

... CONTINUA

Galassie in ambienti densi

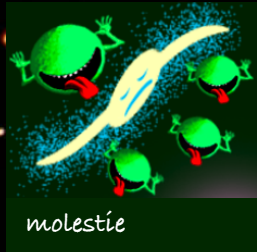
- Il quadro visto finora sulla formazione delle galassie è incompleto
- Ci sono effetti tra galassie che sono molto importanti nella loro formazione, ad esempio collisioni, interazioni mareali e fusioni
- Infatti, anche se le distanze tra galassie sono grandi, in certi momenti della loro vita possono arrivare a incontrarsi. Soprattutto se entrano in ambienti densi (gruppi o ammassi).
- Si calcola che circa la metà delle galassie abbia subito almeno un'interazione dalla sua formazione.

Interazioni tra Galassie

L'interazione tra le galassie rappresenta una situazione straordinaria in cui la gravita` deforma e stira i sistemi e puo` causare una miriade di effetti che vanno dalla semplice distorsione della galassia ad aumenti drammatici della formazione stellare locale o globale (starburst), alla fusione delle galassie in un'unica galassia finale.

Nel passato queste interazioni erano piu` frequenti

Interazioni che modificano una galassia



Una piccola galassia “molesta”
una galassia più grande.
La piccola viene spogliata del
suo gas, la grande solo disturbata.
Si innesca formazione stellare.

La piccola galassia senza
gas invecchia, diventerà
rossa, si disgregherà e
verrà “cannibalizzata”

...ancora galassie “molestate”

Arp 87

Formazione stellare indotta.

Le forze mareali sono anche responsabili dell'aumento di formazione stellare: onde di pressione fanno collassare i nuclei delle nubi di gas molecolare giganti.

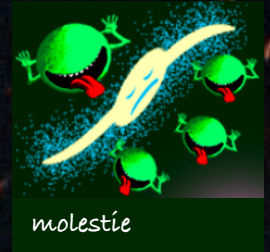
Formazione di

Code e Ponti Mareali:

le stelle e il gas più esterni sono strappati dalle galassie dalle forze mareali

Arp 273

Interazioni che modificano una galassia



Un caso di “molestie”
estremo: l’interazione
tra le due galassie nane
ha innescato la
formazione di nuove
stelle ==> SN
==> venti stellari (bolle)

Zwicky 18 (nana Irr)

Interazioni che modificano una galassia

Lo spazio tra le galassie di un ammasso non è vuoto ma c'è un tenue gas (densità ~ 1 atomo per cm^3)

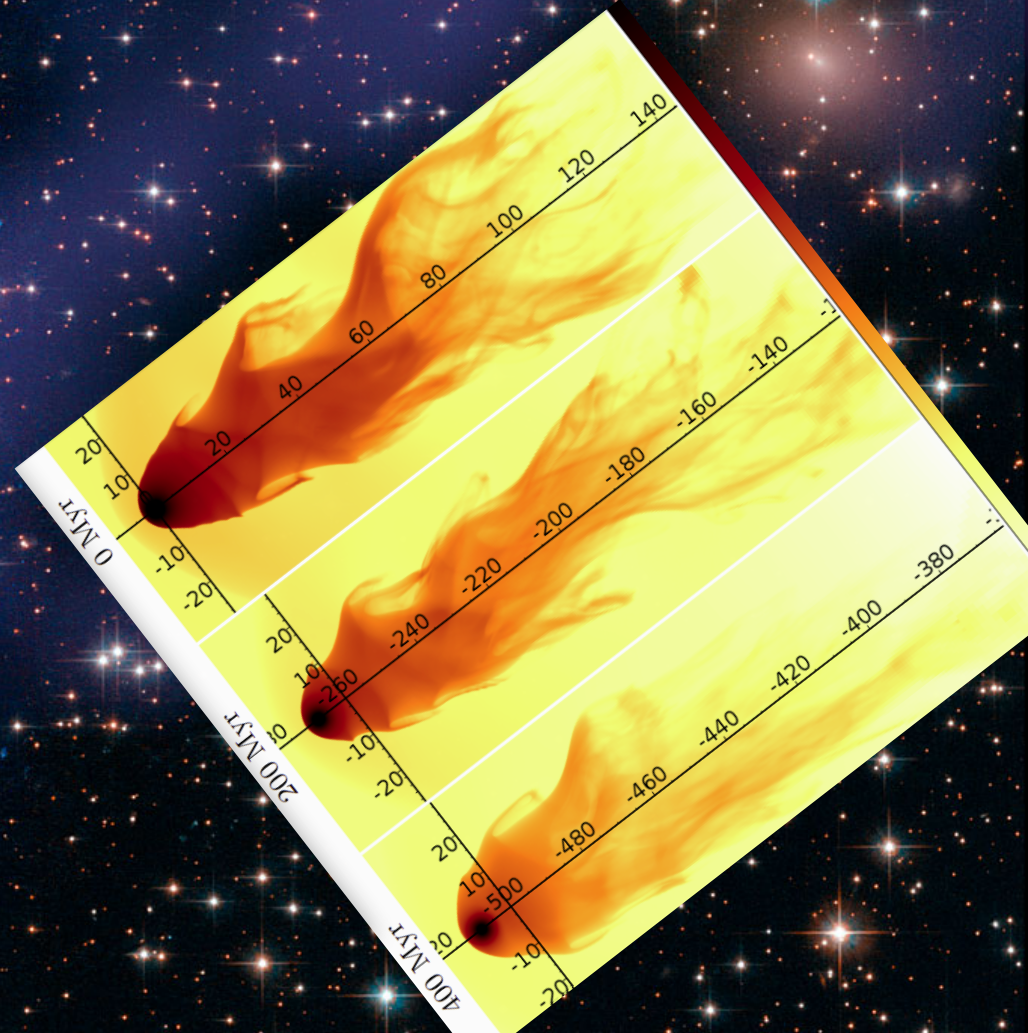


Quando una galassia entra nell'ammasso risente della pressione esercitata dal gas su di essa.

La pressione è tale da spogliare del suo gas la galassia (chiamata pressione d'ariete).

Interazioni che modificano una galassia

Rimozione del Gas x
Pressione d'Ariete;
anche questa galassia
diventerà rossa



spoliazione per
pressione d'ariete



Interazioni che modificano una galassia

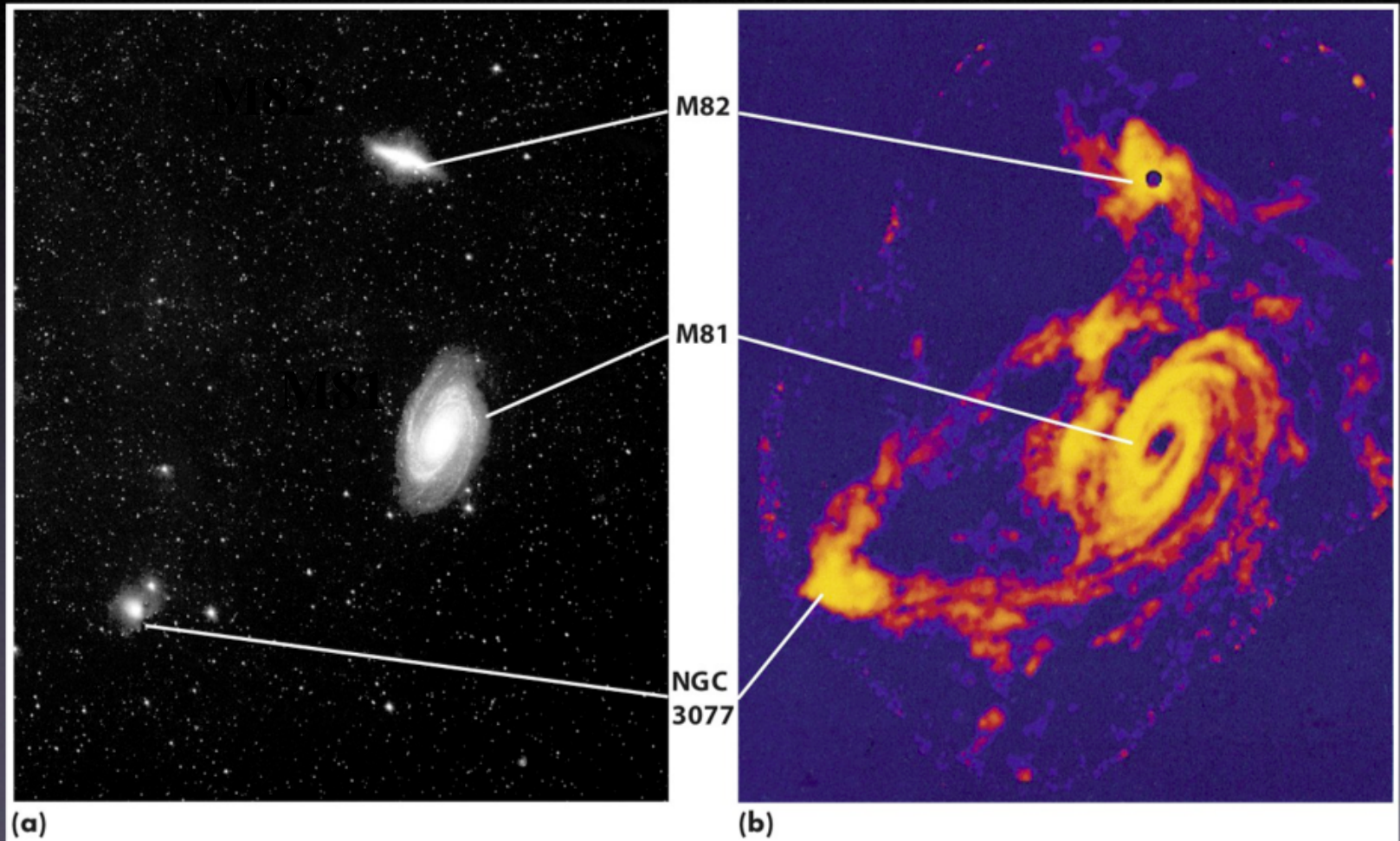


Immagine ottica

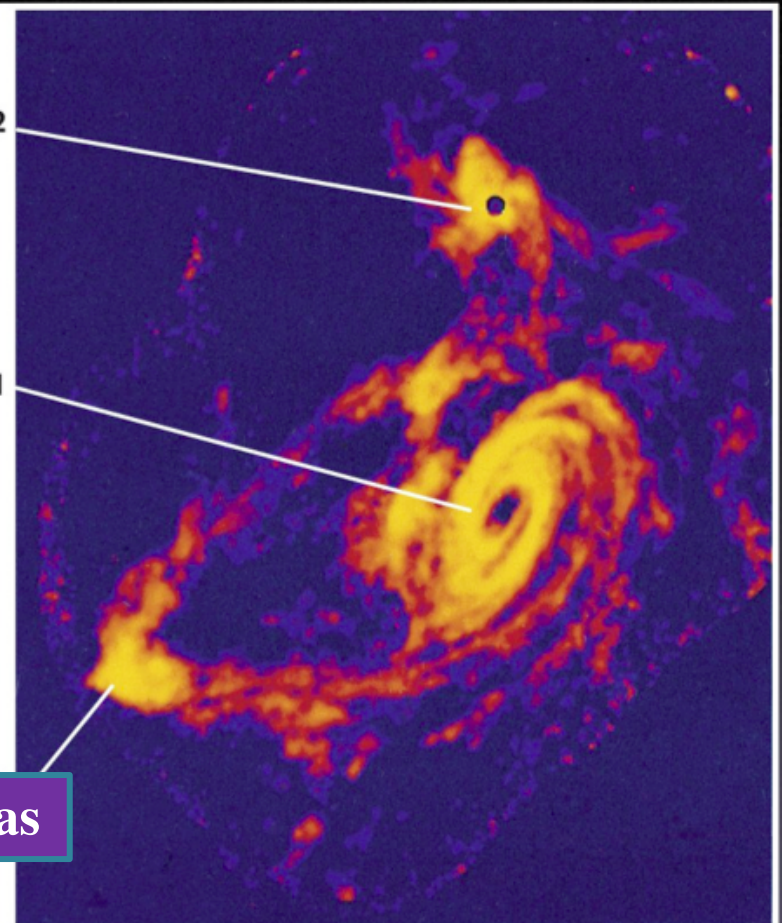
Immagine HI

Interazioni che modificano una galassia



(a)

Immagine ottica



(b)

Immagine HI

Superventi di SN svuotano la galassia del gas

Interazioni che modificano una galassia

ARP 148

Galassie che si attraversano

ARP 147



Le interazioni producono un effetto onda di pressione che spinge stelle e gas verso l'esterno fino a formare un **anello**.

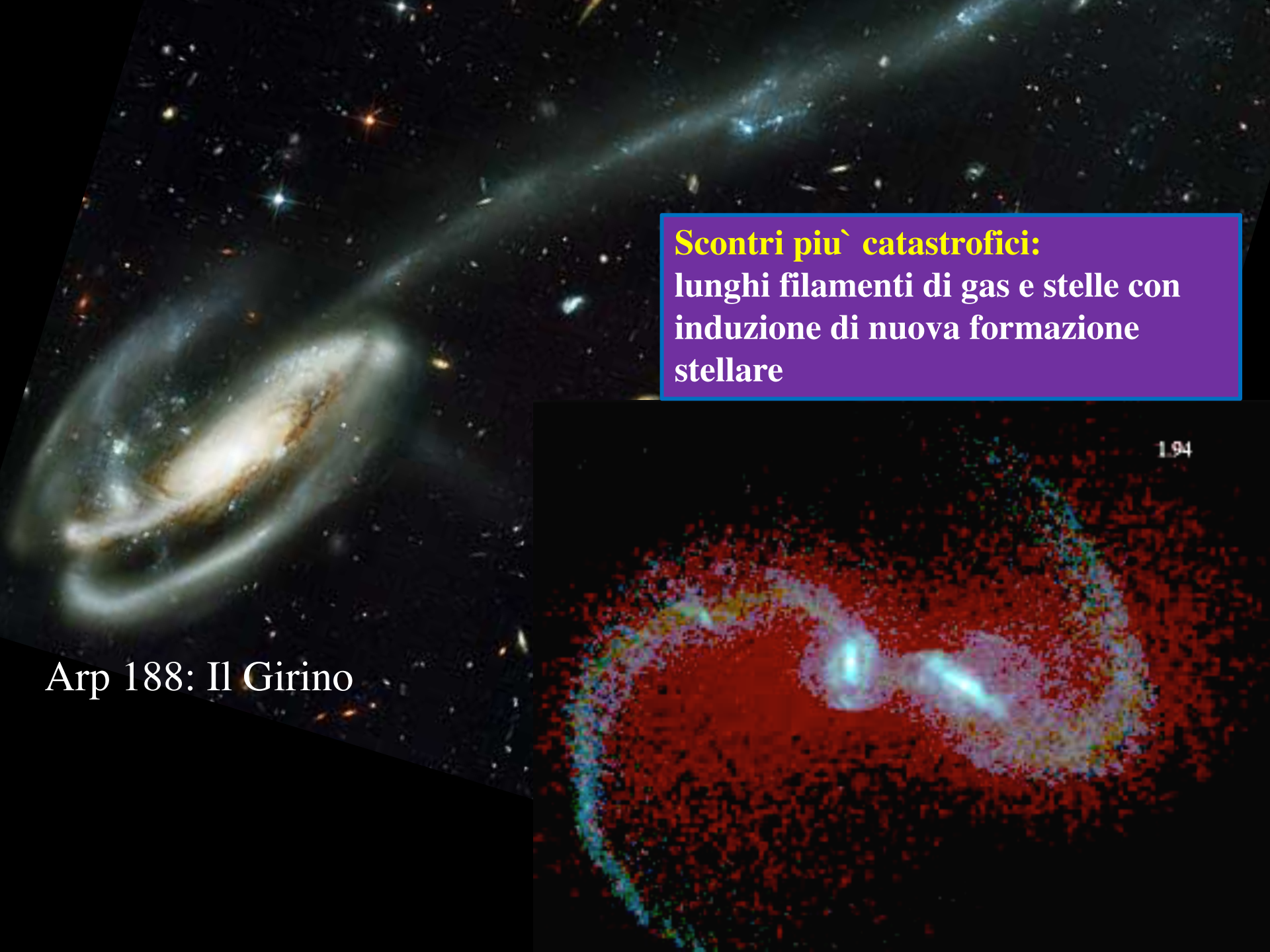
Interazioni tra Galassie con masse simili: verso una galassia tutta nuova!

Le Antenne

Scontri più catastrofici:

lunghi filamenti di gas e stelle con
induzione di nuova formazione
stellare

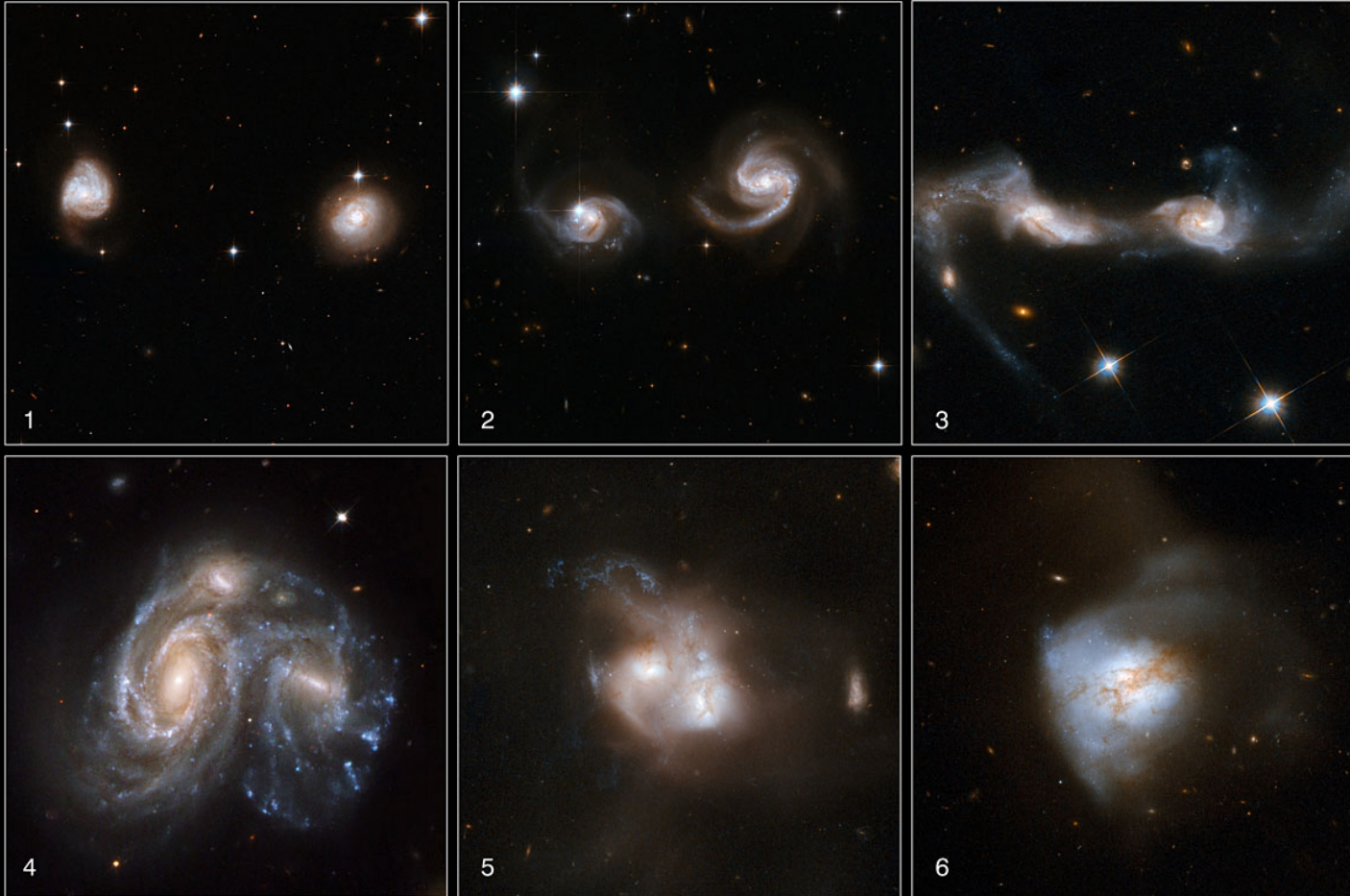




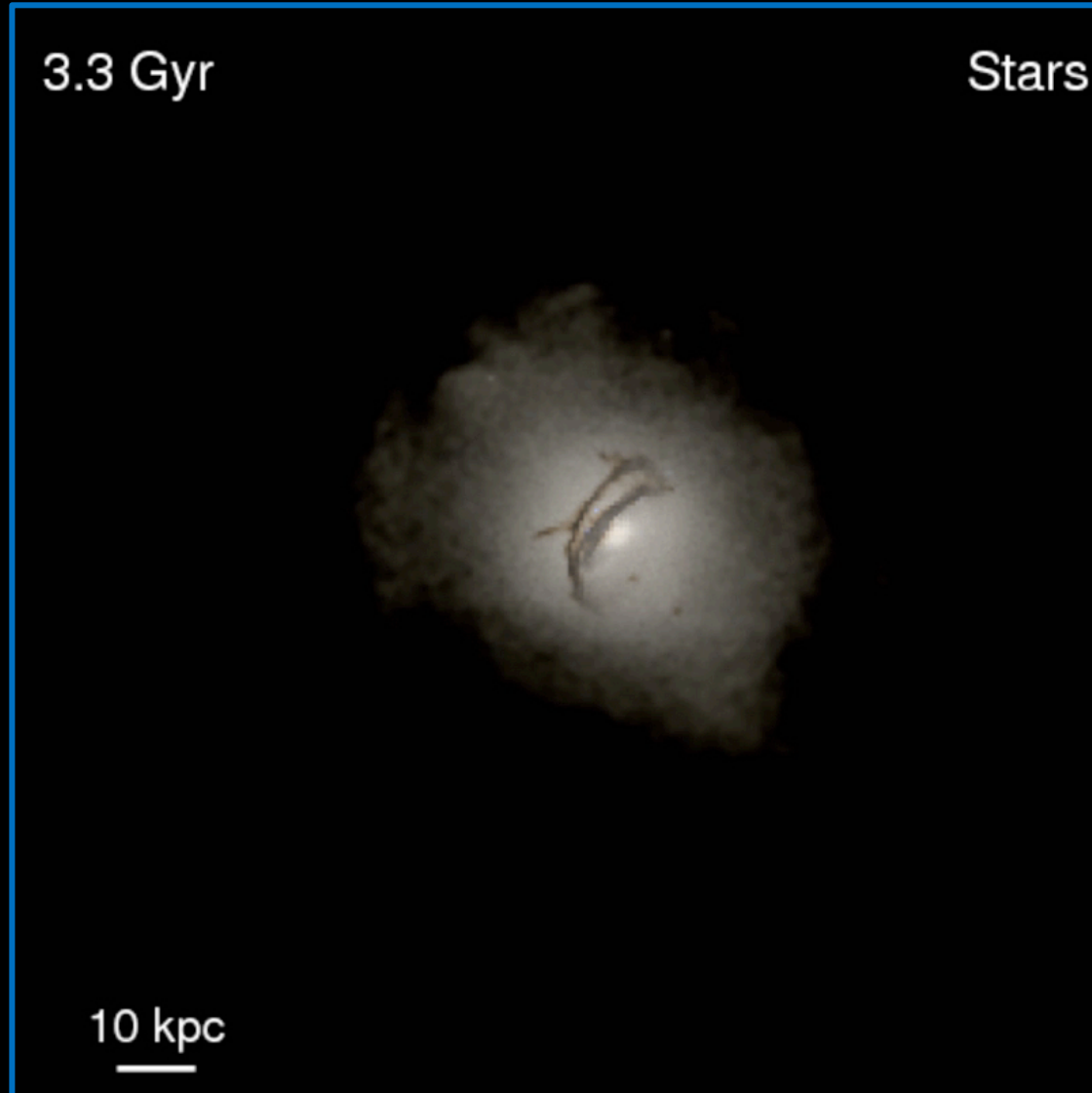
Scontri piu` catastrofici:
lunghi filamenti di gas e stelle con
induzione di nuova formazione
stellare

Arp 188: Il Girino

Le collisioni tra **Spirali** possono dare vita a una galassia con morfologia S0 o Ellittica



Le collisioni tra Spirali possono dare vita a una galassia con morfologia S0 o Ellittica



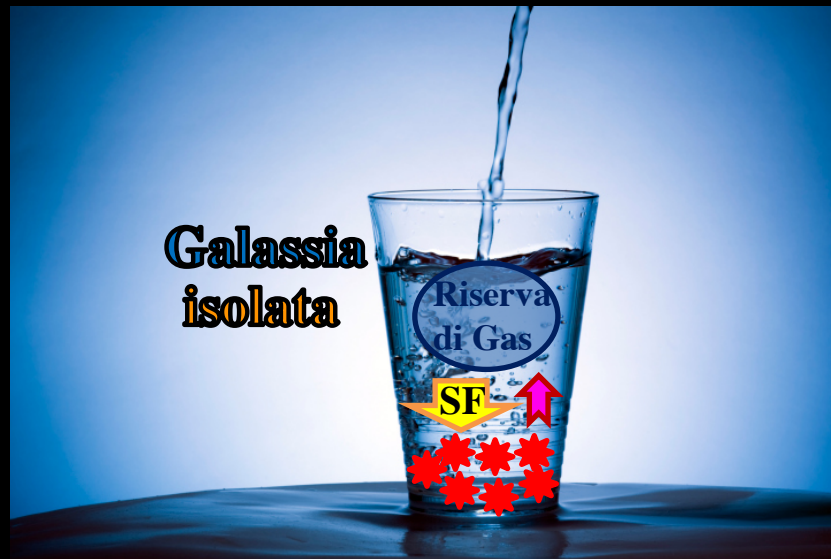
Centaurus A:

Galassia Ellittica con Banda di Polvere

**Un caso di “cannibalismo” galattico
Evidenze di distruzione e assimilazione**



Modello di Galassia



Modello di Galassia

Acquisito tramite:

- Collisioni
- Maree
- Fusione



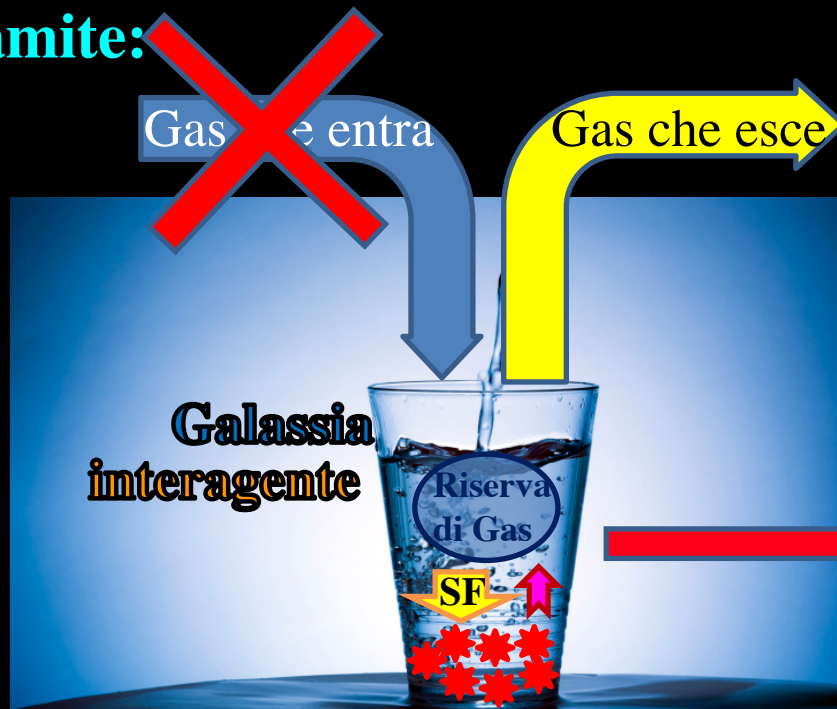
Perso tramite:

- Maree
- Pressione d'Ariete
- Superventi di SN
- ...

Modello di Galassia

Acquisito tramite:

- Collisioni
- Maree
- Fusione



Perso tramite:

- Maree
- Pressione d'Ariete
- Superventi di SN
- ...

Ecco spiegata la relazione Morfologia-densita': perche' negli ambienti piu' densi troviamo piu' Ellittiche e galassie rosse

La Galassia diventa passiva e rossa (pop★vecchia)

o

Ellittica (se fusione di due Spirali)

Universo in Fiore 2018

CORSO BASE

I GIGANTI DEL COSMO: GLI AMMASSI DI GALASSIE

Sabrina De Grandi

INAF



Osservatorio
Astronomico
di

INAF

Brera

sabrina.degrandi@brera.inaf.it

Organizzazione spaziale delle galassie

Ammassi

Gruppi

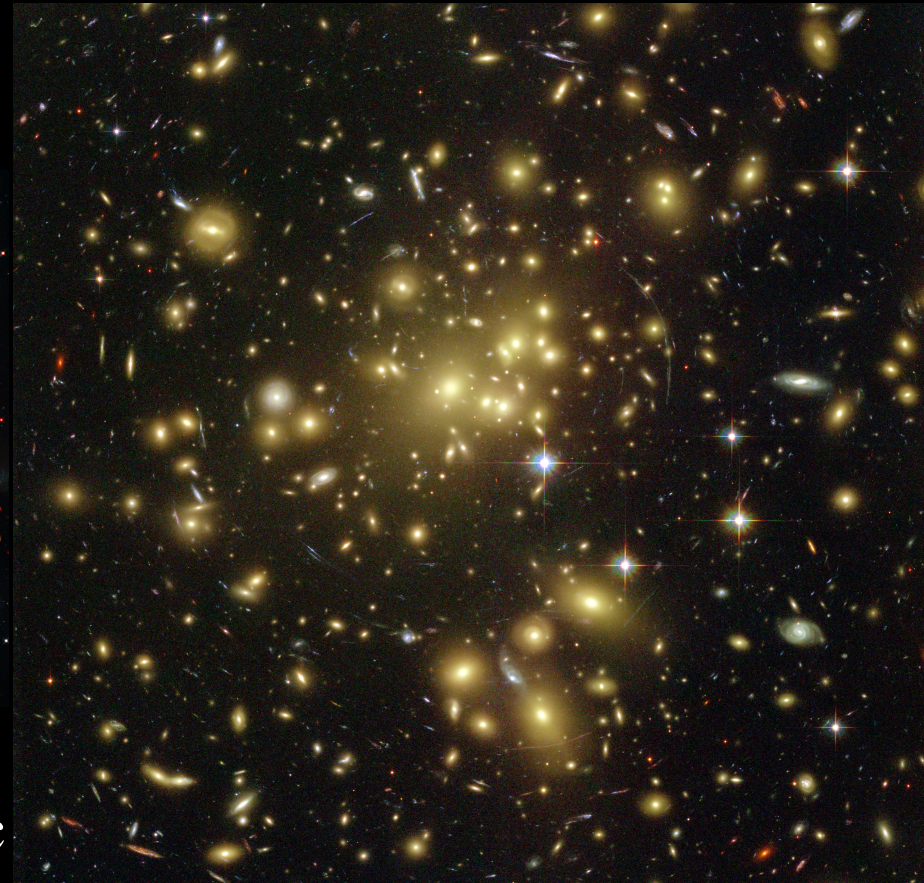
Galassie



100 mila a.l.
~30 kpc



3 milioni a.l. ~ 10^6 kpc



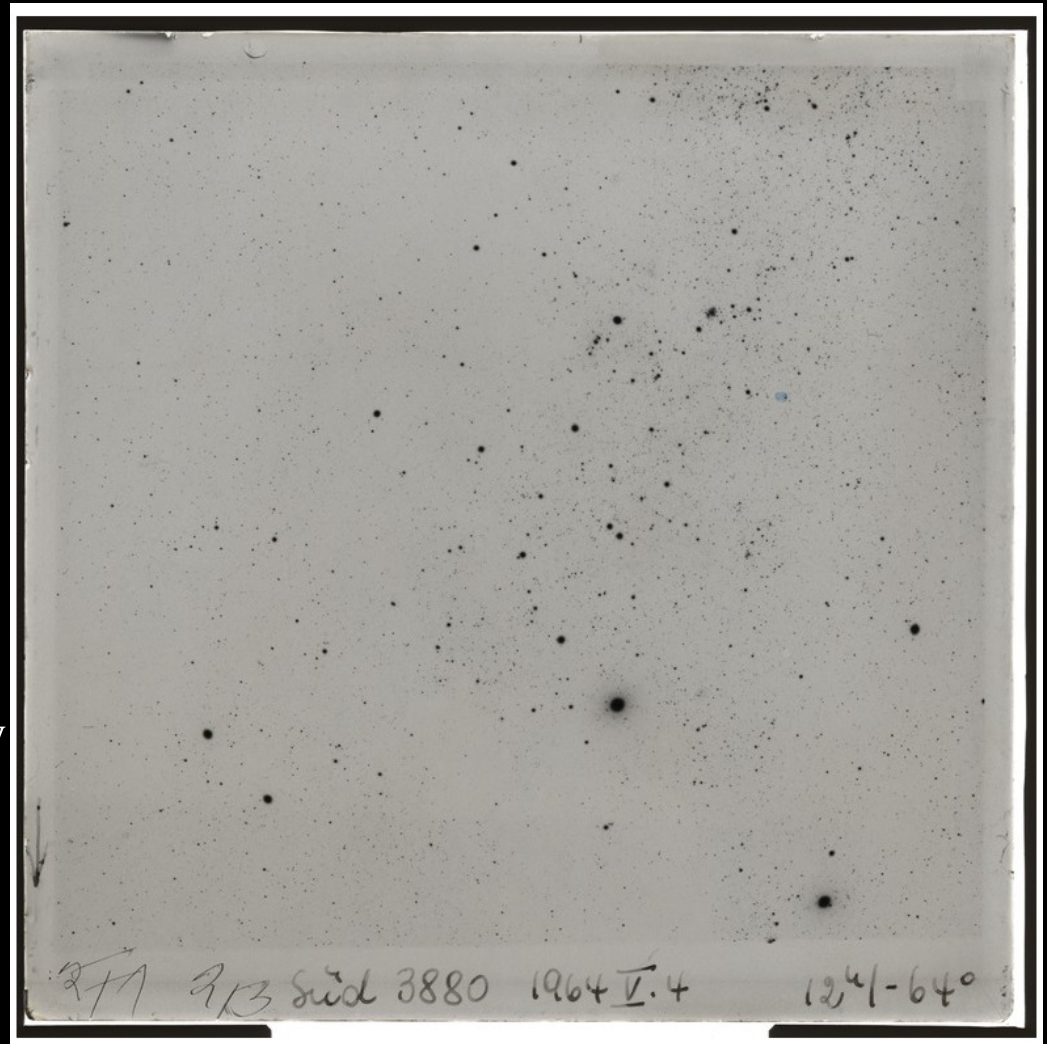
20 milioni a.l. ~ 7×10^6 kpc

I primi cataloghi ottici di ammassi

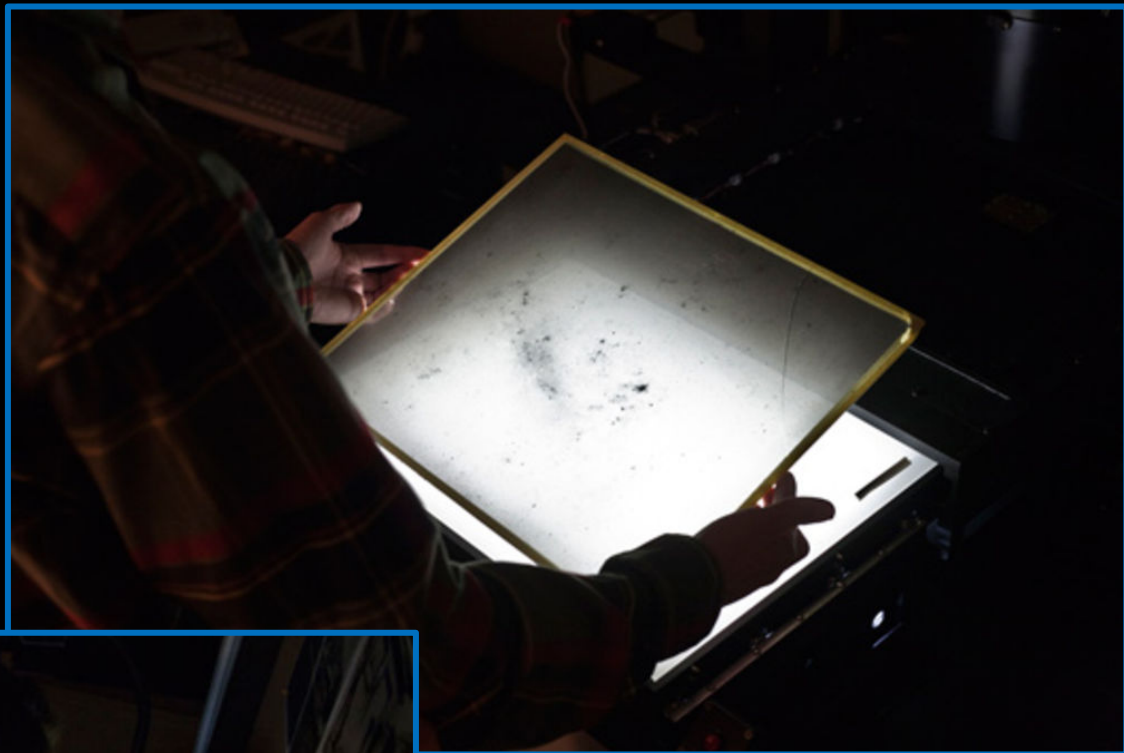
**Fino agli anni '80:
ispezione visuale di
lastre fotografiche
alla ricerca di
sovradensita` di
galassie.**

Es. di lastre fotografiche:

- PSS: National Geographic Society-Palomar Observatory Sky Survey (Telescopio 5m Hale, Mt. Wilson US)
- UKST: Schmidt telescope IIIa-J plates (Telescopio 1.2m, UK-Australia),...



**I cataloghi di
Abell (1958)
e
Zwicky (1961-1968)**



**Il catalogo piu' usato:
Abell (1958)
Emisfero Nord (2712)
e
A.C.O. (1989)
Emisfero Sud (1364).**



1958: Abell ispeziono' di 104 deg^2 di lastre PSS (Luna $\sim 0.25 \text{ deg}^2$)

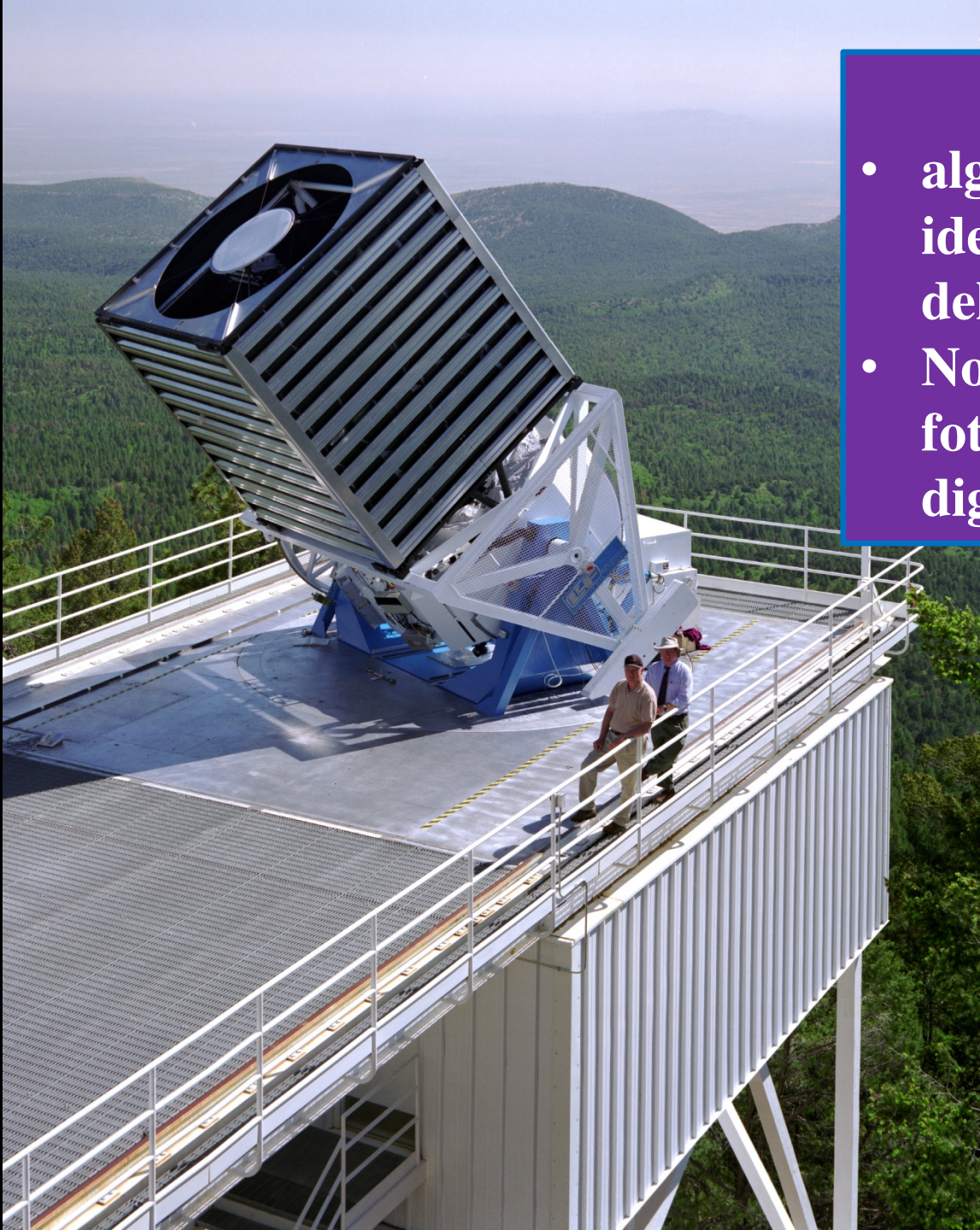
Criteri principali:

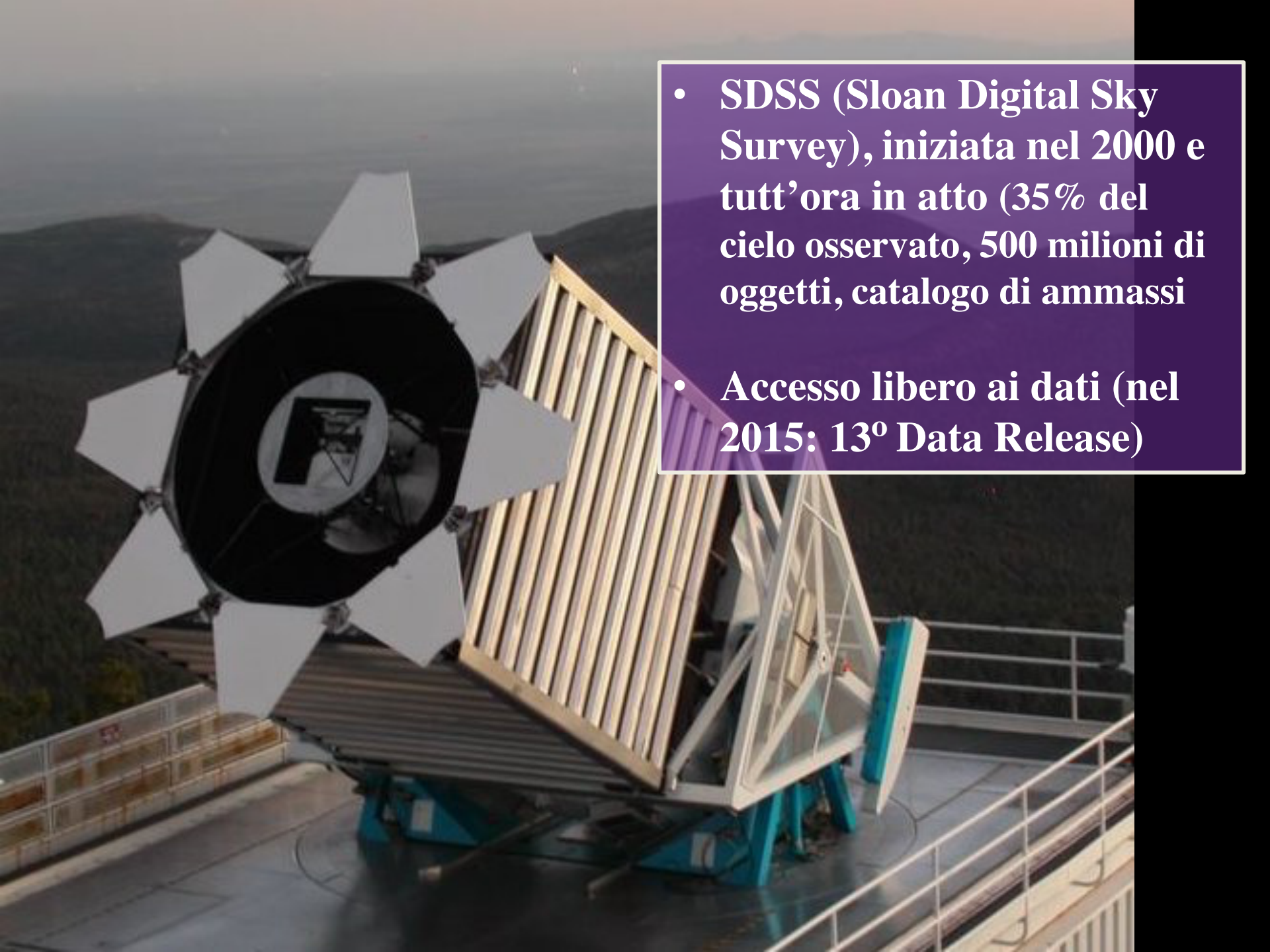
- almeno 30 galassie
- compatto ($0.02 < z < 0.2$)
- piano galattico escluso

Dagli anni '90:

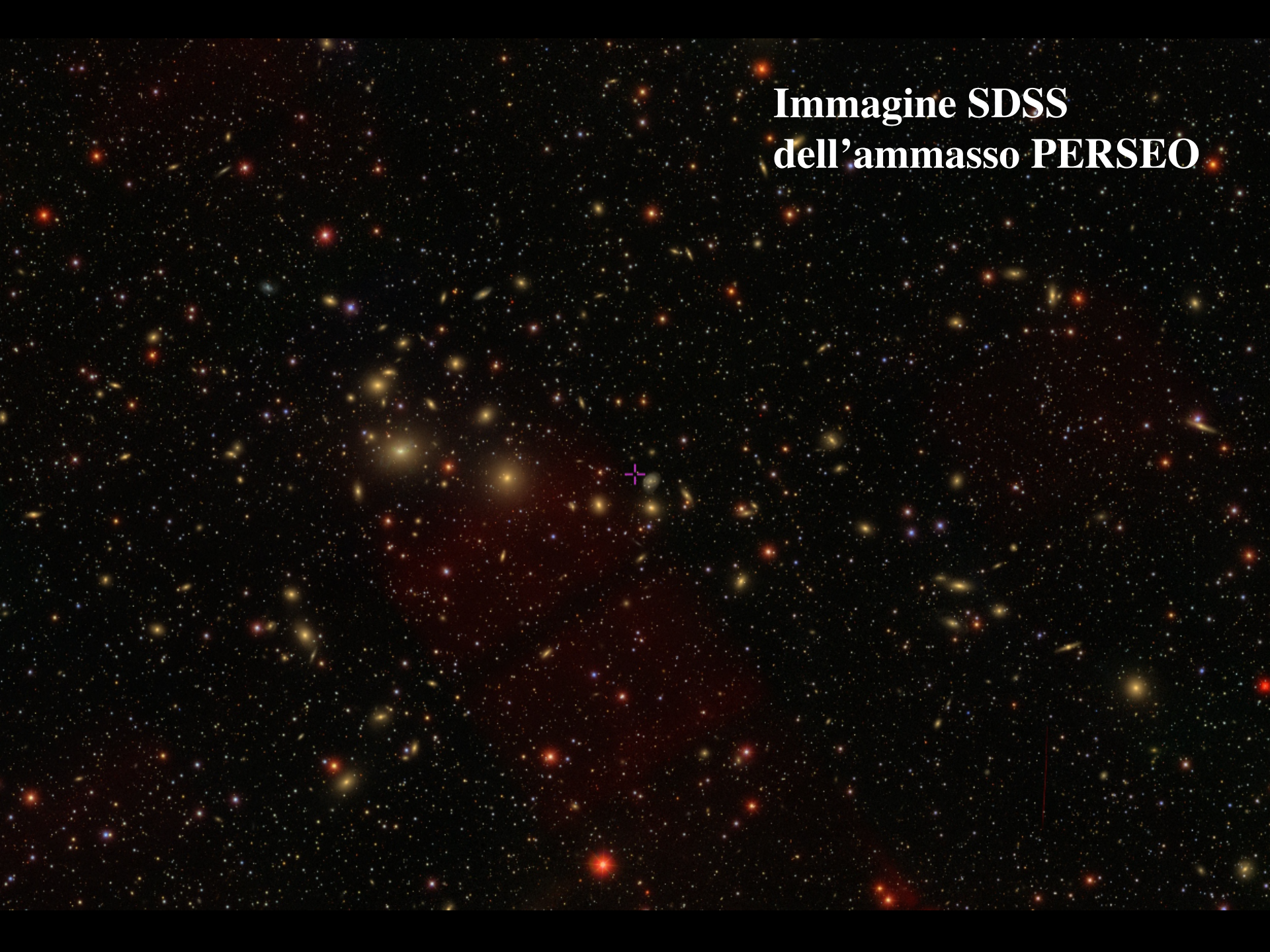
- algoritmi automatici di identificazione al posto dell'occhio umano.
- Non più lastre fotografiche, ma immagini digitali (CCD)

**Telescopio dedicato ad
Apache Point 2.5m (US)**



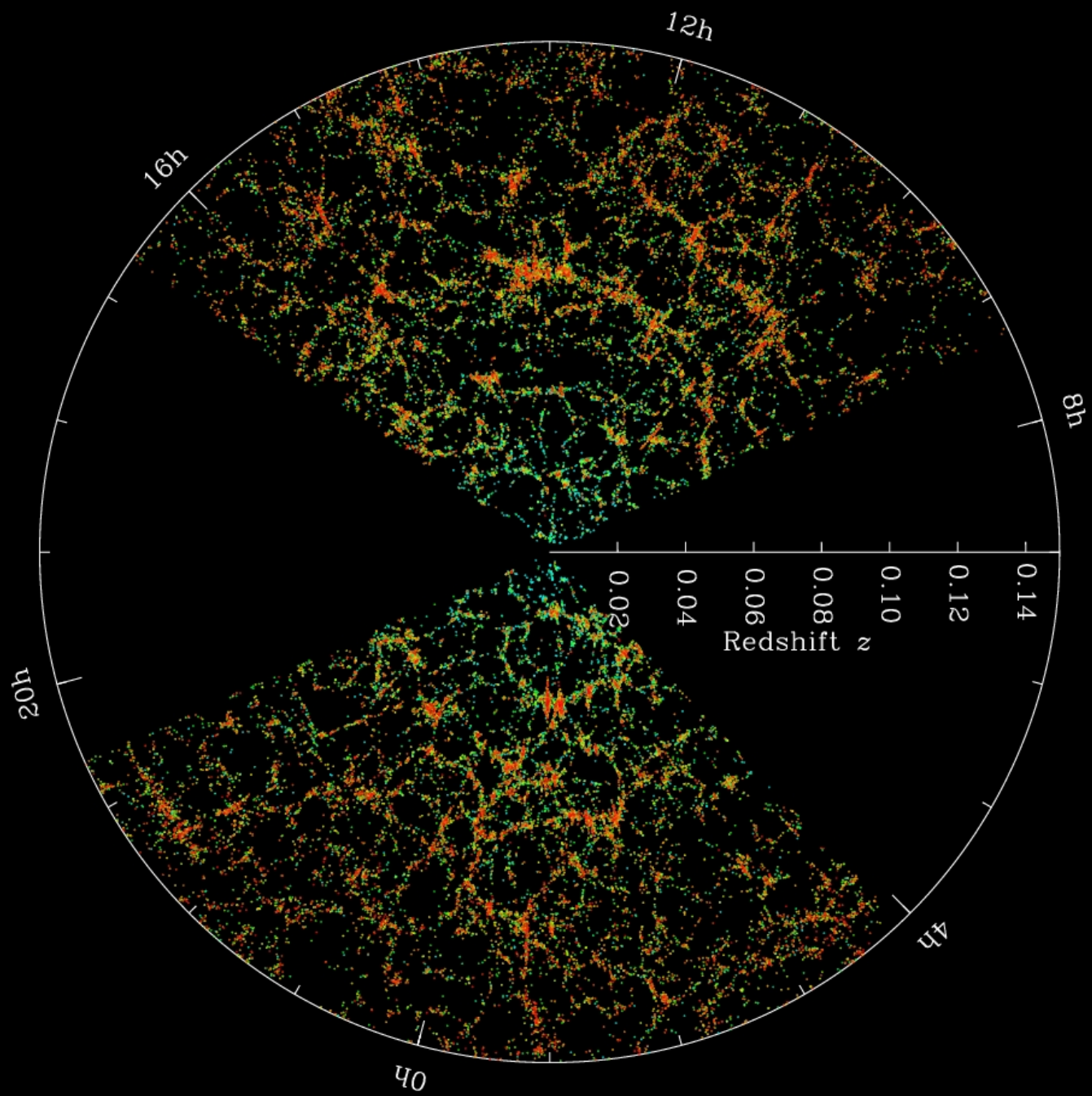
- 
- SDSS (Sloan Digital Sky Survey), iniziata nel 2000 e tutt'ora in atto (35% del cielo osservato, 500 milioni di oggetti, catalogo di ammassi
 - Accesso libero ai dati (nel 2015: 13° Data Release)

**Immagine SDSS
dell'ammasso PERSEO**



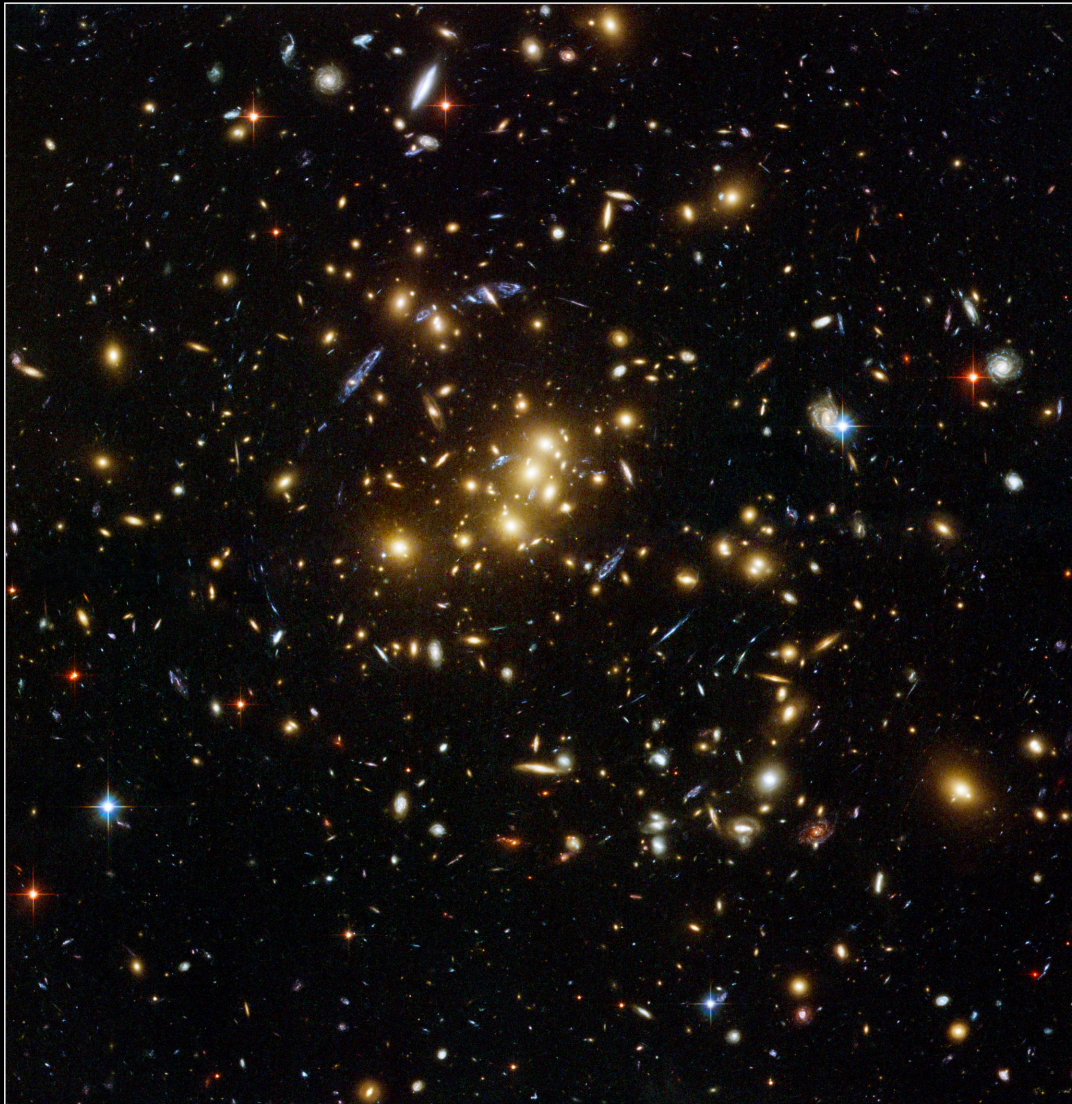
**Immagine SDSS
dell'ammasso A2142**





Hubble Space Telescope (1990)





Galaxy Cluster Cl 0024+17 (ZwCl 0024+1652)
Hubble Space Telescope • ACS/WFC

Galaxy Cluster Abell 1689



Hubble
Heritage

Galaxy Cluster Abell 68





DIAMETRO tipico di un ammasso di galassie
~ 20 milioni anni luce ~ 7 Mpc

DISTANZA di MACS J1206
~ 4.5 miliardi di anni luce ~ 1500 Mpc

**Iniziamo da vicino.
Ci chiediamo:
Dove si trova la Via Lattea?**

ovvero

**Noi ci troviamo in un
ambiente denso o povero di
galassie?**

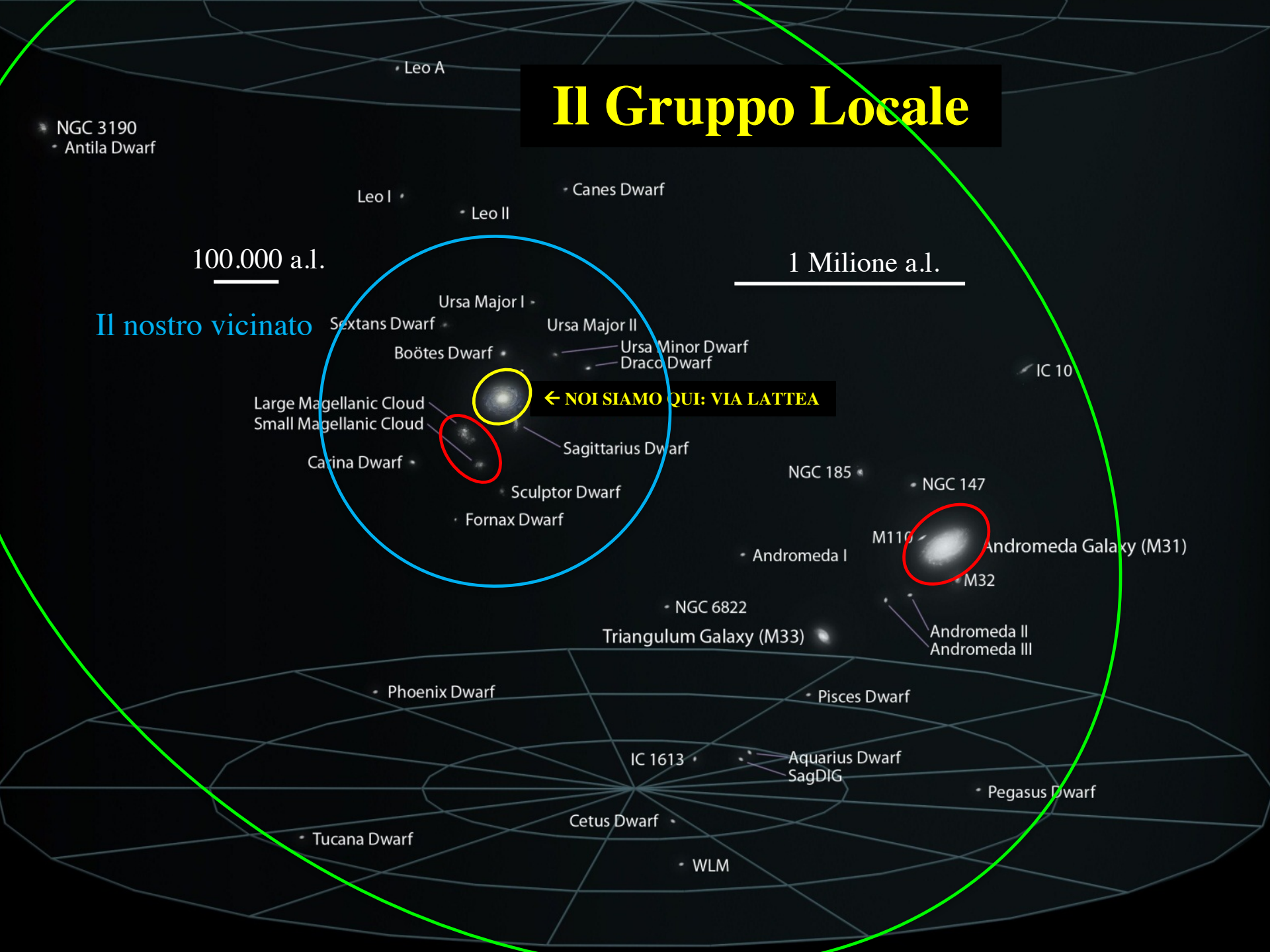
Il Gruppo Locale

100.000 a.l.

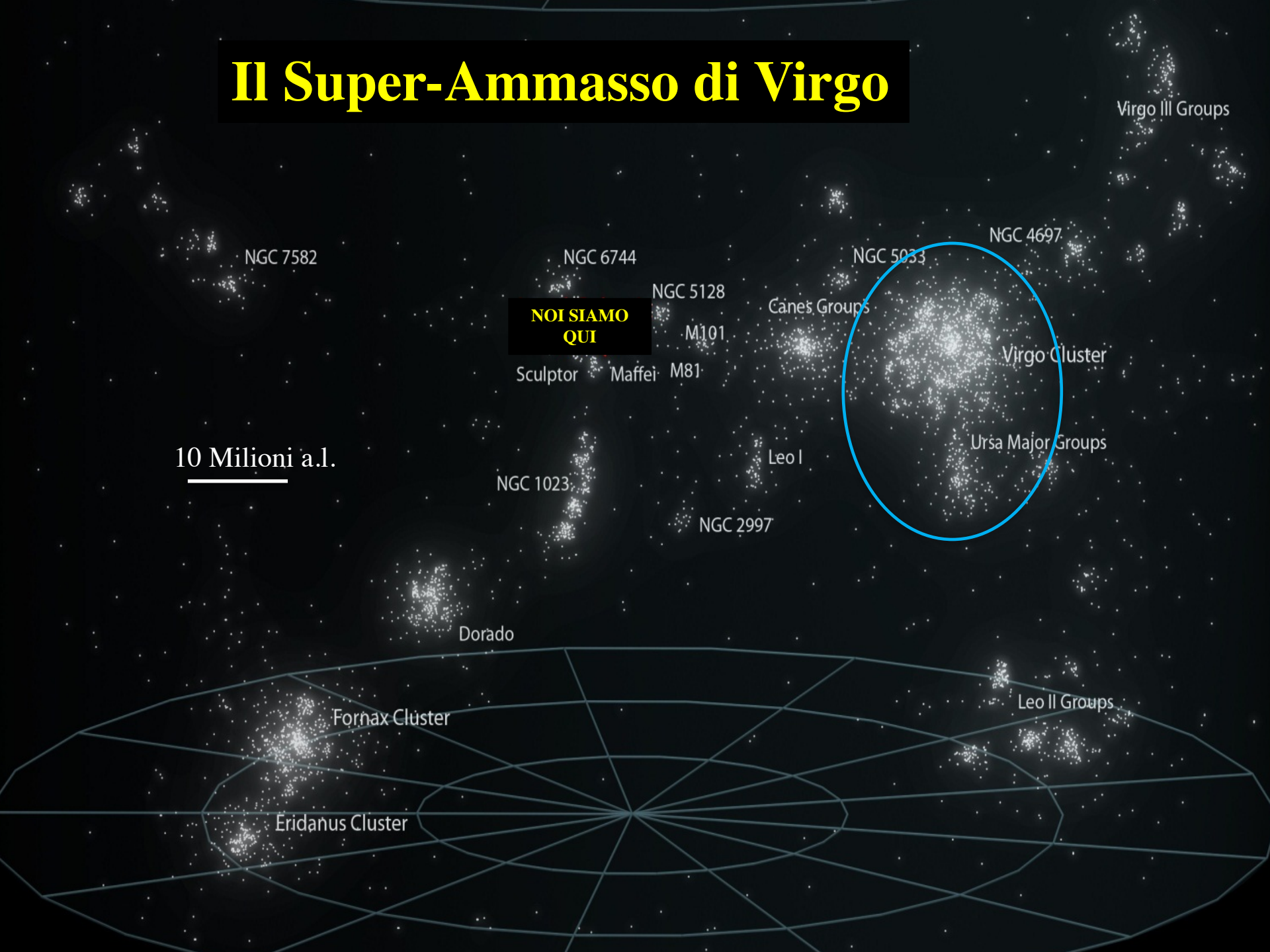
1 Milione a.l.

Il nostro vicinato

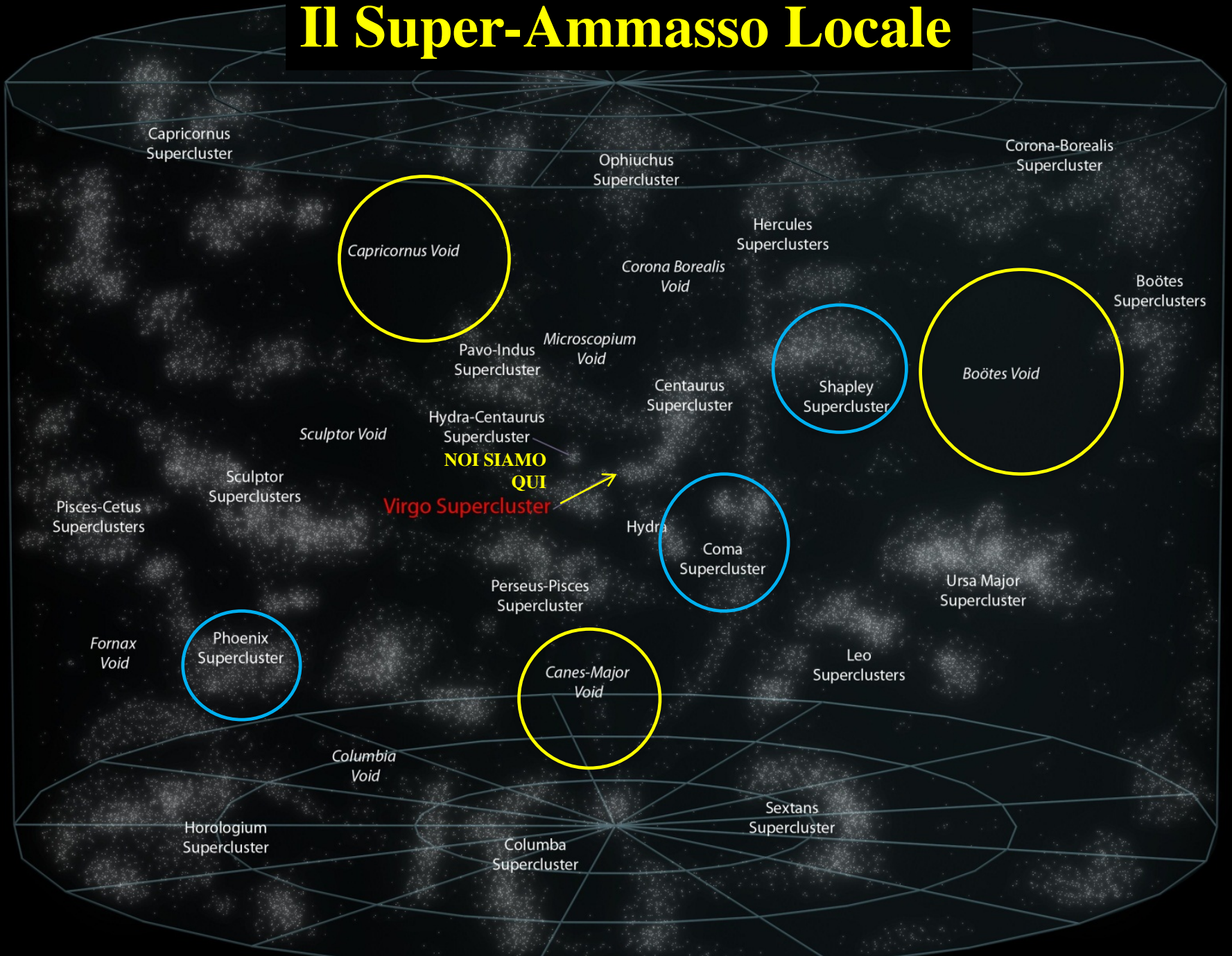
← NOI SIAMO QUI: VIA LATTEA



Il Super-Ammasso di Virgo



Il Super-Ammasso Locale



PANORAMA

Spazio

Laniakea, il "grande paradiso" cosmico che ci ospita

È una struttura larga cinquecento milioni di anni luce e che contiene centomila galassie. Gli astronomi ne hanno mappato i confini, ma è solo la punta dell'iceberg dell'immensa popolazione di oggetti sparsi nell'universo

4 settembre 2014

ACCEDI

The Laniakea supercluster of galaxies

R. Brent Tully, Hélène Courtois, Yehuda Hoffman & Daniel Pomarède

[Affiliations](#) | [Contributions](#) | [Corresponding author](#)

Nature 513, 71–73 (04 September 2014) | doi:10.1038/nature13674

Received: 07 April 2014 | Accepted: 07 July 2014 | Published online: 03 September 2014



Focus.it

ACCEDI

ABBONATI



[HOME](#) | [SCIENZA](#) | [SPAZIO](#)

Laniakea, la nostra casa nell'Universo

La Via Lattea, il suo gruppo di galassie e altri 13 gruppi - miliardi e miliardi di stelle - formano Laniakea, l'Immenso Paradiso. E precipitano verso il Grande Attrattore. Ecco la nuova mappa dell'Universo.



Nuova definizione del “Super-ammasso Locale” (basata sulla misura delle velocità peculiari)

COMA

SHAPLEY

Tully et al. 2014

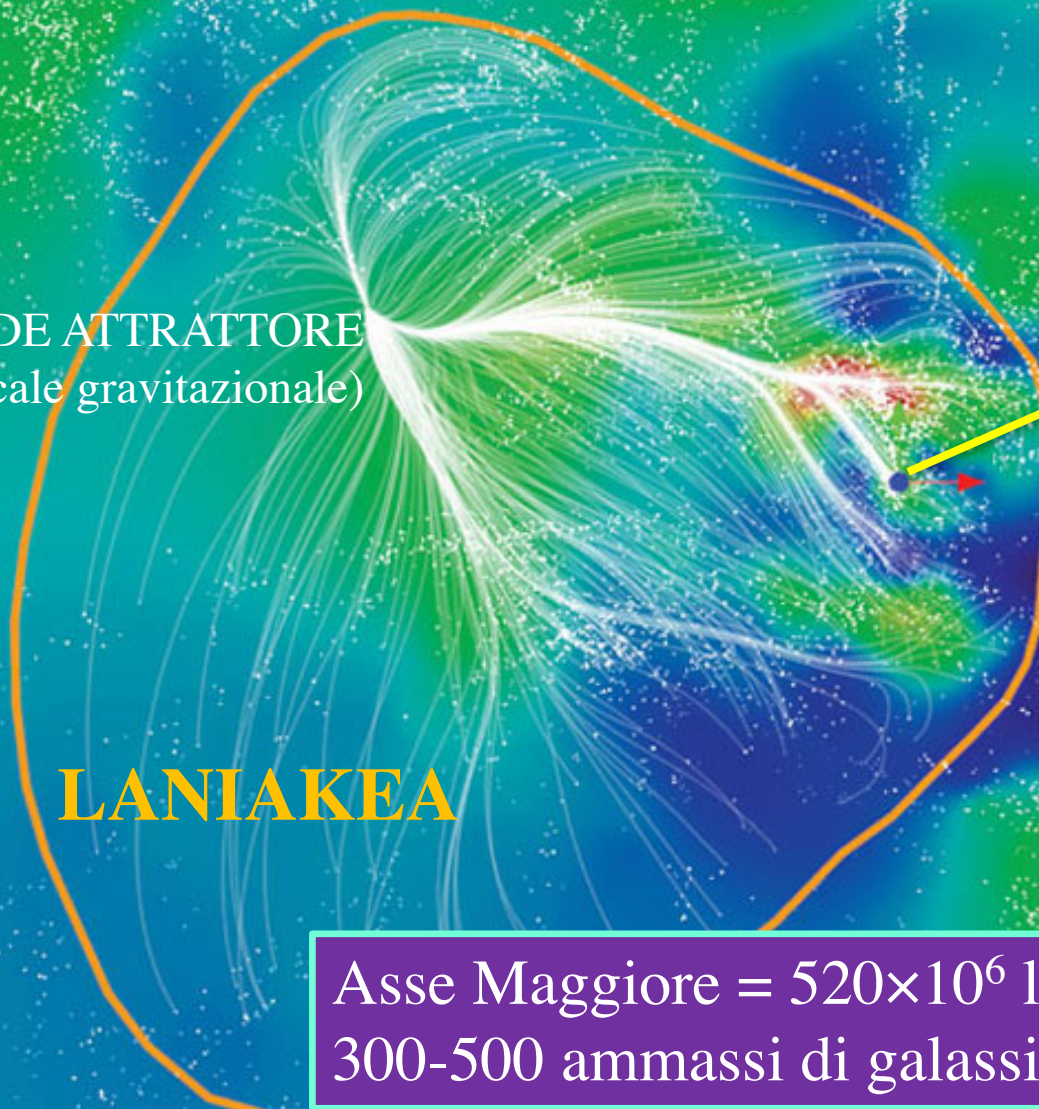
II GRANDE ATTRATTORE
(punto focale gravitazionale)

VIA LATTEA
(al bordo di questa
struttura enorme)

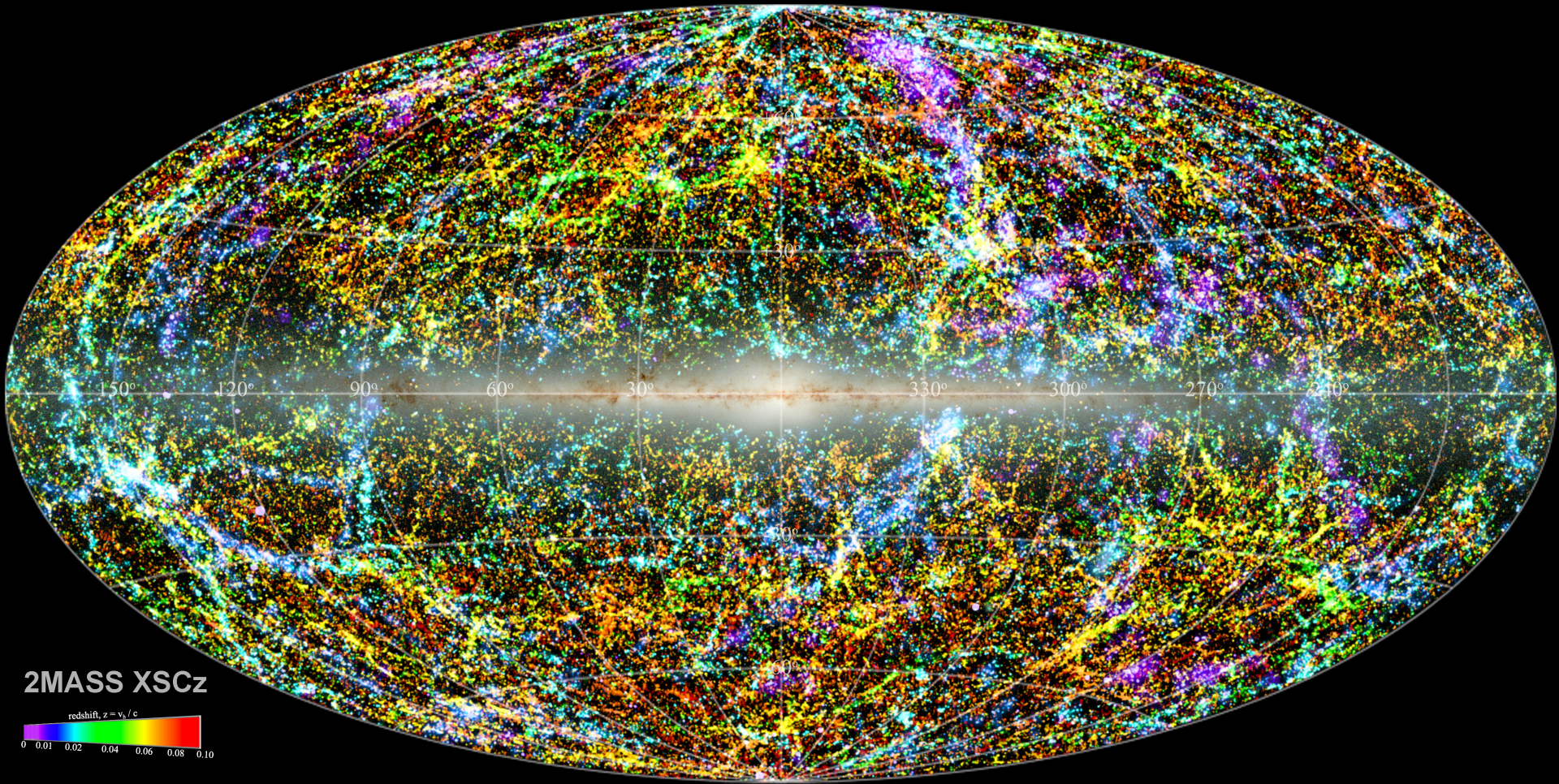
PERSEUS-PISCES

LANIAKEA

Asse Maggiore = 520×10^6 ly (159 Mpc)
300-500 ammassi di galassie (2MASS survey)

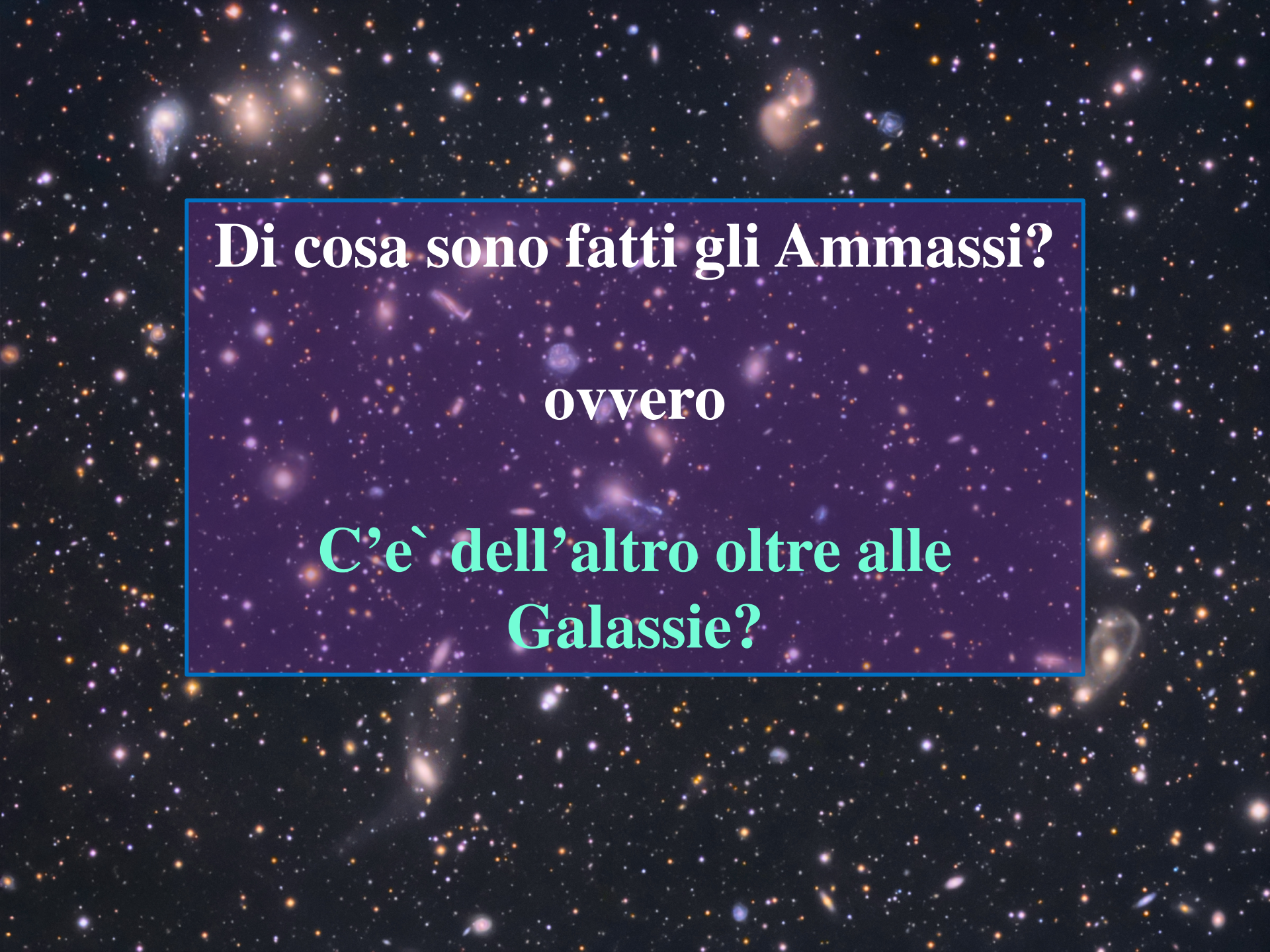


Universo Locale ($D < 200$ Mpc)



2MASS (2 Micron All Sky Survey):

osservate 1.6 milioni di galassie, rilevati centinaia (~500) di ammassi
(Mt Hopkins, Arizona, Cerro Tololo Cile, 1997-2001)



Di cosa sono fatti gli Ammassi?

ovvero

**C'è dell'altro oltre alle
Galassie?**

Ammasso di Galassie: nell'ottico

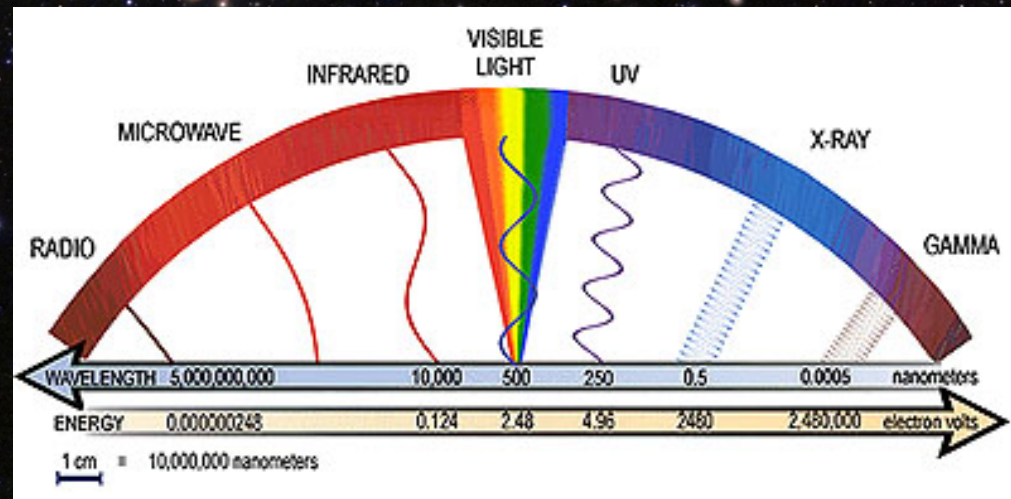
Galassie:

Fatte di stelle (gas/polvere).

Visibili nell'ottico

Telescopi a Terra e nello spazio

Ammasso di Coma



10 arcmin

NGC 4889

NGC 4860

NGC 4858

NGC 4874

IC 4040

IC 4051

QSO

NGC 4921

NGC 4923 (T)

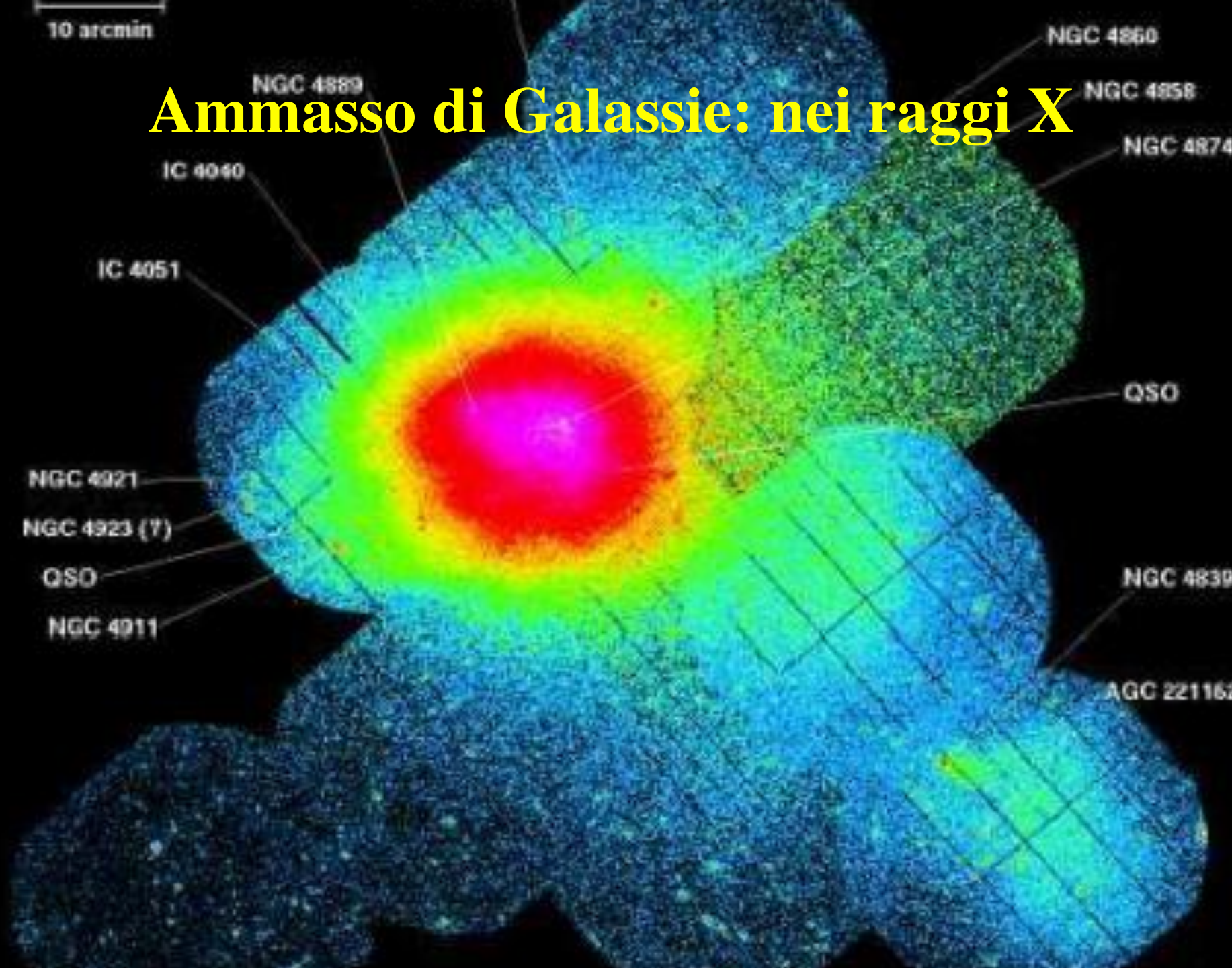
QSO

NGC 4911

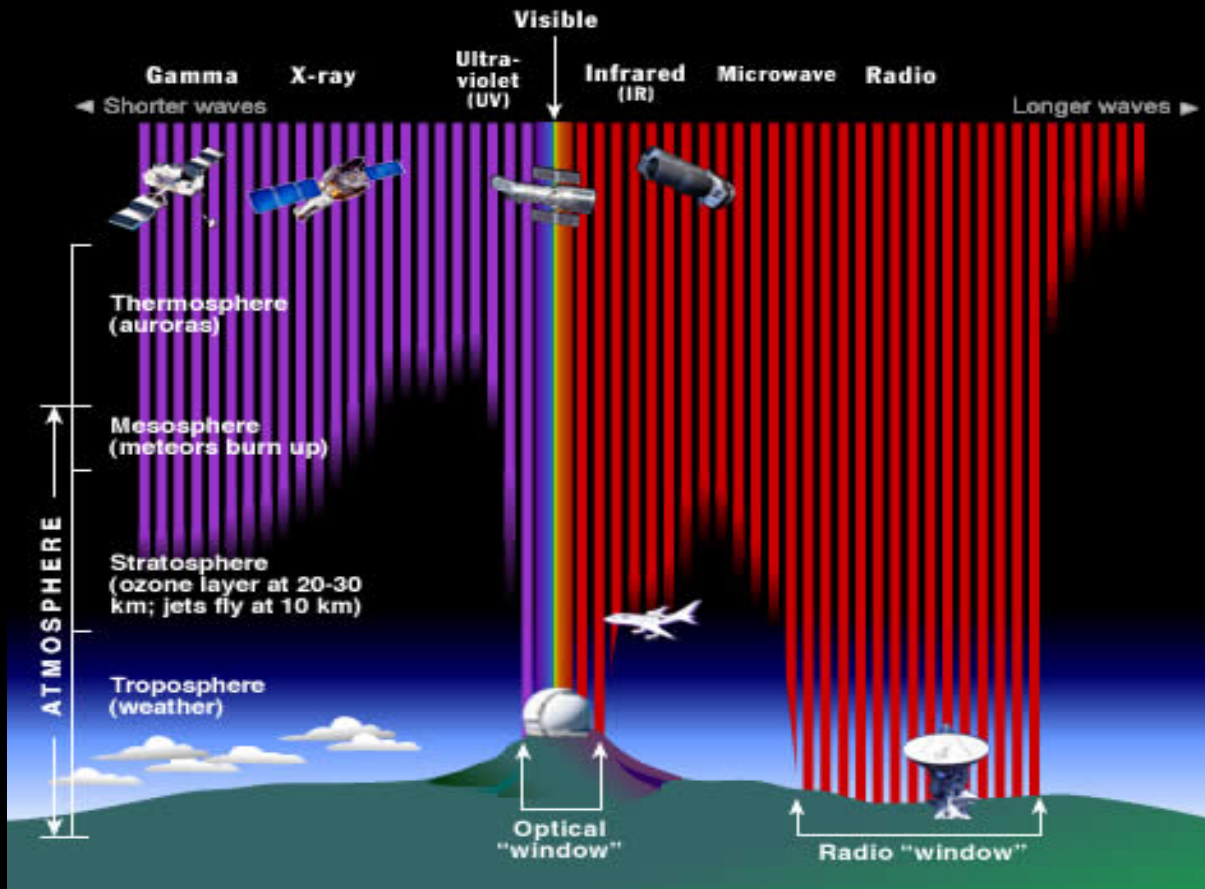
NGC 4839

AGC 221162

Ammasso di Galassie: nei raggi X



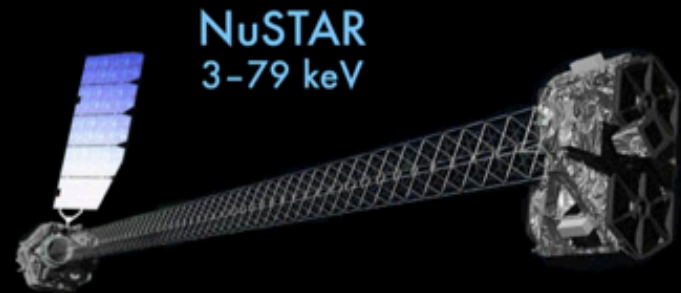
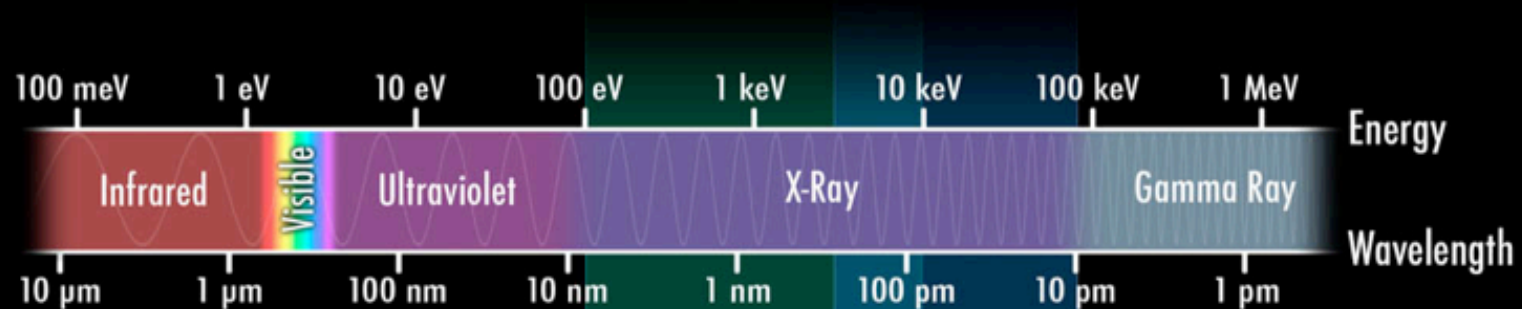
Astronomia X: l'assorbimento atmosferico



**Data di nascita dell'astronomia in banda X: 1962
con la scoperta della prima sorgente X (Scorpio X-1)
Premio Nobel per la Fisica: 2002 a R. Giacconi**

Astronomia X: oggi

X-Ray Telescopes & the Electromagnetic Spectrum



**Dal 1999 due grandi telescopi:
XMM-Newton (ESA) e Chandra (NASA).
Altri piccoli telescopi: ~~Suzaku (JAXA)~~, NuSTAR (NASA)**

Chandra (X-ray)

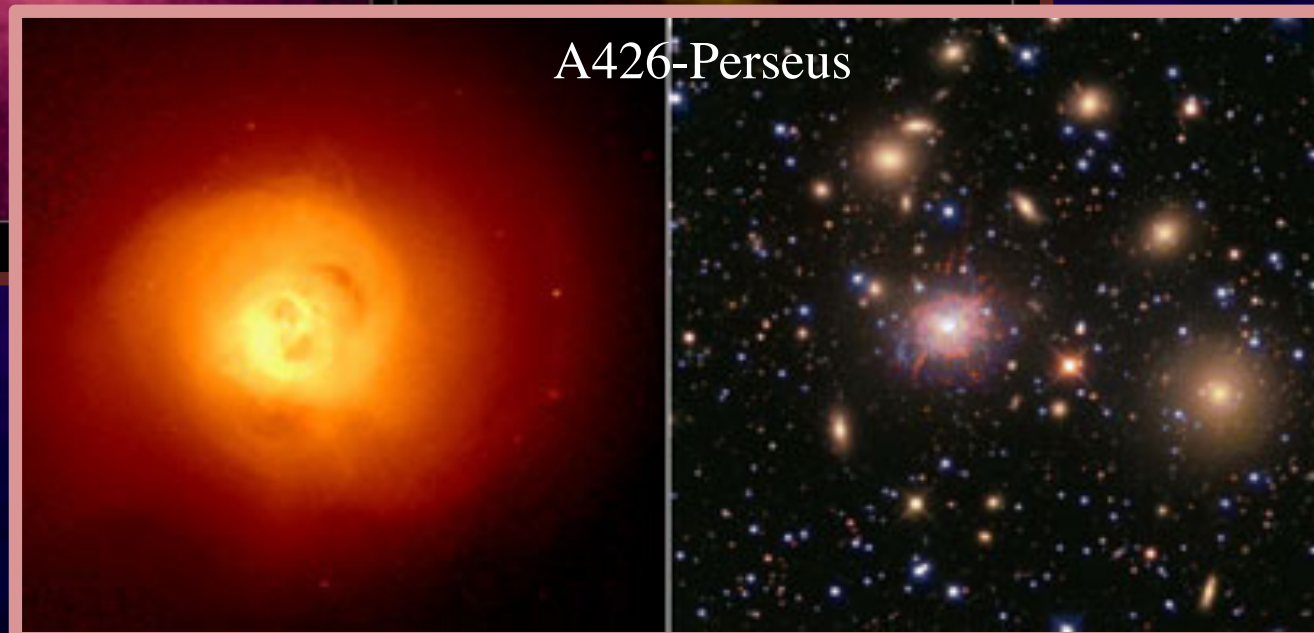
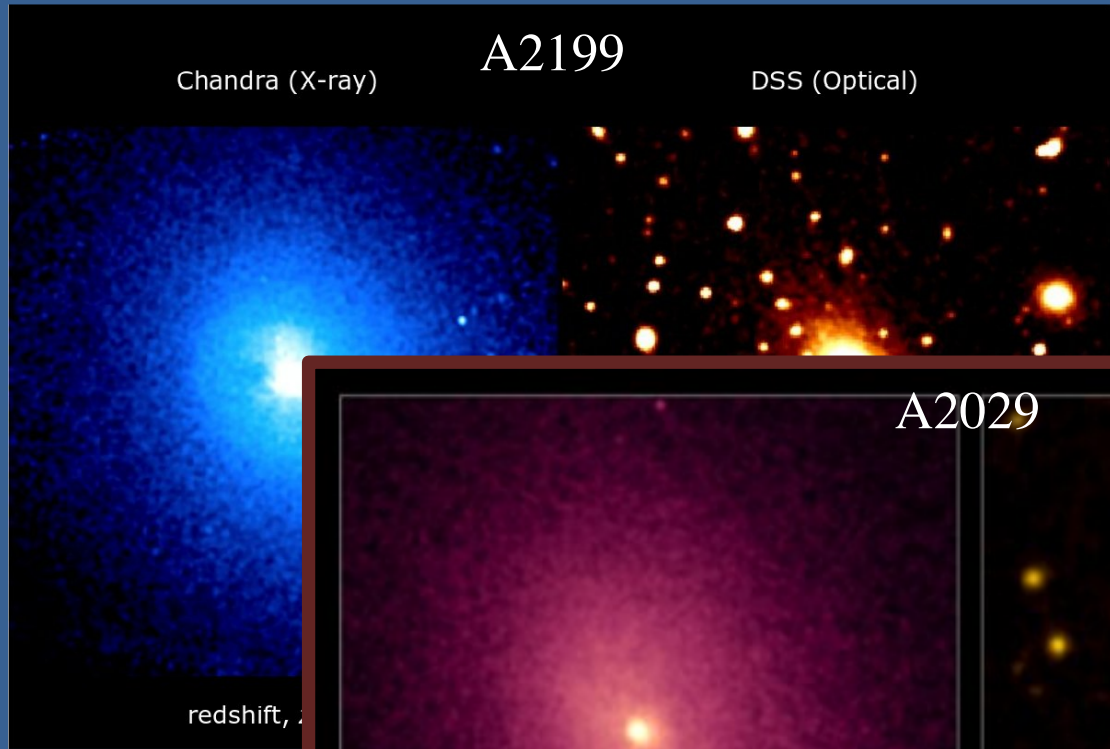
A2199

DSS (Optical)

redshift, z

A2029

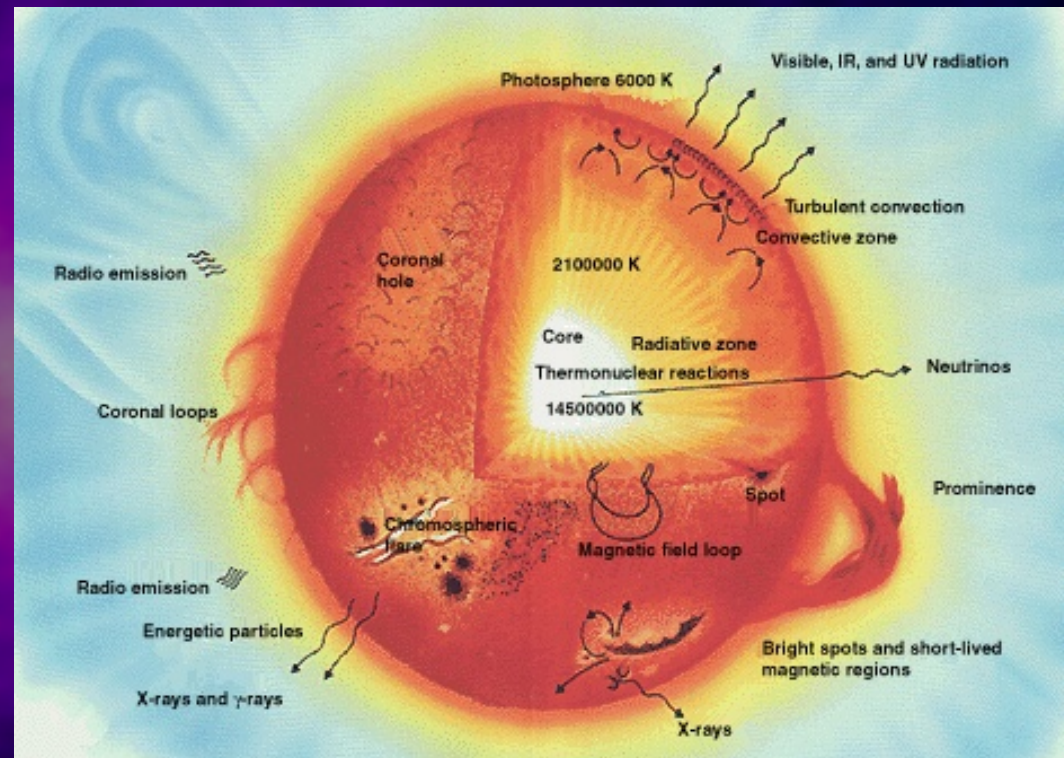
A426-Perseus



Proprietà del Gas X degli ammassi:

CALDISSIMO:

T=10-100 milioni di gradi



Proprietà del Gas X degli ammassi:

CALDISSIMO:

$T=10-100$ milioni di gradi

TENUISSIMO:

densità 0.1 atomi/cm³



Migliori Pompa a vuoto 100 atomi/cm³

Proprietà del Gas X degli ammassi:

CALDISSIMO:

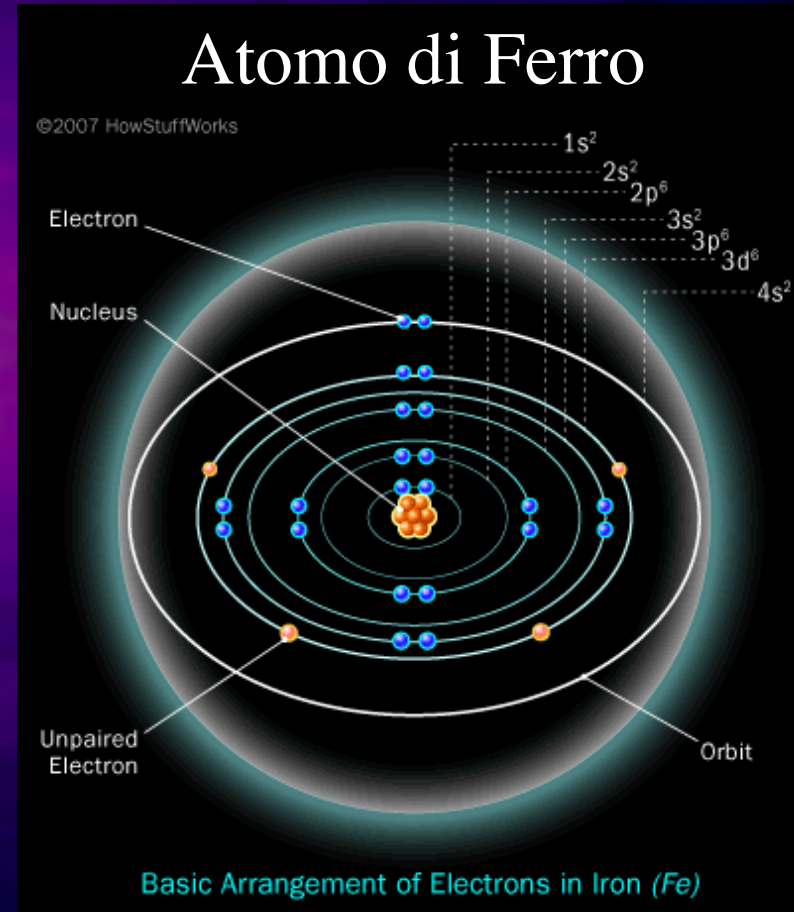
T=10-100 milioni di gradi

TENUISSIMO:

densità 0.1 atomi/cm³

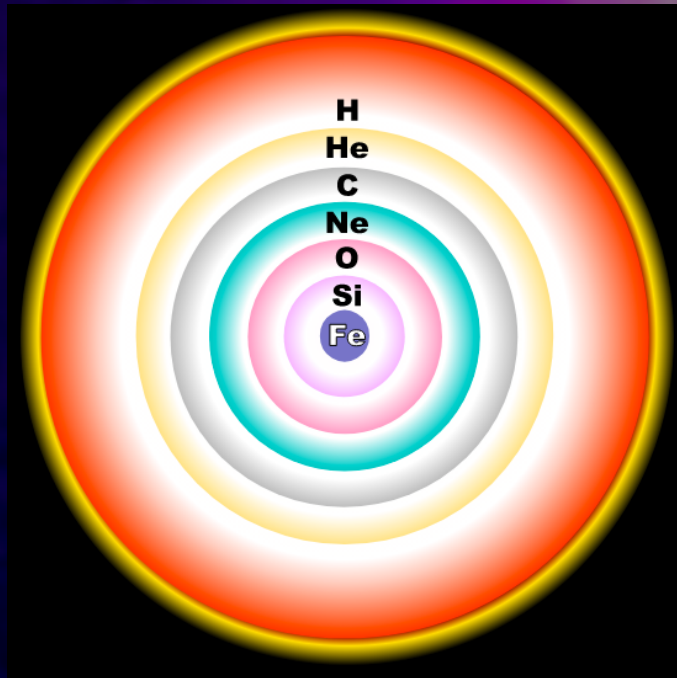
COMPOSIZIONE CHIMICA:

**H, He con tracce di altri elementi
non primordiali, es. Fe, Si, O, S,....**



La composizione chimica del Gas X ci dice che:

- Il gas è stato processato nelle stelle (fusione a strati)
- Gli elementi sono stati prodotti da esplosioni di SN nelle galassie dell'ammasso

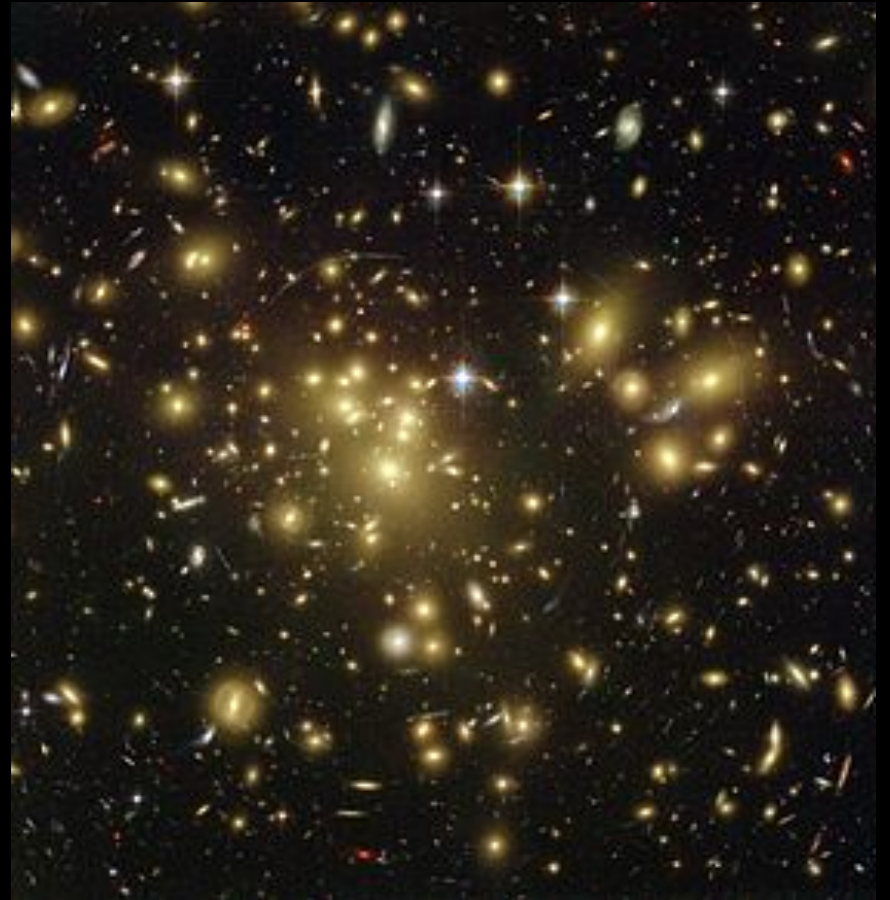


La composizione chimica del Gas X ci dice che:

- Il gas è stato processato nelle stelle (fusione a strati)
- Gli elementi sono stati prodotti da esplosioni di SN nelle galassie dell'ammasso
- Devono esistere dei meccanismi di trasporto degli elementi chimici dalle galassie al gas caldo X
- **Meccanismi:** venti stellari dalle galassie prodotti da SN, forze mareali/interazioni tra galassie, pressione d'ariete... (abbiamo visto all'opera questi fenomeni)

Di cosa sono fatti gli ammassi?

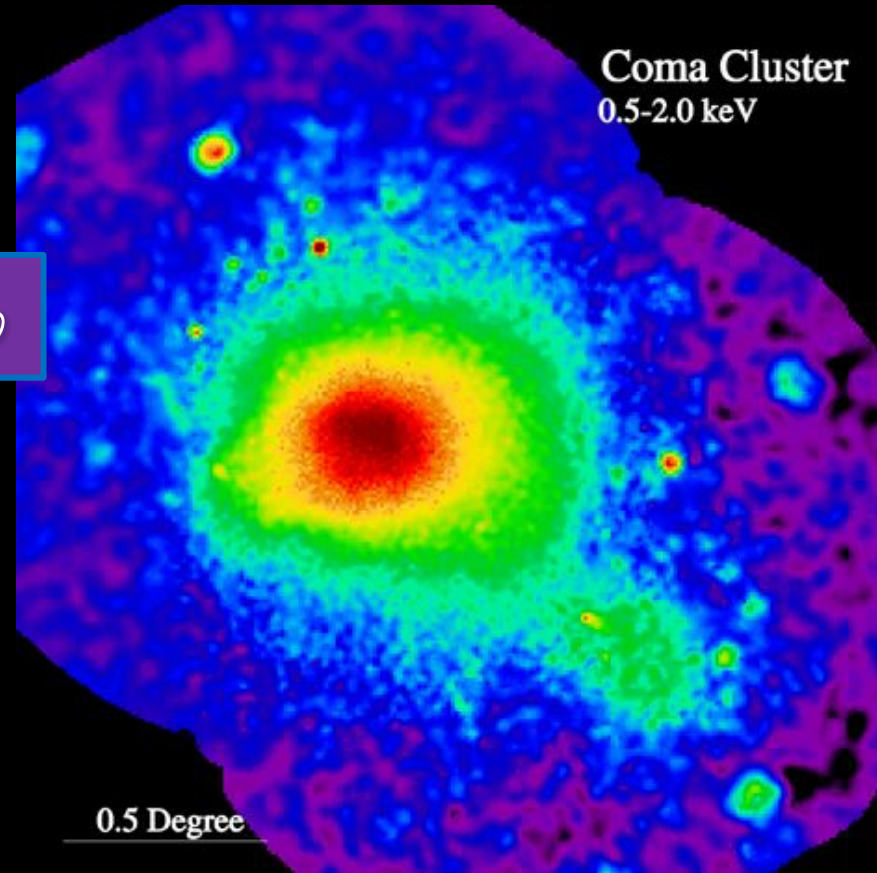
Massa Galassie $\sim 3\%$



Di cosa sono fatti gli ammassi?

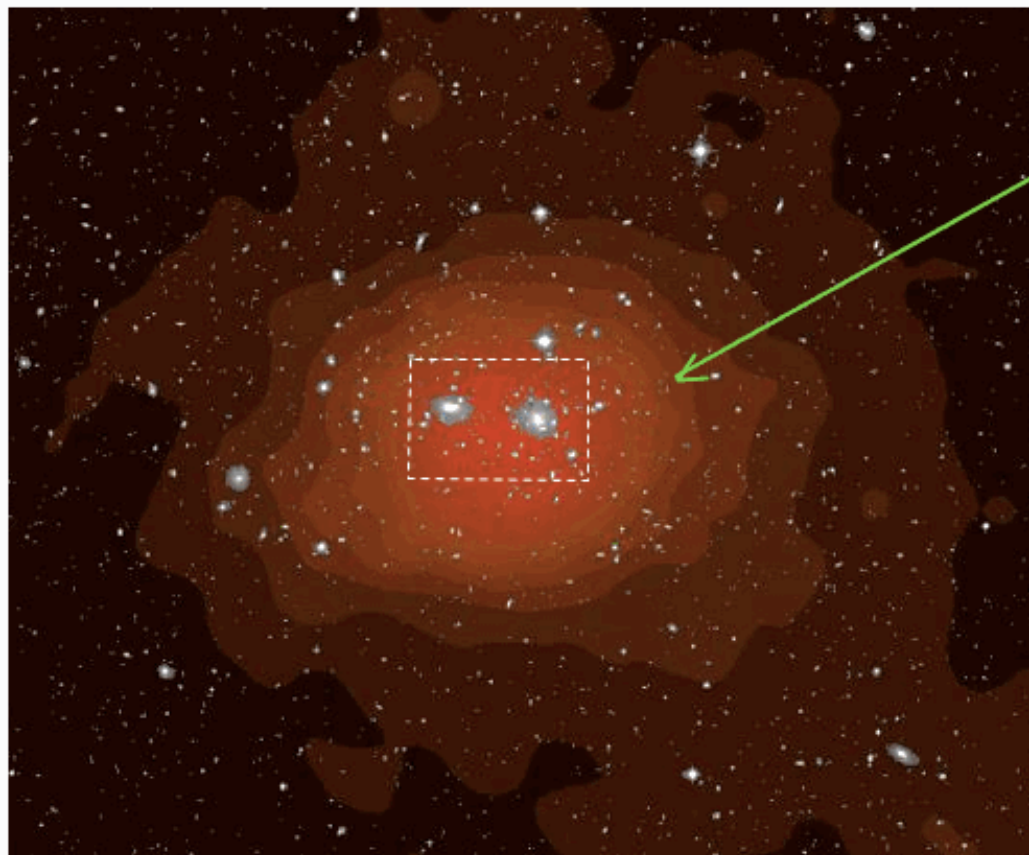
Massa Galassie $\sim 3\%$

Gas intergalattico $\sim 15\%$



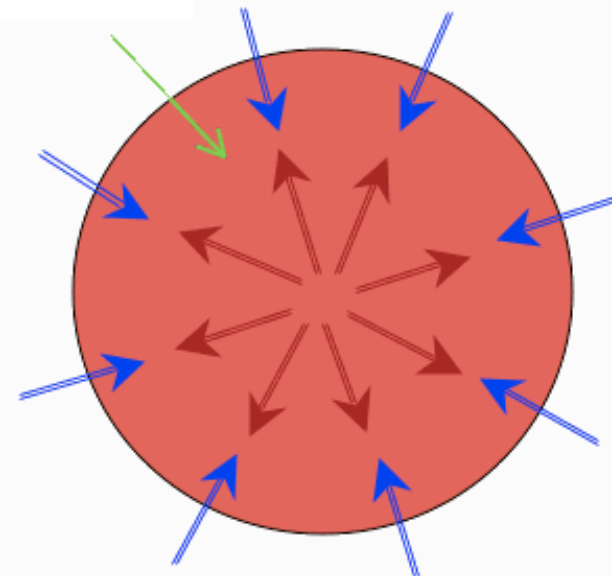
Tre modi per misurare la Massa Totale degli ammassi di Galassie

- **OTTICO:** da come si muovono le galassie si può determinare la massa totale $\gg$ della massa stimata dalla somma delle stelle di tutte le galassie (come nel caso delle galassie).
- **GAS X:** dall'equazione dell'equilibrio idrostatico si può calcolare la massa totale necessaria a mantenere in equilibrio la sfera di gas (come nelle stelle) $\gg$ della massa del solo gas che emette in banda X



Coma: raggi X (rosso), ottico (blu)

GAS caldo



Forza di gravita` IN = Pressione del Gas OUT

L'Ammasso e` una
“palla” di gas in
Equilibrio Idrostatico

Tre modi per misurare la Massa Totale degli ammassi di Galassie

- **OTTICO:** da come si muovono le galassie si può determinare la massa totale $\gg$ della massa stimata dalla somma delle stelle di tutte le galassie (come nel caso delle galassie).
- **GAS X:** dall'equazione dell'equilibrio idrostatico si può calcolare la massa totale necessaria a mantenere in equilibrio la sfera di gas (come nelle stelle) $\gg$ della massa del solo gas che emette in banda X
- **LENTI GRAVITAZIONALI:** è un effetto spiegato dalla relatività generale e permette di stimare quanta massa occorre per produrre le deformazioni osservate

Lenti Gravitazionali

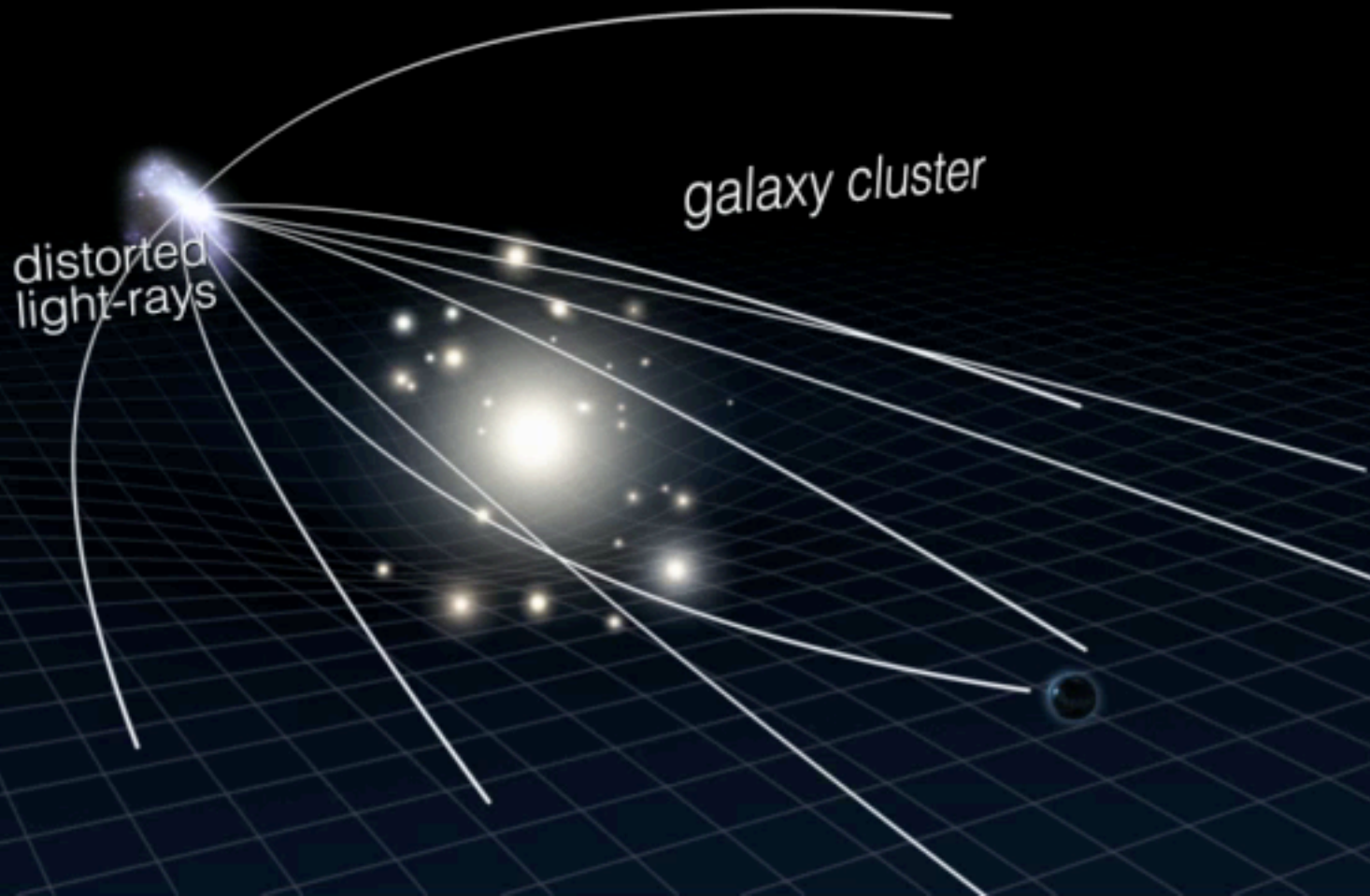


Gravitational Lens in Abell 2218

HST • WFPC2

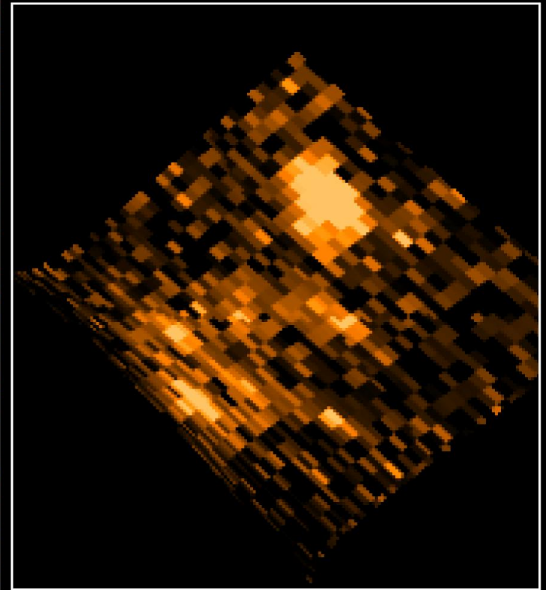
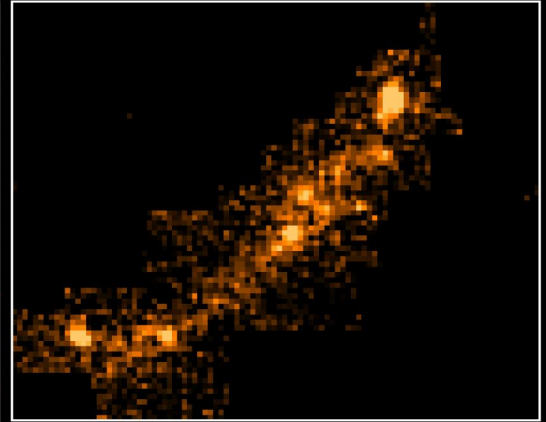
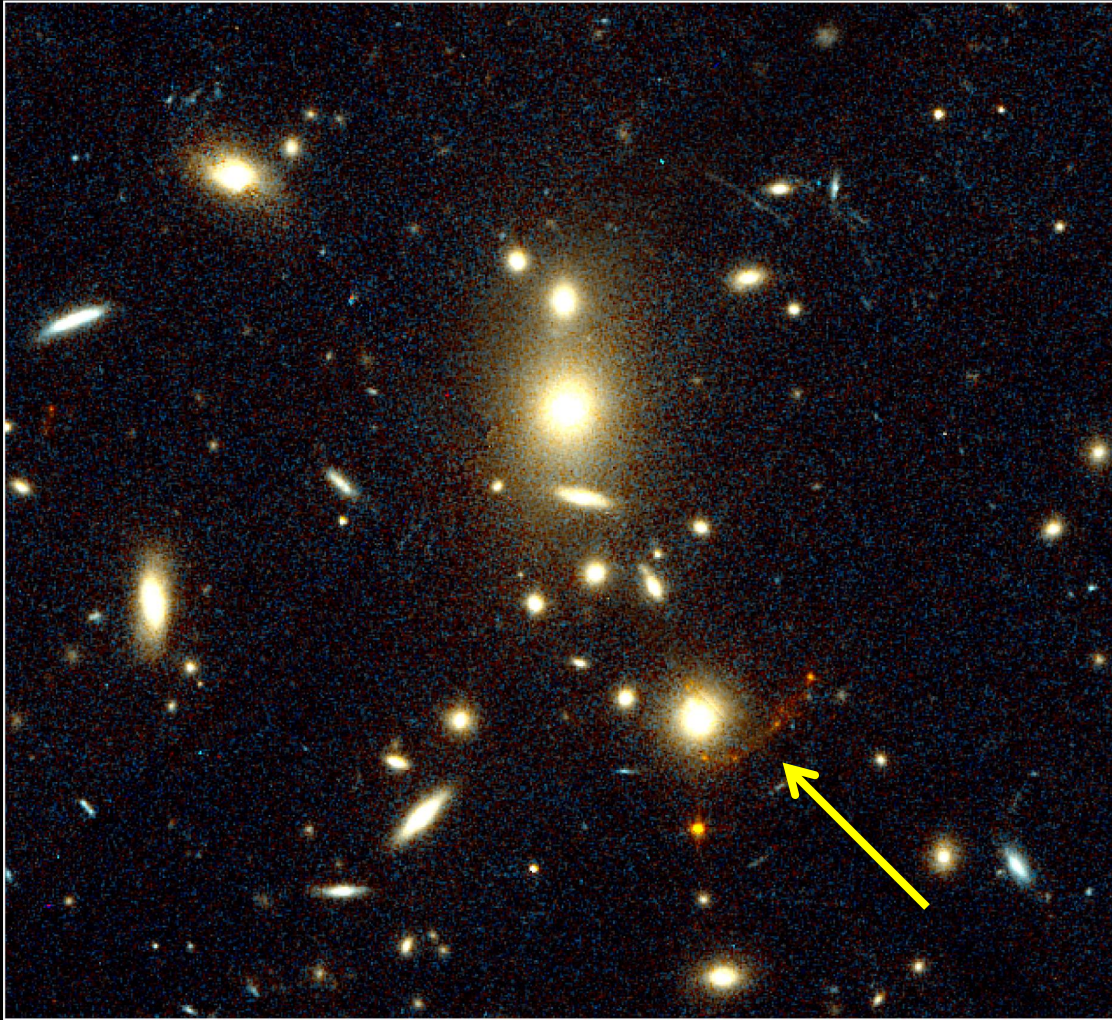
PF95-14 • ST ScI OPO • April 5, 1995 • W. Couch (UNSW), NASA

Lenti Gravitazionali

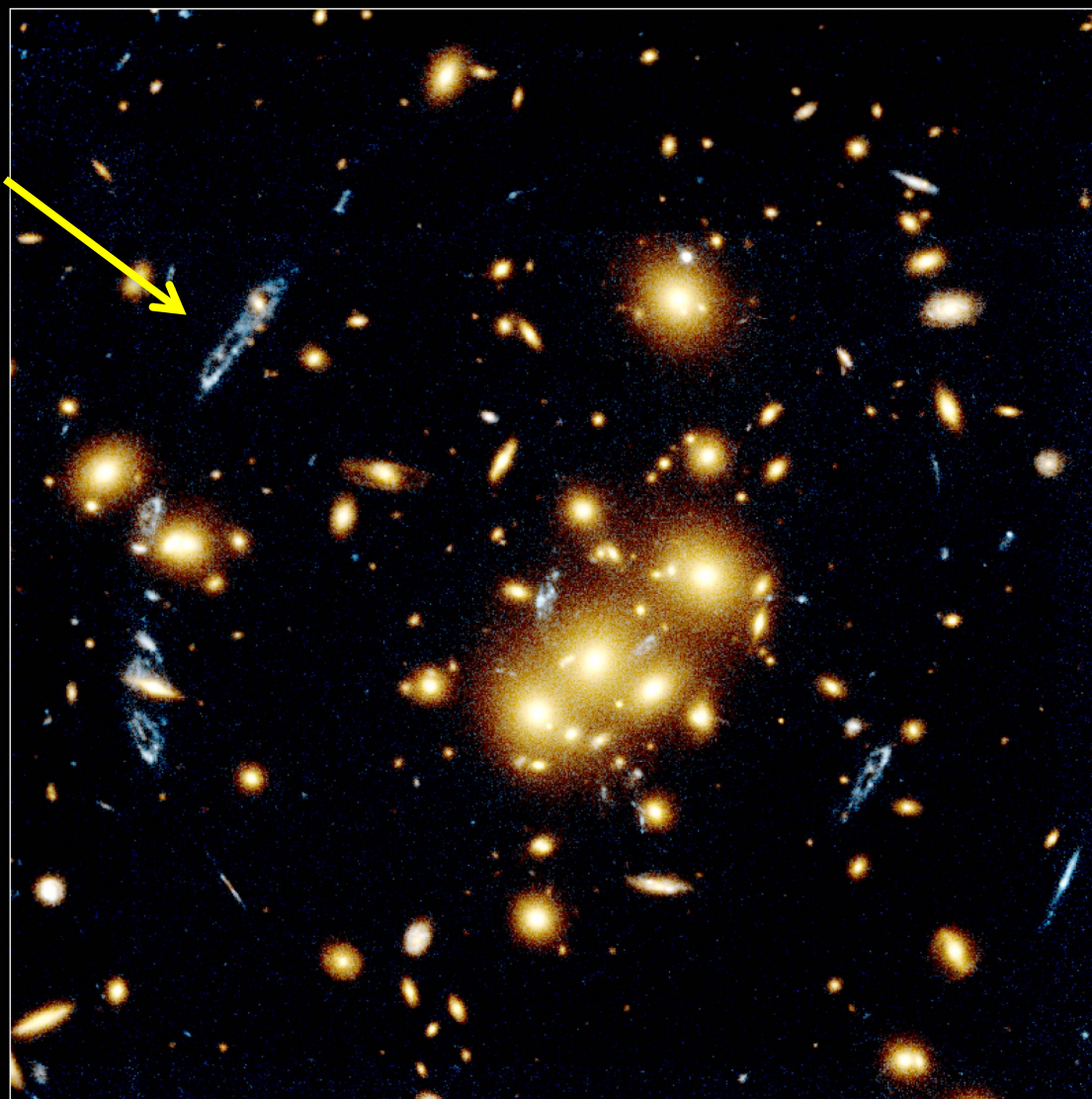








Gravitationally Lensed Image of Highest Redshift Galaxy
Hubble Space Telescope • WFPC2



Gravitational Lens
Galaxy Cluster 0024+1654
Hubble Space Telescope • WFPC2



**47 immagini multiple e
almeno 12 galassie lontane distorte identificate**

A1689: ottico/X



A1689: Ricostruzione di massa con lenti

Le Masse Totali degli Ammassi misurate dall' emissione X, dai moti delle galassie e dalle lenti gravitazionali sono consistenti tra loro (cioè si trova la stessa quantità di Materia Oscura).

Di cosa sono fatti gli ammassi?

Massa Galassie $\sim 3\%$

Gas intergalattico $\sim 15\%$

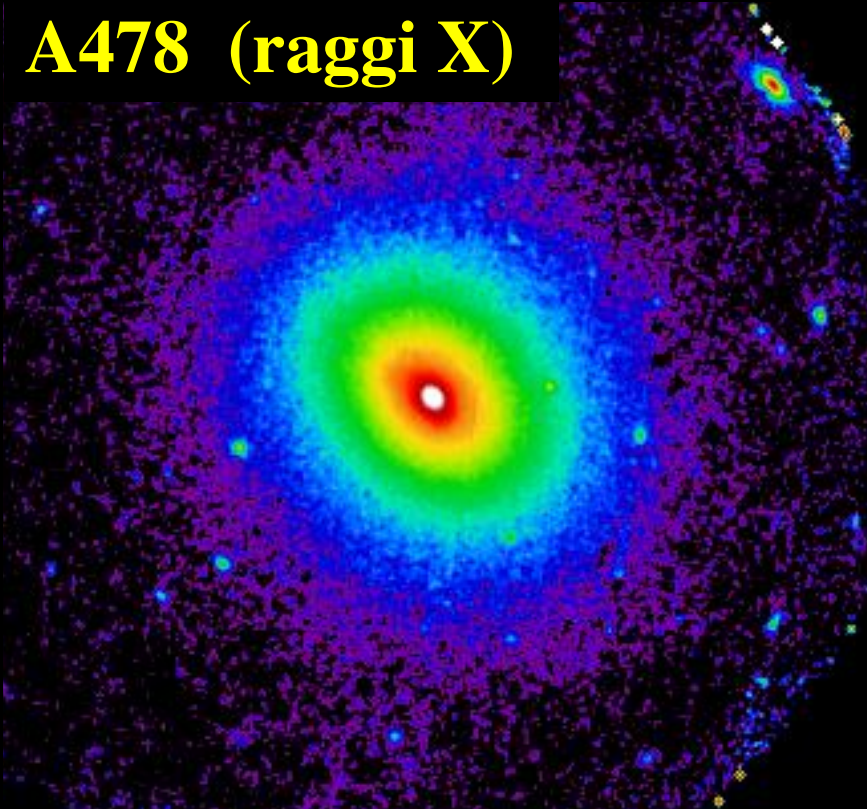
Materia Oscura $\sim 82\%$

$$\frac{M}{L} \sim 100-400 \frac{M_{\odot}}{L_{\odot}}$$



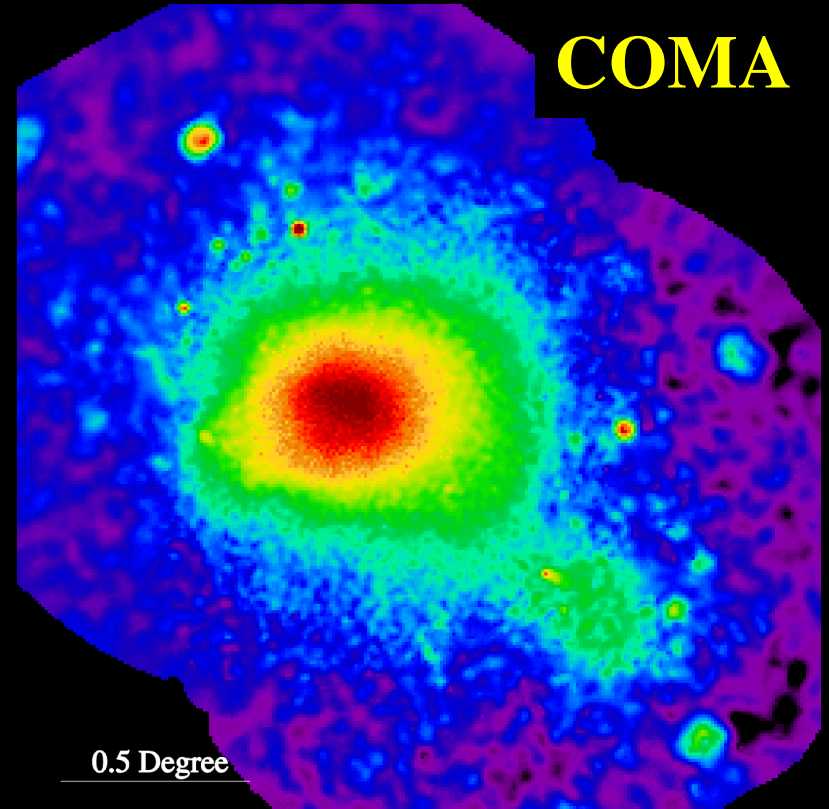
Ammassi di Galassie : 2 grandi famiglie

A478 (raggi X)



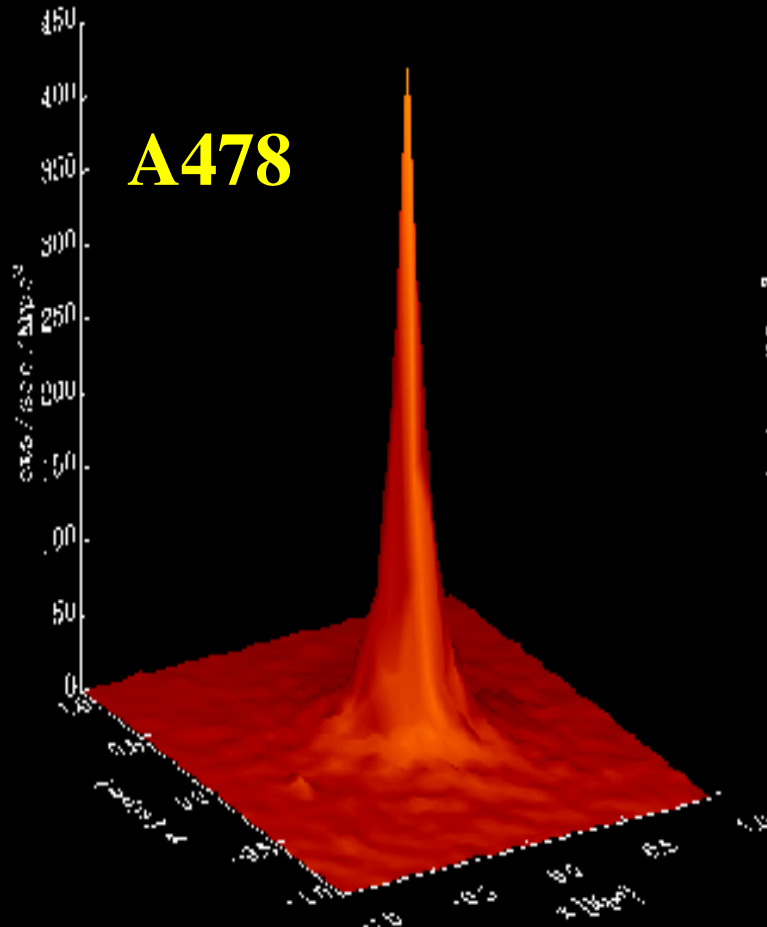
“Rilassati”

COMA

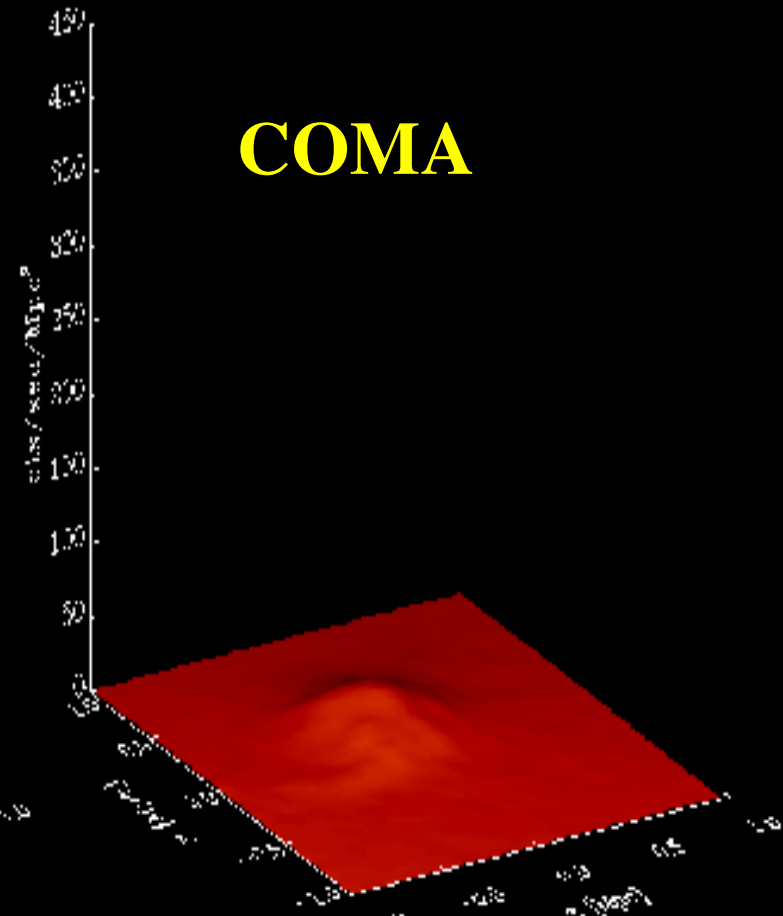


“non-Rilassati”

Ammassi di Galassie : 2 grandi famiglie

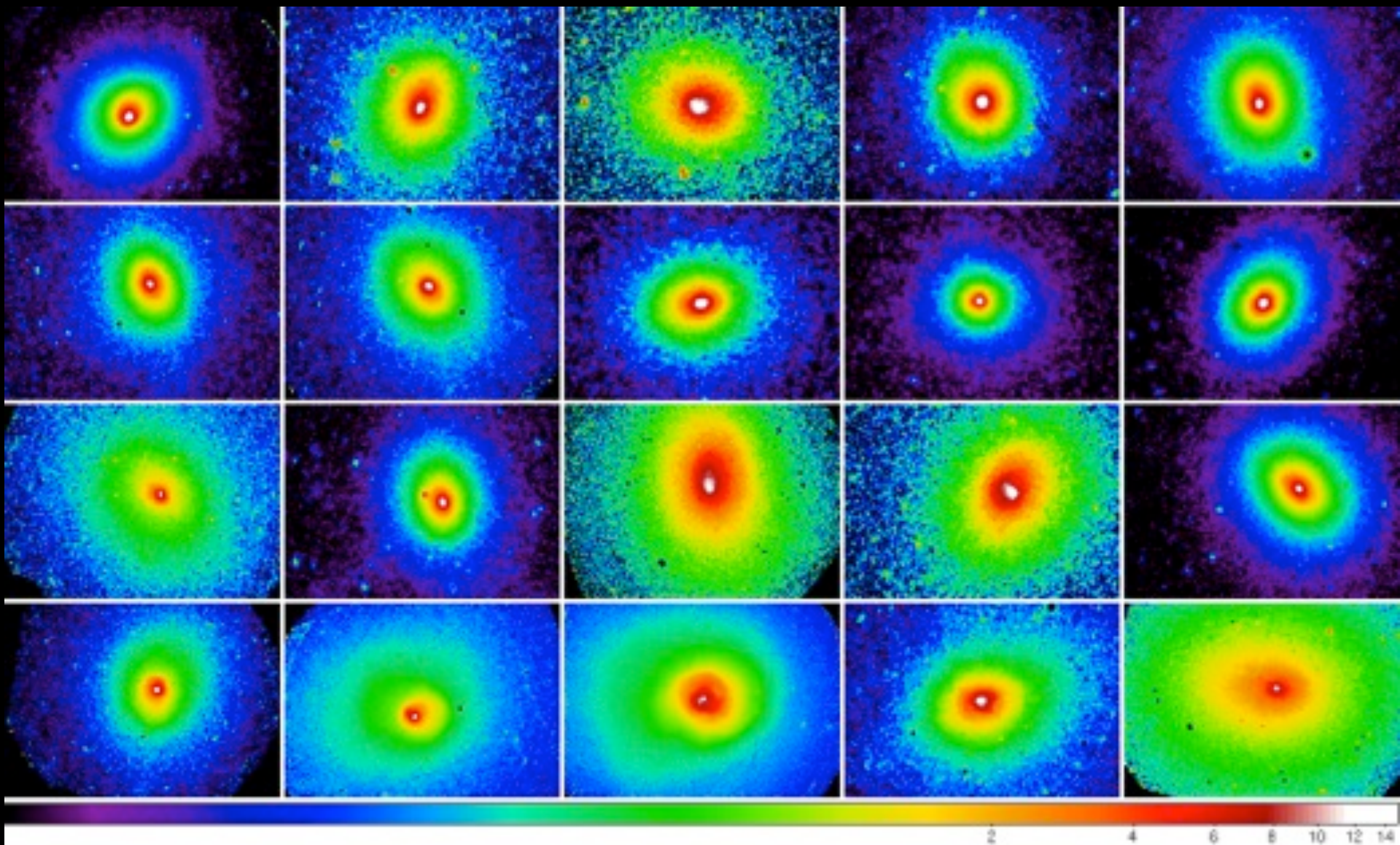


“Rilassati”

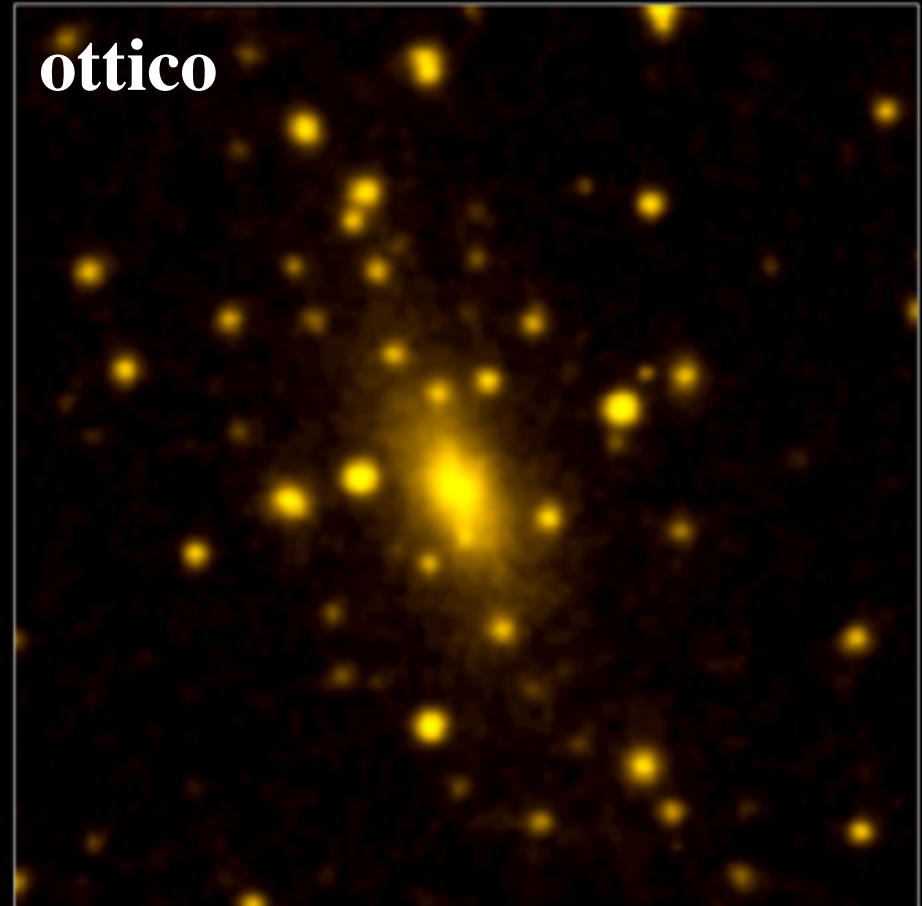
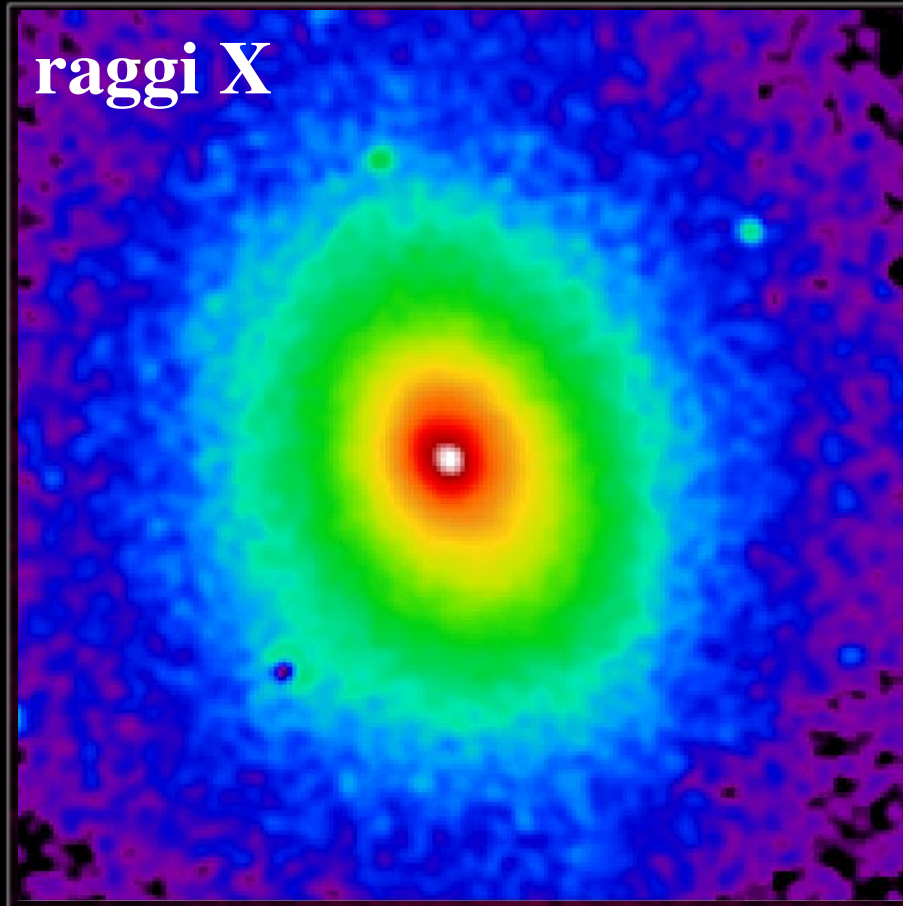


“non-Rilassati”

Gli Ammassi di Galassie “Rilassati”



Gli Ammassi di Galassie “Rilassati”



**Abell 2029 – Galassia Centrale IC1101
(alone 6 milioni di al!)**

**Gli Ammassi “rilassati” hanno (sempre)
una galassia Ellittica gigante nel centro.**

BCG di Abell S740

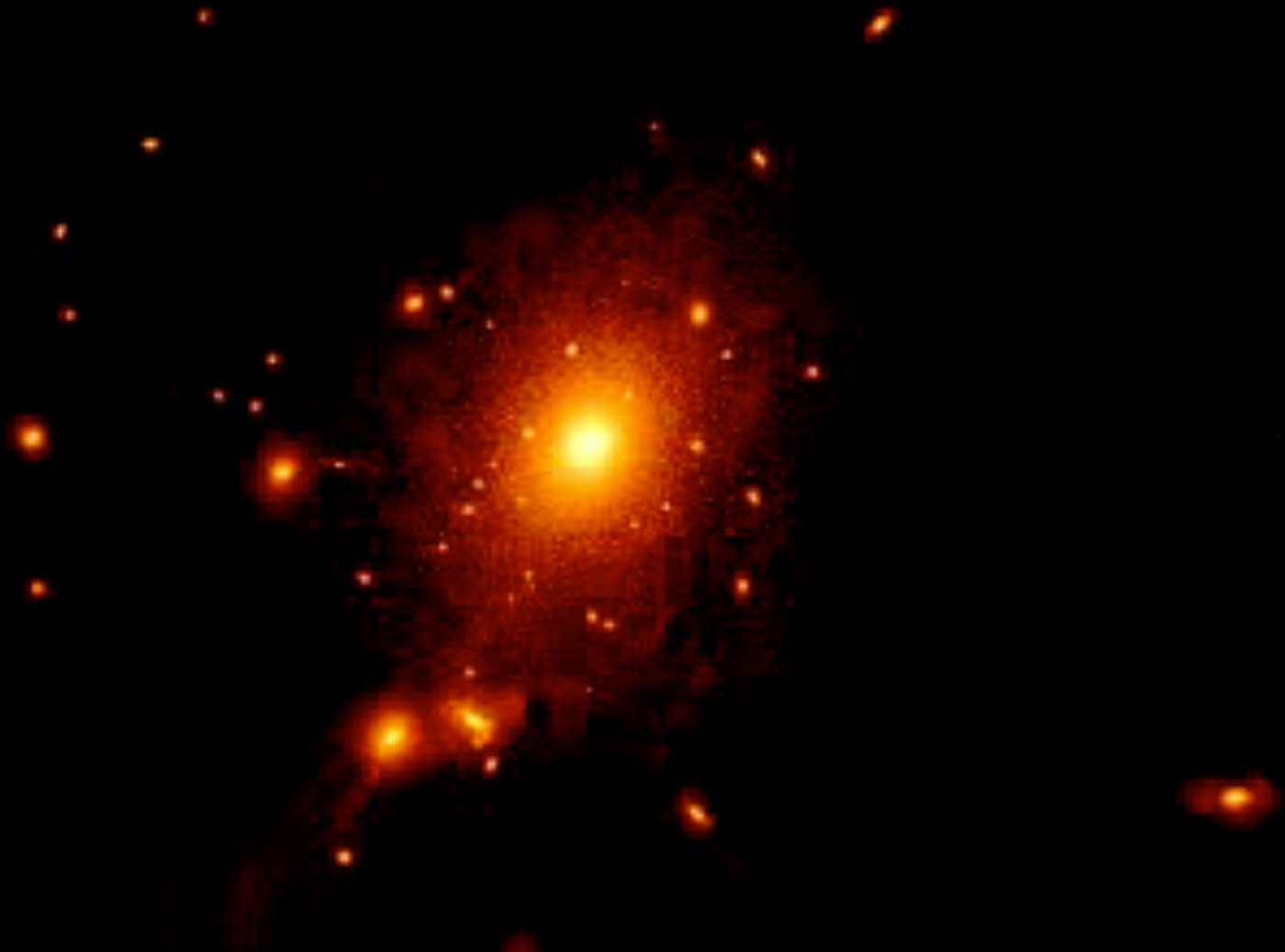


M87 – BCG dell'Ammasso della Vergine



Come si formano le Galassie Centrali?

Un caso di “cannibalismo” galattico



Come si formano le Galassie Centrali?

Un caso di “cannibalismo” galattico

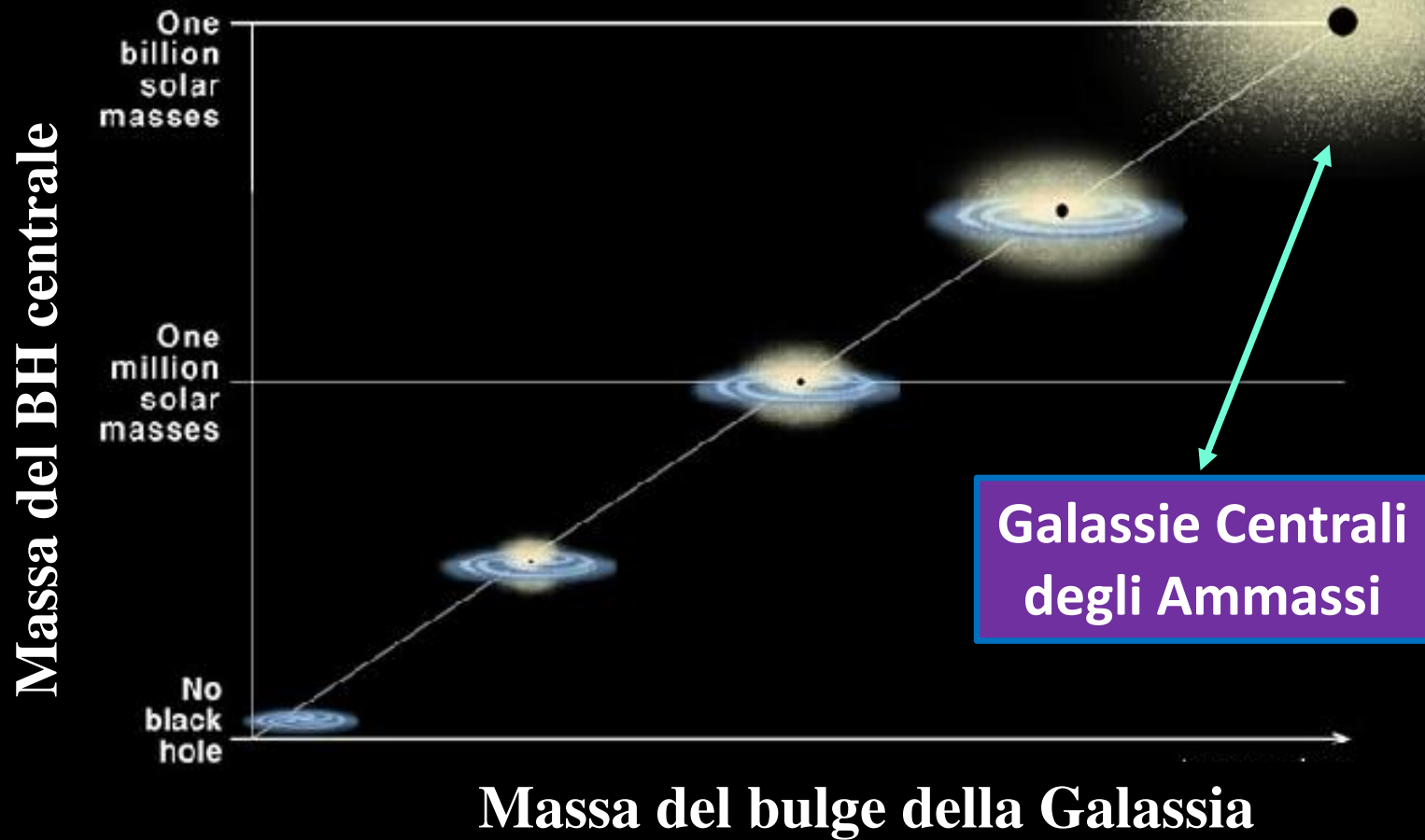
**Sono le Galassie piu`
luminose e massive
dell'Universo**

**Hanno aloni stellari
estesissimi (milioni
di anni-luce)**

Sono diverse dalle altre Galassie Ellittiche

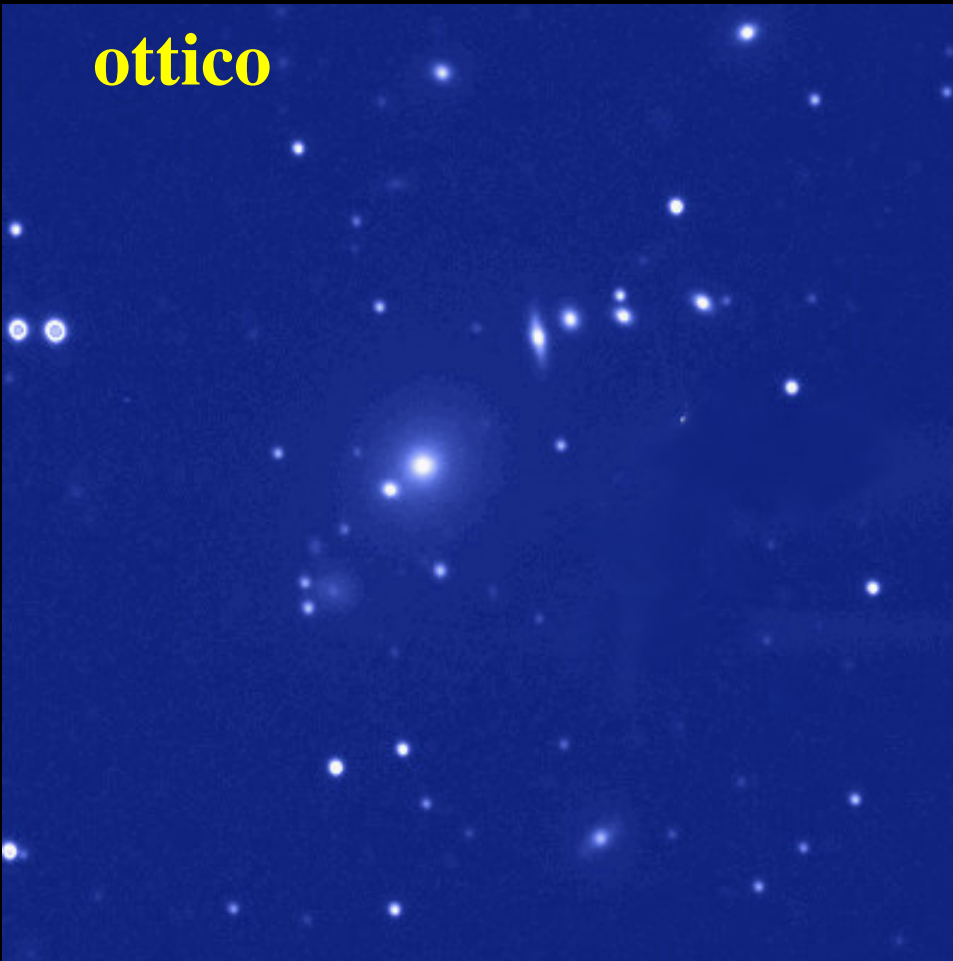
- hanno ancora tracce di formazione stellare
- si trovano solo al centro degli ammassi
- sono complesse (nuclei multipli, polvere, aloni..)

... contengono i SMBH piu' grandi

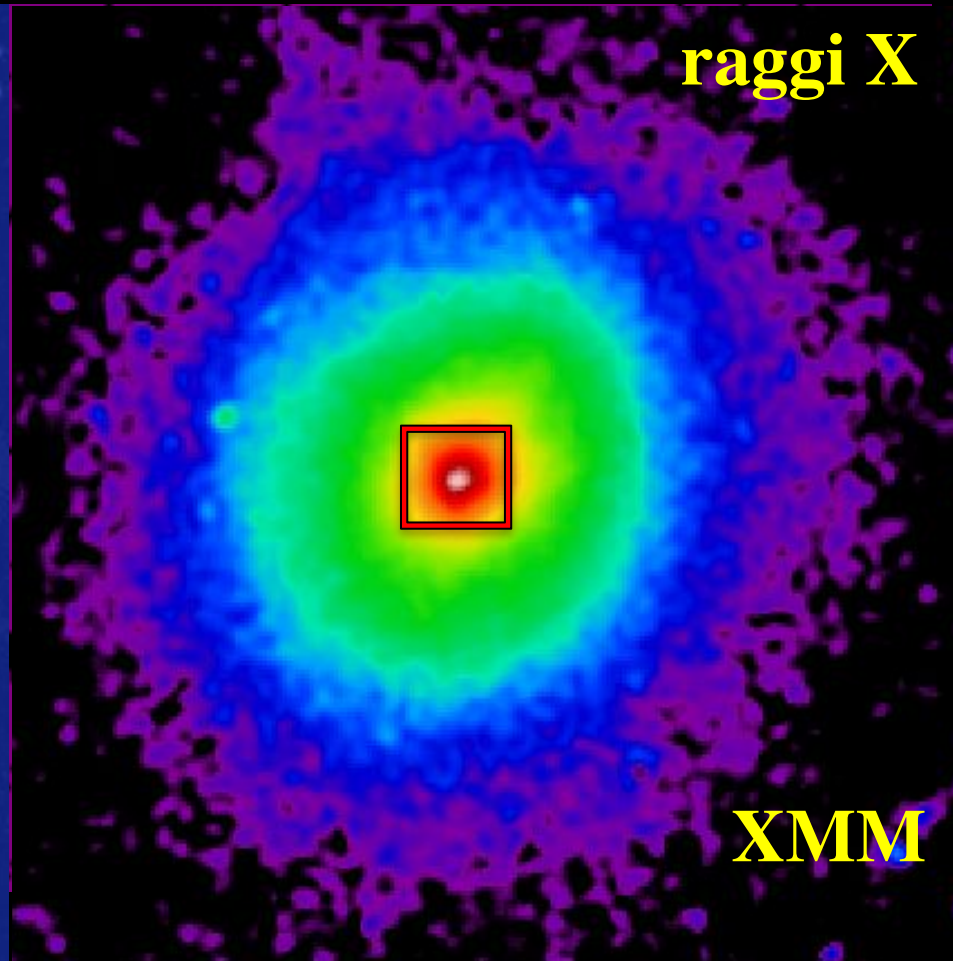


Hydra A: un ammasso “Rilassato”

ottico

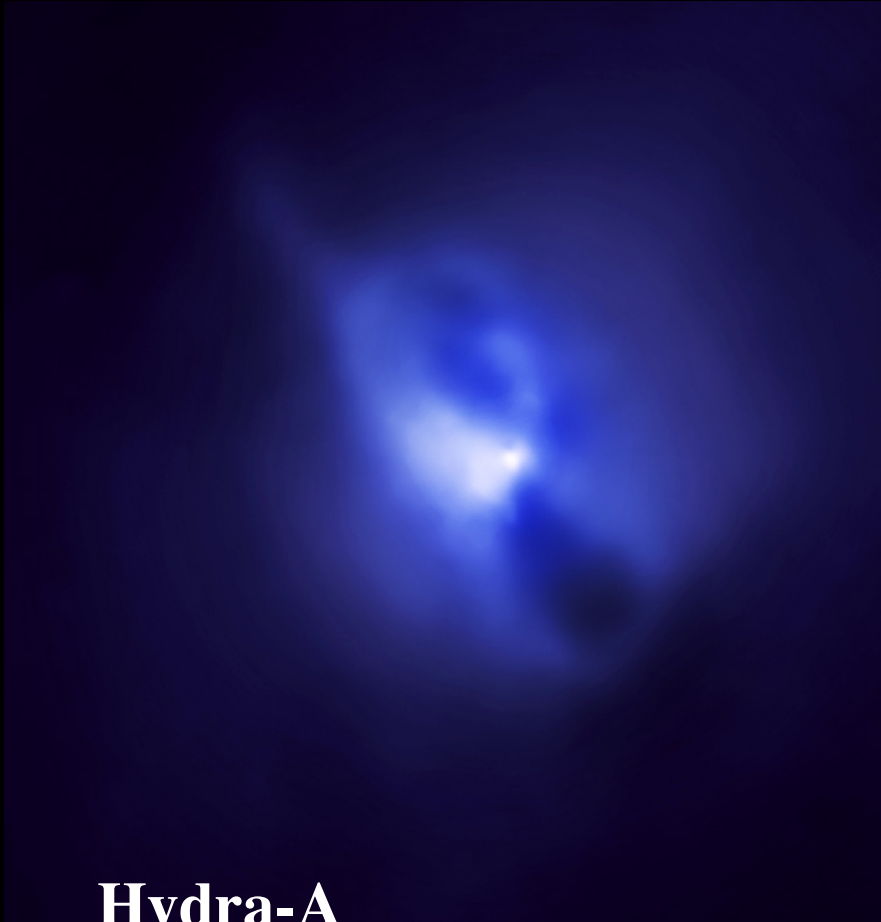


raggi X



XMM

Cavita' nel gas caldo (osservato in X)



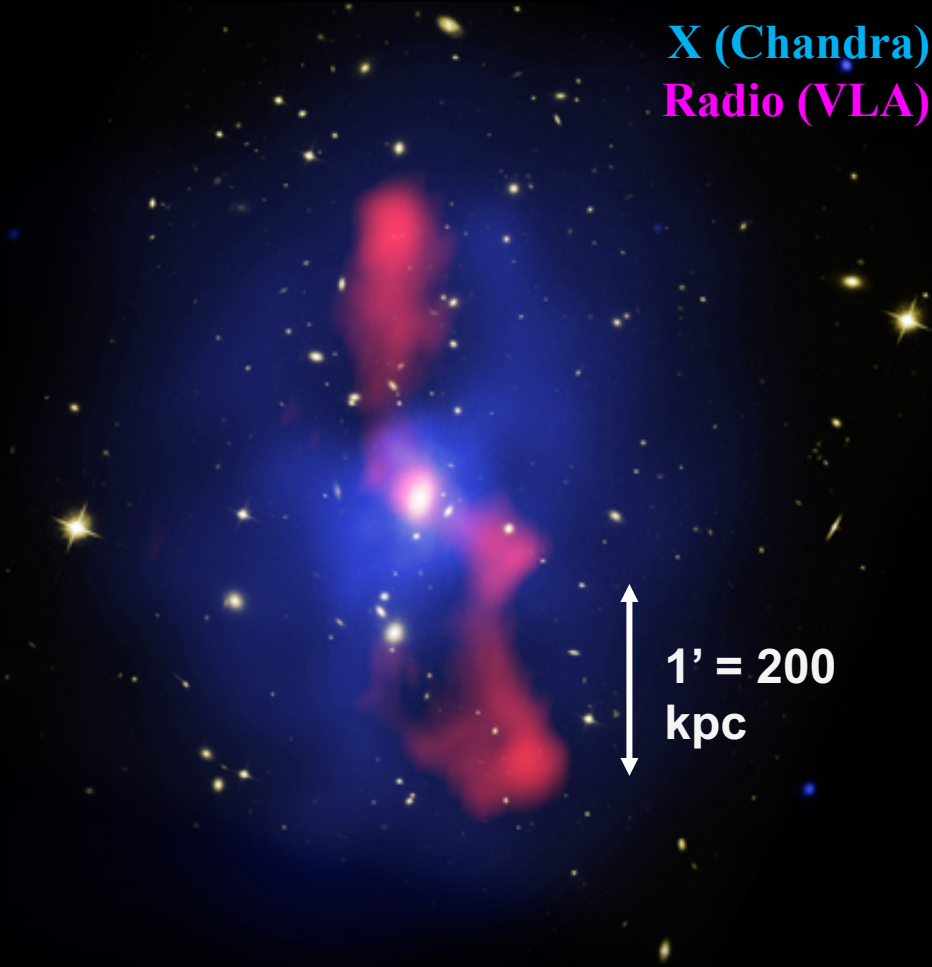
Hydra-A
Chandra raggi X (blu)



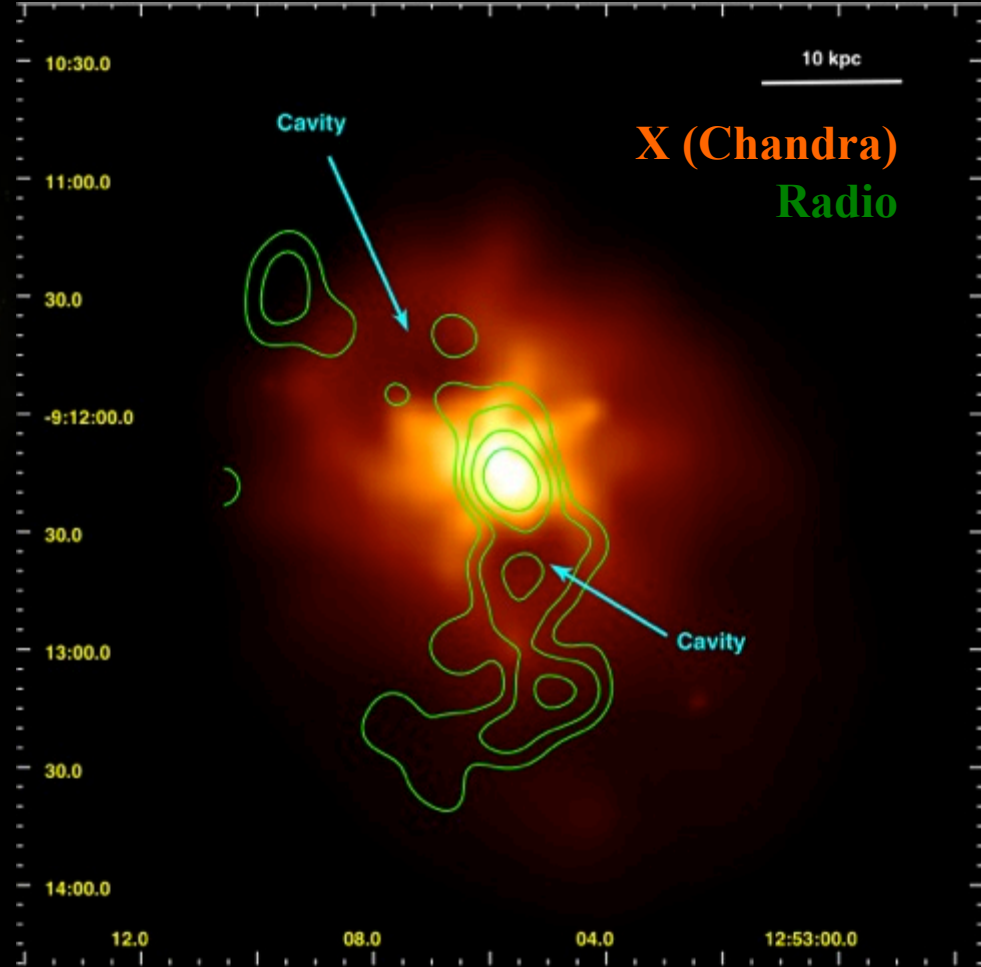
Immagine composita:
galassie (bianco), X (blu), radio (rosso)

Cavita' nel gas caldo (osservato in X)

MS0735.6+7421



HGC62



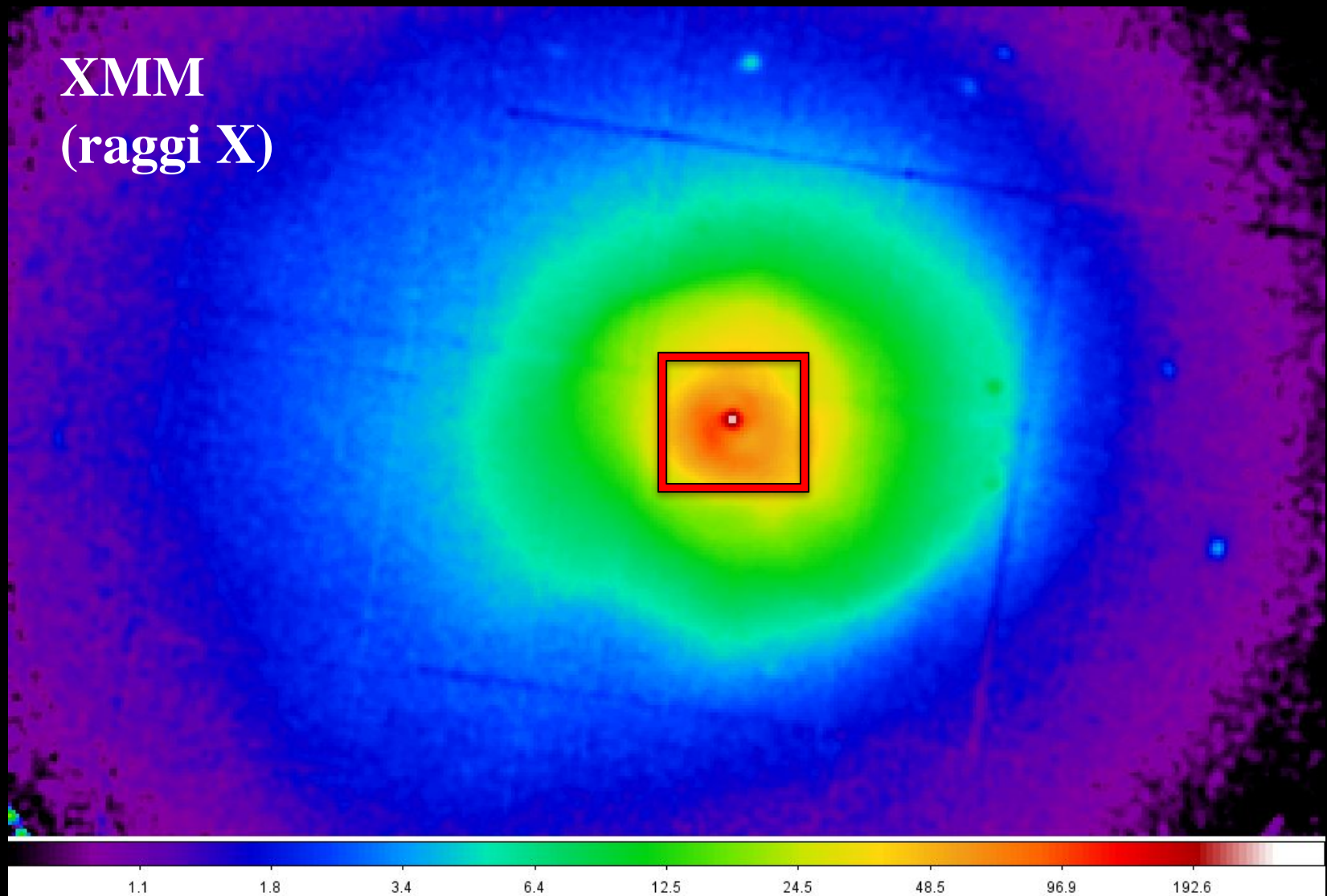
Perseo: l'ammasso più brillante in X



ottico

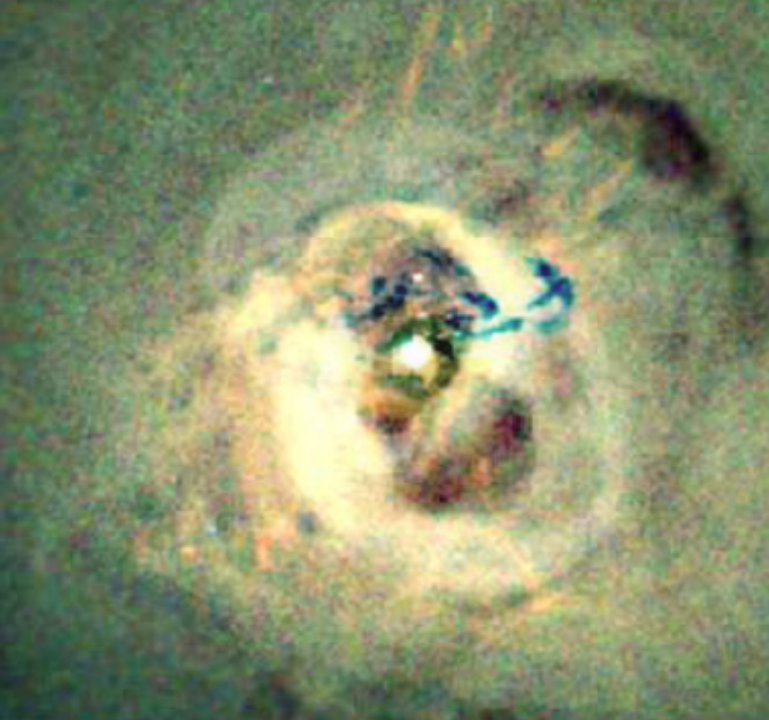


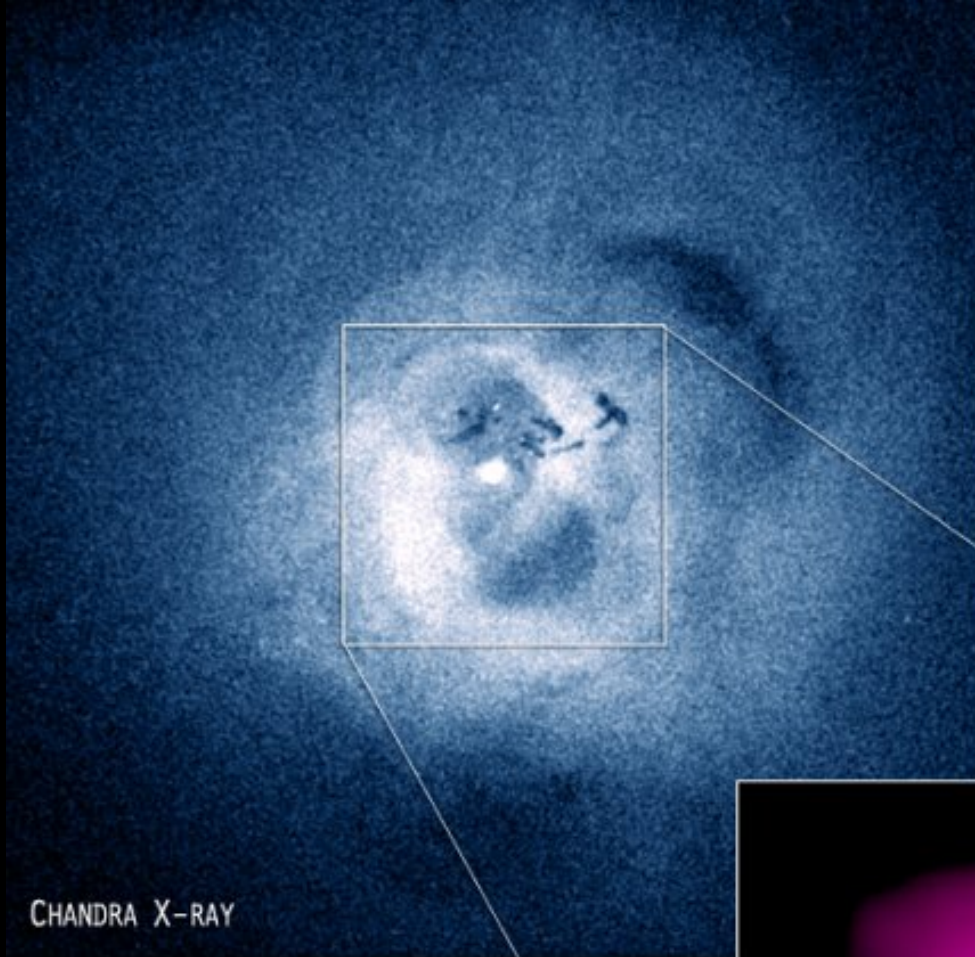
Perseo: l' Ammasso piu` brillante in X



Il centro dell'Ammasso del Perseo in X

Chandra
(raggi X)

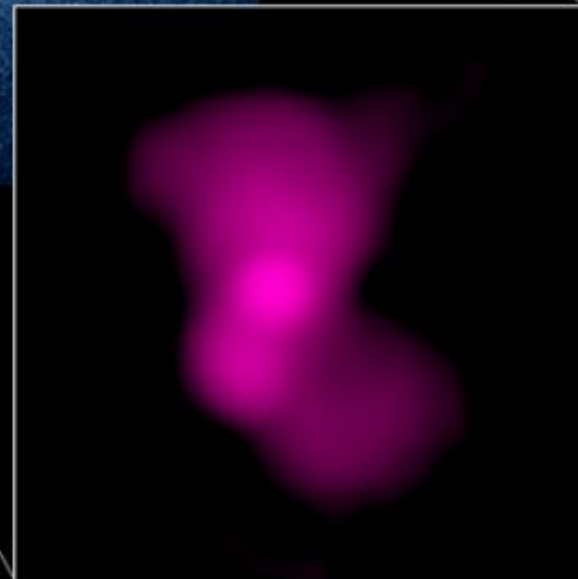




CHANDRA X-RAY

Osservazione X

**Osservazione
Radio**



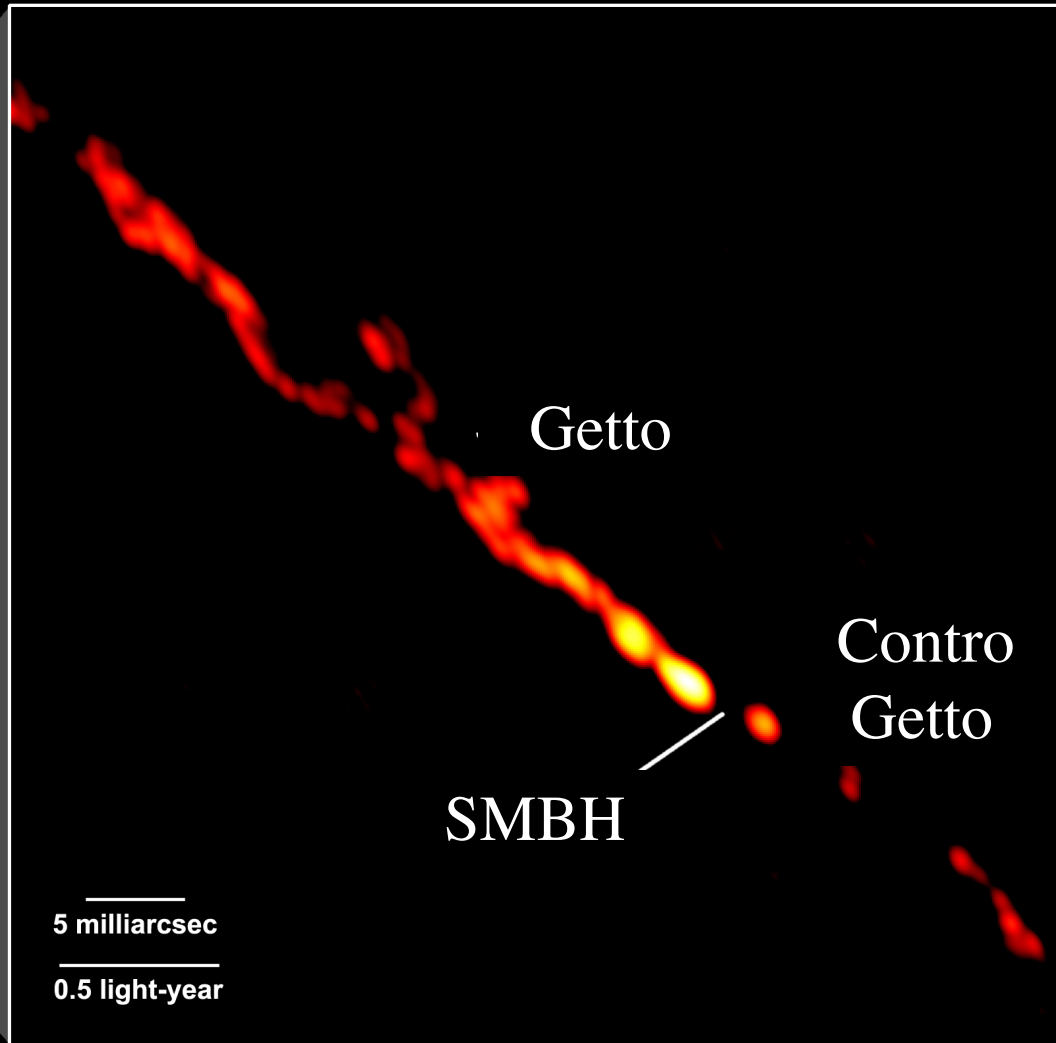
VLA RADIO

Cavita` X e Getti Radio sono prodotti da un Nucleo Galattico Attivo (AGN):

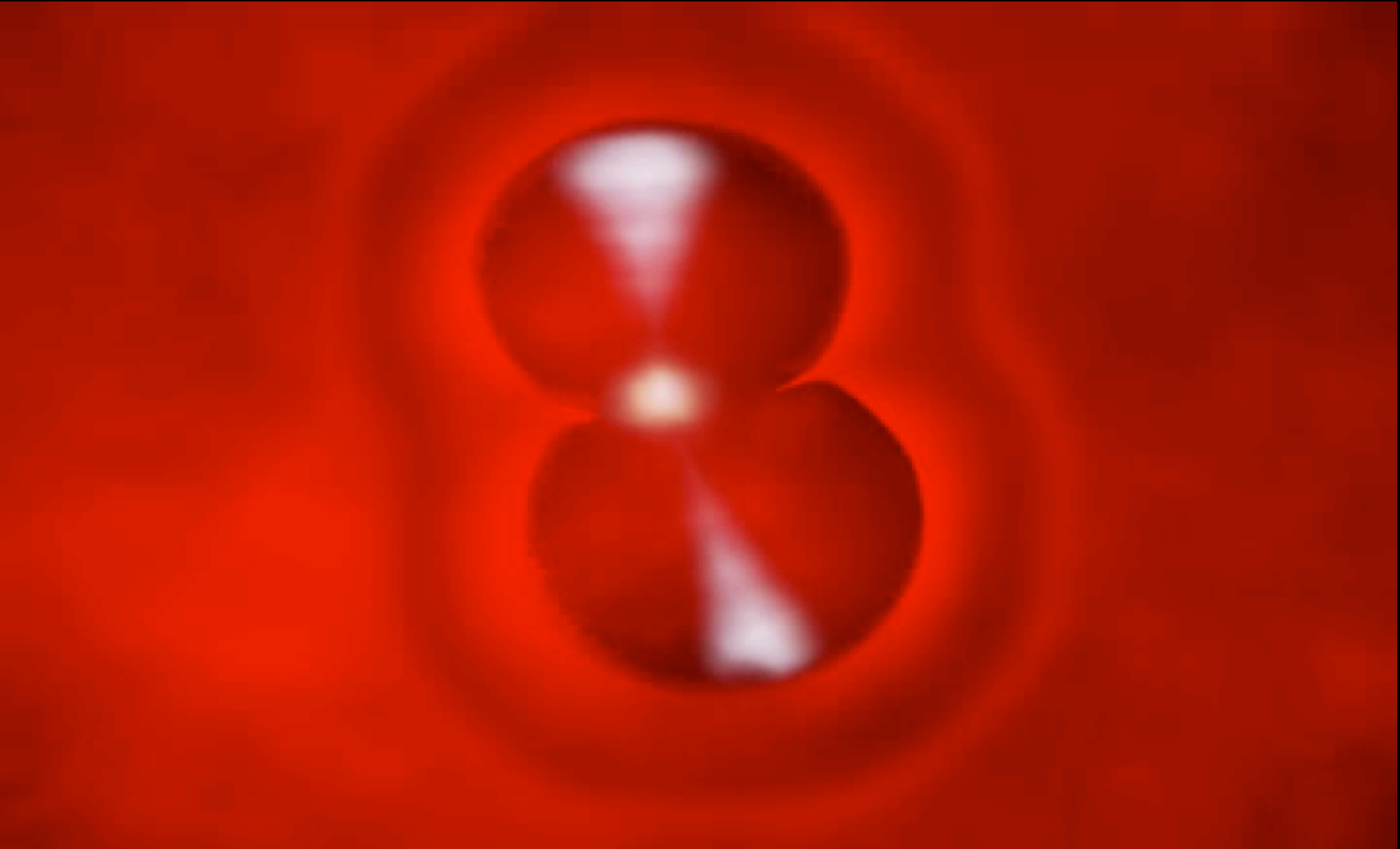


la materia che “nutre”
il SMBH induce
potentissimi getti

Attività dell'AGN centrale della galassia Centaurus A

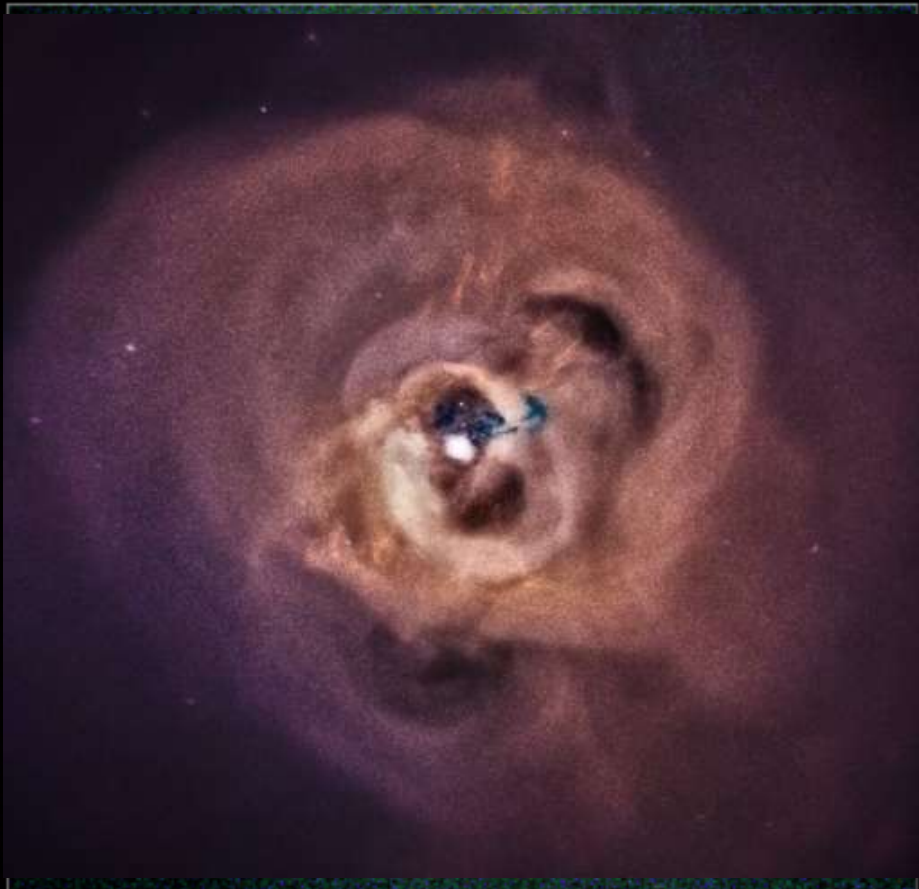


Simulazione dell' interazione tra un SMBH nella BCG (AGN) e il gas X dell'ammasso

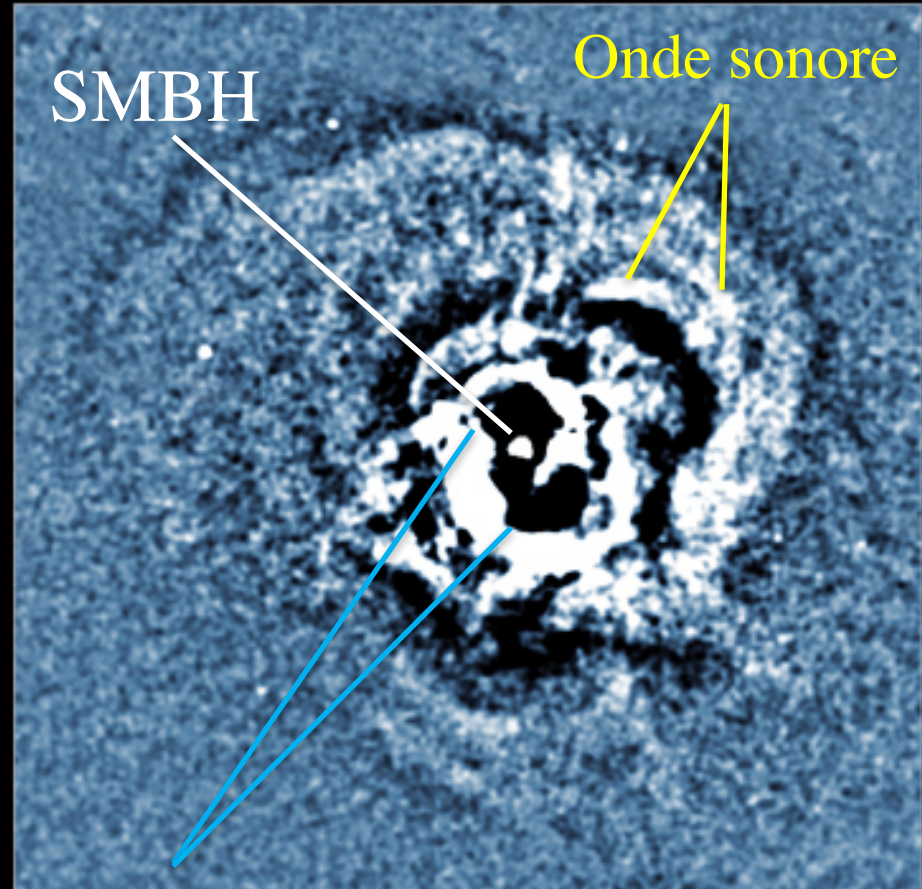


Onde sonore negli ammassi?

L'espansione delle bolle produce onde sonore nel gas che trasportano l'energia prodotta dall' AGN a tutto il gas



CHANDRA X-RAY [3-COLOR]

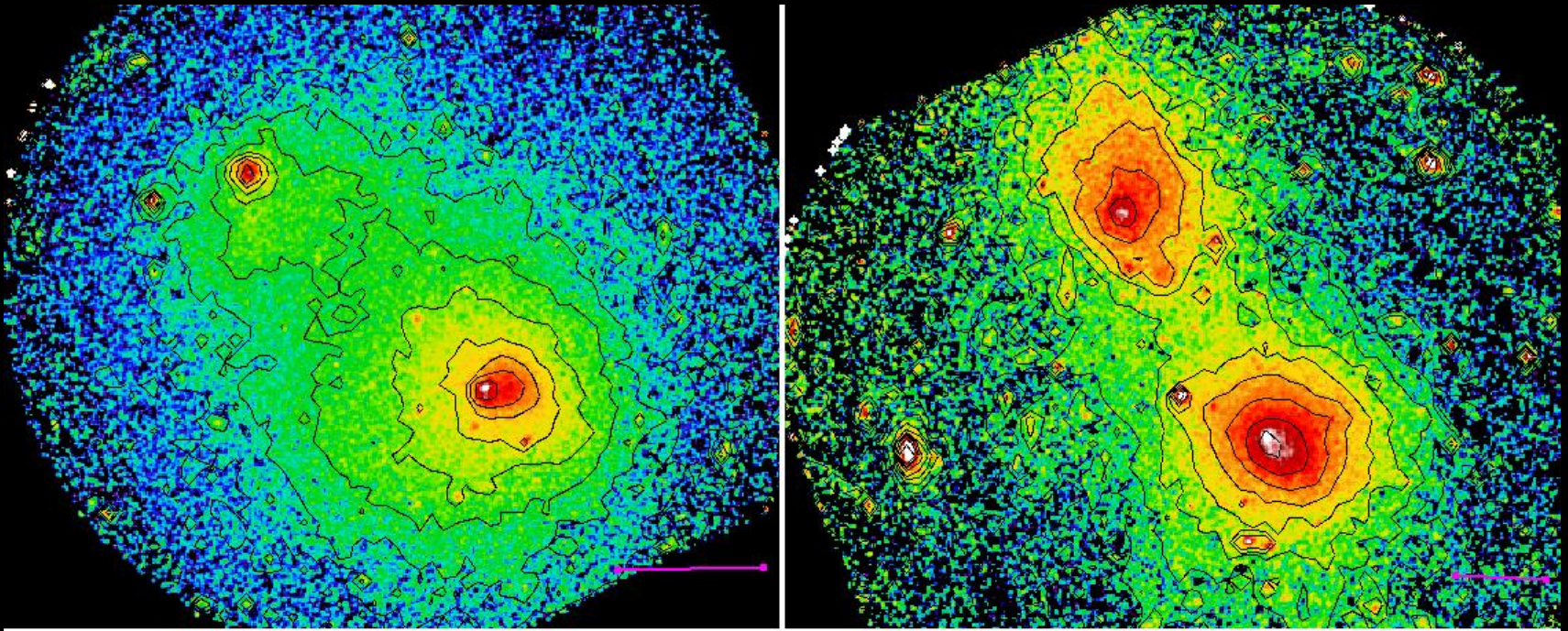


Cavita` X

CHANDRA X-RAY [SOUND WAVES]

Ammassi di Galassie “non-Rilassati”

raggi X



cioe` ammassi di galassie in interazione

**Ammassi di Galassie “non-Rilassati”
o meglio.....
“Scontri tra Titani”**



Uno scontro molto particolare

1E 0657-156: Ammasso “Pallottola”

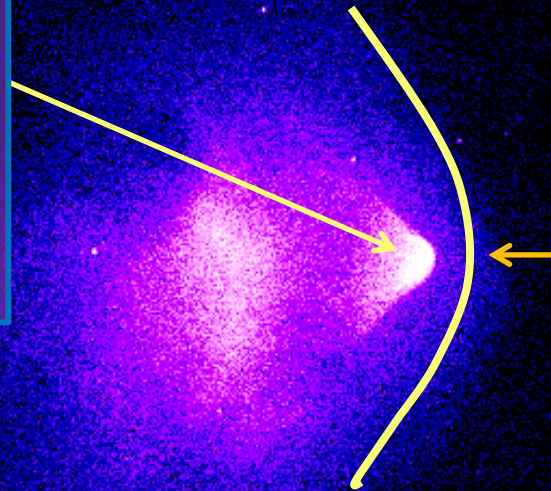


Gas X

Uno scontro molto particolare

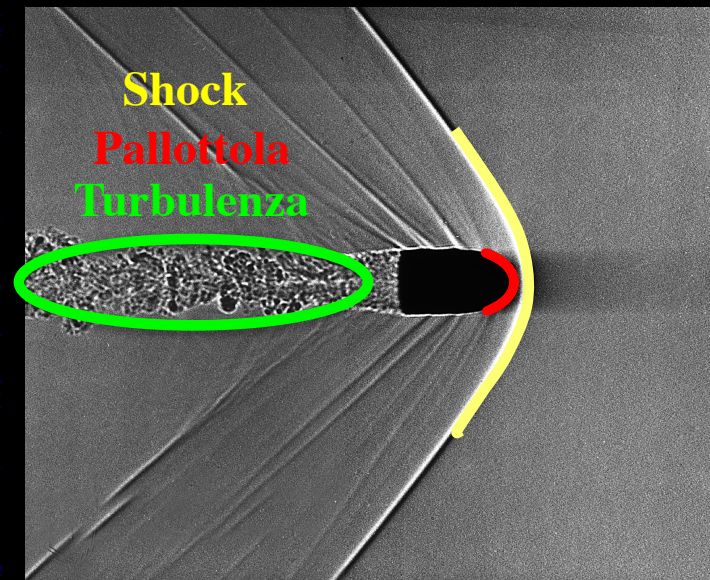
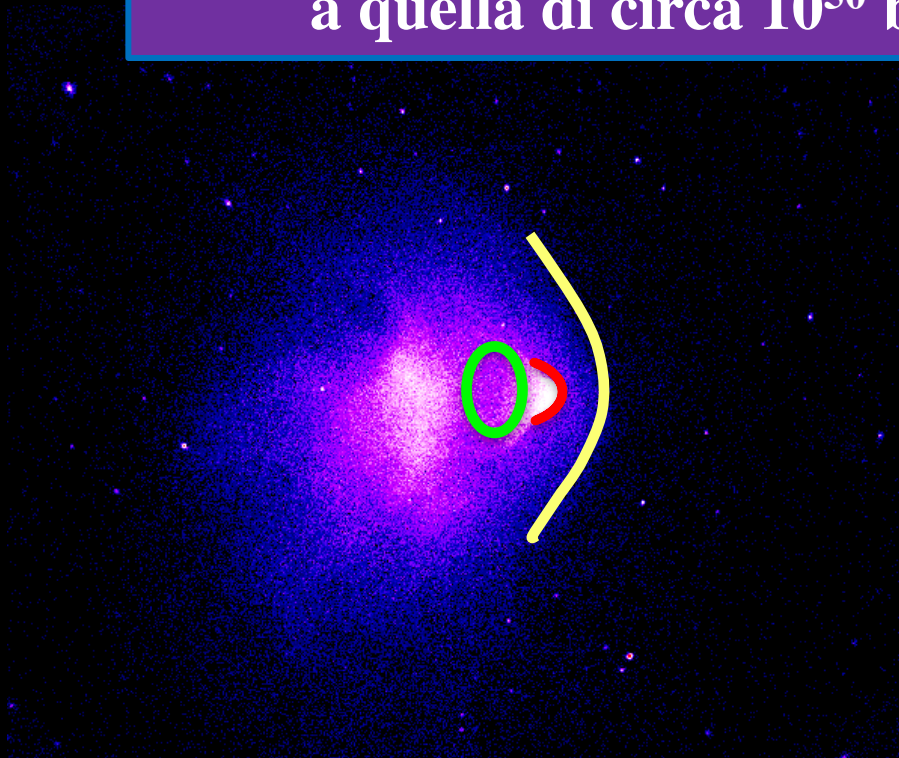
1E 0657-156: Ammasso “Pallottola”

“Pallottola”: è la parte di gas più interna e densa dell’ammasso che ha attraversato a velocità supersonica l’altro ammasso.



SHOCK:
prodotto da un’onda nel gas che si muove a velocità maggiore della velocità del suono.

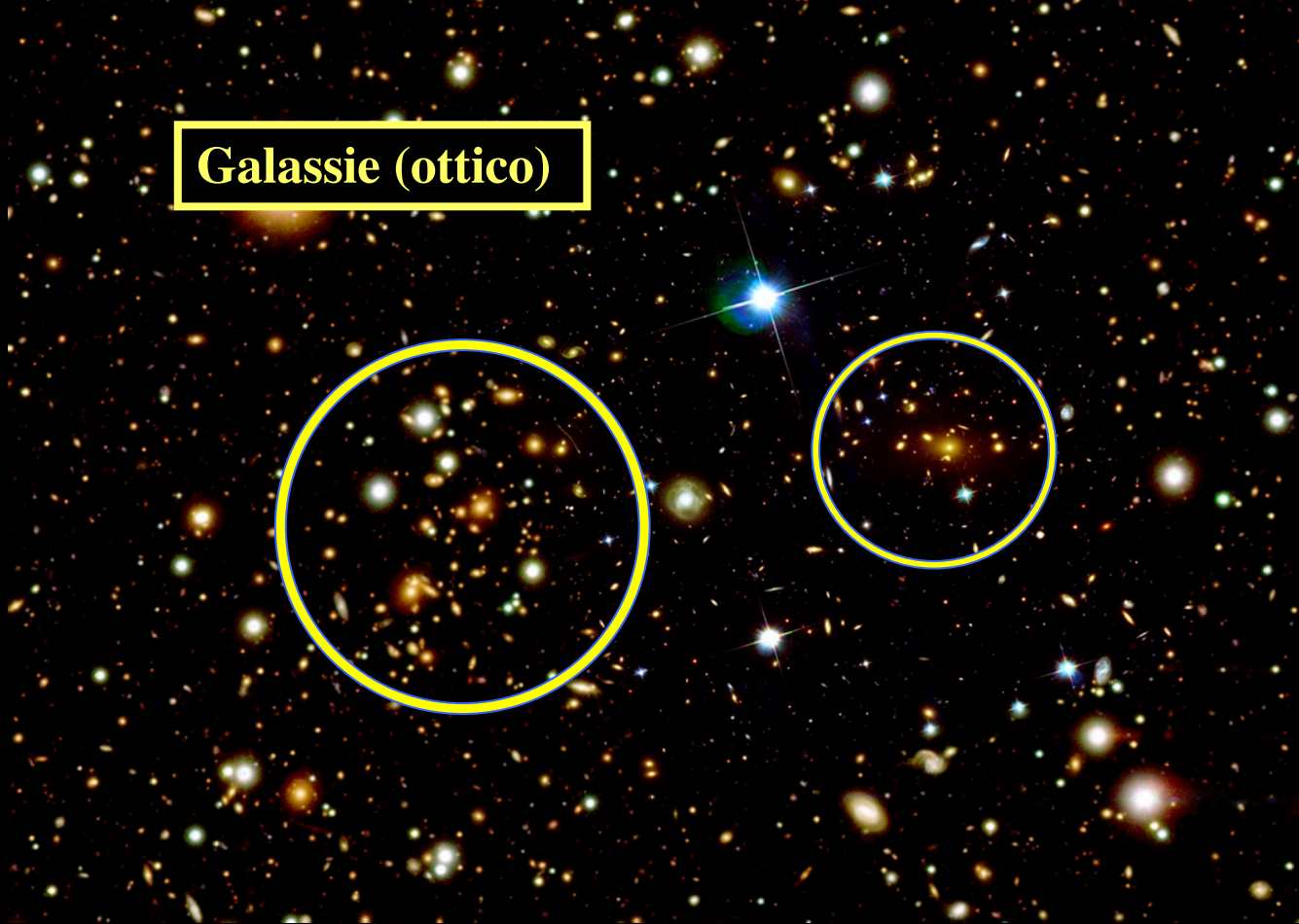
Quanta energia è coinvolta in questa collisione?
L'energia cinetica prodotta nello scontro è pari
a quella di circa 10^{50} bombe atomiche



Sono gli eventi che producono più
energia nell' Universo dopo il BigBang

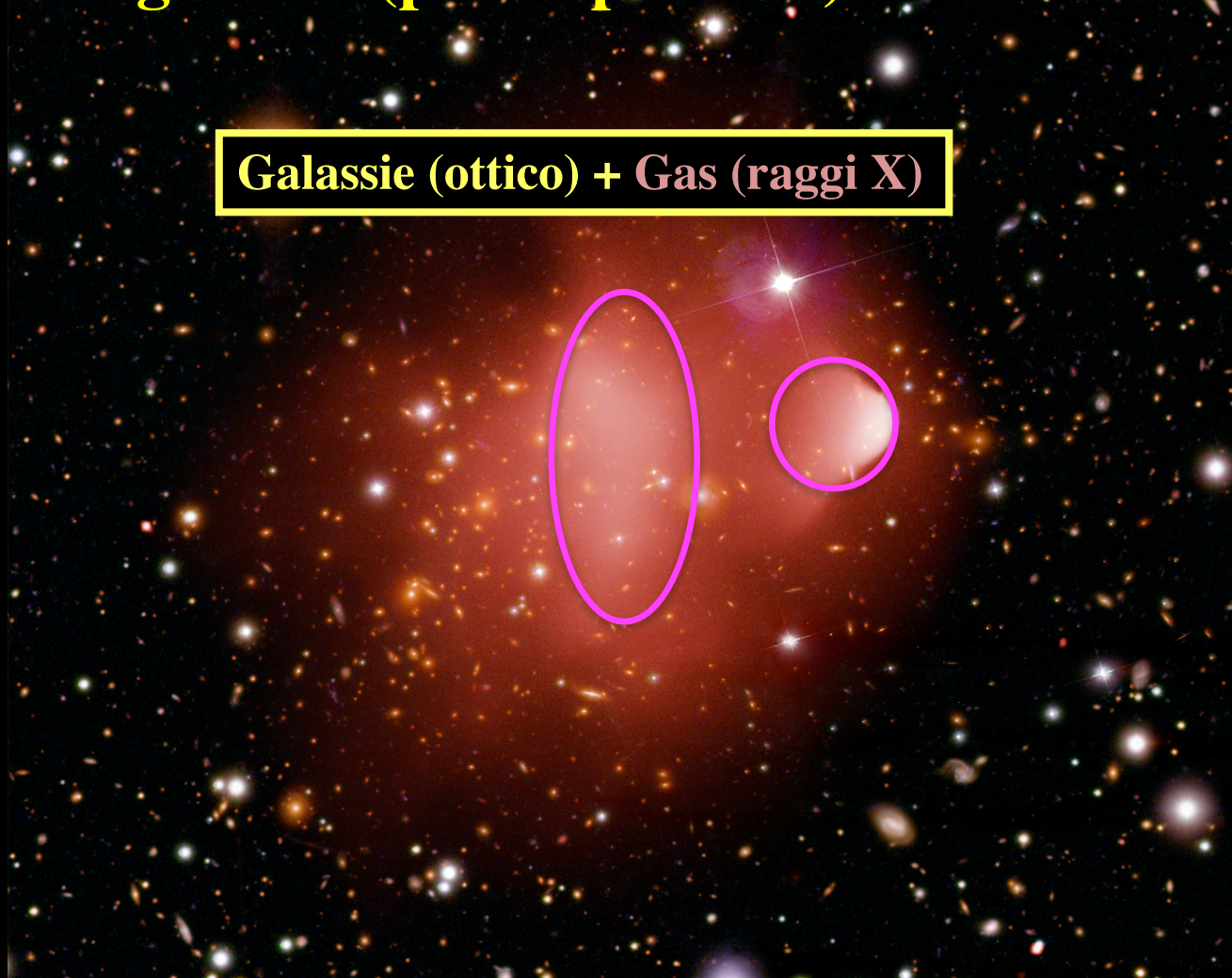
1E 0657-156: l'Ammasso “Pallottola”

La “Smoking Gun” (prova provata) della Materia Oscura



1E 0657-156: l'Ammasso “Pallottola”

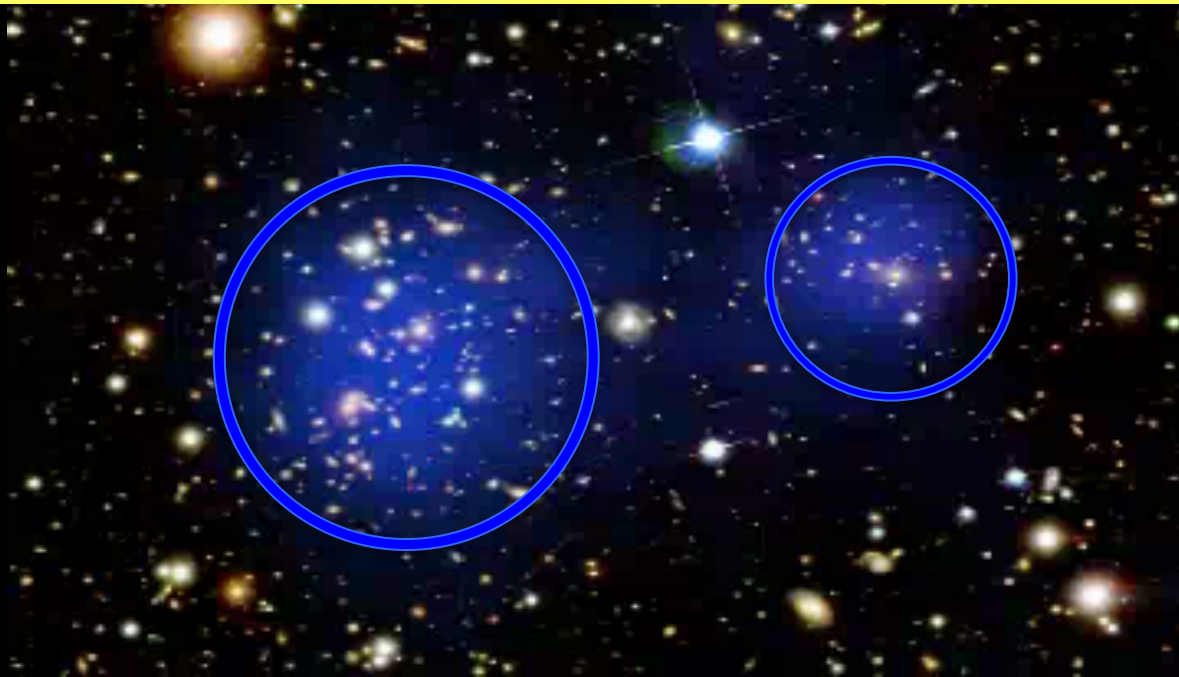
La “Smoking Gun” (prova provata) della Materia Oscura



1E 0657-156: l'Ammasso “Pallottola”

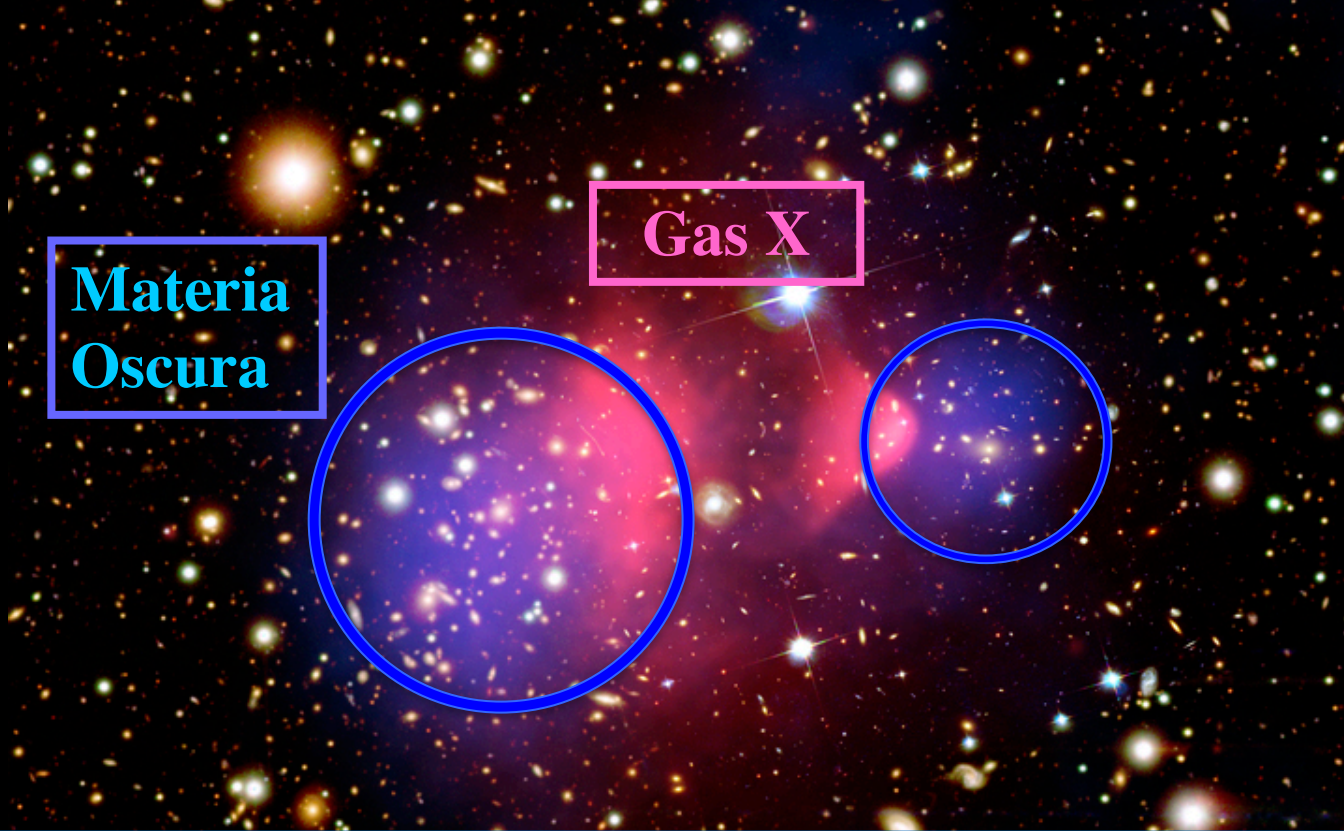
La “Smoking Gun” (prova provata) della Materia Oscura

Galassie (OTTICO) + Materia Oscura (lenti gravitazionali)



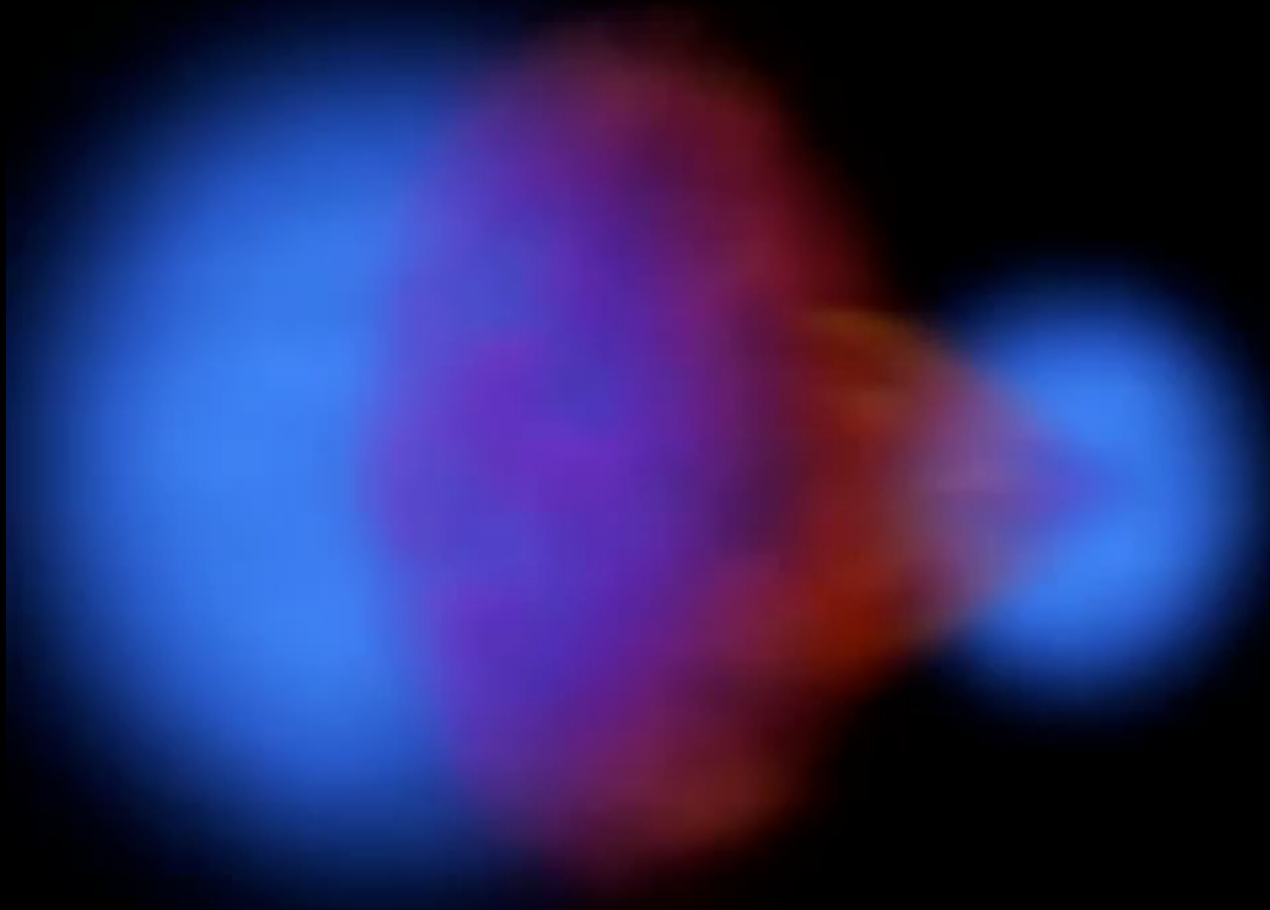
1E 0657-156: l'Ammasso “Pallottola”

La “Smoking Gun” (prova provata) della Materia Oscura



La collisione titanica ha separato la DM
dalla materia ordinaria (gas atomico)

1E 0657-156: Ammasso “Pallottola”



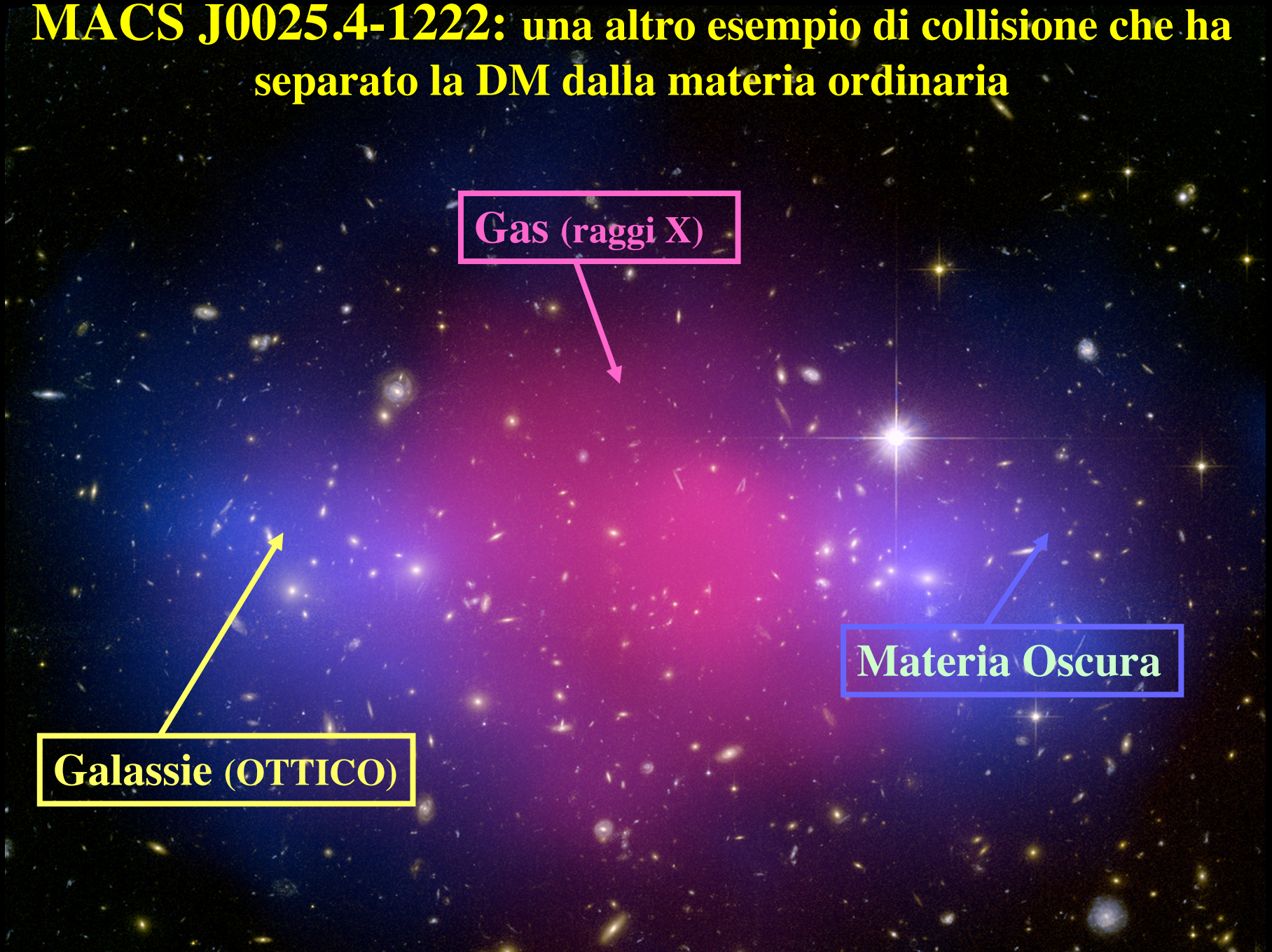
Simulazione

MACS J0025.4-1222: un altro esempio di collisione che ha separato la DM dalla materia ordinaria

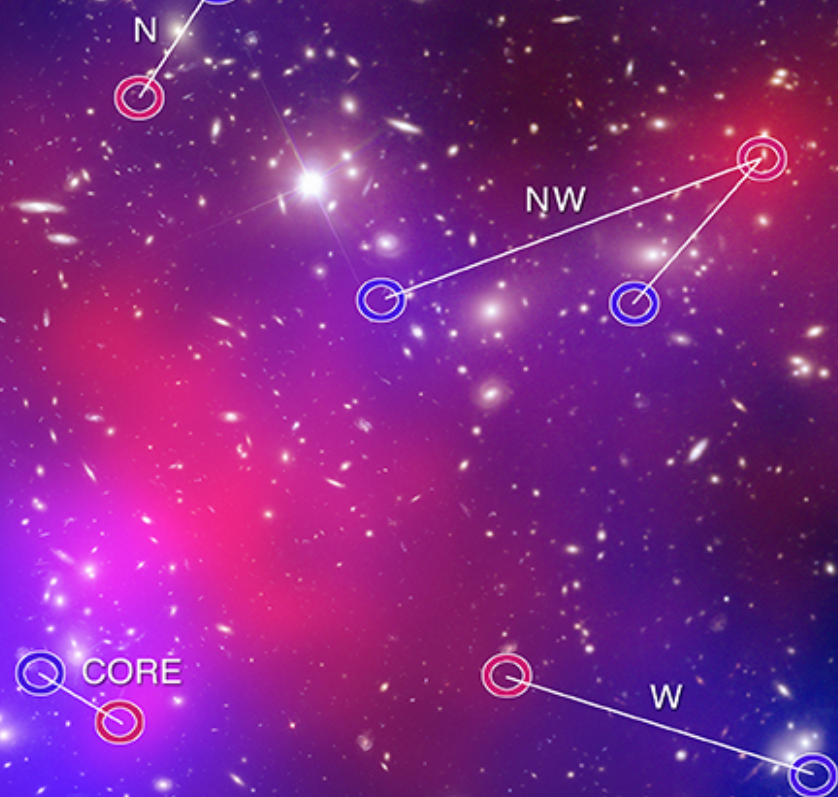
Gas (raggi X)

Materia Oscura

Galassie (OTTICO)



A2744: Ammasso Pandora



**Immagine composita:
Galassie, Gas X (rosso), DM (blu)
Collisione tra almeno 4 ammassi
in 350 milioni di anni**