

# Centro Osservazione e Divulgazione Astronomica Siracusa

## LA VIA LATTEA

*X Corso d'introduzione all'Astronomia*

Siracusa, 13 maggio 2016



**Un po' di storia...**



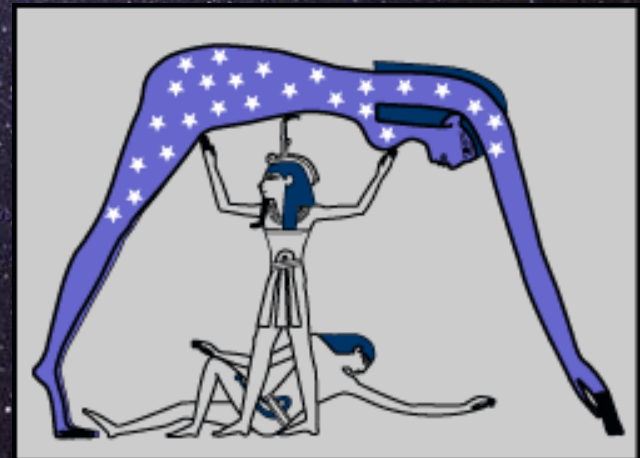
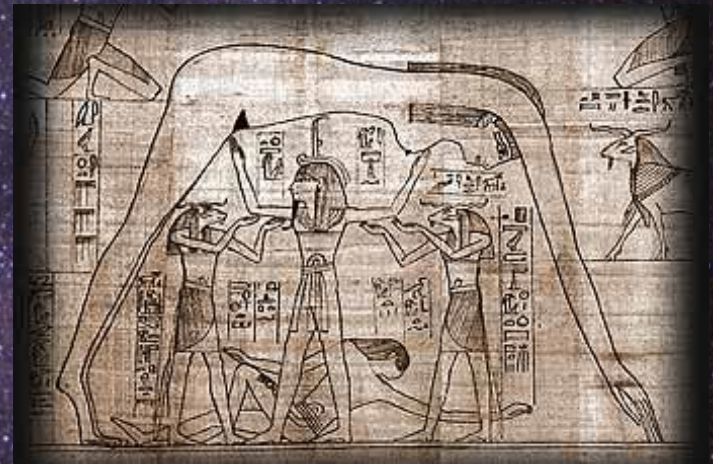
# Che cos'è la Via Lattea?

- Tutti abbiamo ormai coscienza che la Via Lattea, intesa come quel tappeto luminoso che domina i nostri cieli serali, è parte della nostra galassia.
- Quel che è quasi ovvio per noi non lo fu altrettanto per gli antichi; l'occhio umano, infatti, non è in grado di risolvere in stelle il suo chiarore lattiginoso, può solo distinguere le stelle più luminose che si proiettano sul suo sfondo.
- Tradizioni popolari e teorie di filosofi hanno pertanto attribuito i significati più fantasiosi a questo tappeto luminoso che si staglia nel cielo.



# Miti...

- Presso la maggior parte dei popoli del mondo, le principali leggende associavano la scia luminosa della Via Lattea ad una strada, un fiume, un serpente, etc.
- Per gli **Egizi**, ad esempio, era la traccia lasciata dal Sole durante il suo moto diurno, ed era identificata con la **dea Nut**.
- Il mito a cui la Via Lattea deve il suo nome fa parte della mitologia greca: la scia biancastra si generò da un fiotto di latte sfuggito al seno di Era, mentre ella allattava Eracle.



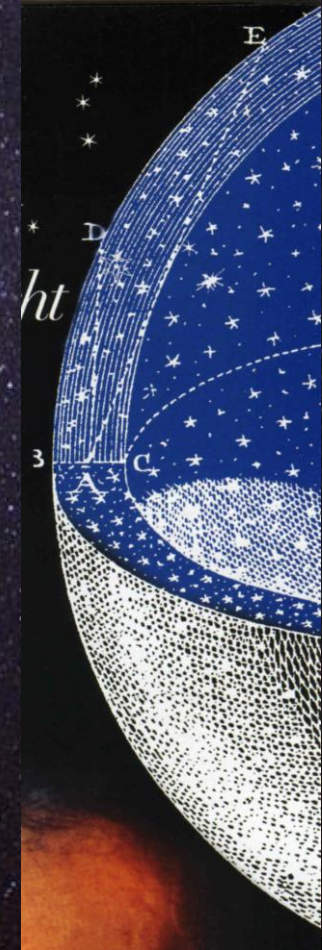
## ... e teorie

- Non meno fantasiose le ipotesi dei pensatori antichi.
- Per limitarci al mondo greco-ellenistico, **Aristotele** negava la natura celeste della scia luminosa; egli riteneva che la Terra liberasse delle esalazioni gassose che, se incendiate da una stella, davano origine a meteore e comete, mentre, se lasciate inalterate, si addensavano a formare la Via Lattea.
- L'unico ad intuirne la natura stellare fu il filosofo greco **Democrito**.



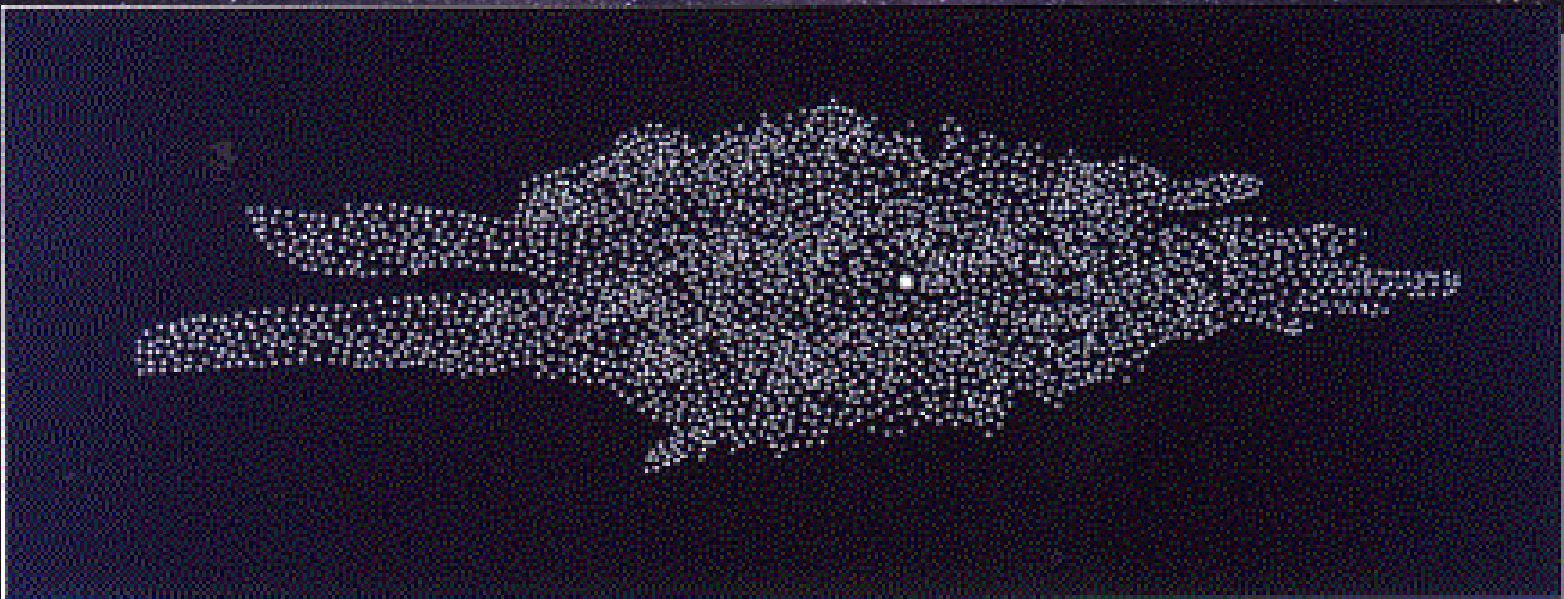
# Le tappe della scoperta

- Fu solo con l'invenzione del cannocchiale che **Galileo** poté finalmente rendersi conto della reale natura stellare della Via Lattea (1609).
- Successivamente (1750), l'inglese **Thomas Wright** ipotizzò che la via Lattea doveva far parte necessariamente di un struttura circoscritta nello spazio. Conseguentemente, l'Universo non poteva avere una composizione uniforme, come sostenuto dagli antichi filosofi.
- **Kant**, traendo spunto da quest'osservazione, intuì, per analogia con il sistema solare, che la Via Lattea dovesse avere la forma di un disco schiacciato, con le stelle in rotazione attorno ad un centro comune.



# Le tappe della scoperta

- Dopo capillari osservazioni, il grande astronomo Herschel confermò che la Galassia (cioè la Via Lattea in greco) doveva assomigliare ad un **disco fortemente schiacciato, con un ben delineato piano di simmetria.**
- Frutto di questo lavoro è la prima mappa realistica della nostra galassia, tracciata verso la fine del '700:



# Le tappe della scoperta

- Dopo Herschel, lo studio della Galassia languì a lungo, finché, con l'avvento nel XIX secolo della spettroscopia e lo sviluppo delle tecniche per la determinazione delle distanze stellari, non venne dato un contributo decisivo a chiarirne definitivamente, ma non ancora completamente, la sua struttura.
- Il resto è storia dei nostri giorni.



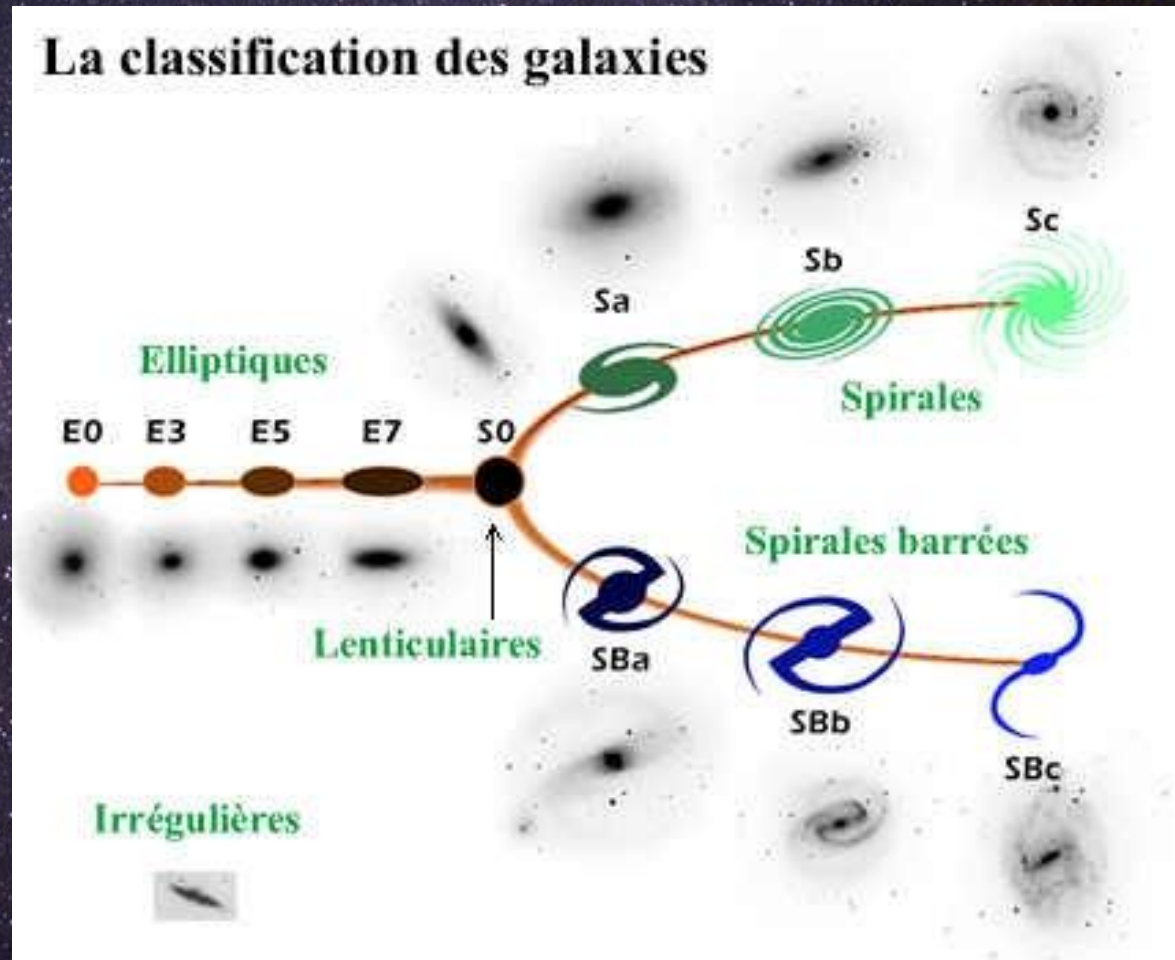


# Morfologia della Via Lattea



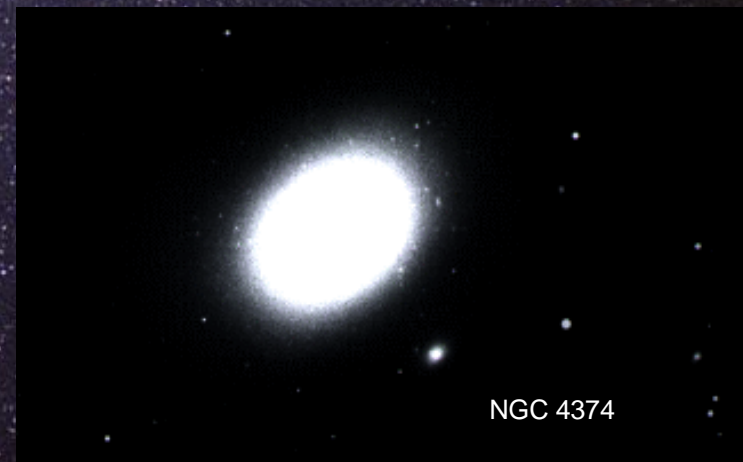
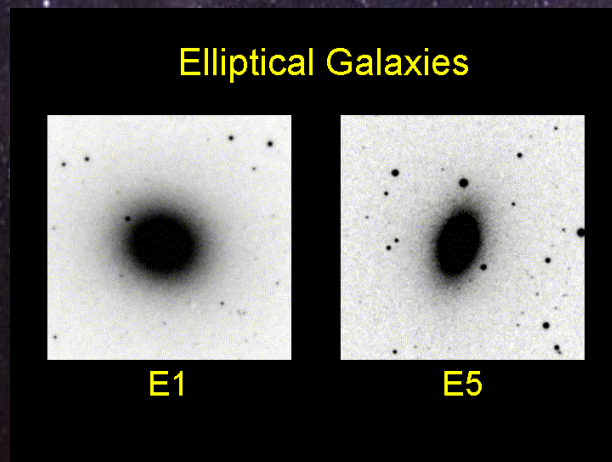
# Classificazione delle galassie

- La prima e più famosa classificazione delle galassie è morfologica e si deve ad **Hubble**.
- Le galassie si dividono in **ellittiche**, **lenticolari**, **spirali** ed **irregolari**.
- A tutt'oggi, questa classificazione è ancora largamente impiegata dagli astronomi moderni, per la sua immediatezza.



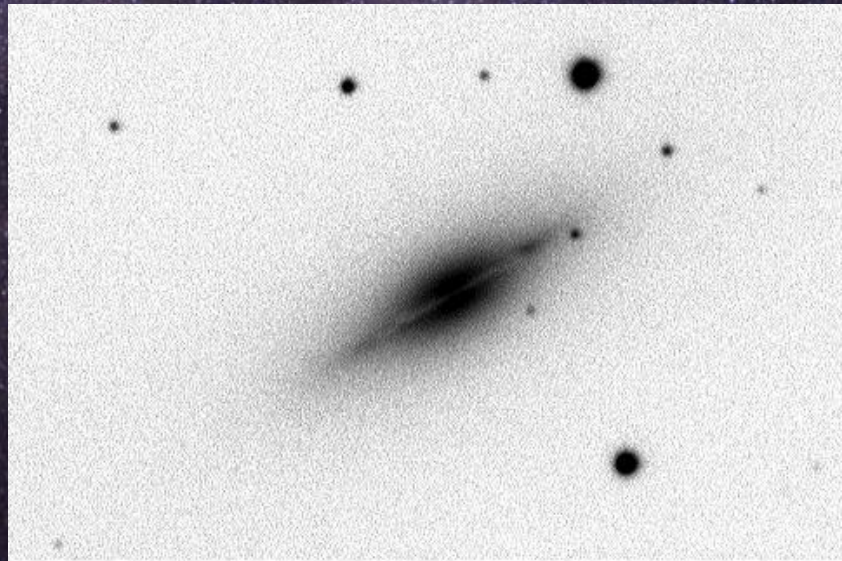
# Galassie ellittiche

- Le galassie ellittiche appaiono come ellissoidi privi di struttura. Si presentano in diverse combinazioni di ellitticità, e vengono contrassegnate dalla lettera E, seguita da un numero compreso tra 0 e 7 secondo il grado crescente di appiattimento.
- Per un certo numero di esse è stata individuata la presenza di un debole disco stellare.
- Si pensa che molte di esse assumano questa forma in seguito alla collisione di più galassie a spirale, con distruzione del sistema dei bracci in seguito al conseguente terremoto gravitazionale.



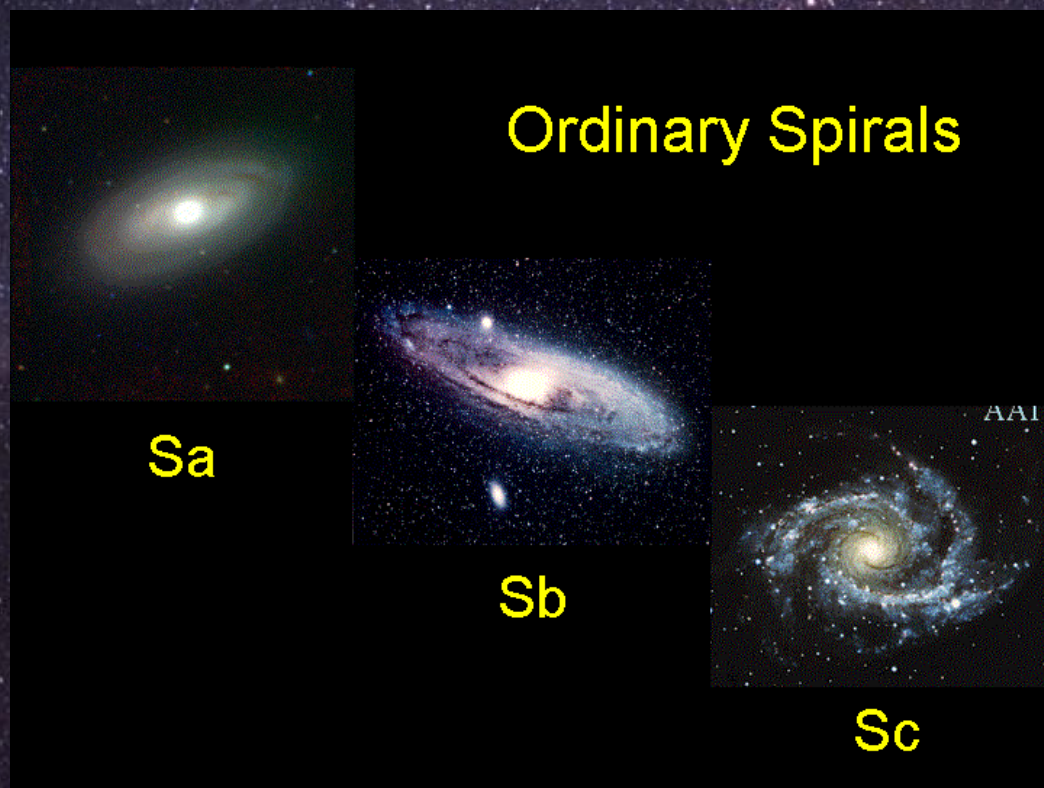
# Galassie lenticolari

- Somigliano abbastanza alle spirali; come queste, infatti, posseggono un disco di accrescimento ed un bulbo centrale, ma sono prive di bracci.
- Sono classificate con la sigla S0.
- E' probabile che la Via Lattea ed, in generale, le altre galassie a spirale si evolvano verso questo tipo di struttura, una volta consumato, fra parecchi miliardi di anni, tutto il gas necessario per formare nuove stelle.



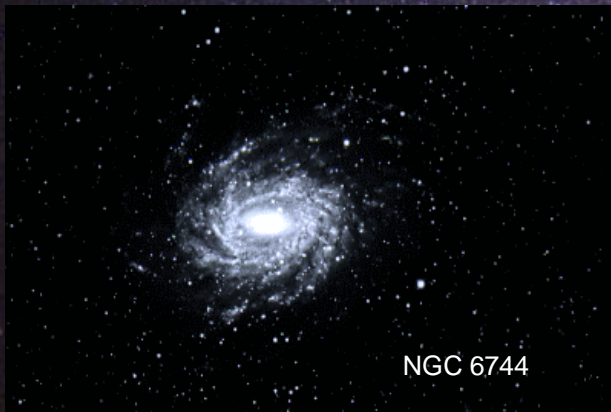
# Le galassie a spirale

- Sono caratterizzate dalla presenza di bracci a spirale luminosi che sembrano uscire direttamente dal bulbo centrale. Vengono indicate con la lettera S, seguita dalle lettere a, b, c, secondo lo sviluppo crescente dei bracci.
- Sono il gruppo più numeroso, circa il 63% del totale.

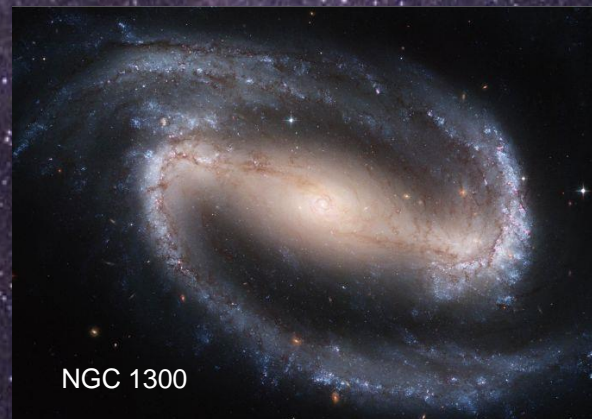


# Le spirali barrate

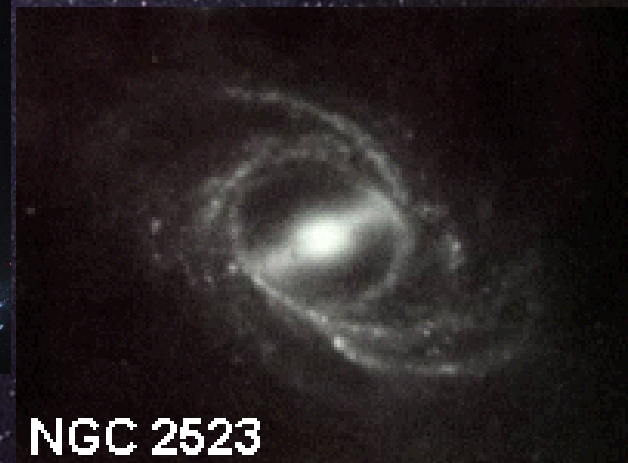
- Un caso particolare è dato dalle galassie cosiddette a *spirale barrata*, caratterizzate dal fatto che i bracci sembrano originarsi da una zona centrale allungata in forma di sbarra, per l'appunto.
- Analogamente alle precedenti, si classificano con la sigla Sb seguita dalle lettere a, b, c, secondo lo sviluppo crescente dei bracci.



NGC 6744



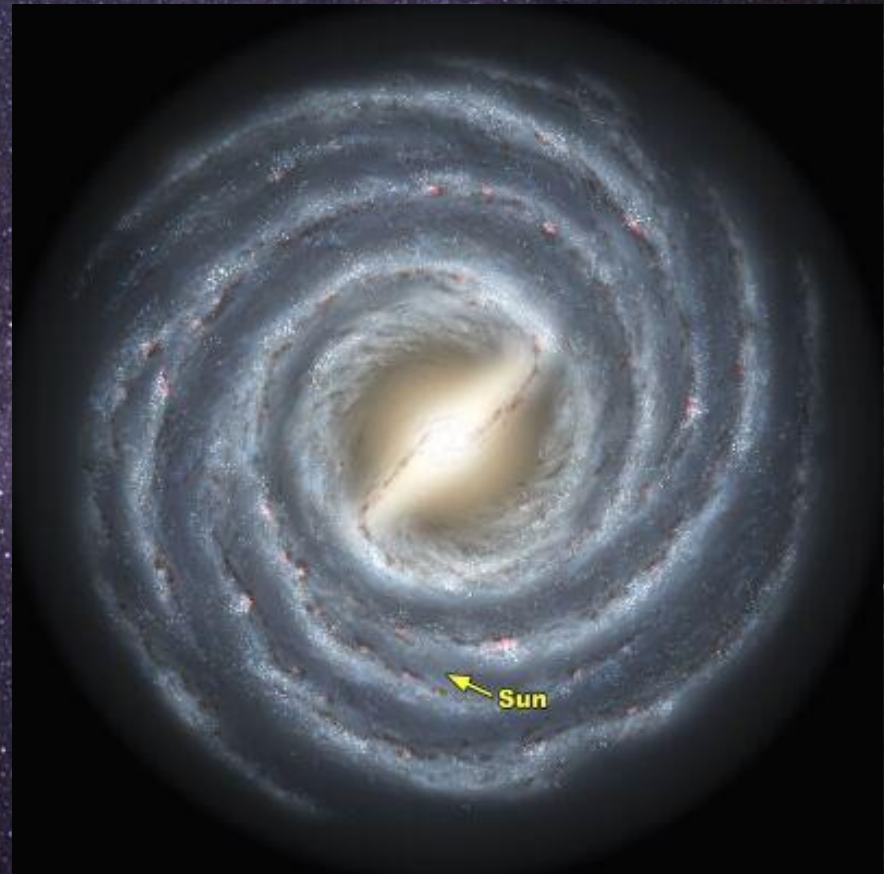
NGC 1300



NGC 2523

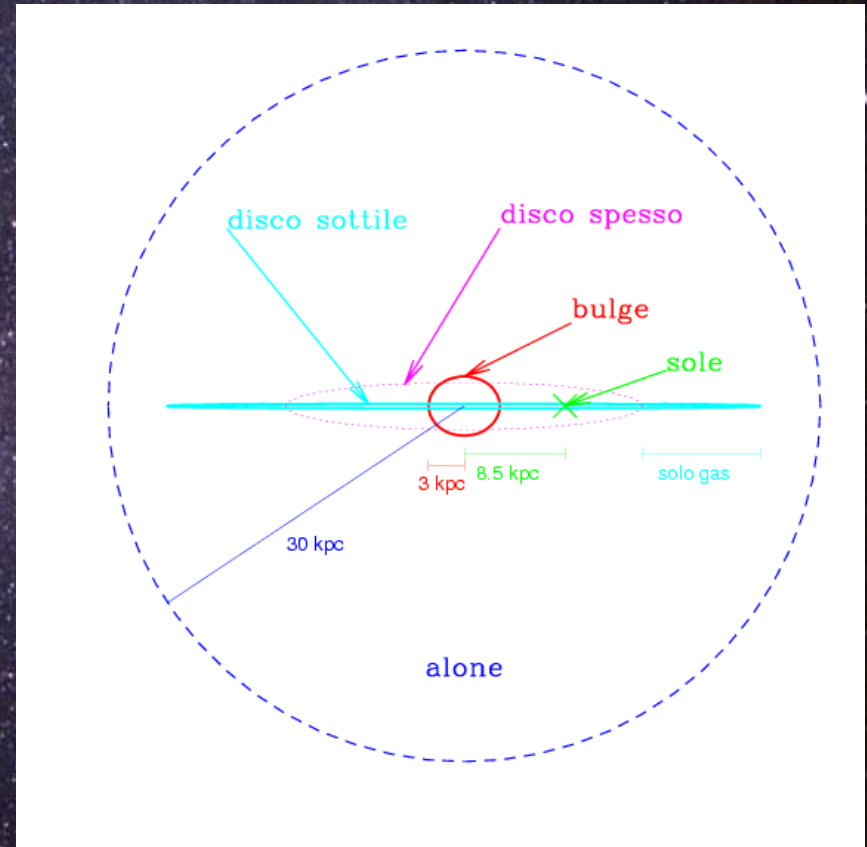
# Classificazione della Via Lattea

- La galassia a cui apparteniamo è del tipo a **spirale**.
- Osservazioni più recenti effettuate con il telescopio orbitale Spitzer della NASA sembrano confermare che la nostra galassia appartiene al gruppo delle **galassie a spirale barrata**.
- Il diametro è pari a circa 100.000 anni luce. Il nostro sistema solare si trova sul piano di simmetria, a circa 27.000 a.l. dal centro dinamico.



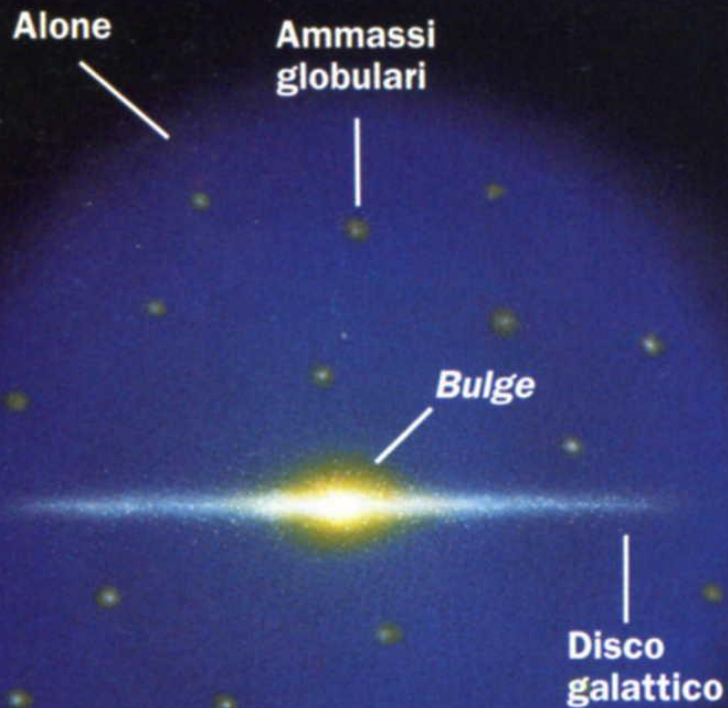
# Struttura della Via Lattea

- un nucleo centrale, il **bulge** o **bulbo galattico**, del diametro di circa 15.000 anni luce;
- un **disco sottile**, sul quale sono posizionati i bracci stellari e gran parte del gas e delle polveri interstellari, del diametro di circa 100.000 a.l.
- un **disco spesso**, con proprietà intermedie tra quelle del disco sottile e dell'alone;
- un **alone** di forma sferoidale, di natura prevalentemente stellare, che ingloba l'intera Via Lattea.



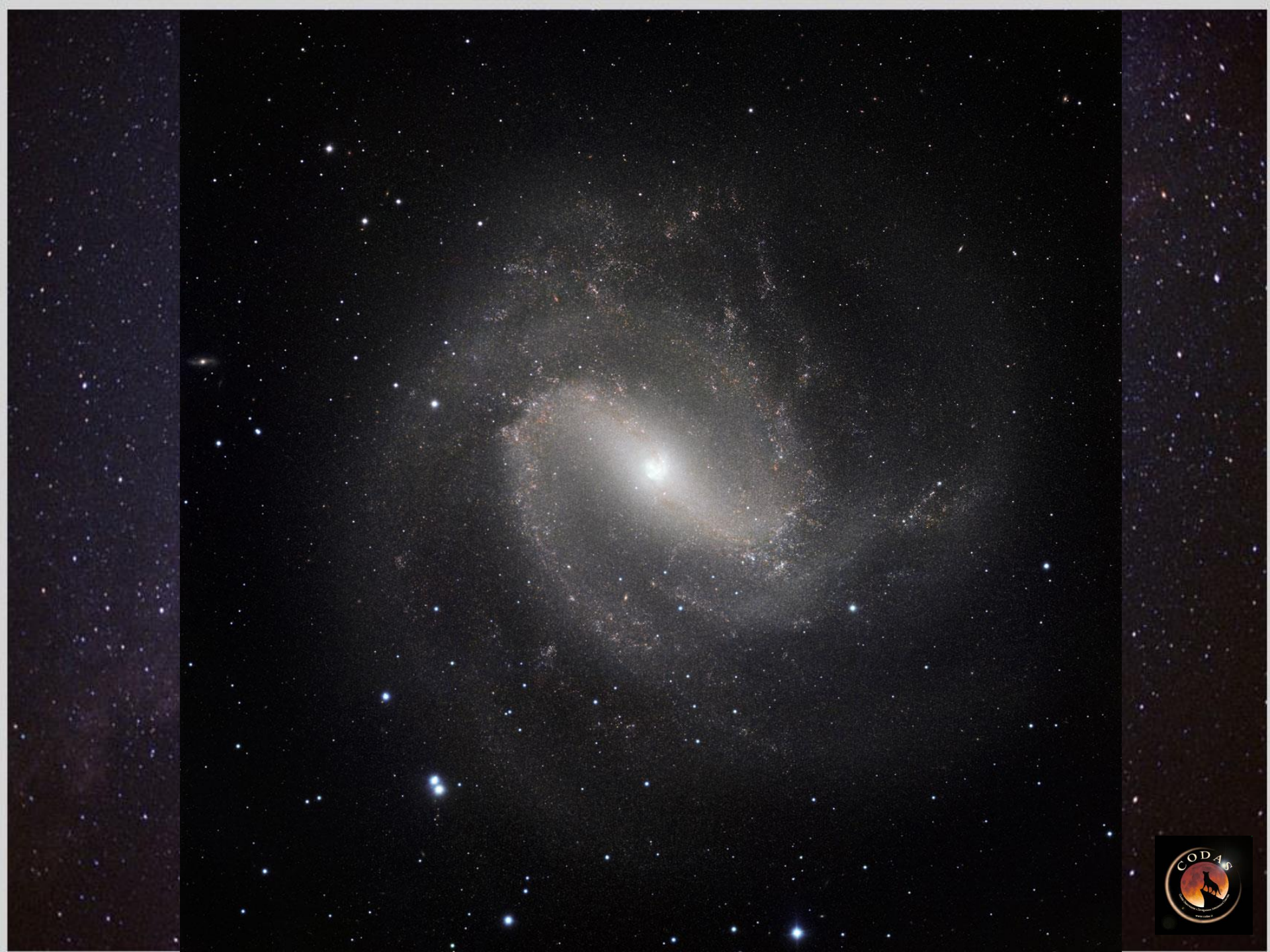


# Struttura della Via Lattea



- Gran parte della materia visibile è concentrata nel nucleo centrale e nel disco sottile.



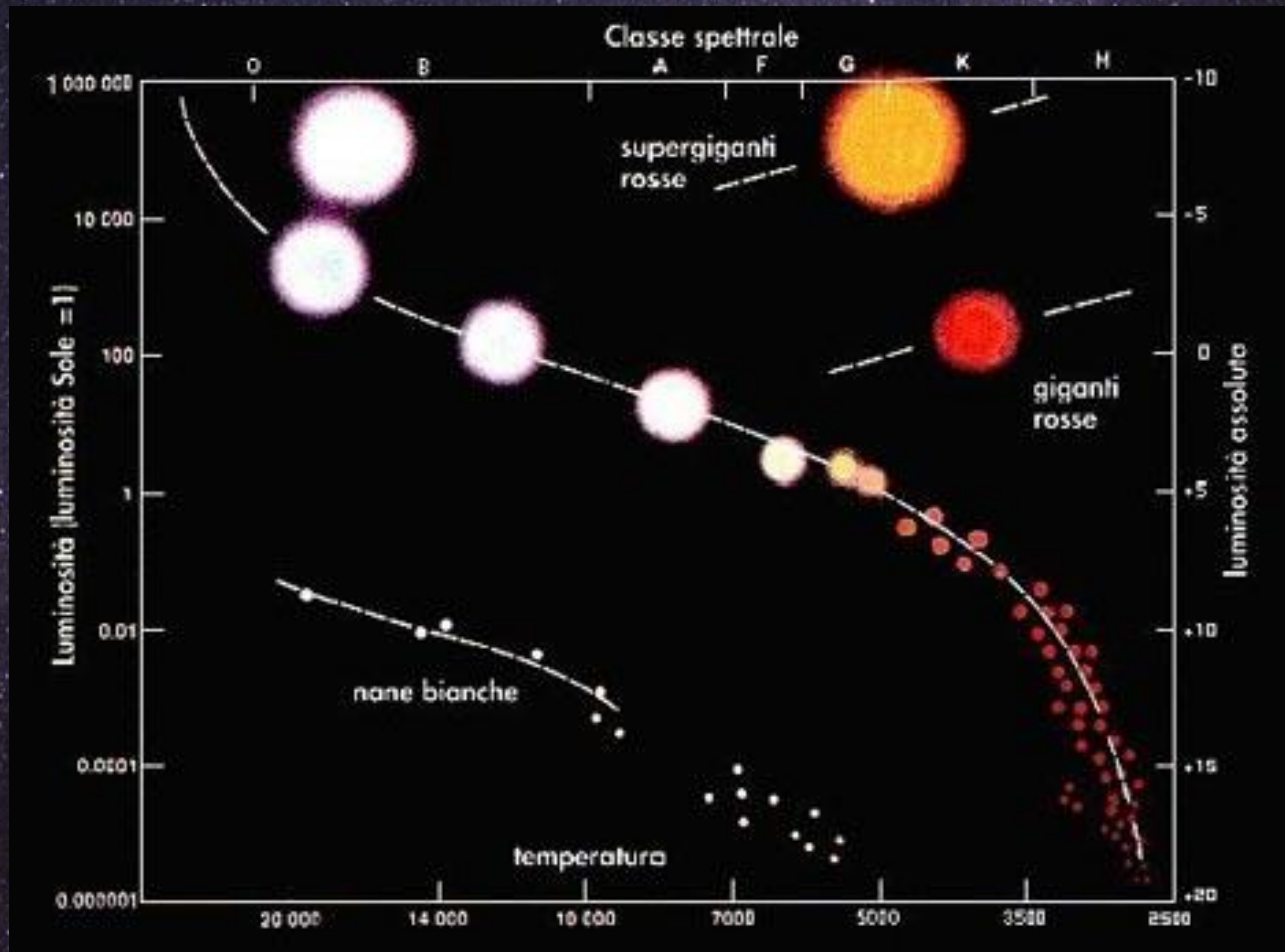


# Le popolazioni stellari

- Le stelle del disco, del nucleo e dell'alone non hanno le stesse caratteristiche, ma differiscono sensibilmente tra loro.
- Possiamo classificare le stelle della Galassia in due famiglie principali:
  - Stelle di **Popolazione I**: sono stelle ricche di elementi più pesanti dell'elio, con un'ampia percentuale di astri giovani, caldi e massicci. Sono concentrate prevalentemente in corrispondenza del disco.
  - Stelle di **Popolazione II**: si tratta di astri molto più antichi, con scarsa presenza di elementi più pesanti dell'elio, spesso giunti al termine della loro esistenza, costituiti per lo più da giganti rosse e concentrati soprattutto nell'alone galattico e nel bulge.



# Le popolazioni stellari : il diagramma H-R



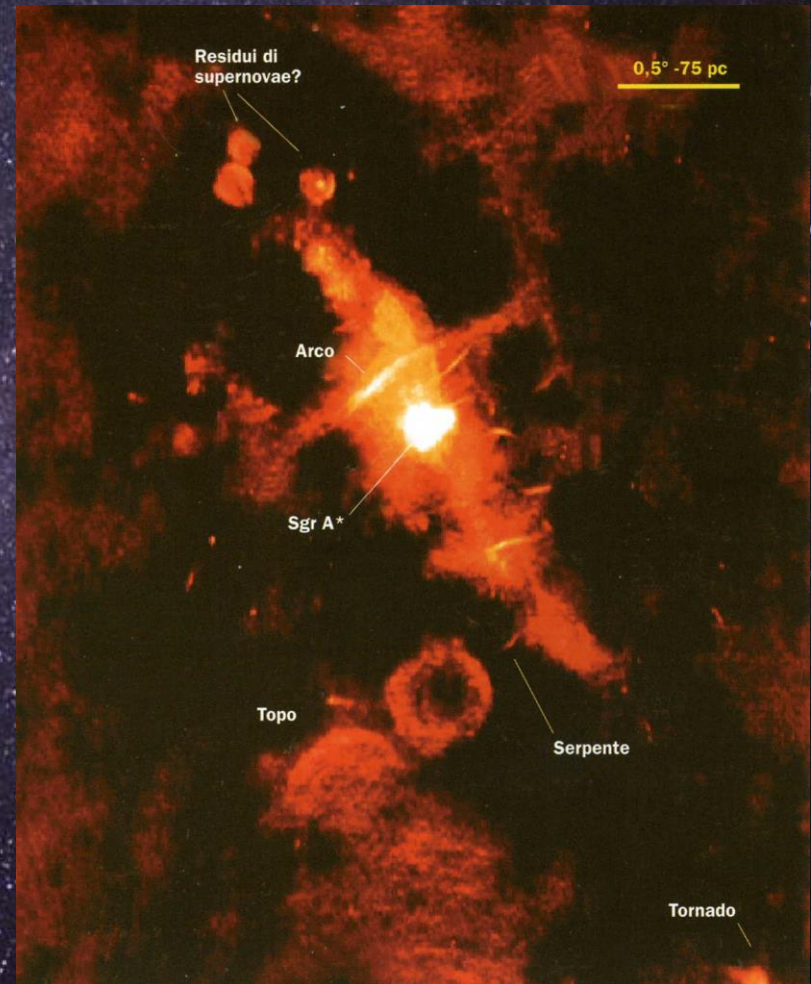
# Il nucleo della Via Lattea

- Il *bulge* è una struttura sferoidale con un raggio di circa 15.000 a.l., in cui predominano stelle molto vecchie e non si ha apprezzabile genesi di nuovi astri.
- La zona centrale ha un diametro di circa 2.500 a.l. ed è costituita da un agglomerato di idrogeno neutro in rapida rotazione.
- Da questa zona centrale fuoriesce materia in rapida espansione, verso i bracci del disco sottile.
- L'osservazione diretta del centro galattico è resa praticamente impossibile dall'estinzione interstellare; tutte le informazioni sono state ottenute con osservazioni nel dominio radio o nel lontano infrarosso.



# Il nucleo della Via Lattea

- I 10 anni luce centrali appaiono dominati da un complesso sistema di radiosorgenti, in direzione di un punto della costellazione del Sagittario.
- La sorgente principale è denominata Sagittarius A\*, che sembra essere composta da cinque sorgenti distinte:
  - due residui di supernova;
  - due ammassi stellari di recente formazione;
  - una sorgente compatta, con ogni probabilità un buco nero, del diametro di un decimillesimo di anno luce e di massa di circa 4 milioni di masse solari.



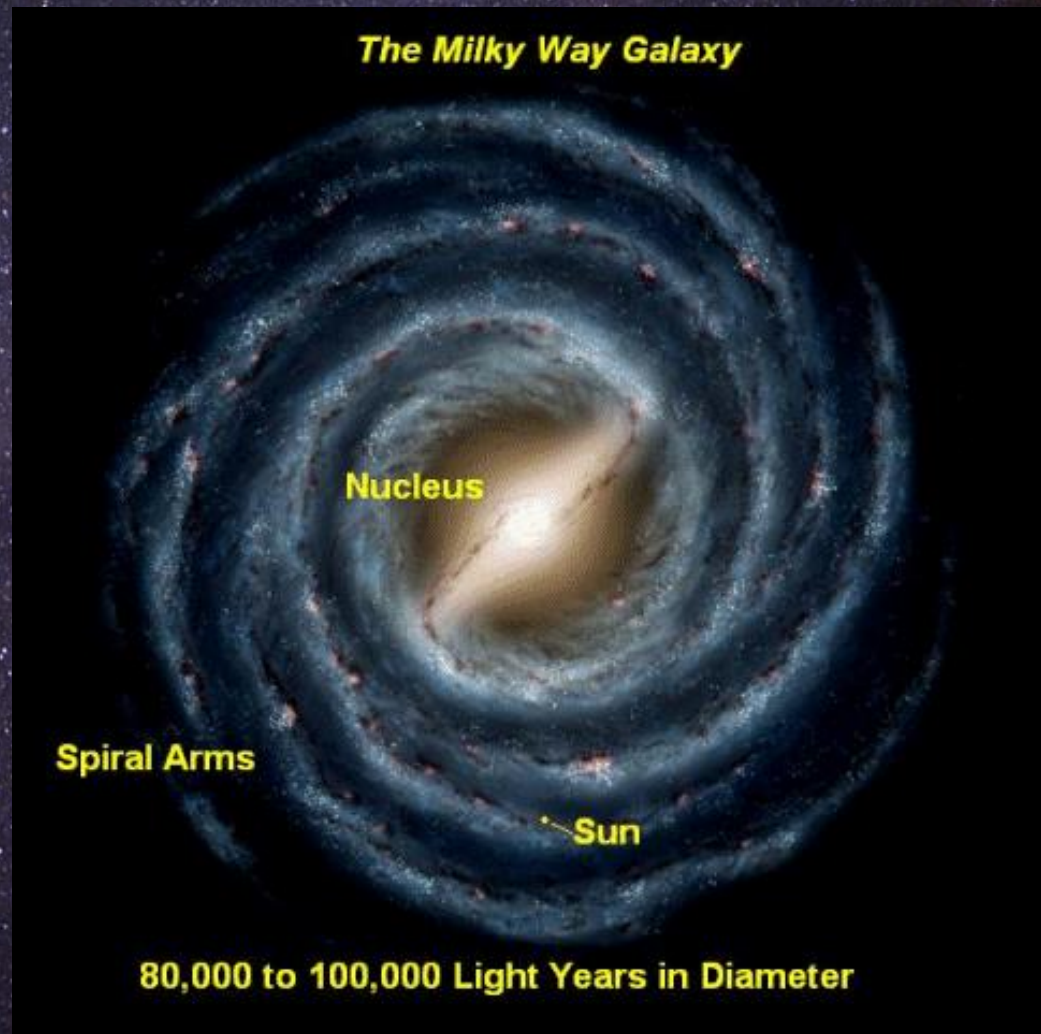
# Il disco ed i bracci

- Il disco galattico ha un diametro di circa 100.000 anni luce ed uno spessore massimo di 15.000 a.l.
- Nel disco sono concentrati la maggior parte dell'idrogeno e delle polveri della galassia; esso, inoltre, è arricchito dai residui delle esplosioni delle stelle delle generazioni precedenti.
- Conseguentemente, il disco è il luogo della Via Lattea dove c'è la più alta formazione di astri, spesso brillanti e massicci e ricchi di elementi più pesanti (**popolazione I**).
- Le strutture più vistose sono i cosiddetti **bracci a spirale**, ove sono concentrati la maggior parte delle stelle e del materiale intergalattico.



# Il disco e i bracci

- Il disco ruota con **rotazione differenziale**.
- I bracci non sono strutture di tipo rigido ma piuttosto fronti di densità che si propagano nella Galassia, con continuo ricambio di materia.





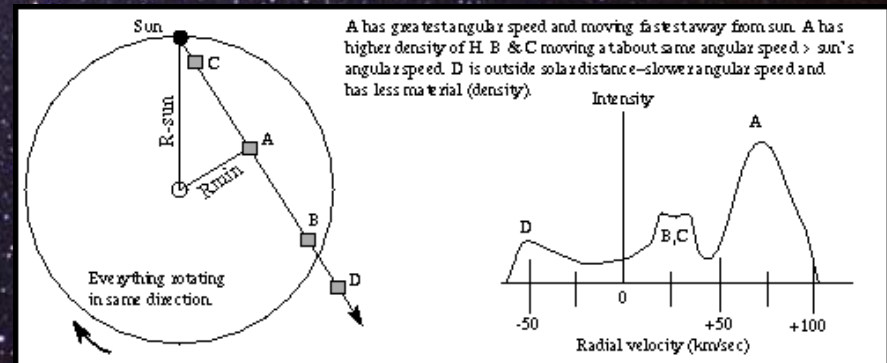
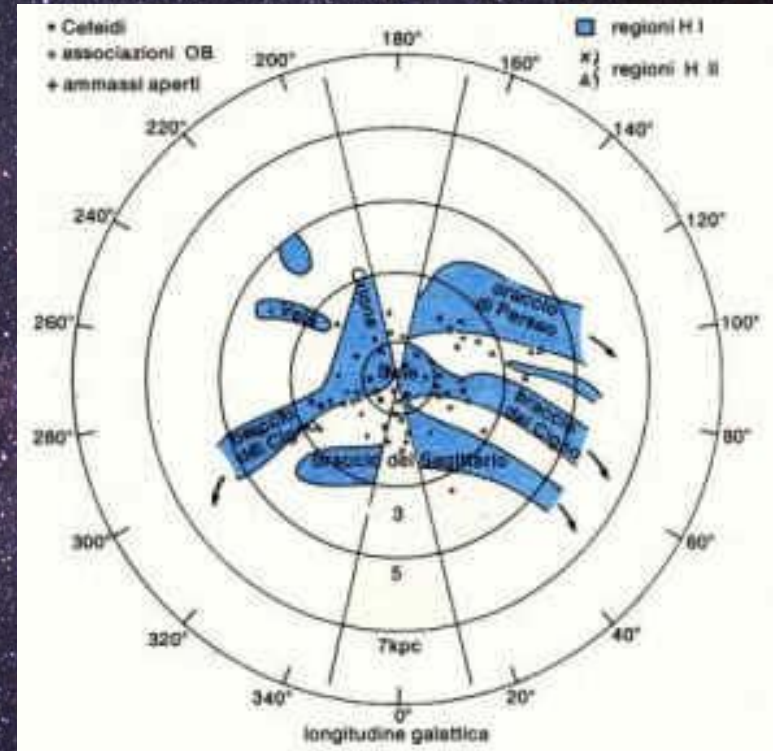
# Il disco ed i bracci

- I due bracci principali, che sembrano essere originati dalla barra che attraversa il nucleo, sono quello di **Perseo** e quello della **Squadra**.
- Più all'interno è collocato il **braccio del Sagittario**.
- Il Sole risulta collocato in corrispondenza del cosiddetto **braccio di Orione**, a metà strada dal centro (27.000 a.l.).
- Altri bracci minori sono al momento solo ipotizzati.



# Il disco ed i bracci

- L'osservazione diretta non ci consente di capire la struttura dei bracci e la loro composizione, sia a causa della posizione del sistema solare, sia per effetto dell'estinzione luminosa.
- Il maggior contributo alla comprensione del sistema ci è stato dato dalla radioastronomia ed, in particolare, dall'analisi dell'emissione dell'idrogeno atomico a 21 cm (regioni HI).



# L'alone

- L'alone è un'enorme struttura sferoidale che avvolge l'intero disco galattico, del diametro di circa **100.000 a.l.**
- Gli oggetti più cospicui dell'alone sono gli **ammassi globulari**; sono presenti, inoltre, molte stelle isolate.
- Vi è solo una bassissima presenza di idrogeno e polveri, con conseguente scarsissima formazione di nuove stelle.
- Le stelle, pertanto, sono prevalentemente di **popolazione II**, vecchie e poco metalliche.
- La densità complessiva è molto bassa, e decresce molto rapidamente con la distanza dal centro.



# La massa della Via Lattea

- Una prima stima della massa della Via Lattea può essere fatta deducendone il valore sulla base della distanza del Sole dal centro della Galassia e del suo tempo di rivoluzione.
- Si applica la terza legge di Keplero:

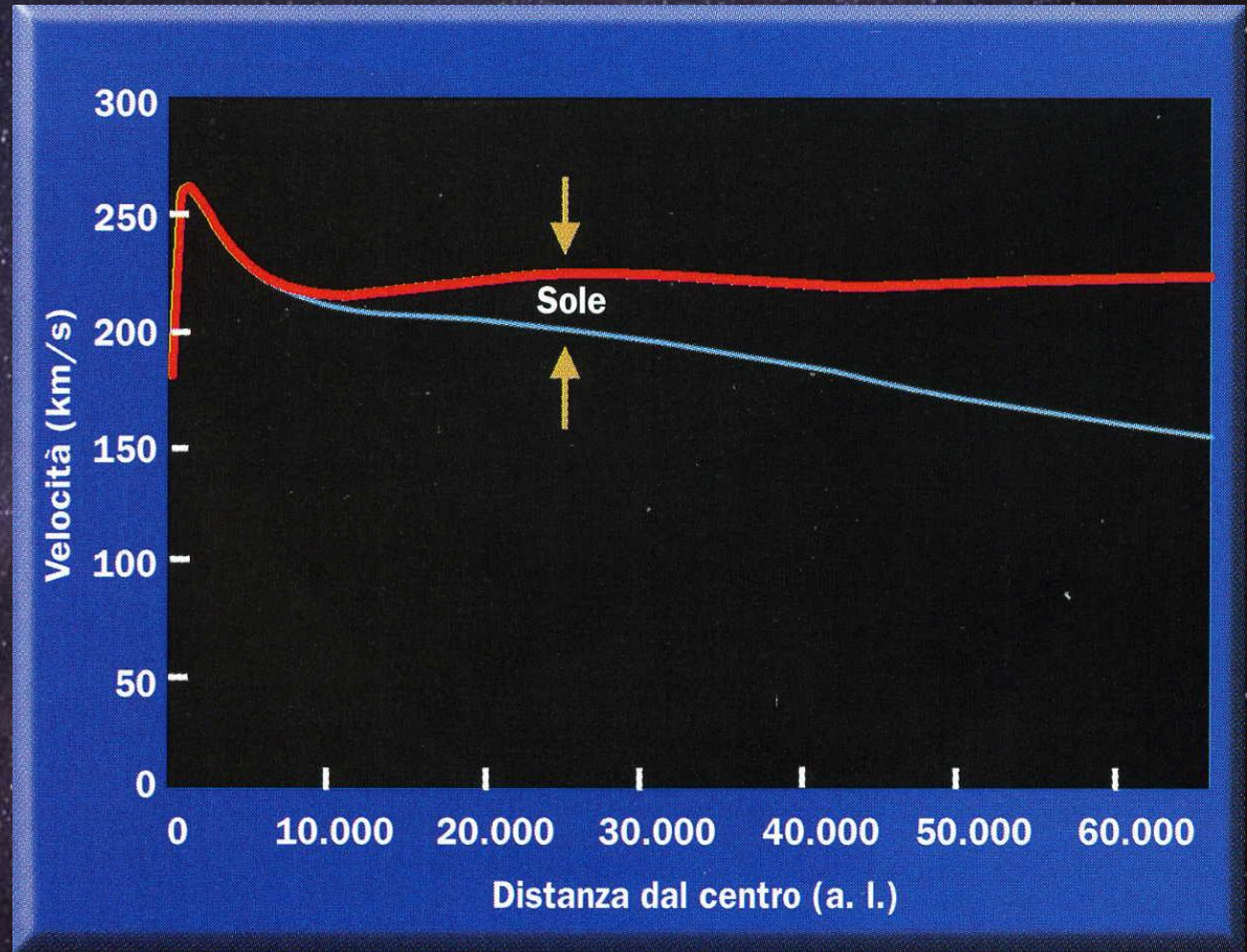
$$T^2 = 4\pi^2/GM a^3$$

- In tal modo, la massa totale della Via Lattea all'interno dell'orbita solare è circa 130 miliardi di masse solari.
- Questo risultato non è però confortato dalle osservazioni visive: la **massa luminosa** sembra essere molto minore della **massa gravitazionale**.



# La massa della Via Lattea

L'andamento delle velocità di rotazione delle componenti in funzione della distanza dal centro mostra una discrepanza, rispetto alle previsioni, a partire da una certa distanza dal nucleo.



# La materia oscura

- Sembrerebbe, quindi, che la massa luminosa sia poco più del 10% della massa gravitazionale totale.
- Lo stesso andamento delle curve di rotazione è confermato dallo studio delle galassie esterne.
- Il fenomeno potrebbe essere spiegato postulando l'esistenza della cosiddetta **materia oscura**, non associata a nessun tipo di oggetto sconosciuto.
- Possibili costituenti della materia oscura sono i neutrini o particelle elementari ancora sconosciute, che non emettono alcun tipo di radiazione nota ed interagiscono solo gravitazionalmente.



# I principali componenti



# Gli ammassi stellari

- Sono raggruppamenti di stelle che vanno da poche decine a diversi milioni di elementi, formatesi generalmente a partire dalla stessa nube d'idrogeno.
- A secondo della loro forma, gli ammassi possono essere aperti o globulari.
- Gli **ammassi aperti** si trovano quasi esclusivamente in corrispondenza del nucleo e del piano galattico della Via Lattea.
- Sono caratterizzati da stelle di *popolazione I*, con forte prevalenza di astri molto giovani e massicci, spesso in associazione con i residui della nebulosa da cui hanno avuto origine.
- La loro forma è generalmente irregolare, a causa dell'effetto disgregante prodotto dall'attrazione gravitazionale della Galassia.





# Tipici ammassi aperti - Pleiadi



# Tipici ammassi aperti – h e $\chi$ Persei



NGC884/NGC869: L(6x10min), RGB(3x5min; 2x2 bin),Takahashi FS-102 @ f/6, ST-2000XM, Ken Sperber



# Gli ammassi globularari



- Sono strutture generalmente più massicce degli ammassi aperti, distribuite quasi esclusivamente nell'alone galattico.



# Gli ammassi globulari

- L'analisi spettrale evidenzia che si tratta di astri di *popolazione II*, cioè molto vecchi e poveri di metalli, di età non inferiore a 10-12 miliardi di anni.
- La loro formazione, quindi, risale alle prime fasi di vita della Via Lattea, interrompendosi poco dopo.
- Dalla loro analisi, si è dedotto che la nostra galassia si sia formata circa 14 miliardi di anni fa.
- Questa dinamica è peculiare della Via Lattea; in altre galassie, infatti, si osservano parecchi ammassi globulari caratterizzati da stelle di popolazione I, molto giovani.
- Se ne conoscono circa 150 in tutta la Galassia.

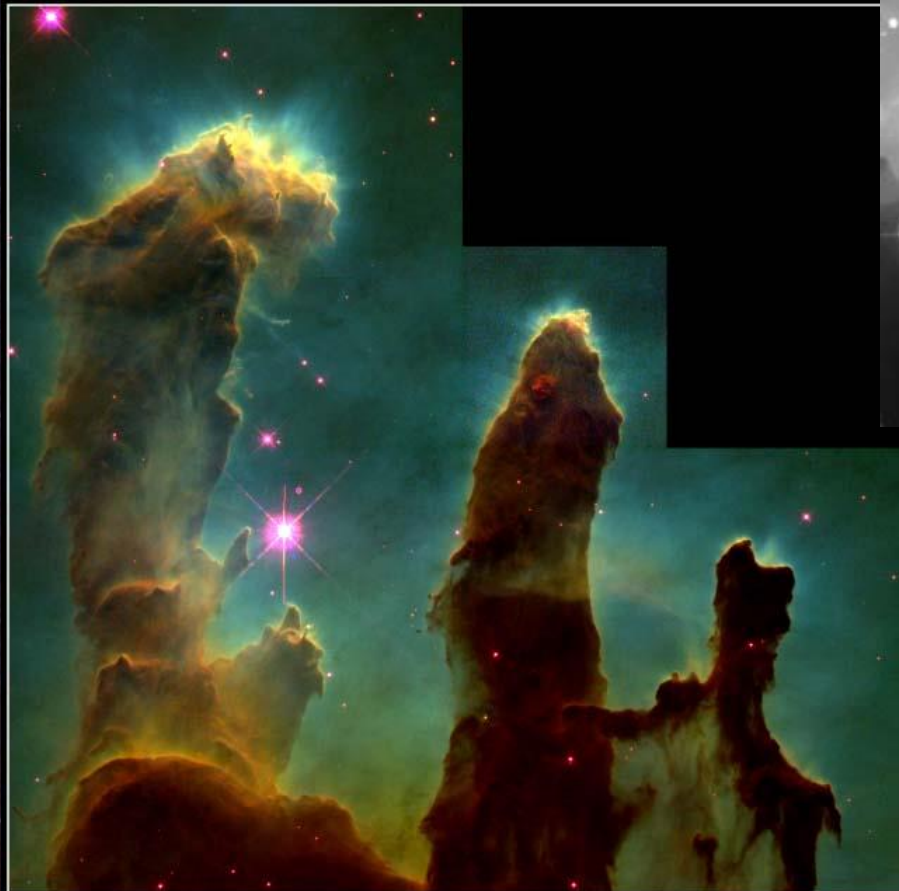


# Le nebulose

- Una nebulosa è una massa di gas e di particelle di polvere situata nello spazio interstellare.
- Può essere **luminosa** o **oscura**.
- La specie chimica presente in maggiore abbondanza è l'**idrogeno**, sia in forma atomica che molecolare (ca. 75%). Poi He, N, O, Ne; tracce anche di OH, CO, CS, etc.
- Le polveri sono costituite, prevalentemente, da carbonio, silicati e idrocarburi policiclici aromatici.
- Le polveri sono opache alla radiazione luminosa visibile e UV (**estinzione galattica**), e sono parzialmente trasparenti solo nell'IR.
- Esse sono le responsabili delle tipiche **nebulose oscure**.



# Nebulose obscure



**Gaseous Pillars • M16**

**HST • WFPC2**

PRC95-44a • ST ScI OPO • November 2, 1995  
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.), NASA



Horsehead Nebula



Hubble  
Heritage

NASA, ESA, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) • Hubble Space Telescope WFPC2 • STScI-PRC01-12



# Le nebulose luminose

- Se le nebulose sono associate a degli astri, come avviene tipicamente negli ammassi aperti, esse possono emettere radiazioni nel visibile.
- A seconda delle circostanze, tali nebulose possono essere ad emissione o riflessione.
- Le **nebulose ad emissione** sono costituite prevalentemente da idrogeno che viene ionizzato dall'intensa radiazione UV proveniente da stelle molto giovani, calde e massicce, dando luogo alla formazione di plasma.
- Quando un elettrone viene nuovamente catturato dal nucleo, emette un fotone alla lunghezza d'onda di **656,3 nm**, dando il colore rosso tipico di queste nebulose.
- Queste aree d'idrogeno ionizzato sono chiamate **regioni HII**.



# Nebulose luminose – M42/M43





# Le nebulose luminose

- Un altro tipo di nebulose luminose sono quelle cosiddette **a riflessione**, che appaiono di colore azzurro.
- A differenza di quelle ad emissione, esse sono costituite prevalentemente da polvere interstellare.
- Il colore azzurro è dovuto alla dispersione della radiazione UV emessa dalle giovani e calde stelle collocate al loro interno.
- Esse, pertanto, vanno interpretate come un'evoluzione delle nebulose ad emissione.



# Nebulose luminose – M20 Trífida



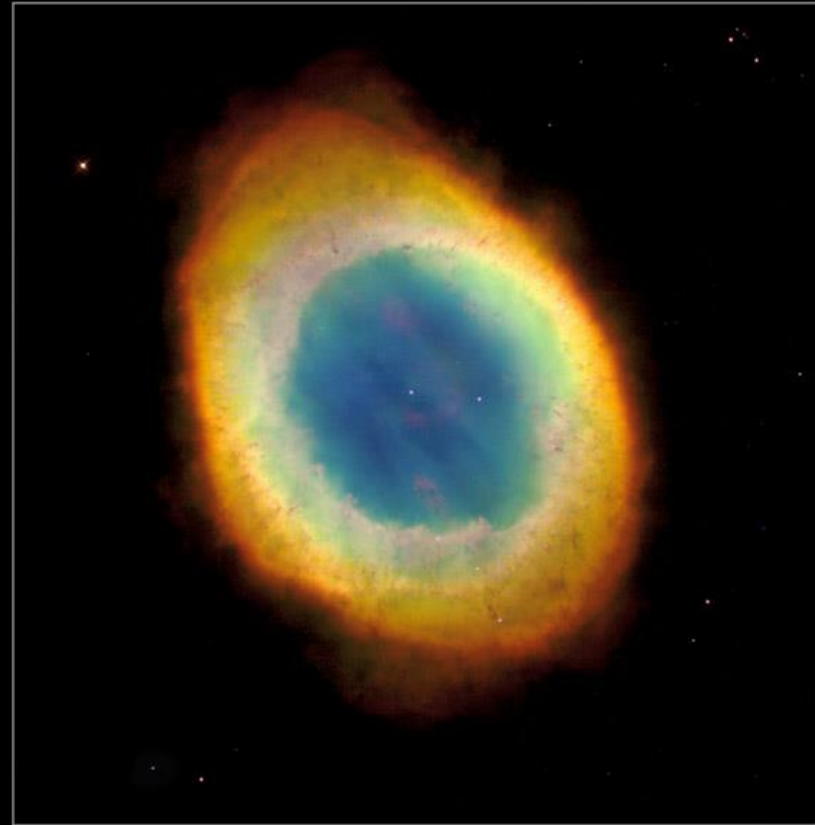
M20



# Le nebulose planetarie

- Sono i gusci di materia espulsi durante le fasi finali di vita di una stella di media massa ( $0,8 \div 8$  masse solari).
- La forma, generalmente ad anello, è dovuta solo all'effetto prospettico di visione della bolla di gas.

Ring Nebula



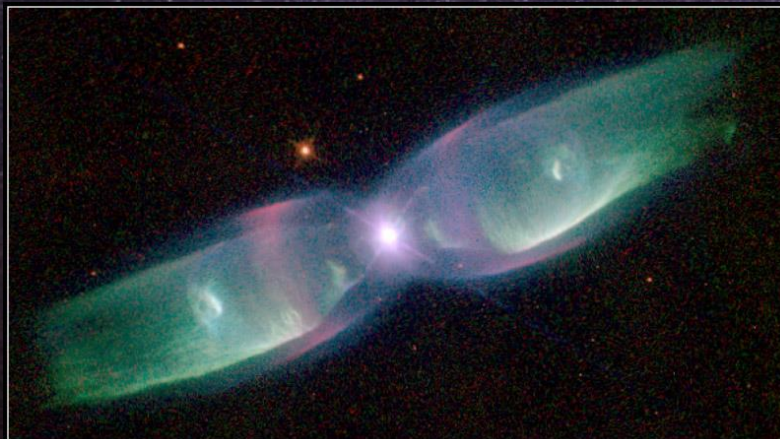
Hubble  
Heritage

PRC99-01 • Space Telescope Science Institute • Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)

# Le nebulose planetarie

Al loro interno si riesce quasi sempre ad identificare una nana bianca, che è ciò che resta della stella originaria.

Le nebulose planetarie note nella nostra galassia sono più di 700.



Planetary Nebula M2-9  
PRC97-38a • ST ScI OPO • December 17, 1997  
B. Balick (University of Washington) and NASA

HST • WFPC2

Cat's Eye Nebula • NGC 6543



Hubble  
Heritage

NASA, ESA, HEIC and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)  
Hubble Space Telescope ACS • STScI-PRC04-27

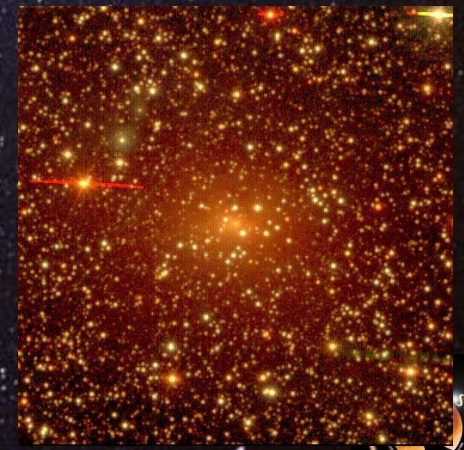


# La Via Lattea nell'Universo



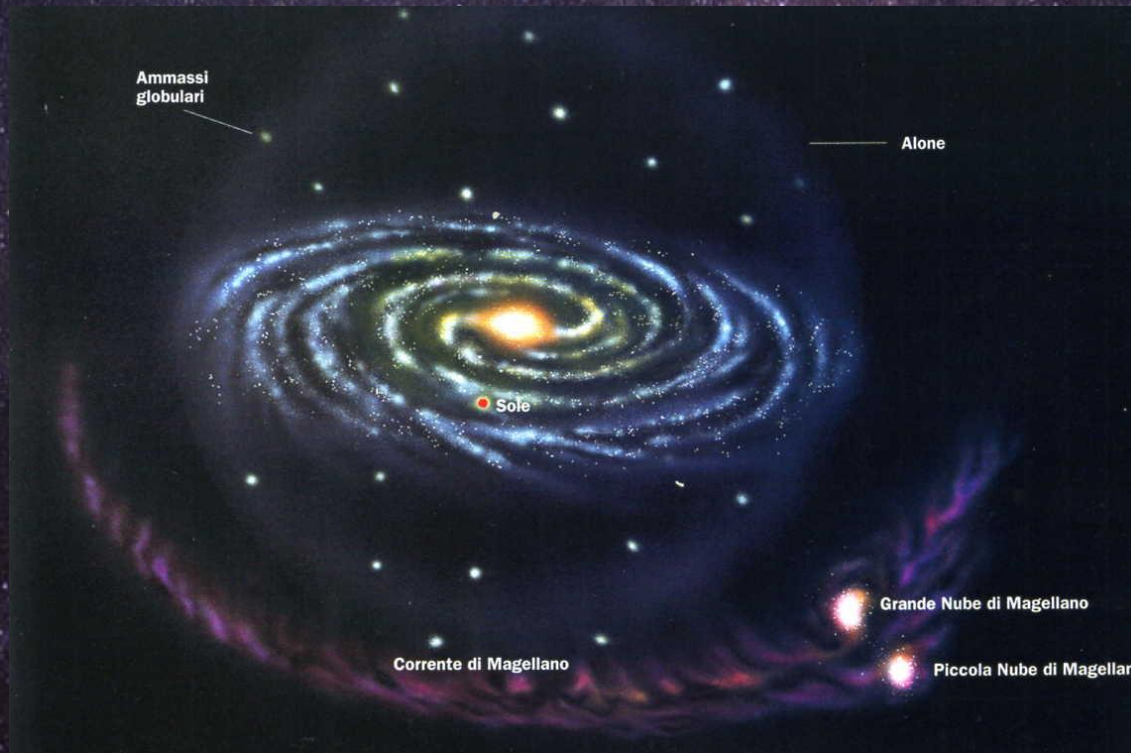
# Il Gruppo Locale

- La Via Lattea non è un sistema isolato, ma appartiene ad un complesso di una quarantina di galassie, il **Gruppo Locale**, legate tra loro gravitazionalmente e con forma e dimensioni molto diverse tra loro, distribuite in un volume con un **raggio di 3 milioni di a.l.**
- Componenti principali, oltre alla Via Lattea:
  - M31 Andromeda
  - M33 Triangolo
  - Maffei 1

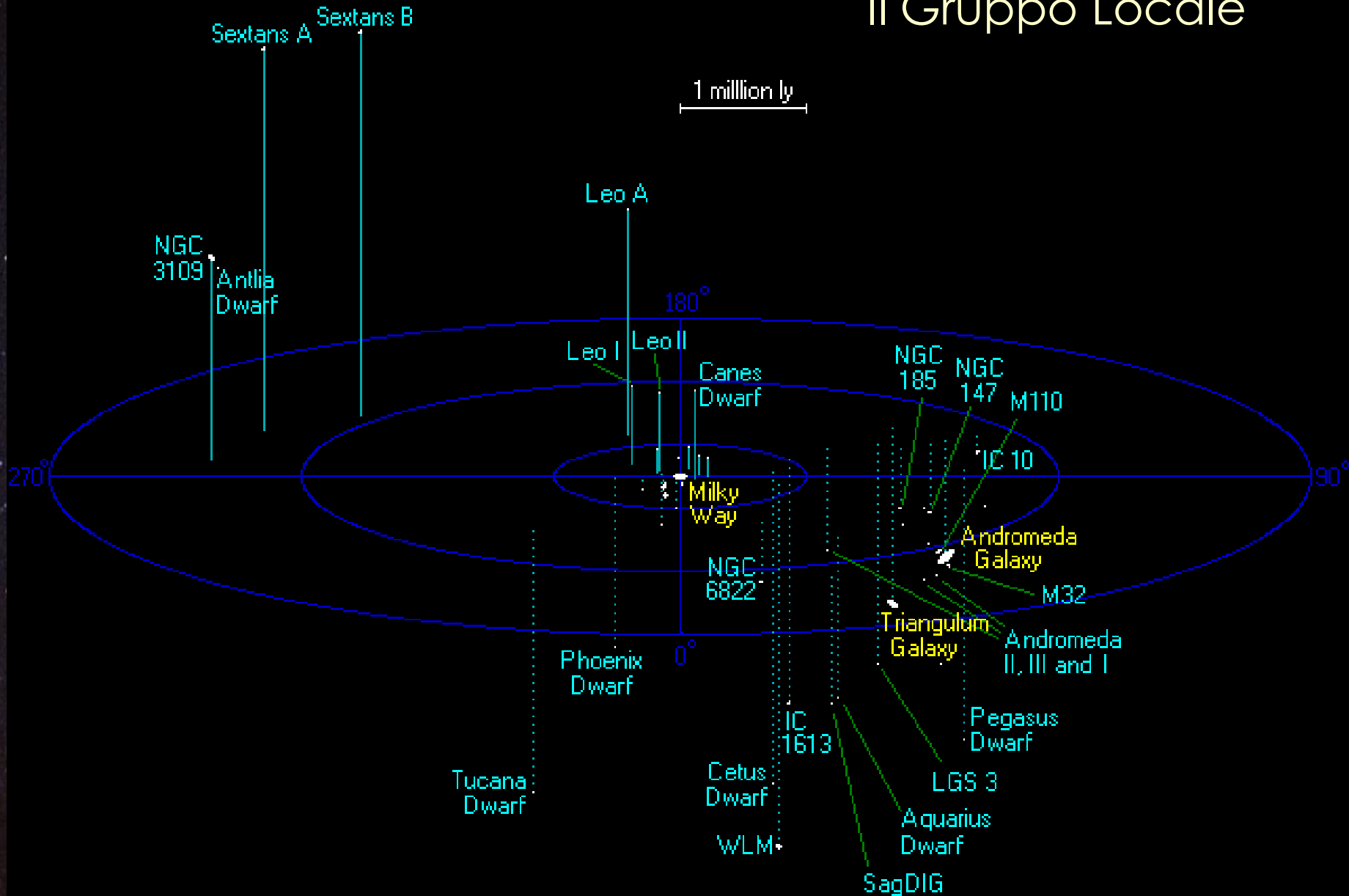


# Galassie satelliti

- Gli altri componenti del Gruppo Locale sono galassie nane, sia ellittiche che irregolari, sistemi con poche centinaia di milioni di stelle.
- Le galassie minori sono normalmente associate alle quattro maggiori.
- La Via Lattea conta una decina di galassie satelliti; le principali sono le due Nubi di Magellano.



# Il Gruppo Locale



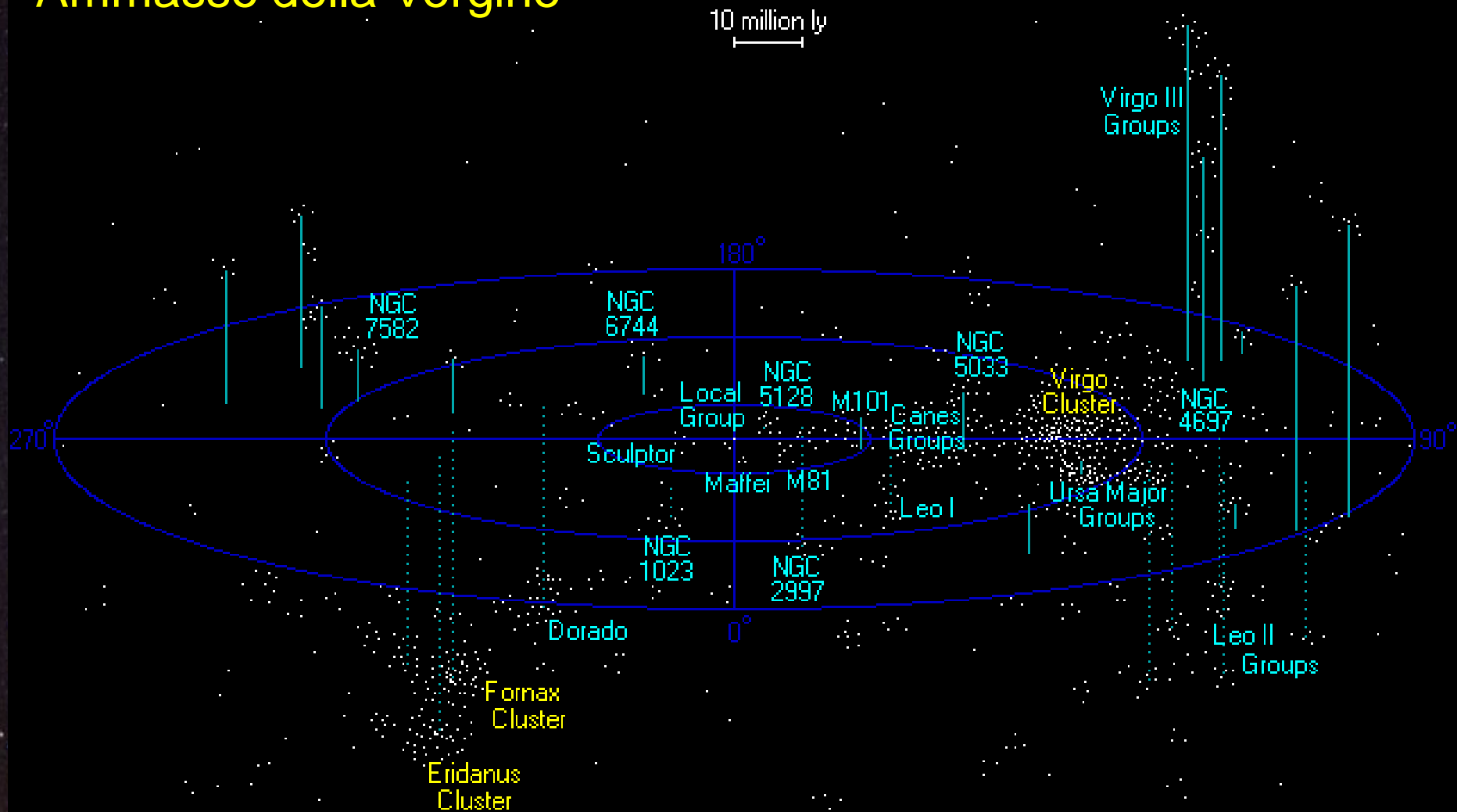


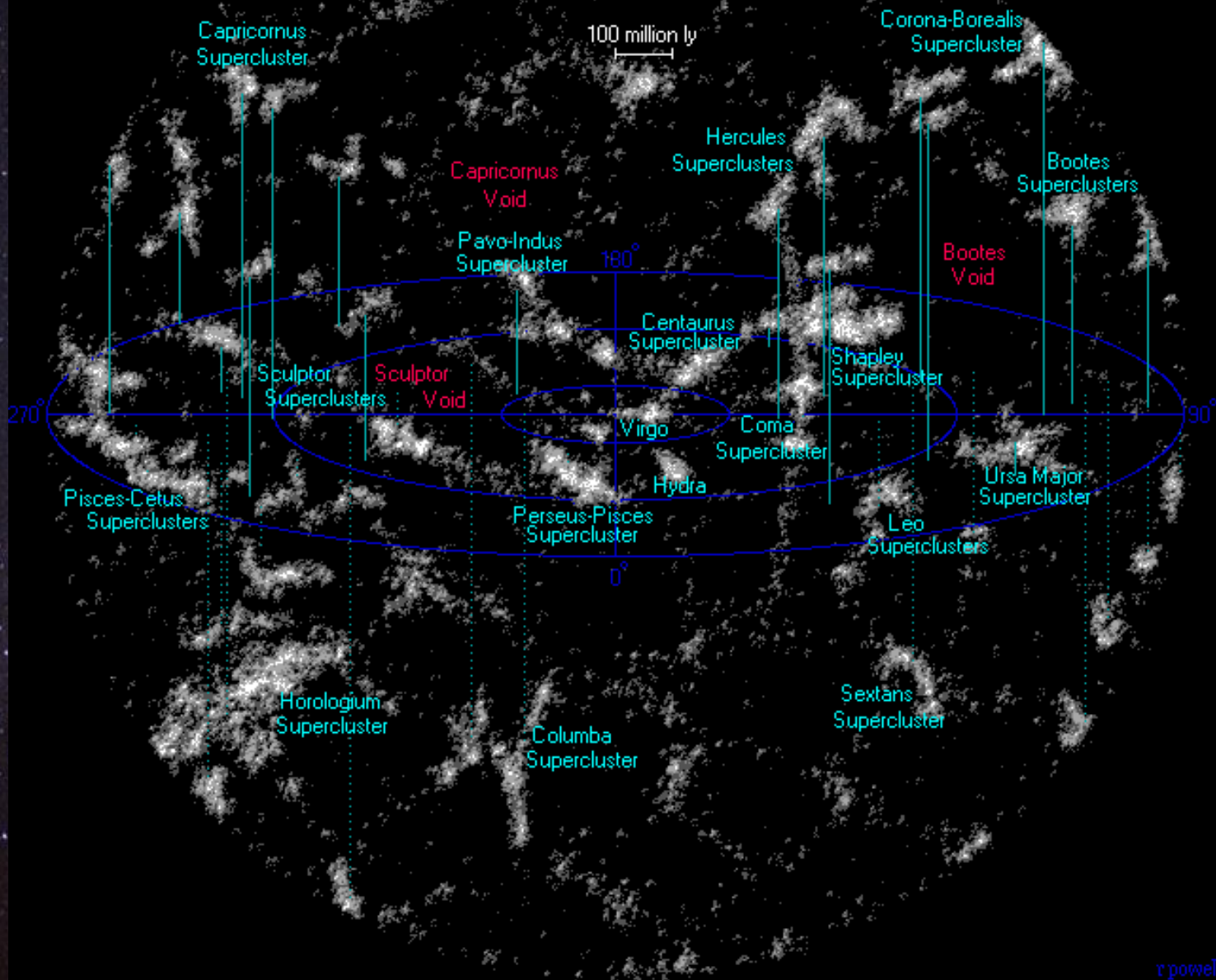
# Ammassi di galassie

- Il Gruppo Locale non è un sistema isolato, ma si muove in direzione di un grande ammasso di galassie, il cosiddetto **Ammasso della Vergine**.
- A sua volta, l'ammasso della Vergine, insieme ad altri (ad es. quello della Chioma), forma un sistema legato gravitazionalmente, detto **Super Ammasso**, che conta diverse migliaia di componenti.
- Il superammasso locale ha un diametro di ca. **150 milioni di anni luce**.
- Il baricentro sembra muoversi verso un punto dello spazio, detto il Grande Attrattore, in corrispondenza della costellazione del Centauro. In quella direzione però, non è stato ancora osservato nulla.



# Ammasso della Vergine





# Quale futuro per la Via Lattea?



# Le prossime tappe

- Sulla base delle attuali conoscenze, si può ipotizzare il seguente scenario:
  1. La Via Lattea, poco alla volta, cannibalizza le varie galassie nane satelliti.
  2. All'interno del Gruppo Locale, la Via Lattea ed Andromeda si stanno avvicinando tra loro, ad una velocità di 280 Km/sec.
  3. Tra alcuni miliardi di anni (3 o 4), **le due galassie finiranno pertanto per collidere**; Andromeda, tre volte più massiccia, finirà per assorbire la Via Lattea,

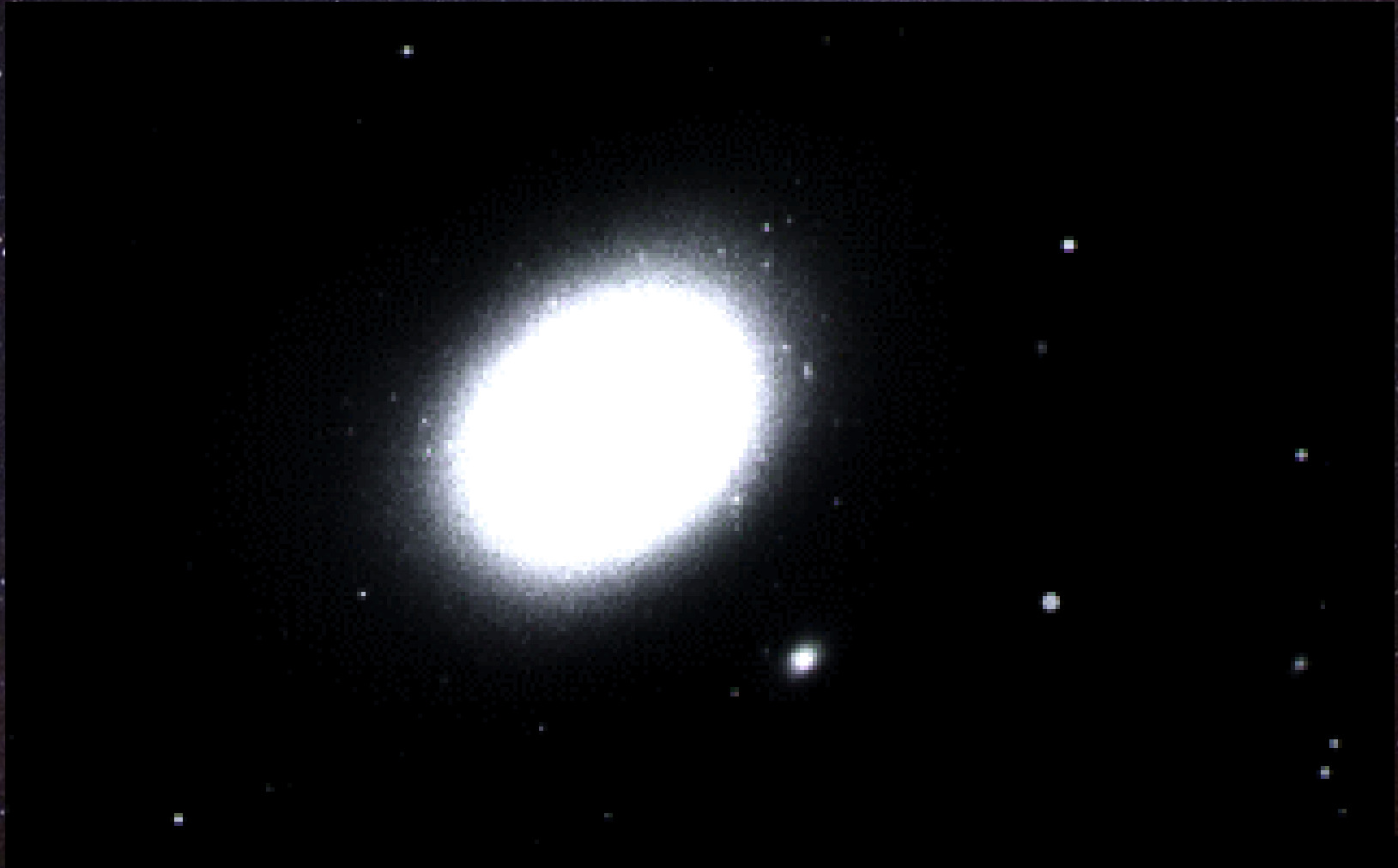


# Stadio finale (?)

- Dalla violenta interazione gravitazionale conseguente allo scontro, è probabile un'intensa formazione stellare.
- L'evoluzione della supergalassia dipenderà dalla disponibilità di ulteriori quantità di idrogeno necessario per la formazione di nuove generazioni di stelle.
- In caso positivo, la struttura potrebbe ancora sopravvivere come galassia a spirale.
- Altrimenti, assisteremo al graduale smembramento delle braccia e la galassia, probabilmente, evolverà verso il tipo lenticolare e poi ellittico.



# Stadio finale (?)



# Galassia ellittica?

- Prove a supporto di questo scenario:
  - Presenza di ellittiche supergiganti al centro dei grandi ammassi di galassie.
  - Ellittiche con zone centrali e periferiche che ruotano in verso opposto.
  - Tracce di un residuo disco stellare osservate in alcune ellittiche.
- Nelle ellittiche vi è un basso tasso di formazione stellare; perciò, questi immensi sistemi stellari sono destinati a spegnersi lentamente.
- Questo scenario prevede un Universo sempre più freddo e rarefatto.
- A meno che...





**FINE**

