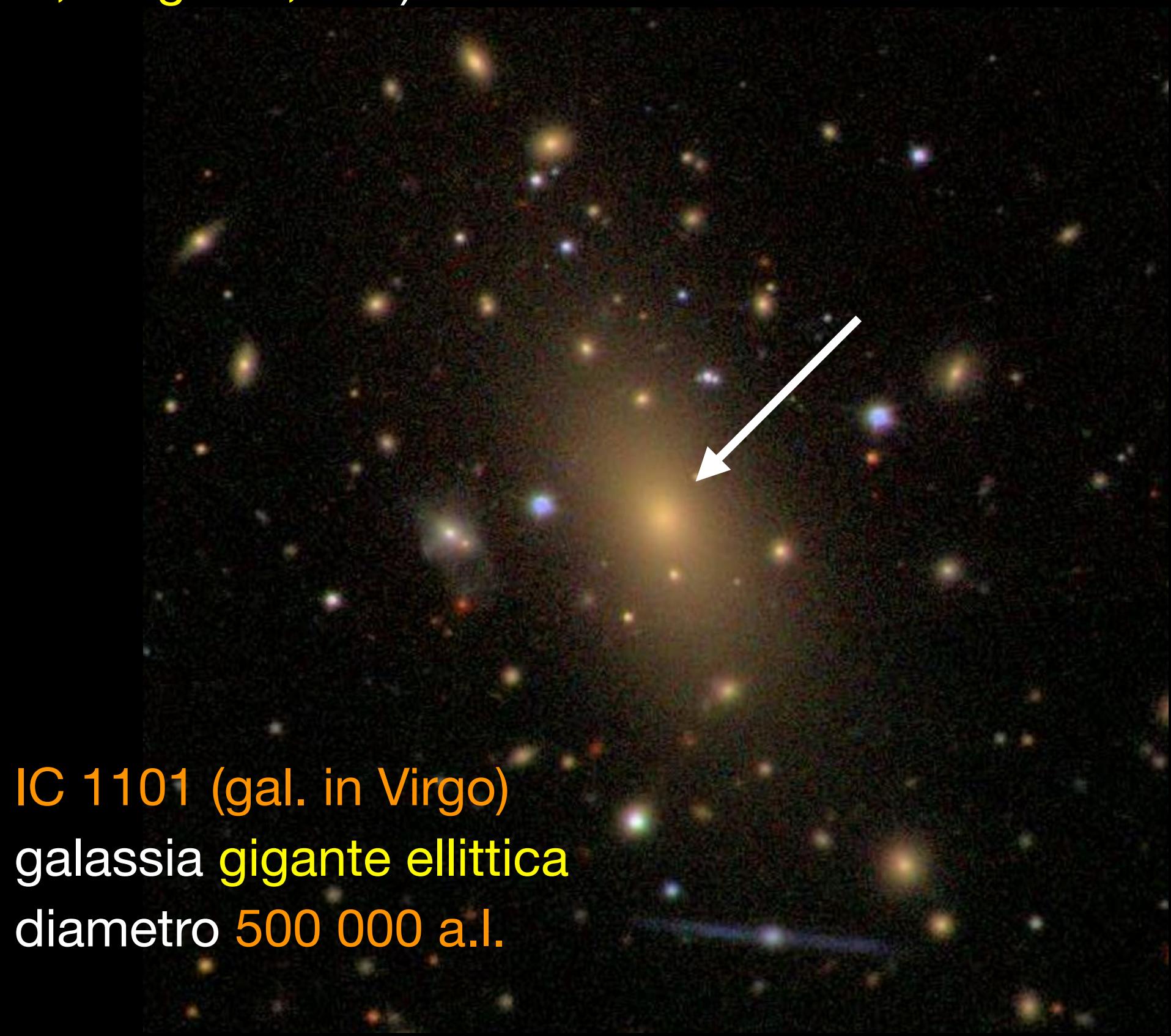


Piccola nube di Magellano  
galassia **nana irregolare**  
(satellite della Via lattea),  
diametro **19 a.l.**  
**3 mld** di stelle  
massa **7 mld  $M_{\odot}$**

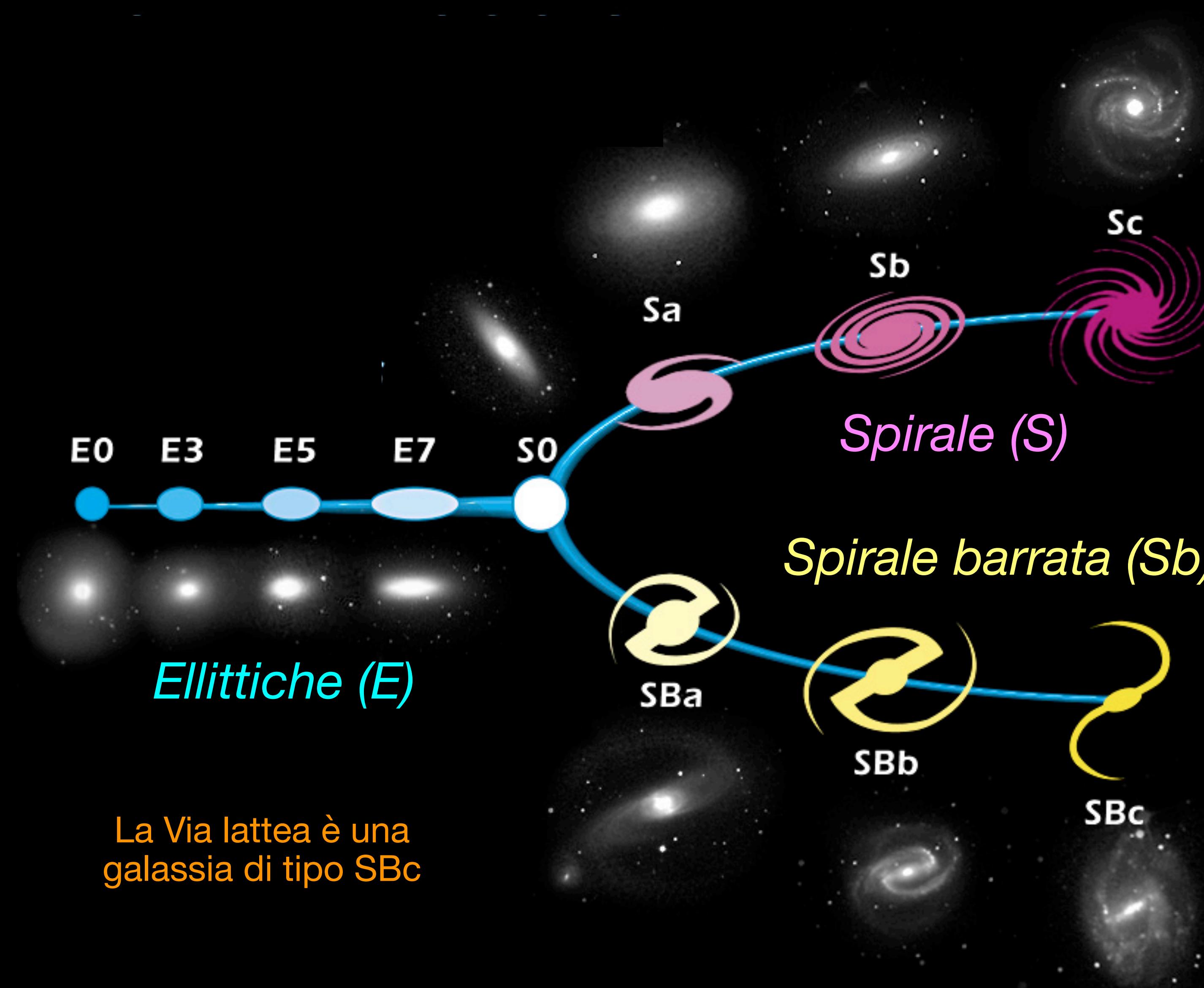


M31 (gal. di Andromeda)  
galassia a **spirale**  
diametro **152 000 a.l.**  
**1000 mld** di stelle  
massa **1500 mld  $M_{\odot}$**

NOTA: immagini non in scala



# CLASSIFICAZIONE MORFOLOGICA DI HUBBLE DELLE GALASSIE

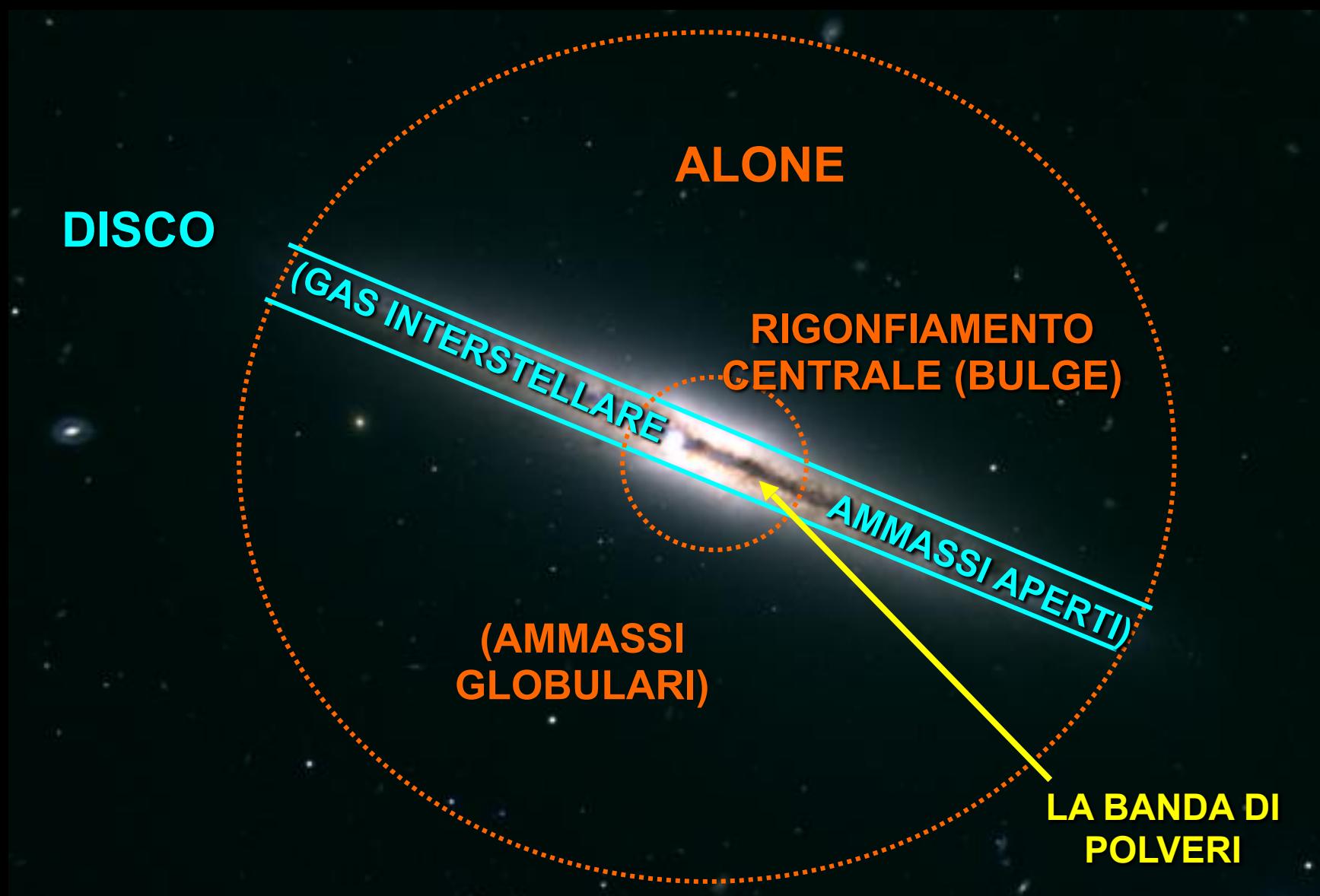


Galassie che non rientrano nella classificazione di Hubble sono chiamate **Irregolari (Irr)**, con sottotipi:

- **Irr I** (qualche somiglianza con galassie E o S)
- **Irr II** (no somiglianza con galassie E o S)
- **dIrr II** (irregolari nane)

NOTA: esiste anche una classificazione più elaborata chiamata di **Hubble-Vancoleur**

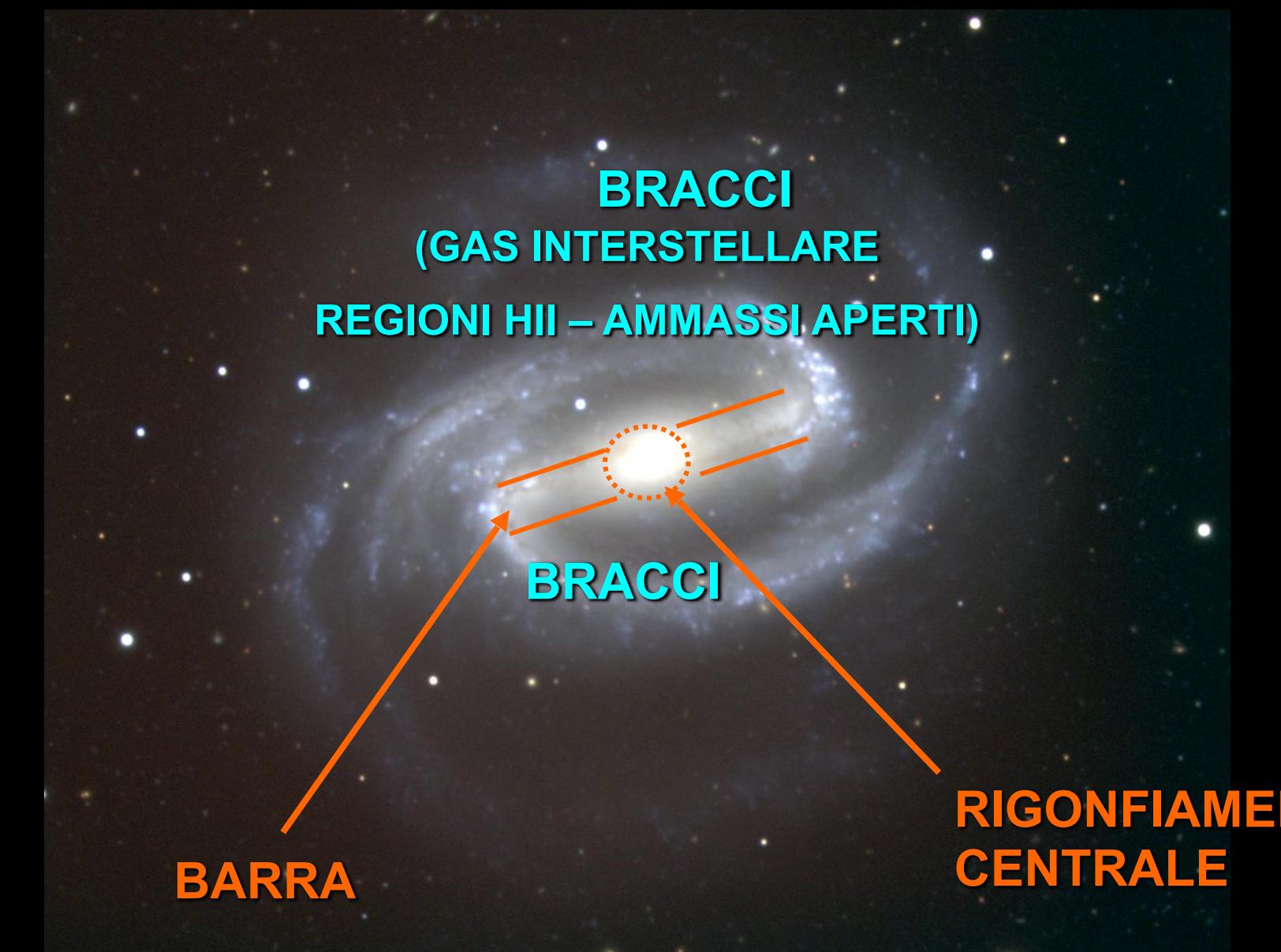
# Morfologia di una galassia a spirale



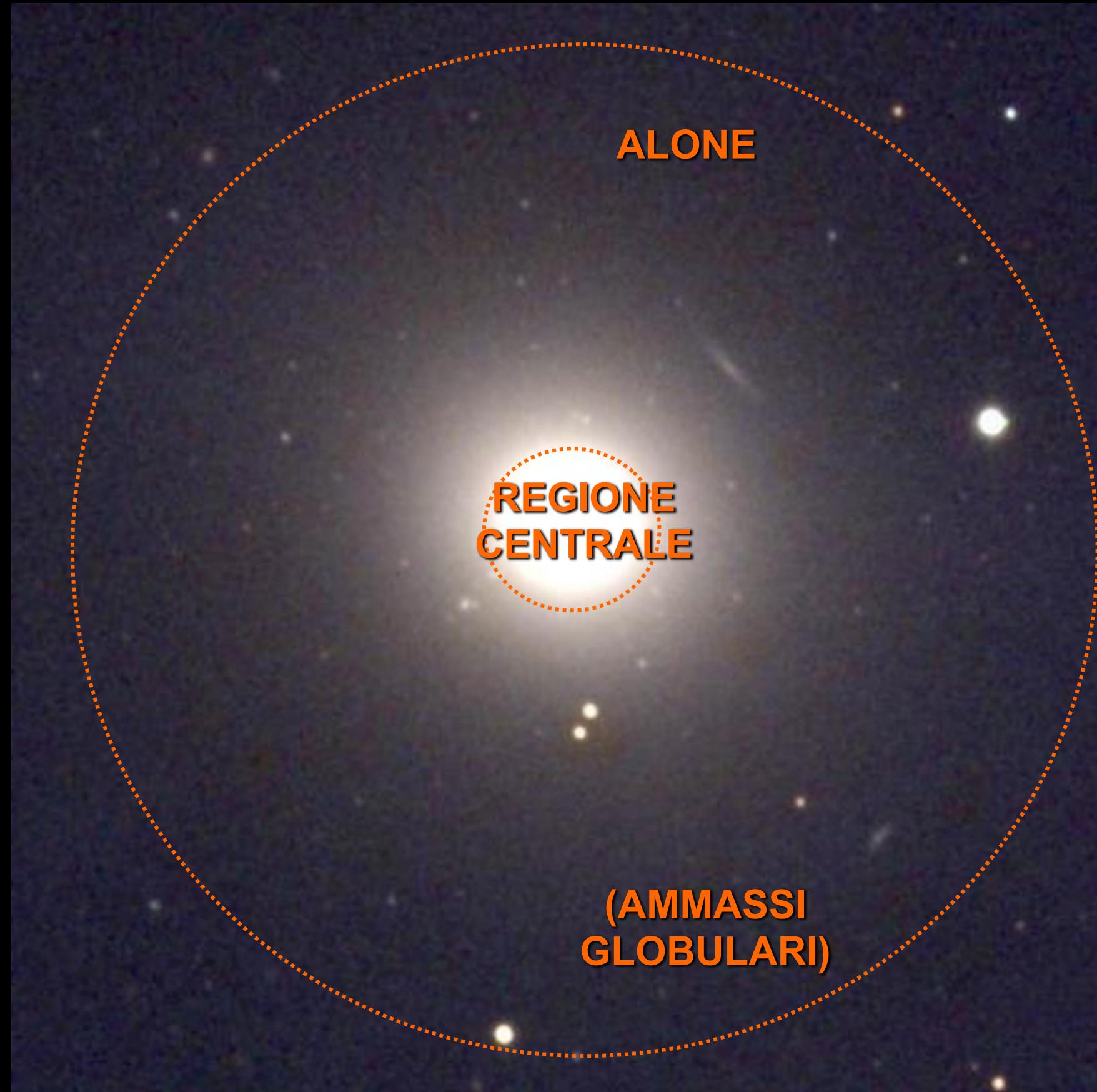
In teoria esistono anche stelle di “Popolazione III”, costituite solo da idrogeno ed elio, le prime formatesi dopo in Big-bang, ma ancora non individuate.

Le stelle nel disco sono tipicamente stelle di formazione recente (“Popolazione I”, relativamente ricche di metalli).

Le stelle nell’alone (raggruppate in “ammassi chiusi”) sono tipicamente stelle vecchie (“Popolazione II”, povere di metalli).



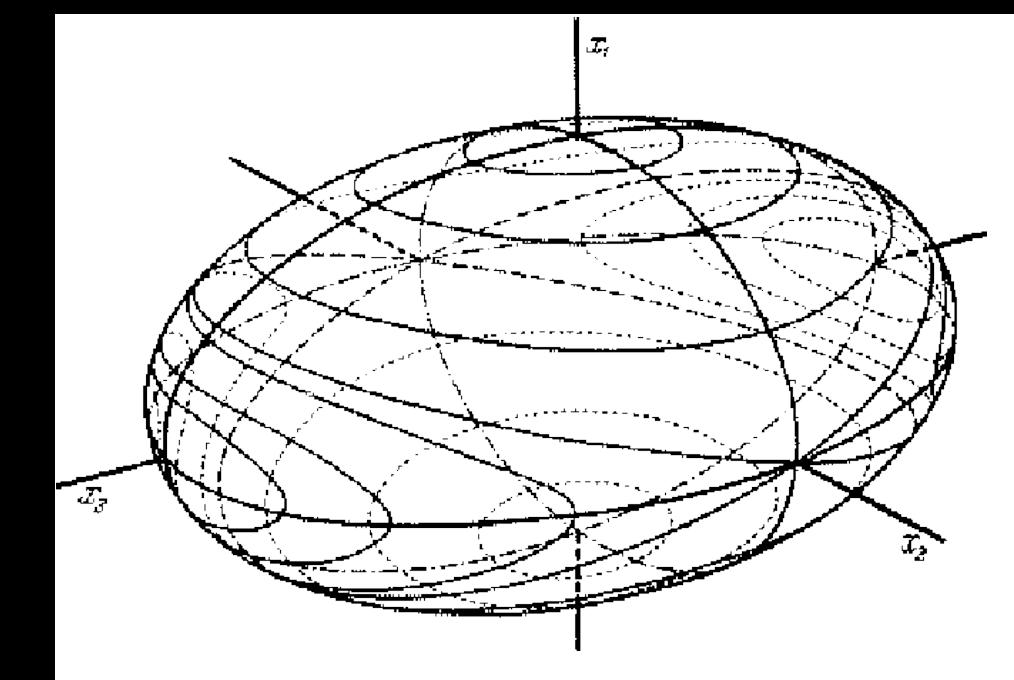
# Morfologia di una galassia ellittica



Le galassie ellittiche sono prive di gas interstellare, consumato o espulso durante la loro evoluzione

Tutte le stelle sono tipicamente di “Popolazione II” (con qualche “blue straggler”)

La loro forma è quella di un ellissoide triassiale, ovvero con i tre assi di dimensioni differenti (non sono figure di rotazione)



# La nostra galassia: la “Via lattea”

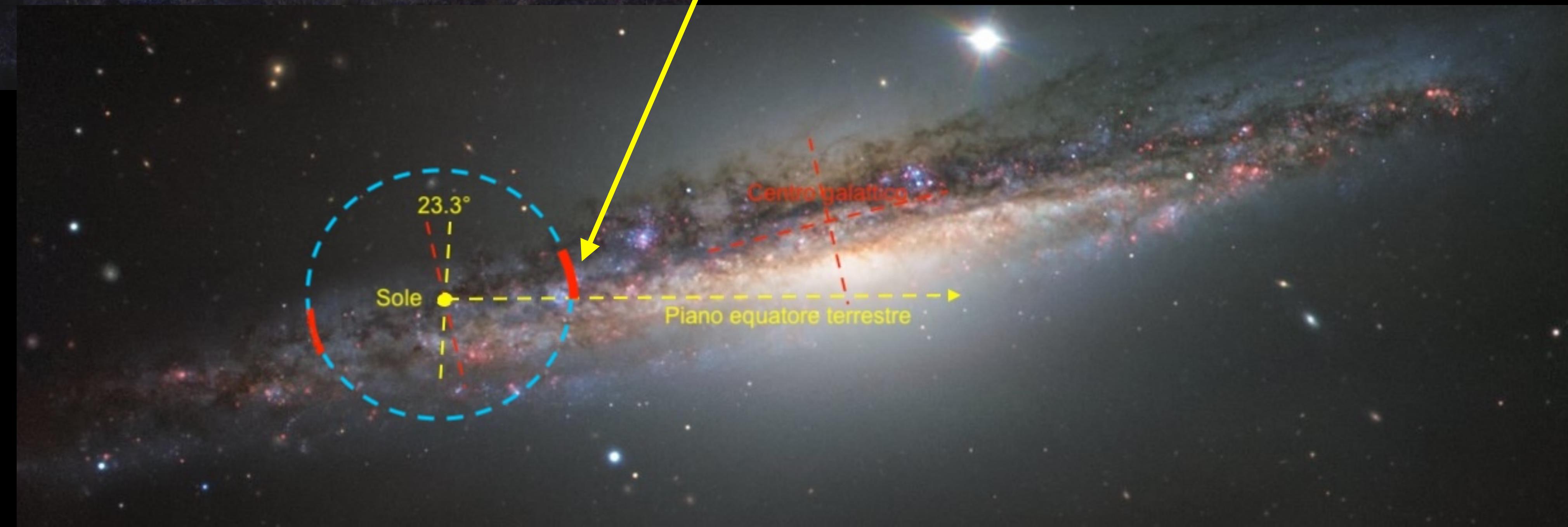


Fuori dalla fascia si vedono gli oggetti che **non** si trovano direttamente sul disco galattico.

Il **Sistema solare** è **inglobato** in una galassia, che possiamo vedere (beh, con cieli molto bui) nel cielo come una **striscia disomogenea**, debolmente luminosa, che attraversa il cielo.

L'abbiamo chiamata “**Via lattea**”.

Ovviamente, la vediamo **di taglio** e ci appare come una **stretta fascia** tutto **intorno** a noi.

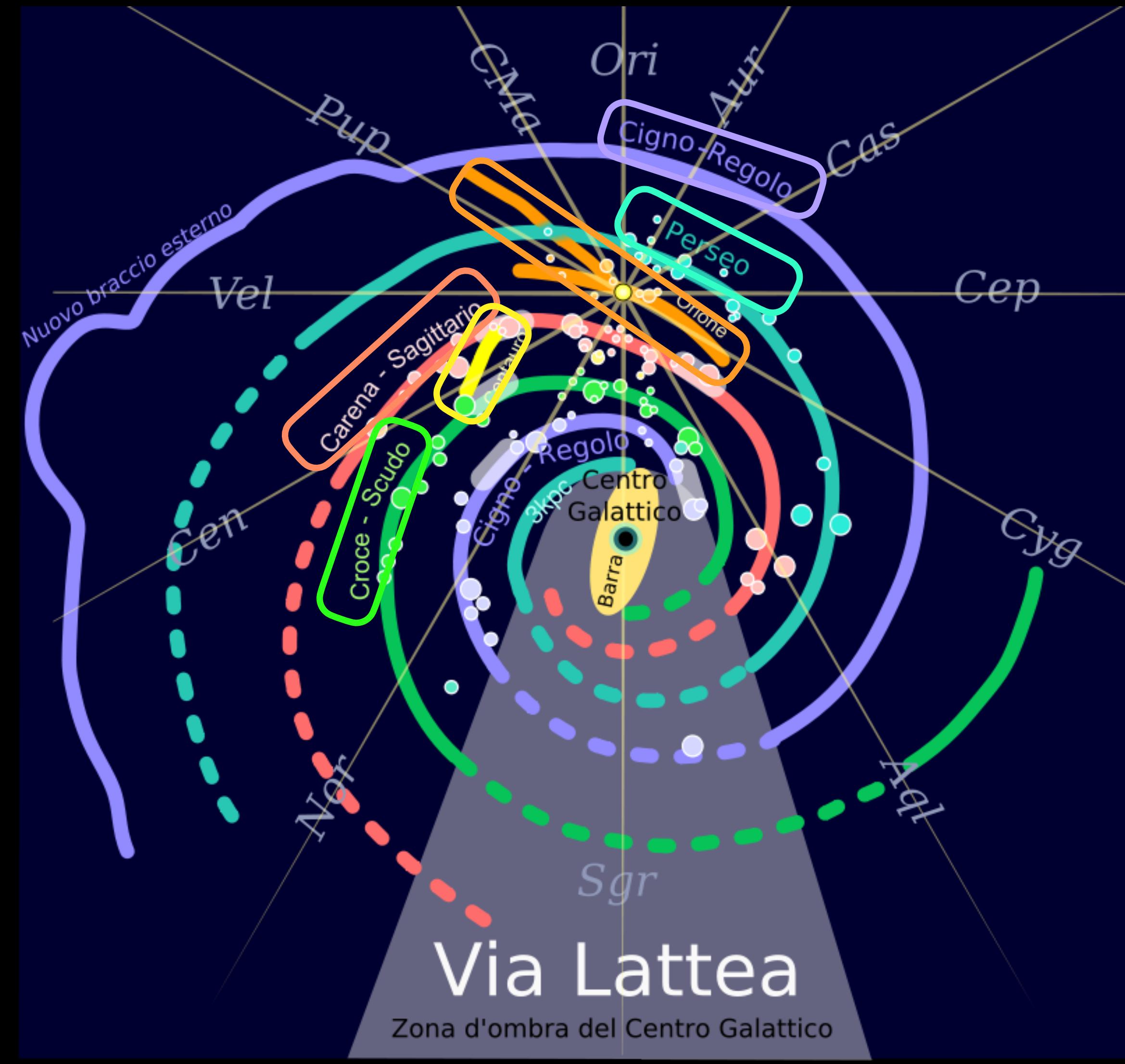


# La “Via lattea”: morfologia e dimensioni

La Via lattea è una **galassia a spirale**, SB<sub>c</sub> nella classifica di Hubble, ovvero una **galassia barrata** con 4 bracci ben definiti e concentrati. Vista da un astronomo su un'altra galassia, dovrebbe apparire come ci appare la NGC 7331.

I bracci della Via lattea sono chiamati (del) Cigno-Regolo, Perseo, Carea-Sagittario e Scudo-Croce.

Sono presenti anche due bracci secondari, o “speroni”, del Centauro e di Orione (nel quale si trova il **Sistema solare**)

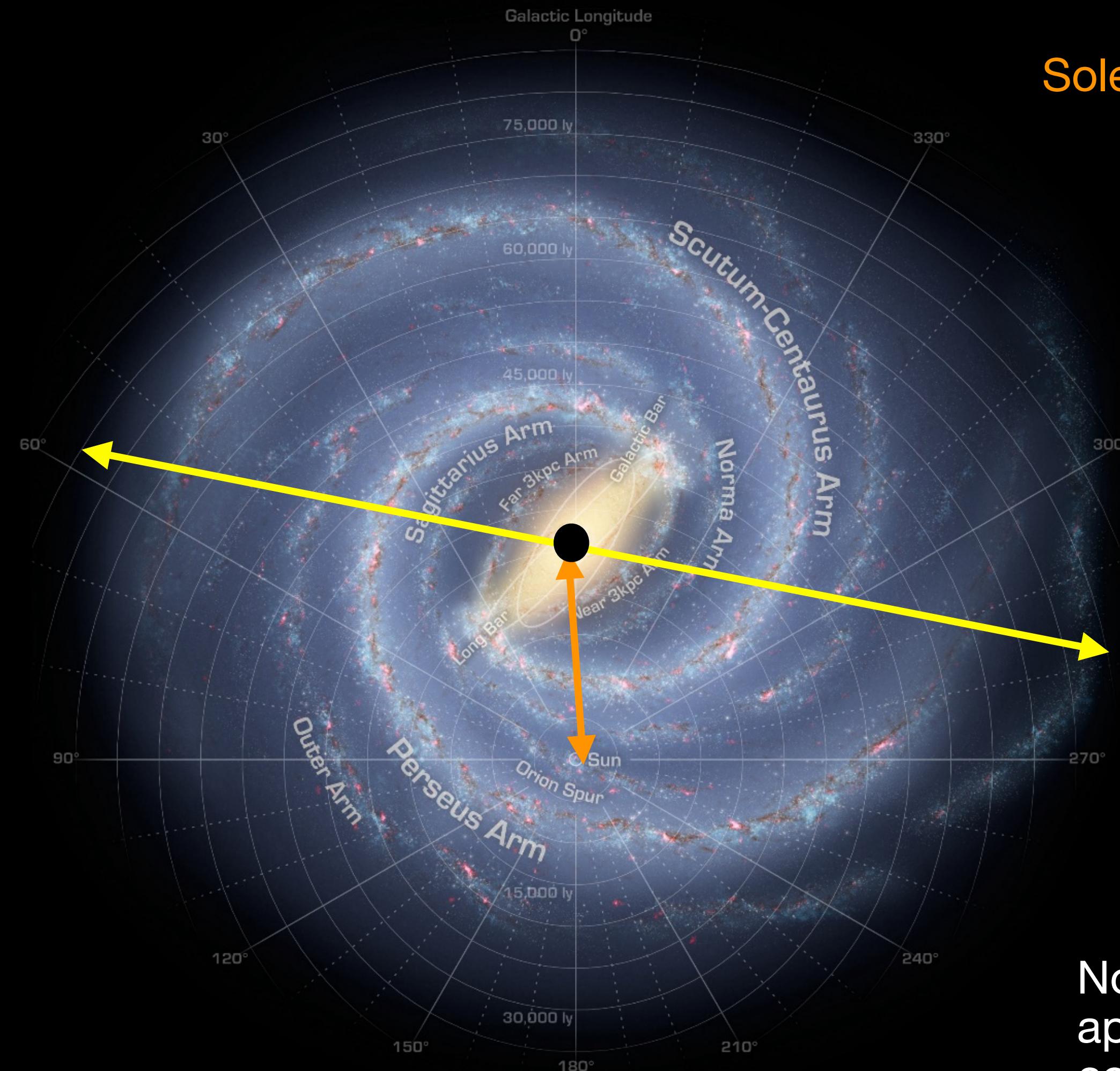


## La “Via lattea”: morfologia e dimensioni (segue)

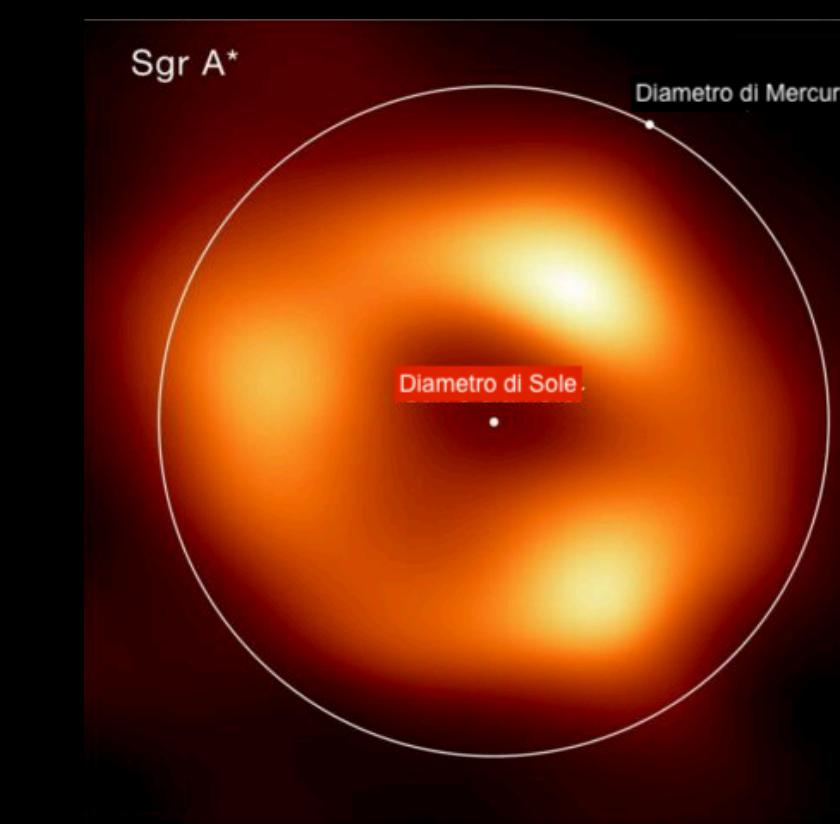
La barra centrale misura 27 000 a.l.

Il diametro (dimensione massima) della Via lattea misura circa 100000 a. l.

Sole si trova a circa 28 000 a.l. dal centro galattico



Il disco galattico è leggermente **deformato** e potrebbe apparire come quello della galassia NGC 3628 qui a fianco.



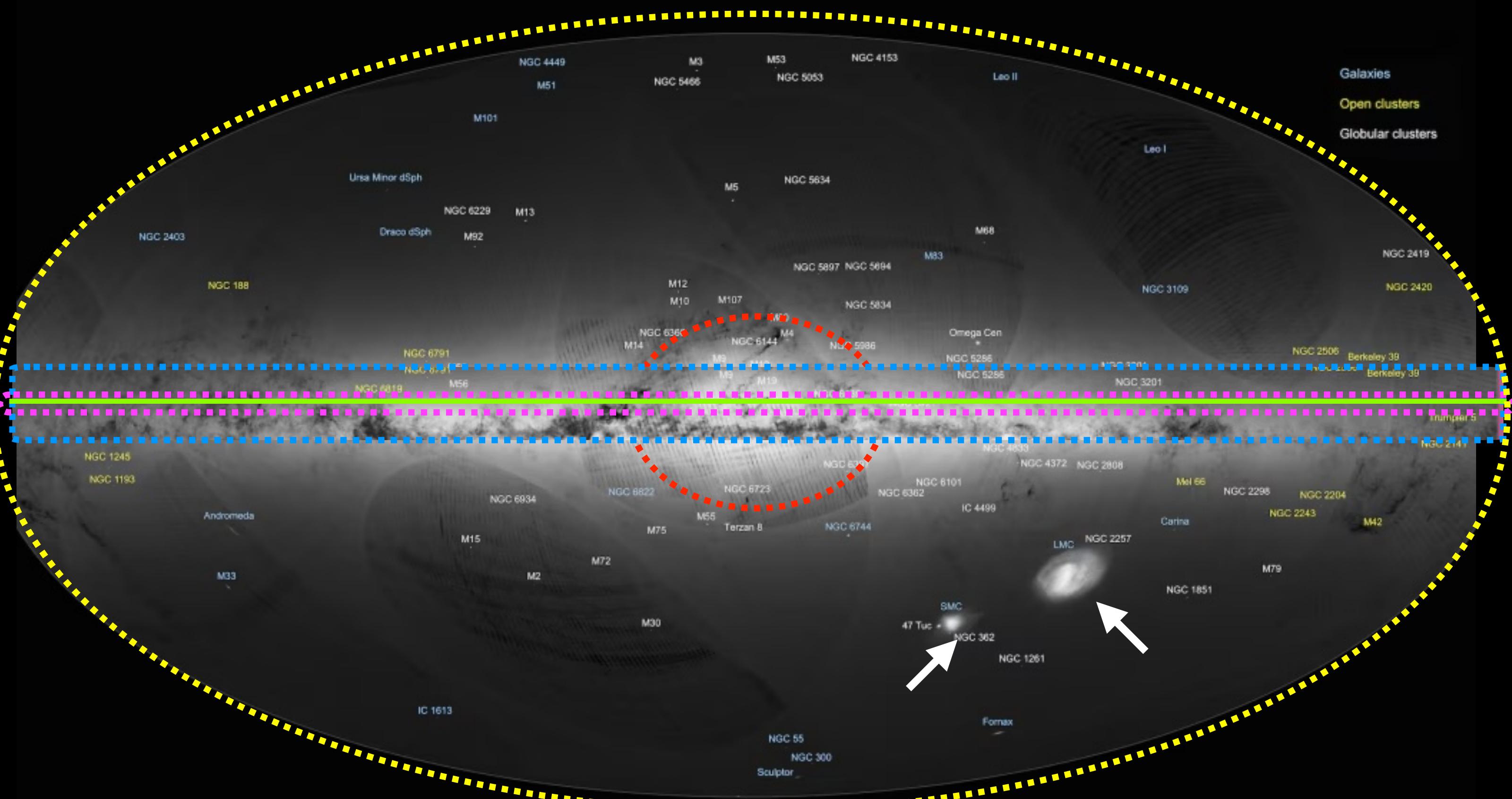
Al centro della Galassia si trova un **buco nero** di massa circa **4 mil  $M_{\odot}$**

Non tutte le stelle presenti sono nate nella Via lattea: una certa quantità appartiene ad altre **piccole galassie** che nel tempo sono venute a contatto con la Via lattea e sono state da essa **inglobate**.

## La “Via lattea”: morfologia e dimensioni (segue)

Il **bulge** (o “bulbo galattico”) attorno al centro della Via lattea ha un diametro di circa **12 000 a.l.** ed è costituito da stelle di **Popolazione II** (vecchie e di colore rossastro) molto dense. Gas e polveri sono assenti, per cui non vi nascono nuove stelle.

Il disco galattico presenta un **disco sottile giovane** di spessore circa **330 a.l.** che contiene la maggior parte del gas e delle polveri della galassia. E’ sede attiva di formazione di stelle e contiene le stelle più giovani di Popolazione I.



Il disco sottile giovane è immerso nel **disco sottile vecchio** (spessore circa 1000 a.l.), con stelle di Popolazione I ma scarsa presenza di nuove stelle.

I due dischi sottili sono immersi nel **disco spesso** (spessore circa 4500 a.l.), principalmente con stelle di Popolazione II.

Tutt’intorno si trova l’**alone galattico**, che contiene **ammassi globulari** di centinaia di migliaia di stelle di Popolazione II, densamente impacchettate.

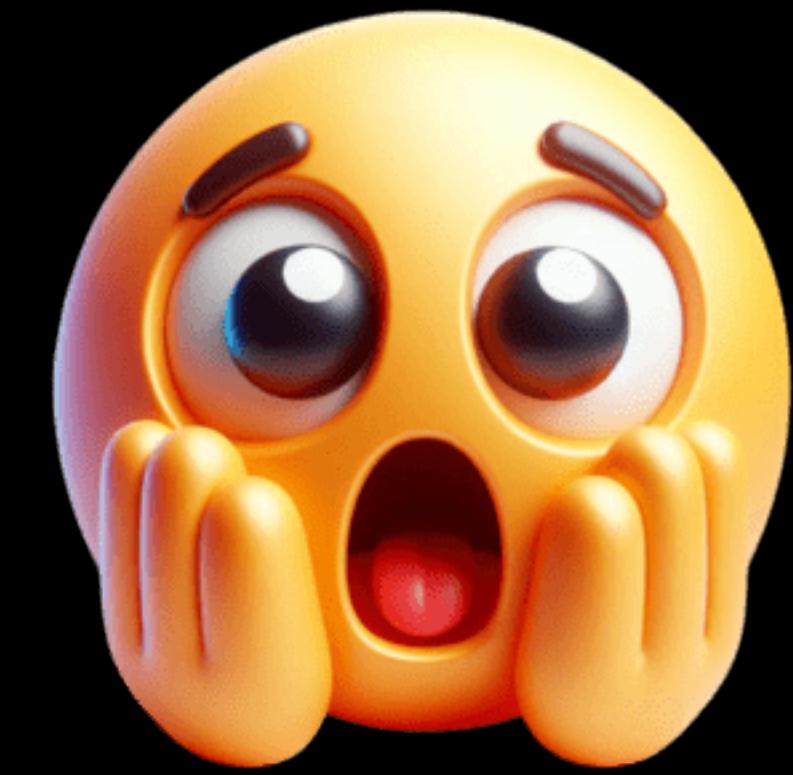
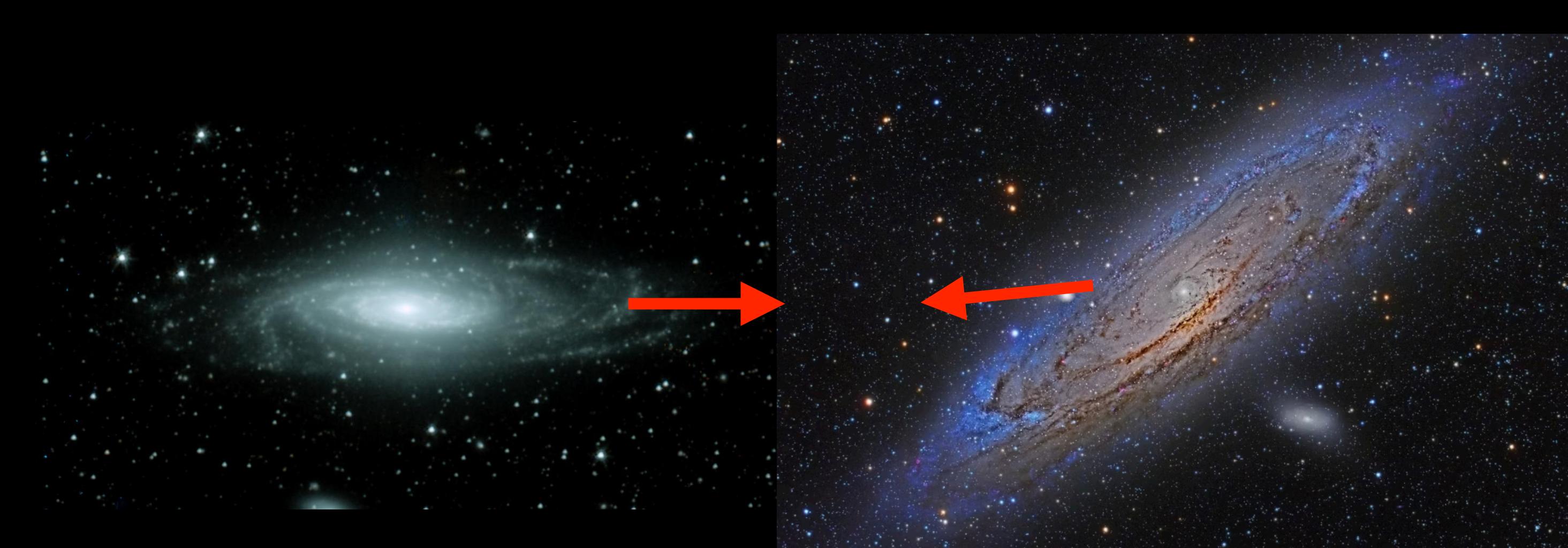
La Via lattea possiede anche due **galassie satelliti**, chiamate “**Nubi di Magellano**” (piccola e grande)

## Galassie che si scontrano

Le galassie risentono dell'attrazione gravitazionale delle altre galassie circostanti e quindi sono dotate di **moto proprio**. In certi casi, il loro movimento le porta ad **avvicinarsi** e persino a **scontrarsi**.

Ad esempio, la galassia più vicina alla Via lattea è la **Galassia di Andromeda** (M31 o NGC 224), distante 2.5 mil a.l., che si muove verso la Via lattea alla velocità di **100-140 Km/s** (3.8 mld km/anno = 0.0004 a.l./anno).

Stimando più o meno anche l'aumento di velocità dovuto all'accelerazione di gravità, possiamo dire che le due galassie entreranno in collisione fra **5 miliardi di anni**, più o meno quando Sole comincerà a trasformarsi in una gigante rossa.

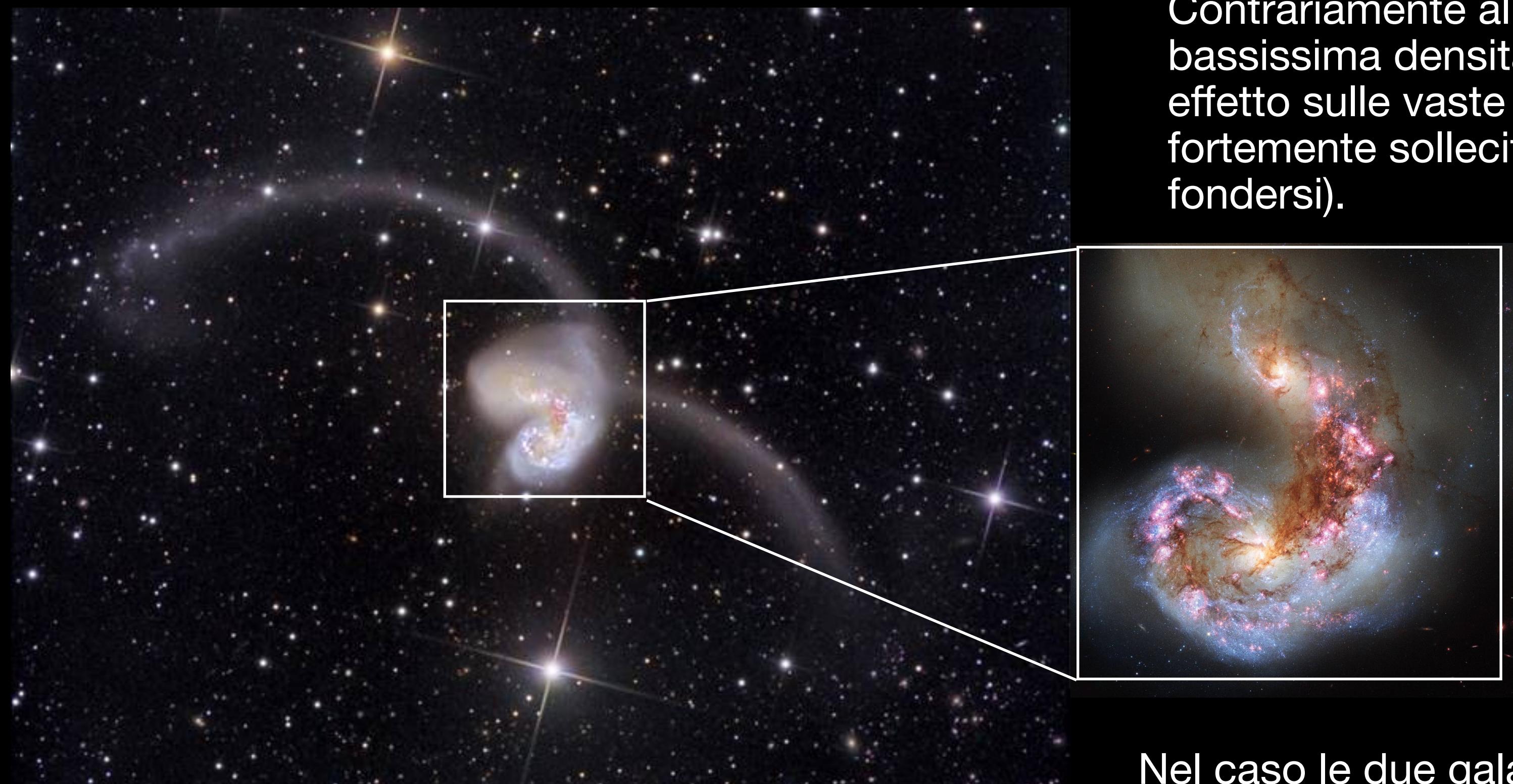


Aaaarrggghhhh !!!!!

## Galassie che si scontrano (segue)

In realtà, le galassie sono sostanzialmente **spazio vuoto**, quindi la collisione di due galassie **non** comporta scontri stellari, ma semplicemente le sue galassie **passeranno una dentro l'altra**.

Tuttavia, la **gravità** agisce sulla materia di cui le galassie sono composte... Le galassie si deformeranno e potrebbero anche **fondersi** tra loro.



Galassie NGC 4038 e NGC 4039: un esempio di due galassie in collisione

Contrariamente alle stelle, che sono strutture puntiformi con bassissima densità, l'incontro di due galassie ha un forte effetto sulle vaste **nubi di gas molecolare**, che vengono fortemente sollecitate dalla gravità (potrebbero anche fondersi).

Ciò risulta in una sostenuta formazione di **nuove stelle** nelle due galassie.

Il **risultato di una collisione** di due galassie può essere:

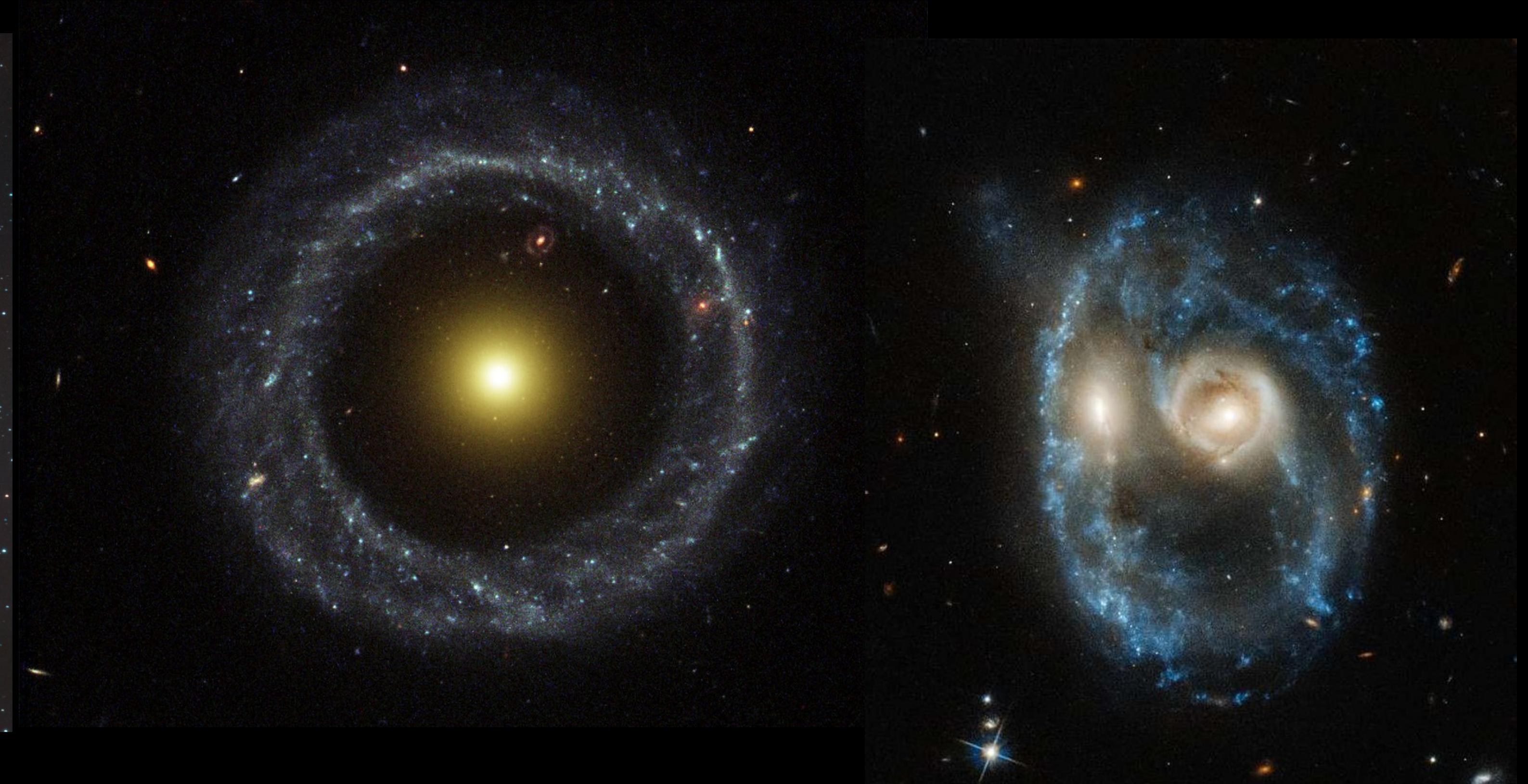
- le due galassie **proseguono** (seppur deformate) nel loro movimento
- le due galassie **si fondono** (in una nuova galassia (spesso ellittica)

Nel caso le due galassie si fondano, i rispettivi **buchi neri** centrali potrebbero anche **fondersi** in un buco nero con massa uguale alla somma delle due masse originali.

## Galassie che si scontrano (segue): alcuni esempi



NGC 2158: potrebbe essere interpretata come la collisione di due galassie viste di taglio.



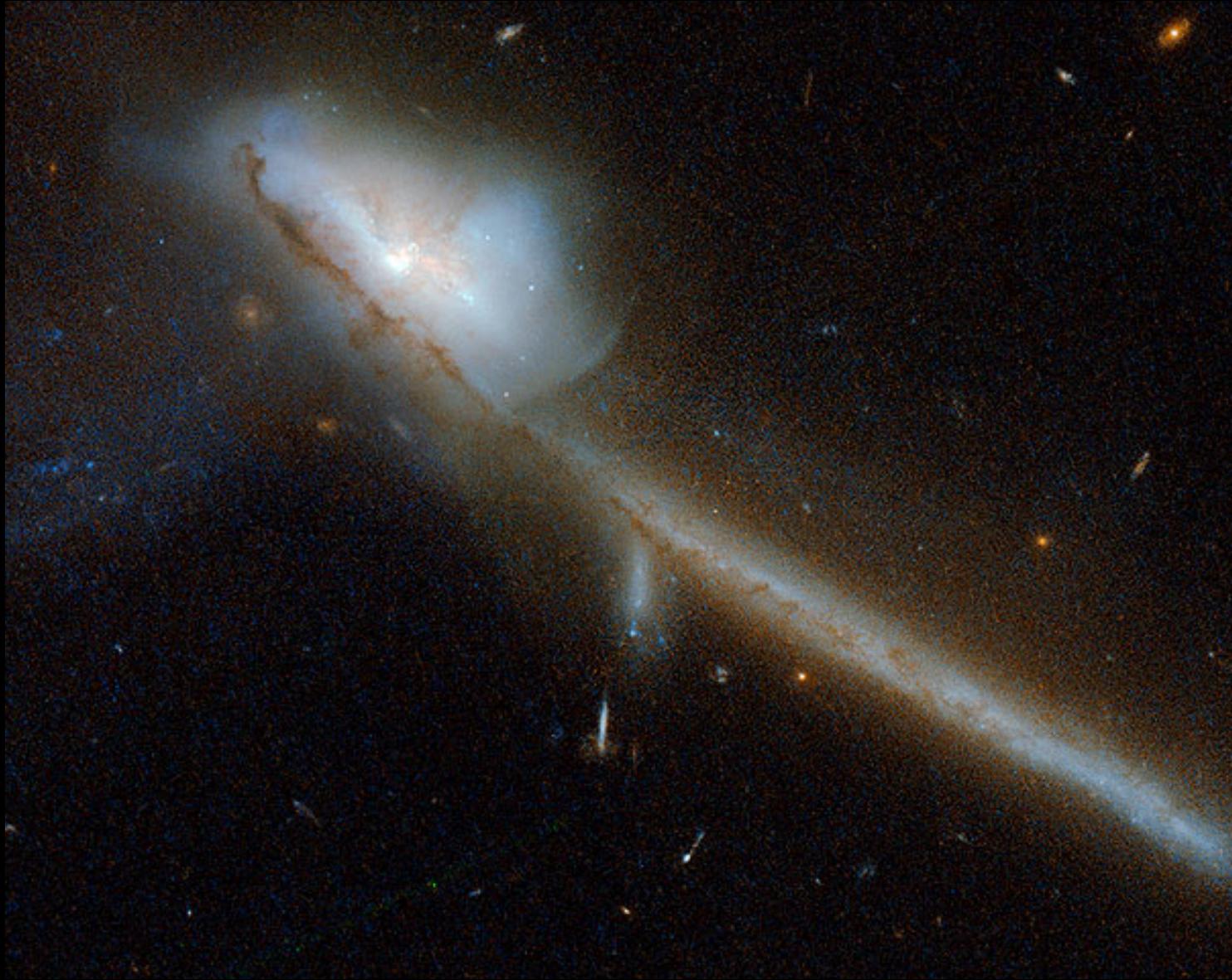
Oggetto di Hoag: galassia ellittica centrale con una galassia che si è deformata in un anello (non è chiaro come e perché)

AM 2026 e AM 424: due galassie interagenti

## Galassie che si scontrano (segue): alcuni esempi



Oggetto di Mayall (Arp 148):



Markarian 273



NGC 474 (Arp 227): i “gusci” della galassia più grande sono probabilmente causati da effetti di marea sui resti di numerose piccole galassie fagocitate.

# Galassie quiescenti e attive

Si ritiene che ogni galassia di ragionevoli dimensioni ospiti al suo centro un **buco nero supermassiccio**.



Nelle galassie “mature”, questi buchi neri hanno **ripulito la zona circostante** e quindi sono in stato di **quiescenza**, ovvero sono inerti (salvo occasionalmente una nube di idrogeno o una stella dispersa che si avvicinano troppo e vengono ingoiate).

All’inizio della formazione della galassia, tuttavia, i buchi neri centrali hanno **furiosamente ingoiato la materia circostante** (**nucleo galattico**).

Osservando galassie molto lontane nello spazio (e quindi nel tempo, cioè le **galassie primordiali**) ne abbiamo osservate alcune in cui il nucleo galattico è attivo, ovvero le vediamo quando il buco nero centrale stava ancora ingoiano la materia circostante (“**galassie AGN**” - **Active Galactic Nuclei**).

Lo stesso fenomeno si può osservare in alcune **galassie in collisione**, ove per l’effetto della collisione nubi di materia entrano nella **zona di attrazione** del buco nero centrale dell’altra galassia)

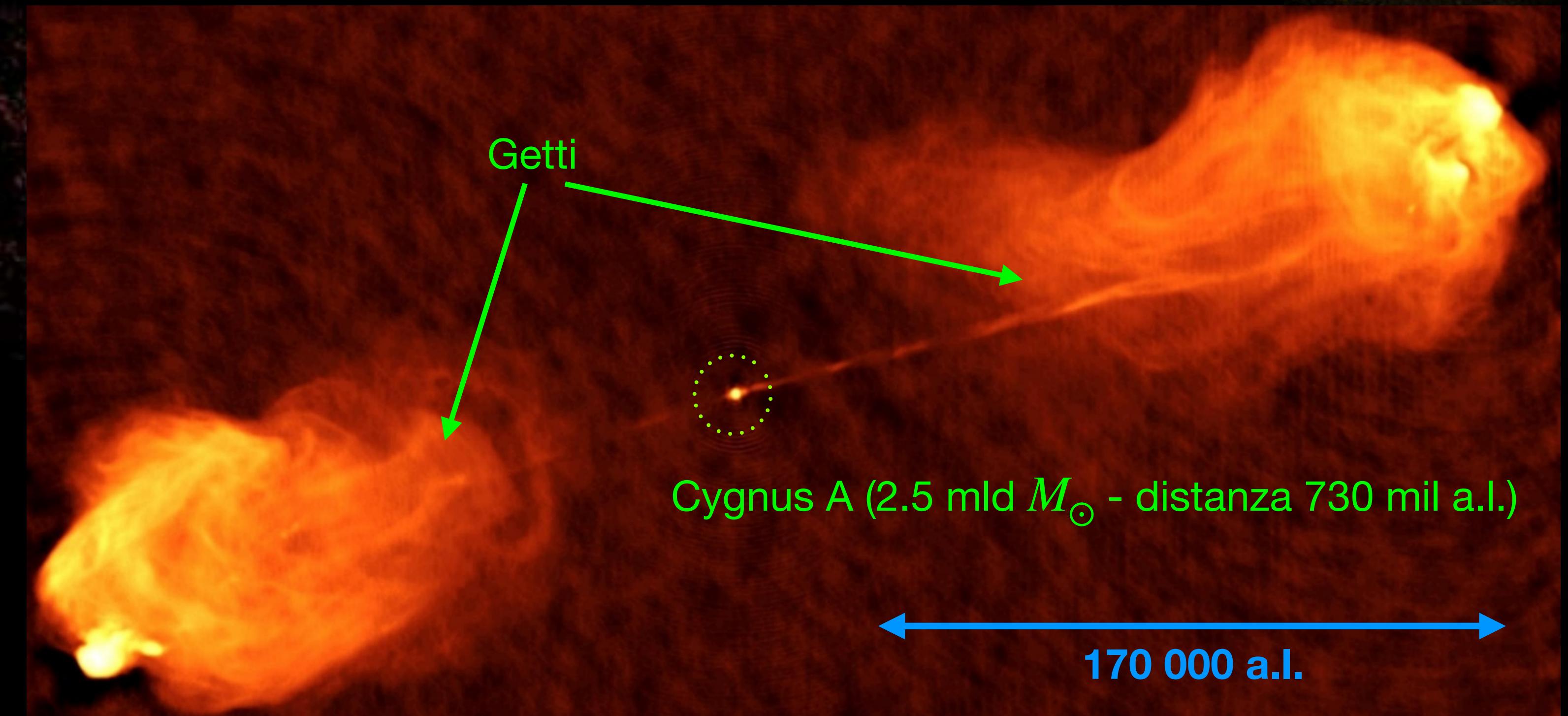
# Galassie AGN

Gli intensi **campi magnetici** generati dalla **materia che cade nel buco nero** danno origine a **getti** che fuoriescono dai poli del buco nero centrale.



Questi getti sono spesso evidenti solo nella banda delle **onde radio** (“**radiogalassie**”), risultando indistinguibili nell’ottico, come nella galassia **Cygnus A** (3C405).

Nello **onde radio**, questo è ciò che invece si vede....



I **lobi** che si vedono alle estremità dei getti sono dovuti all’incontro con il **mezzo intergalattico**.



## Galassie AGN (segue)

Le **galassie AGN** sono anche la spiegazione di vari fenomeni scoperti nella seconda metà del secolo scorso e variamente denominati (“**QUASAR**”, **Blazer**, **Galassie Seyfert**).

I “**QUASAR**” sono potenti sorgenti radio, **molto distanti**, che quindi hanno una controparte ottica **puntiforme**, estremamente luminosa, per cui furono chiamati “**QUAsi StellAR Objects**” (Oggetti quasi stellari, ne sono noti diverse **centinaia di migliaia**)

I “**Blazer**” sono galassie AGN il cui **getto** è diretto verso l’osservatore terrestre, per cui riceviamo fotoni ad alta energia (raggi gamma) e neutrini.

Le “**Galassie Seyfert**” sono galassie AGN con nuclei estremamente luminosi (ma meno delle Quasar) soprattutto nell’UV.



Quasar Markarian 817: il buco nero centrale è attivissimo e produce un’intensa luminosità



Blazar Markarian 421: il buco nero produce un forte getto diretto verso Terra

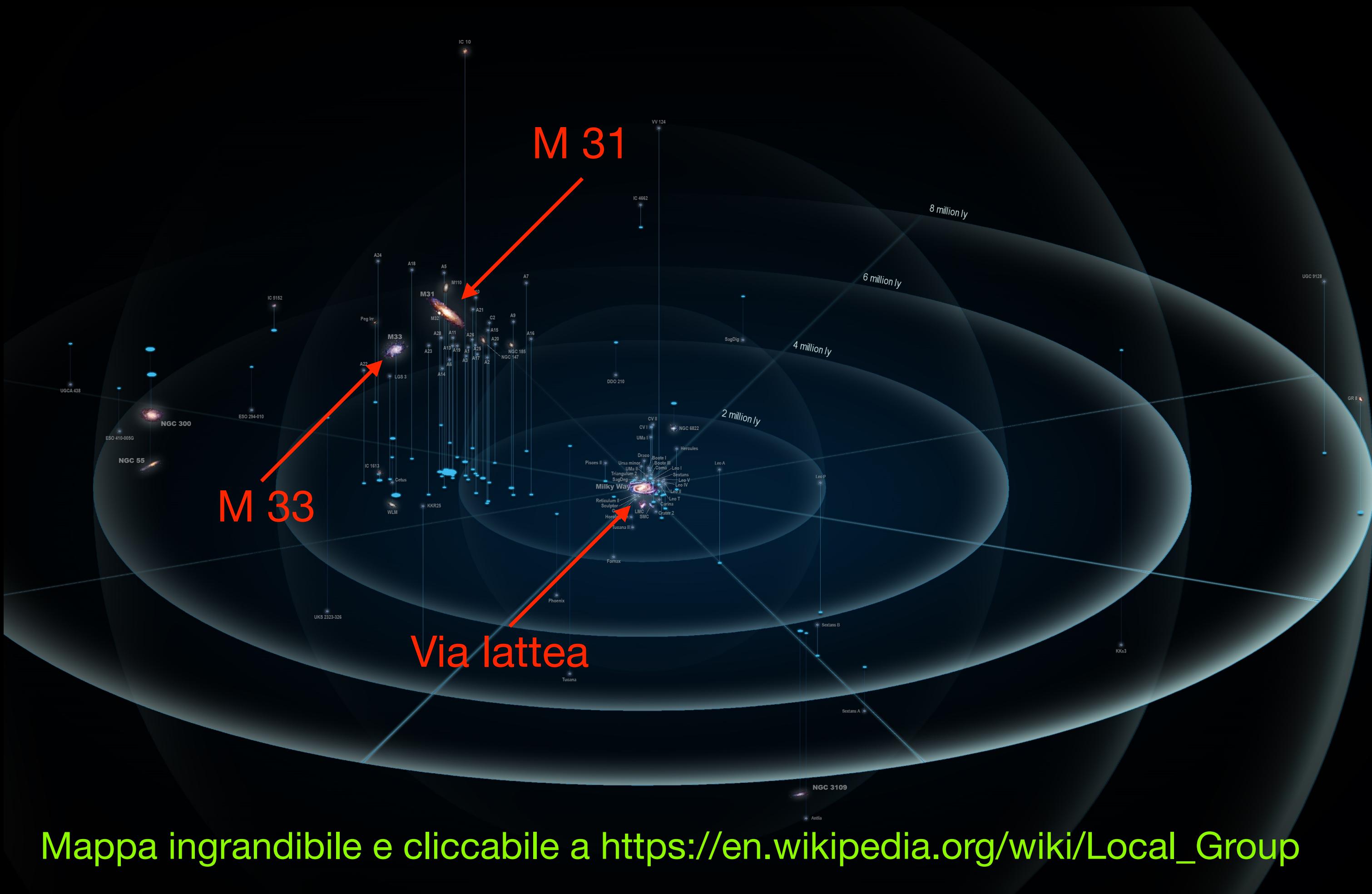


Galassia Seyfert M77

# L'Universo a grande scala

Le **galassie** non sono gli oggetti più grandi dell'Universo... Come le stelle, esse formano “**gruppi di galassie**” legate gravitazionalmente.

I “gruppi” a loro volta formano degli “ammassi di galassie”, gli ammassi formano “superammassi” e i superammassi formano “filamenti” e “muraglie”...



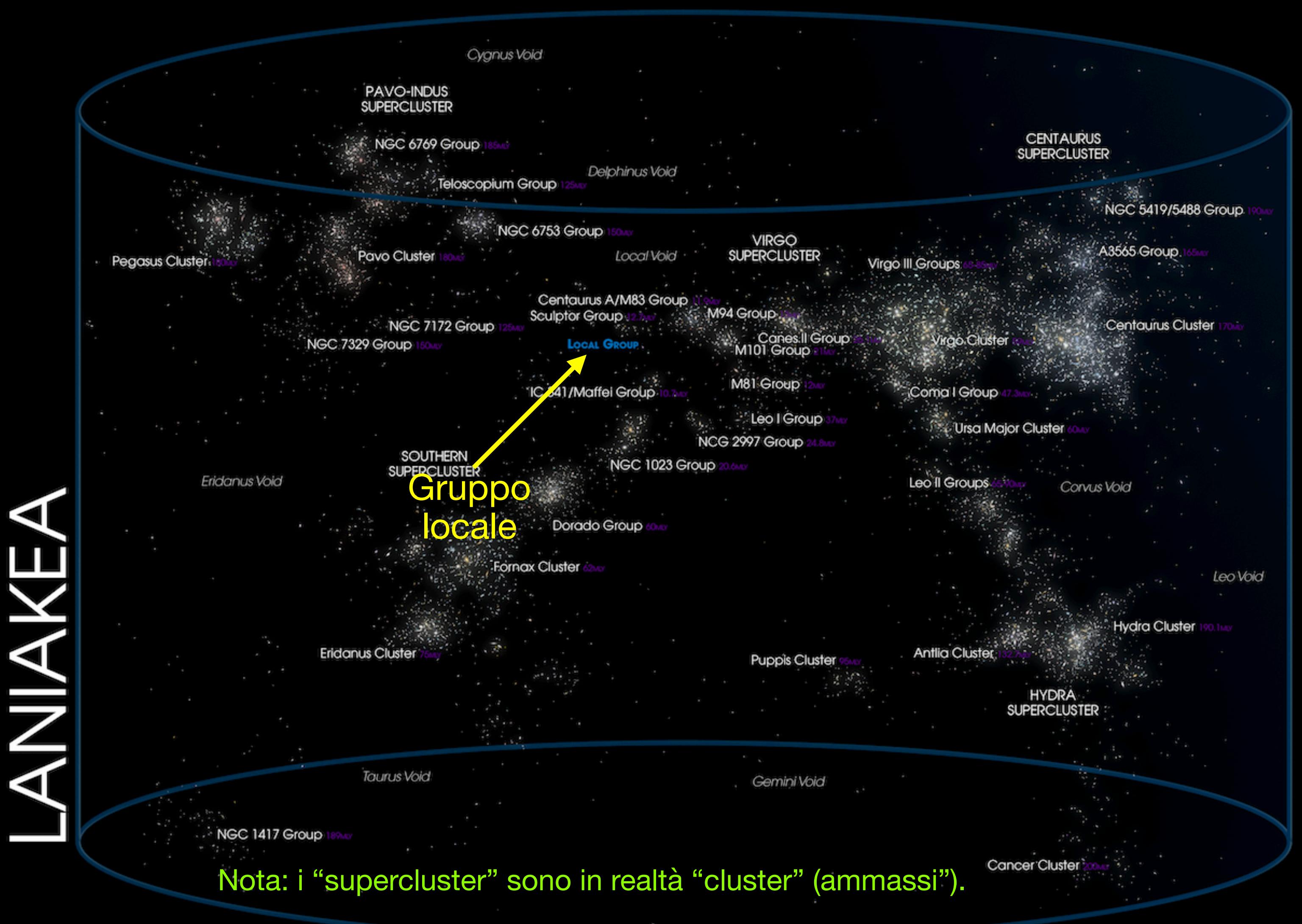
Ad esempio, il gruppo di cui fa parte la **Via Lattea** è chiamato il “**Gruppo locale**” (che fantasia...) e comprende almeno **3 galassie maggiori** (**Via Lattea**, **M31 - Andromeda** e **M33 - Triangolo**...).

...e almeno una ottantina di galassie minori (nane), di cui molte sono satelliti delle tre galassie maggiori.

Il diametro del Gruppo locale è di circa 10 mil a.l. e la massa totale è circa 2.000 mld  $M_{\odot}$ .

# L'Universo a grande scala (segue)

Alcuni “gruppi” possono formare degli “ammassi di galassie” (non sempre, ad esempio il Gruppo locale non fa parte di nessun ammasso... Però qualcuno lo mette nell’Ammasso della Vergine...).



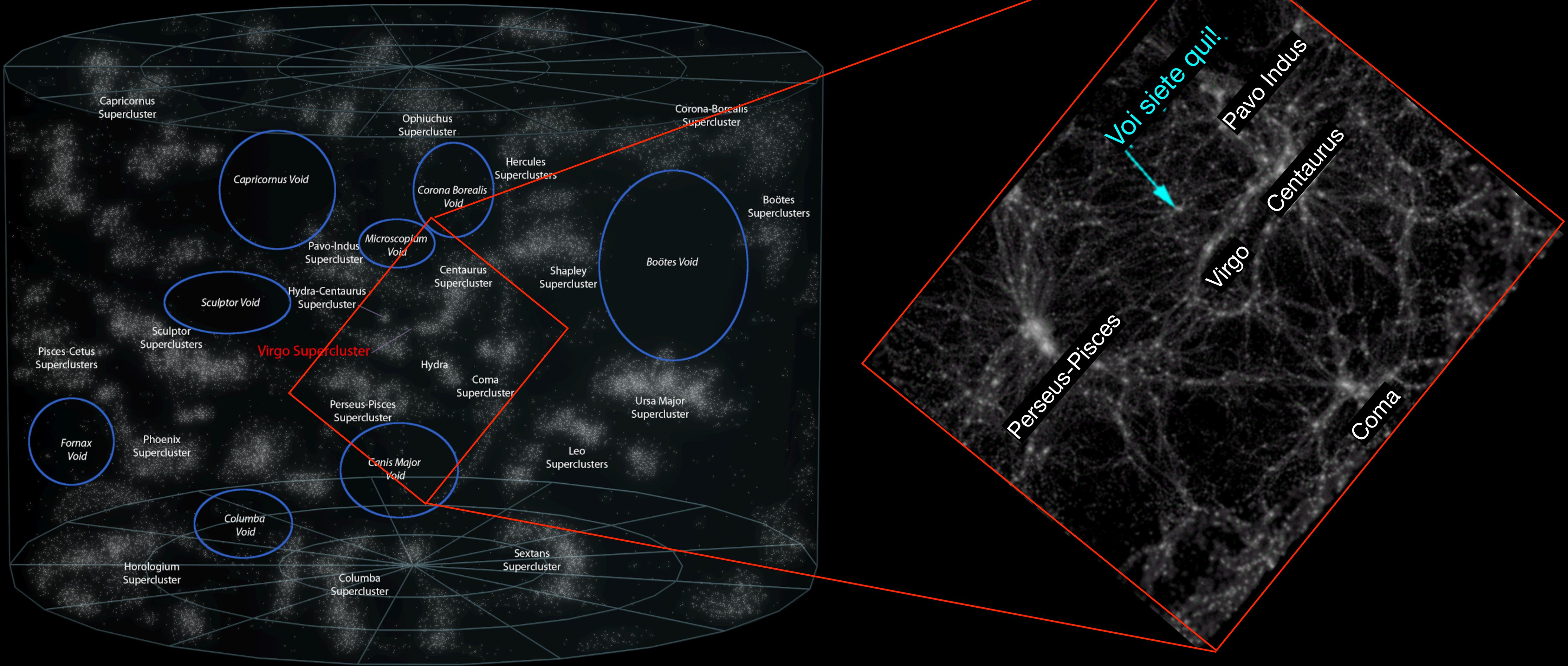
Gli ammassi formano i “superammassi” (che possono includere anche gruppi isolati). L’ammasso più vicino alla Via lattea è l’Ammasso della Vergine (“Virgo Cluster”), contenente più di 2.000 galassie, tra cui la ben nota M 87 (e ovviamente la Via lattea)

Il Gruppo locale fa parte del Superammasso Laniakea (hawaiano per “cieli immensi”), contenente circa 100.000 galassie.

**ATTENZIONE:** mentre i gruppi e gli ammassi sono strutture gravitazionalmente legate, a una distanza sufficiente perché la gravità contrasti l'espansione dell'Universo, questo **non vale per i superammassi!!!!**

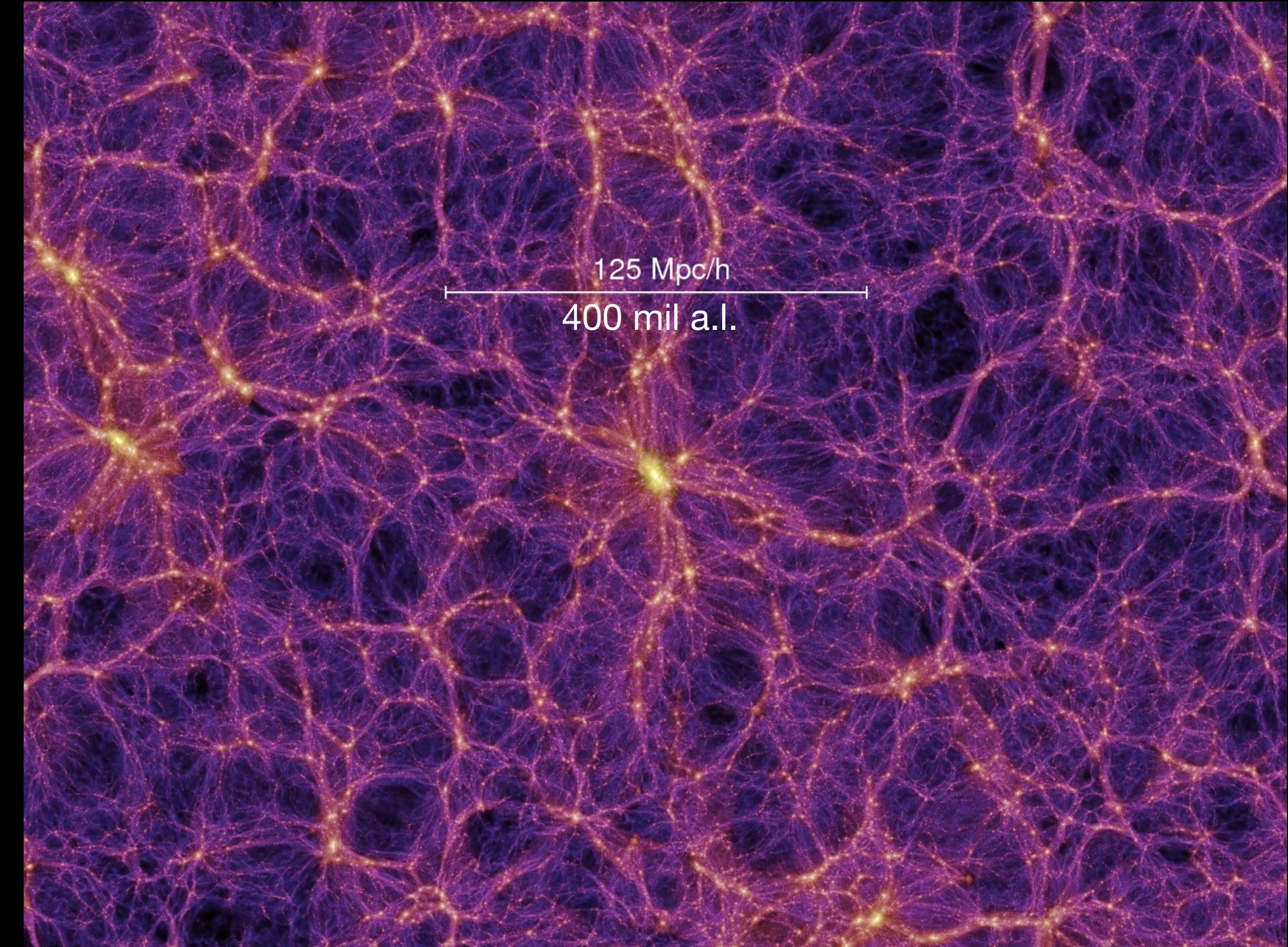
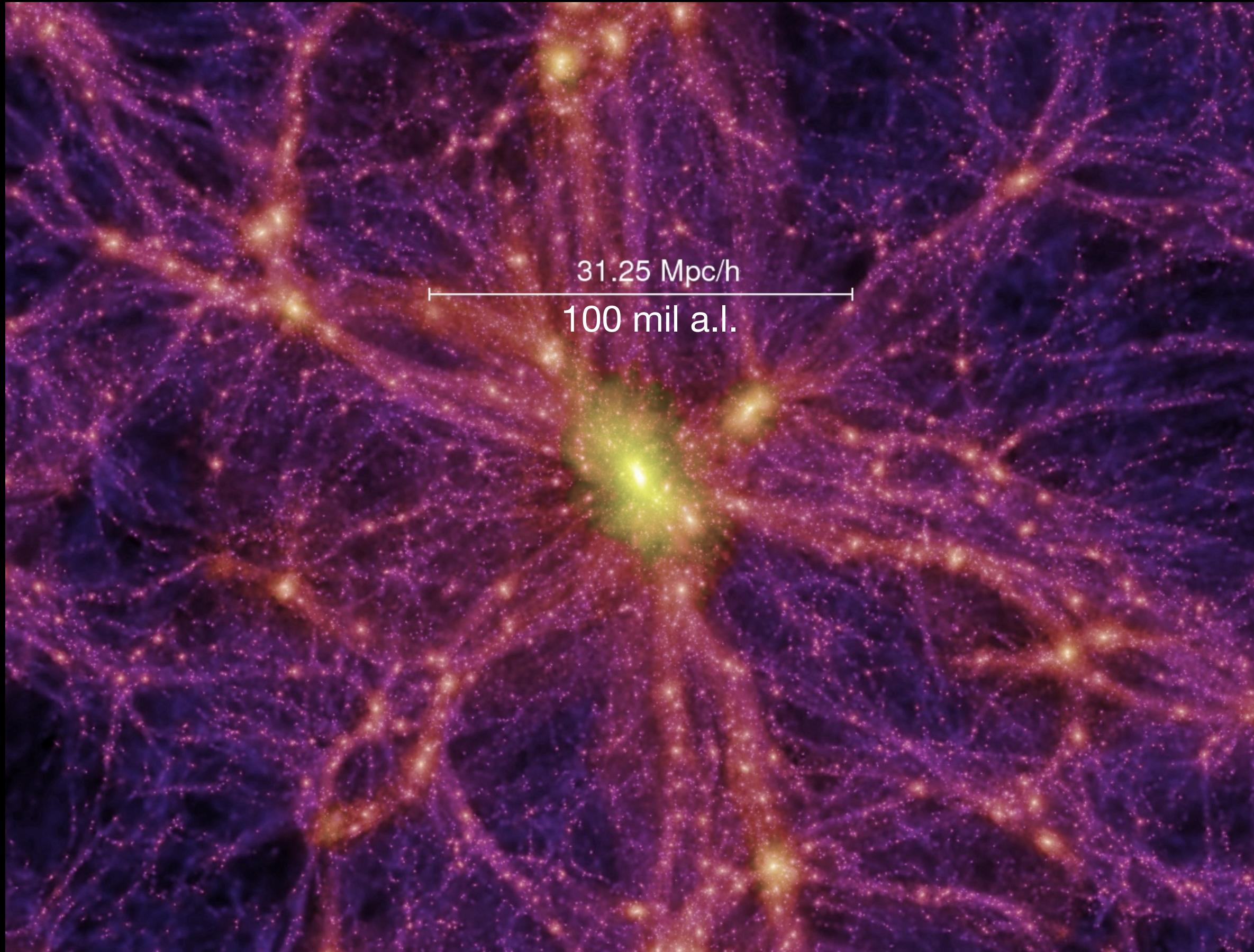
## L'Universo a grande scala (segue)

In una scala ancora maggiore, i **superammassi** (inclusi ammassi e gruppi isolati) sono disposti in strutture chiamate variamente **filamenti** o **muri**, separate da grandi spazi **vuoti**!



## L'Universo a grande scala (segue)

In una scala ancora più grande, l'Universo sembra strutturato come una **rete** (la “**rete cosmica**”), ove la materia è disposta nei “**filamenti**”, che circondano immensi “**spazi vuoti**”.



Immagini da “Millennium Simulation”

*E qui ci fermiamo, avendo raggiunto gli estremi limiti  
dell'Universo conosciuto...*

*Nella speranza che il corso sia stato di vostro interesse,  
e abbia stimolato la vostra curiosità e il desiderio di  
saperne di più,*

*Grazie per la partecipazione*



Esempio di immagini riprese dal telescopio Vera Rubin

<https://skyviewer.app/tours/cosmic-treasure-chest>