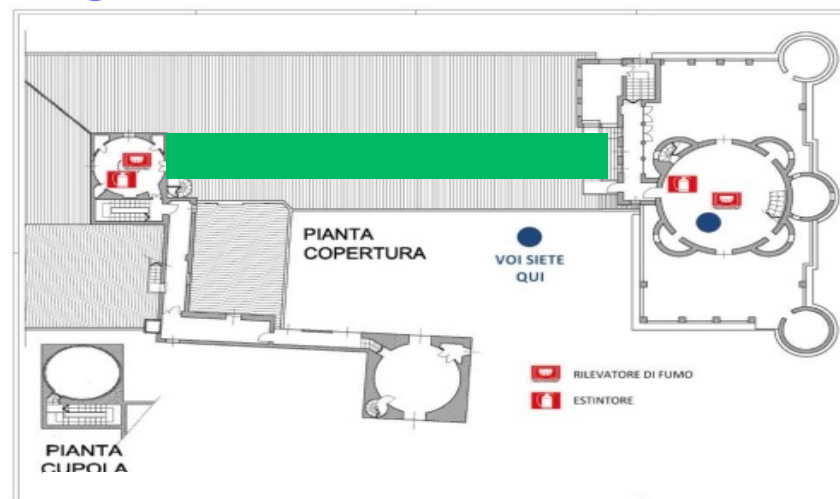




Uscite di Sicurezza vie di fuga in caso di Emergenza



Punto di ritrovo
Piazzetta Brera



Istituto Nazionale di Astrofisica
Osservatorio astronomico di Brera



Universo in fiore

Le galassie: forme e colori



Ginevra Trinchieri

ginevra.trinchieri@brera.inaf.it

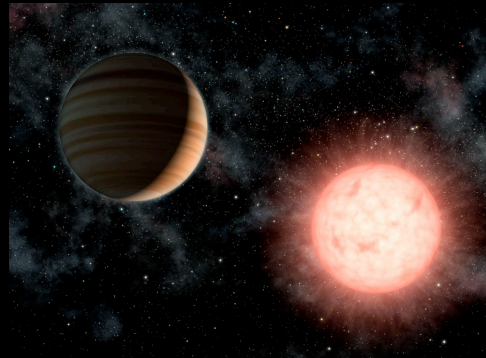
INAF-Osservatorio Astronomico di Brera

9/02/2016

Cos'è una galassia?

A collage of various galaxies, including spiral, elliptical, and irregular shapes, illustrating the diversity of galaxies in the universe. The galaxies are shown in different colors and orientations, highlighting their unique structures and compositions. The collage includes a large spiral galaxy with a bright yellow core, a smaller spiral galaxy with a blue core, a large elliptical galaxy with a yellow core, a small irregular galaxy with a blue core, a large elliptical galaxy with a yellow core, a small irregular galaxy with a blue core, a large elliptical galaxy with a yellow core, a small irregular galaxy with a blue core, a large elliptical galaxy with a yellow core, and a small irregular galaxy with a blue core.

Cos'è una galassia?



Stelle
[+ pianeti]



Gas

ISM

Polveri



GRAVITÀ +



“Materia
oscura”

tutto ruota intorno a un nucleo centrale

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”



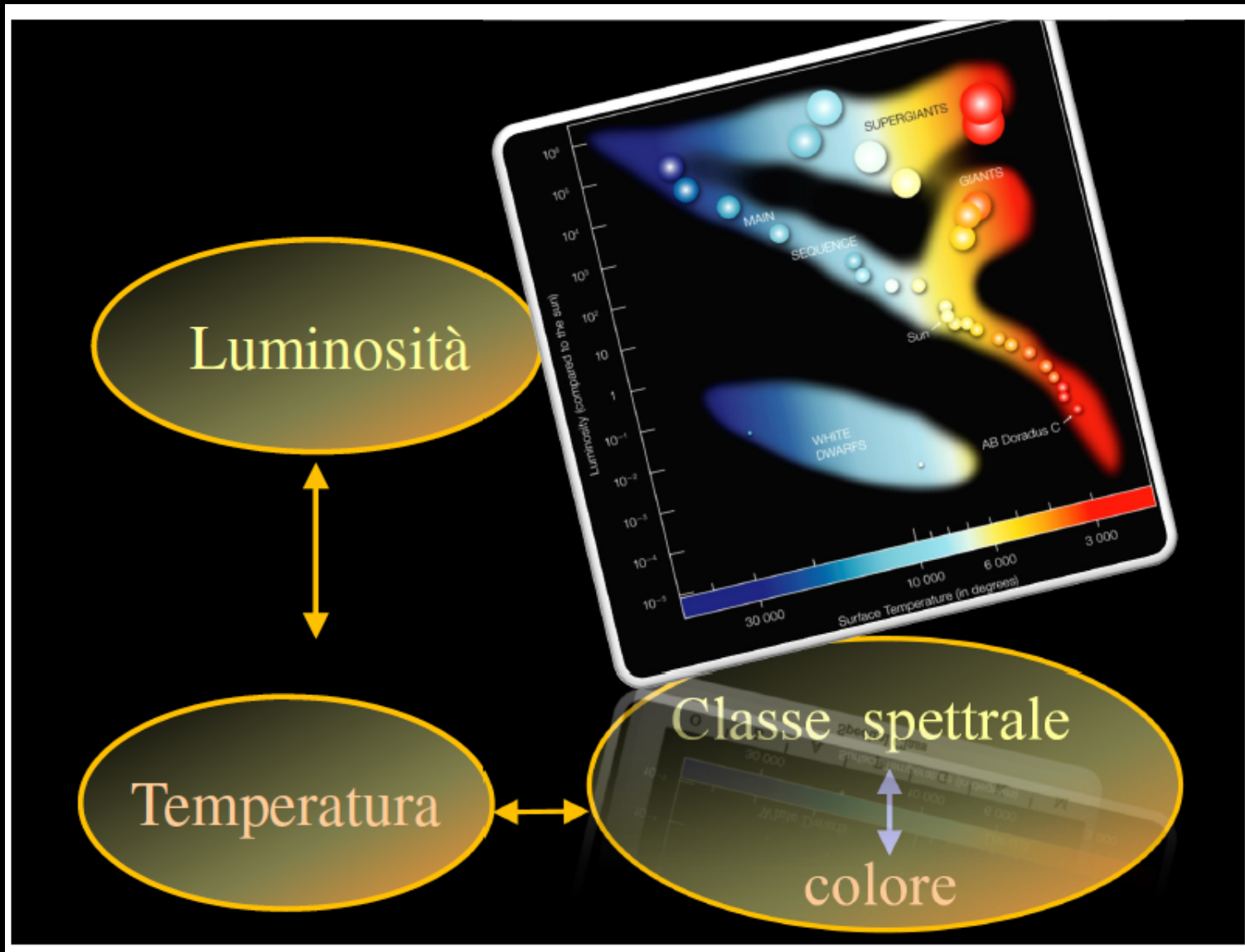
con possibili
sistemi planetari





M32: Credit: Thomas M. Brown (GSFC) et al., NASA - from APOD nov. 1999

Le Stelle



Mezzo Interstellare ISM

miscela piuttosto rarefatta di

gas [99%] H, He, [C, Ca, Fe, Mg,]

polveri [1%]

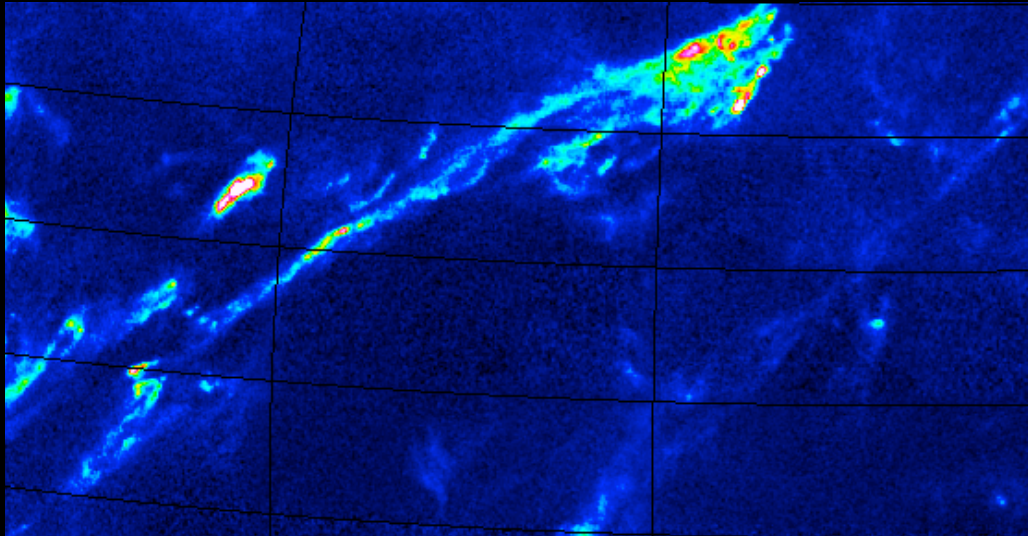
particelle energetiche [raggi cosmici]

campi magnetici

.....

Importante per gli effetti che ha !

Di cosa e' fatta una galassia?



Gas interstellare
 $\approx$ Idrogeno

freddo : neutro
100-300 K

caldo: ionizzato 10.000 K

caldissimo
>1.000.000 K



Di cosa e' fatta una galassia?

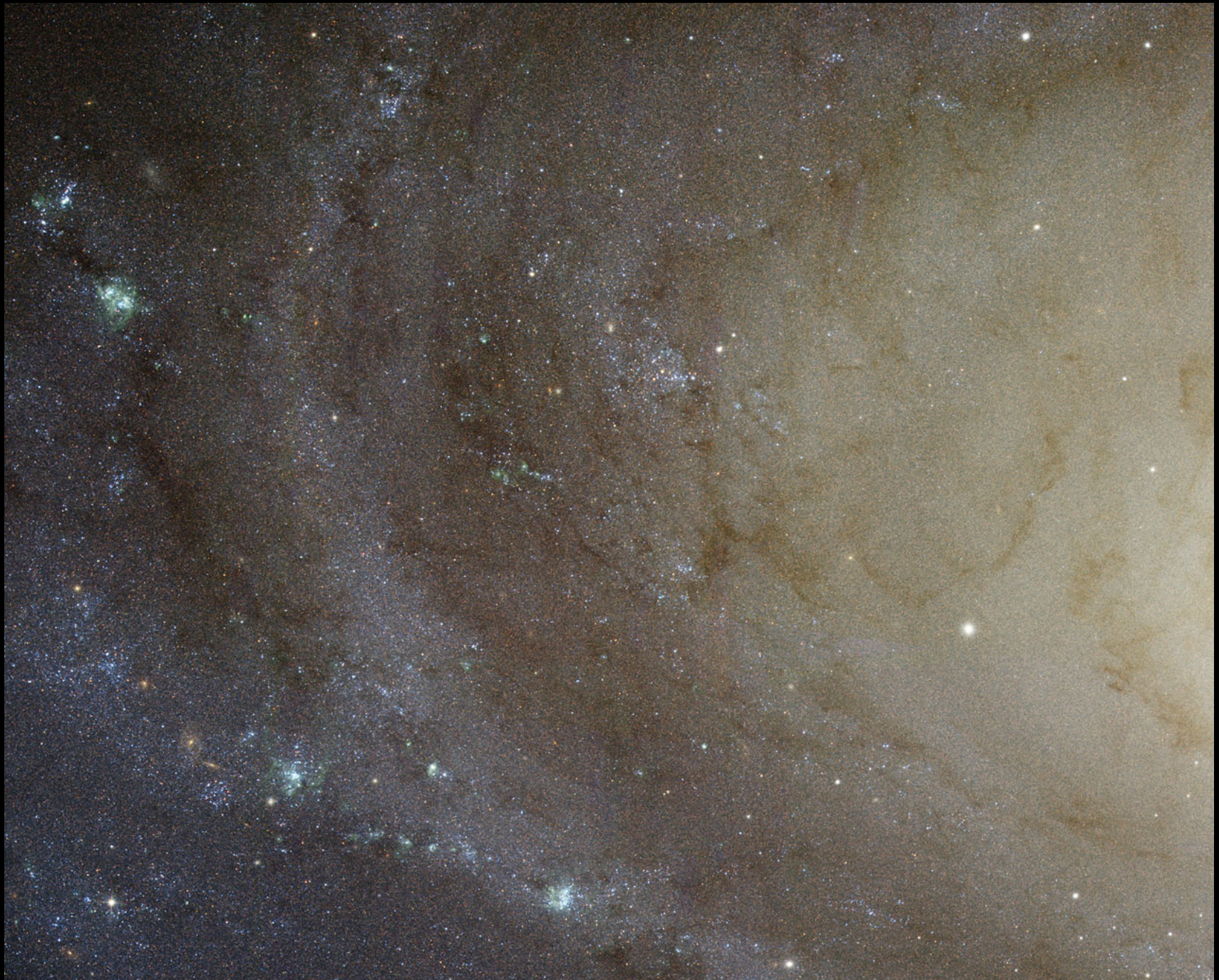


polvere $\approx$ silicati, grafite
e altri materiali carbonacei.

Riscaldata: emissione

assorbimento





NASA, ESA and the Hubble Heritage Team STScI/AURA). Acknowledgment: A. Zezas and J. Huchra

Di cosa e' fatta una galassia?



Materia oscura

a dopo ...

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



Wally Pacholka / AstroPics.co

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



© Stéphane Guisard

Galassia -- dal greco ΓΑΛΑ: dal latte di Era

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 la “nostra” Galassia ?

Noi viviamo dentro la **Galassia**
e non possiamo uscire -
ma neanche andare in giro

➤ Per “uscire” : osserviamo come e’
“fuori”

➤ Per capire “ il fuori” dobbiamo partire dal “dentro” :
la Galassia



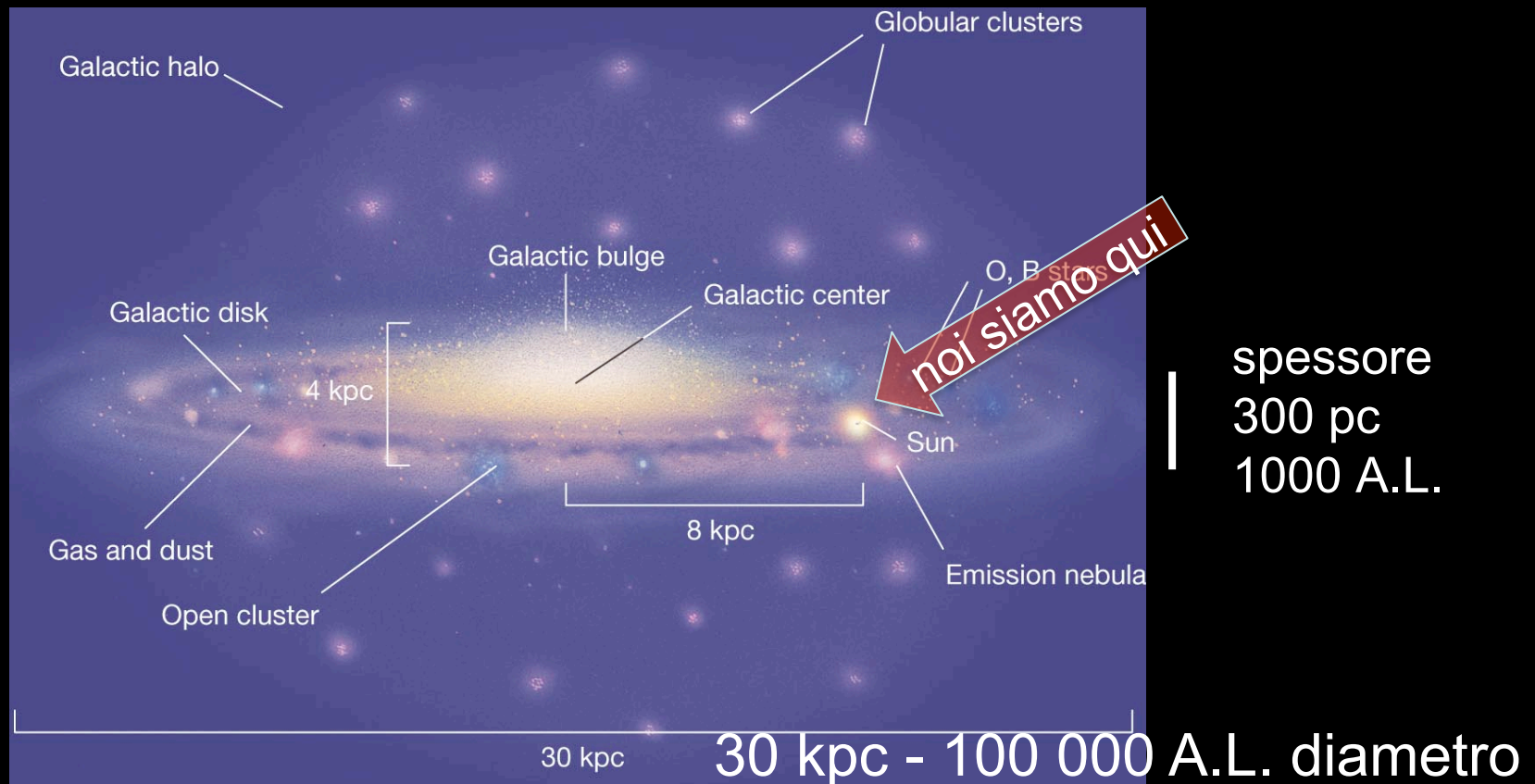
La via Lattea

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



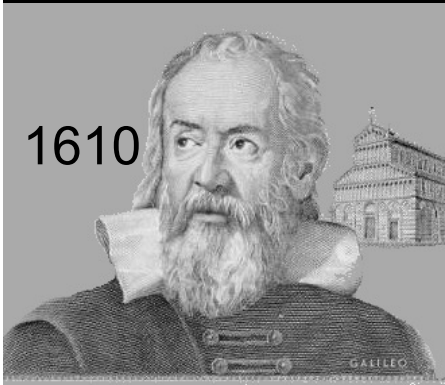
Se potessimo guardare la Via Lattea dall'esterno, ci
apparirebbe così
NGC 6744



ma noi ci siamo dentro !

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

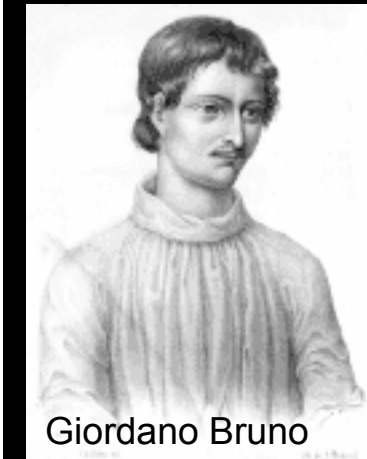
Come sono state scoperte le galassie



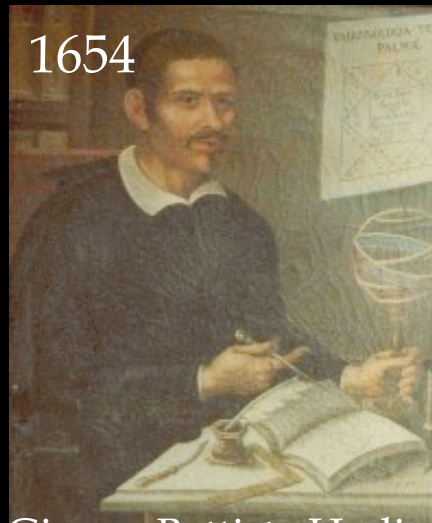
“NEBULOSE” son raggruppamenti di piccole stelle
Galileo Galilei, *Sidereus Nuncius* 1610



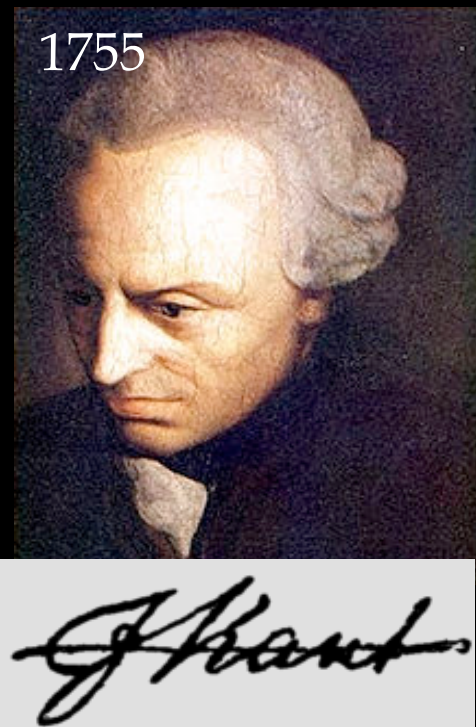
Catalogue des Nébuleuses et des Amas d'Étoiles



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



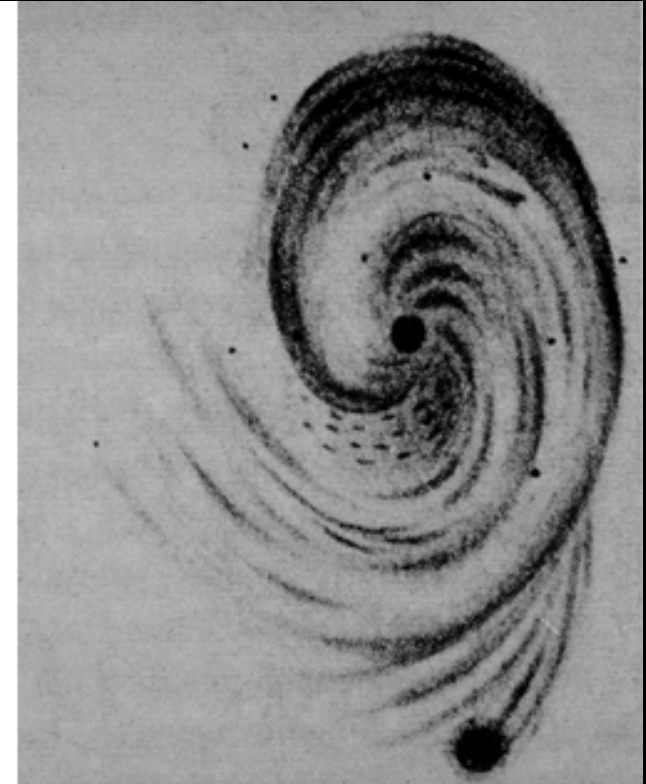
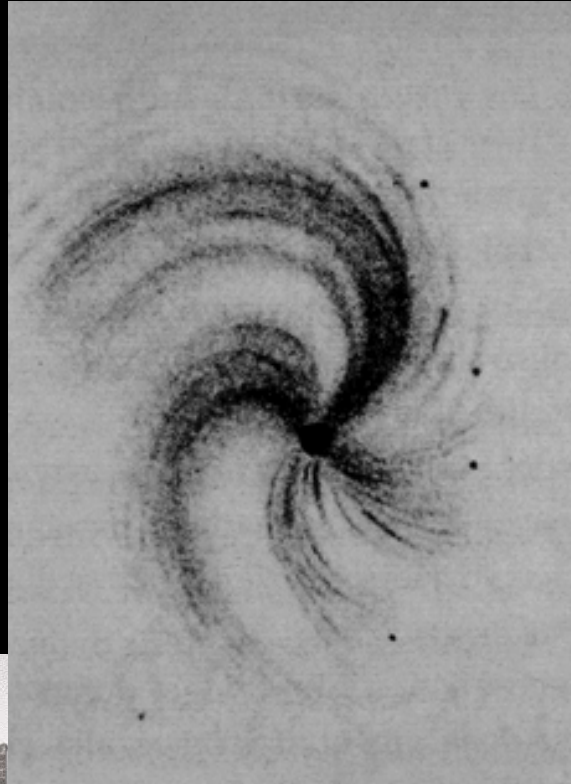
Giovan Battista Hodierna
De Admirandis Coeli Characteribus



Storia universale della natura e teoria del cielo

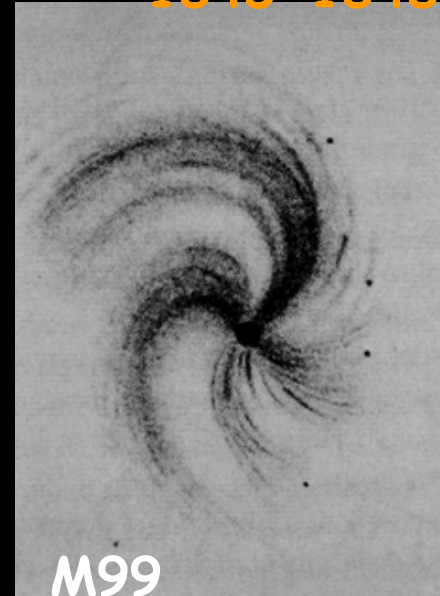
Le prime "immagini" di struttura a spirale

1845-1848

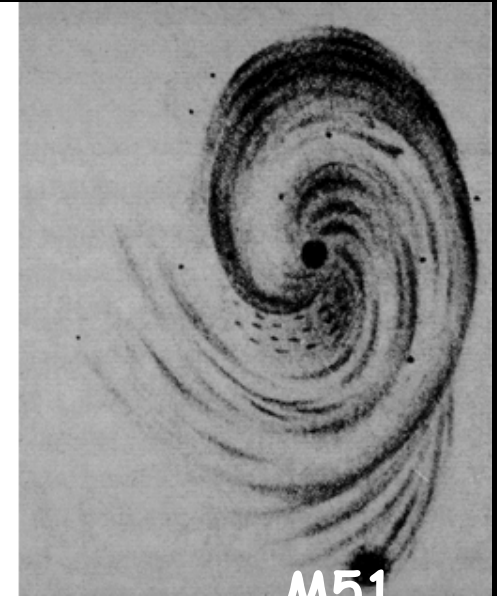


Lord Rosse e i moderni telescopi a confronto

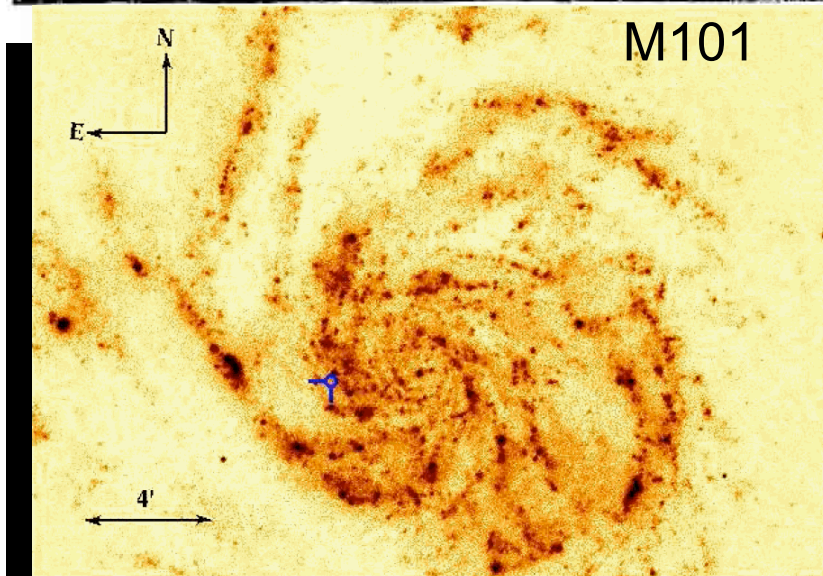
1845-1848



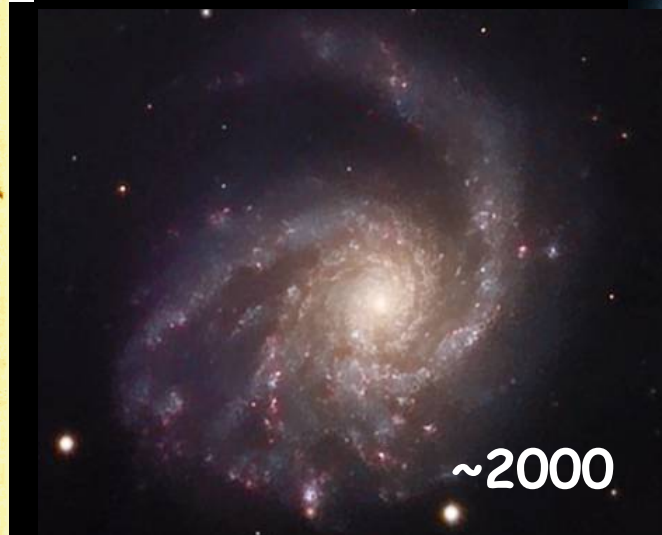
M99



M51



M101

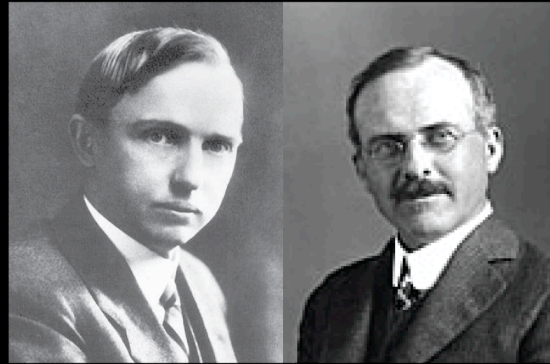


~2000



Le Nebulose diventano Galassie! il grande dibattito ~1920

Harlow Shapley—Heber Curtis



la Galassia è la “totalità” dei mondi!

Andromeda e le altre nebulae sono
galassie separate dalla nostra

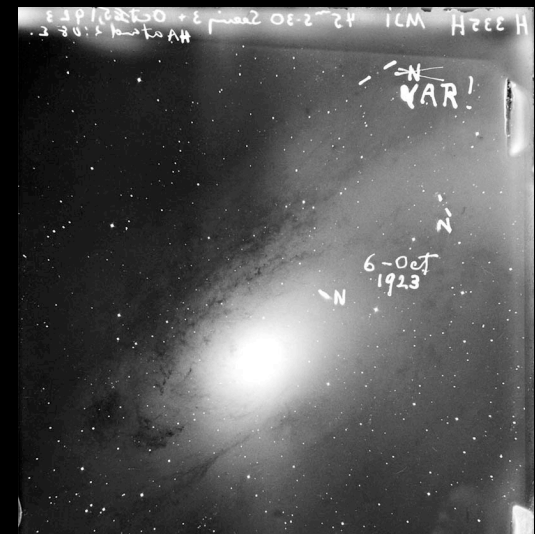
Le Nebulose diventano Galassie! ~1920

1923: Edwin Hubble scopre una stella variabile
“troppo luminosa” nella nebulosa di Andromeda

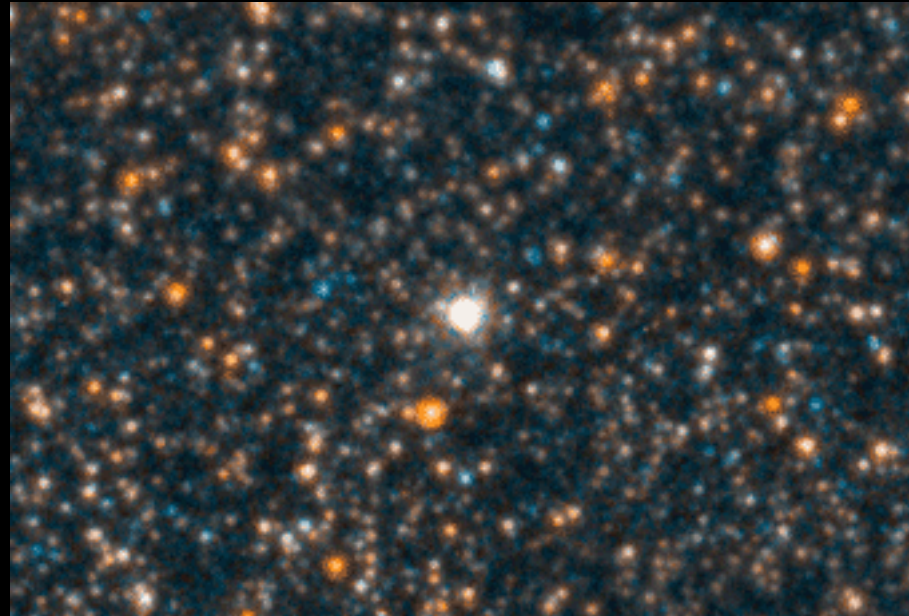
→ ANDROMEDA e' TROPPO lontana per essere
nella Via Lattea!



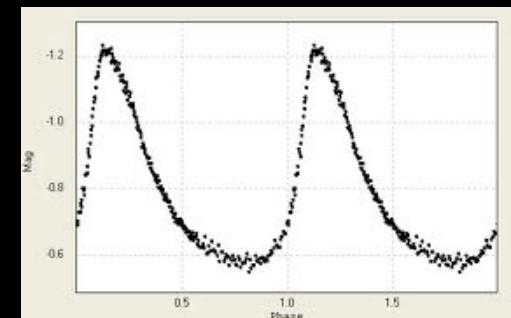
Hubble osserva con il
telescopio da 2,5 metri
di Mount Wilson



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



Candela Standard

IPOTESI

L'oggetto e' lo stesso
la “distanza” modifica cio'
che vedo e misuro



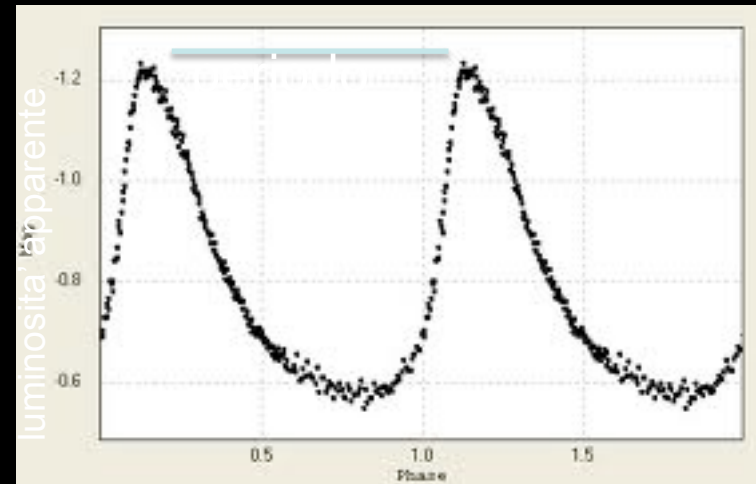
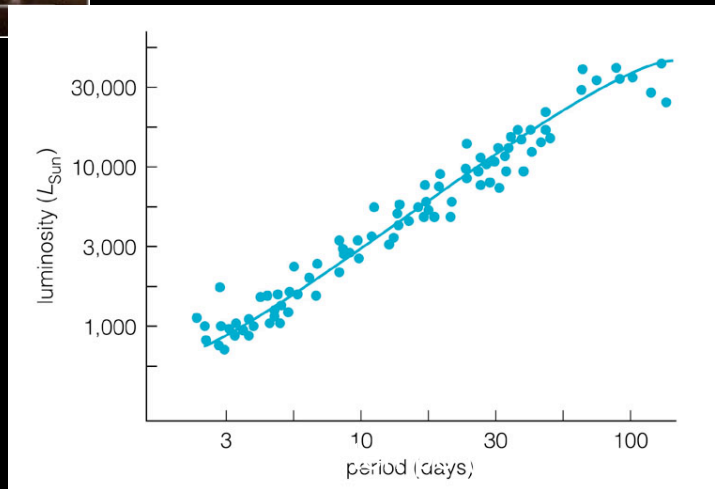
La stella cefeide usata come “candela standard” per la misura delle distanze

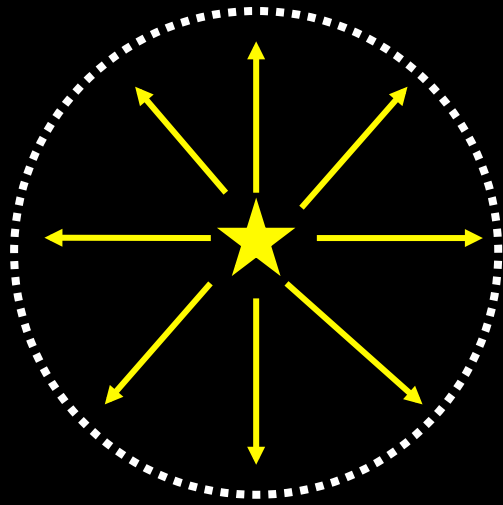


1922 Miss Henrietta Lewitt



Relazione Periodo-
Luminosità'





È quello che ricavo
dalla relazione

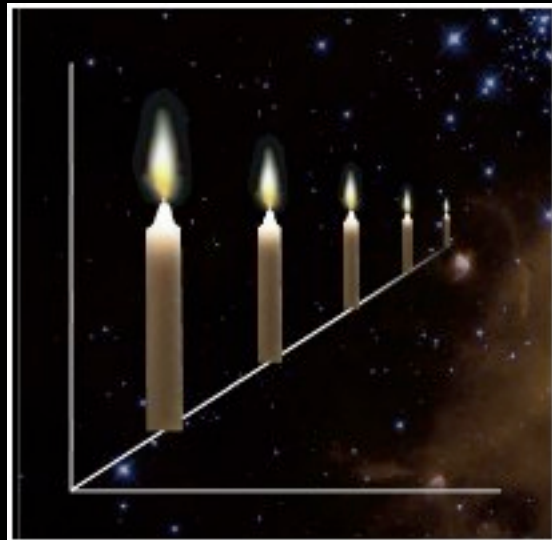
$$F = \frac{L}{4\pi D^2}$$

È quello che misuro
con gli strumenti

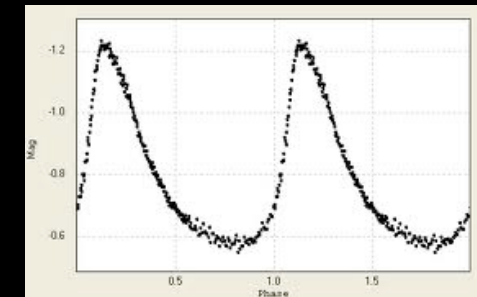
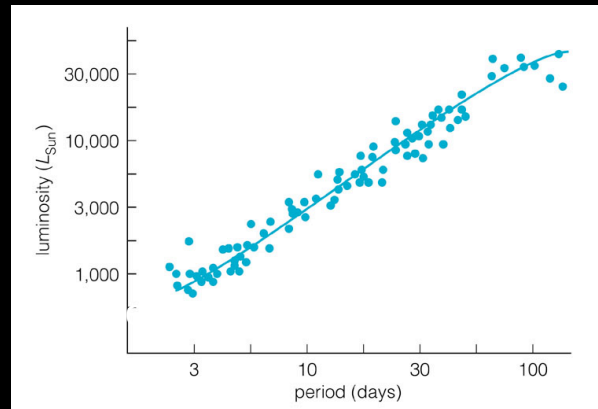
È quello che ottengo
come risultato

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

1922 Miss Henrietta Lewitt



Relazione Periodo-Luminosità



Dalla relazione $L[M]$ e P , m

→ D

per M31 : $D \sim 700$ kpc $\varnothing$ Galassia ~ 30 kpc

$1 \text{ pc} = 3,1 \times 10^{16} \text{ m}$
 $\sim 3,26$ anni luce.

Cos'è una galassia?

Sistema di stelle-gas-polveri-materia oscura in rotazione attorno al proprio nucleo

- Dimensioni tipiche: 10-50 kpc diametro [componente stellare]
- Luminosità: 10^9 - 10^{12} $L_{\odot}$
- Masse : 10^{10} - 10^{13} $M_{\odot}$
- Forme: – Ellittiche, Spirali
- Ambiente

40000 lampadine da 100 W

Massa del sole
 $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$

50 000 000 000 000 000 000 000 000

000 000

forme di Parmigiano Reggiano

Perche' sono importanti le Galassie

Testimoni del passato e del presente!

Elementi fondamentali dell'Universo

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.] [Andromeda]

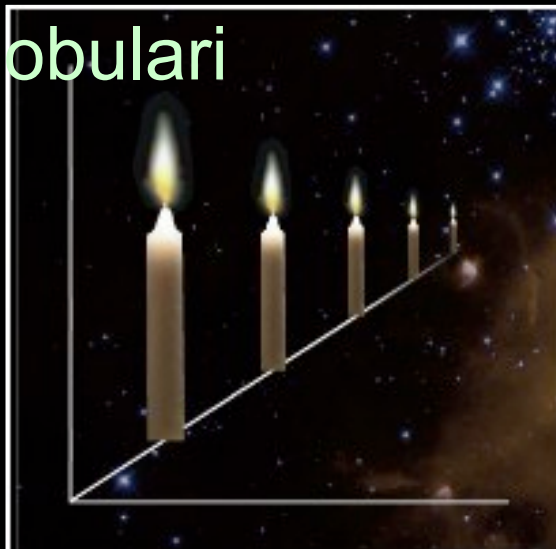
Nebulose planetarie

Supergiganti

Ammassi Globulari

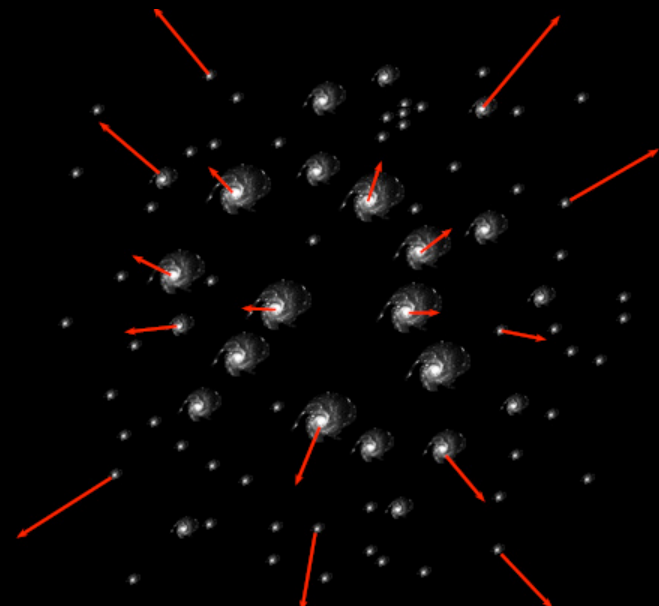
....

SN tipo Ia



usando l'espansione
dell'Universo

velocità di recessione
“ z ”

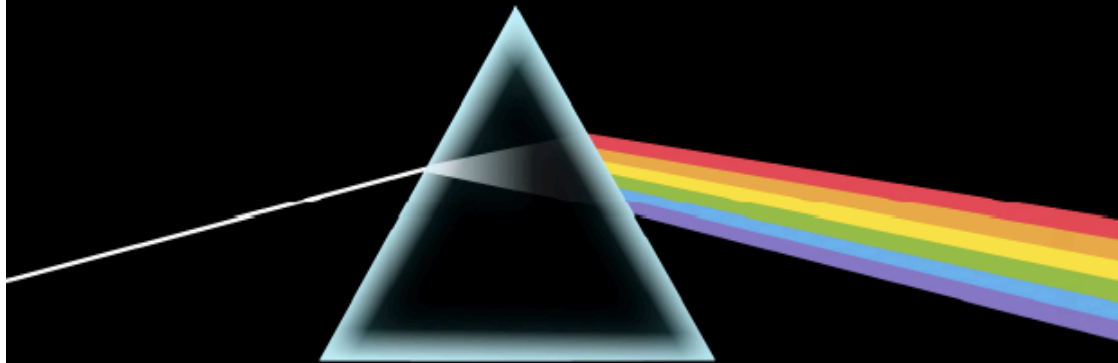


Scomposizione della luce

+

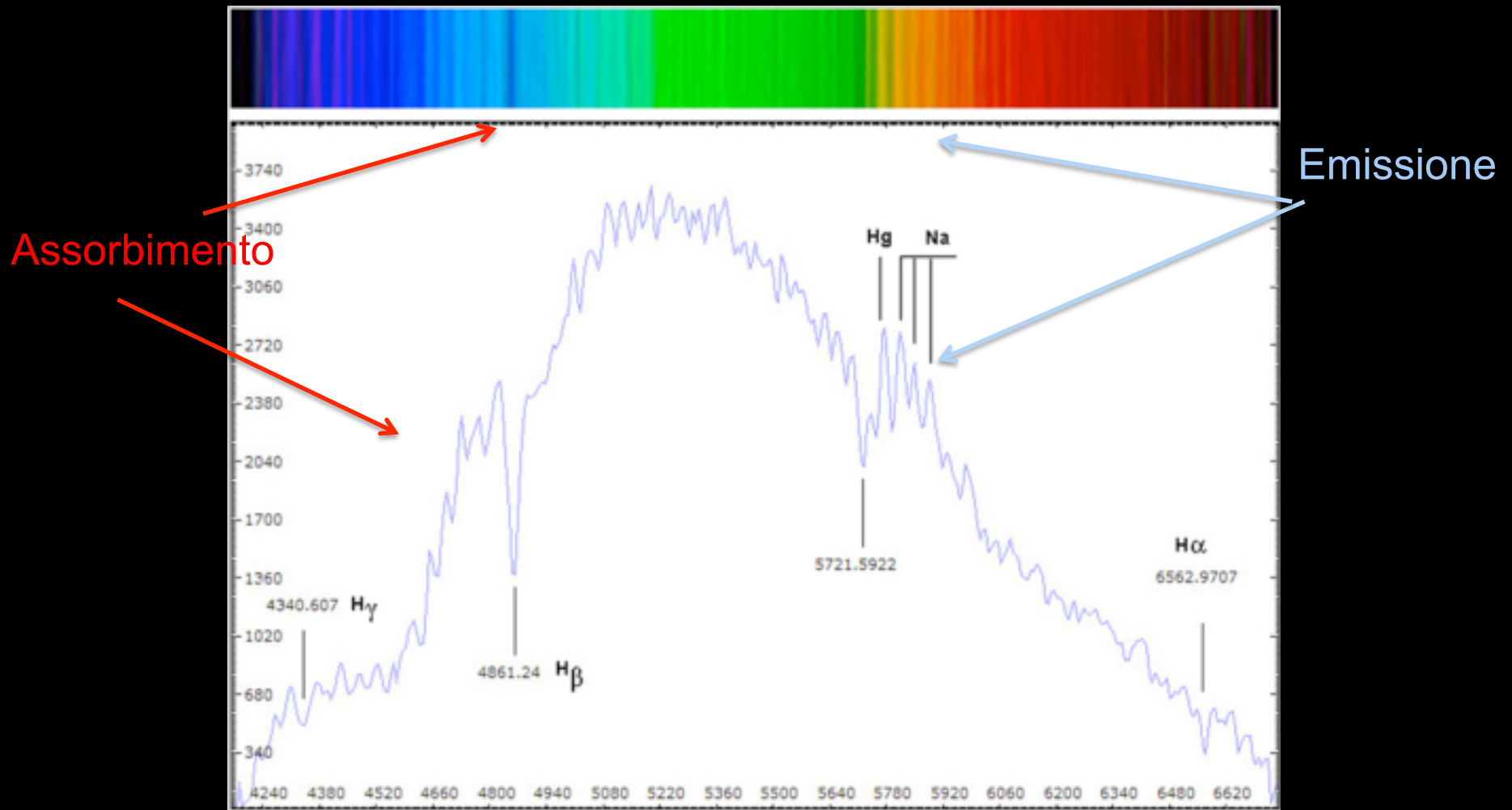
Effetto Doppler

(non relativistico)



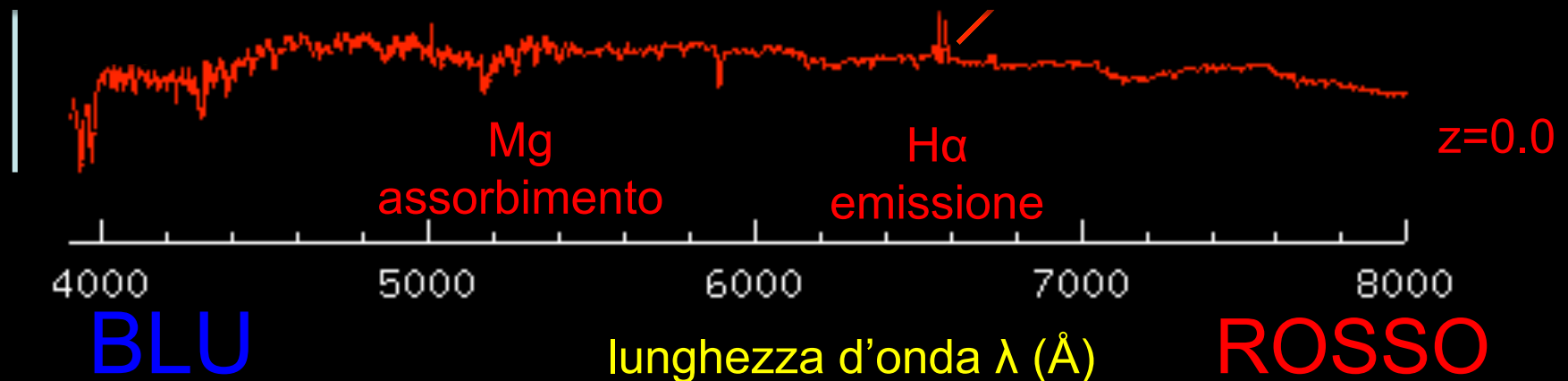
$$\frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0} = \frac{v_s}{c} \approx z$$

SPETRO DELLE STELLE HA RIGHE CARATTERISTICHE che indicano elementi presenti nelle stelle



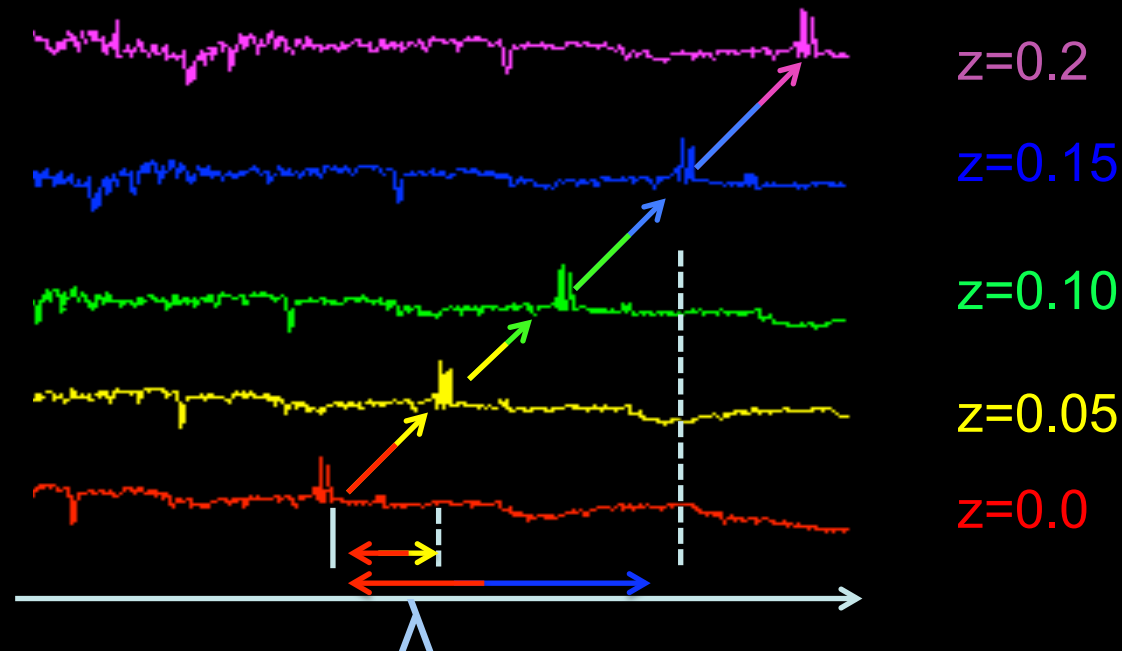
Spettro di una galassia: si allontana

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!

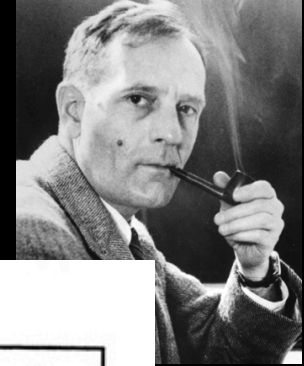


Così noi possiamo misurare la loro distanza:

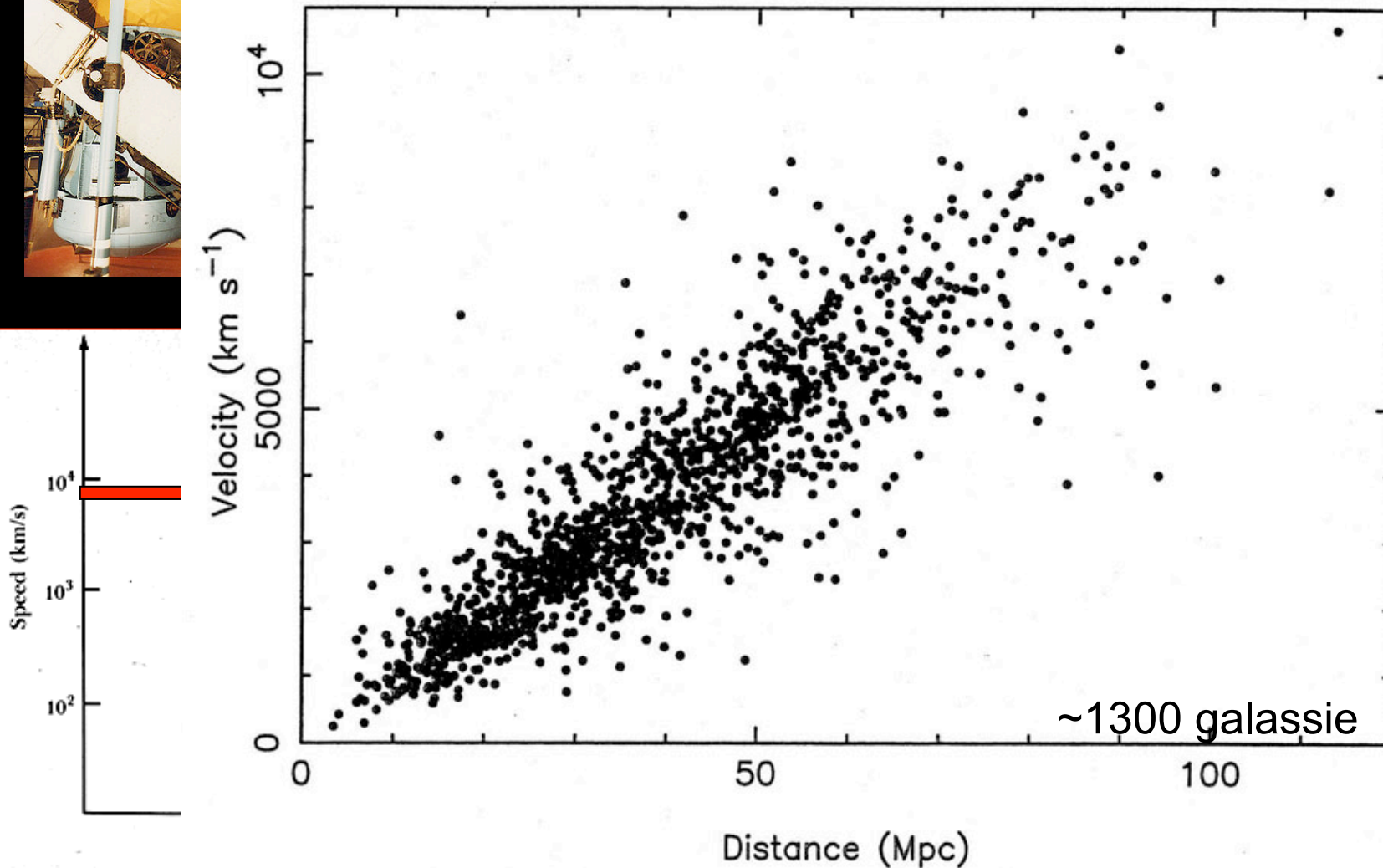
spostamento $\Leftrightarrow$ velocità $\Leftrightarrow$ distanza
redshift $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$ $v = cz$ $d = H_0 v$

Mount Wilson Observatory
100 inch [2.5 m]

E. P. Hubble scopre la legge di Hubble



Hubble's Data (1929)

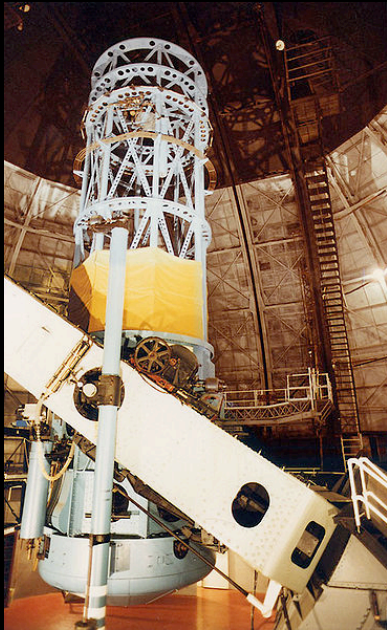


cost.

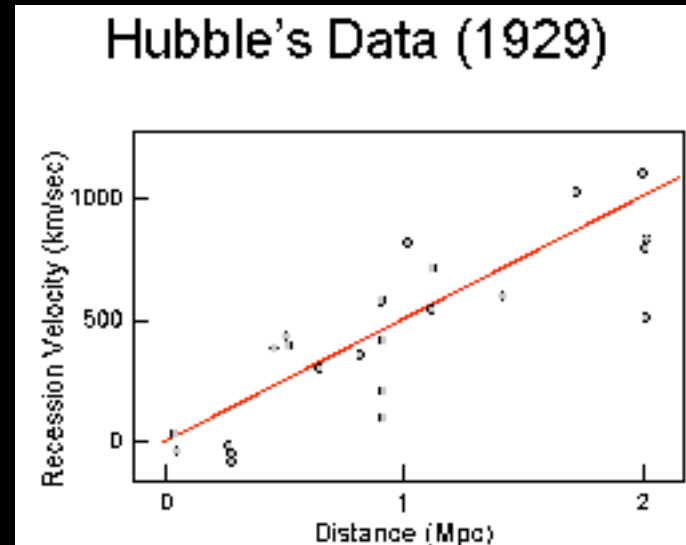
ubble

erso

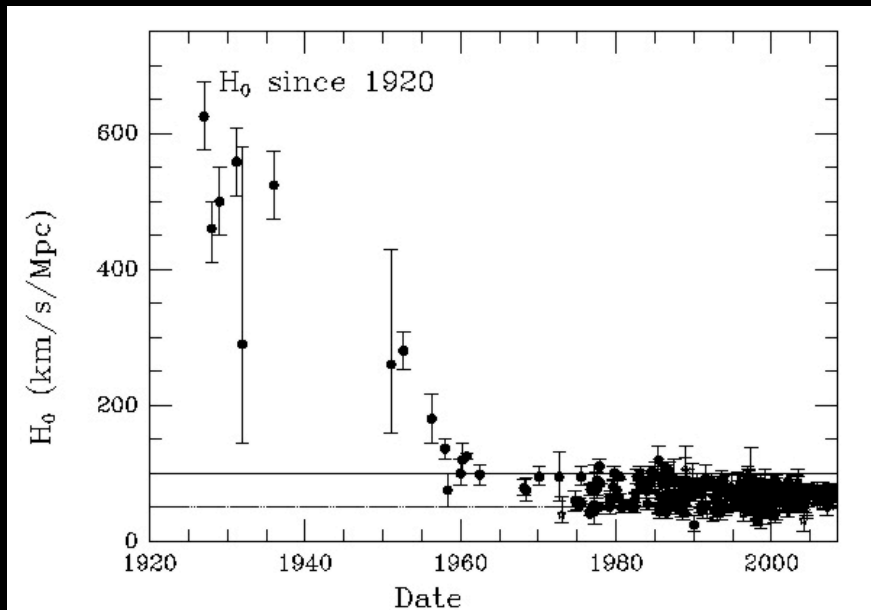
Mount Wilson Observatory
100 inch [2.5 m]



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

The background of the slide is a collage of various astronomical images. It includes a bright, glowing spiral galaxy in the top left, a blue-toned spiral galaxy in the top right, a bright star with diffraction spikes in the middle right, and three distinct galaxies at the bottom: a colorful, multi-colored spiral on the left, a blue-toned spiral in the center, and a large, yellowish elliptical galaxy on the right.

alcuni ingredienti

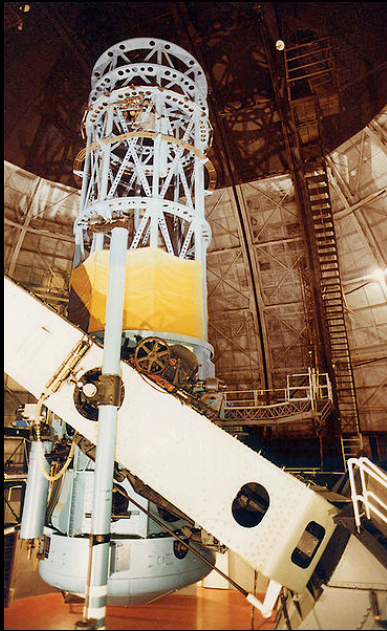
Dove sono nell'Universo : distanze

Come sono fatte : morfologia

Dove vivono : ambiente

**Universo “locale” ↔ Universo “distante” :
evoluzione e cosmologia**

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]

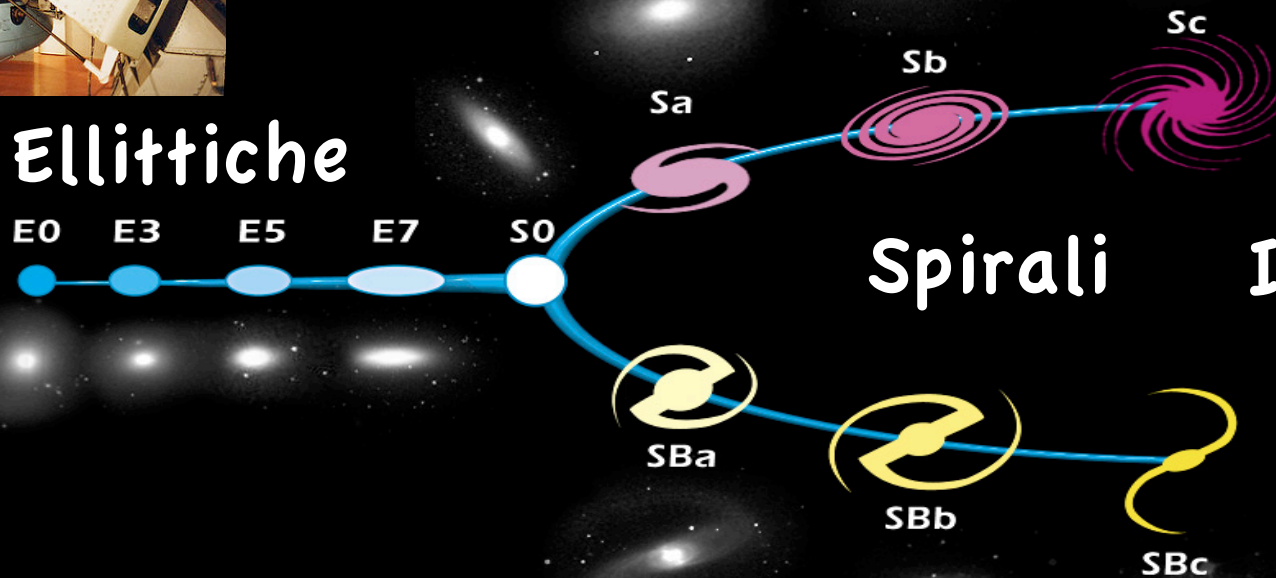


Ellittiche

E0 E3 E5 E7 S0

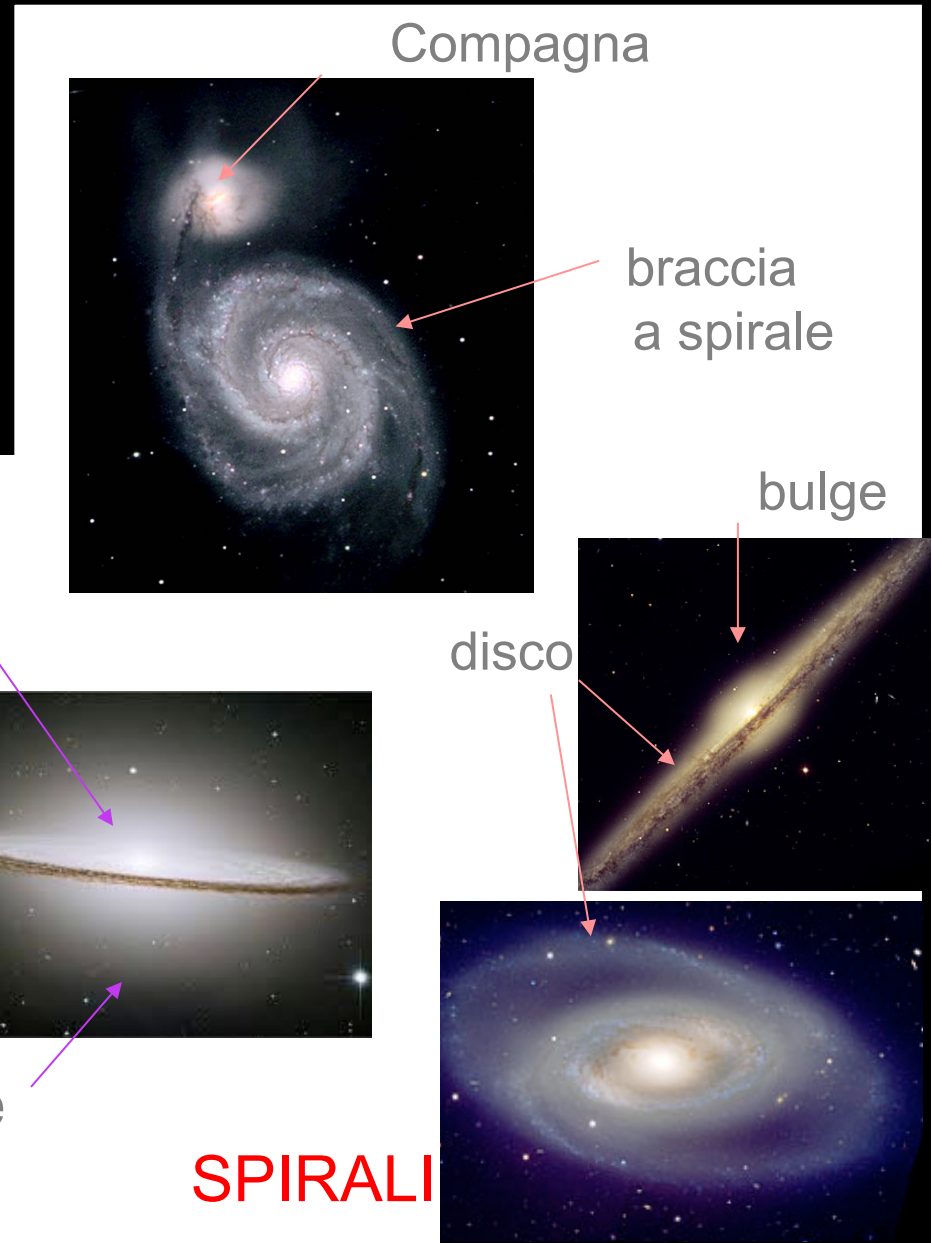
Spirali

Irregolari



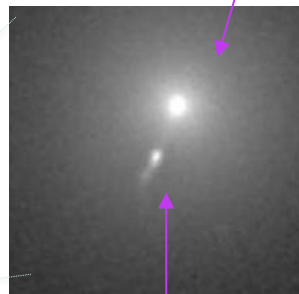
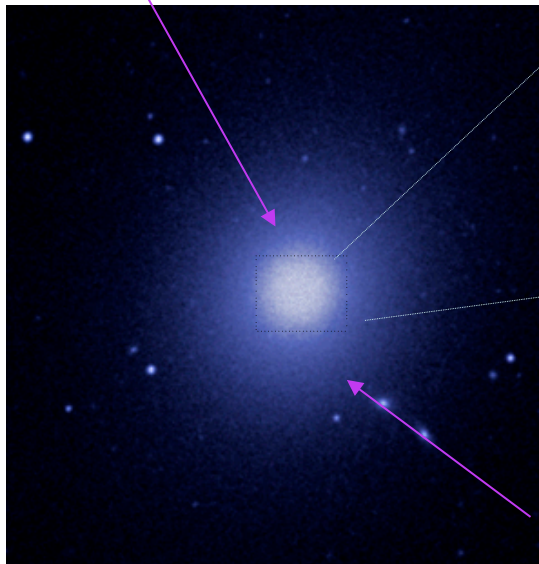
Come e' fatta una galassia?

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



regione centrale

nucleo



jet

alone di stelle



ELLITTICHE

SPIRALI

La classificazione :
e' basata sulla forma Ma

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

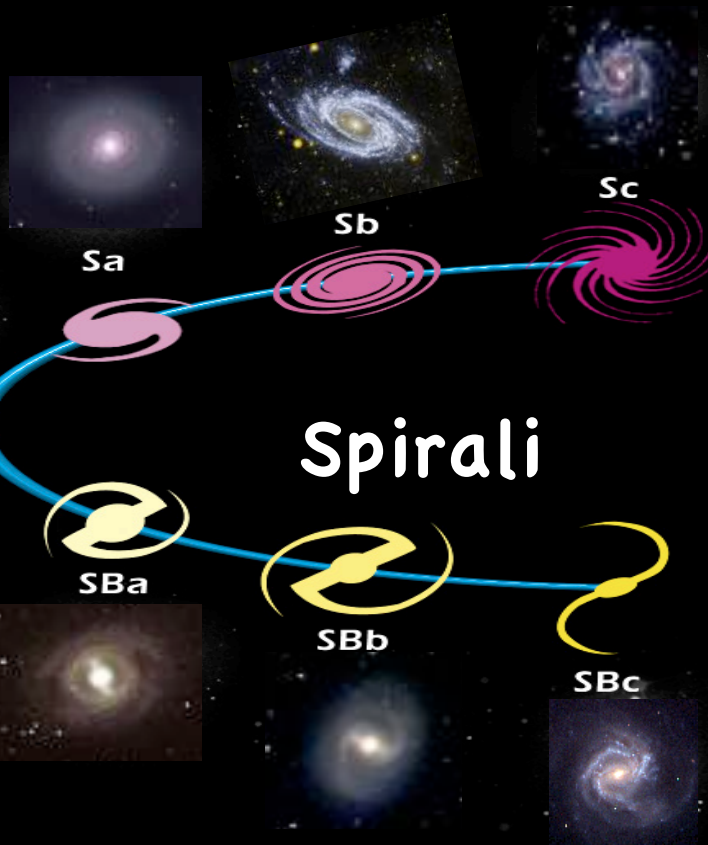
Sequenza di Hubble non e' una
sequenza evolutiva!!!



Ellittiche



Colore rosso
Stelle “vecchie”
Strutture “evolute”



Spirali

Colore blu
stelle “giovani”
strutture “giovani”

Irregolari



in evoluzione

Come e' fatta una galassia?

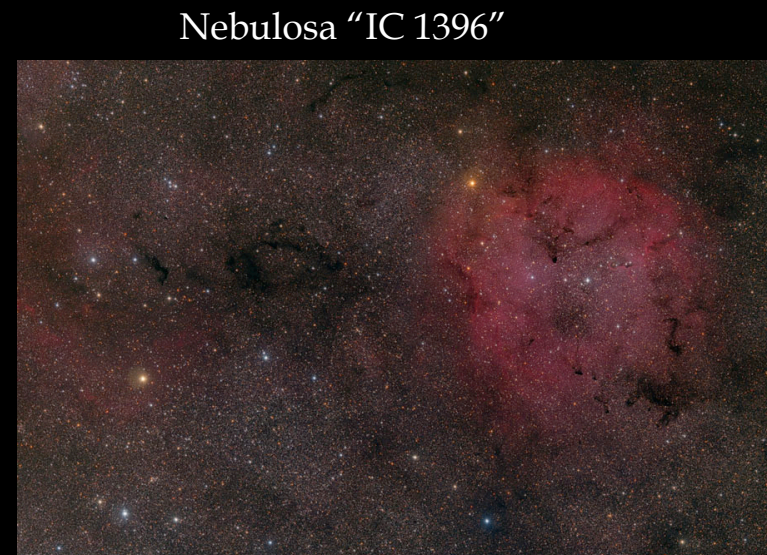
Colore $\leftrightarrow$ contenuto

Sirio $\rightarrow$ colore blu, giovane,
calda [A]

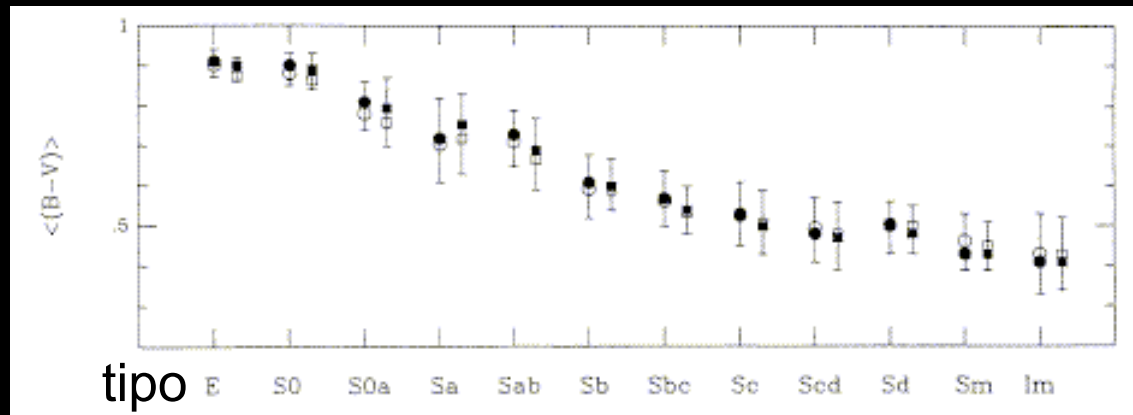
Betelgeuse $\rightarrow$ colore rosso
vecchia, fredda [M]

Polveri $\rightarrow$ assorbimento

Polveri $\rightarrow$ emissione

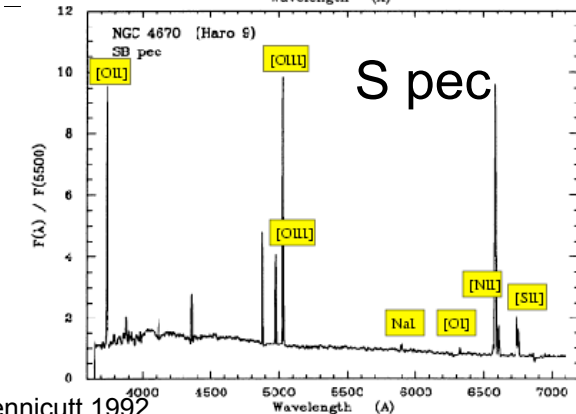
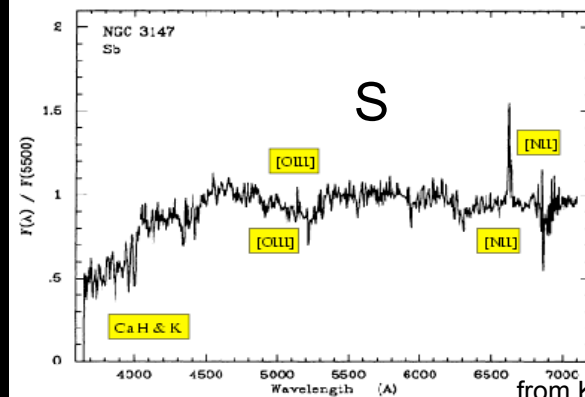
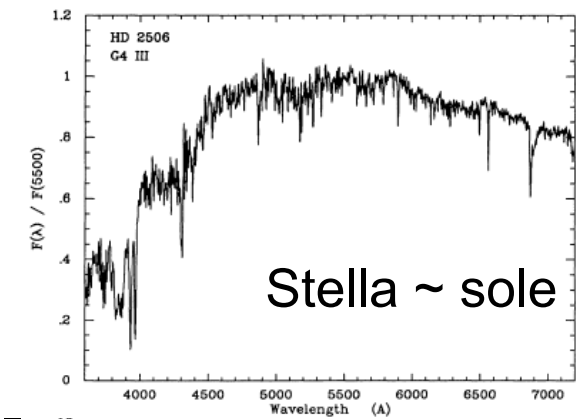
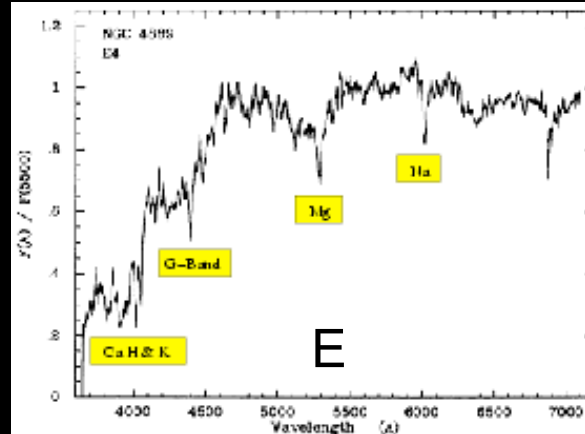


Legame tra colore, tipo morfologico, contenuto stellare



In Ellittiche:
righe di assorbimento dovute a metalli
nell'atmosfera stellare della popolazione di stelle
"medio-vecchie" e di bassa luminosità.

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



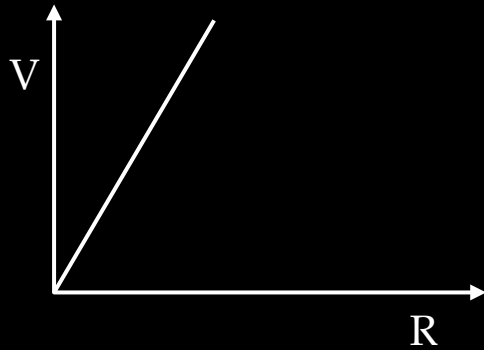
from Kennicutt 1992

Ci manca l'ultimo elemento



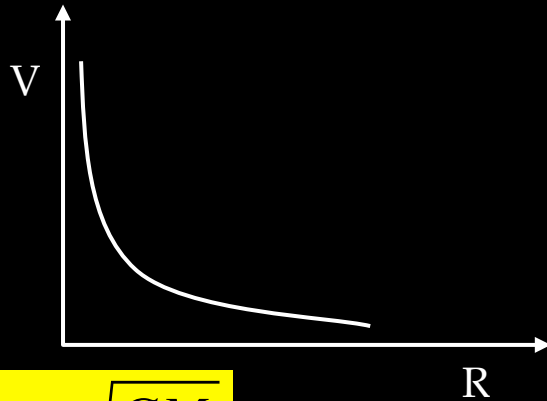
Cinematica delle stelle in Spirali

Regioni interne: corpo rigido

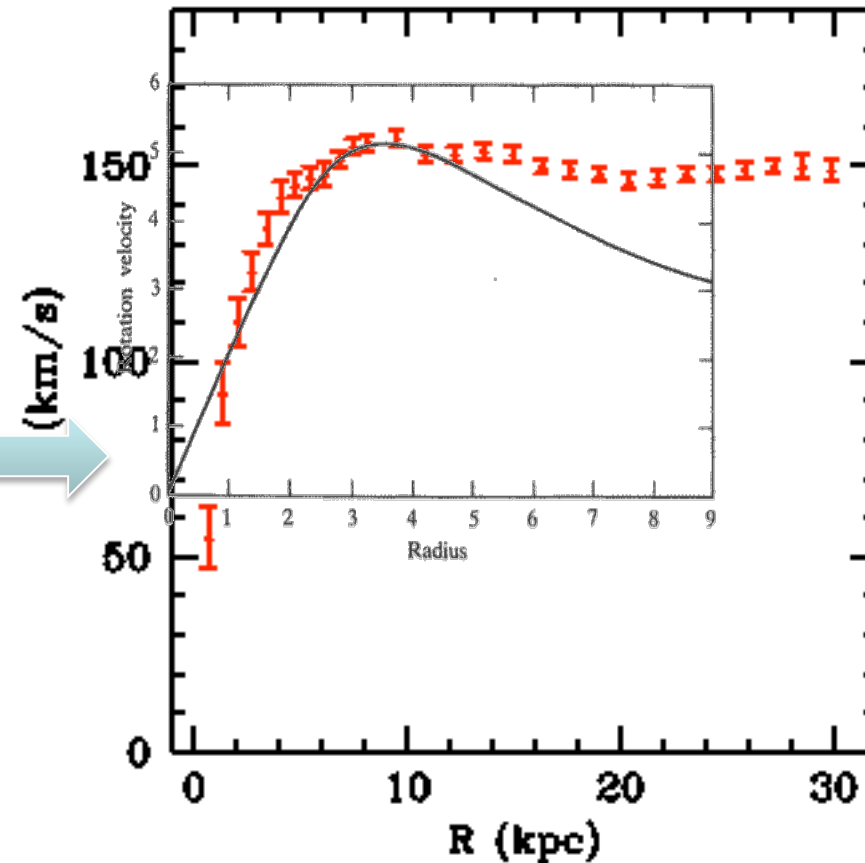


$$V = \omega R \Rightarrow V \propto R$$

Regioni esterne: rotazione differenziale

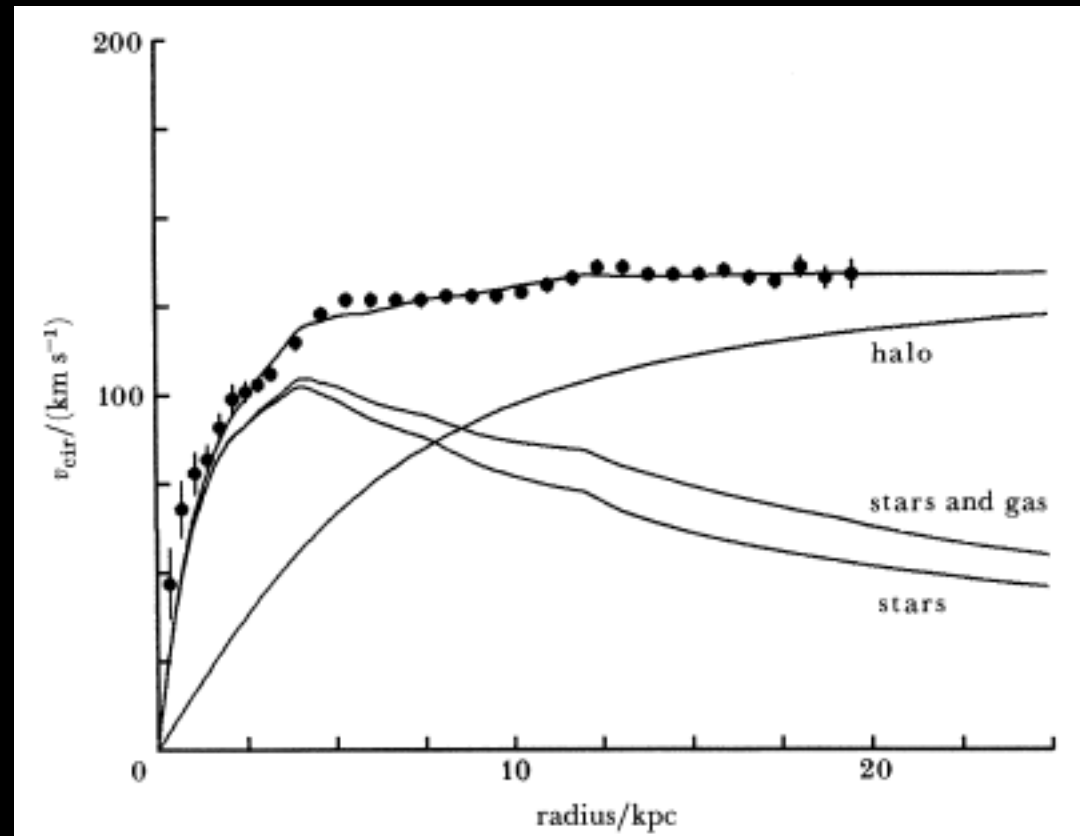


$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$



The rotation curve for the galaxy NGC3198 from Begeman 1989

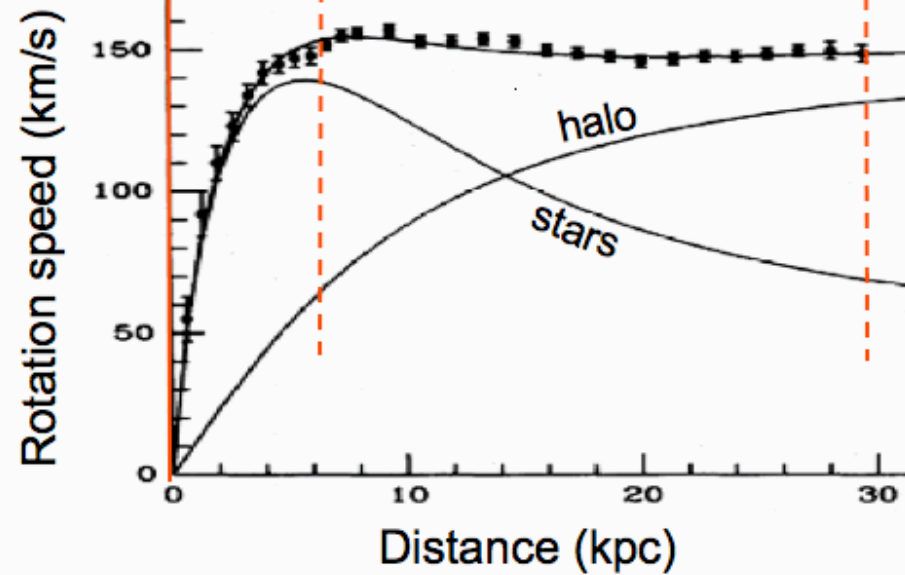
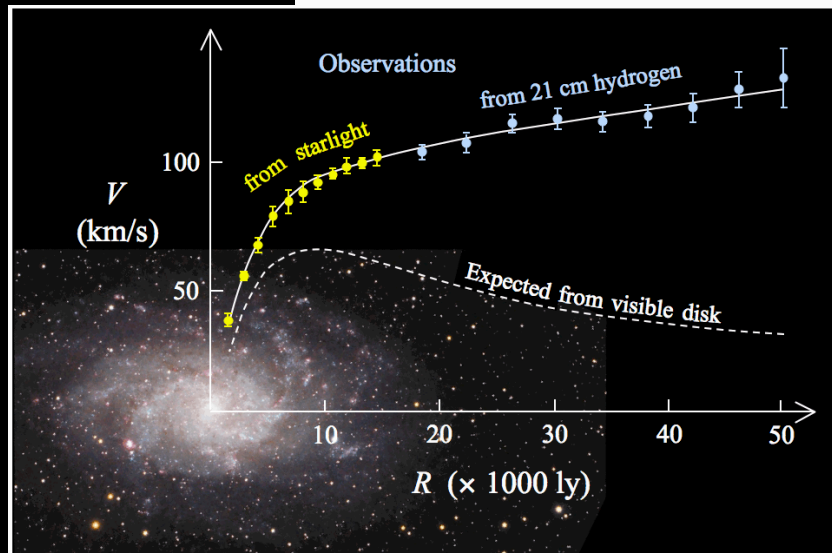
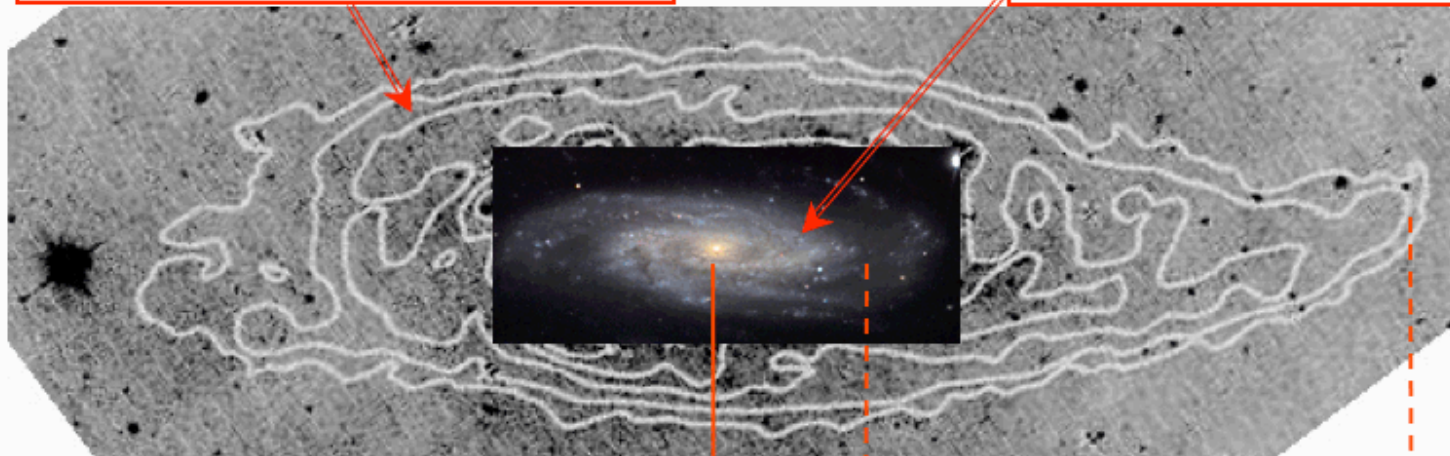
Per interpretare le curve di rotazione:



Aggiunta di un “alone” di materia oscura --

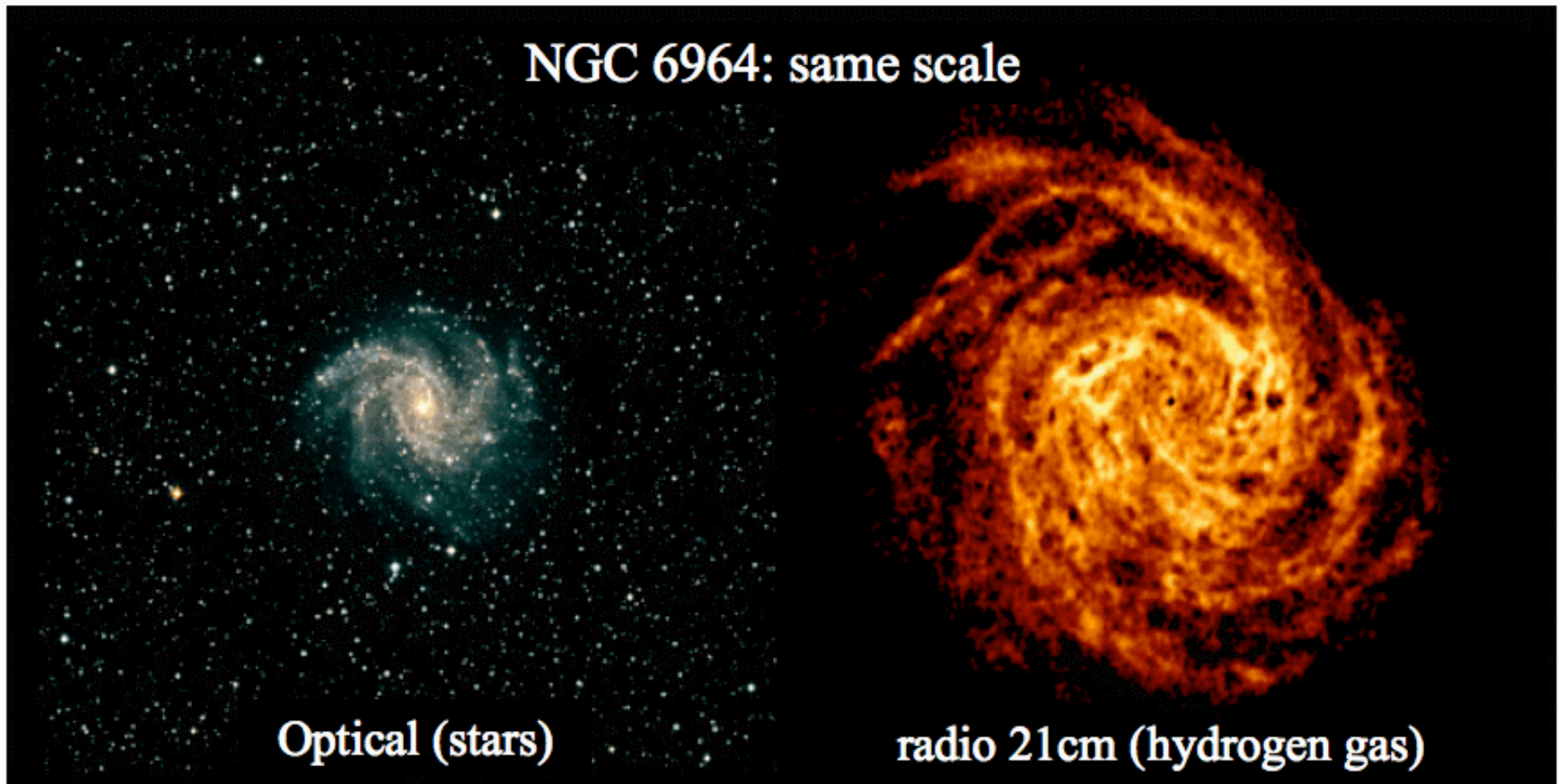
Hydrogen gas: white contours

Optical image: stars



Evidenza viene dalle regioni piu' esterne

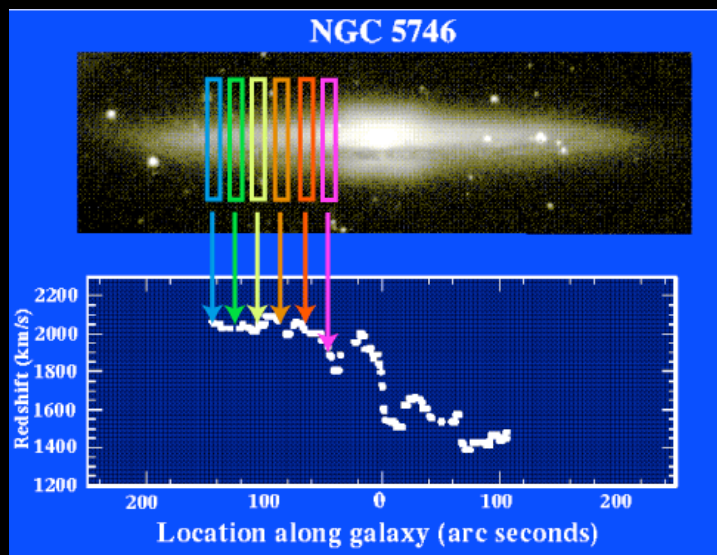
NGC 6964: same scale



from Tom Oosterloo's web page

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

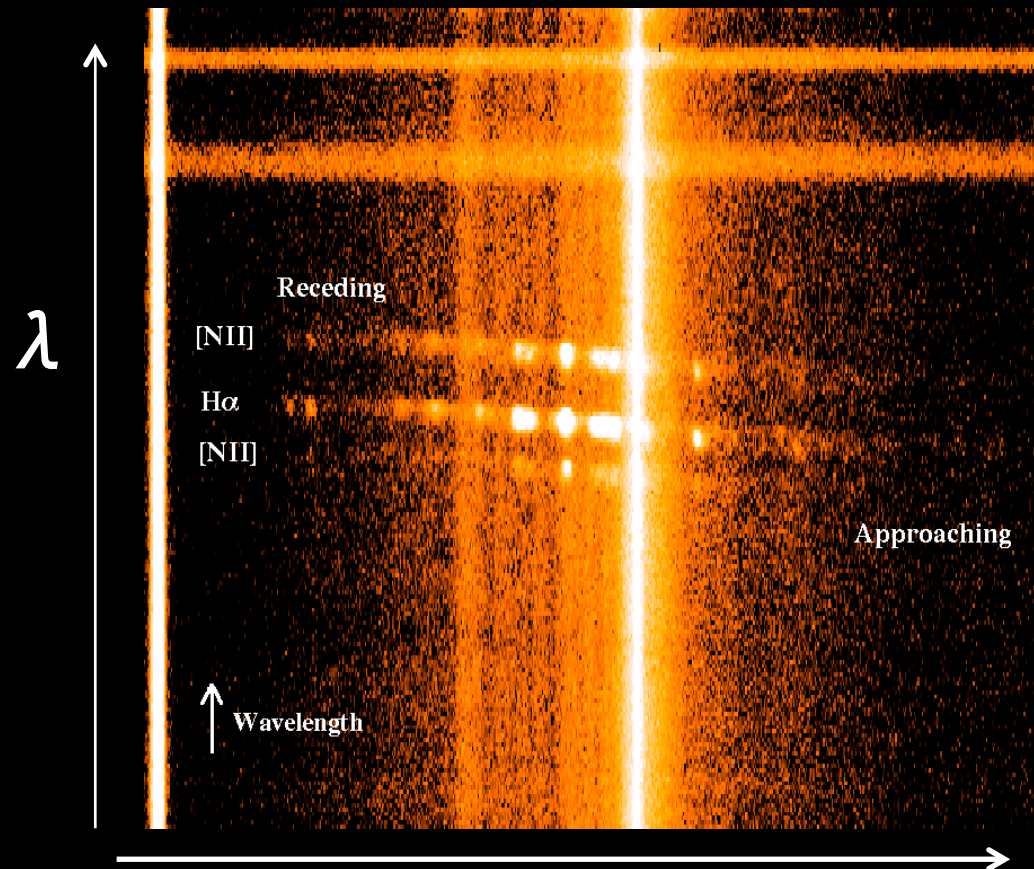
$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$



In allontanamento



In avvicinamento



raggio della galassia

spettro di HCG 87a con il telescopio Gemini

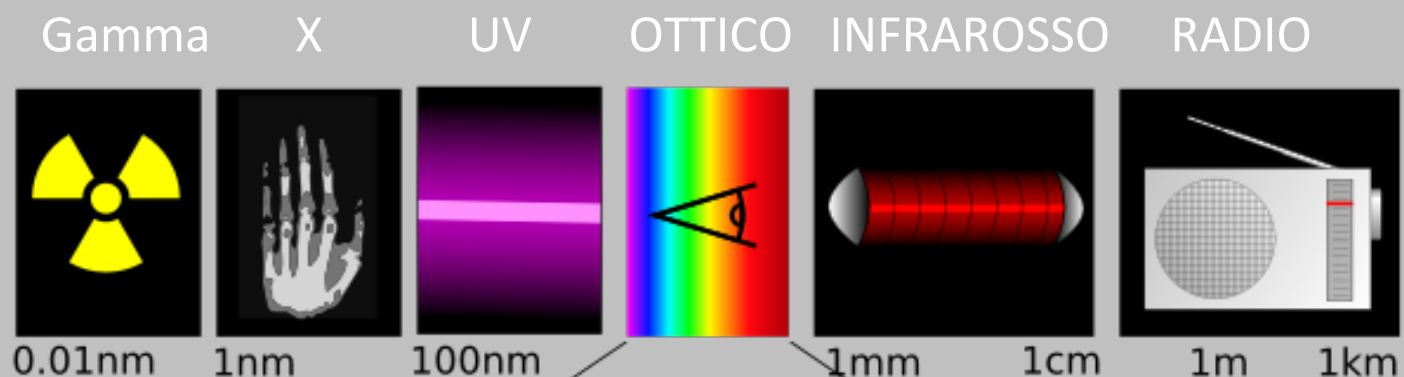
Come possiamo sapere cosa c'è in una galassia?

Osservandola!

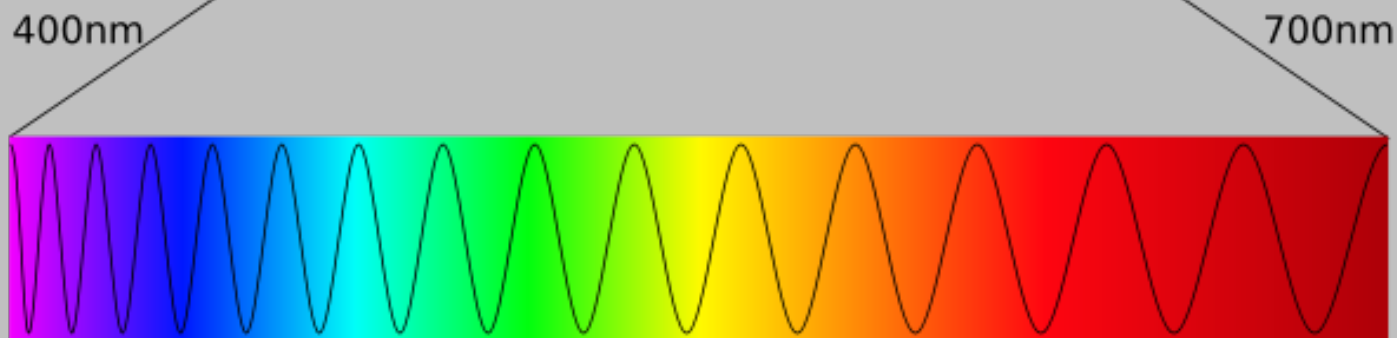
a diverse lunghezze d'onda per “ingredienti” diversi

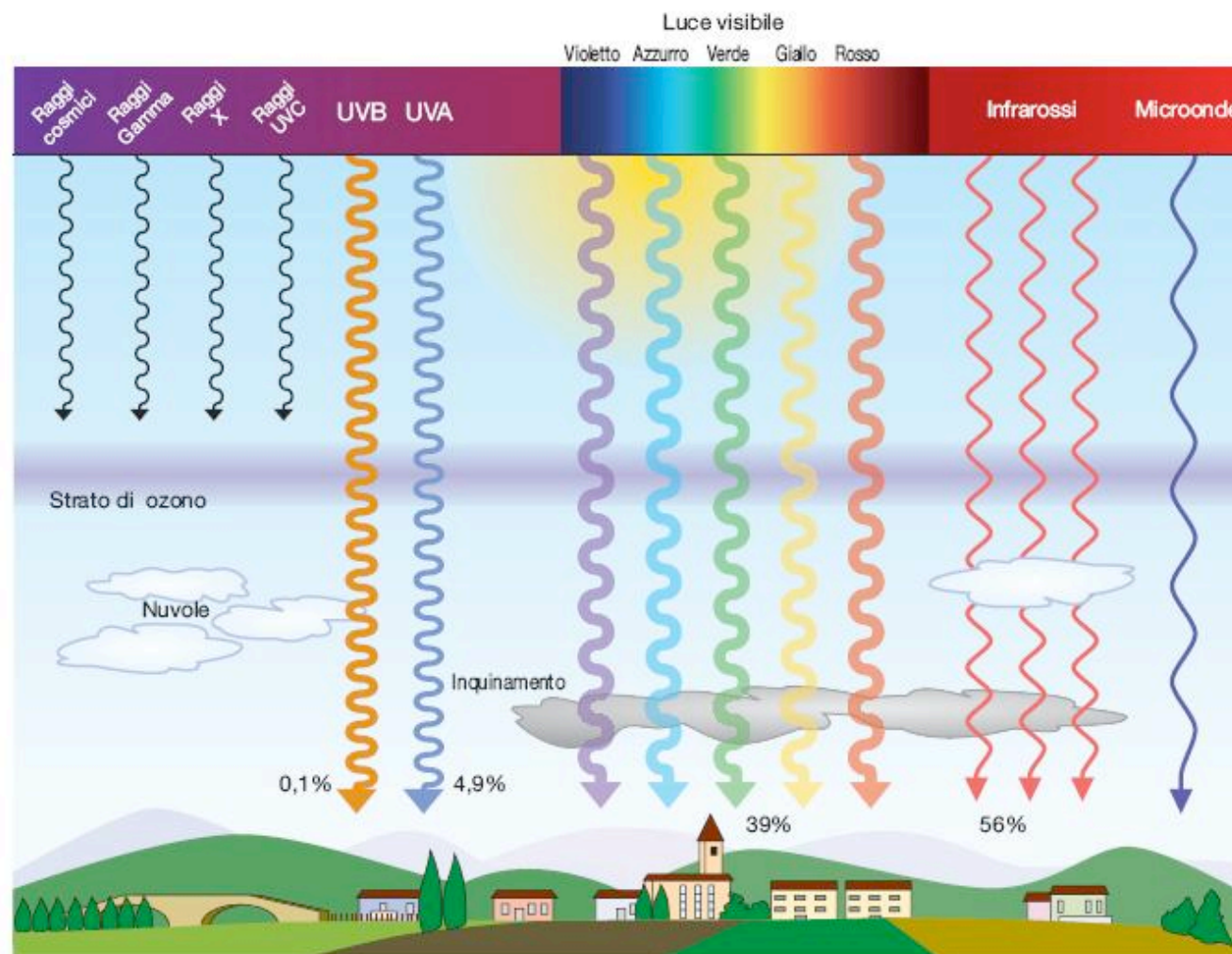
- ✓ GAS :
 - onde radio [neutro/freddo]
 - righe di emissione [ionizzato]
 - raggi X [ionizzato/caldo]
- ✓ STELLE:
 - ottico/infrarosso/UV/
 - raggi X [popolazione “evoluta”]
- ✓ POLVERE:
 - ottico [fredda in assorbimento]
 - IR [calda in emissione]

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

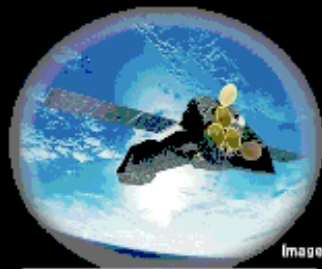


Noi siamo in grado di VEDERE le onde "VISIBILI" perche' siamo condizionati dal sole, ma ora possiamo usare anche altre onde, come i raggi X e le onde radio, per "VEDERE" l'universo





Rappresentazione delle radiazioni che raggiungono la superficie terrestre



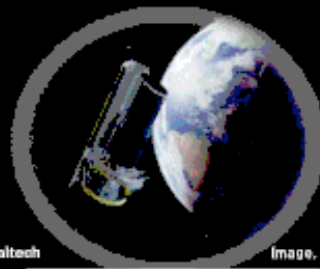
Image, ESA

XMM-Newton



Image, NASA/JPL/Caltech

GALEX



Image, NASA/JPL/Caltech

Spitzer

Nello spazio:
per vedere
per vedere meglio



Subaru Telescope

UKIRT

Sulla terra:
strumenti enormi
in luoghi remoti
sulle alte vette



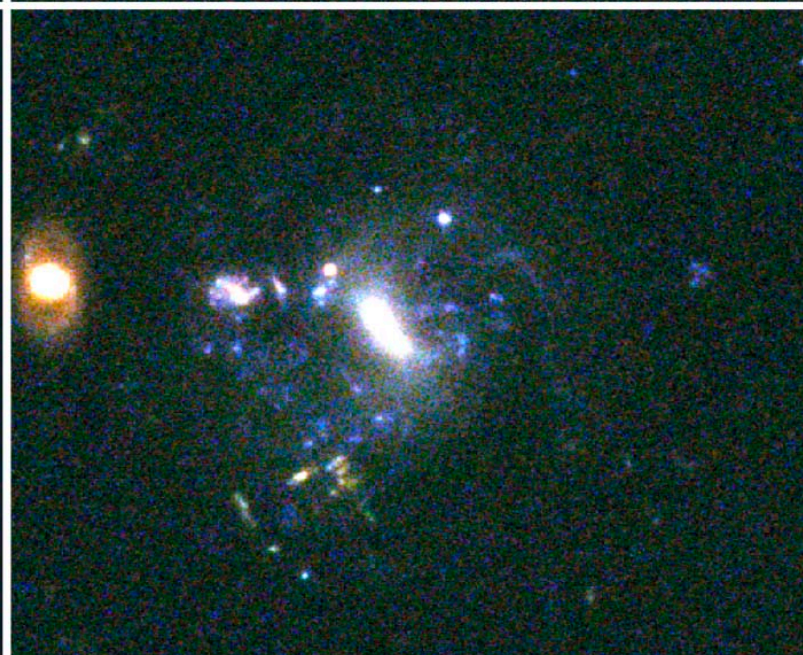
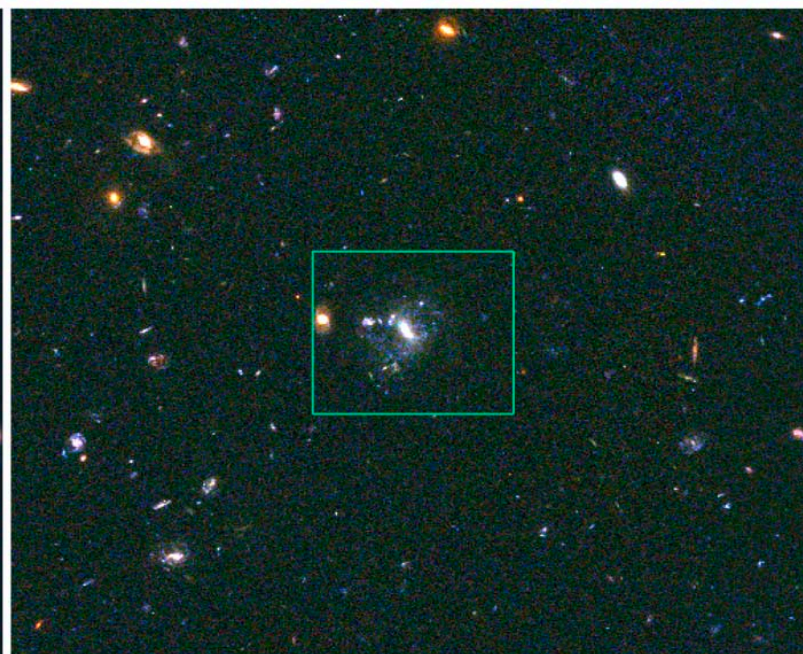
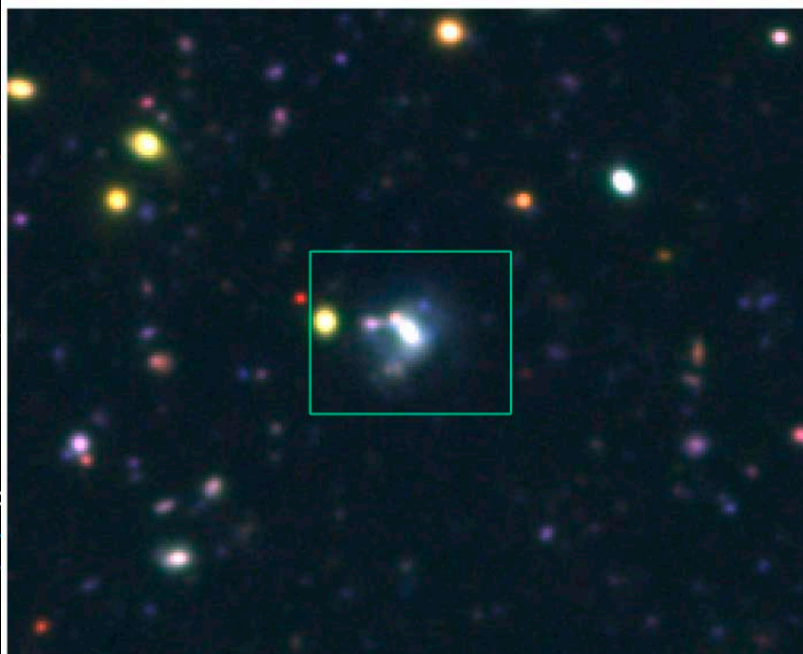
VLA

Di

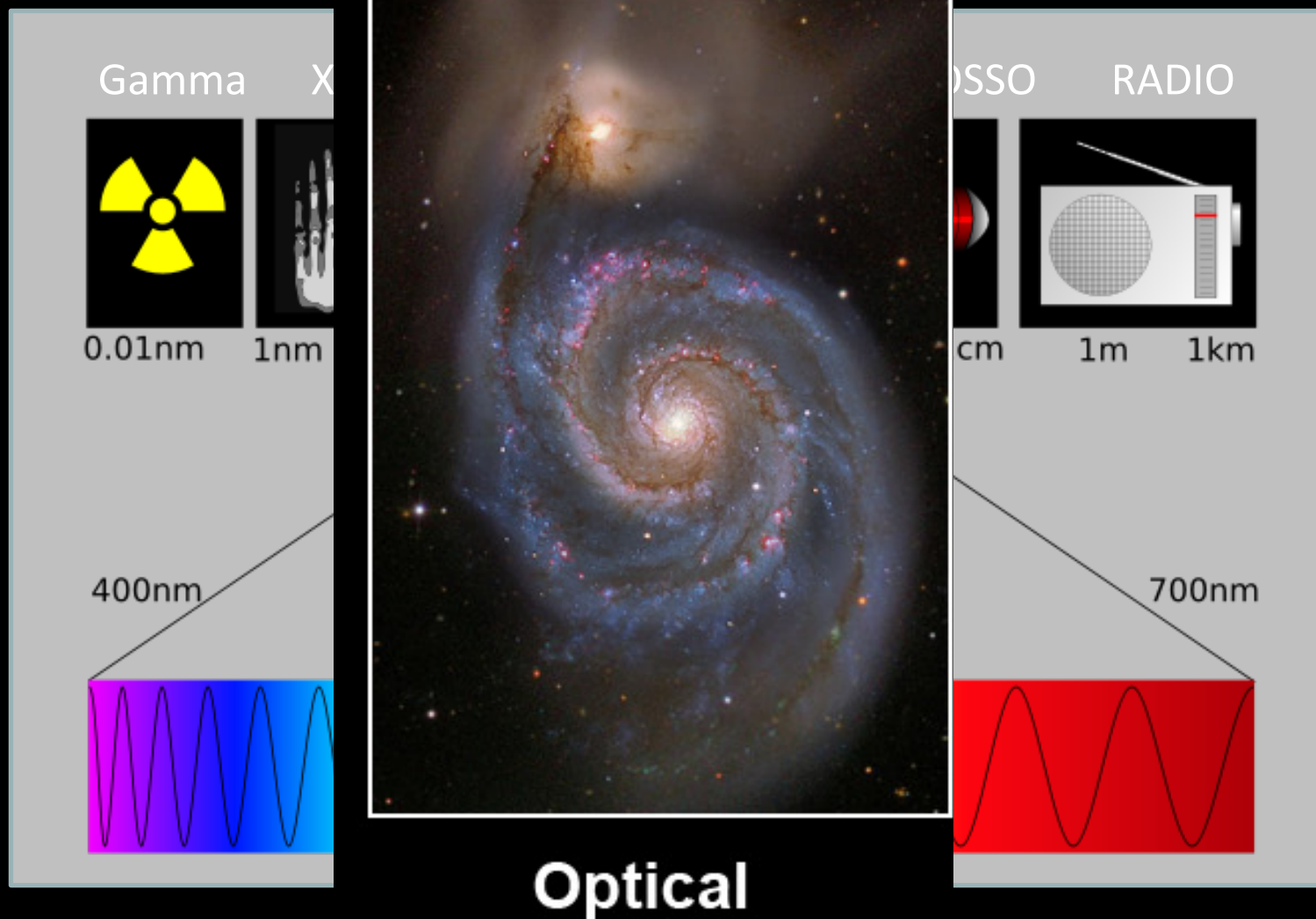
Ground: Subaru (8m)

Space: *HST* (2.4m)

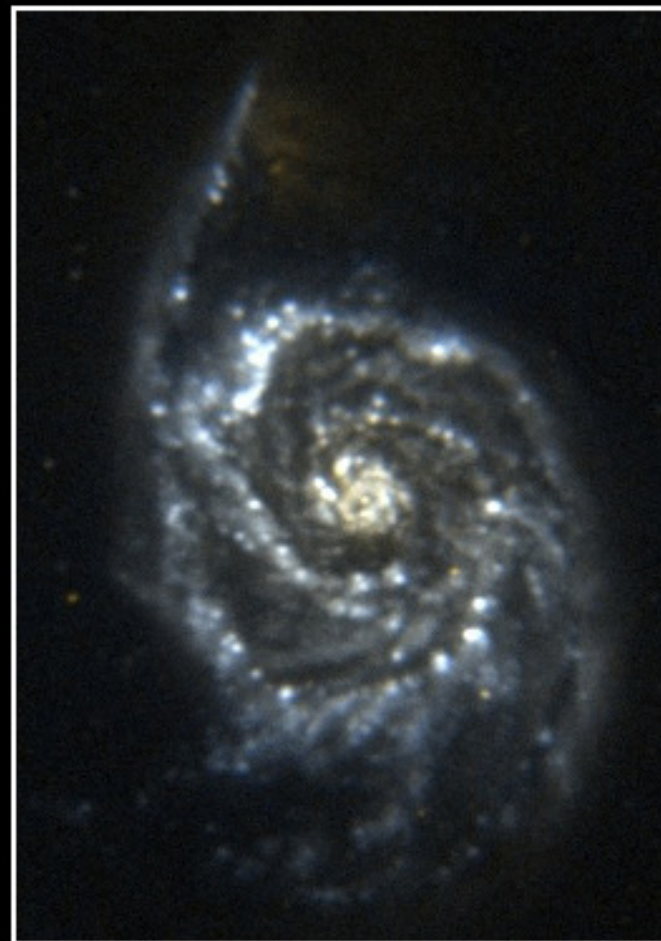
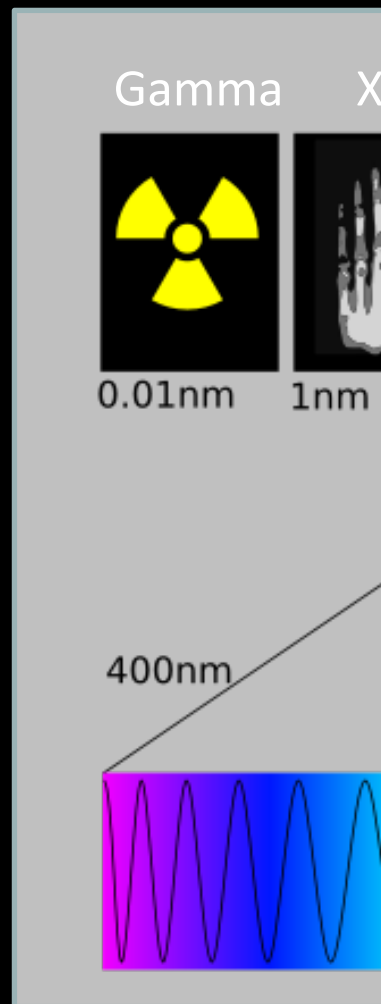
ze



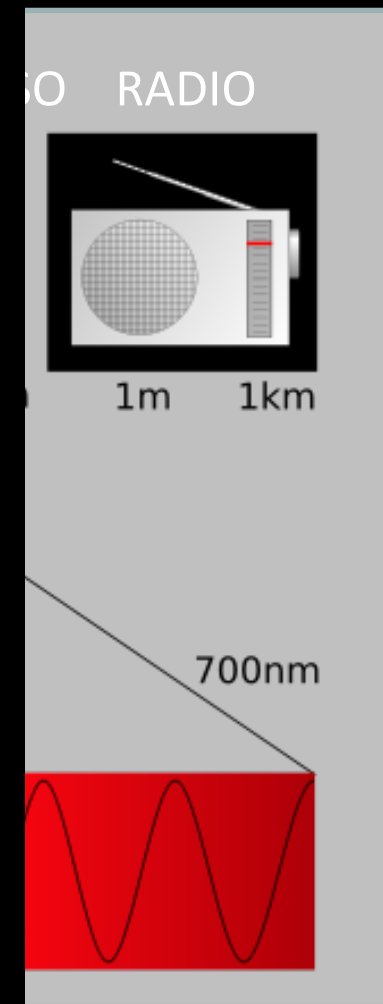
c'e' di piu' di cio' che l'occhio vede



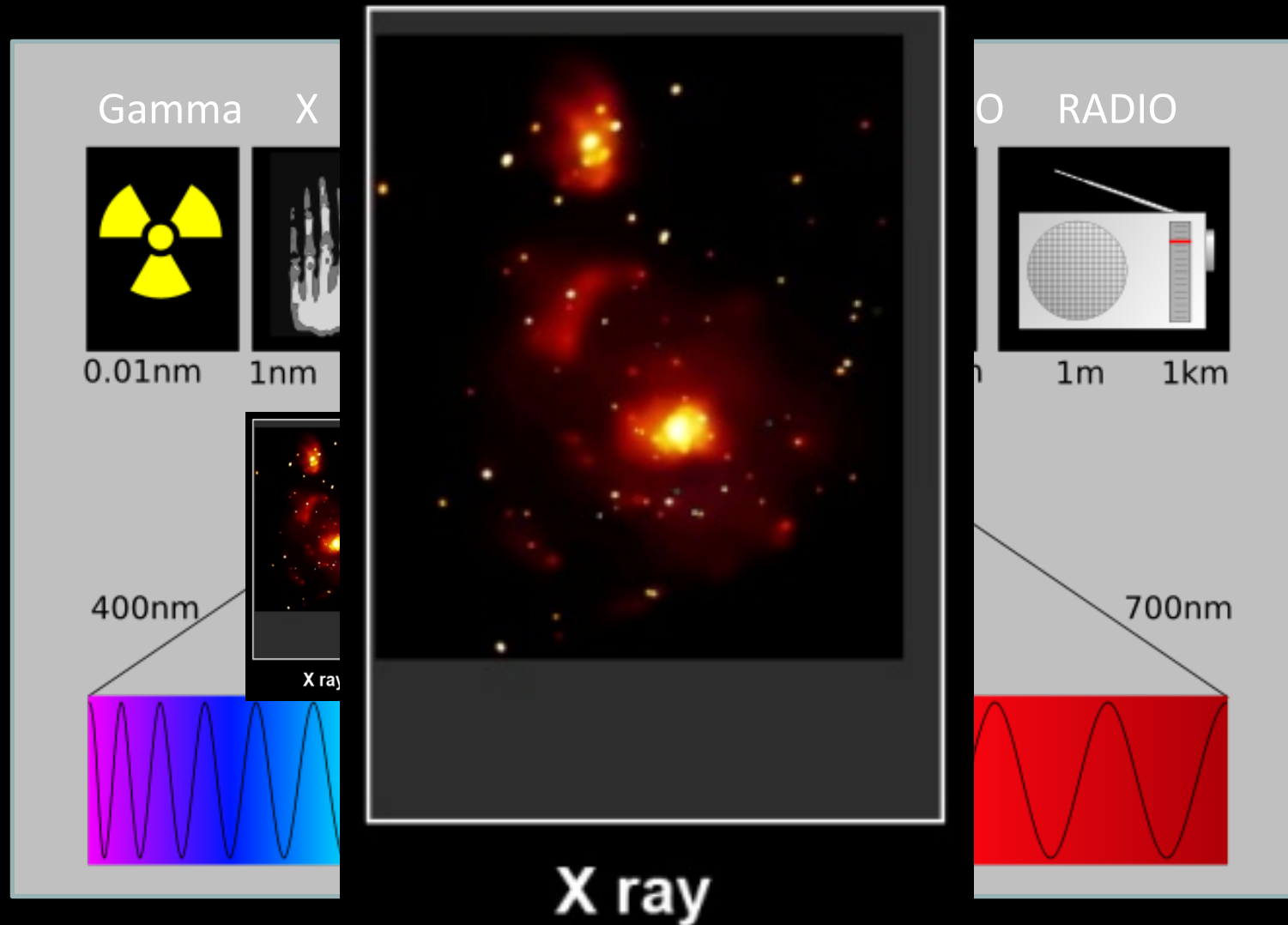
c'e' di piu' di cio' che l'occhio
vede



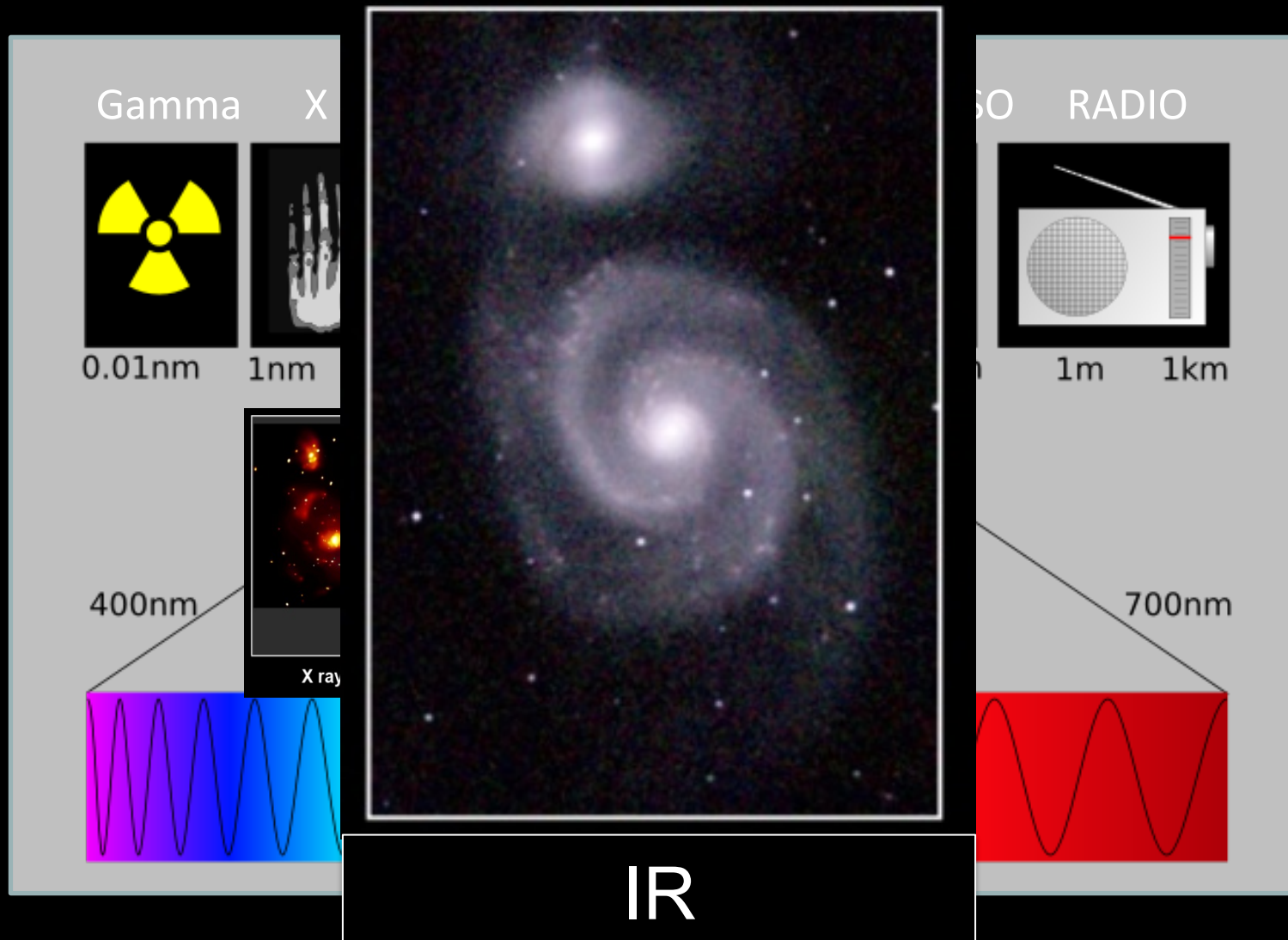
UV



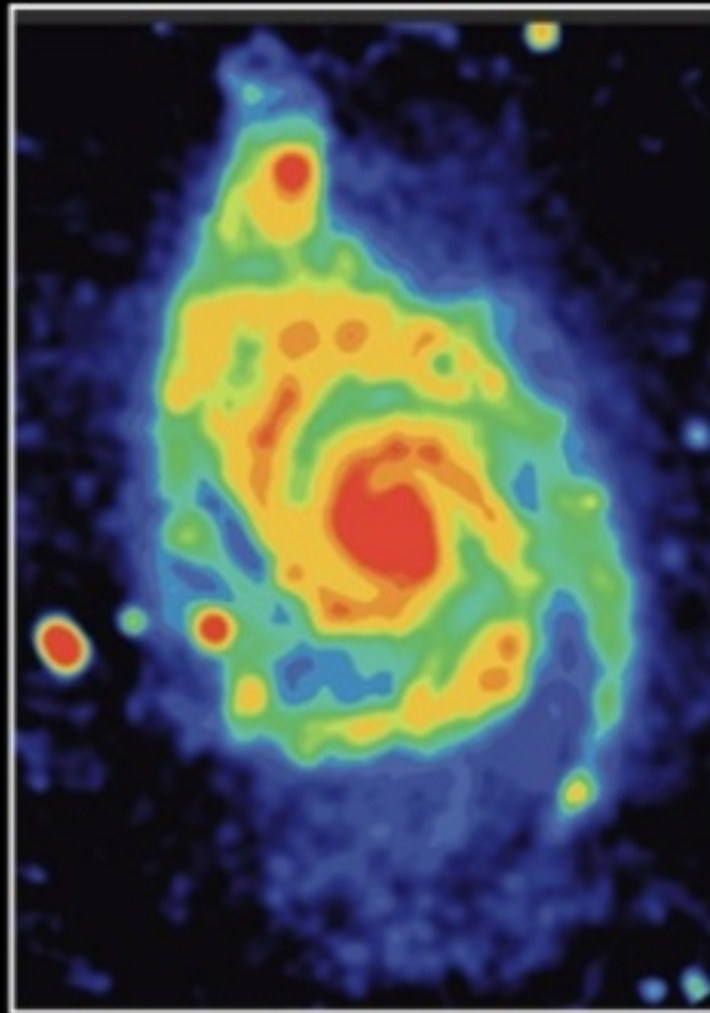
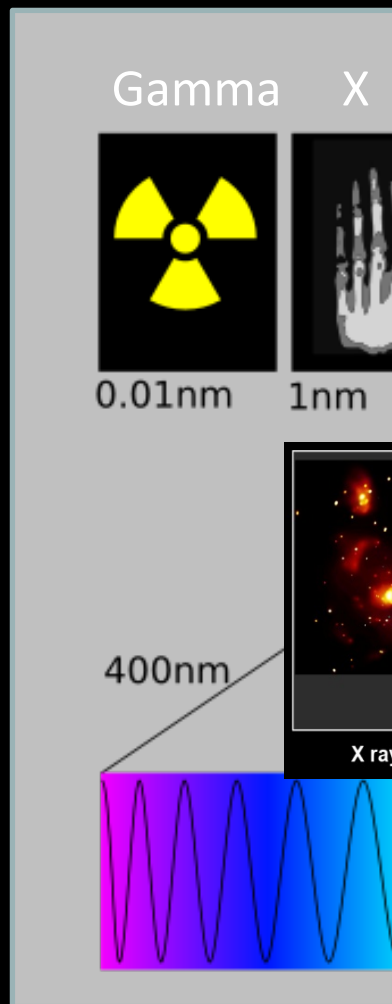
c'e' di piu' di cio' che l'occhio
vede



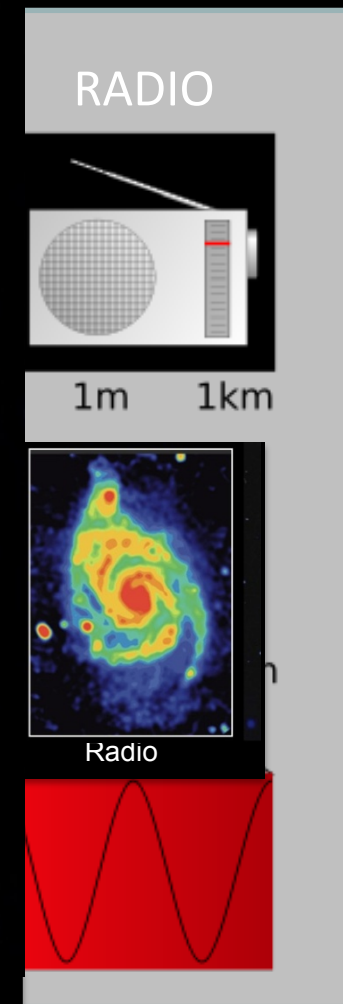
c'e' di piu' di cio' che l'occhio
vede



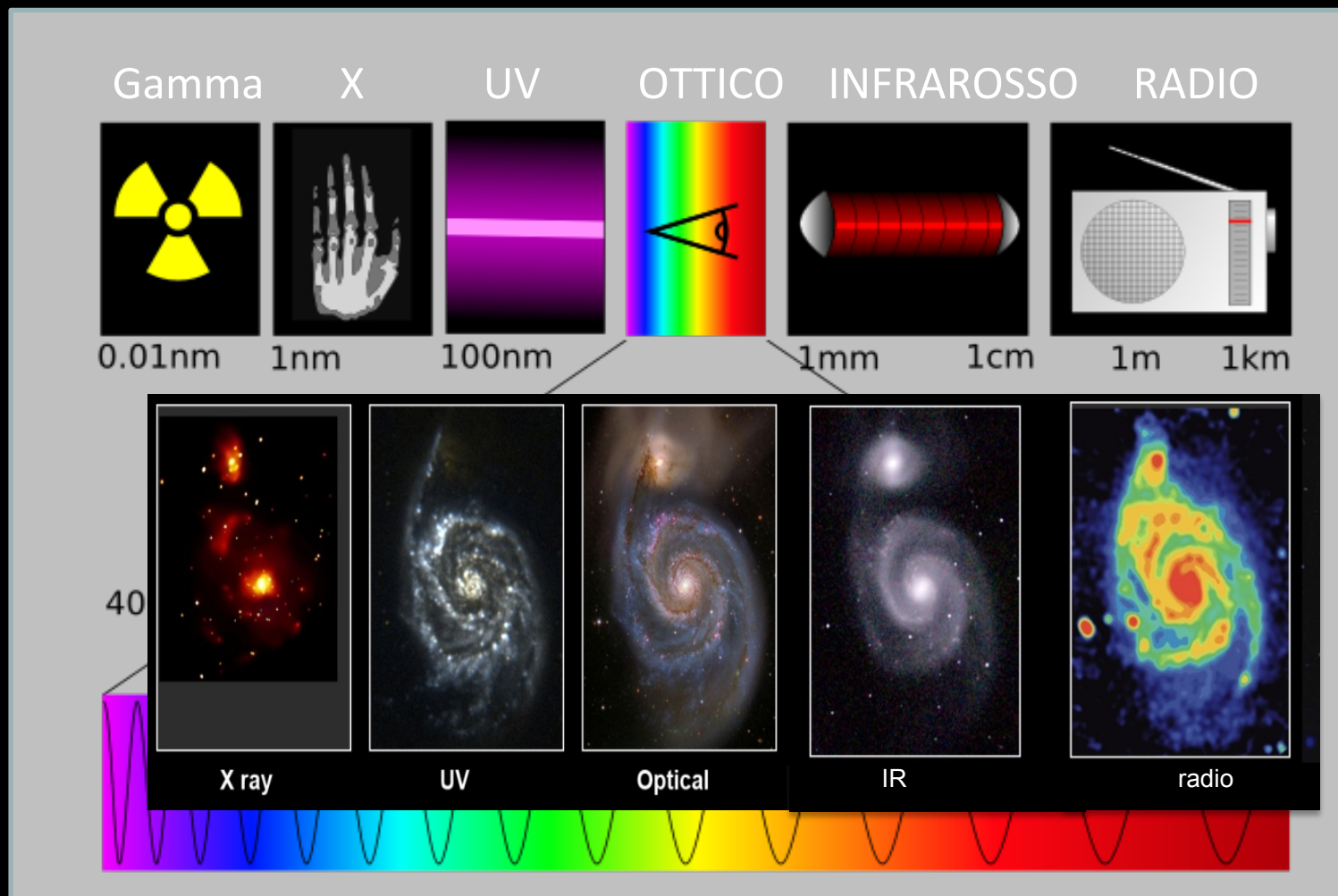
c'e' di piu' di cio' che l'occhio vede



Radio



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



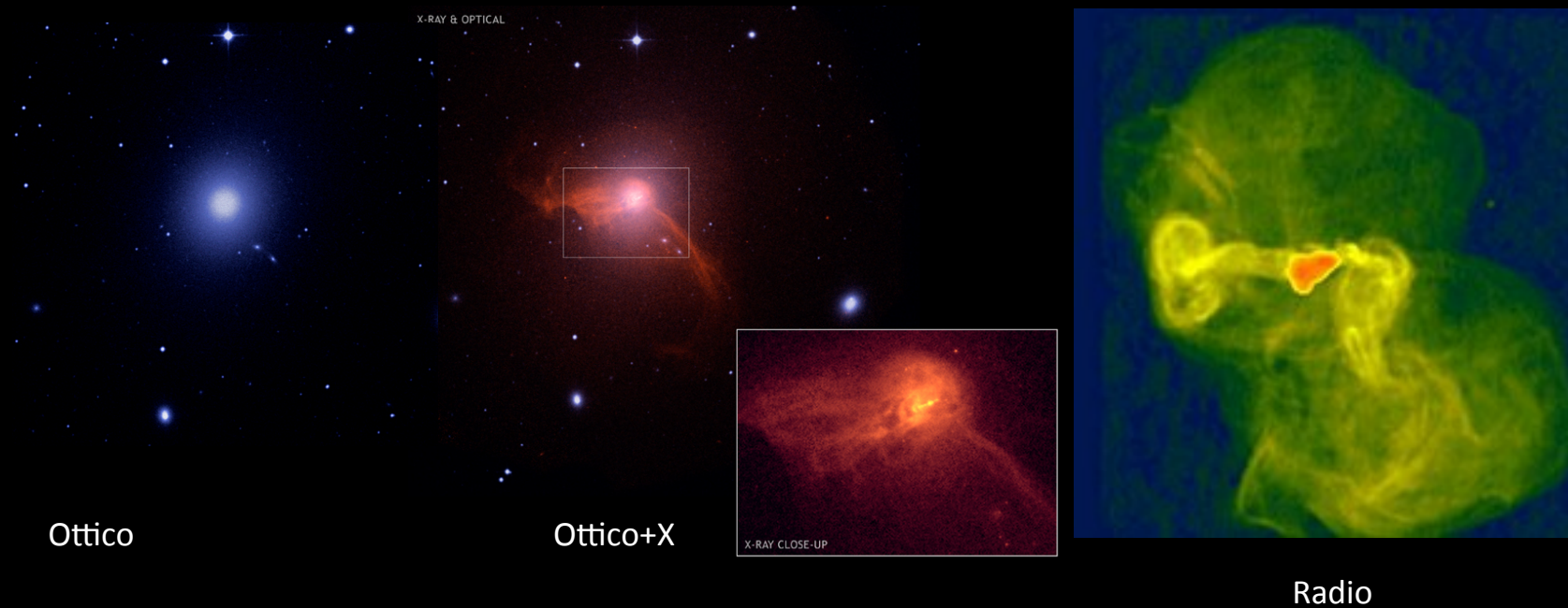
Altri esempi



stelle

M87 al centro della Vergine

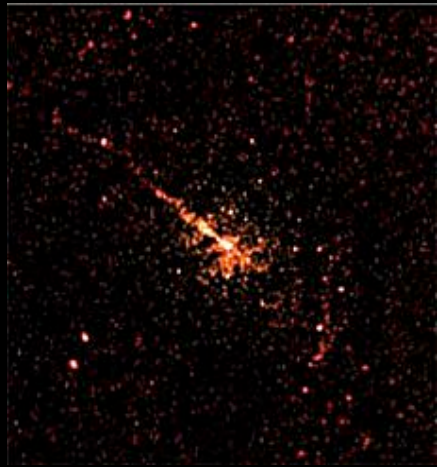
scala ~200,000 Anni Luce



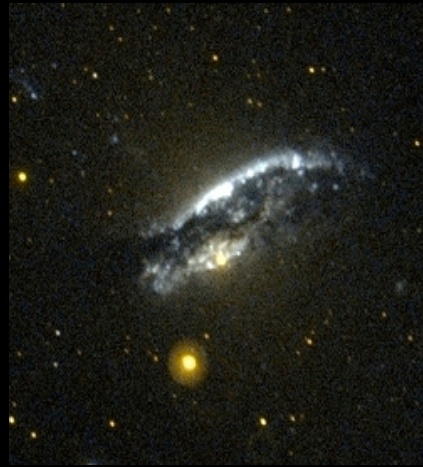
Stelle

Gas caldo
massa totale

particelle
campo magnetico



X rays: Chandra



Ultraviolet:
GALEX



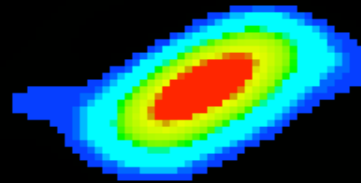
Visible Color:
AAO



Mid-Infrared:
Spitzer



Near-Infrared:
2Mass



Far-Infrared:
IRAS



Radio :
VLA

Galassia Sombbrero

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



X-rays : Chandra



Visible: HST



Far-Infrared : IRAS



Mid-Infrared: Spitzer

