



Istituto Nazionale di Astrofisica

Osservatorio astronomico di Brera



Universo in fiore

Le Galassie caratteristiche ed evoluzione



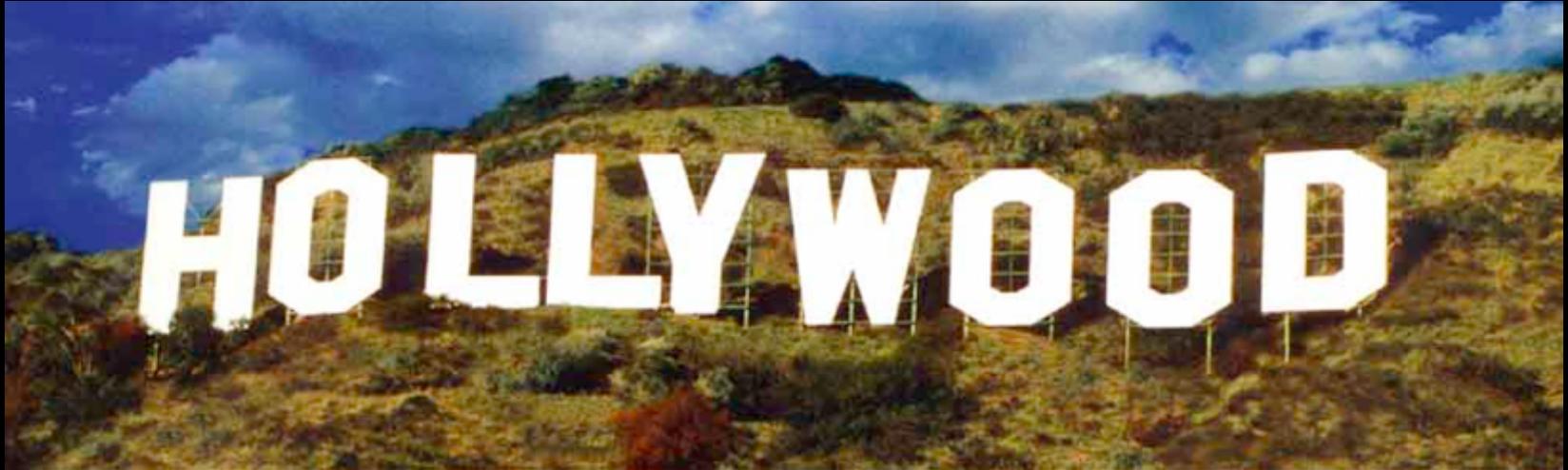
Ginevra Trinchieri

ginevra.trinchieri@brera.inaf.it

INAF-Osservatorio Astronomico di Brera

22/2/2012

Cos'è una galassia?



contiene tantissime stelle, tutte orbitanti attorno al medesimo centro di massa



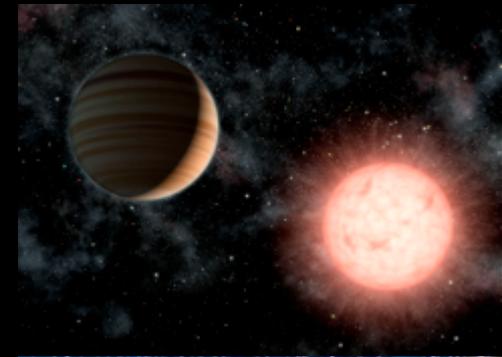
“Tom Hanks”



Cos'è una galassia?



Cos'è una galassia?



Stelle
[+ pianeti]



Gas

Polveri



GRAVITÀ +



“Materia
oscura”

tutto ruota intorno a un nucleo centrale

La via Lattea vista dalla cima dell'osservatorio di Mauna Kea



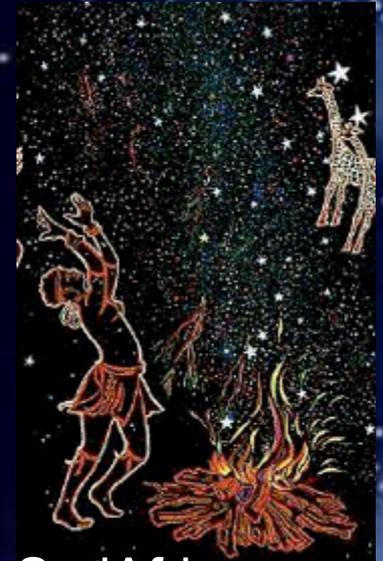
La via Lattea e le Nubi di Magellano dal deserto di Atacama in Cile



La “nostra” Galassia si chiama:

Via Lattea

- Fiume d’argento [Cina, Corea, Vietnam]
- Fiume celeste [Giappone]
- La via dell’inverno [Islanda]
- Via della paglia [Turchia Armenia]
- Il sentiero degli uccelli [Lituania/Estonia/Finlandia]
- La via del lupo/degli spiriti/Grande fiume/
Dove corre il cane [Indiani d’America]
- Gange celeste [Hindi]



In SudAfrica nasce dalle fiamme/ceneri di un fuoco

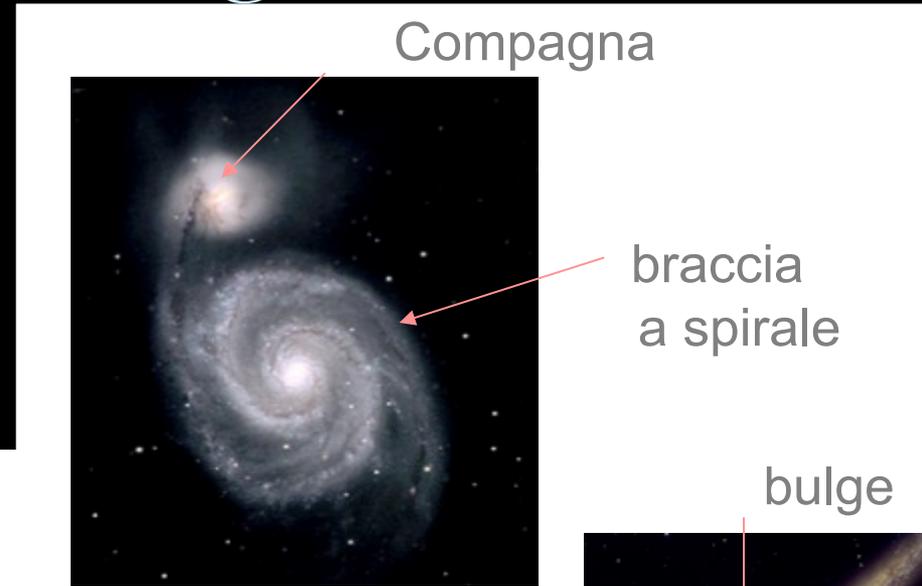


Fiume:

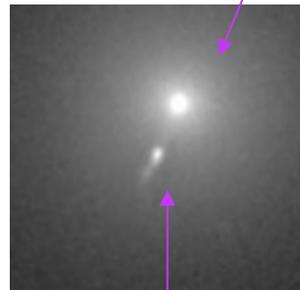
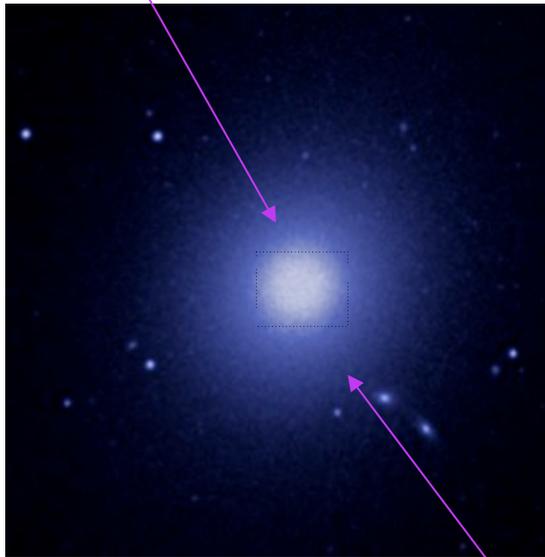
Arte rupestre delle Isole baltiche

Come e' fatta una galassia?

- Nucleo - [jet] [→ AGN]
- bulge
- disco - braccia [spirali]
- alone



regione centrale → nucleo

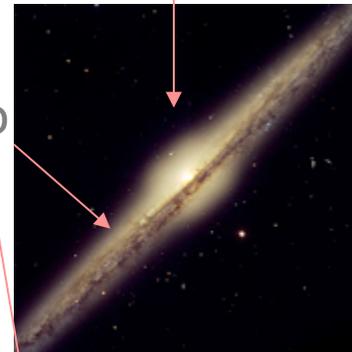


jet

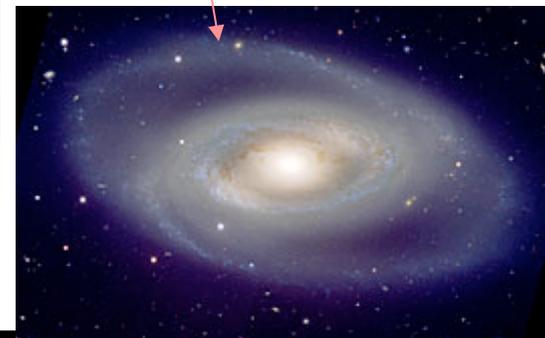


alone di stelle

bulge



disco



Di cosa e' fatta una galassia?

Stelle calde
luminose e
giovani
colore bianco/blu

stelle fredde e
vecchie
colore giallo/rosso

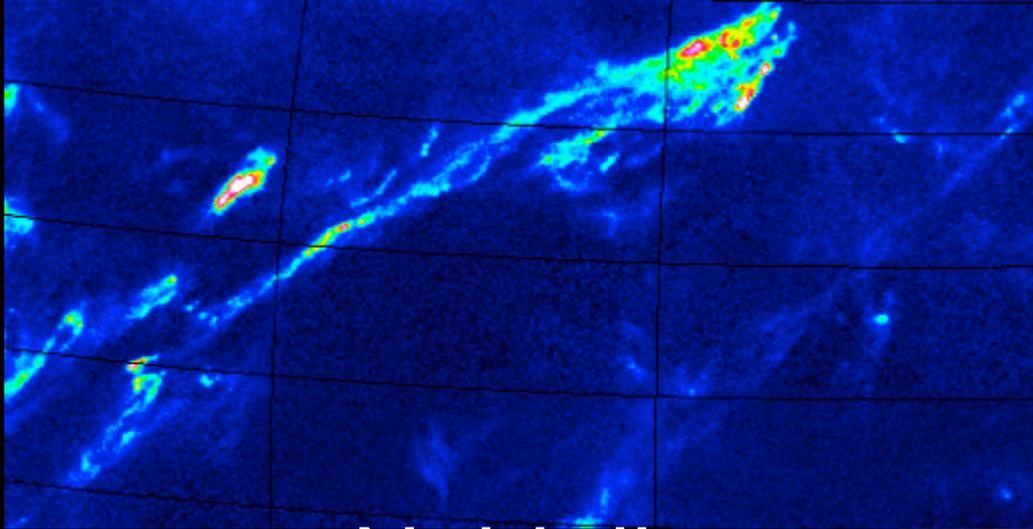
In "raggruppamenti" [ammassi] o
distribuite "nel campo"



con possibili
sistemi planetari



Di cosa e' fatta una galassia?



Nubi di gas

freddo : idrogeno neutro

Nubi di gas

caldo: ionizzato

Nubi di gas
caldissimo



Di cosa e' fatta una galassia?



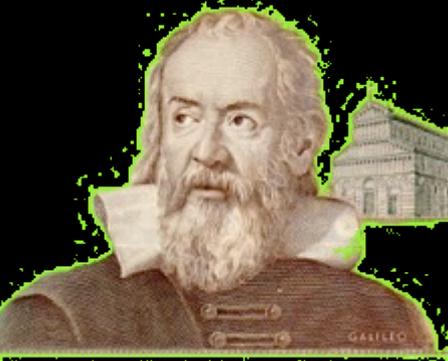
polvere

emissione

assorbimento

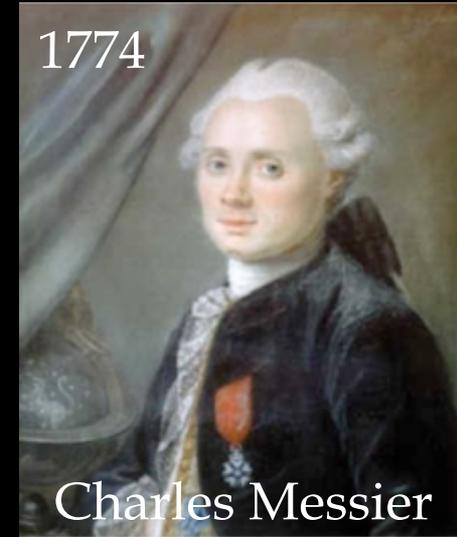


Come sono state scoperte le galassie



“NEBULOSE” son raggruppamenti di piccole stelle

Galileo Galilei, *Sidereus Nuncius* 1610

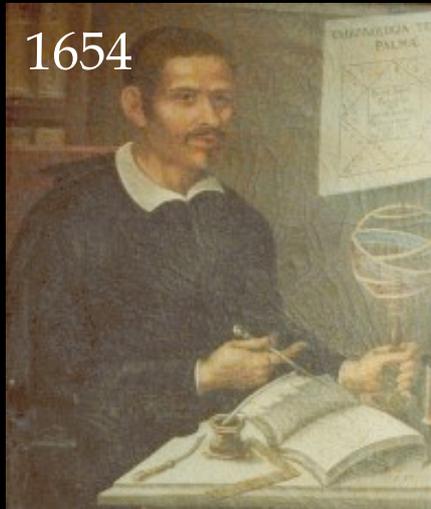


Catalogue des Nébuleuses et des Amas d'Étoiles



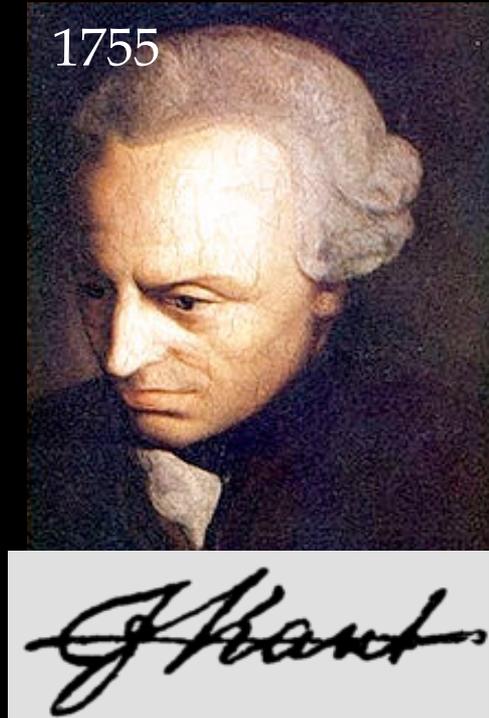
Giordano Bruno

«.. per conseguenza l'universo sarà di dimensione infinita e gli mondi saranno innumerabili... »
De Infinito 1584



Giovan Battista Hodierna

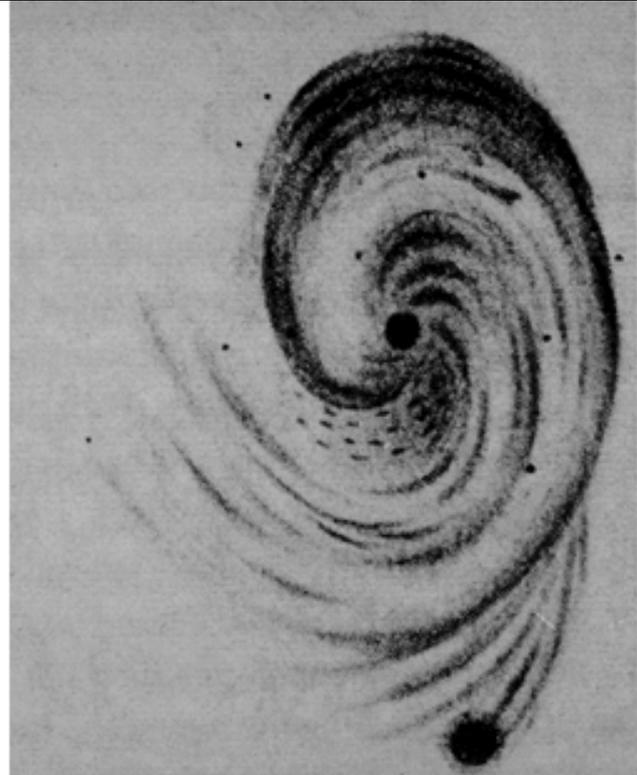
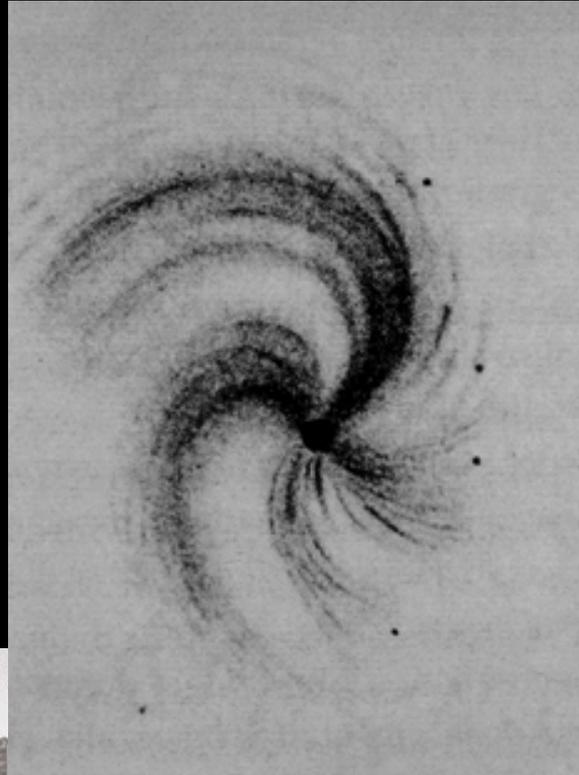
De Admirandis Coeli Characteribus



Storia universale della natura e teoria del cielo

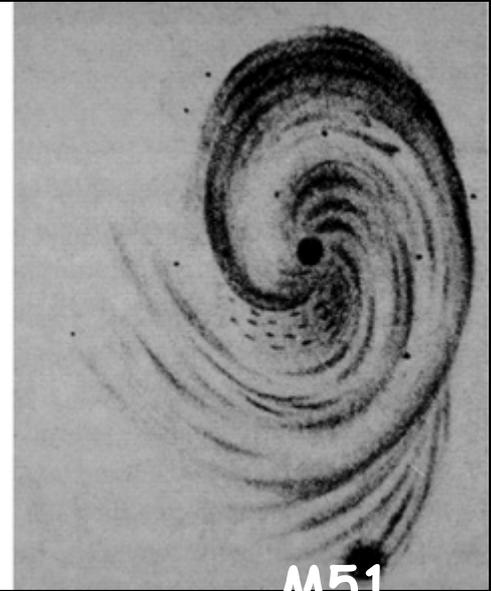
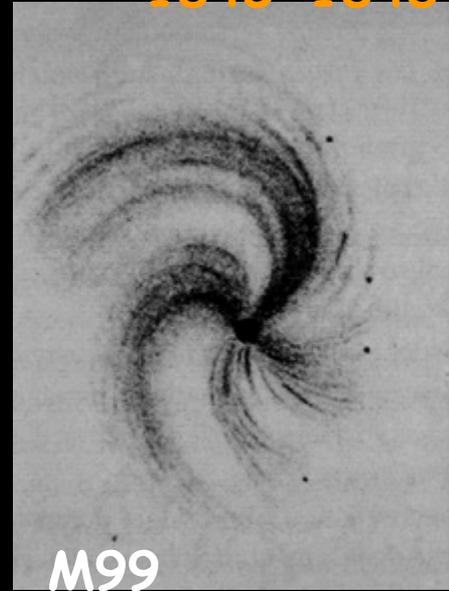
Le prime "immagini" di struttura a spirale

1845-1848



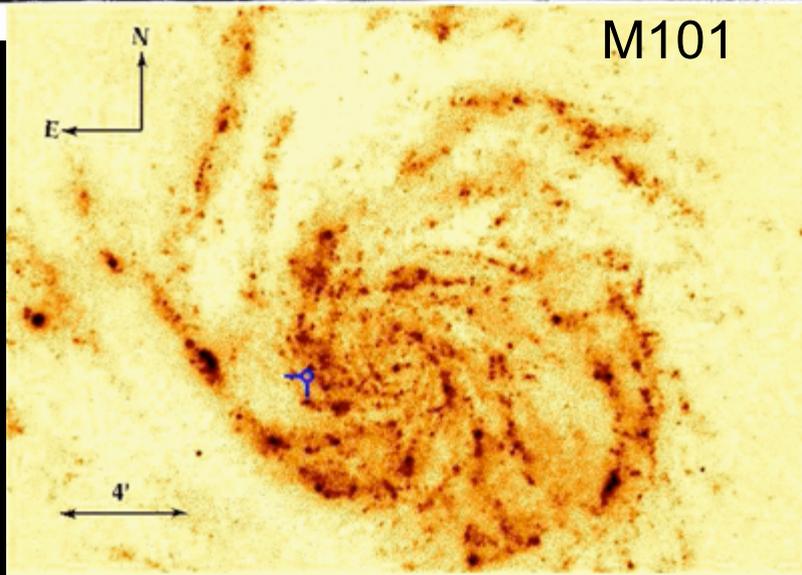
Lord Rosse e i moderni telescopi a confronto

1845-1848

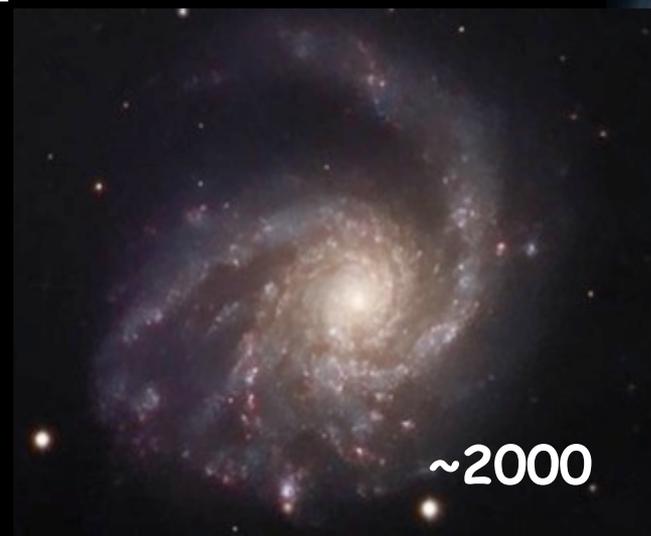


M99

M51



M101



~2000



Le Nebulose diventano Galassie!

il grande dibattito Harlow Shapley—Heber Curtis ~1920

la Galassia è la “totalità” dei mondi! [HS]

Il ruolo della nebulosa di ANDROMEDA !

1917: Heber Curtis osserva supernove : “troppe” e “troppo deboli”

1923: Edwin Hubble scopre una stella variabile “troppo luminosa”

→ ANDROMEDA e' TROPPO lontana per essere nella Via Lattea!



La stella cefeide vista da E. Hubble “oggi” con il telescopio Hubble

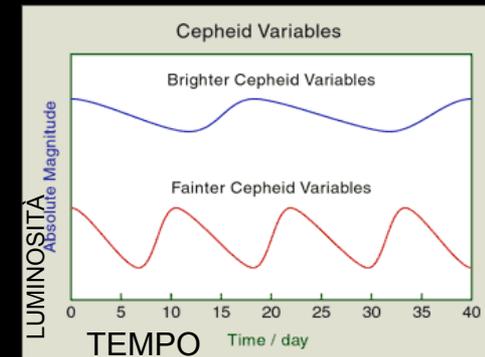
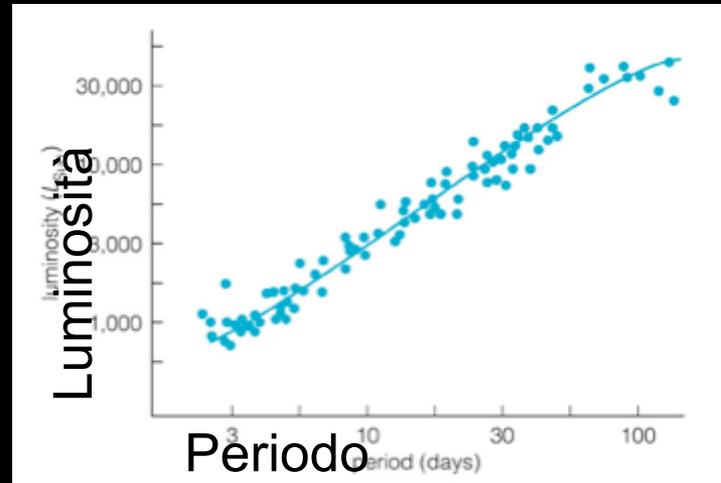


NASA / ESA / Hubble Heritage Team

La stella cefeide usata come “candela standard” per la misura delle distanze



1922 Miss Henrietta Lewitt,



Dalla relazione Luminosità -Periodo:
misurando flusso e Periodo $\rightarrow L \sim f \times D^2$
per M31 : $D \sim 700$ kpc \varnothing Galassia ~ 30 kpc

$$1 \text{ pc} = 3.1 \times 10^{18} \text{ cm}$$

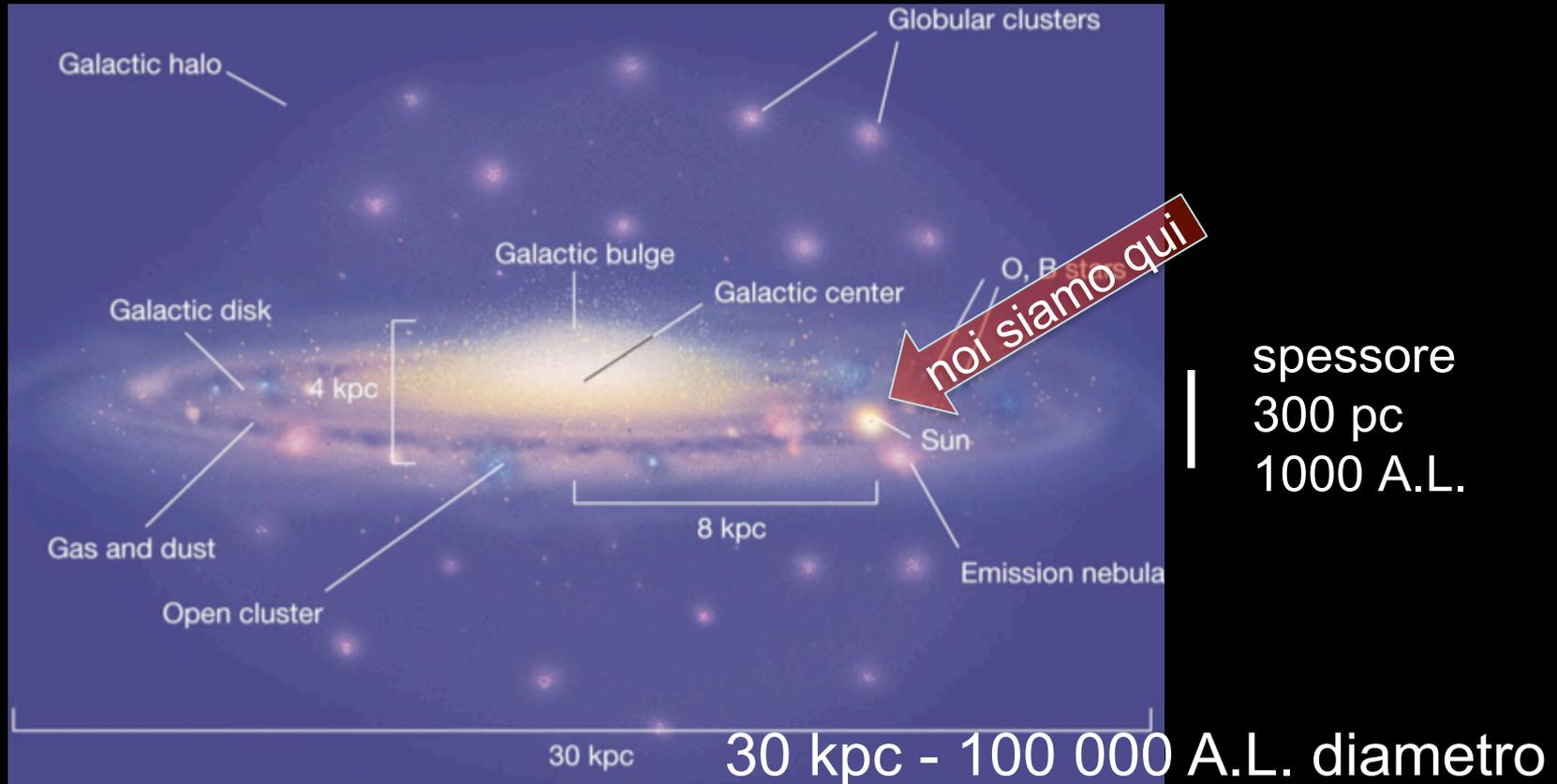
La via Lattea

No. di stelle $\sim 4 \times 10^{11}$

Luminosità $\sim 2 \times 10^{10} L_{\odot}$

Massa $\sim 2\div 6 \times 10^{11} M_{\odot}$

Massa totale $\sim 10^{12} M_{\odot}$



Se potessimo guardare la Via Lattea dall'esterno, ci
apparirebbe così
NGC 6744



blu verde, arancione e rosso = luce blu, giallo-verde e rossa [stelle] + idrogeno gassoso

➤ per capire come e' fatta la Galassia dobbiamo studiare anche le "altre" galassie: sia simili alla nostra sia diverse

→ noi siamo dentro la nostra galassia!!!!

➤ d'altra parte per capire cosa vediamo nelle altre galassie dobbiamo partire dalla Galassia

→ tutto e' piu' vicino e possiamo avere maggiori dettagli

Perche' sono importanti le Galassie

Testimoni del passato e del presente.

Cosa ci insegnano?

Perché sono come le vediamo oggi?

Possiamo capire come saranno in futuro?



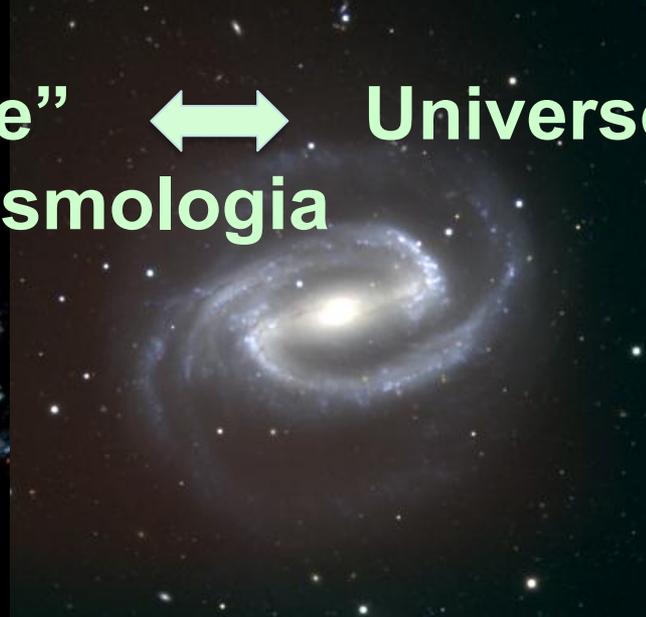
alcuni ingredienti

Dove sono nell'Universo : distanze

Come sono fatte : morfologia

Dove vivono : ambiente

**Universo "locale" ↔ Universo "distante" :
evoluzione e cosmologia**



Come si misurano le distanze delle galassie

usando “candele standard”

Cefeidi [~ 20 M A.L.]

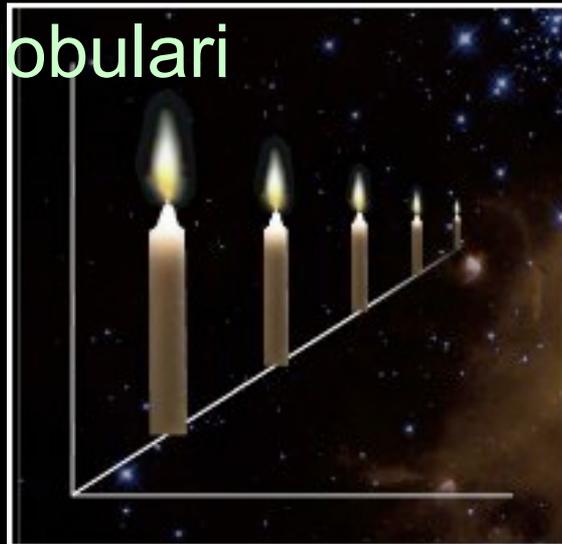
Nebulose planetarie

Supergiganti

Ammassi Globulari

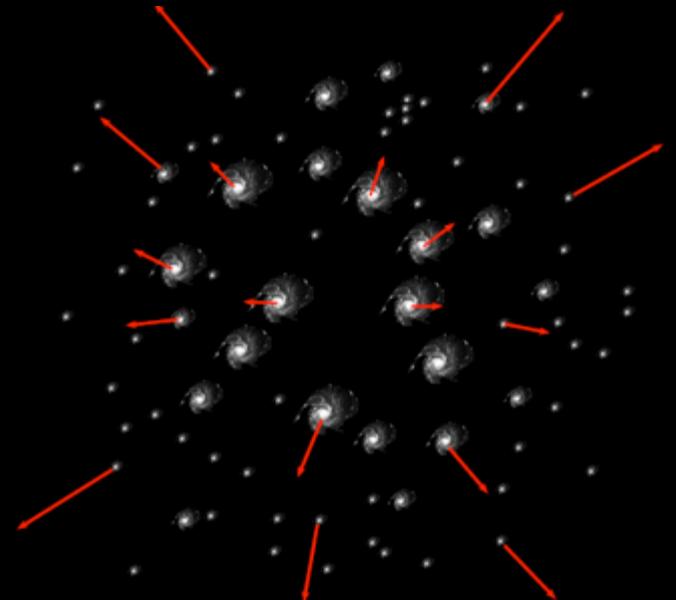
....

SN tipo Ia

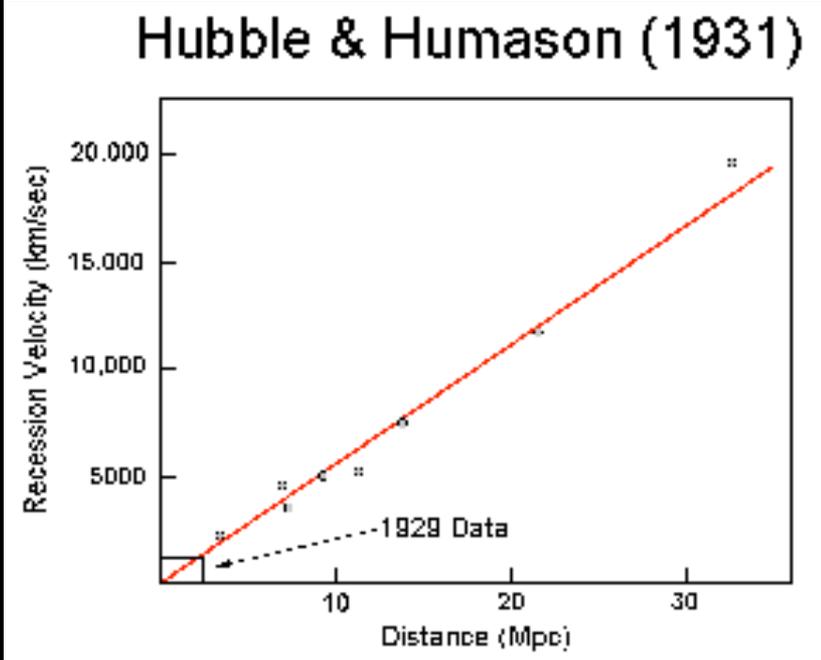
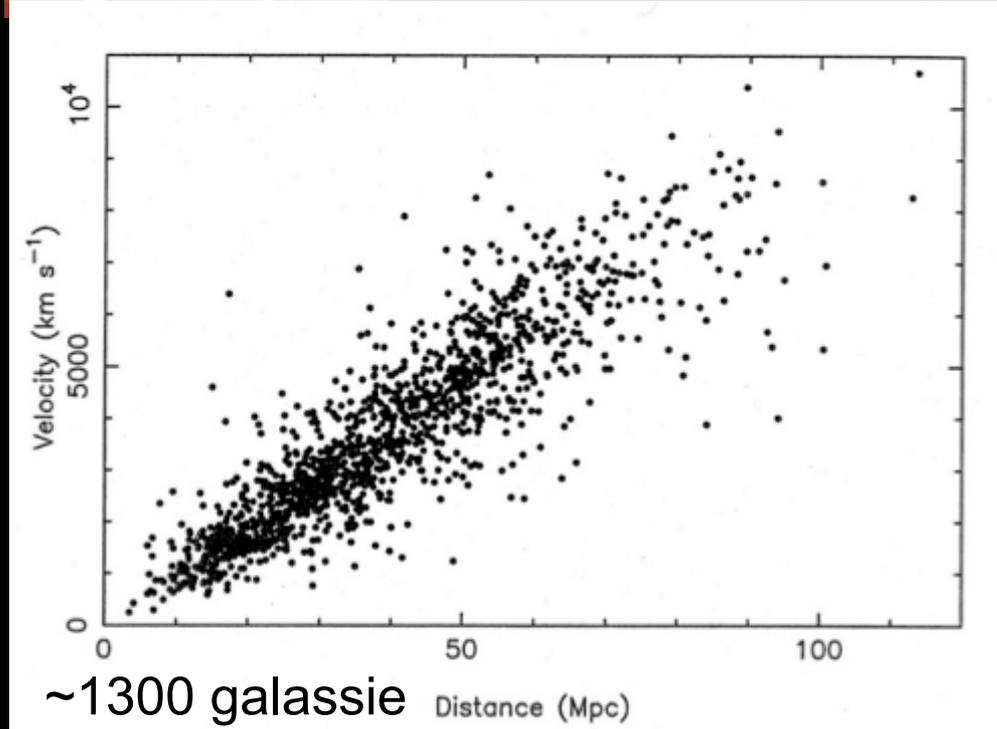
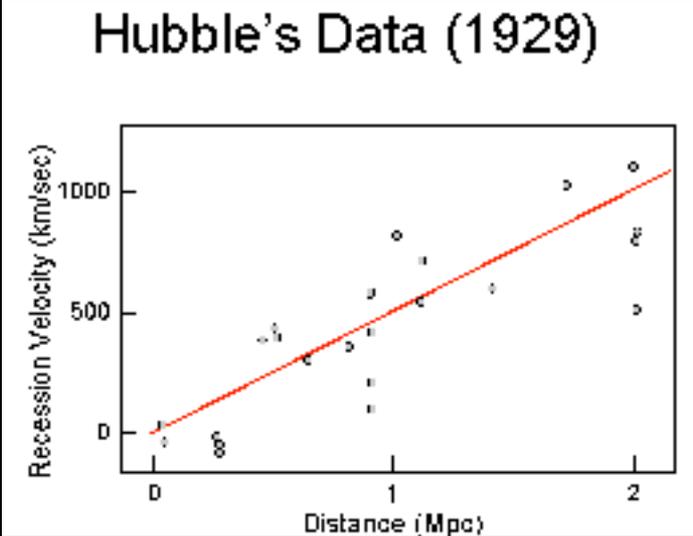


usando l'espansione
dell'Universo

velocità di recessione
“z”

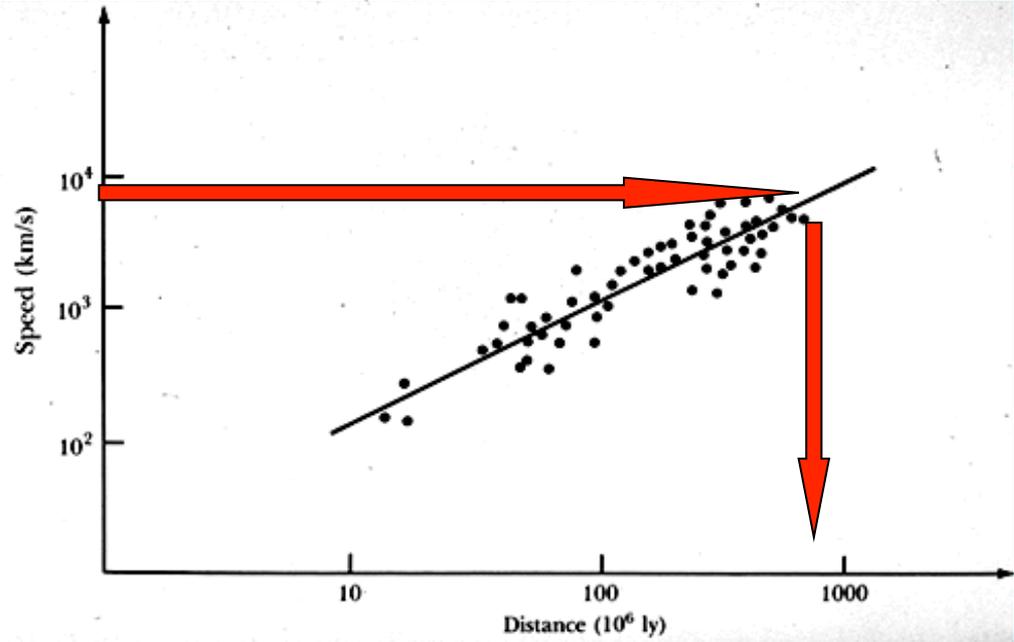
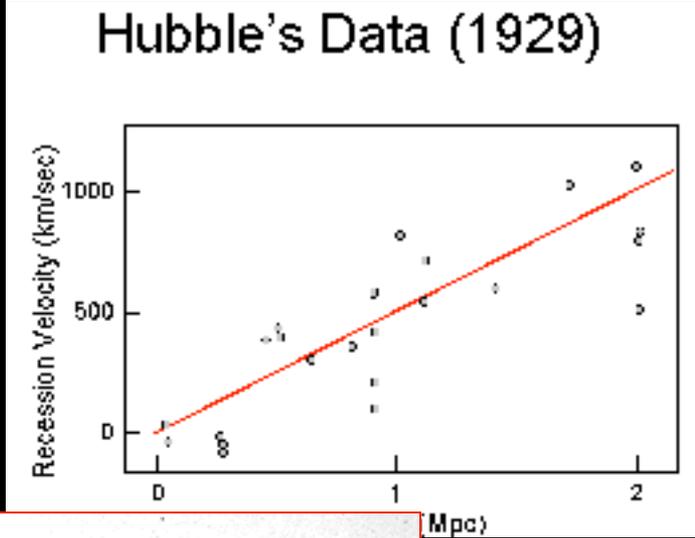


E. P. Hubble scopre la legge di Hubble



Mount Wilson Observatory
100 inch [2.5 m]

E. P. Hubble scopre la legge di Hubble



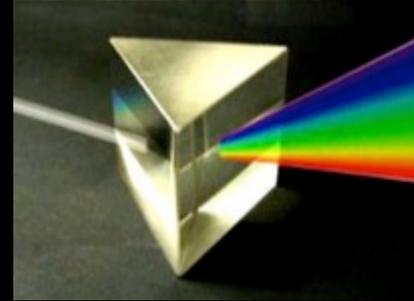
vel = Distanza x Cost.

Cost: H_0 costante di Hubble
~1900 galassie

$H_0 \approx 1/\text{età universo}$

Lo spettro delle galassie

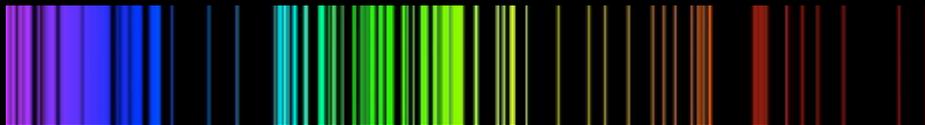
Un fenomeno che tutti conosciamo



Attraverso la materia acquista righe di assorbimento

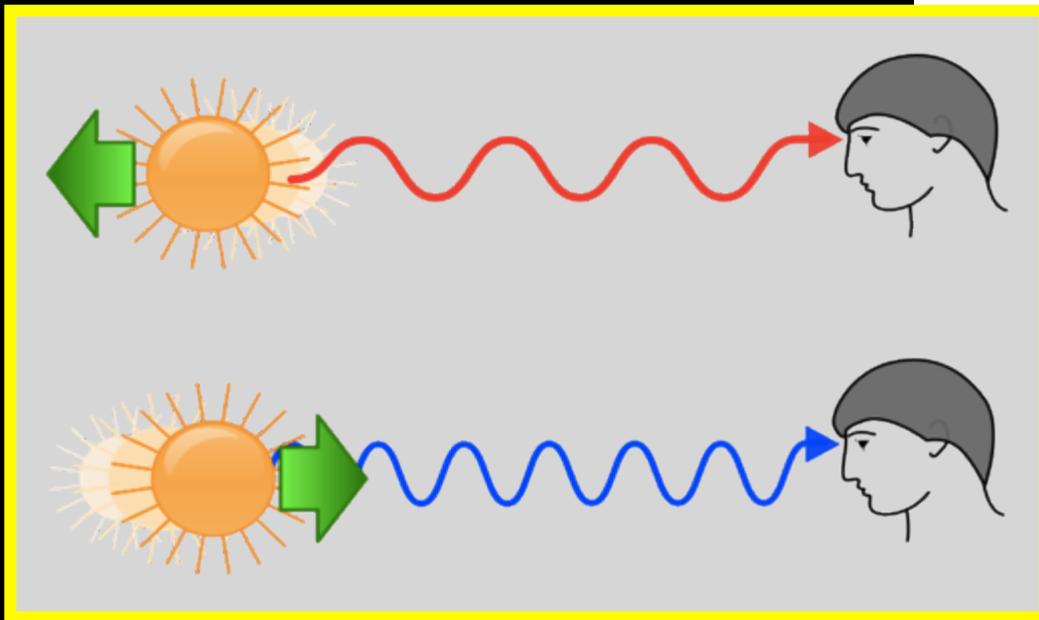
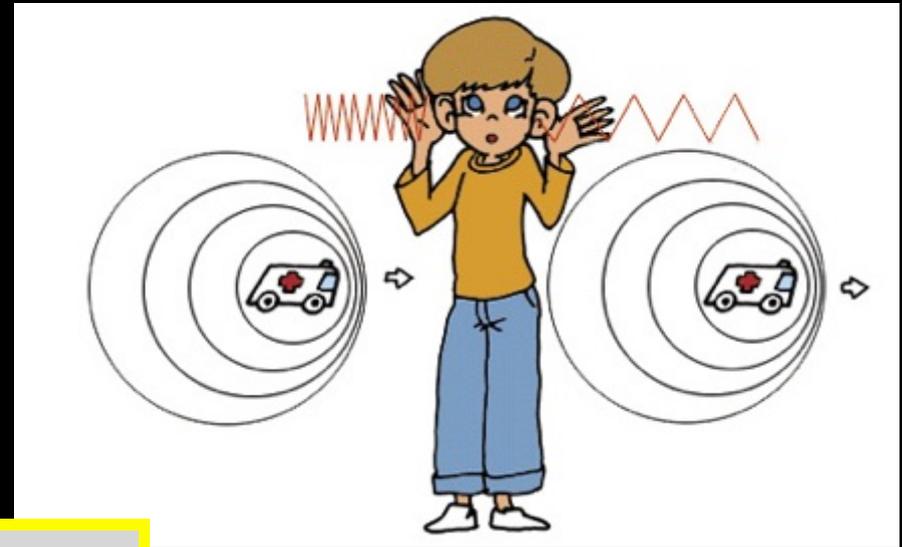


oppure righe di emissione



Effetto Doppler

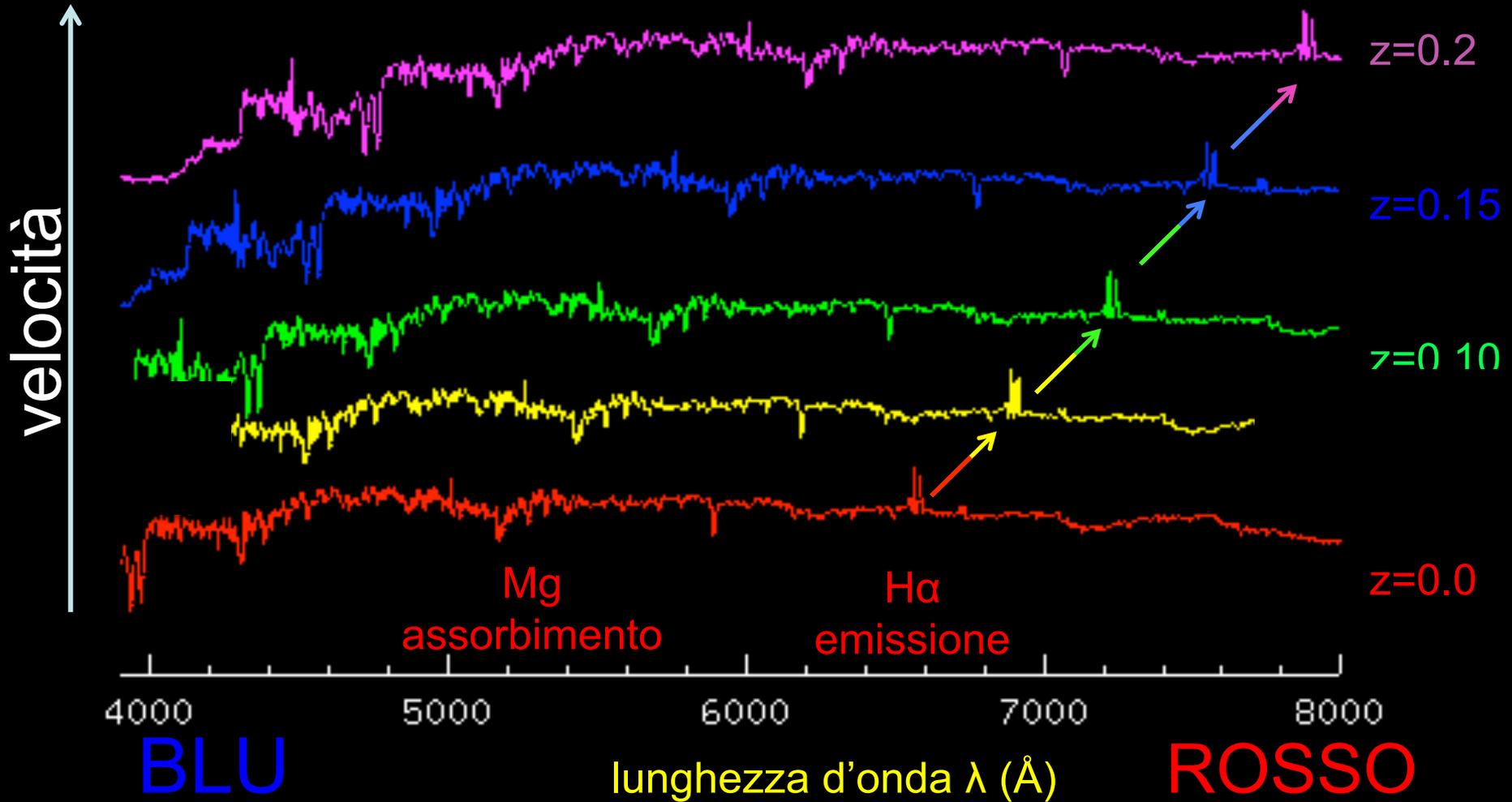
per le onde sonore



per le onde luminose

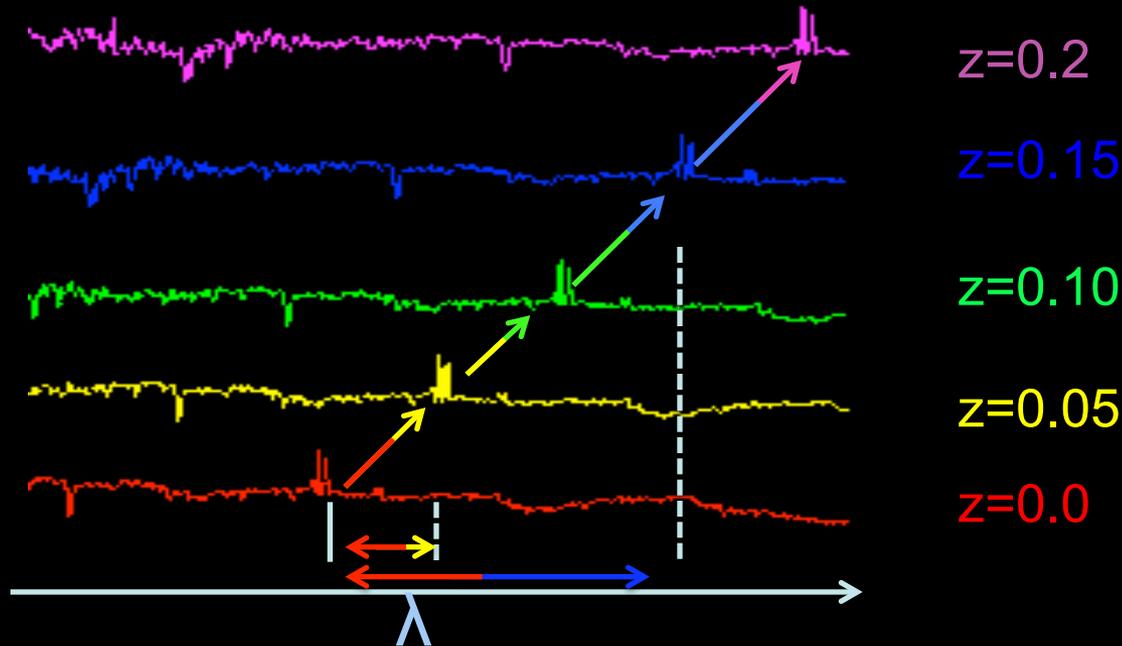
Spettro di una galassia: si allontana

Le righe si spostano a lunghezze d'onda λ maggiori (\rightarrow rosso)



Lo spettro delle galassie

Le galassie si muovono! e le righe si spostano!

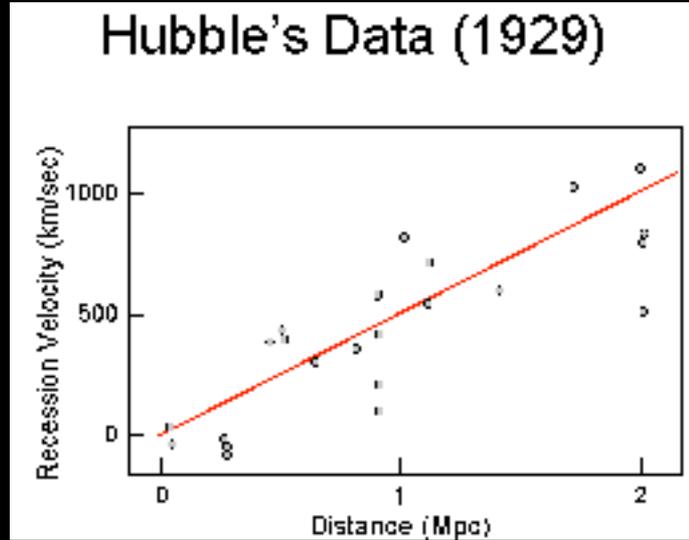


Così noi possiamo misurare la loro distanza:

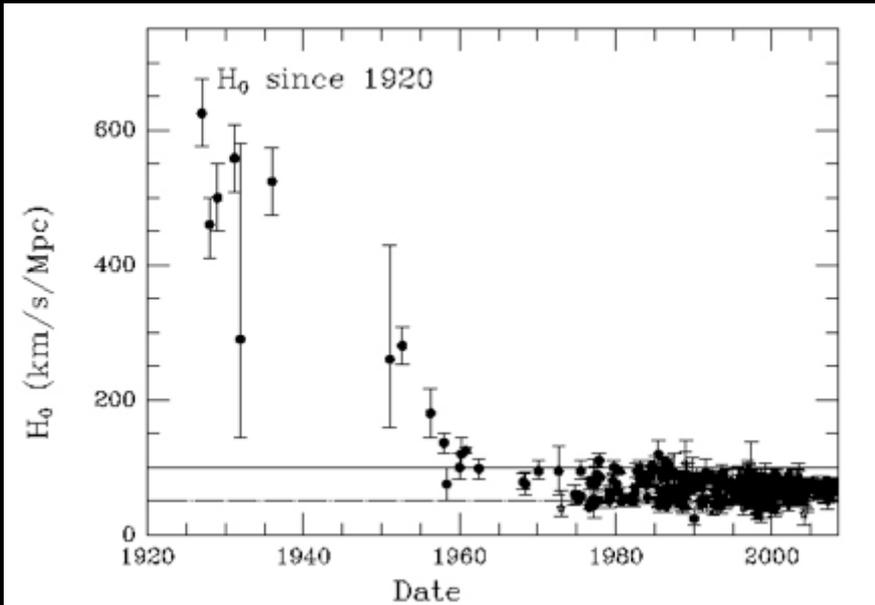
spostamento \Leftrightarrow velocità \Leftrightarrow distanza

redshift $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$ $v = cz$ $d = H_0 v$

E. P. Hubble scopre la legge di Hubble



$$d = \frac{v}{H_0} \approx \frac{cz}{H_0}$$



H_0 : costante di Hubble

- 1970 : 50-100 km/s
- 2000 : 60-80 km/s
- 2010: 73 km/s

Mount Wilson Observatory
100 inch [2.5 m]



E. P. Hubble negli anni 20 propone un sistema di classificazione delle “galassie” basato sul loro aspetto [morfologia]



Ellittiche

E0 E3 E5 E7 S0

Sa

Sb

Sc

Spirali

Irregolari

SBa

SBb

SBc



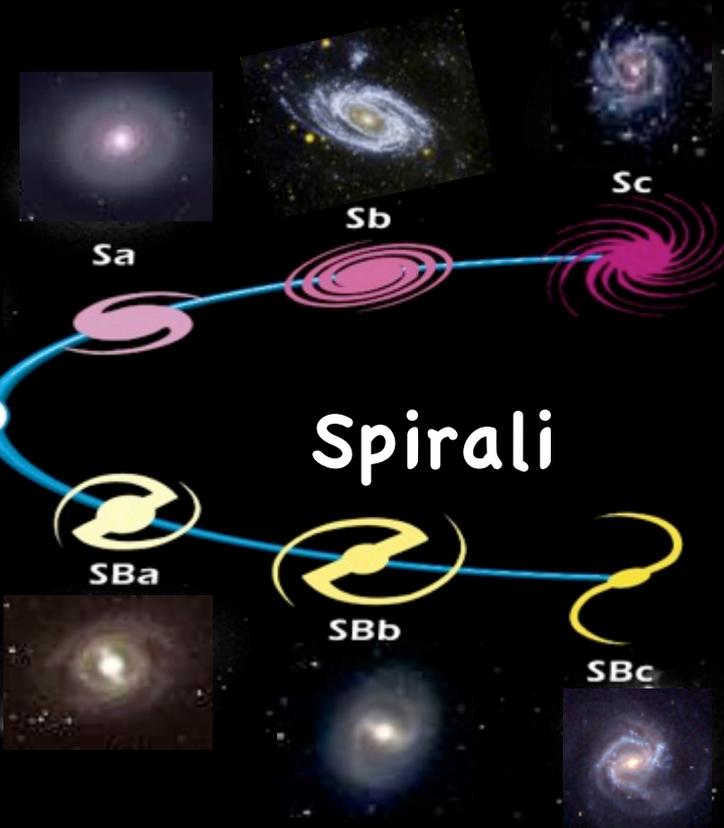
La classificazione :
e' basata sulla forma Ma

- e' legata a un significato fisico!
- corrisponde a proprietà specifiche!
- e' legata allo stadio evolutivo!

Sequenza di Hubble non e' una
sequenza evolutiva!!!



Ellittiche



Irregolari

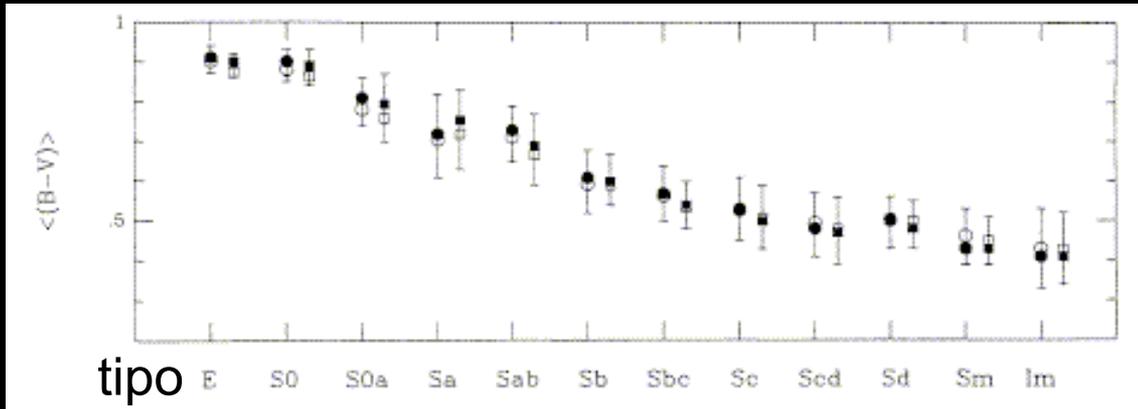


Colore rosso
Stelle "vecchie"
Strutture "evolute"

Colore blu
stelle "giovani"
strutture "giovani"

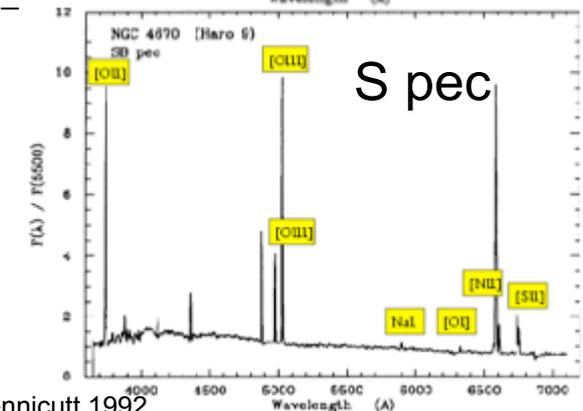
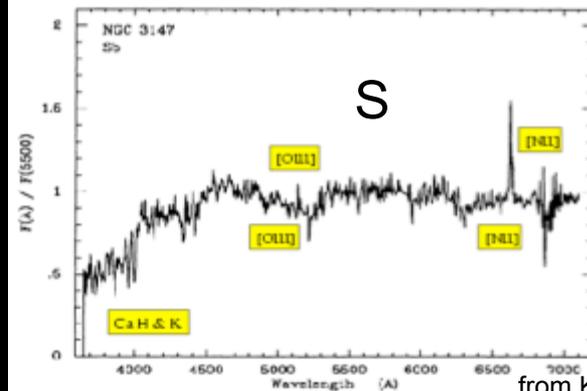
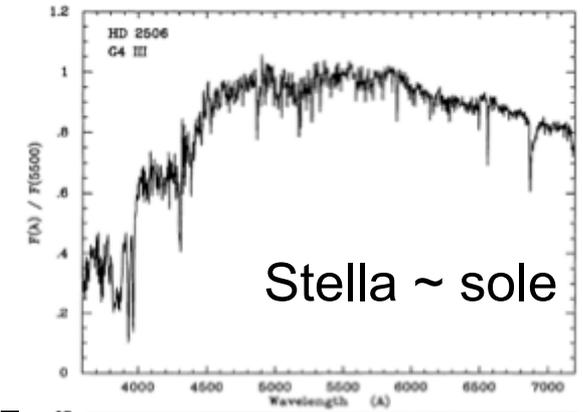
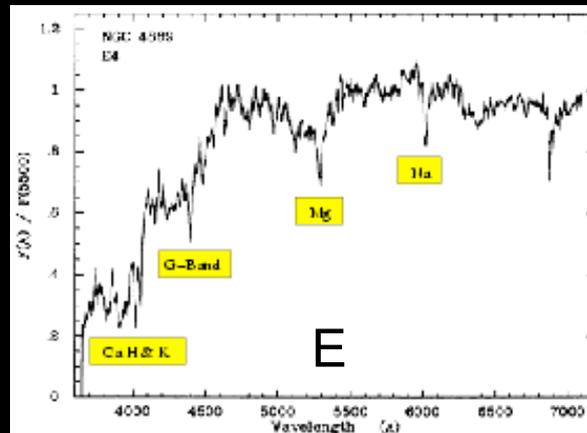
in evoluzione

Legame tra colore, tipo morfologico, contenuto stellare



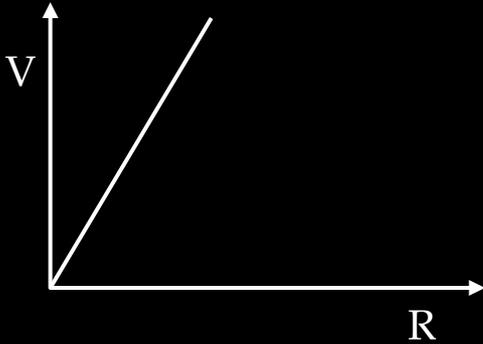
E: righe di assorbimento dovute a metalli nell'atmosfera stellare della popolazione di bassa luminosità..

S: Righe di emissione dovute a stelle calde giovani + assorbimenti dovuti alla popolazione stellare vecchia.



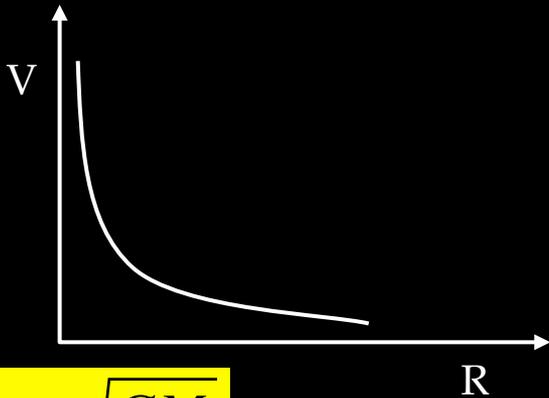
Cinematica delle stelle in Spirali

Regioni interne: corpo rigido

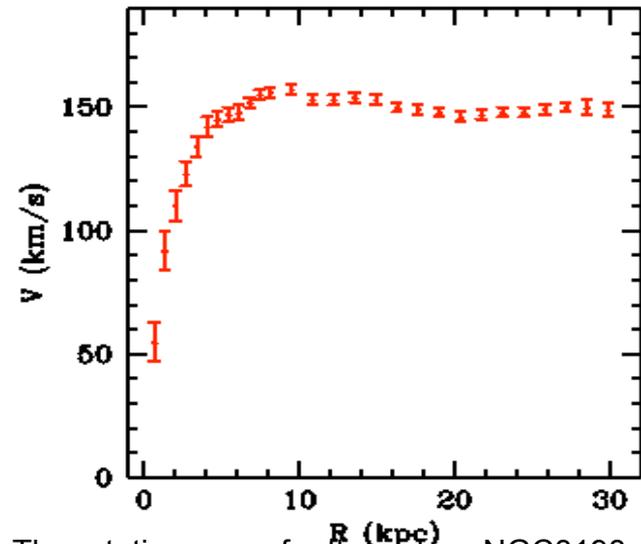
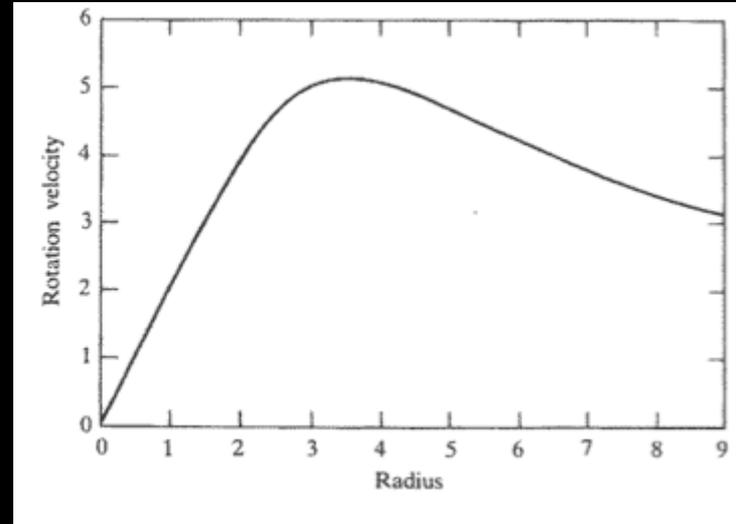


$$V = \omega R \Rightarrow V \propto R$$

Regioni esterne: rotazione differenziale

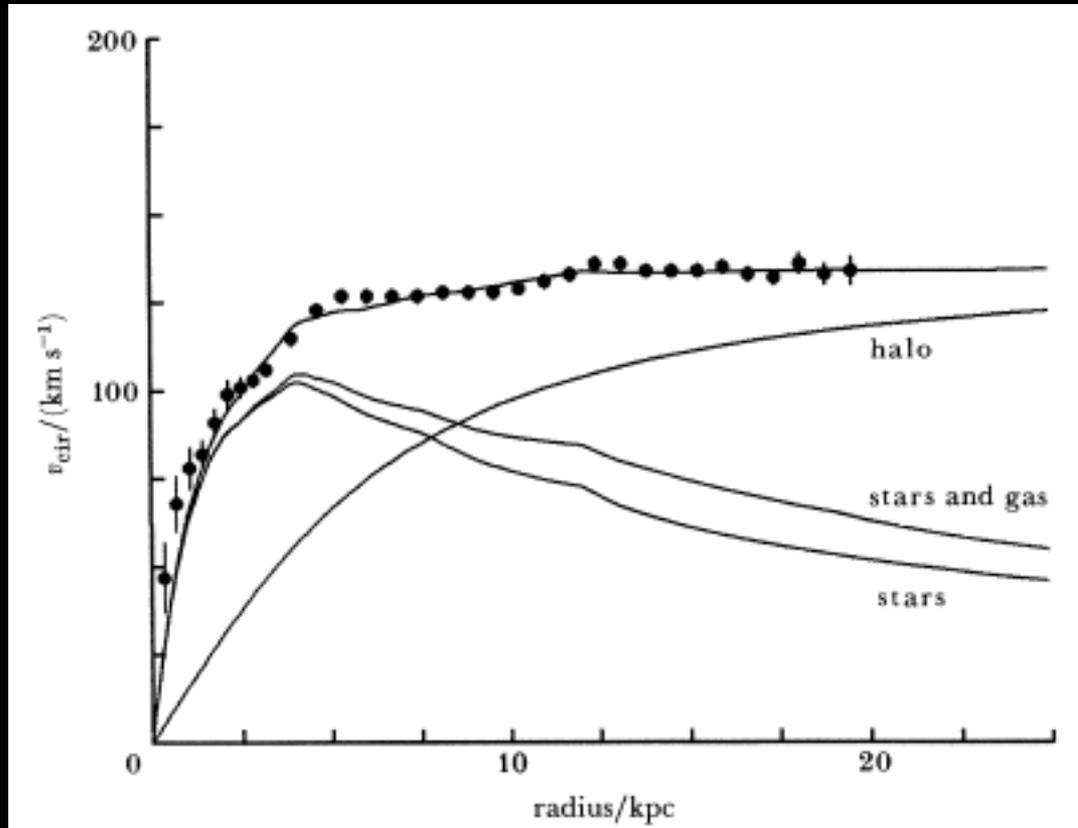


$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$



The rotation curve for the galaxy NGC3198

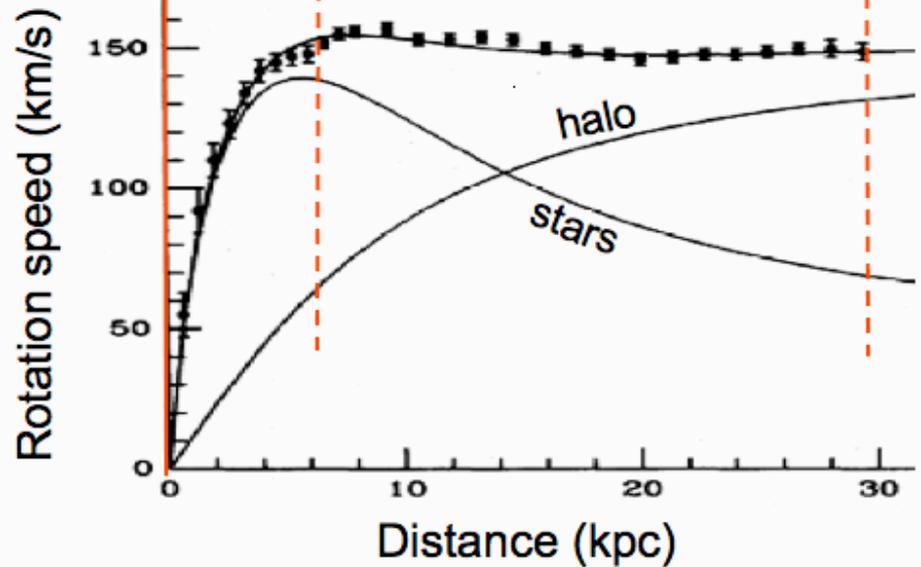
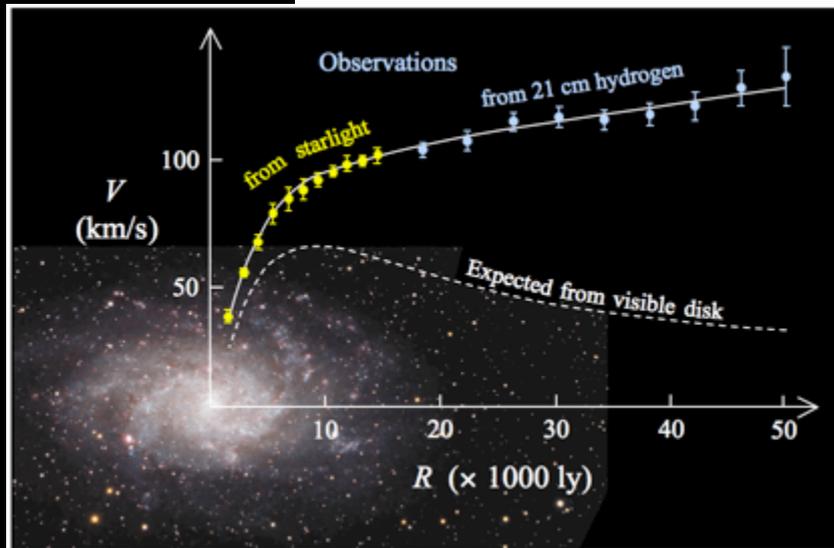
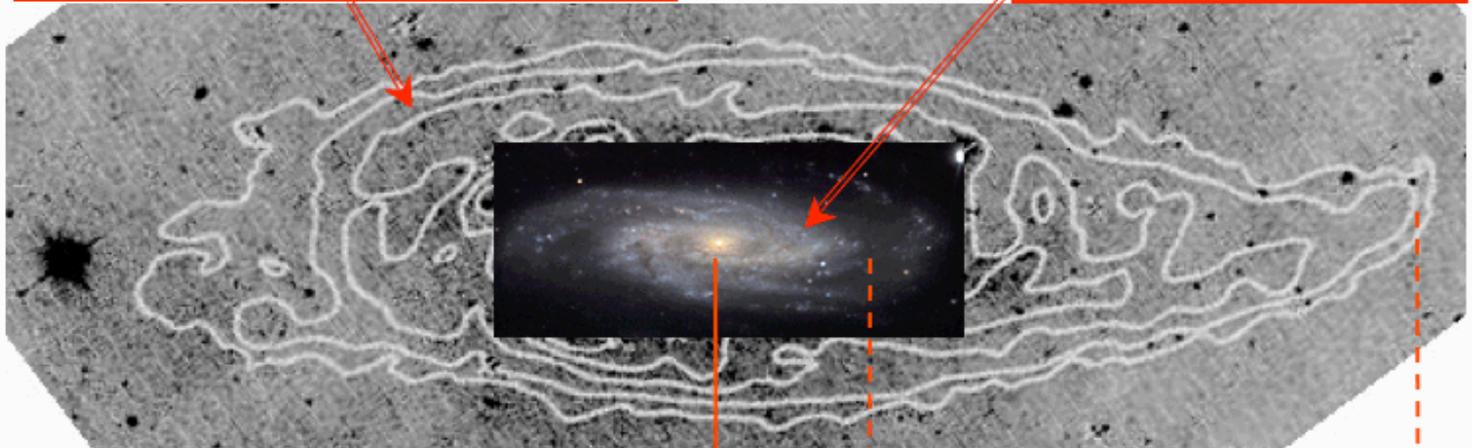
Per interpretare le curve di rotazione:



Aggiunta di un "alone" di materia oscura --

Hydrogen gas: white contours

Optical image: stars



Evidenza viene dalle regioni piu' esterne

NGC 6964: same scale

Optical (stars)

radio 21cm (hydrogen gas)

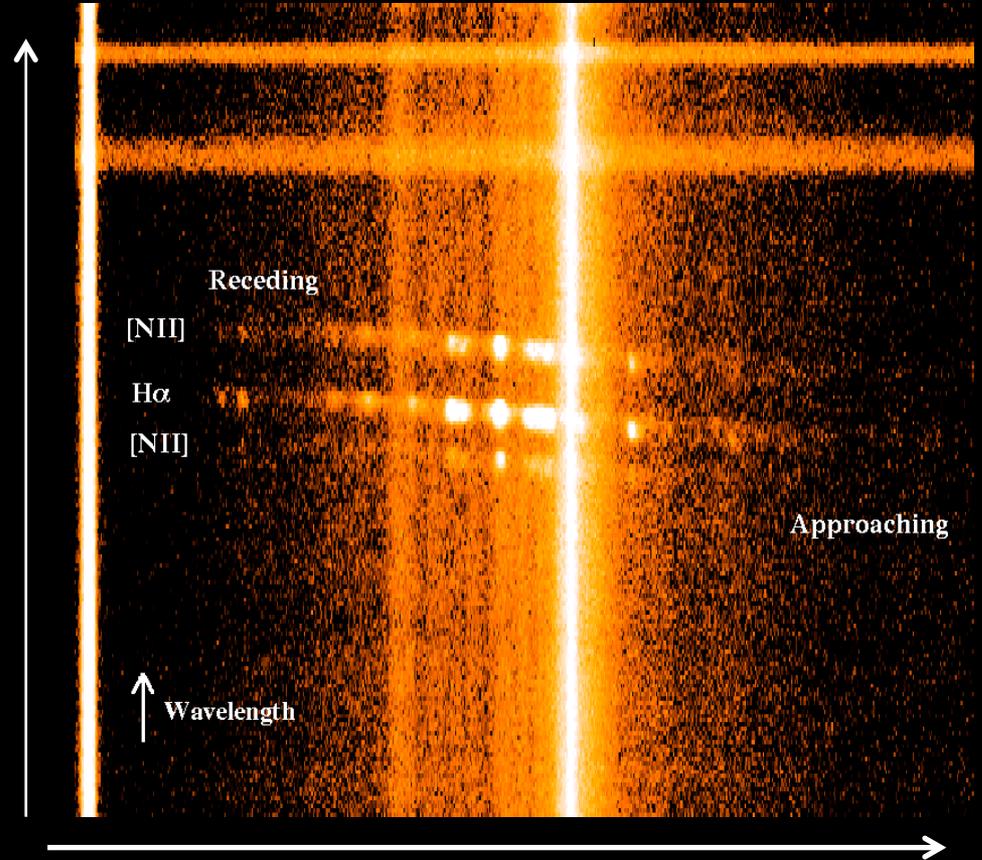
from Tom Oosterloo's web page

Si sfrutta l'effetto Doppler anche per le curve di rotazione

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$



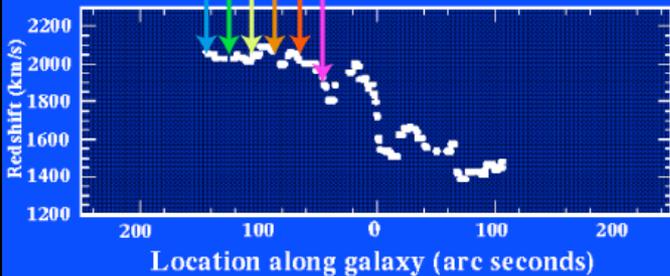
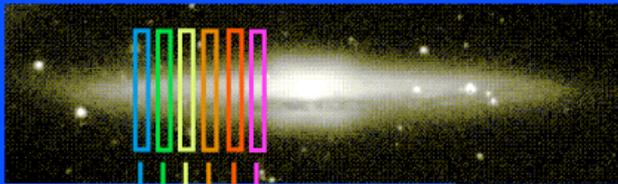
λ



raggio della galassia

spettro di HCG 87a con il telescopio Gemini

NGC 5746



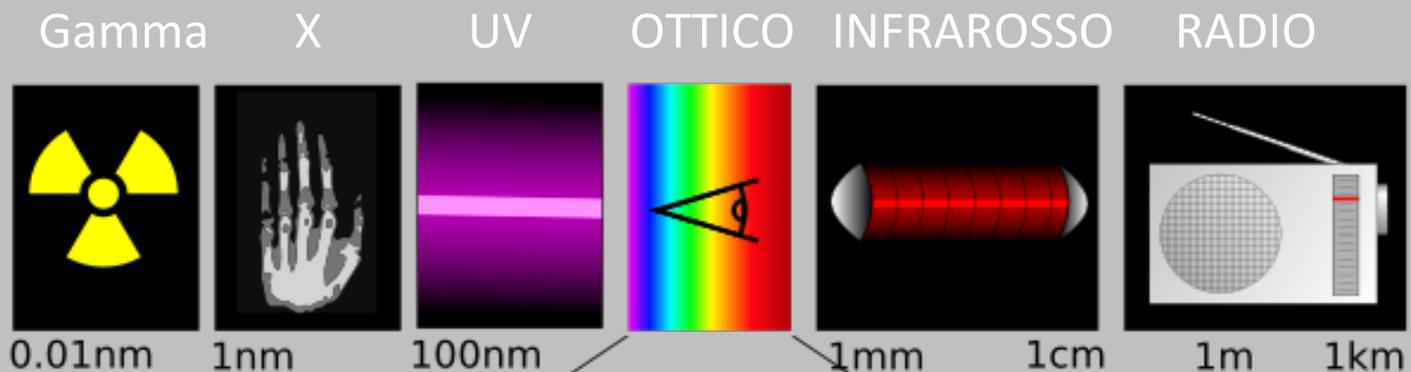
Come possiamo sapere cosa c'è in una galassia?

Osservandola!

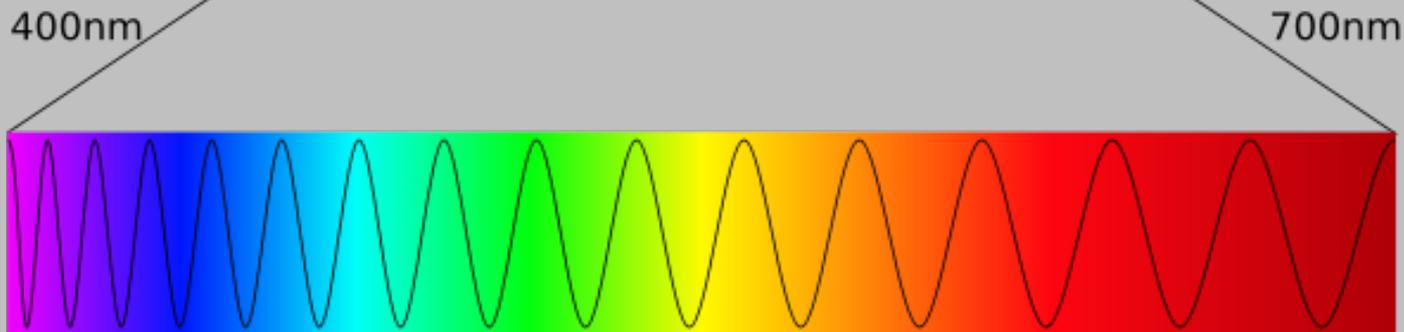
a diverse lunghezze d'onda per "ingredienti" diversi

- ✓ GAS :
 - onde radio [neutro/freddo]
 - righe di emissione [ionizzato]
 - raggi X [ionizzato/caldo]
- ✓ STELLE:
 - ottico/infrarosso/UV/
 - raggi X [popolazione "evoluta"]
- ✓ POLVERE:
 - ottico [fredda in assorbimento]
 - IR [calda in emissione]

c'e' di piu' di cio' che l'occhio vede ...



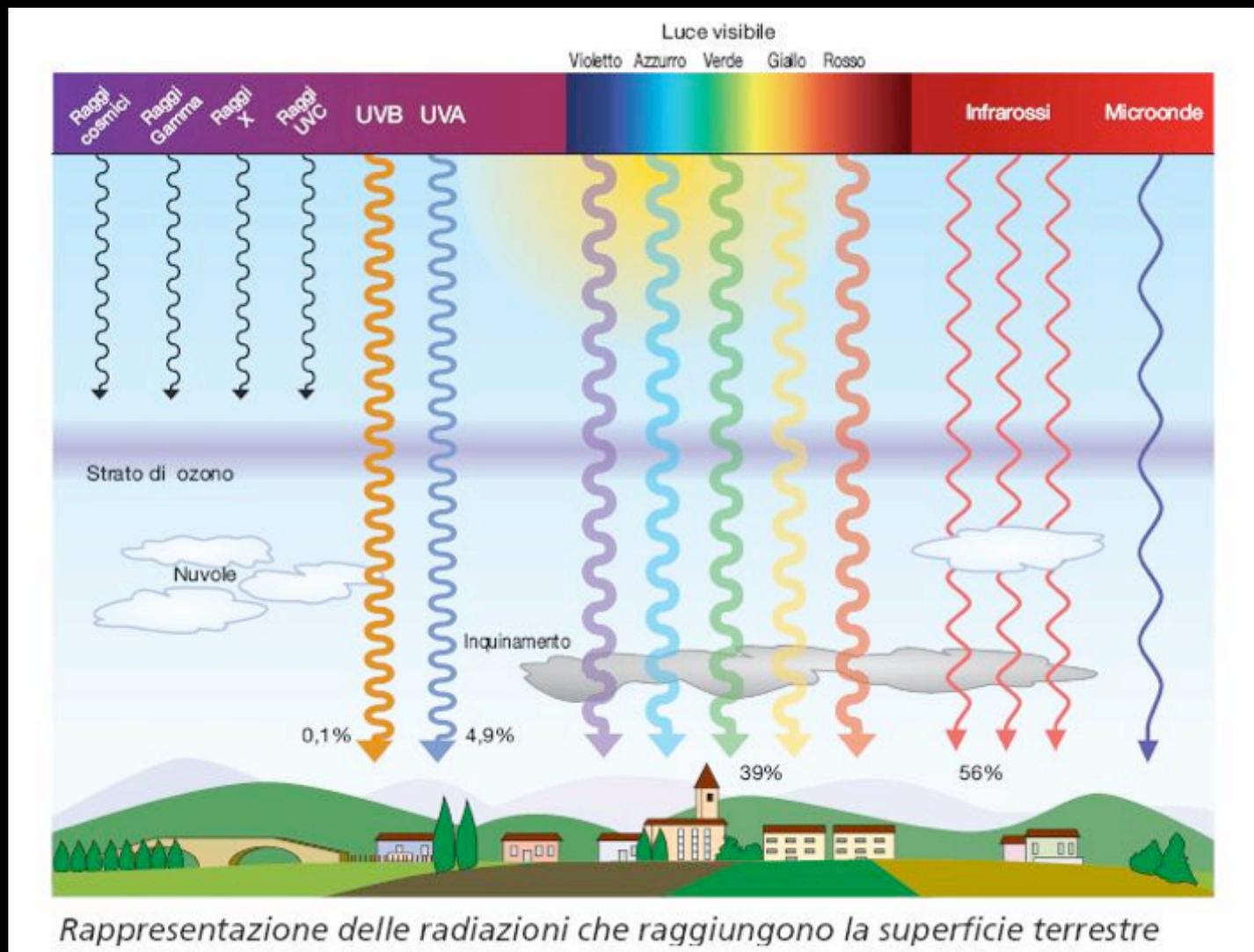
Noi siamo in grado di VEDERE le onde "VISIBILI" perche' siamo condizionati dal sole, ma ora possiamo usare anche altre onde, come i raggi X e le onde radio, per "VEDERE" l'universo



Inoltre

Siamo in grado di vedere molto meglio!

Diverse onde, diverse scale, diverse altezze



A ciascuno il suo telescopio

Nello spazio:
per vedere
per vedere meglio



Image, ESA

XMM-Newton



Image, NASA/JPL/Caltech

GALEX



Image, NASA/JPL/Caltech

Spitzer



X-rays

UV

Visible

IR

Sub-mm

Radio



Subaru Telescope

UKIRT

Sulla terra:
strumenti enormi
in luoghi remoti
sulle alte vette

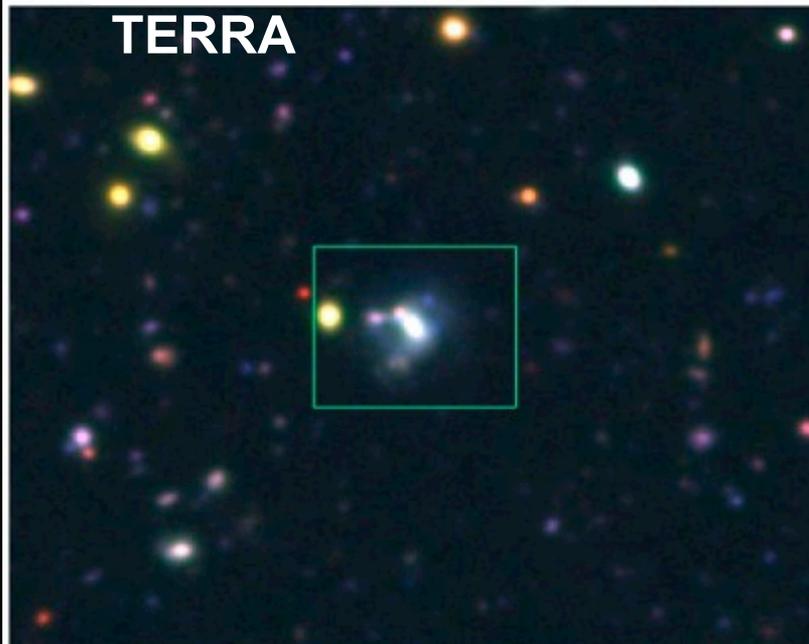


VLA

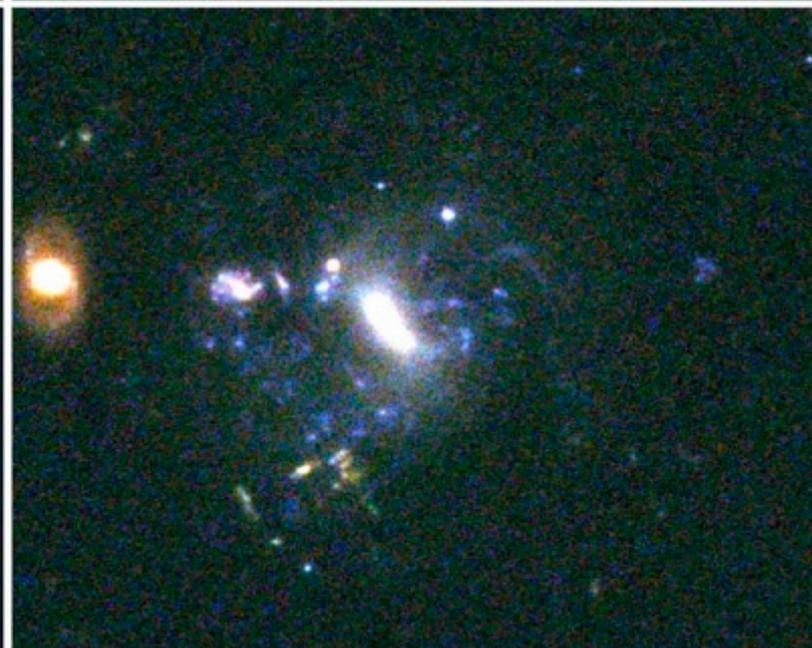
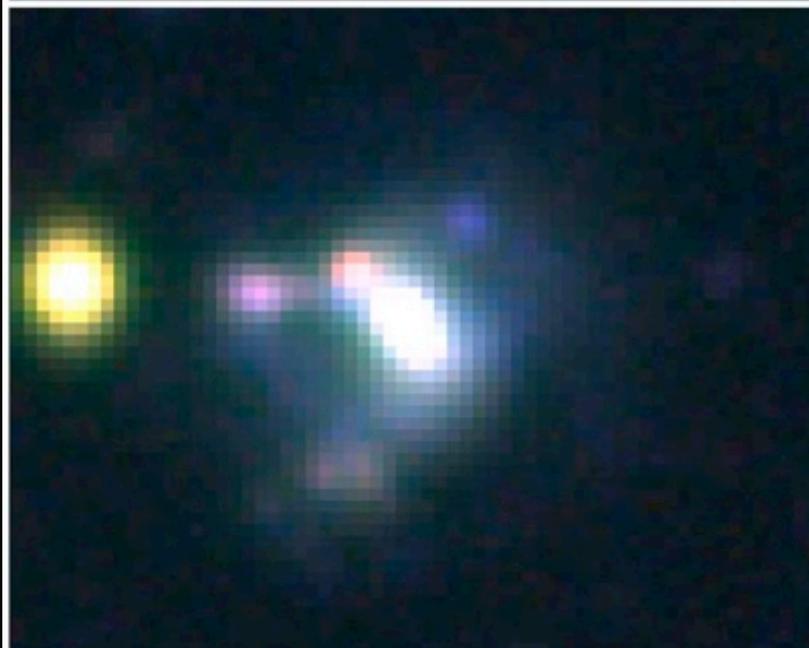
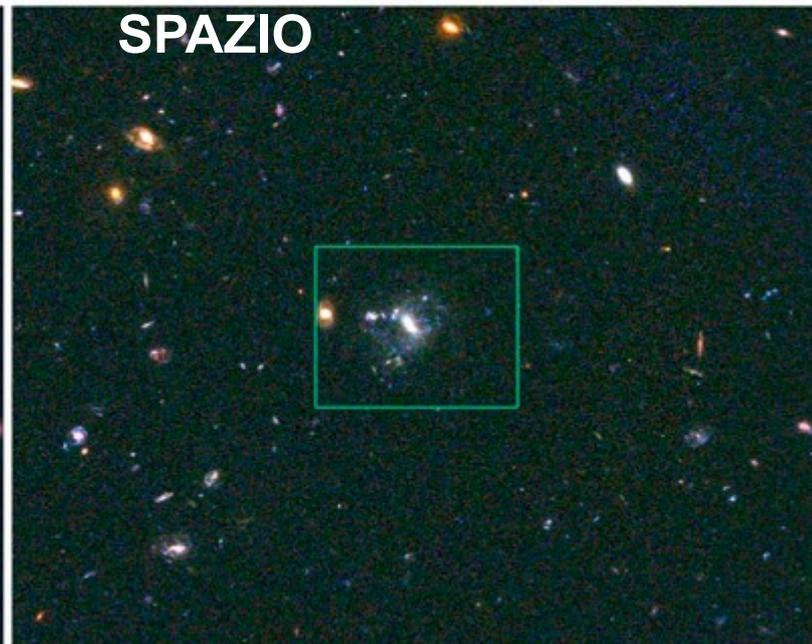
: Subaru (8m)

: *HST* (2.4m)

TERRA



SPAZIO



c'e' di piu' di cio' che l'occhio vede ...

Gamma



0.01nm

X



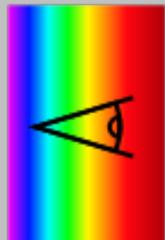
1nm

UV

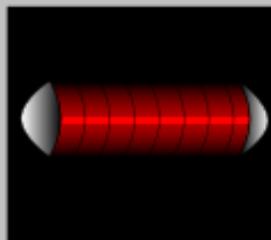


100nm

OTTICO



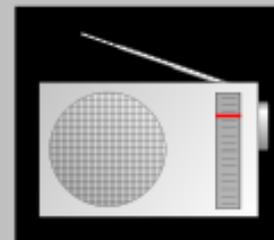
INFRAROSSO



1mm

1cm

RADIO



1m

1km

40



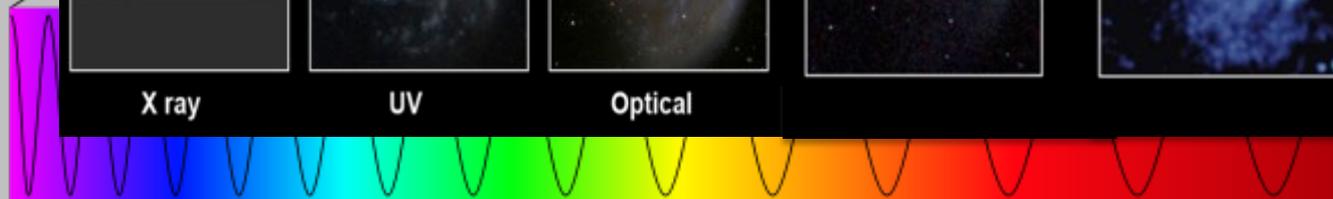
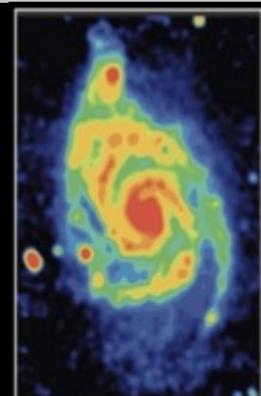
X ray



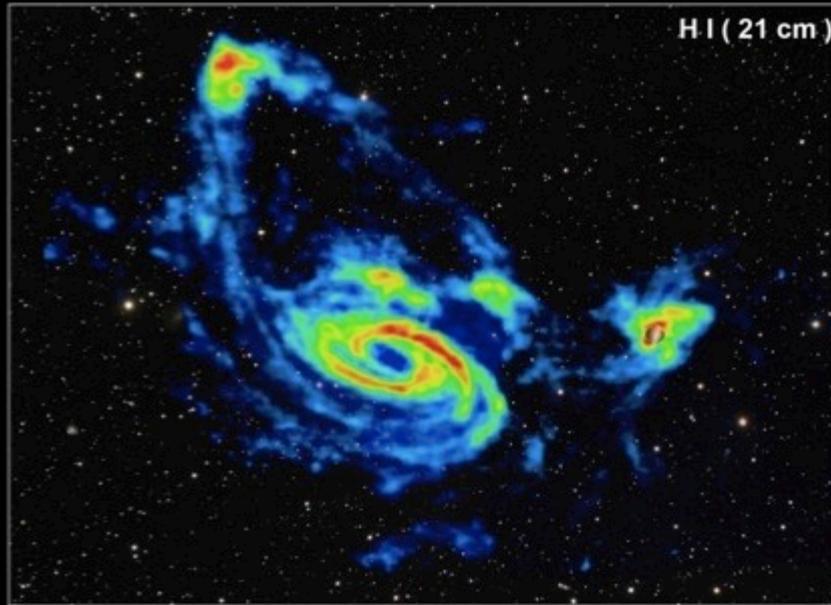
UV



Optical



Altri esempi



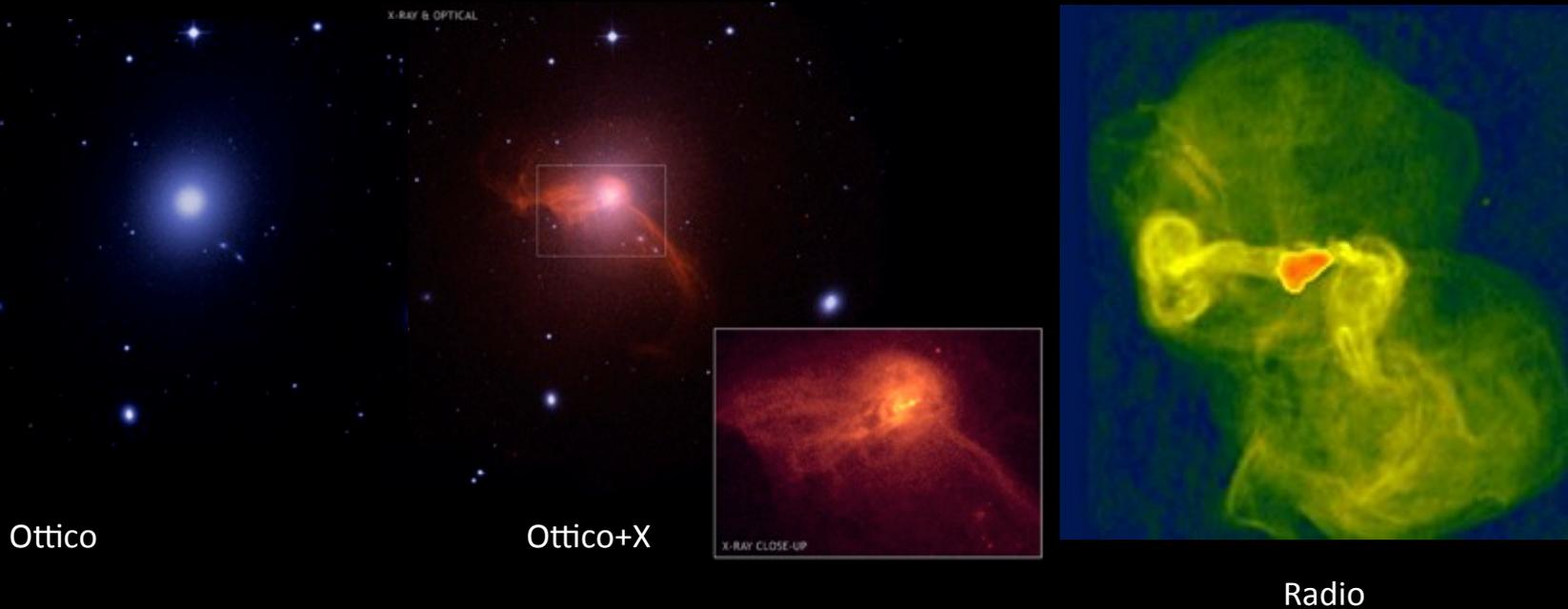
Gas
freddo



stelle

M87 al centro della Vergine

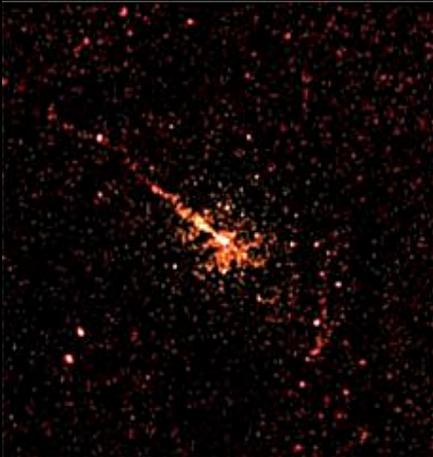
scala ~200,000 Anni Luce



Stelle

Gas caldo
massa totale

particelle
campo magnetic

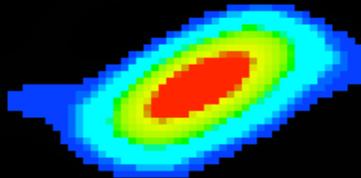


X rays: Chandra

Ultraviolet:
GALEX

Visible Color:
AAO

Mid-Infrared:
Spitzer



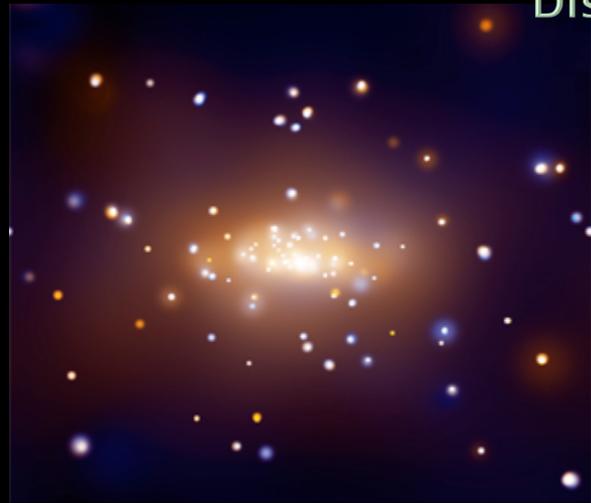
Near-Infrared:
2Mass

Far-Infrared:
IRAS

Radio :
VLA

Galassia Sombrero

Distance: 50,000,000 light-years (15.3 kpc)



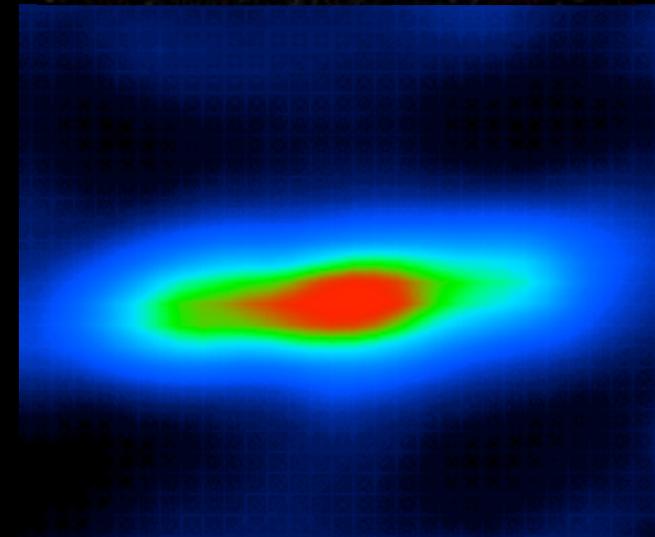
X-rays : Chandra



Visible: HST



Mid-Infrared: Spitzer

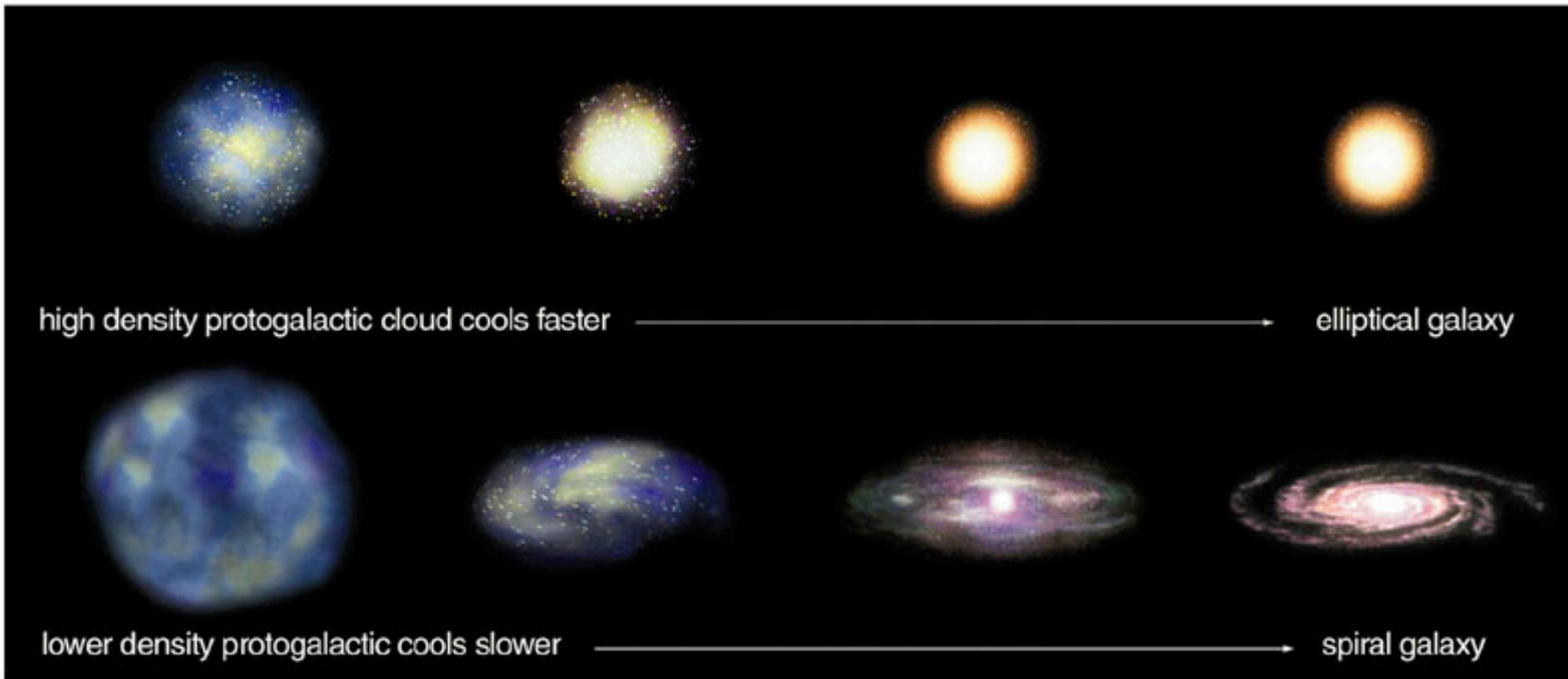


Far-Infrared : IRAS

Le galassie evolvono?

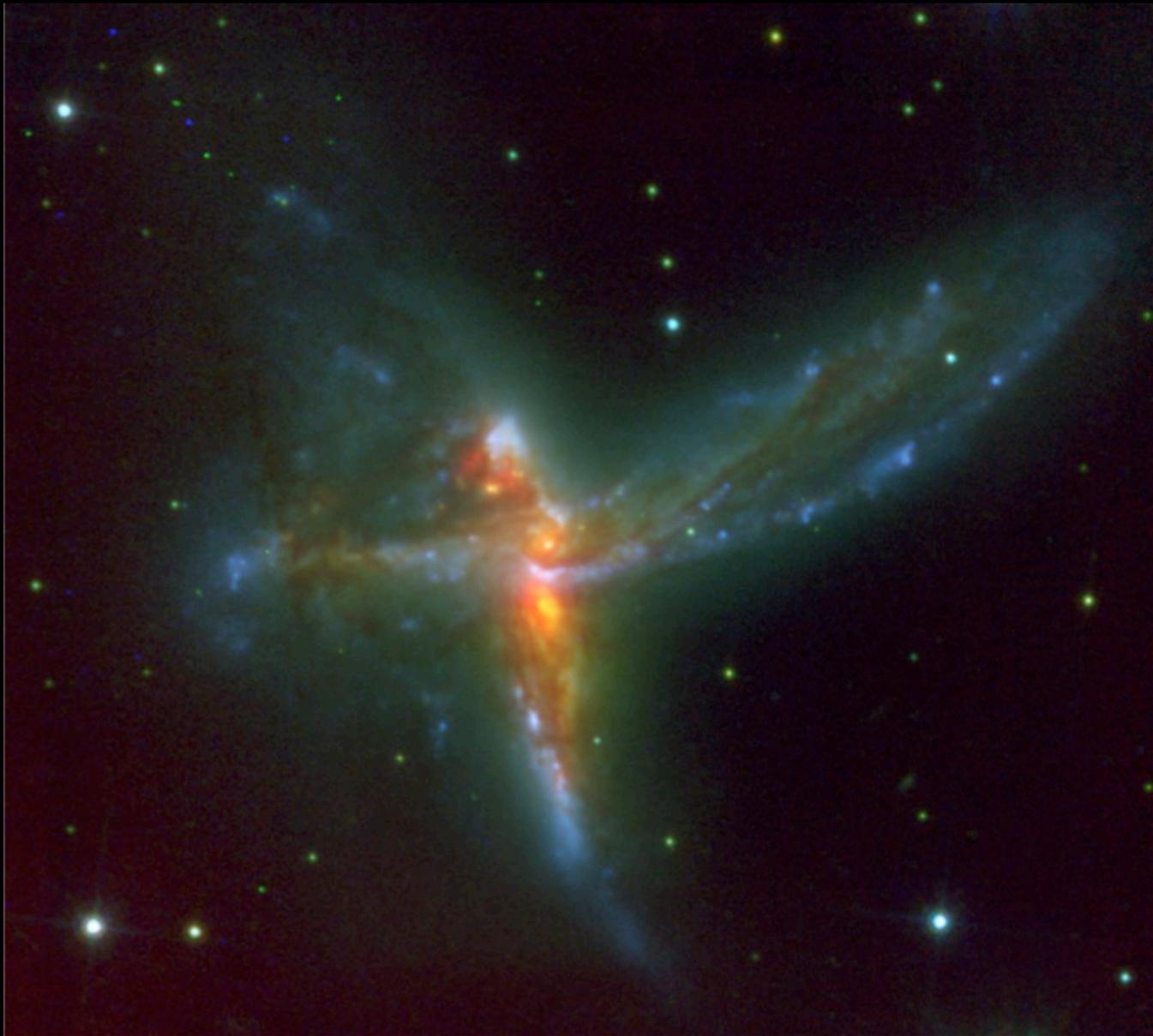
Dalla protonube

al prodotto finale





Galassie interagenti: prima...



durante...



...e dopo!

Danza gravitazionale



Image Credit: NASA/Caltech-JPL

La galassia perde pezzi???



Image credit: [NASA/JPL-Caltech](#)

Ellittiche blu??

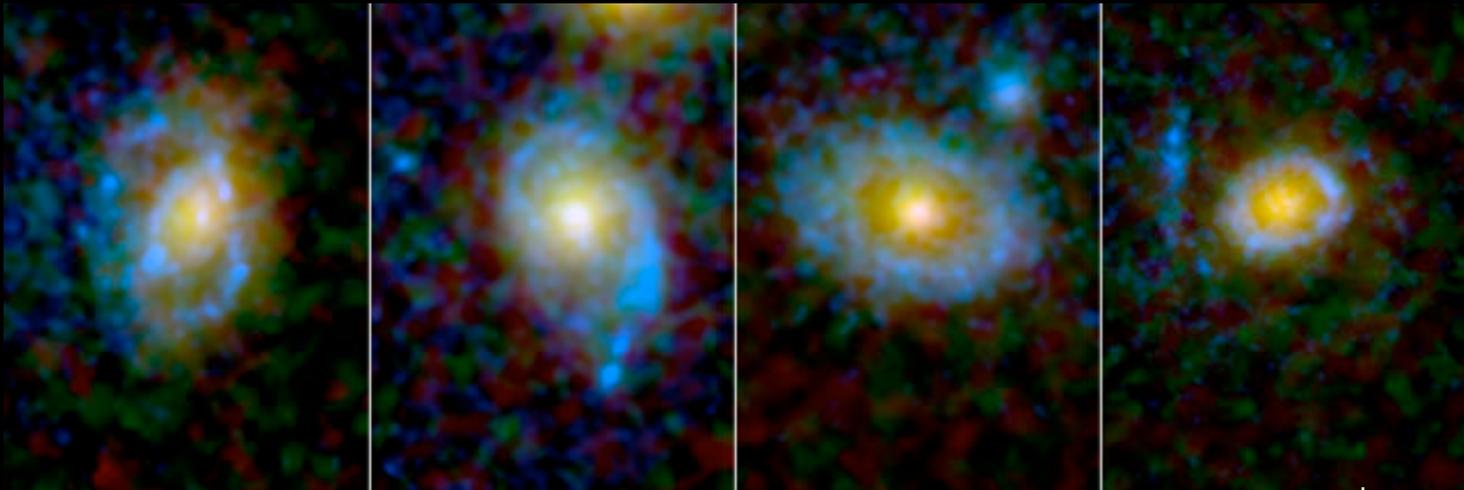
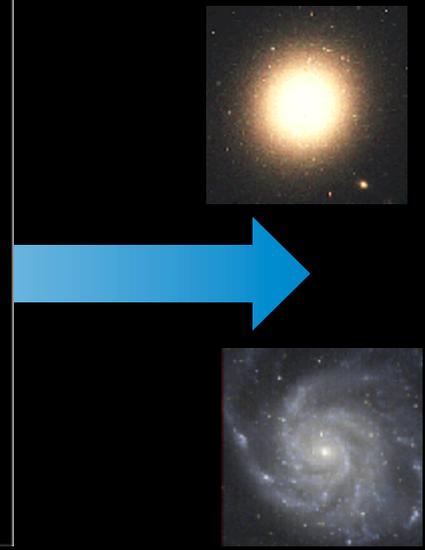
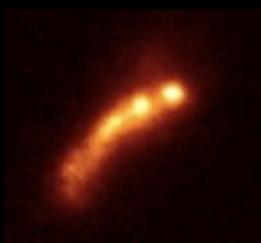
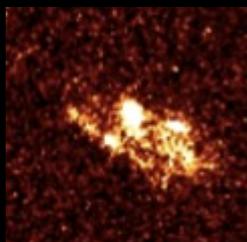
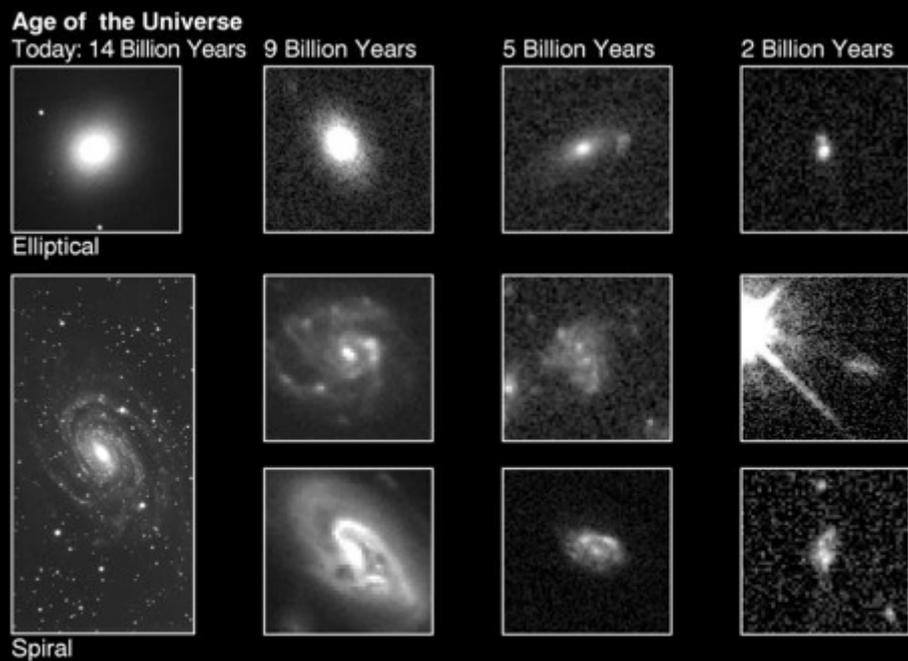


Image credit: [NASA/JPL](#)

Le galassie si trasformano? **SI**



Galaxies: Snapshots in Time HST · WFPC2



Dove vivono le galassie? a ciascuno il suo ambiente



ar:eni



Amb

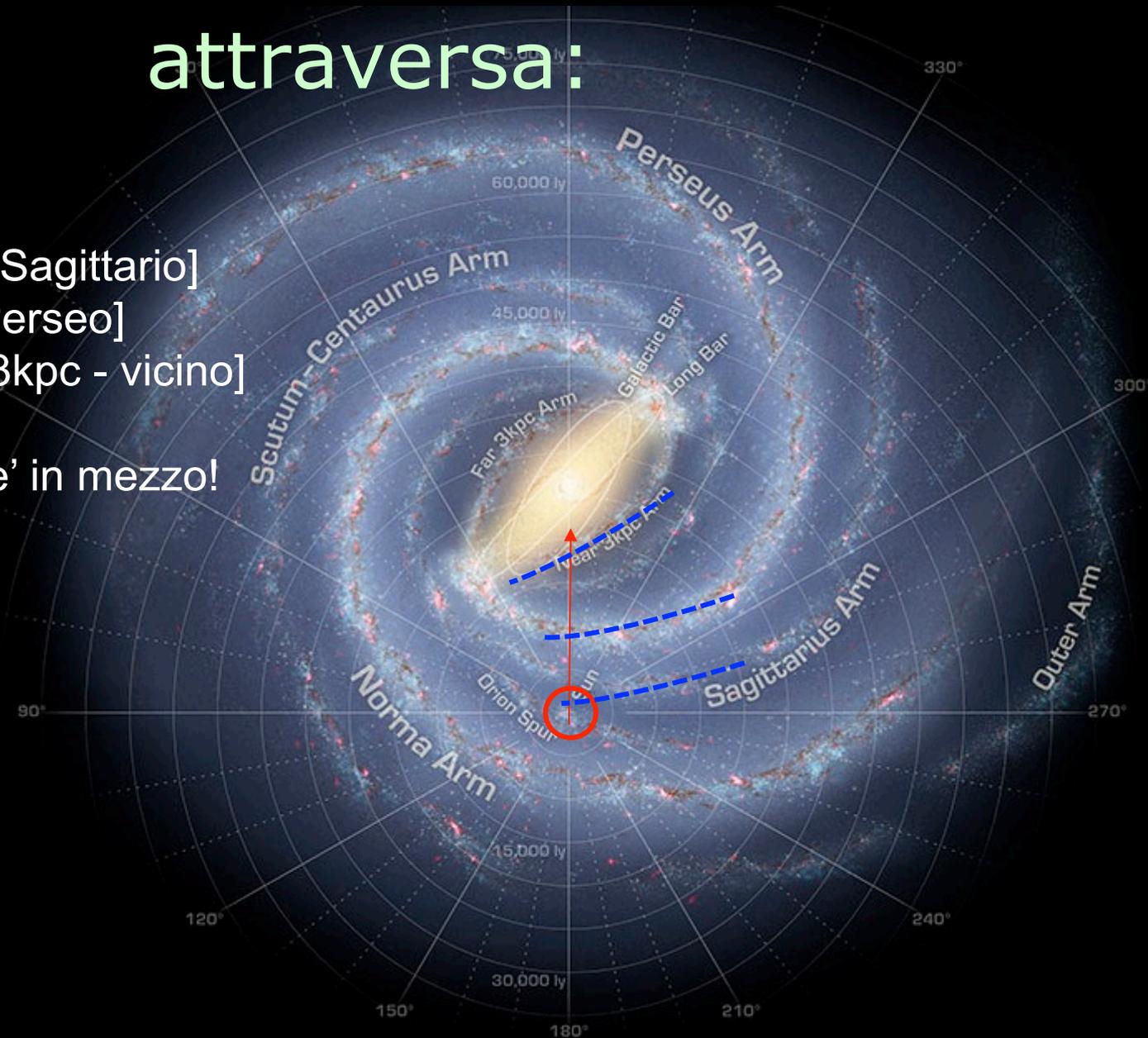
Ultimo ingrediente

....

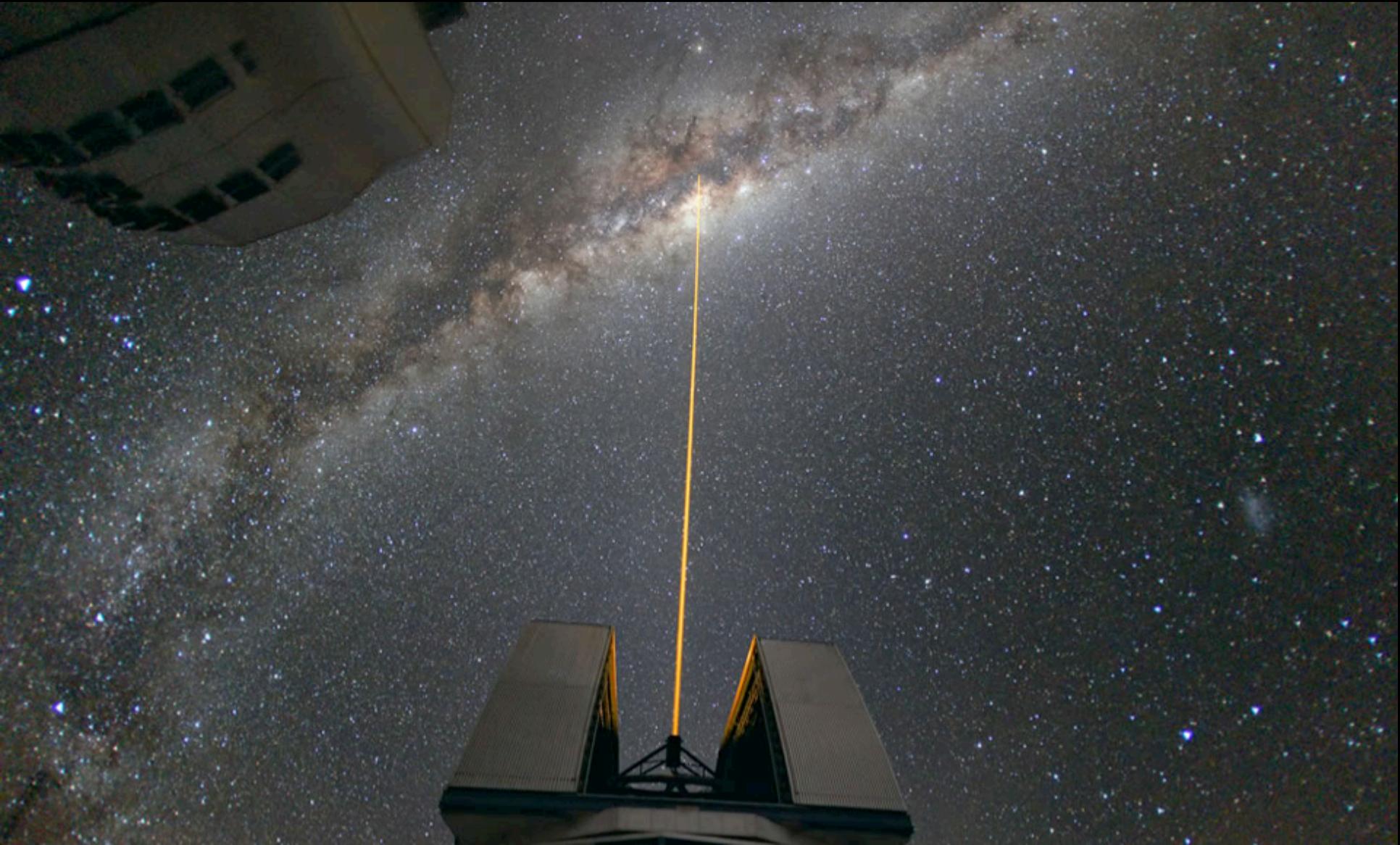
ritorniamo alla
Via Lattea

Per arrivare al centro si attraversa:

- braccio secondario [Sagittario]
- braccio principale [Perseo]
- braccio secondario [3kpc - vicino]
- bulge
- e tutto quello che c'è in mezzo!

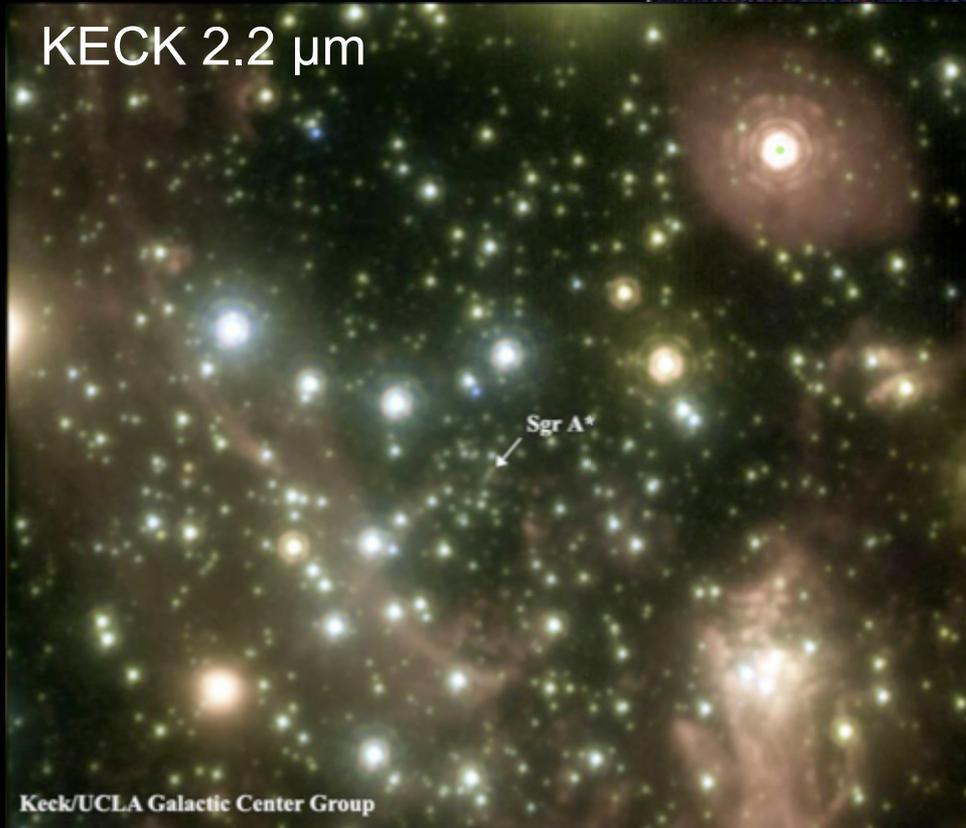


Centro galattico



Centro galattico

KECK 2.2 μm



Spitzer - IR 3-8 μm



Sgr B2

Sgr B1

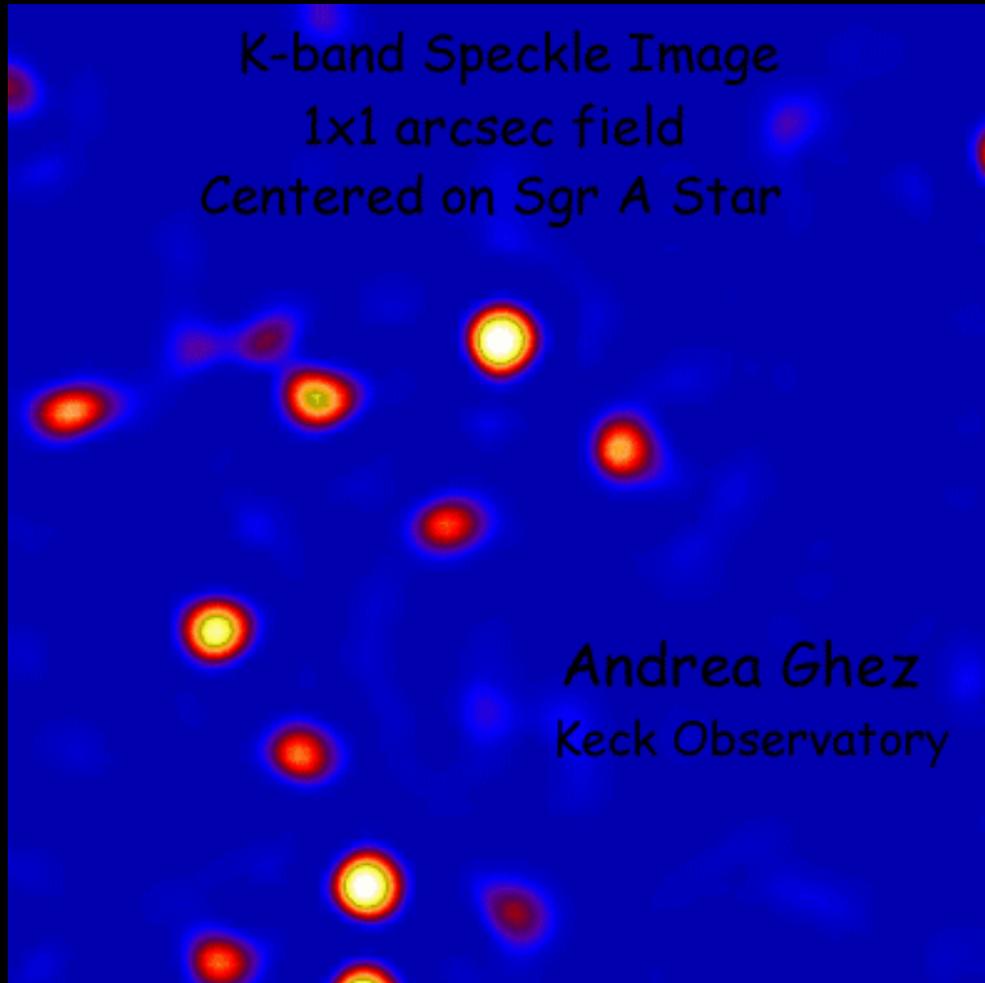
Sgr A

VLA + GBT - radio

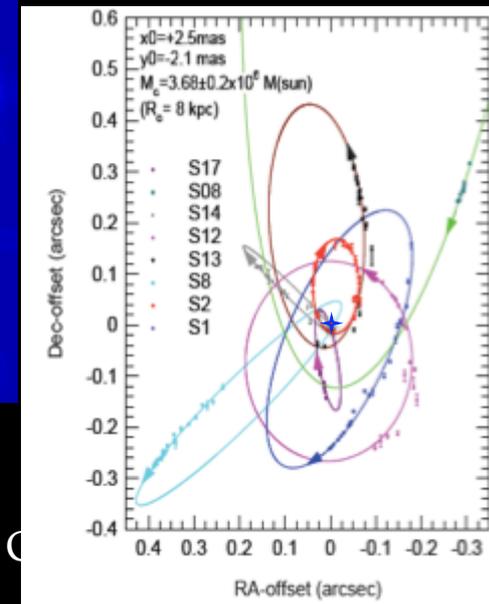


Il centro della Via Lattea

cambia negli anni!!! Giugno 95- Aprile 98



$D \sim 8 \text{ kpc}$
 $M \sim 4 \times 10^6 M_{\odot}$



These images courtesy of Andrea Ghez (UCLA), and the Keck Adaptive O

Grazie