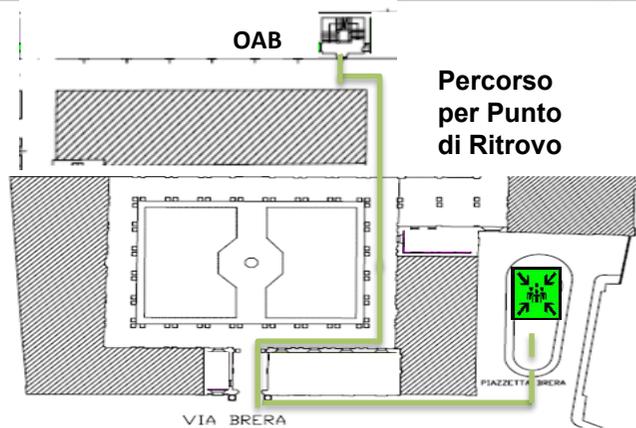
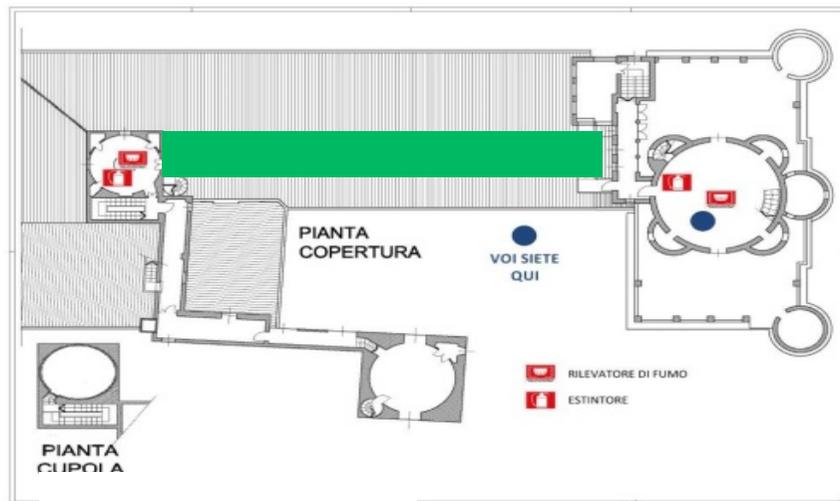




## Uscite di Sicurezza vie di fuga in caso di Emergenza



Punto di ritrovo  
Piazzetta Brera

**Fine dell'intervallo**



Learn more at [afnews.info](http://afnews.info)

**le trasmissioni riprendono con ....**



**Istituto Nazionale di Astrofisica**  
Osservatorio astronomico di Brera



## *Universo in fiore*

# Le galassie: i pilastri del cosmo



*Ginevra Trinchieri*

[ginevra.trinchieri@brera.inaf.it](mailto:ginevra.trinchieri@brera.inaf.it)

INAF-Osservatorio Astronomico di Brera

23/02/2016

# Galassie: forme e colori 9/2/2016: riassunto ....

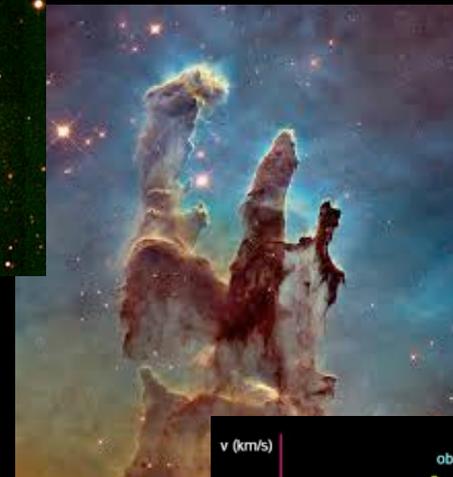
Forma

contenuto

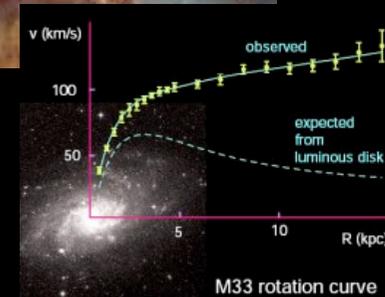
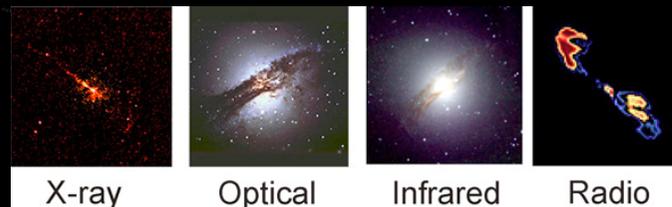
indicano

Colore

evoluzione



Osservazioni a diverse  
lunghezze d'onda

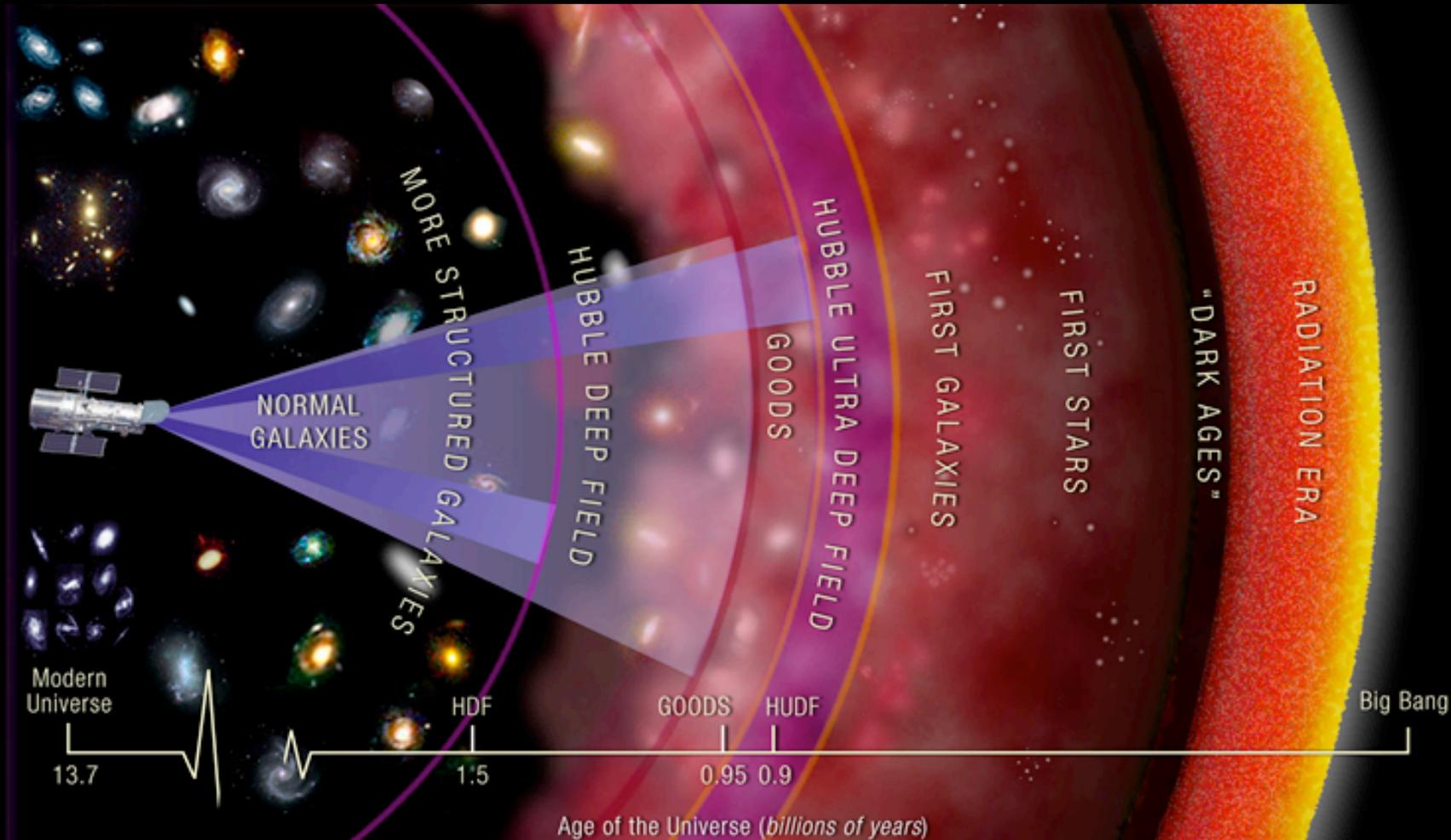


Come si formano le galassie?

si trasformano nel tempo?

cosa determina le caratteristiche  
attuali che osserviamo nelle  
galassie vicine?

# Universo "locale" ↔ Universo "distante"



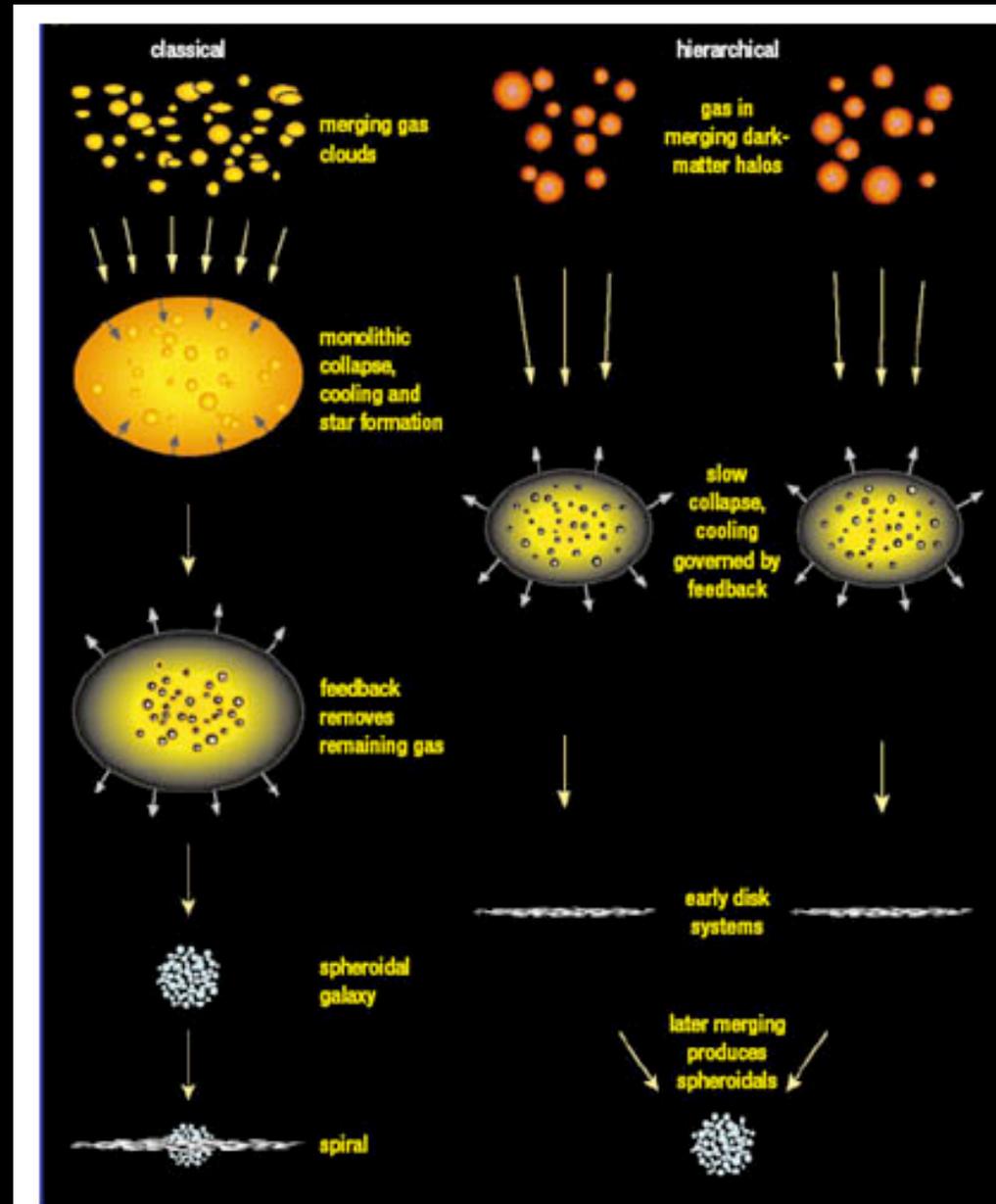
<http://hubblesite.org>

Spazio  $\approx$  Tempo

Lontano == piu' antico, piu' vicino alle origini

# Come si formano le galassie?

Monolitico



Gerarchico

# Come si formano le galassie?

Collasso di una protonube accende la formazione stellare

Dalla protonube ..... al prodotto finale

alta densità, rotazione lenta, raffreddamento rapido, formazione stellare rapida



# Come si formano le galassie?

## Collasso monolitico

Stelle più vecchie si formano da H e He soltanto

Generazioni successive portano a stelle ricche di elementi

Formazione “rapida” delle strutture in configurazione “finale”

le più grandi si formano prima

Criticita' e aspettative

- stelle dovrebbero essere tutte co-rotanti
- stelle degli ammassi globulari dovrebbero avere la stessa età
- perchè gli ammassi globulari presentano gradienti di metallicità
- popolazioni stellari e metallicità ... il rapporto corretto?

# Come si formano le galassie?

Age of the Universe

Today: 14 Billion Years

9 Billion Years

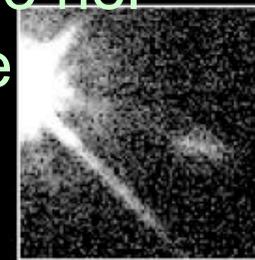
5 Billion Years

2 Billion Years

accrescimento ... violento, per "merging"  
lento, di gas circostante freddo

Si parte con oggetti piccoli ... che crescono nel  
tempo attraverso scontri con altre galassie

Possibile?



Spiral

Galaxies: Snapshots in Time

HST · WFPC2

oggi



Si tratta di fantascienza?  
di invenzioni degli scienziati?

Ci sono le galassie cosiddette irregolari .....

Credit:ESO

Credit & Copyright: Star Shadows Remote Observatory and PROMPT/CTIO (Jack Harvey, Steve Mazlin, Rick Gilbert, and Daniel Verschate)



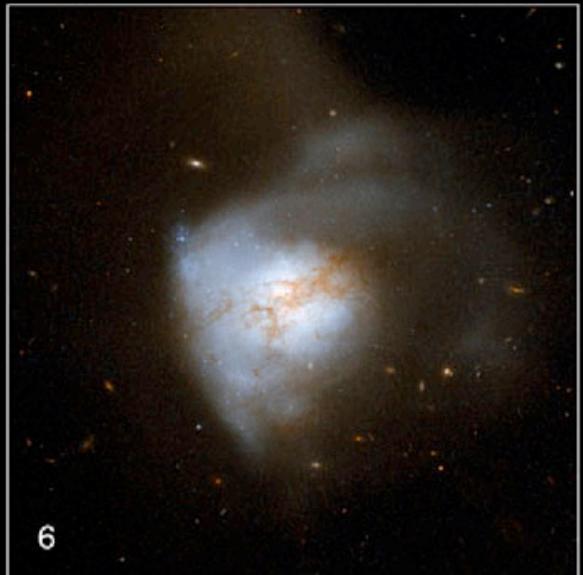
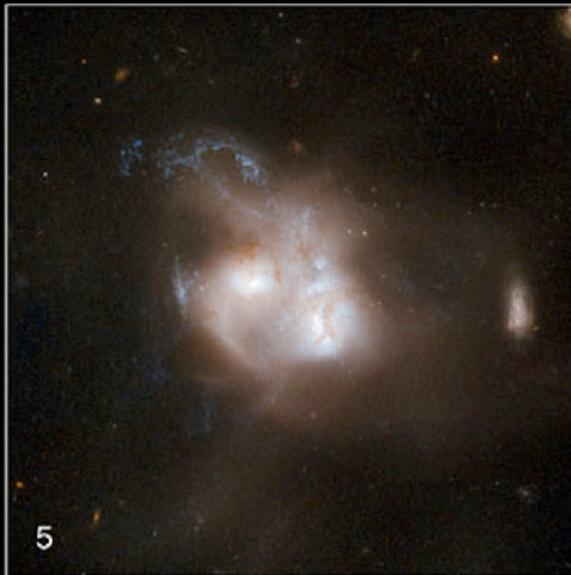
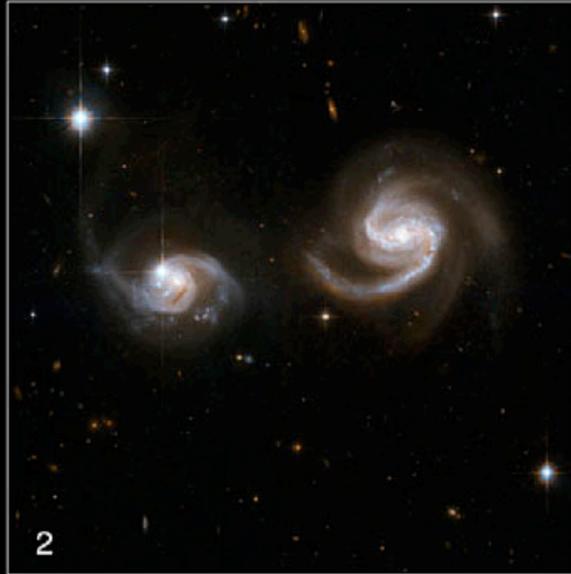
Galassie interagenti: prima...

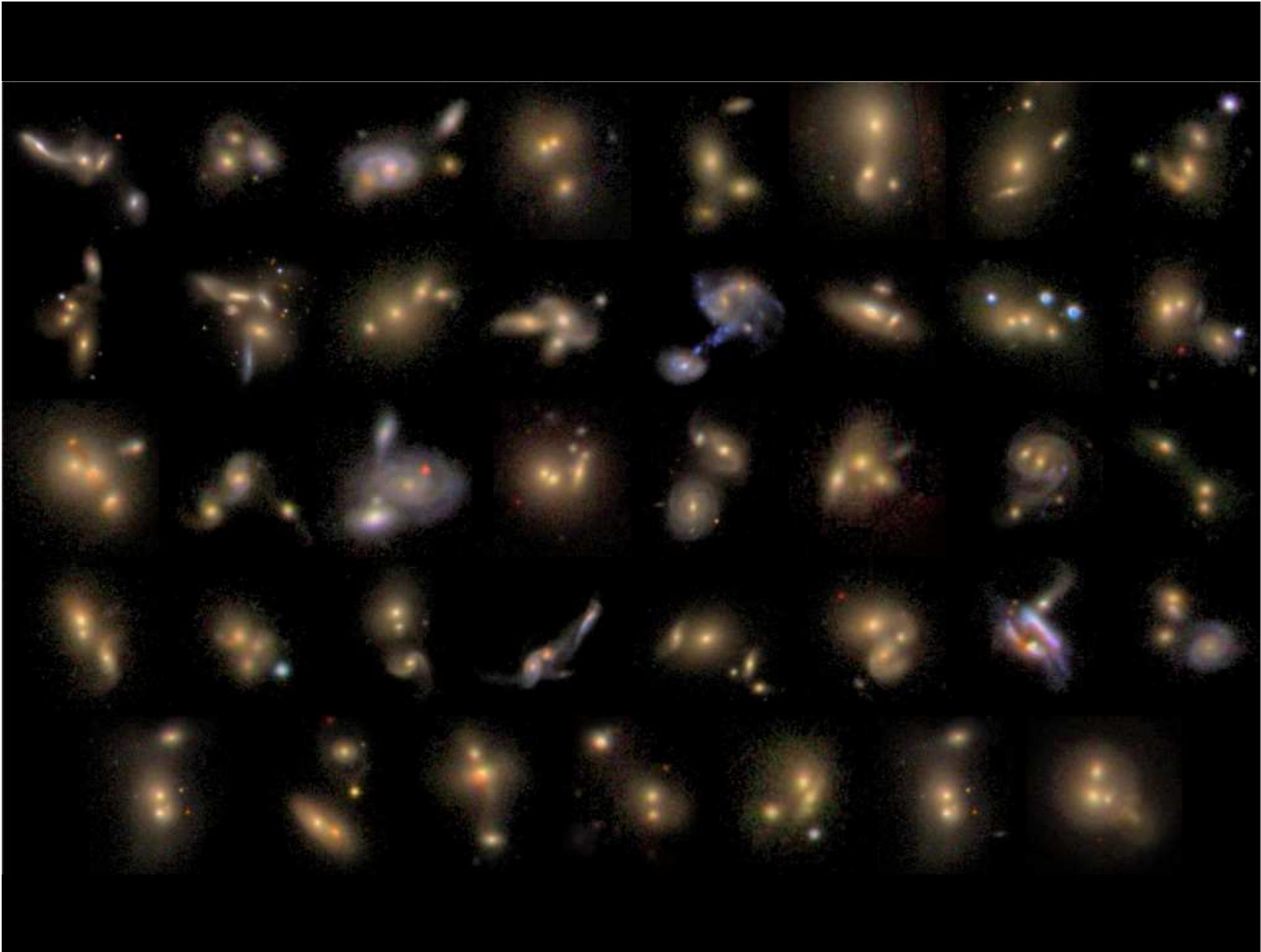


durante...



...e dopo!





# Come si formano le galassie?

Accrescimento gerarchico :

piccole strutture si “sommmano” per diventare una sola più grande  
strutture più piccole si formano prima

“dry” mergers ; “minor vs major merger”

Criticita' e aspettative

→ diversa morfologia per galassie ad alto  $z$  ( $z > 3$ ???)

→ galassie ad alto  $z$  più piccole

→ scontri tra galassie frequenti

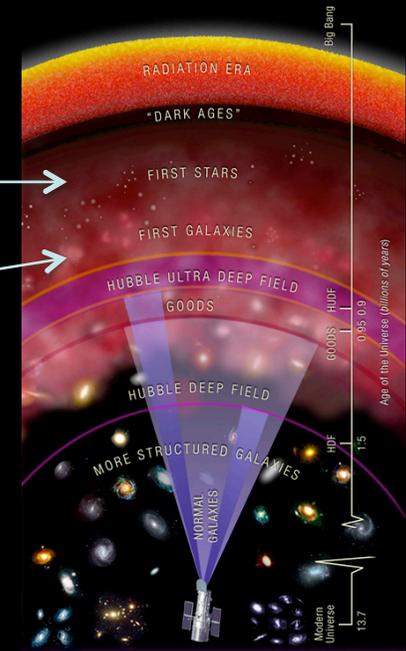
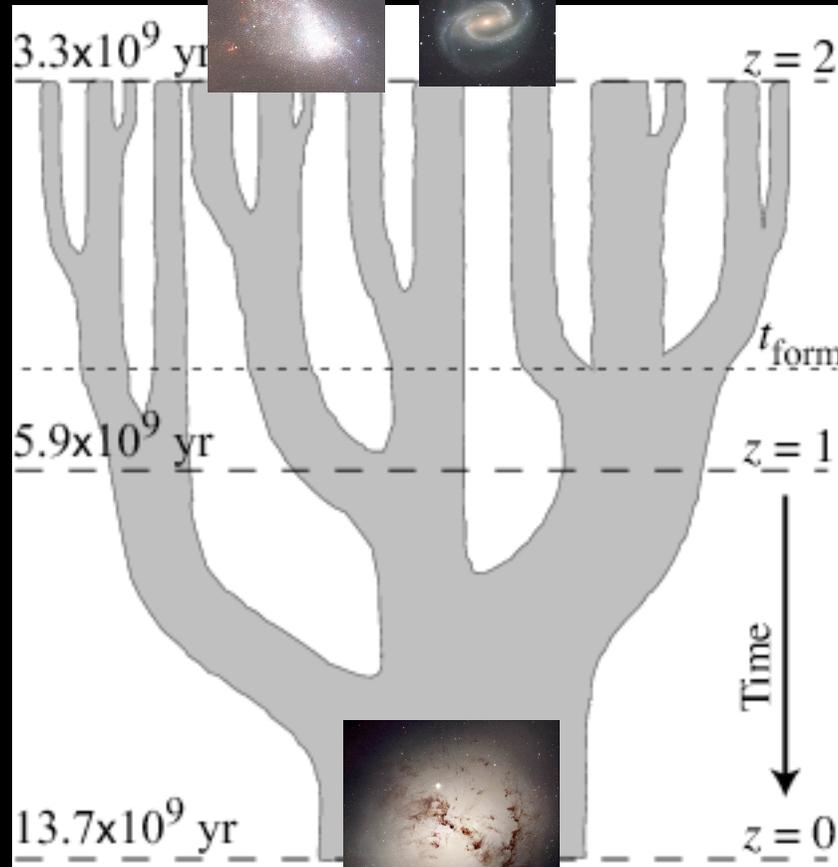
→ diversa composizione morfologica negli ammassi di galassie (?)

# Accrescimento gerarchico :

Formazione stelle

Formazione galassie

tempo



# Casi di “minor” merger



Image Credit: NASA/Caltech-JPL

La galassia perde pezzi???



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

Ellittiche blu??

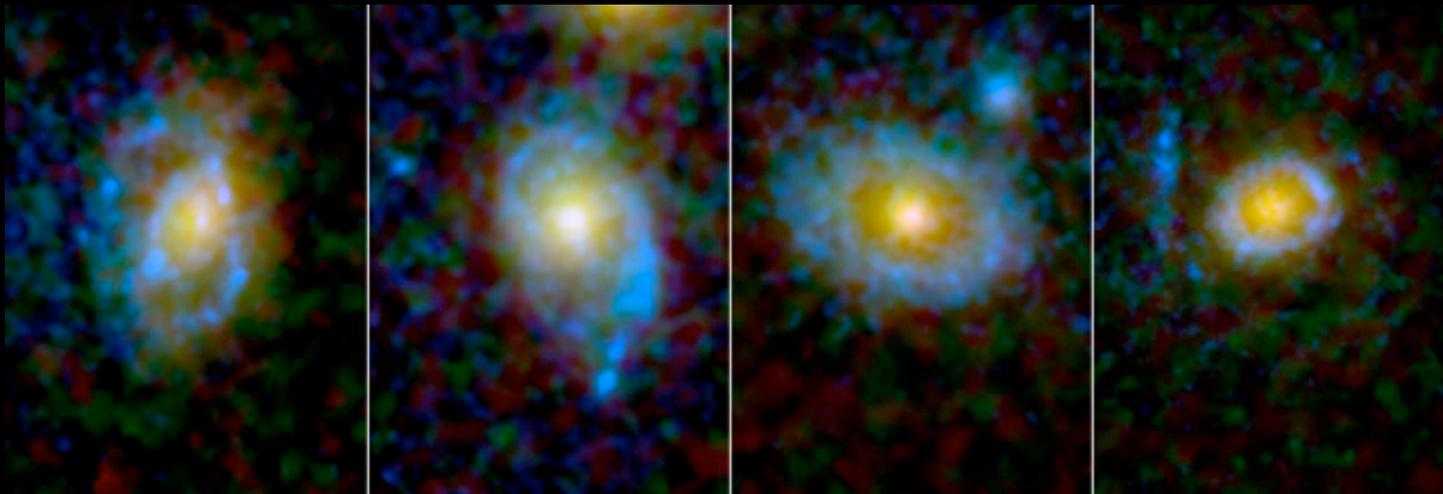
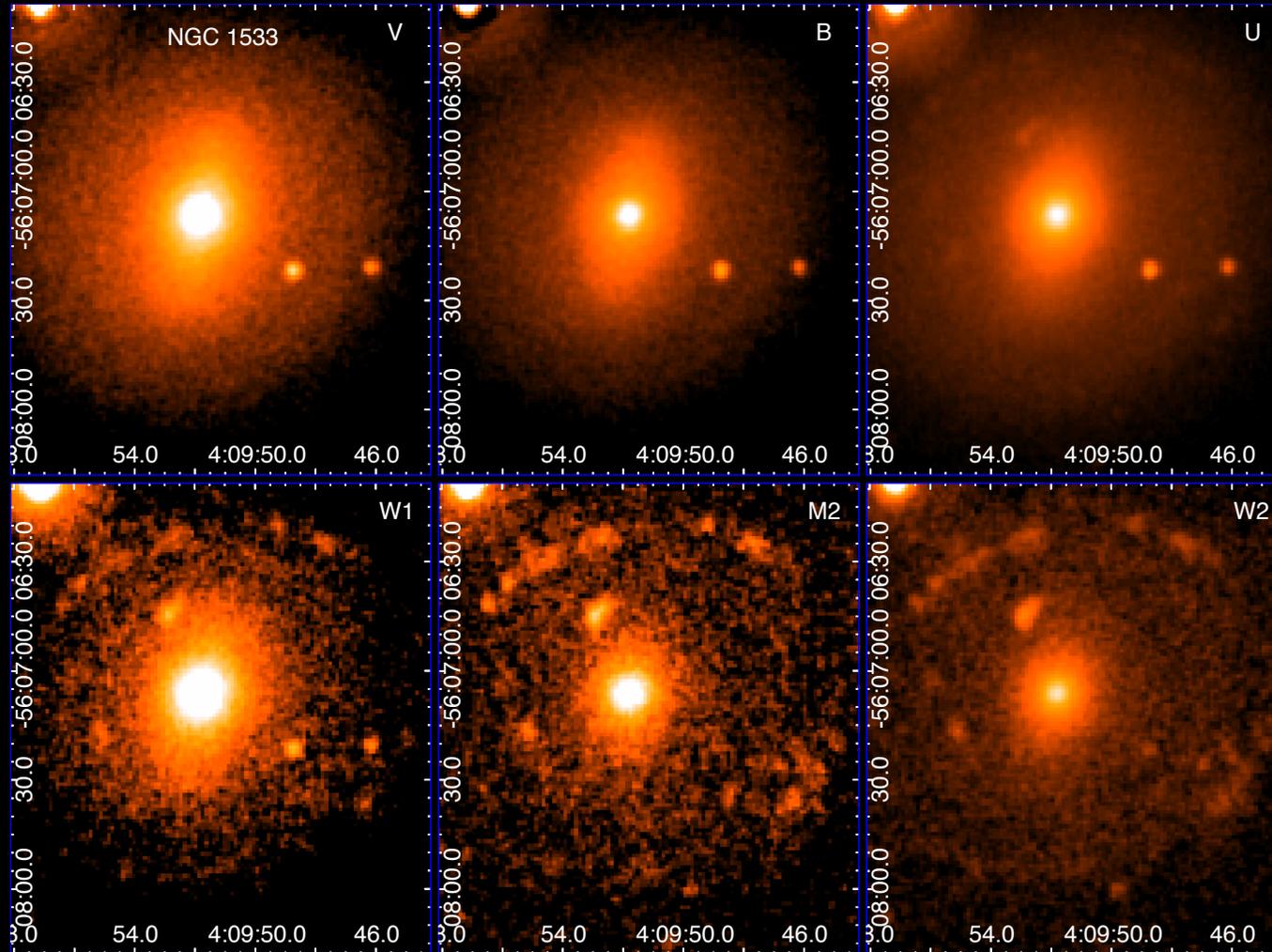
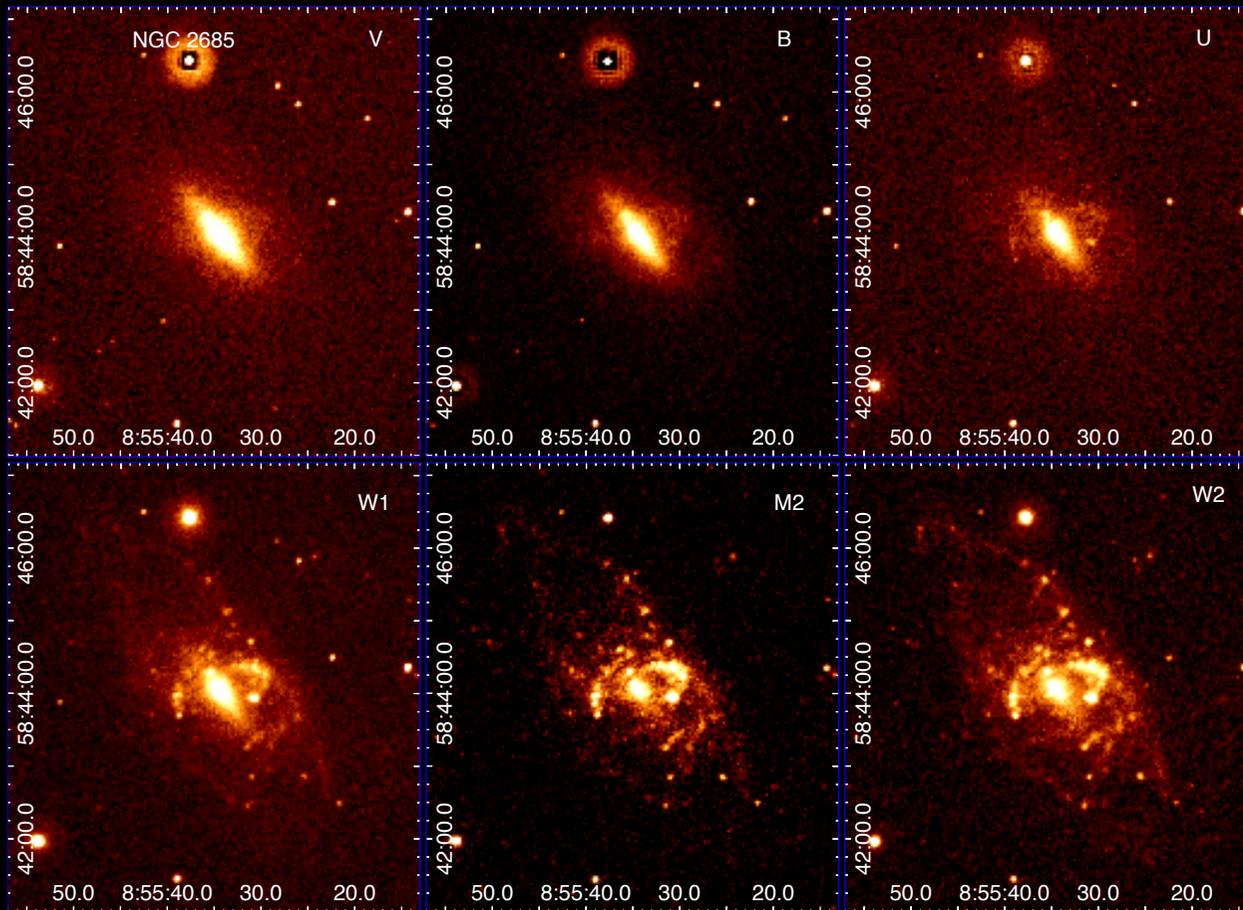


Image credit: [NASA/JPL](#)

# NGC 1533 : ottico $\rightarrow$ blue $\rightarrow$ UV



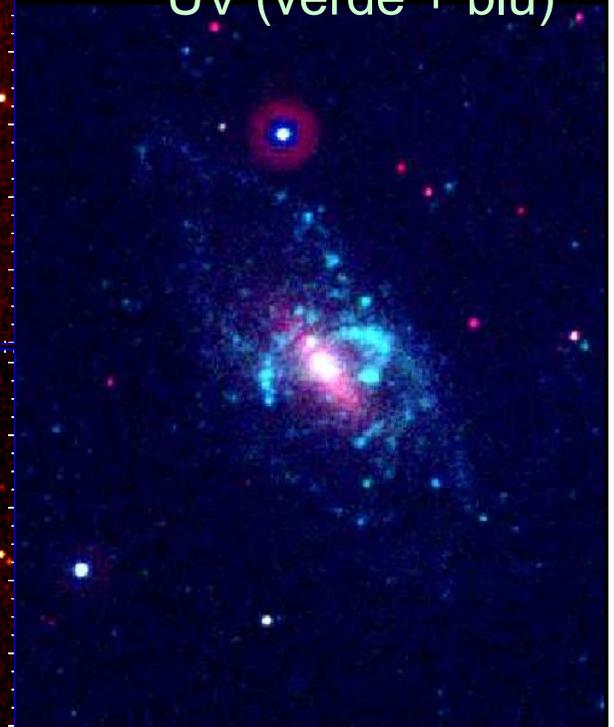
# NGC 2685 : ottico $\rightarrow$ blue $\rightarrow$ UV



Composito:

B (rosso)

UV (verde + blu)



The background of the slide is a collage of astronomical images. It features several galaxies: a bright, yellowish-orange elliptical galaxy in the top left; a blue and white spiral galaxy in the top right; a colorful, multi-colored spiral galaxy in the bottom left; a white and blue spiral galaxy in the bottom center; and a bright, yellowish elliptical galaxy in the bottom right. The background is filled with numerous stars of various colors and sizes.

## alcuni ingredienti

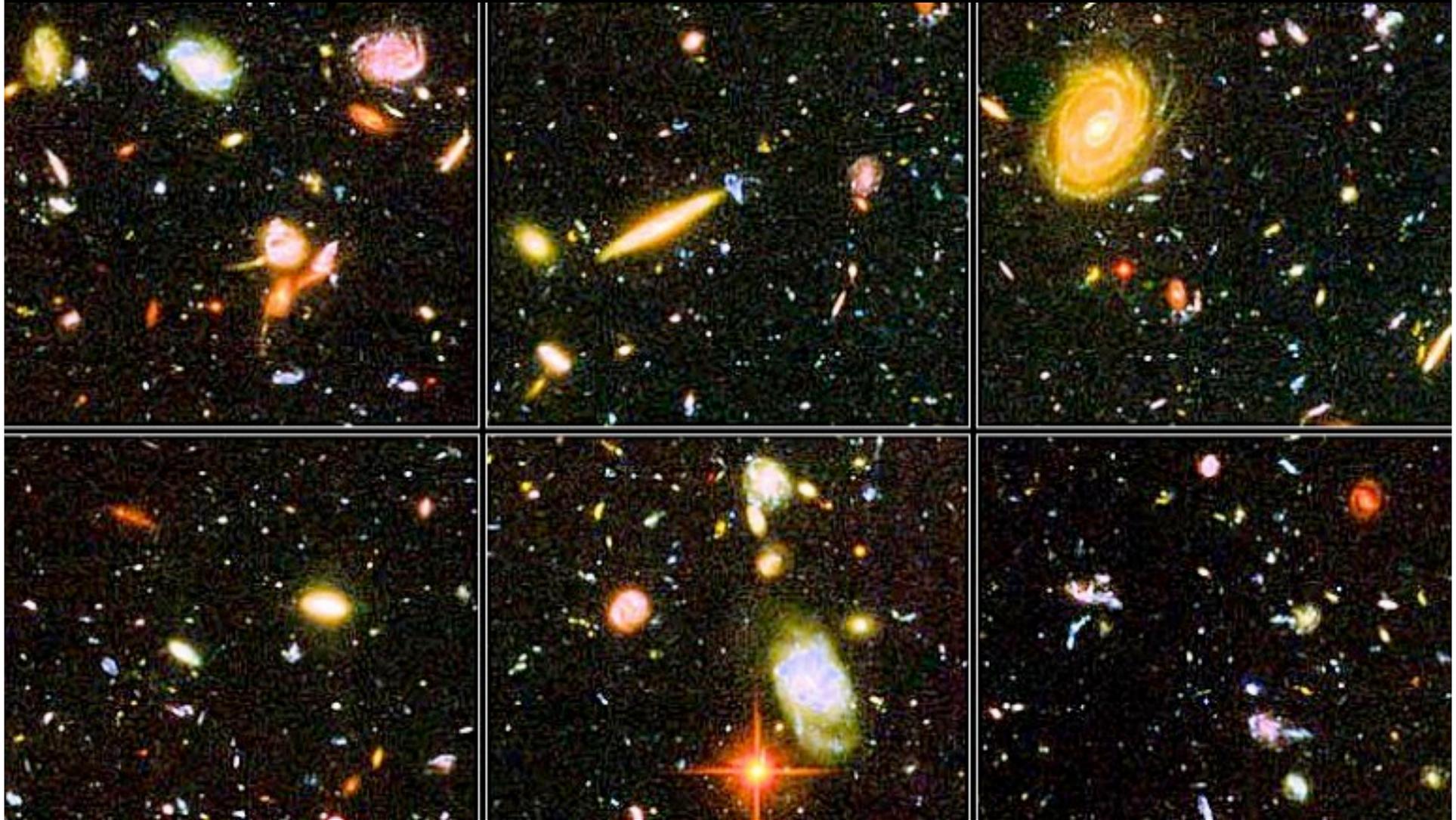
Dove sono nell'Universo : distanze

Come sono fatte : morfologia

Dove vivono : ambiente

Universo "locale" ↔ Universo "distante" :  
Nascita, evoluzione e cosmologia

# Dove vivono le galassie? a ciascuno il suo ambiente



Vignettes from the Hubble Ultra Deep Field image

# Dove vivono le galassie?

*Campo rado*

Kopernik Astronomical Society  
3:00 UT April 10, 2005

# Dove vivono le galassie?



Stephan's Quintet

*Campo intermedio: gruppo di galassie*

# Dove vivono le galassie?

COMA BERENICES @  $z=0$

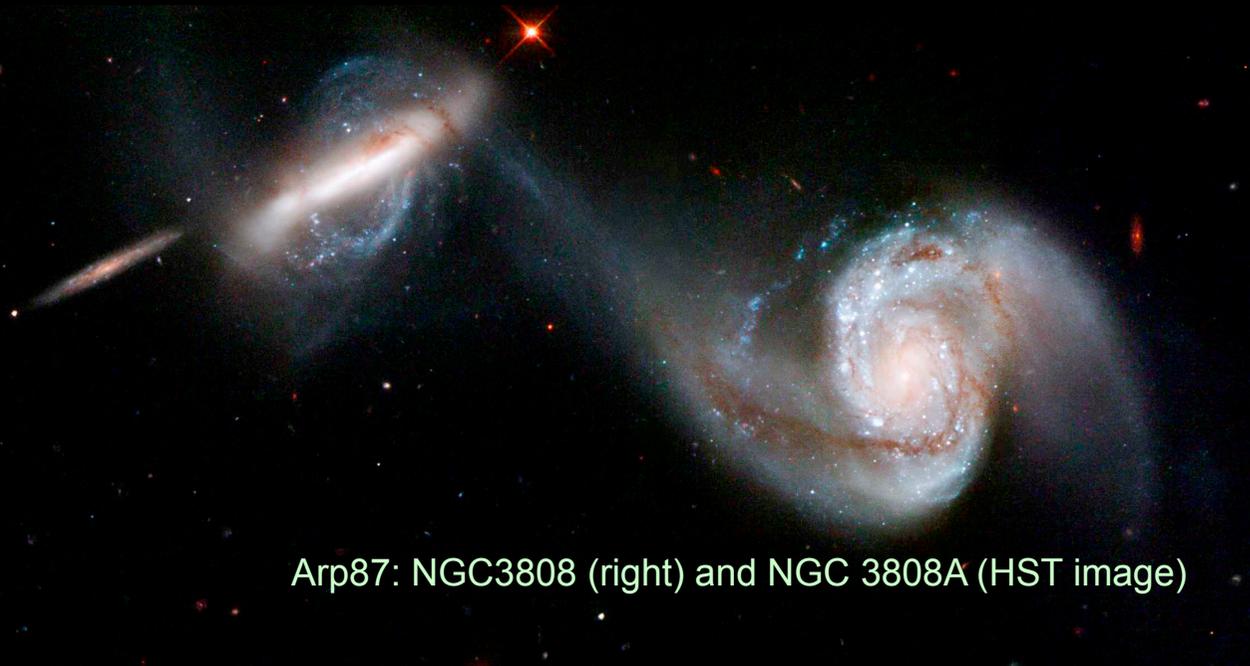
JKCS041 @  $z=1.8$



*Campo denso --- ammasso di galassie*

Le galassie sono “animali” sociali !!!  
~ 80 % vive in compagnia di altre galassie

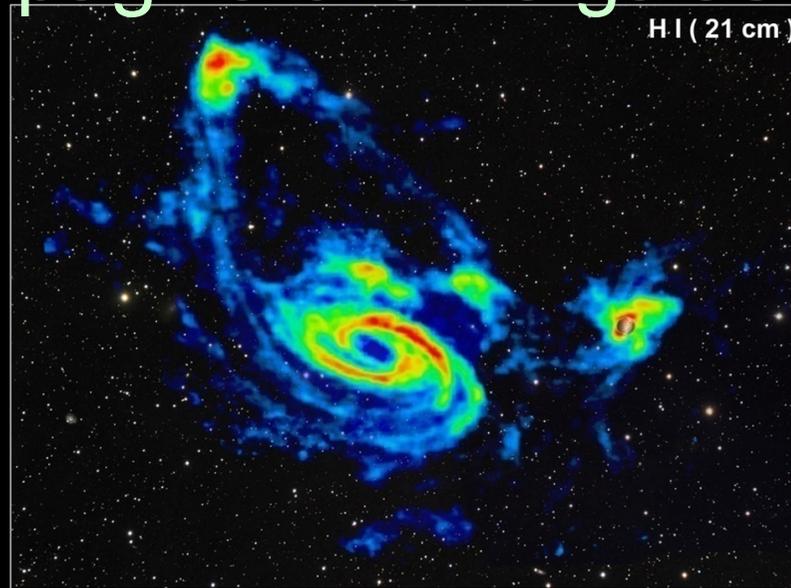
coppie/tripletti



Arp87: NGC3808 (right) and NGC 3808A (HST image)

Le galassie sono “animali” sociali !!!  
~ 80 % vive in compagnia di altre galassie

coppie/tripletti

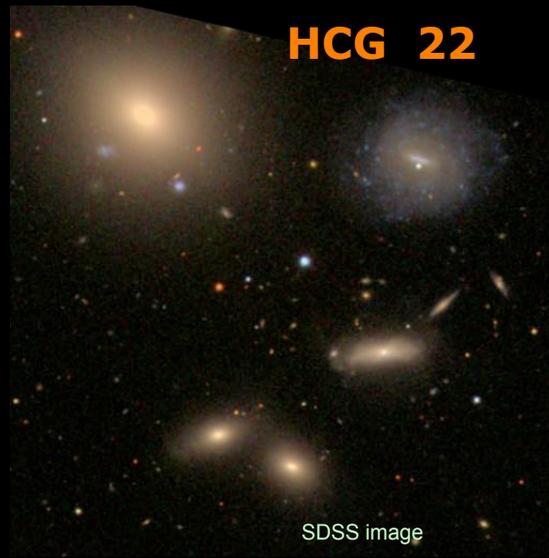


# Le galassie sono “animali” sociali !!! ~ 80 % vive in compagnia di altre galassie

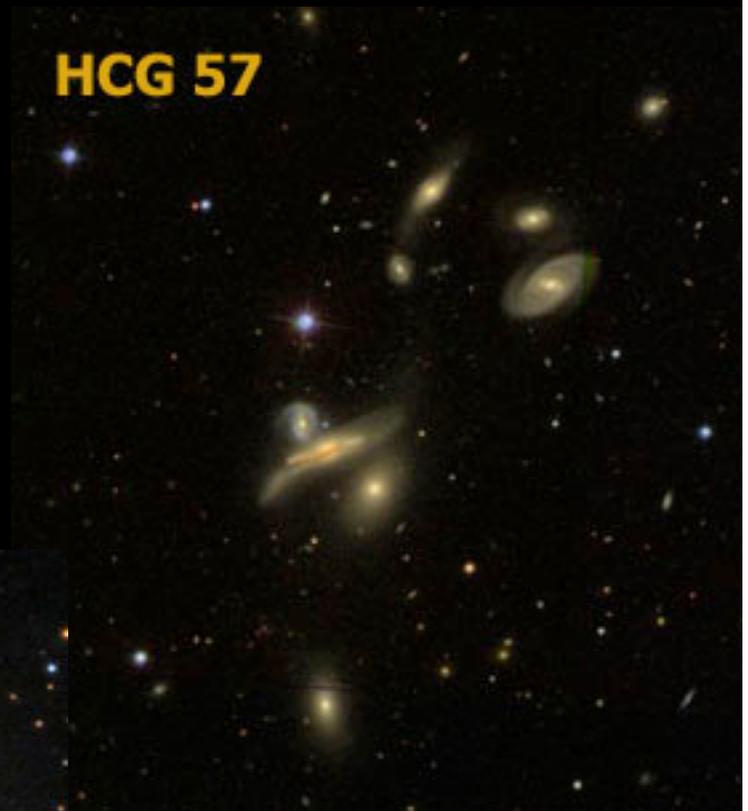
coppie/tripletti

gruppi poveri  
gruppi compatti  
gruppi ricchi

Stephan's Quintet



HCG 57



# Le galassie sono “animali” sociali !!!

~ 80 % vive in compagnia di altre galassie

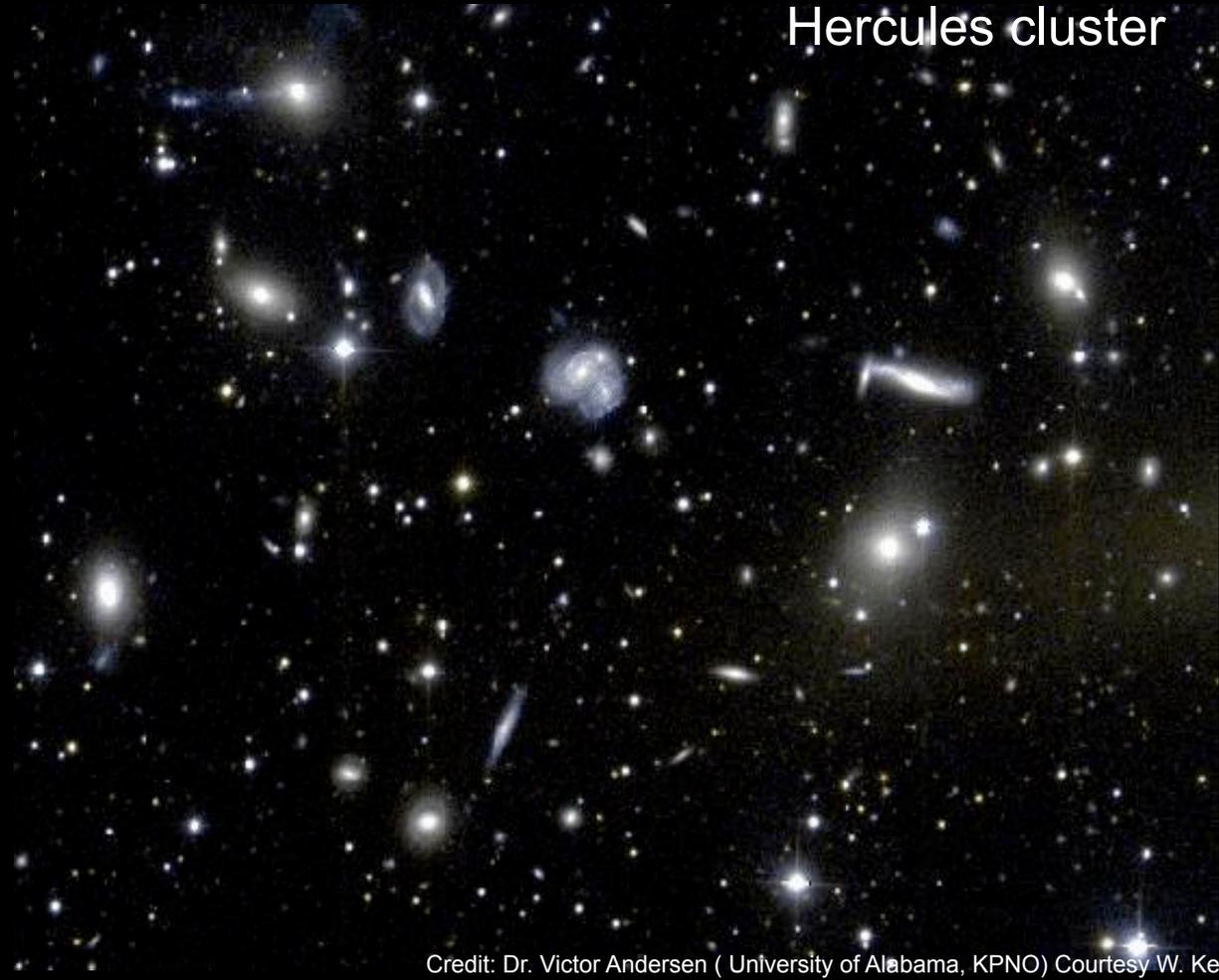
coppie/tripletti

gruppi poveri  
gruppi compatti  
gruppi ricchi

ammassi di galassie

superammassi

Hercules cluster



# Cos'è un ammasso di galassie?

una zona di cielo ben definita che presenta una “densità maggiore” di galassie

→ Le galassie sono legate tra loro dalla gravità

Vergine

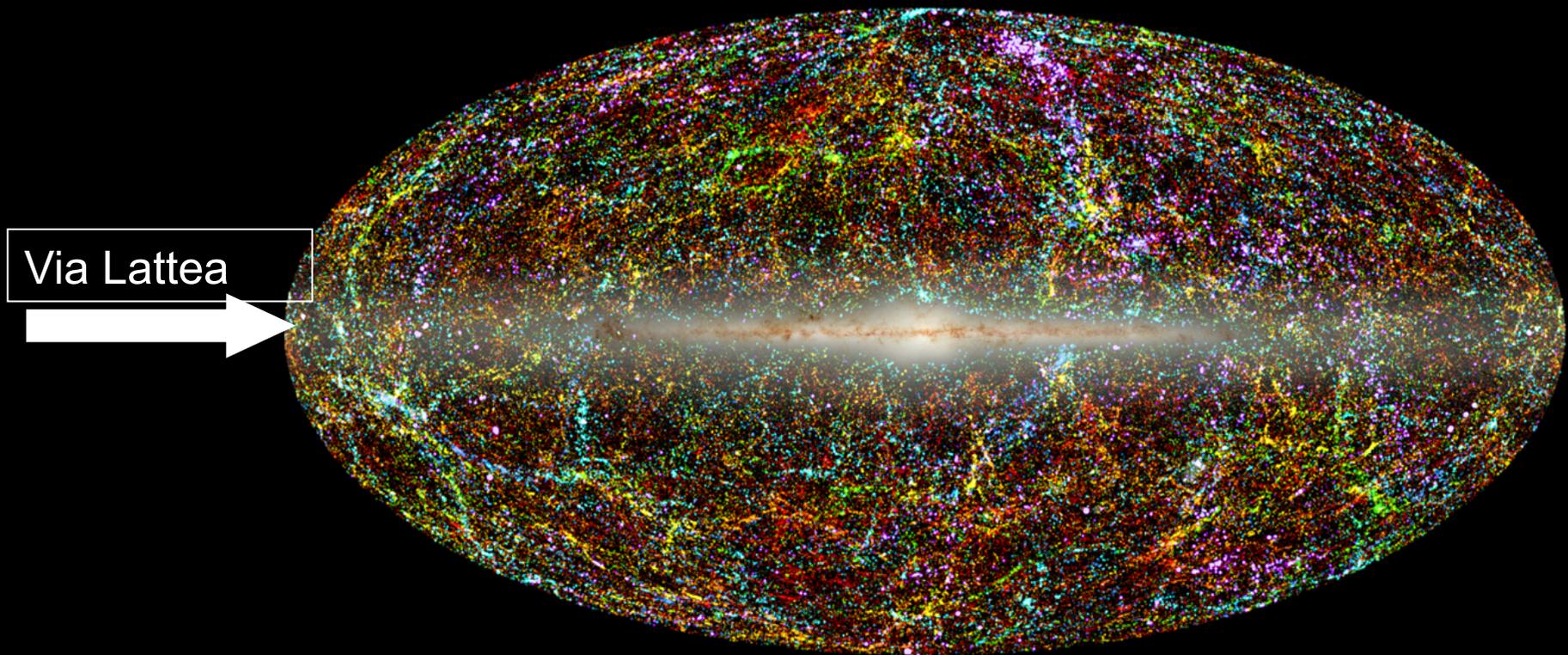


Coma



**ATTENZIONE: importante controllare che siano ALLA STESSA DISTANZA!**

# L'Universo intorno a noi: una ragnatela di materia!



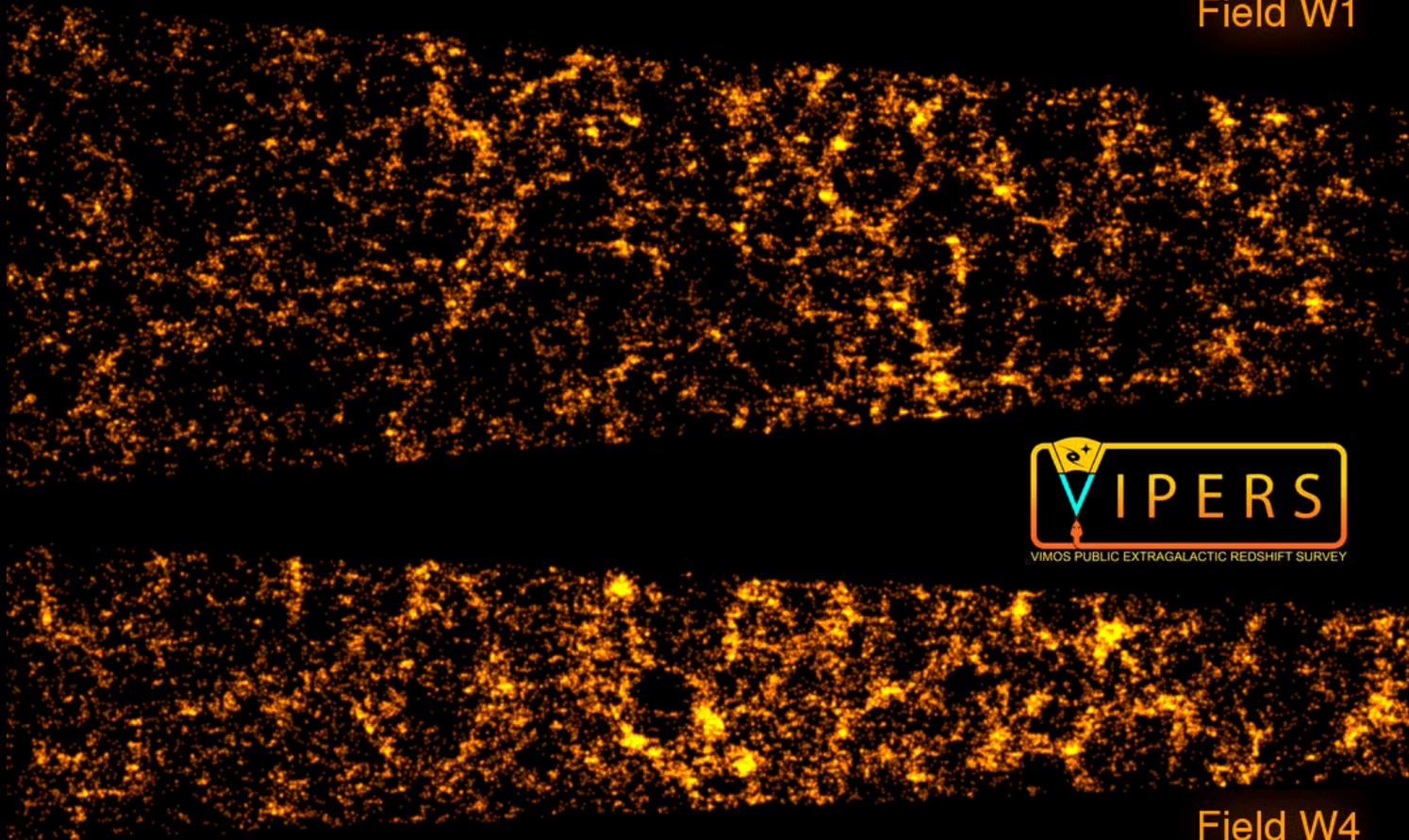
Galassie più vicine  
(meno di 140 milioni di  
anni luce da noi)

● Galassie a  
distanze comprese  
tra 140 e 570  
milioni di anni luce

● Galassie a distanze  
comprese tra 570 e 1400  
milioni di anni luce

Necessario avere dati sulle distanze delle galassie  
( $z$ ) per isolare sistemi reali (non proiezioni)  
distribuzione 3-D delle galassie

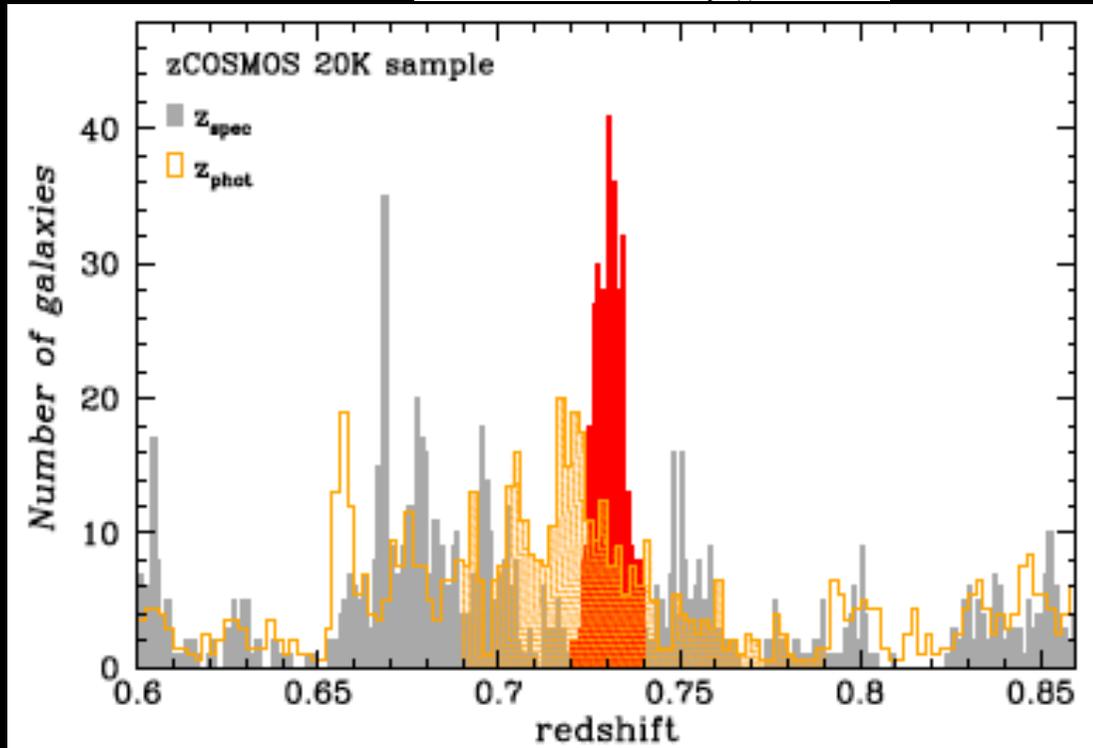
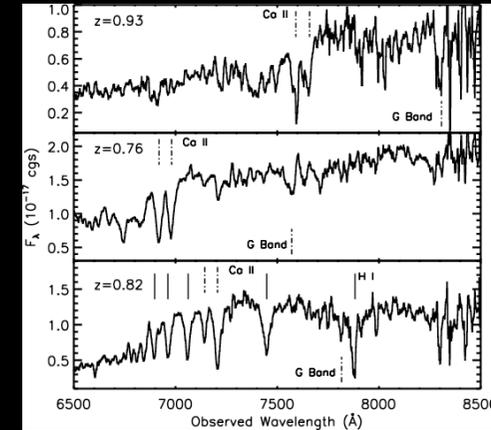
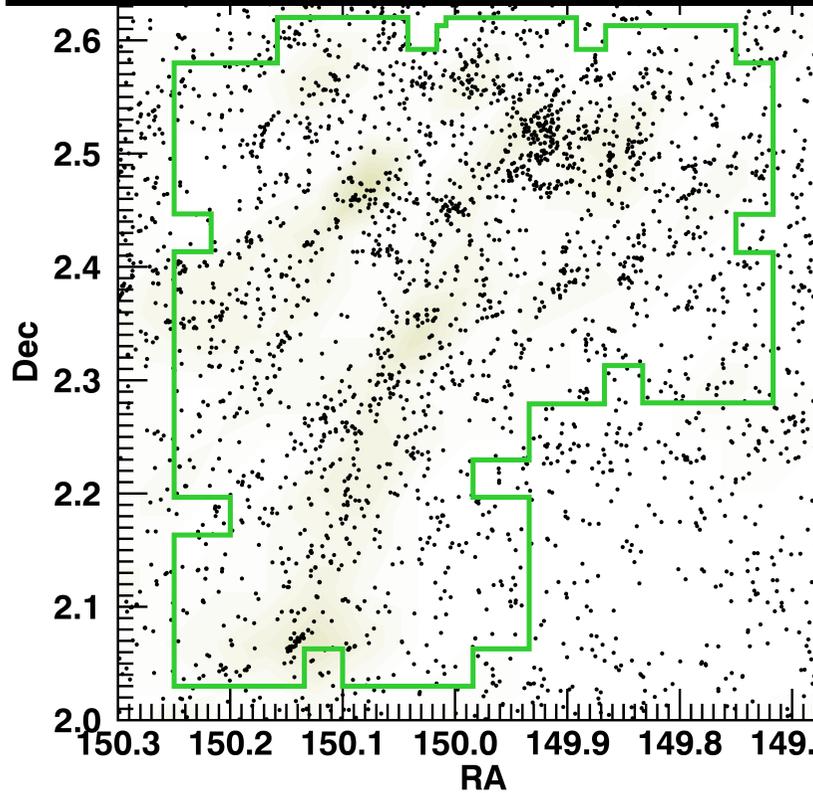
Field W1



$z=0.45$  to  $z=0.95$

G. Guzzo - A. Iovino

# Distribuzione delle velocità delle galassie identificare "ammassi" nell'universo [Iovino]



Courtesy: A. Iovino

# Cos'è un ammasso di galassie?

Galassie



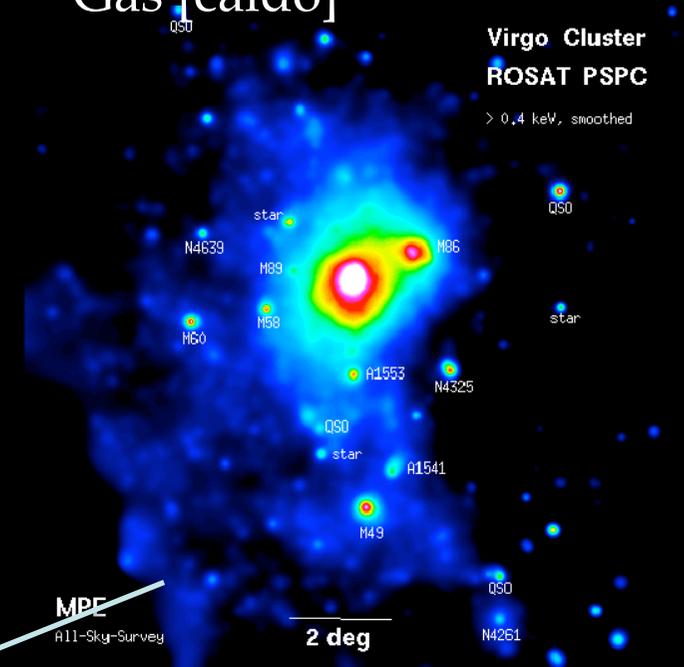
GALASSIE :  
Stelle [+pianeti]  
ISM[gas, polveri ...]  
aloni galattici

legati dalla

**GRAVITÀ**

IGM

Gas [caldo]



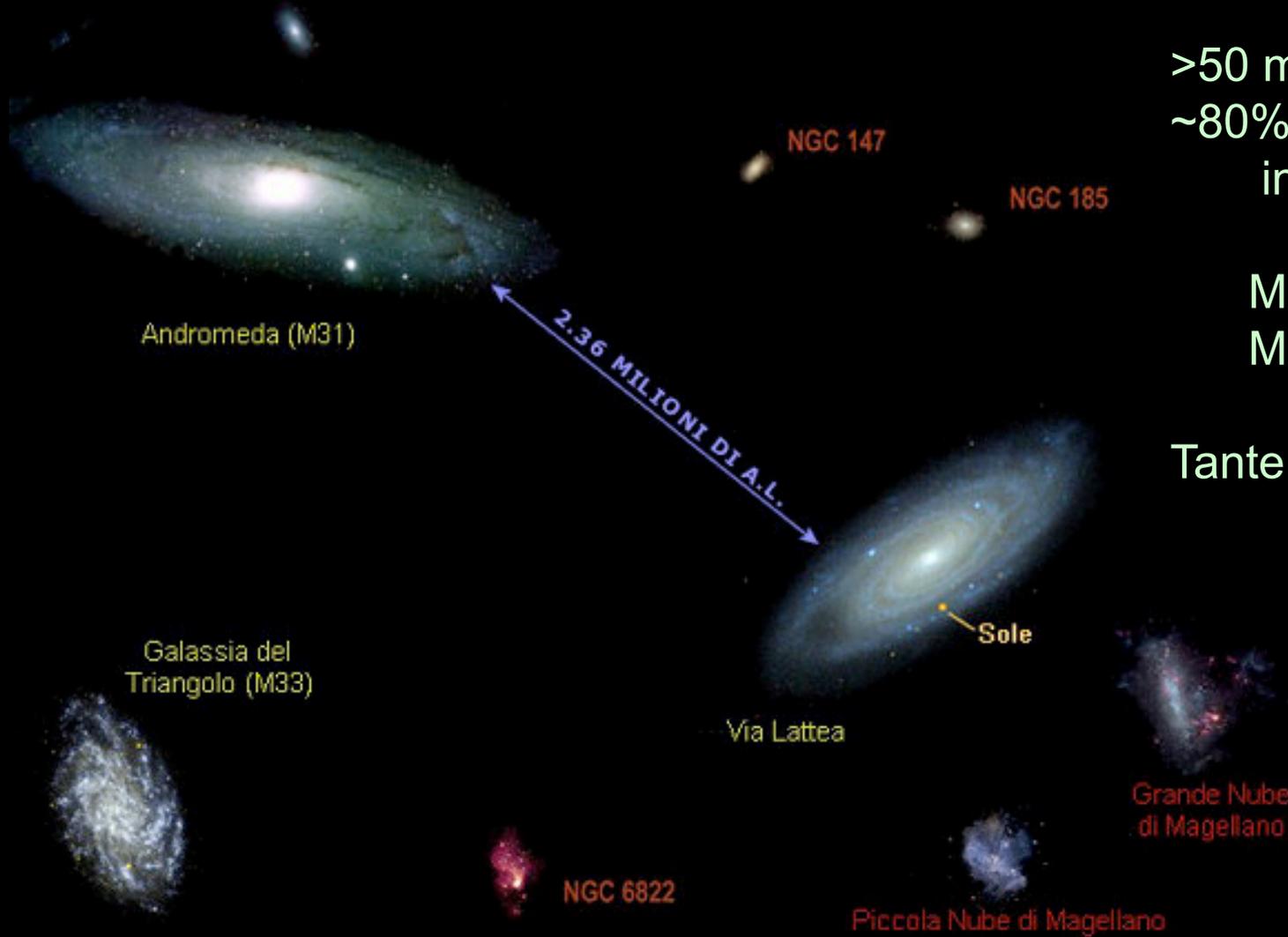
“Materia  
oscura”

# Il gruppo locale

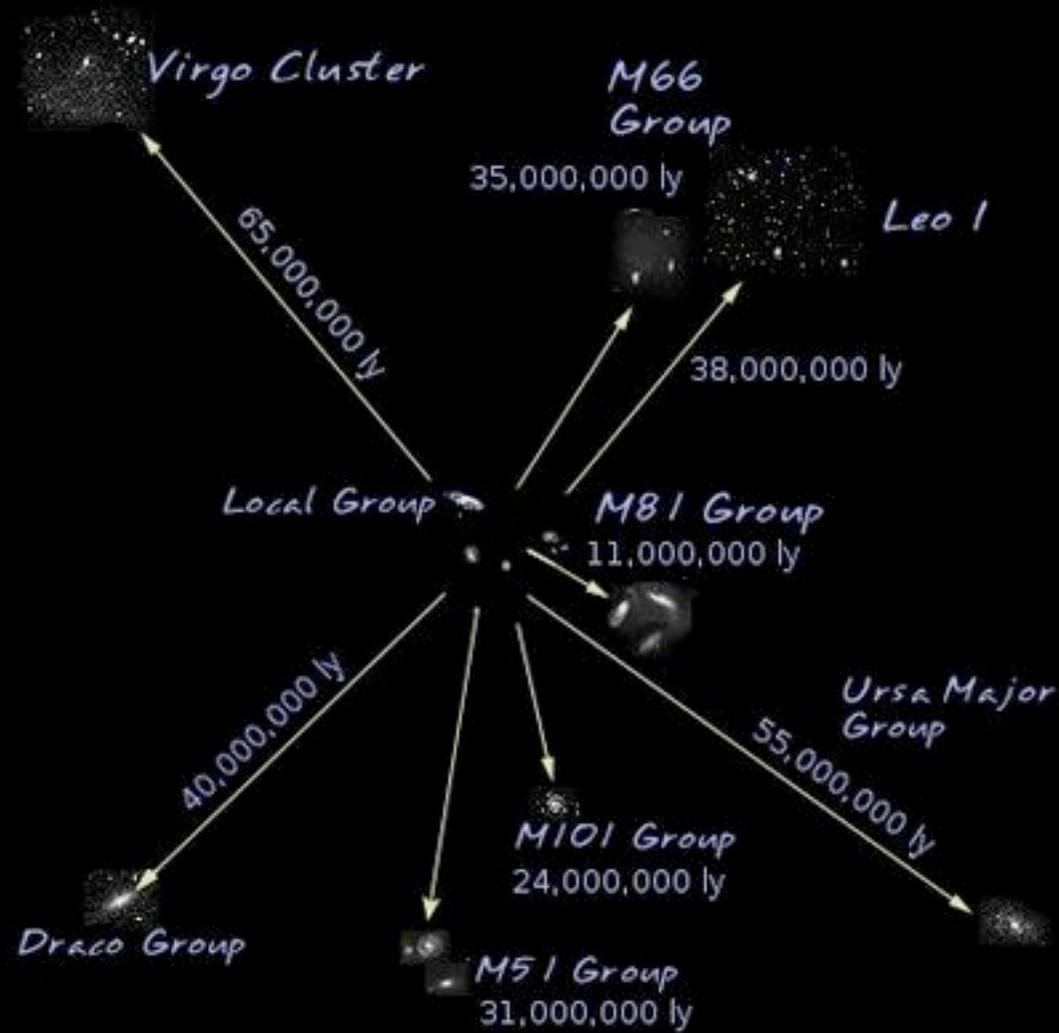
>50 membri  
~80% massa  
in MW+M31

M33  
MC

Tante galassie nane



# I Gruppi piu' vicini



# ammasso di galassie

E' caratterizzato da:

- massa luminosa:  $> 10^{13} M_{\odot}$
- massa totale:  $> 10^{14-15} M_{\odot}$  [Galassie, gas, massa oscura ]
- ricchezza = n. di galassie membro:  
     $> 100$  con  $L > 10^{11} L_{\odot}$  [per gruppi  $> 10$  ]
- raggio  $\approx 1$  Mpc
- forma:  $\approx$  sferico ... bimodale .. irregolare..
- tipo di galassie (% di S/E)
- IGM (gas caldo)  $> 10^{13} M_{\odot}$
- presenza di shocks/anomalie

Le galassie si muovono con orbite "casuali" e con "velocità"  $\sim 1000$  km/s [per gruppi  $\sim 200-400$  km/s]

# ammasso di galassie

E' un ambiente ostile!



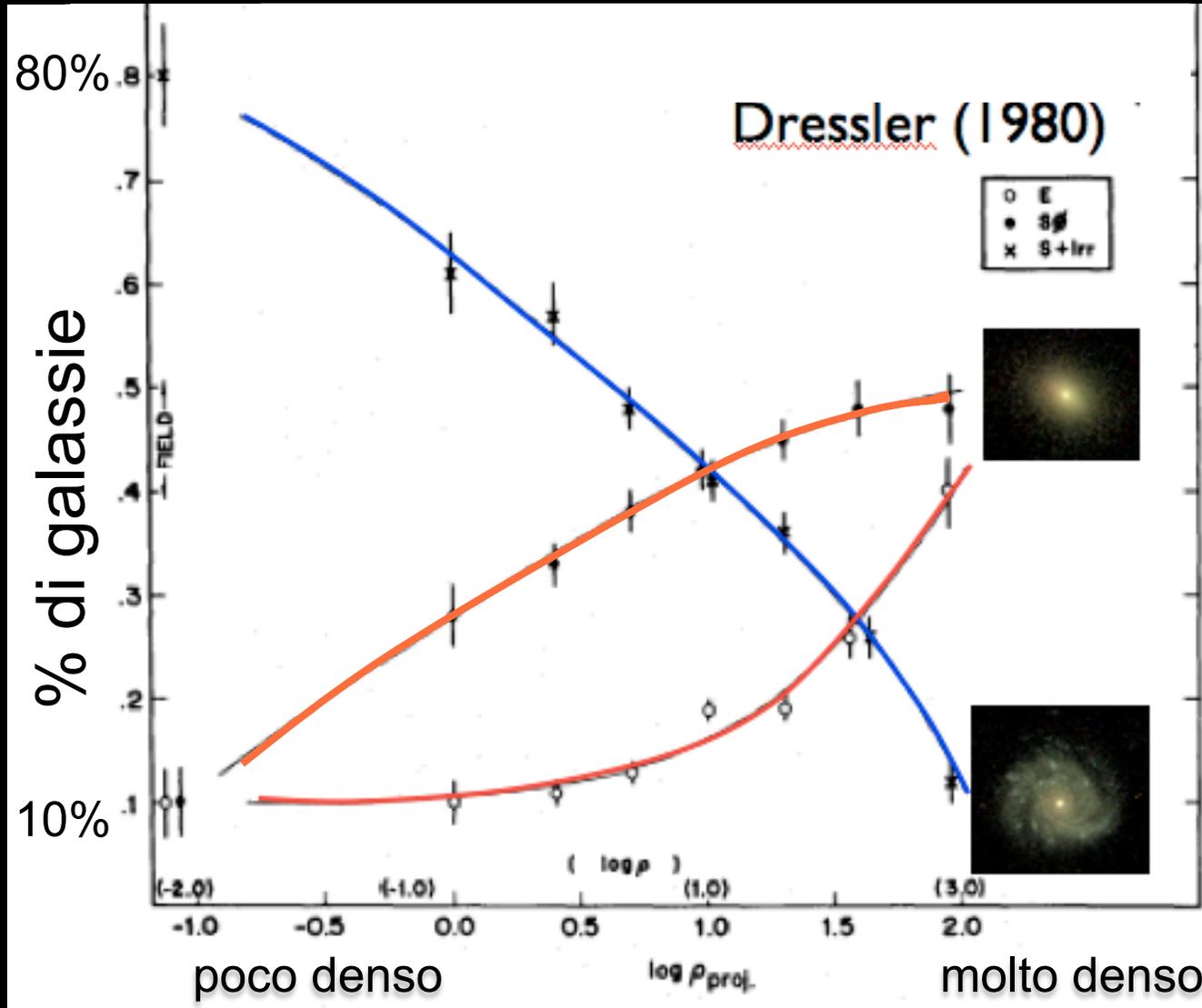
Densita'  $\Leftrightarrow$  scontri frequenti



mezzo intergalattico  $\Leftrightarrow$  Harassment/Ram pressure stripping



frazione di ellittiche aumenta (spirali diminuisce) verso il centro





Galassie blu

Percentuale

trasformazioni/  
invecchiamento  
lenti, legati a processi  
interni  
Nuove aggiunte



Galassie rosse

trasformazioni legate  
alla maggior  
frequenza di scontri,  
fusioni, interazioni”

CAMPO RADO - PERIFERIA

CAMPO DENSO - CENTRO

# ammasso di galassie

Caratterizzato da

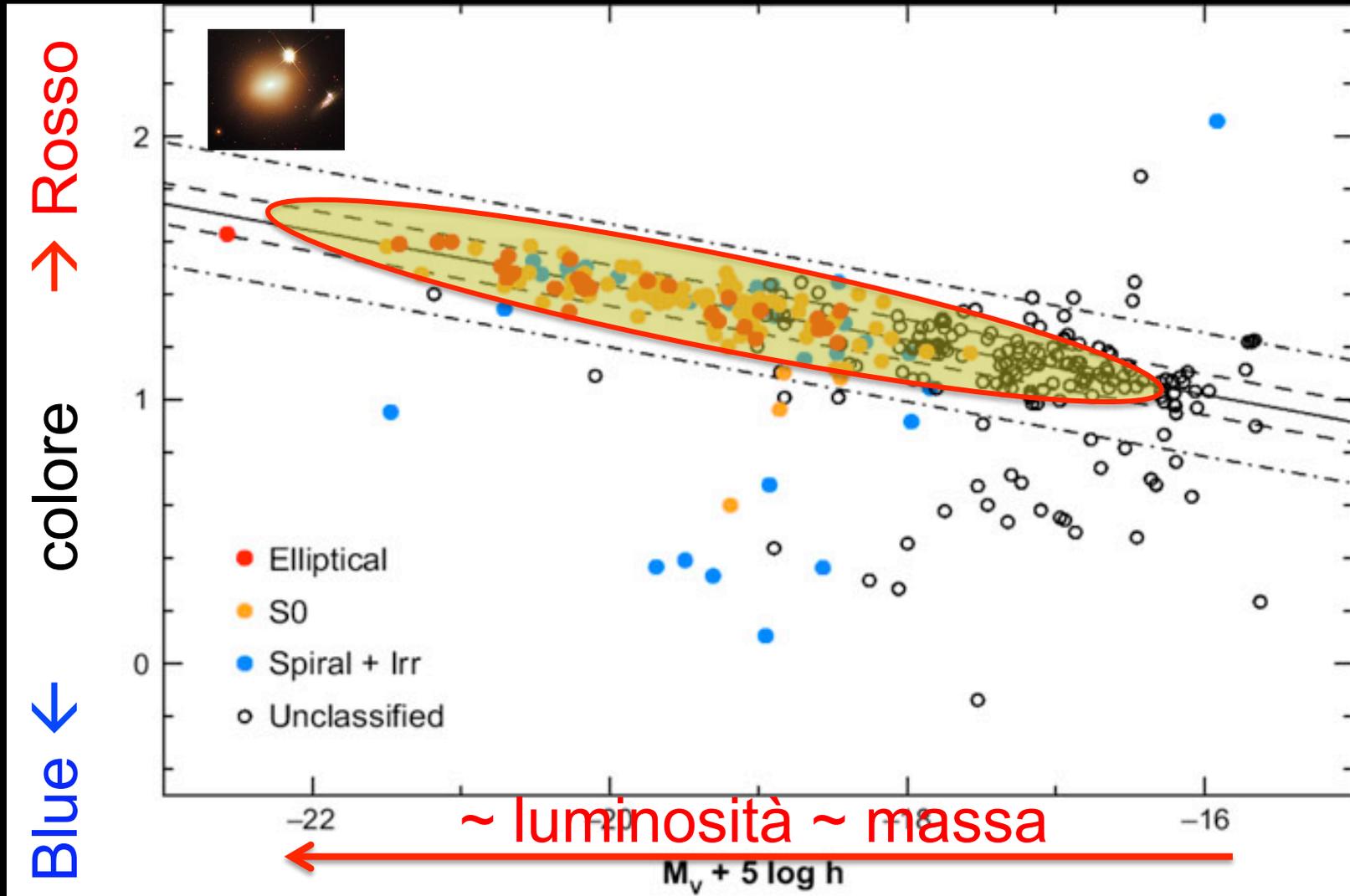
Galassie "omogenee"

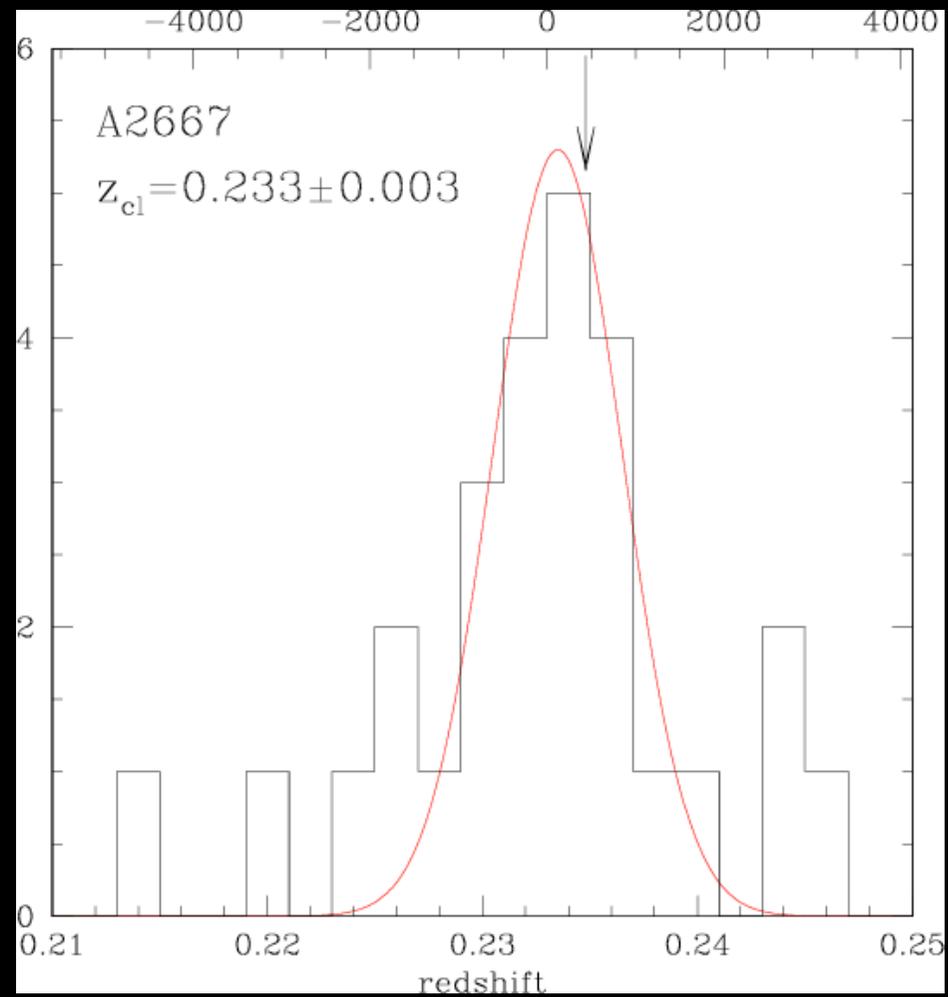
Presenza di un mezzo intergalattico  
caldo [milioni di gradi!]

# Ammasso di Coma



# La relazione colore-magnitudine nell'ammasso di Coma

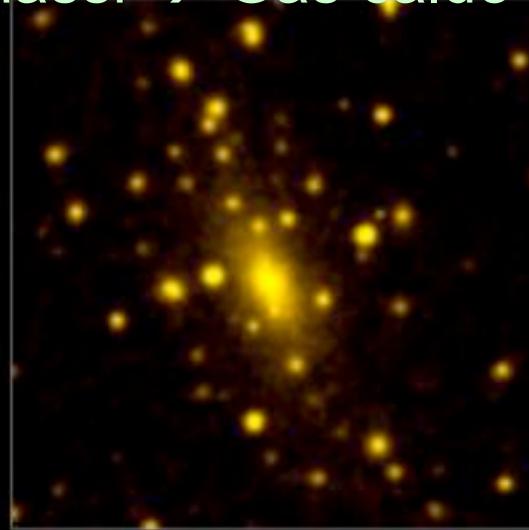




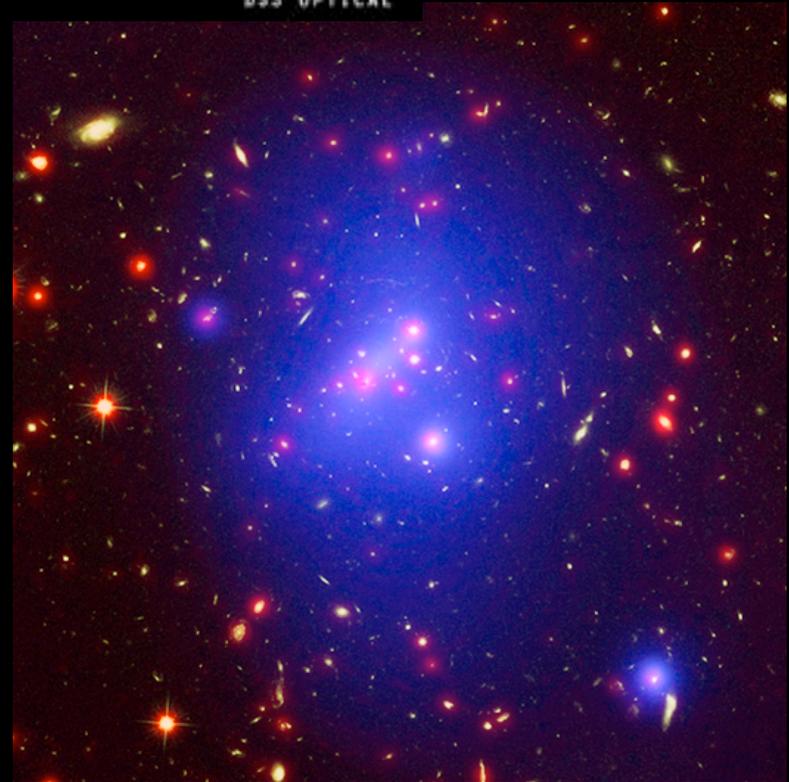
# Osservazioni X di ammassi → Gas caldo



CHANDRA X-RAY



DSS OPTICAL



Anche nei cluster si parla di

80% materia oscura

20 % materia visibile :

<10% galassie

>10% gas caldo

Materia oscura insieme alle galassie  
(nelle galassie e' nelle parti esterne)



Anche nei cluster si parla di

evidenza proviene da :

moti delle galassie

presenza di gas caldo

lenti gravitazionali



## Moti delle galassie [Teorema del Viriale]

nel sistema

1) gravitazionalmente legato e 2) in stato stazionario:

energia cinetica = energia potenziale (VALORI MEDI nel TEMPO)

$$2K + U = 0 \rightarrow m\sigma^2/R = GMm/R^2$$

$$\sigma \sim 1000 \text{ km s}^{-1} \quad r_{cl} \sim 1 \text{ Mpc}$$

$$M \sim \frac{\sigma^2 r_{cl}}{G} = \frac{(1000 \text{ km s}^{-1})^2 \times (1 \text{ Mpc})}{6.7 \times 10^{-8} \text{ cgs}} = 2 \times 10^{14} M_{\odot}$$

$M_{\text{viriale}} \gg M$  in galassie :  $M_*$  o  $M_{\text{gas}}$ !

## Moti delle galassie [Teorema del Viriale]

Per l'ammasso di Coma

Massa Totale  $\sim 5 \times 10^{15} M_{\odot}$

Luminosità  $\sim 3 \times 10^{13} L_{\odot}$

Massa Stellare [galassie]  $\sim 3 \times 10^{14} M_{\odot}$

Massa di Gas  $\sim 10^{14} M_{\odot}$

$M_{\text{viriale}} \gg M \text{ in galassie} : M_{*} \text{ o } M_{\text{gas}}!$

1933 ... Zwicky lo aveva già detto!

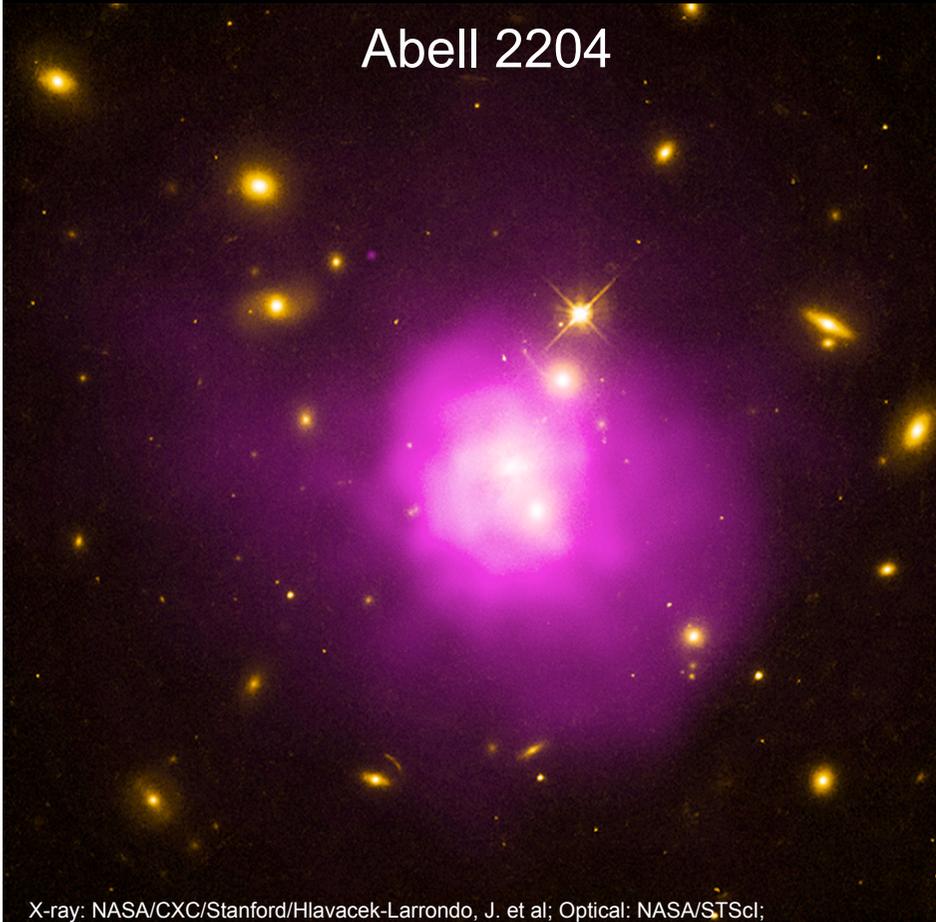


# L'Ammasso di COMA BERENICES



# presenza di gas caldo

Abell 2204



X-ray: NASA/CXC/Stanford/Hlavacek-Larrondo, J. et al; Optical: NASA/STScI;  
X-ray (Purple); Optical (Yellow)

Abell 383



X-ray: NASA/CXC/Caltech/A.Newman et al/Tel Aviv/A.Morandi & M.Limousin;  
Optical: NASA/STScI, ESO/VLT, SDSS  
X-ray (Purple), Optical (White & Blue)

## Lente gravitazionale CL0024+1654:

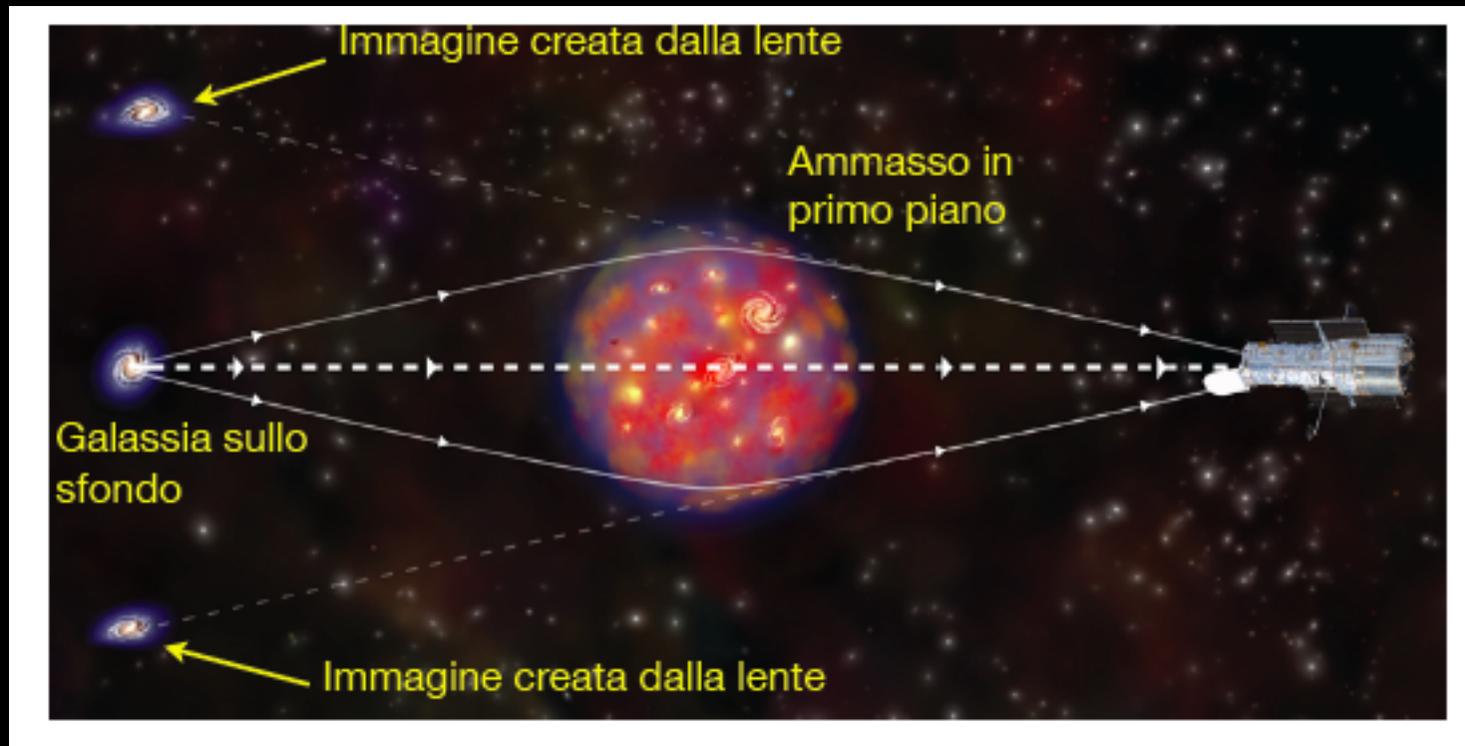
Anelli blu sono immagini di una spirale dietro l'ammasso, che agisce da lente.



Credit: W.N. Colley & E. Turner (Princeton), J.A. Tyson (Lucent Technologies), HST, NASA

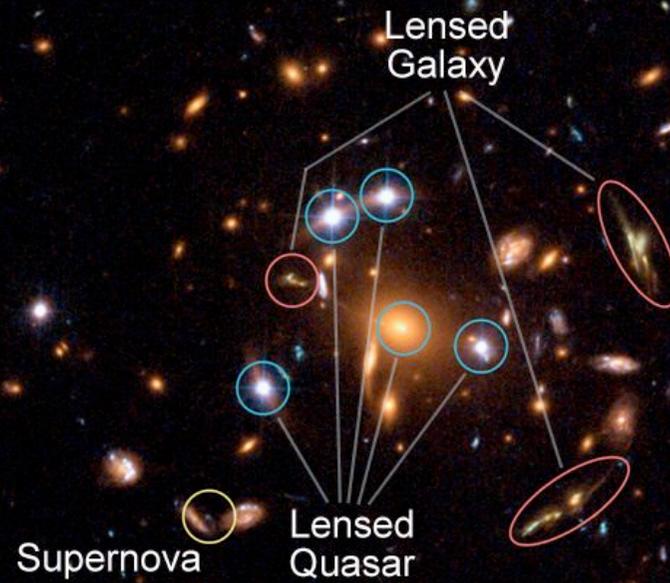
## Lente gravitazionale CL0024+1654:

Anelli blu sono immagini di una spirale dietro l'ammasso, che agisce da lente.



# SDSS J1004+4112

Galaxy Cluster SDSS J1004+4112  
*HST ACS/WFC*



$z=0.68$

Credit: sci.esa.int

Ora avete tutti gli ingredienti



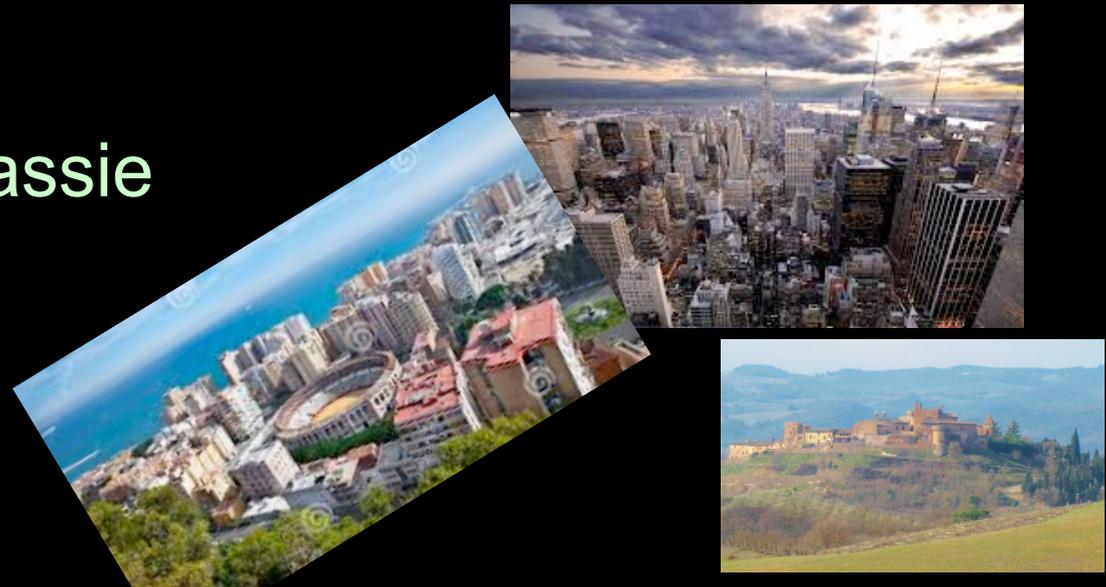
Stelle



Galassie



Ammassi di Galassie





# Grazie

“Smily face”: captured by the Hubble Space Telescope  
galaxy cluster SDSS J1038+4849 in the constellation Ursa Major

JKCS041

Grazie