

Universo invisibile: a caccia di Raggi X

Anna Wolter

INAF – Osservatorio Astronomico di Brera

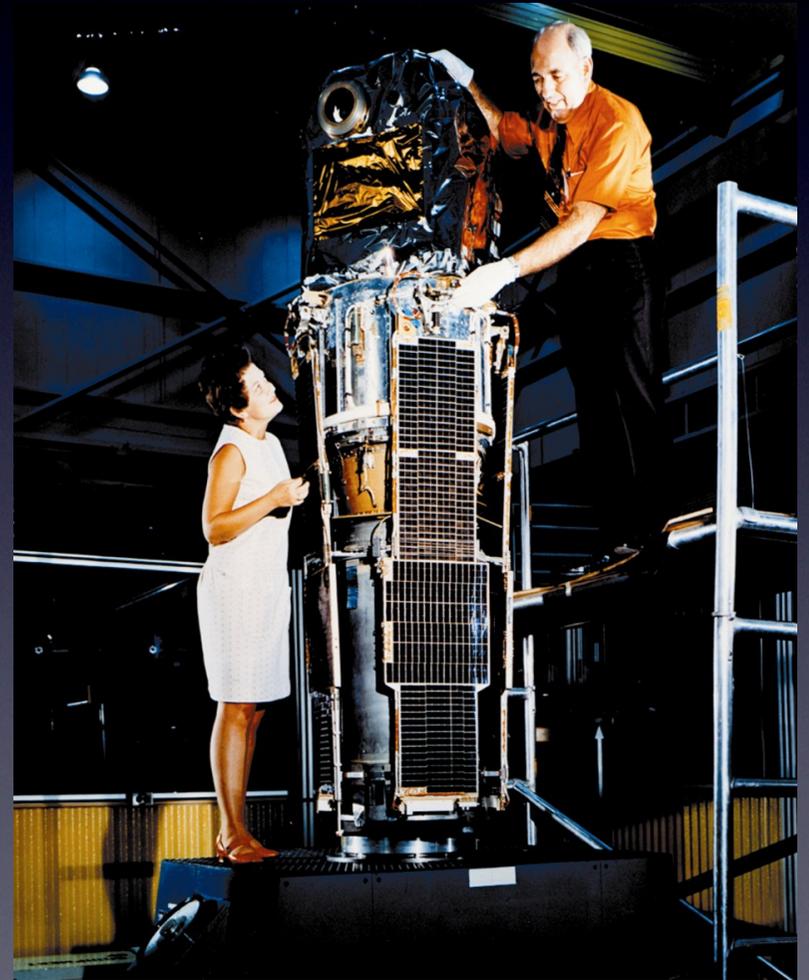
Ringrazio Fabio Pizzolato per alcune immagini

Astronomia X e l'ITALIA



Bruno Rossi con
Marjorie Townsend
e UHURU

Bruno ROSSI

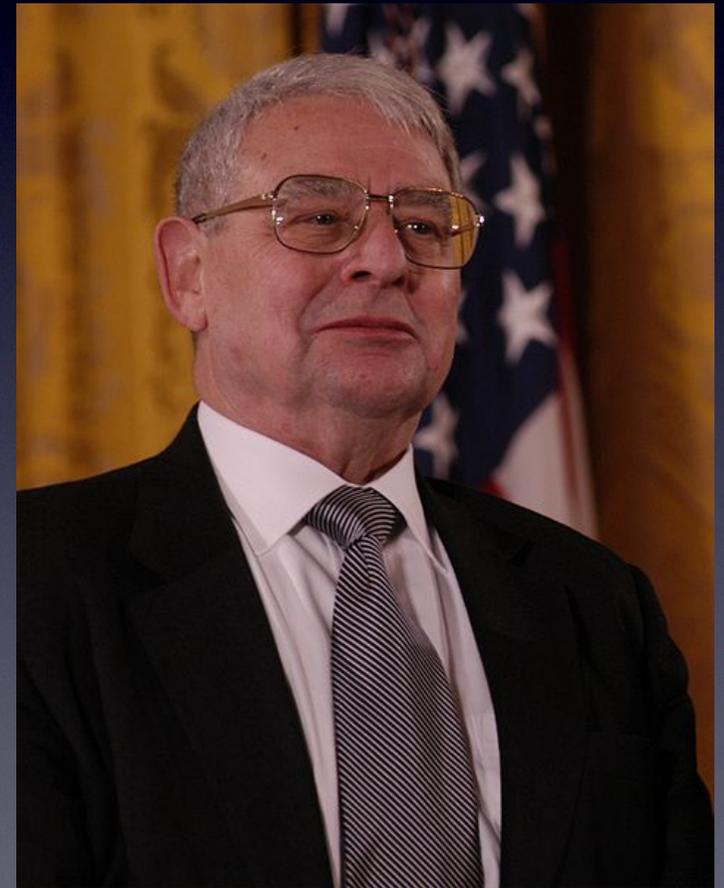


Astronomia X e MILANO

Giuseppe (Beppo) Occhialini
NOBEL a Beckett 1948
NOBEL a Powell 1950



Riccardo Giacconi
NOBEL 2002



Cosa sono i raggi X

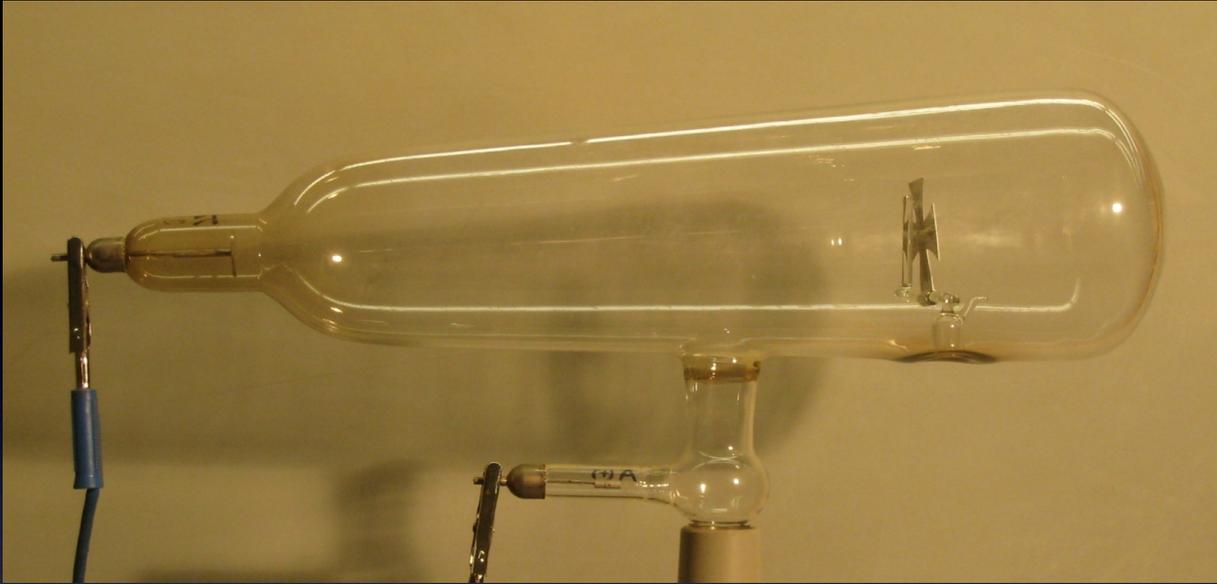
Radiografie?



Sicurezza?

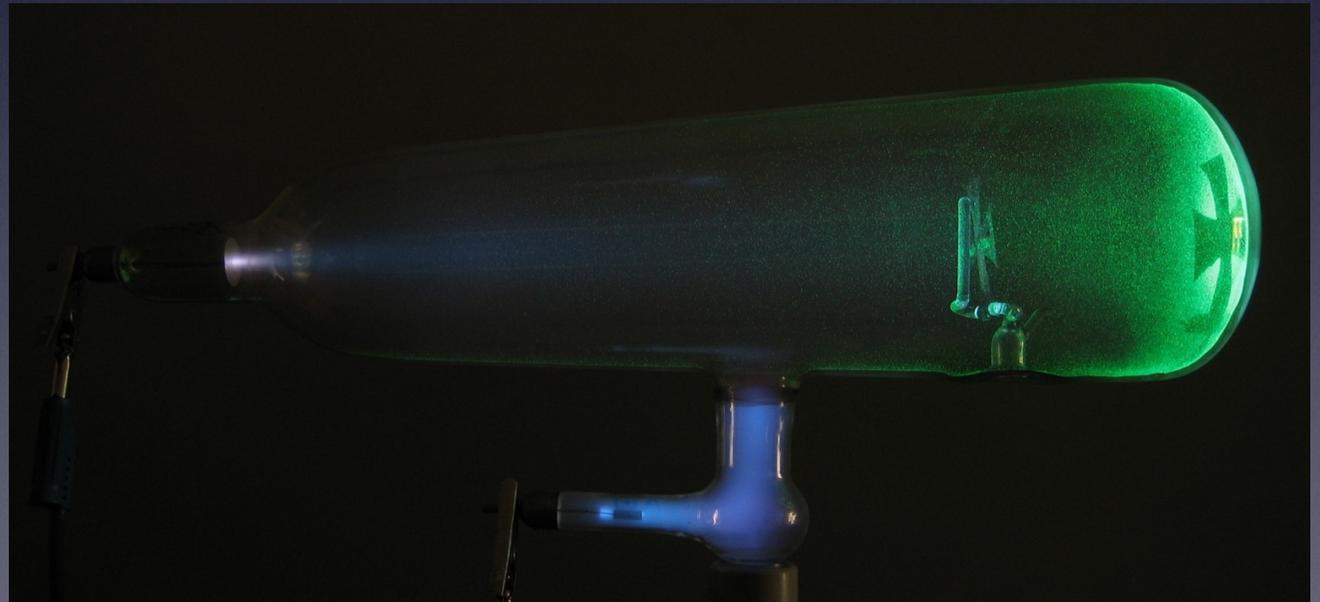


La scoperta dei raggi X



Wilhelm Roentgen
Novembre 1895

Tubo di Crookes
Raggi 'Catodici' (elettroni)





22 dicembre 1895
la "prima immagine X"

Per presentare al mondo scientifico la sua scoperta, Roentgen espose la mano della moglie (?) a un fascio di raggi X ottenendo la prima radiografia.

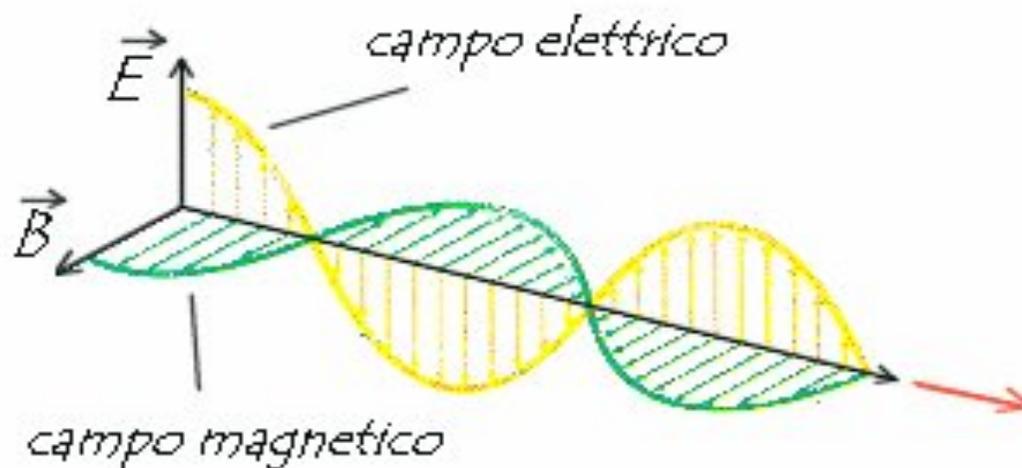
Le parti più dense del corpo umano intercettano i raggi X, perciò in corrispondenza delle ossa la lastra fotografica non viene annerita.

I raggi X sono molto penetranti perché la loro lunghezza d'onda è piccola.



Onde elettromagnetiche

I raggi X, come la luce e le onde radio, sono onde elettromagnetiche

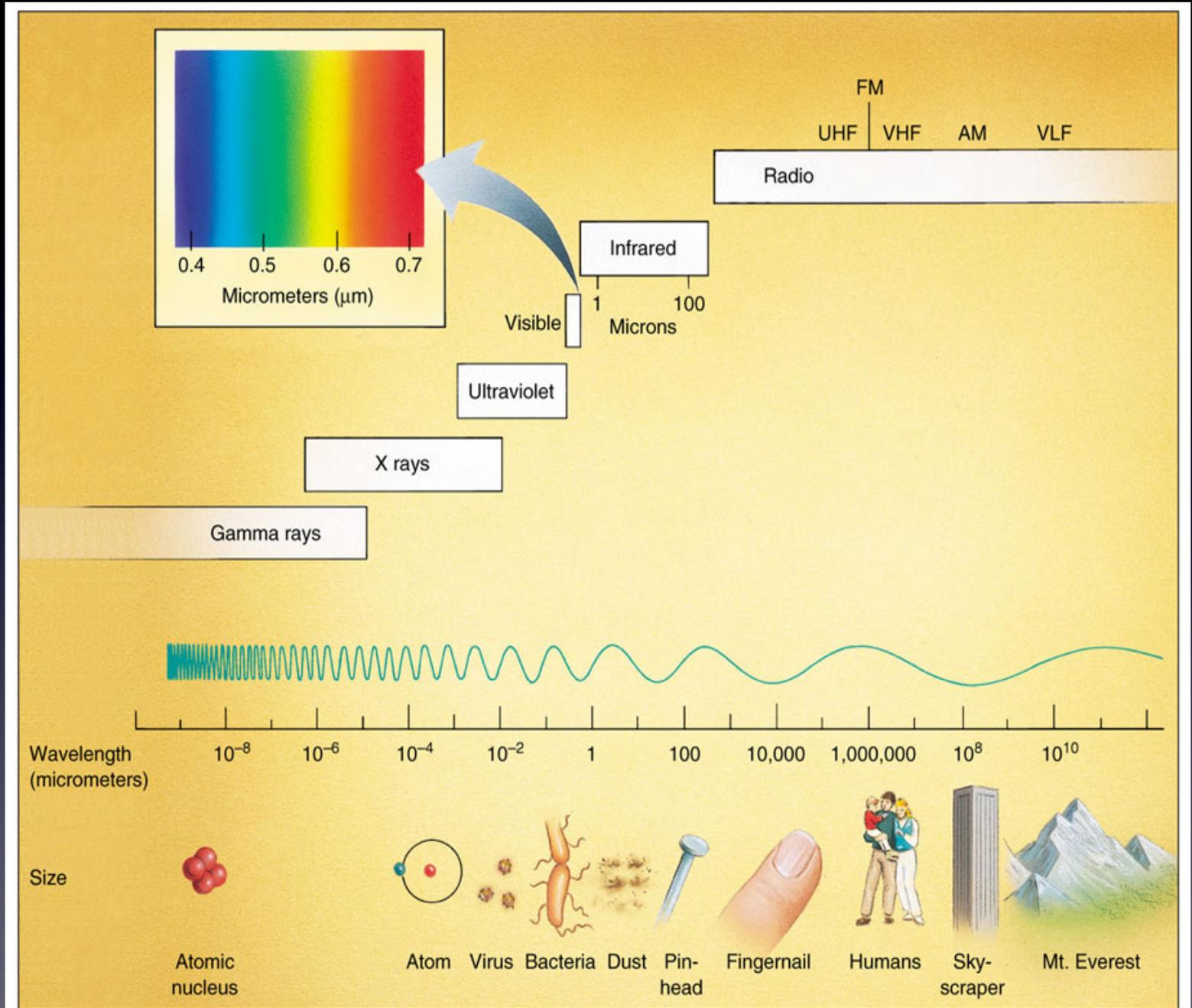


La radiazione si muove a velocità "c" (velocità della luce)

Diverse frequenze danno luogo a onde molto differenti tra loro

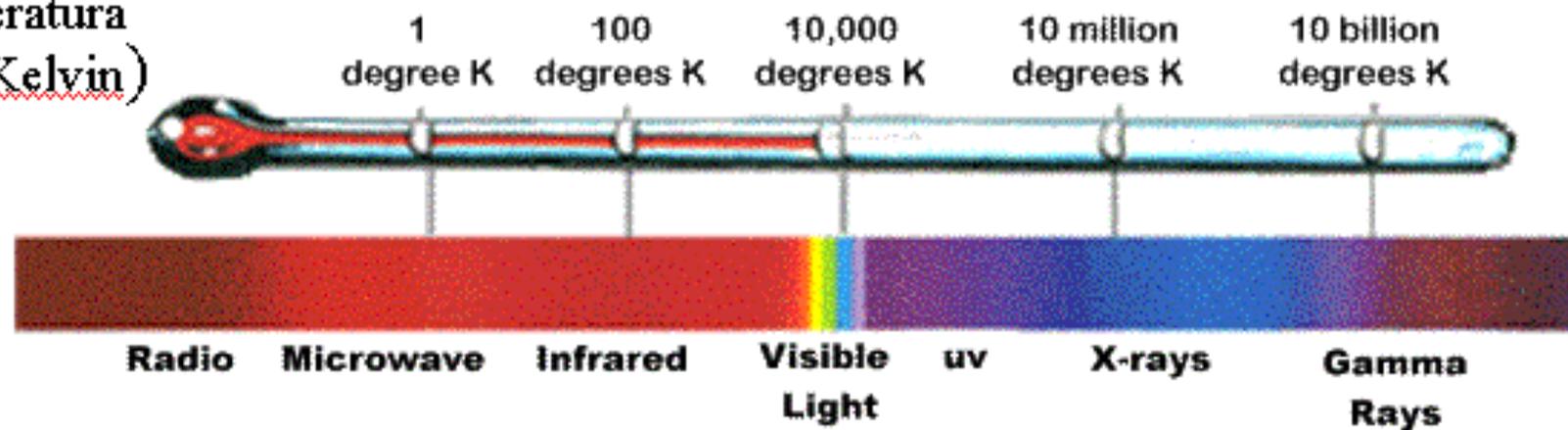


Le onde elettromagnetiche

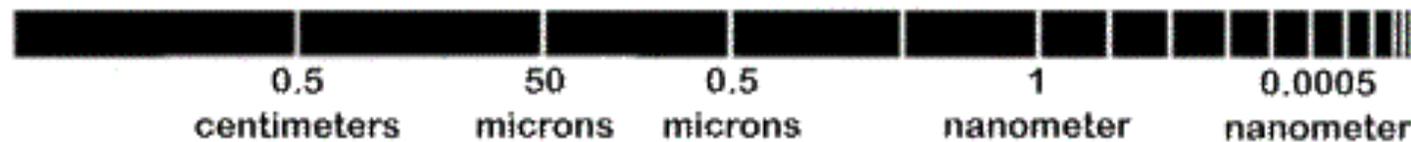


Radiazione Termica

Temperatura
(gradi Kelvin)



Lunghezza
d'onda



WAVELENGTH

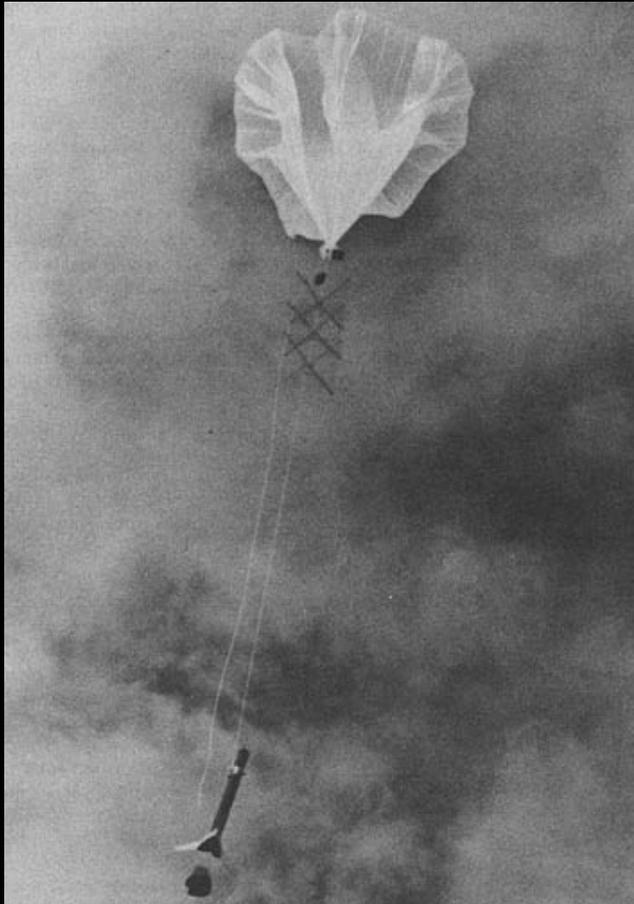
Note: degrees Kelvin (K) = degrees Celsius (C) + 273



Perché è interessante osservare il cielo in raggi X ?

In raggi X
vediamo zone calde e attive
dell'Universo
dove la forza di gravità
è molto intensa

Primi strumenti



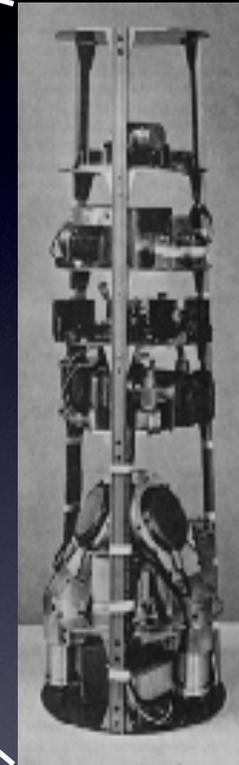
Razzi nel Nuovo Messico



L'alba dell'astronomia X

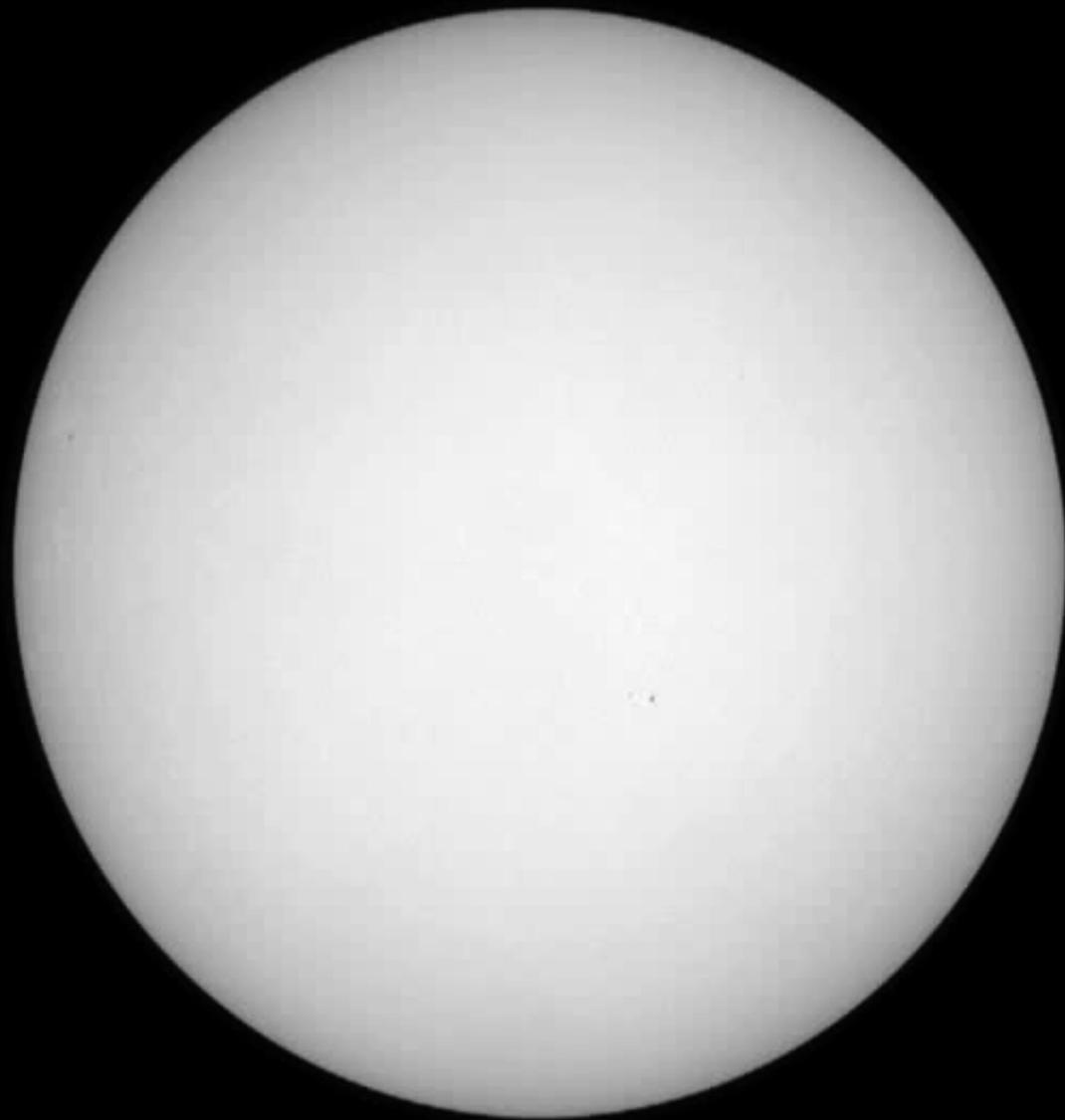


Razzo
Aerobee



Il contatore di raggi X

Un primo esempio: il Sole

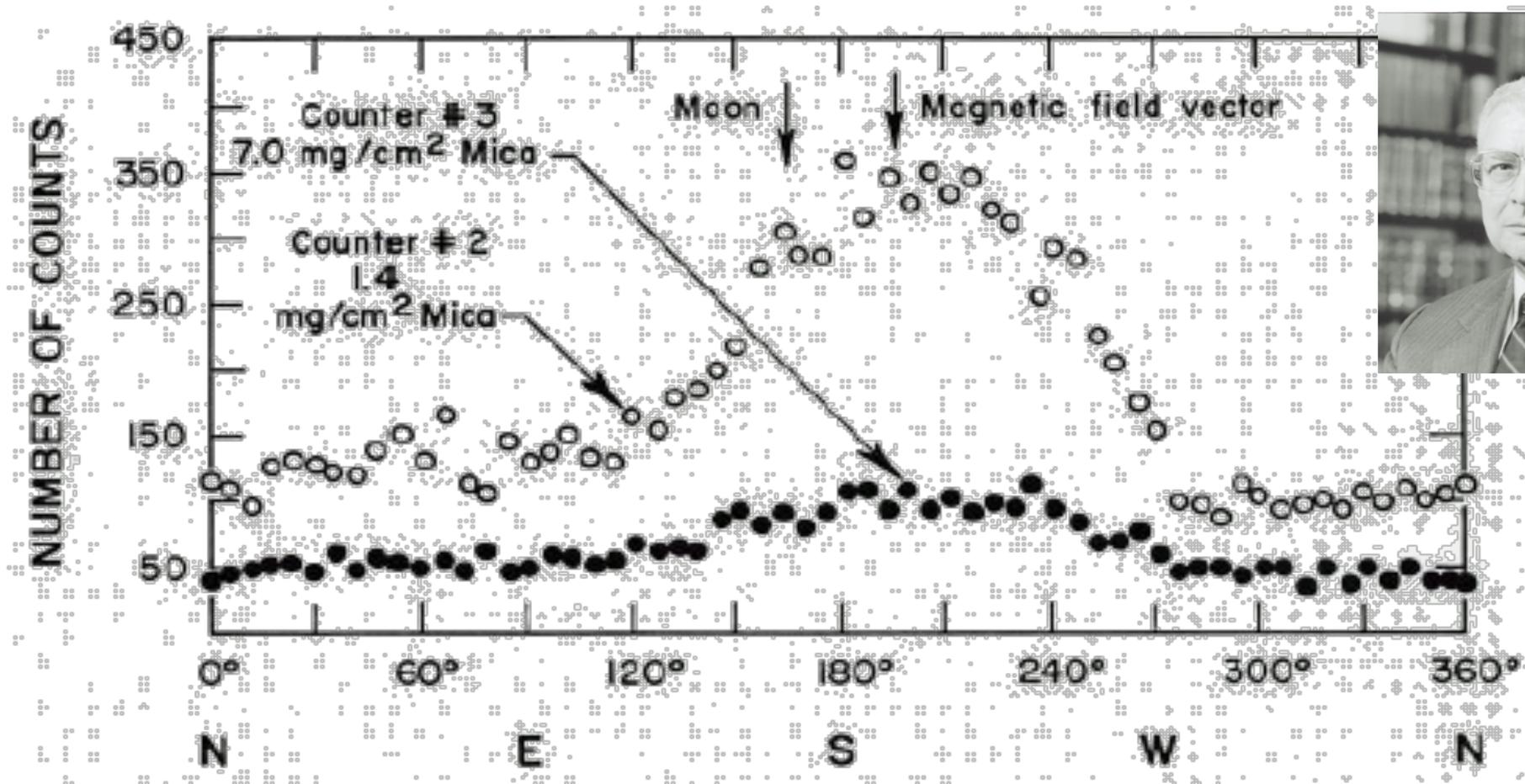


Il Sole in
luce visibile
ultravioletto
raggi X

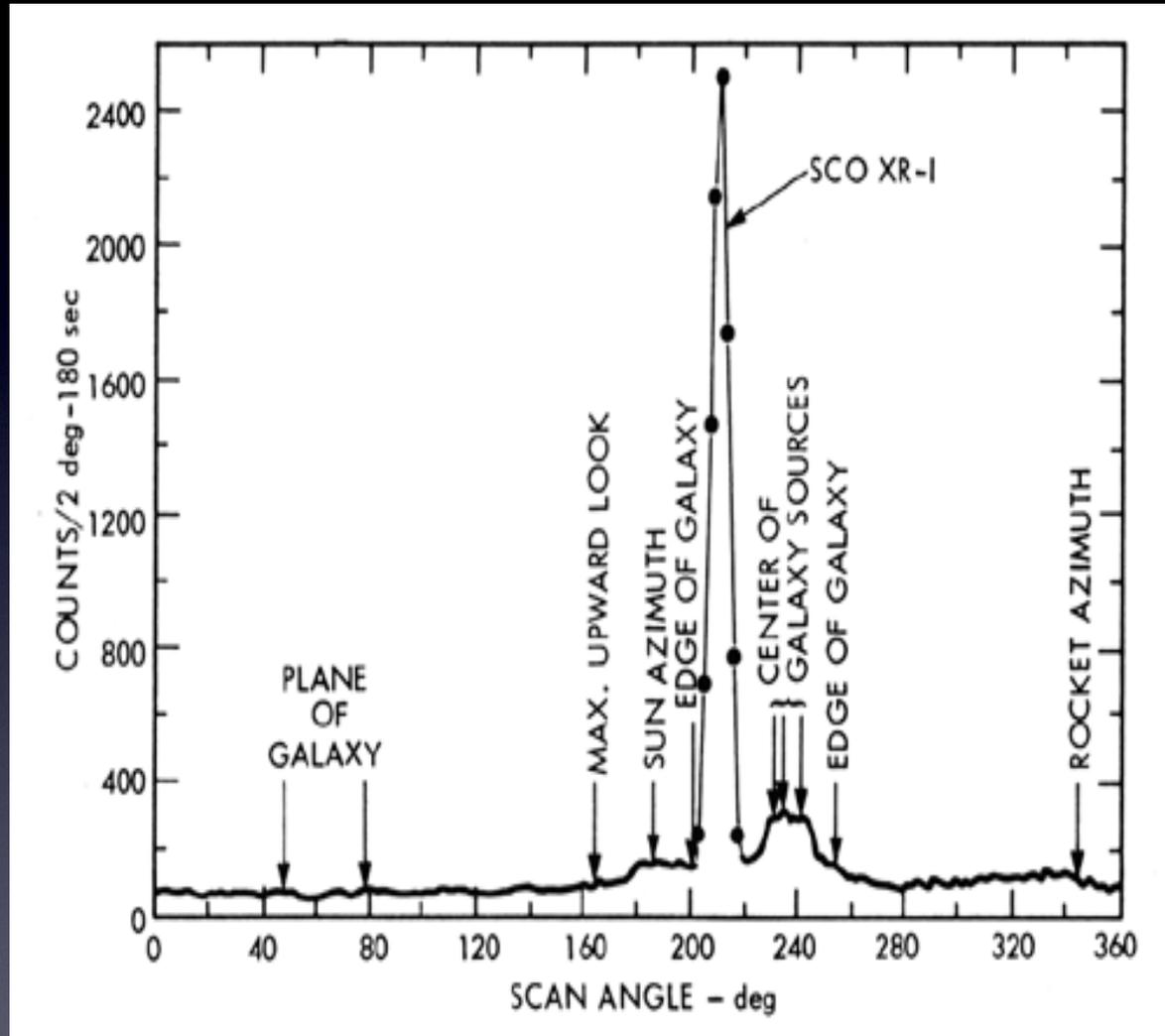
I risultati del volo del 12 Giugno 1962

Il razzo - collaborazione di Riccardo Giacconi, Herbert Gursky, Franck Paolini e Bruno Rossi - rivela che non solo il sole è sorgente di raggi X, come previsto, ma ci sono sorgenti molto più forti del sole in cielo.

Scorpio X-1 (la più forte sorgente X nella costellazione dello Scorpione) è la prima sorgente X extrasolare rivelata.



La scoperta di Sco X-1

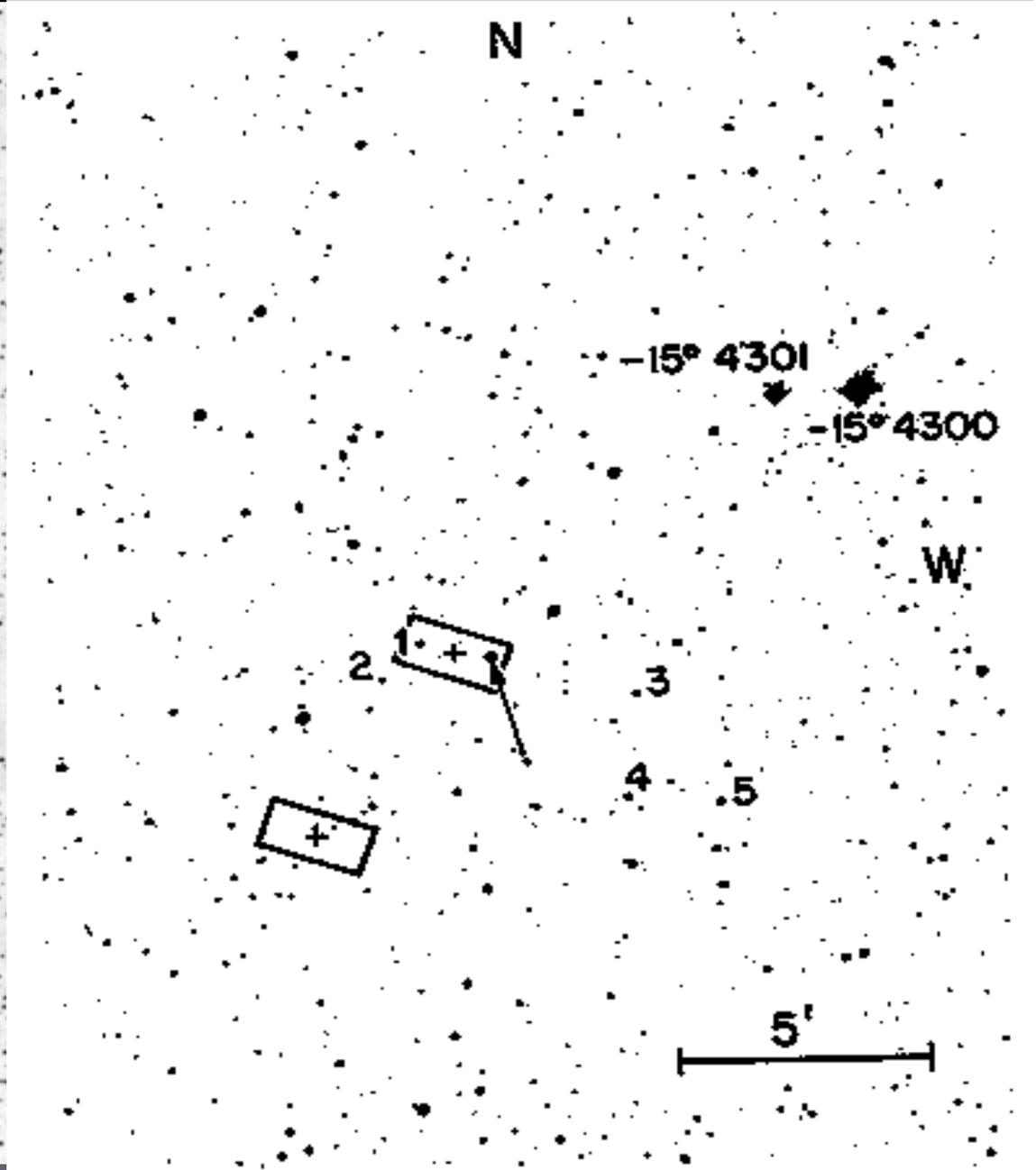
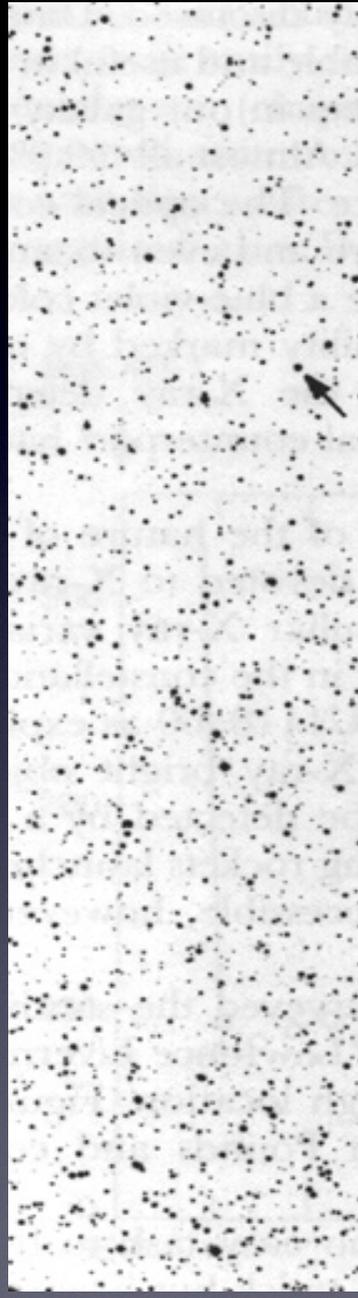


La luminosita' in raggi X di Sco X-1 corrisponde a 60,000 volte quella del Sole

Giacconi et al., 1962

solo poche sorgenti otticamente identificate

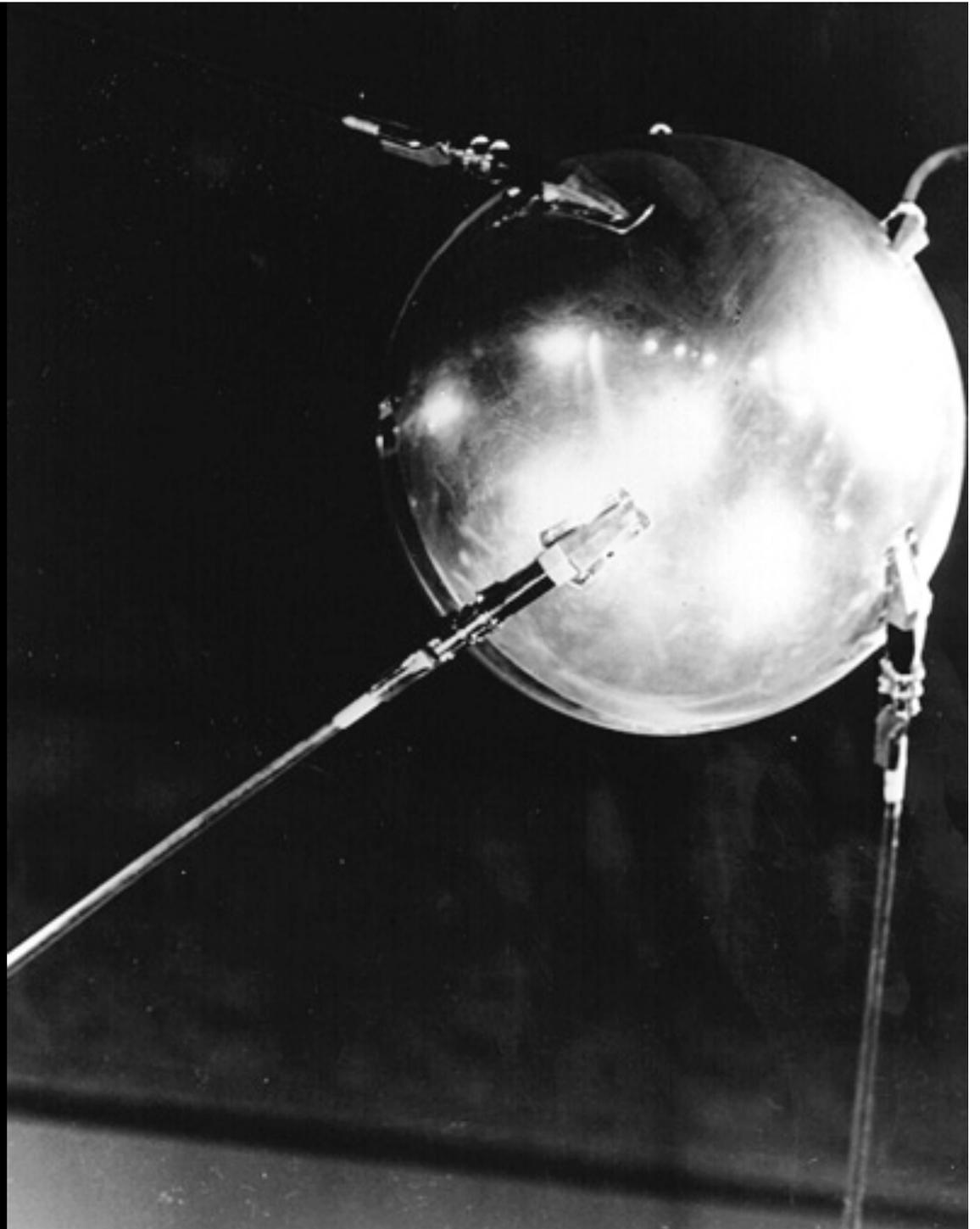
*Immagine ottica
della zona
di provenienza
della radiazione X
da Sco X-1*



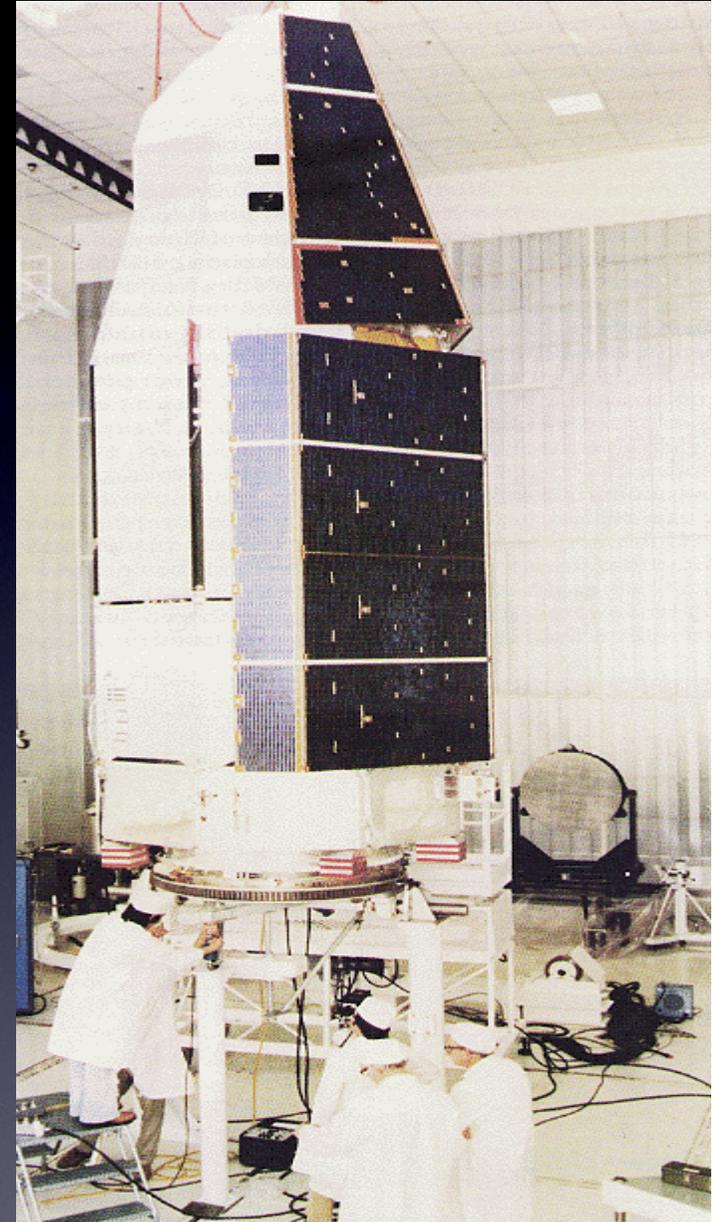
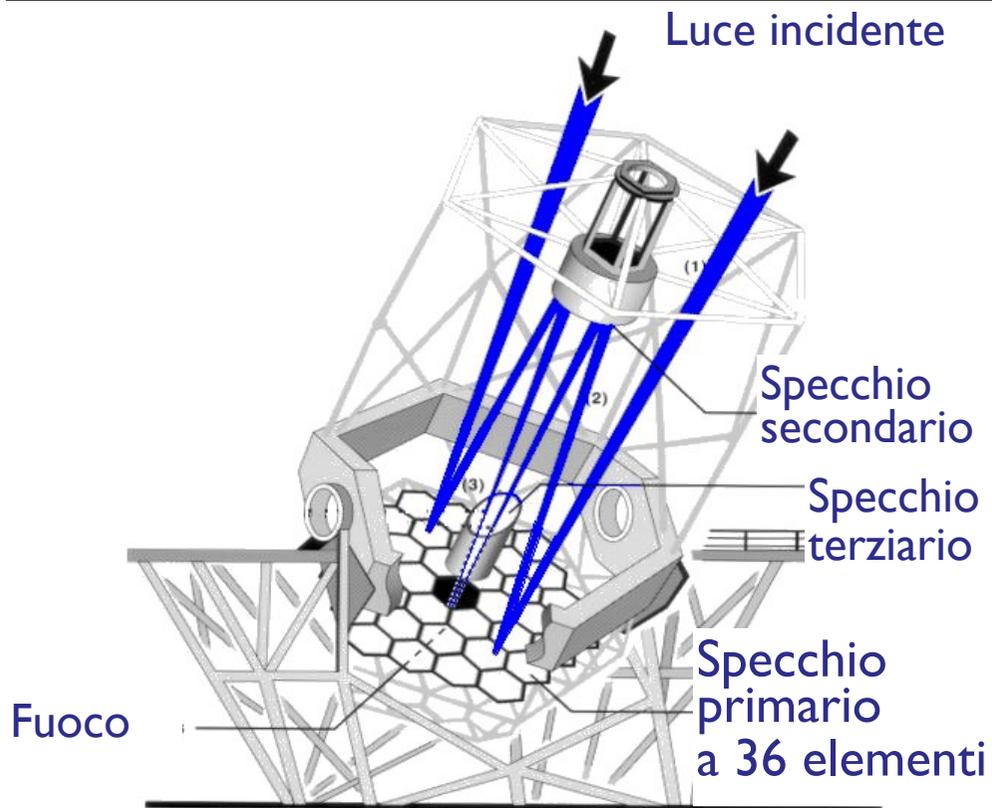
Sputnik

*Primo satellite artificiale
della Terra*

*Lanciato il
4 Ottobre 1957*



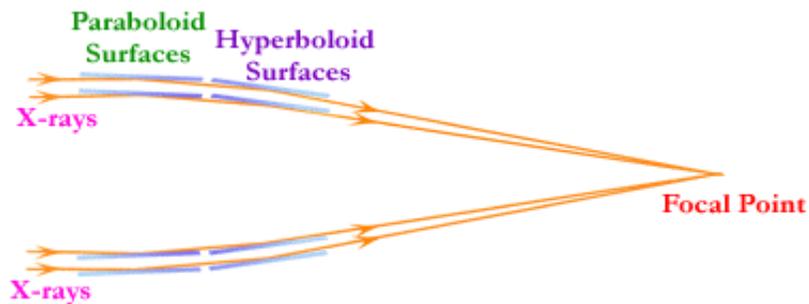
Specchio OTTICO

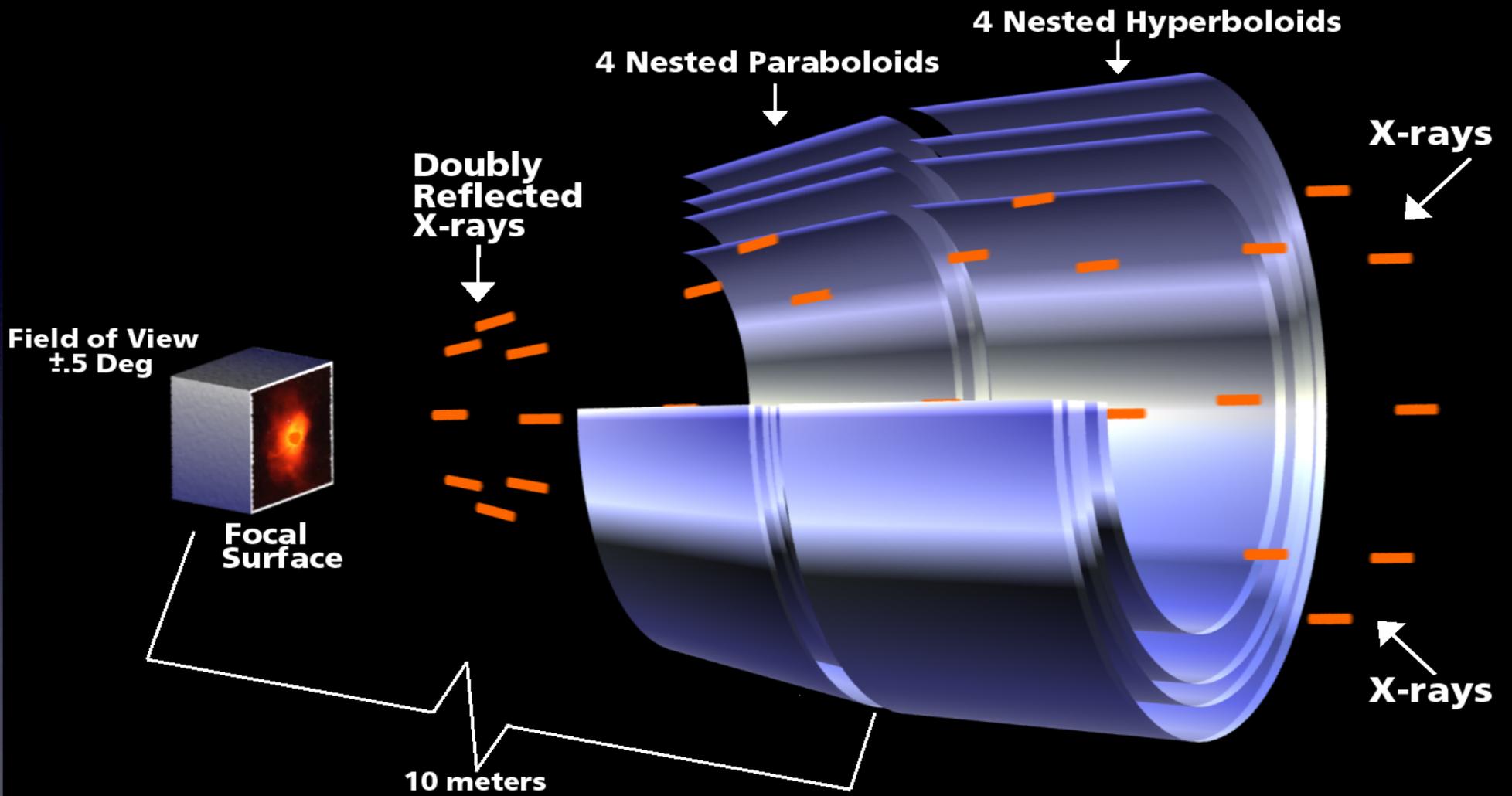


Osservatorio Einstein

(1978 – 1980)

primo grande telescopio per raggi X

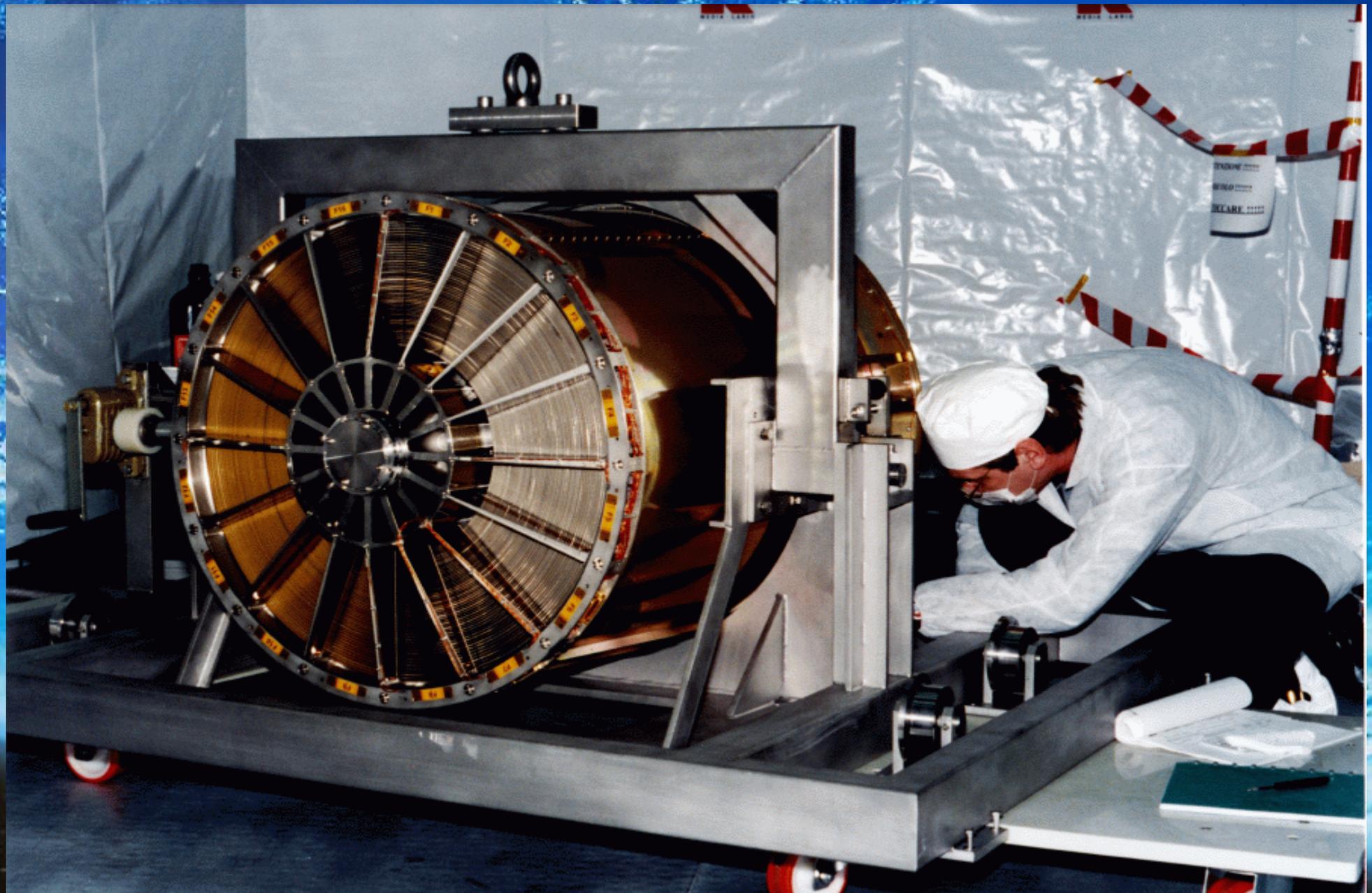




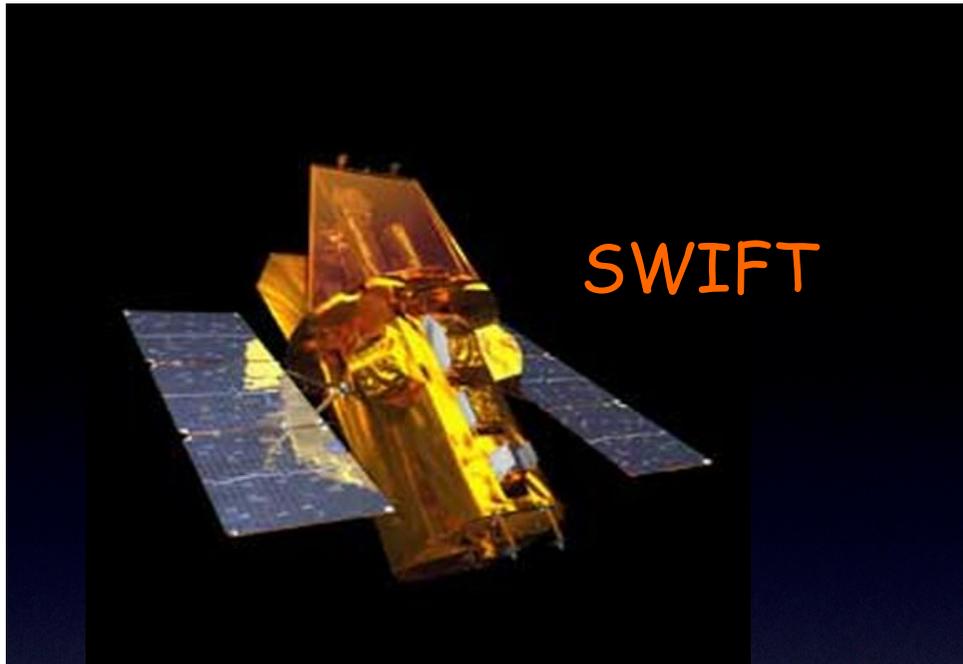
Mirror elements are 0.8 m long and from 0.6 m to 1.2 m diameter

Specchi X





Telescopi per raggi X



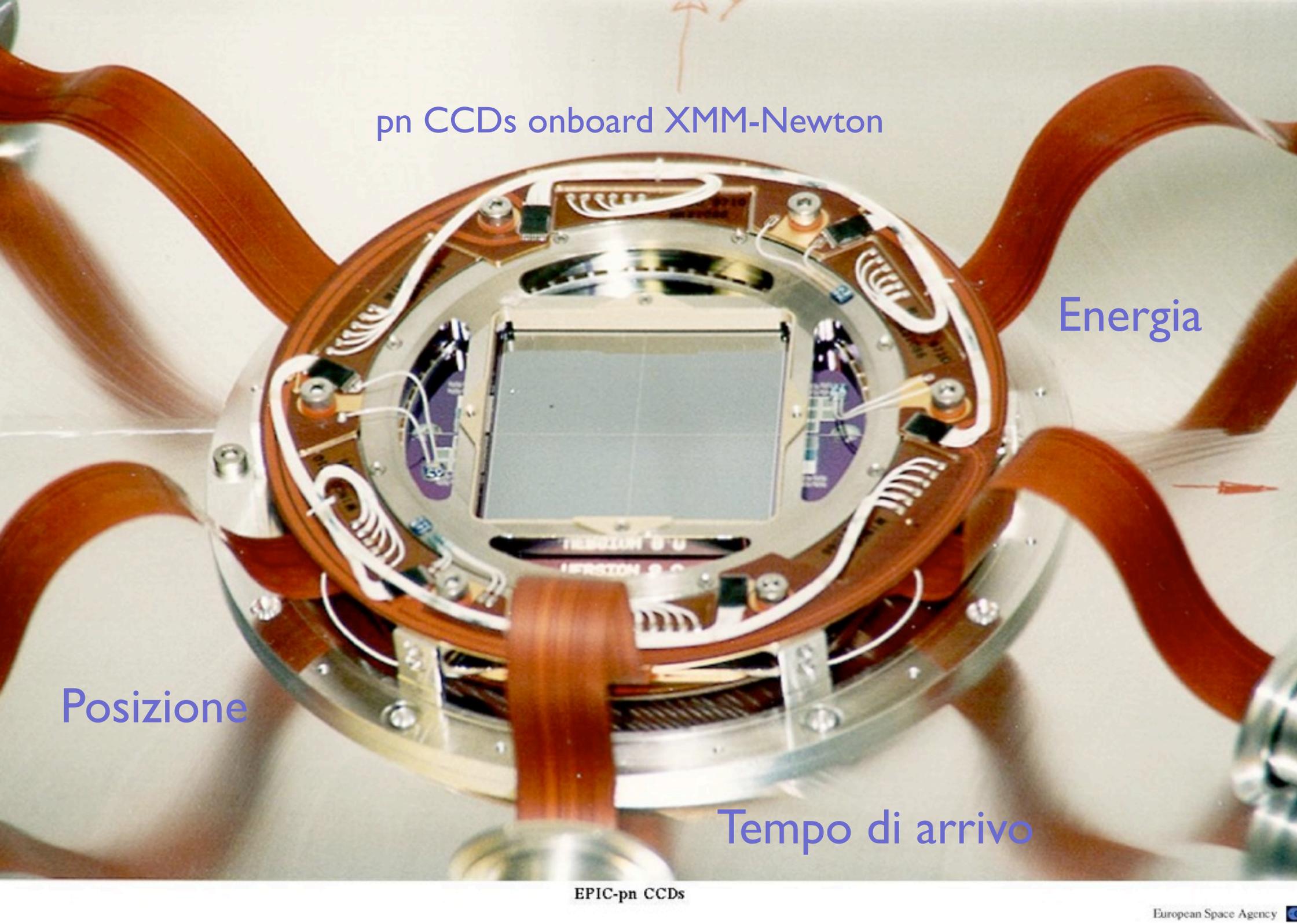
pn CCDs onboard XMM-Newton

Energia

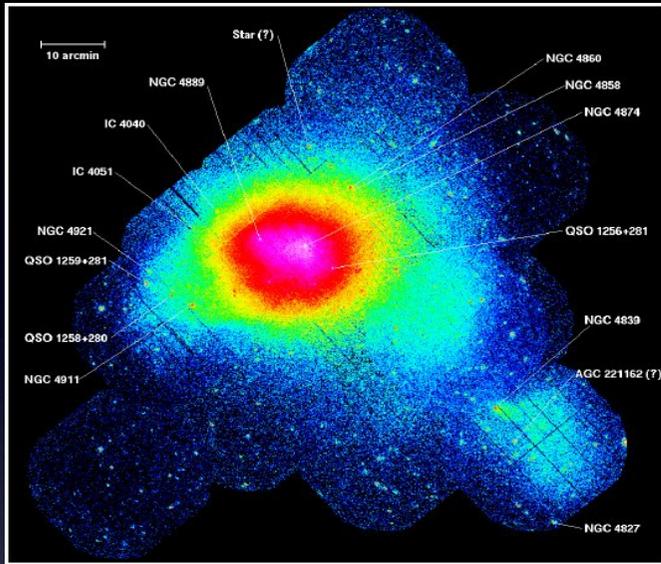
Posizione

Tempo di arrivo

EPIC-pn CCDs

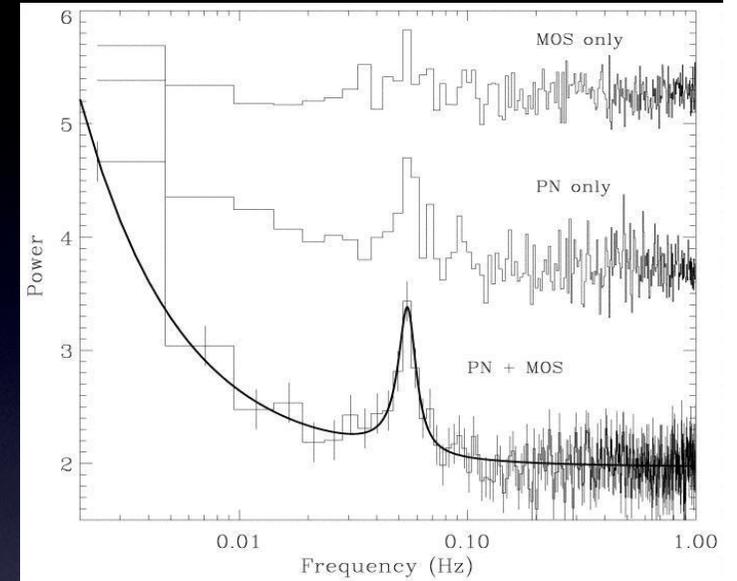


Gli strumenti dell'astronomo X



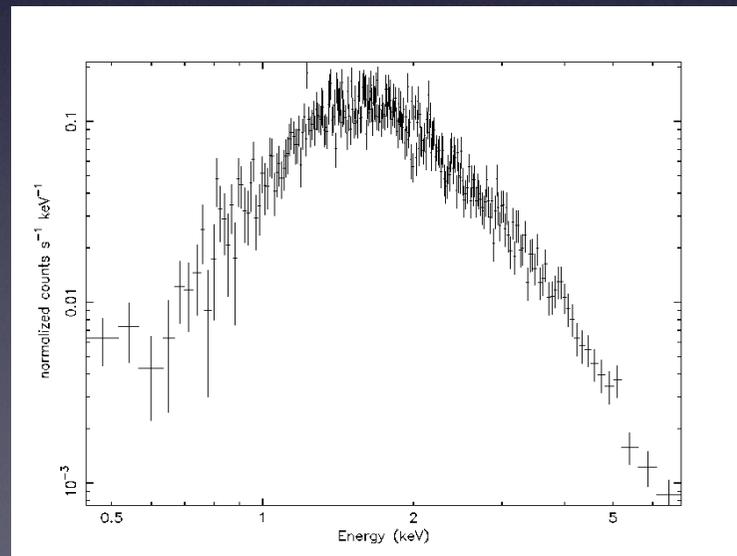
Immagini

Spettri



An X-Ray Quasi-periodic Oscillation from an ULX in M82

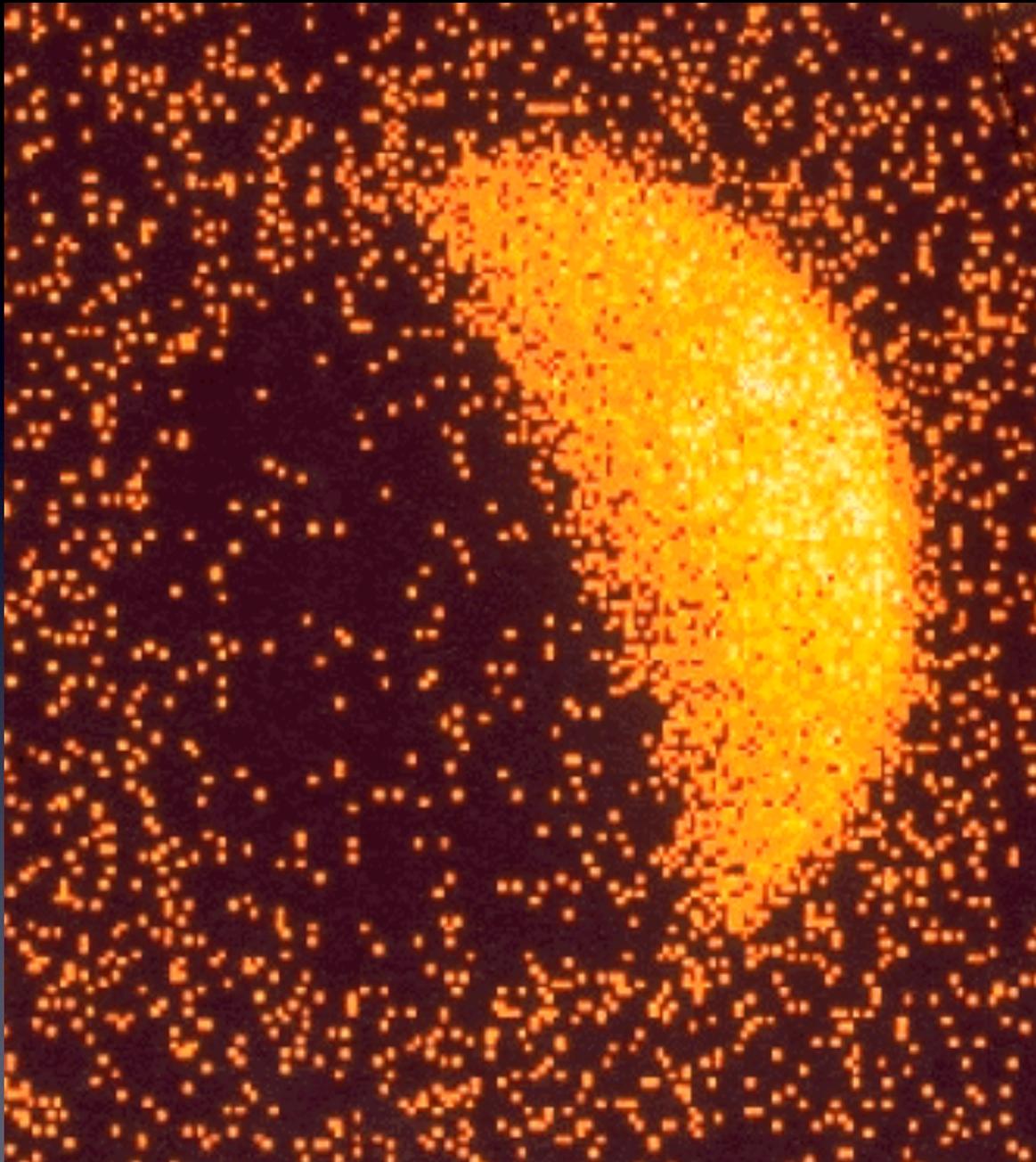
European Space Agency



Variazioni temporali

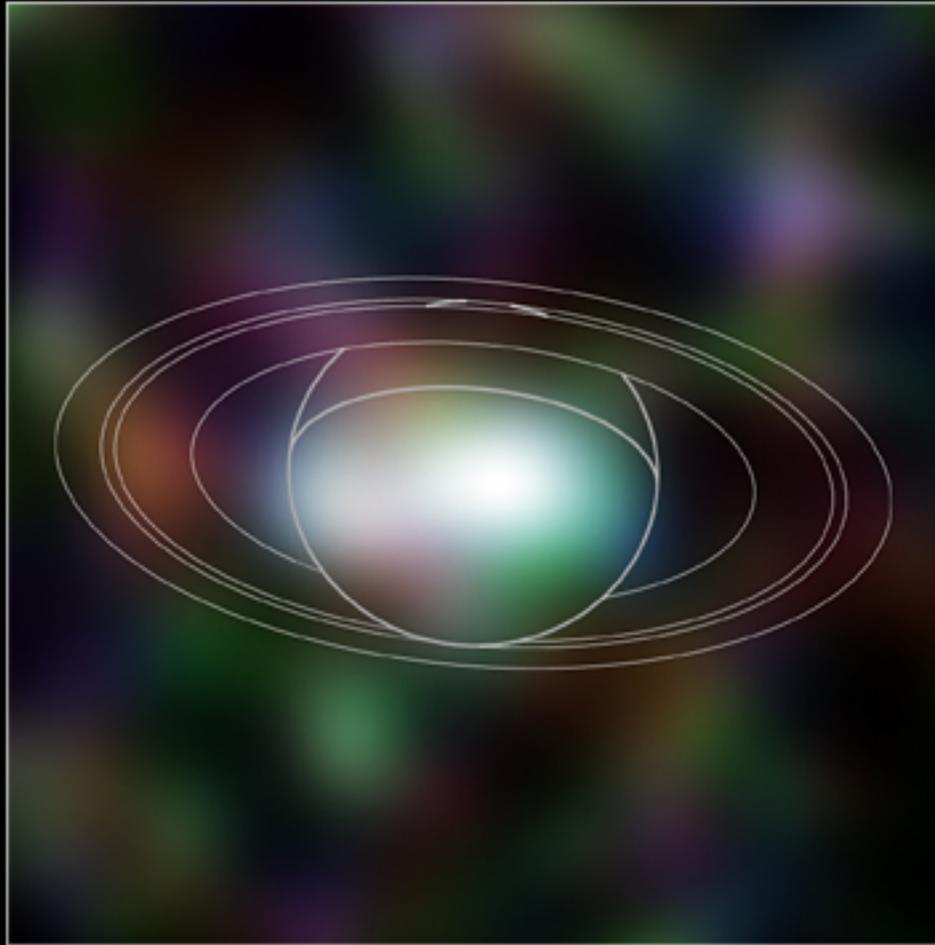
Iniziamo il nostro viaggio....

Sistema Solare...

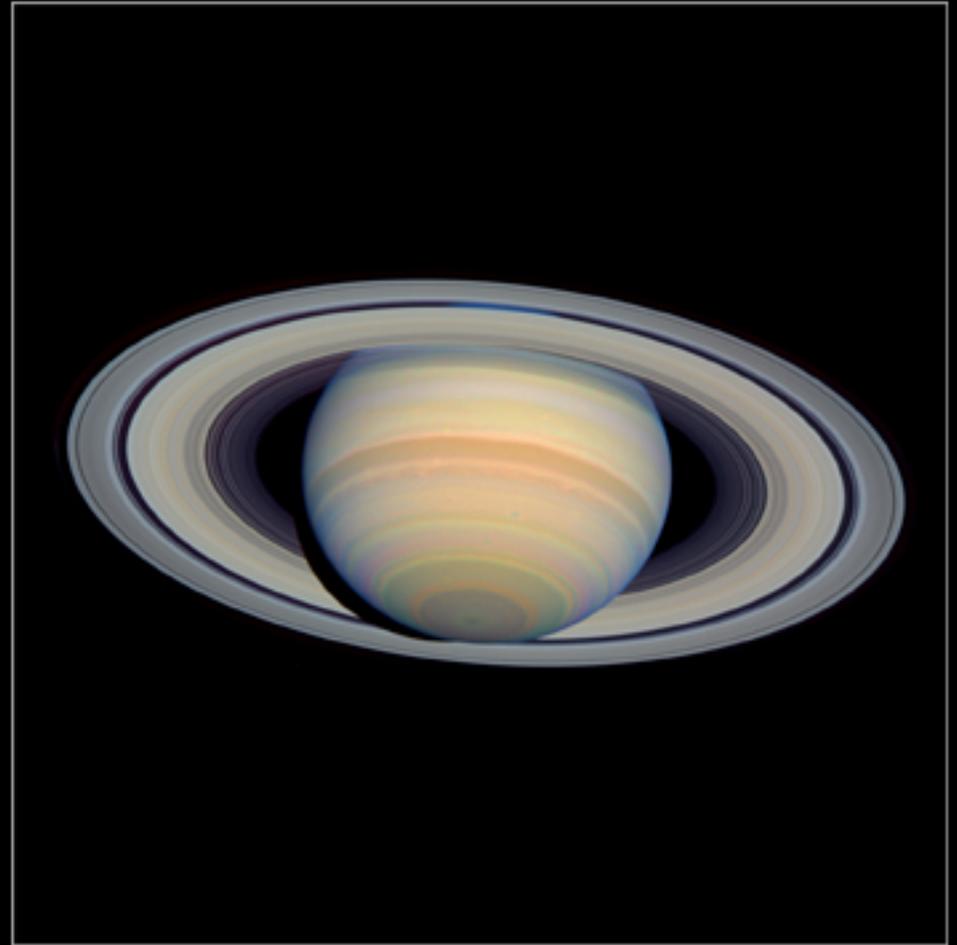


La Luna
vista
da
ROSAT

Saturno a 1.2 miliardi di chilometri dalla Terra



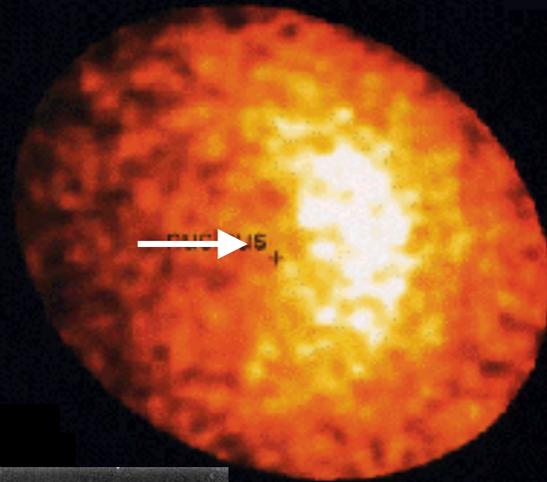
CHANDRA X-RAY



HST OPTICAL

Cometa Hyakutake

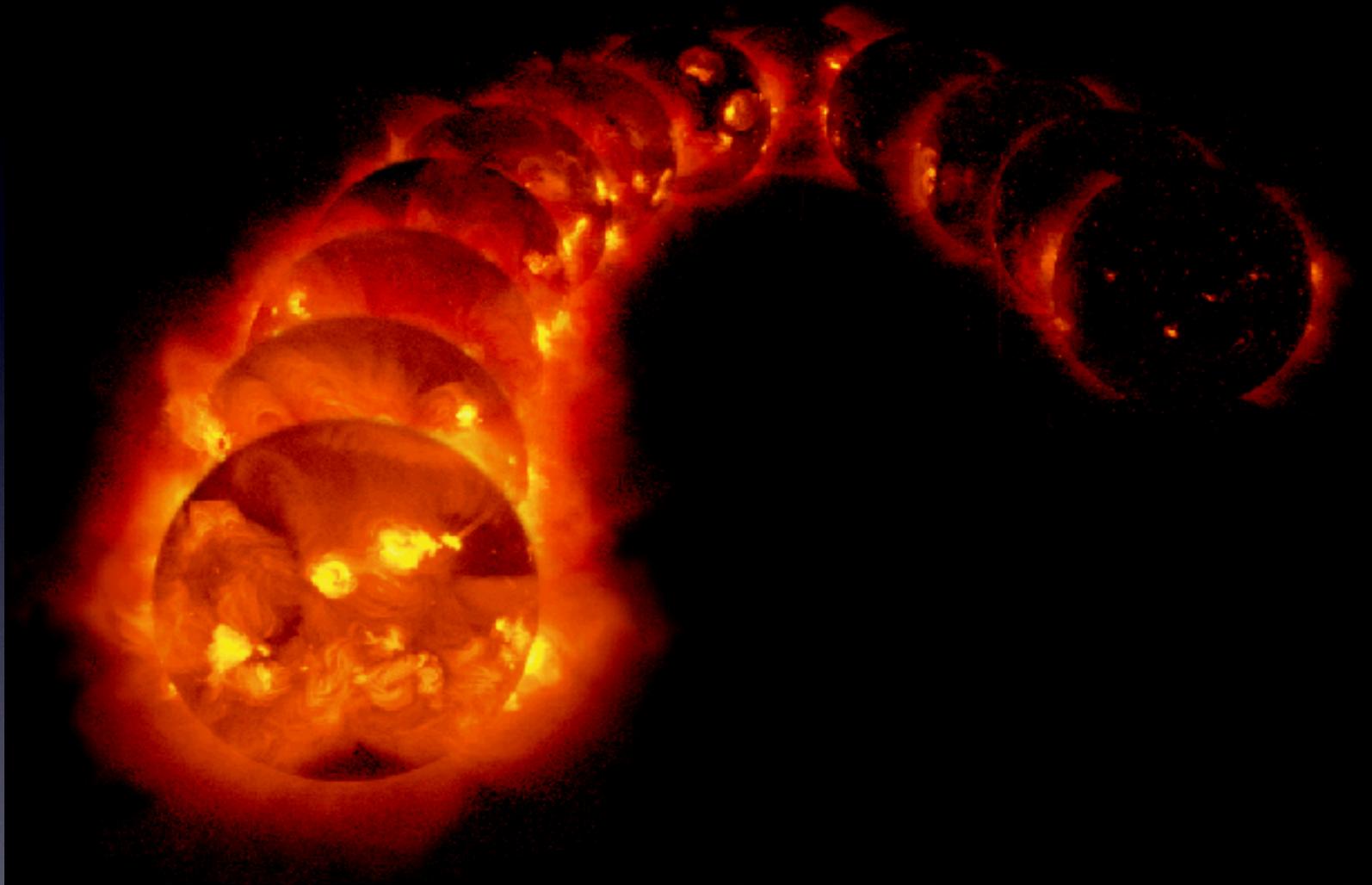
Rosat HRI



Sole

Moto della cometa

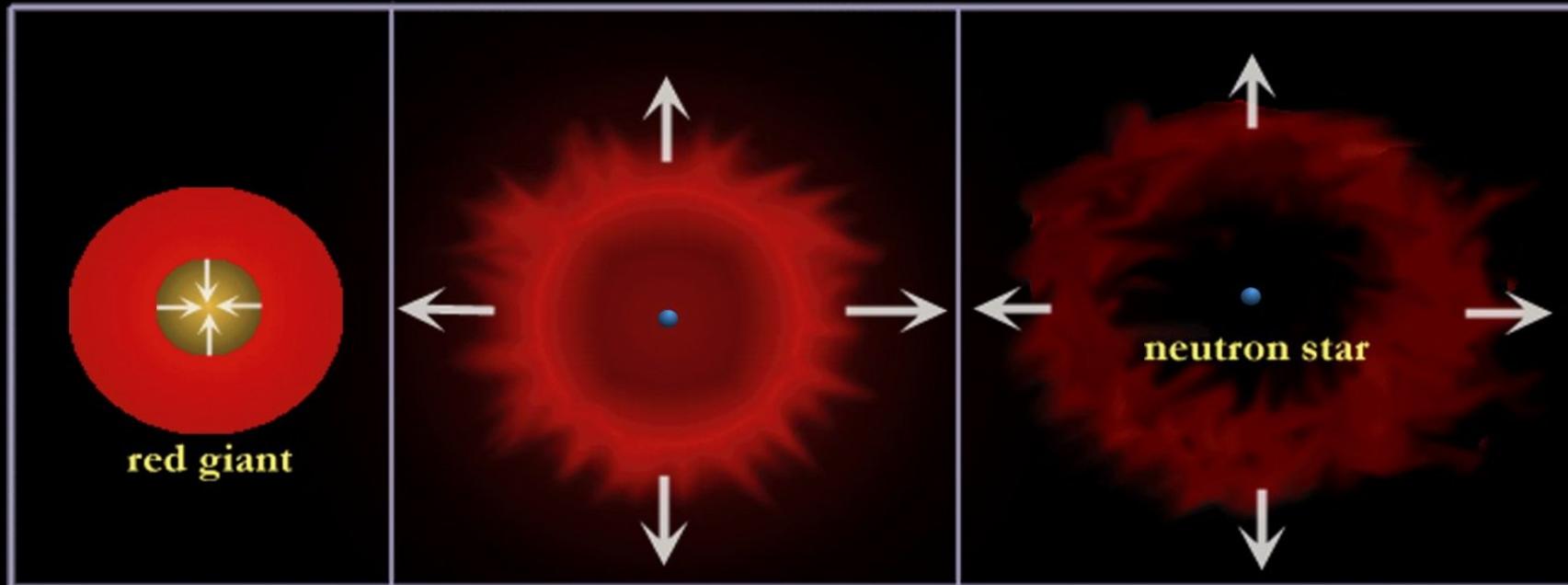




Stelle (attenzione possono
esplodere)....

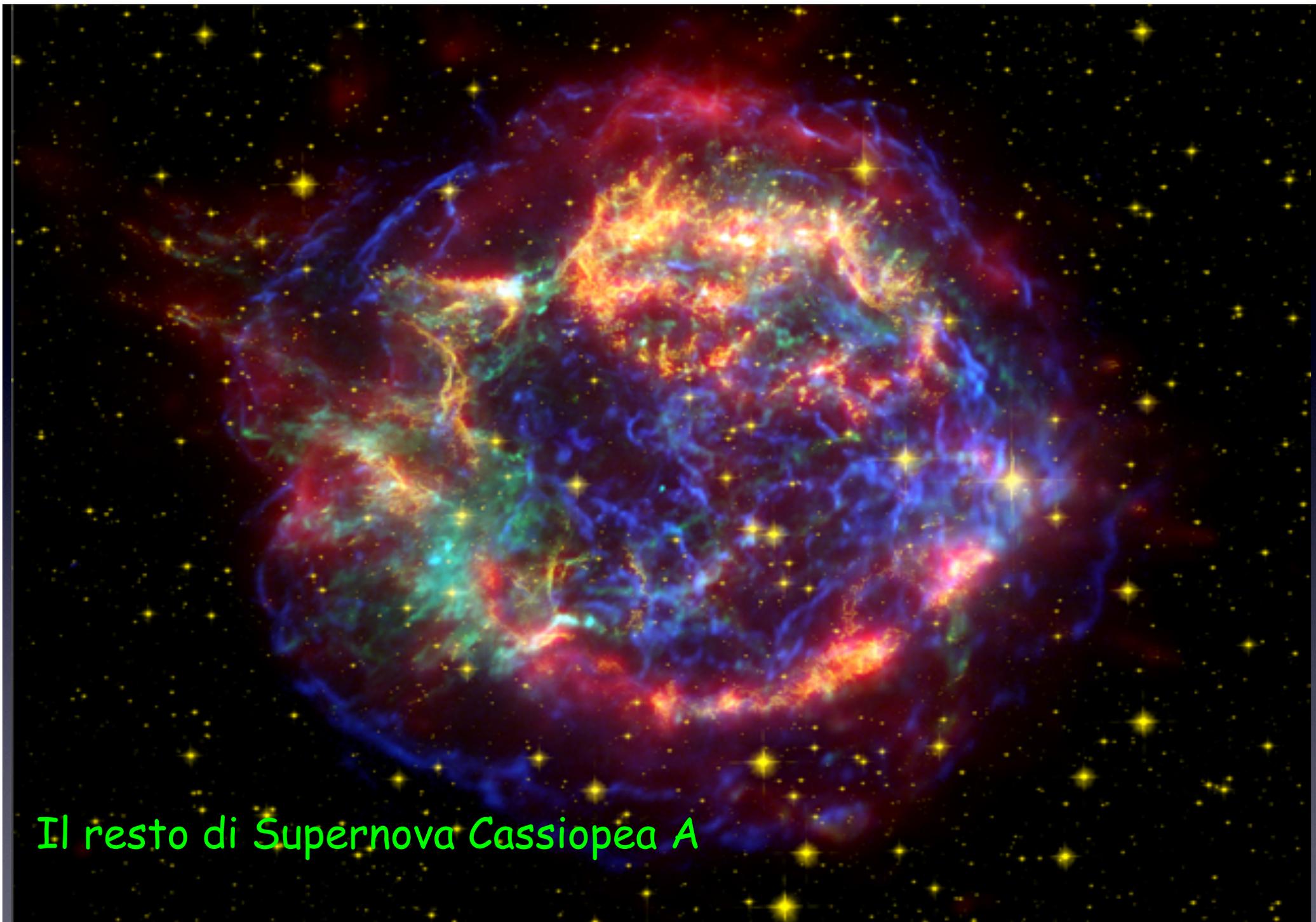
Nascita di una stella a neutroni e di un resto di supernova

(not to scale)

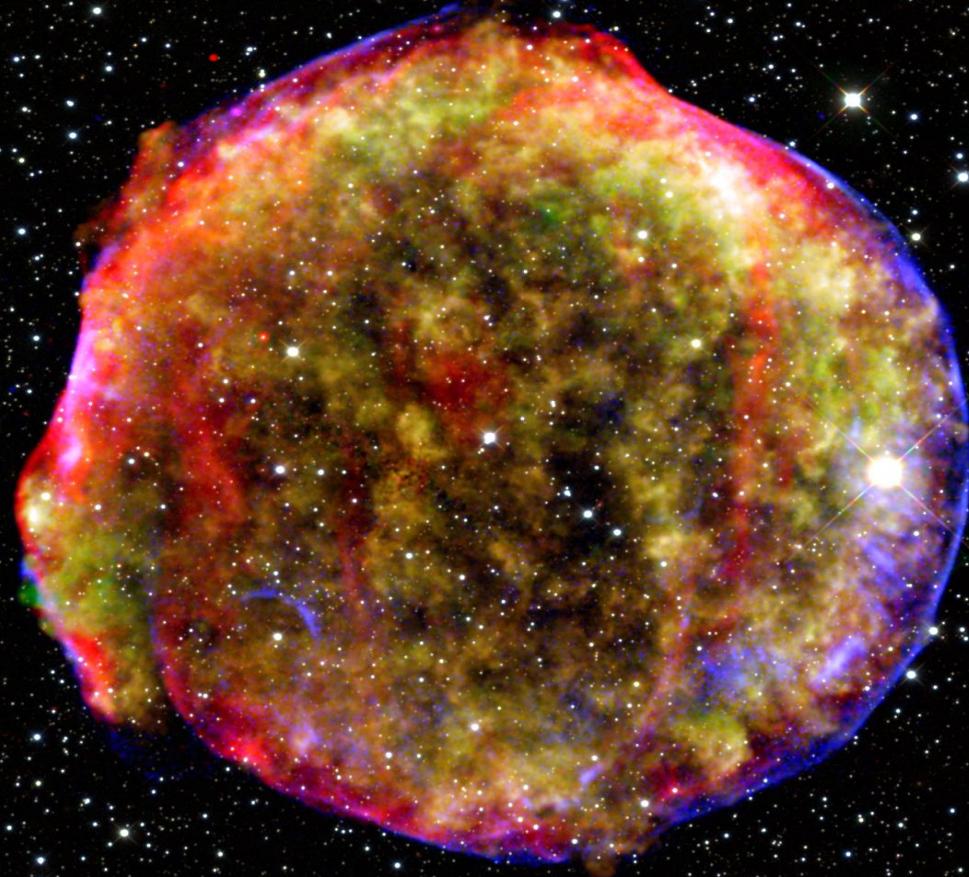


Core Implosion → Supernova Explosion → Supernova Remnant





Il resto di Supernova Cassiopea A



Il resto di Supernova Tycho (1572)

Resto di Supernova: Keplero (1604)

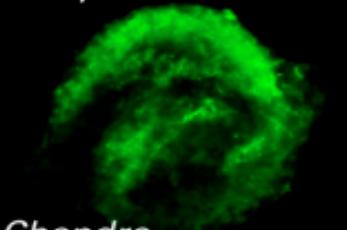


X-ray



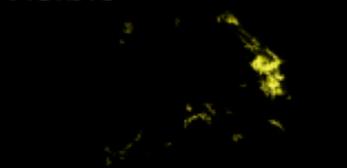
Chandra
X-ray Observatory

X-ray



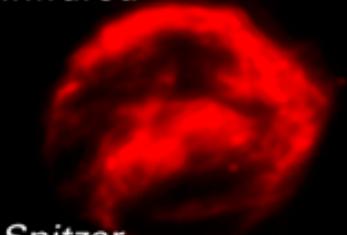
Chandra
X-ray Observatory

Visible

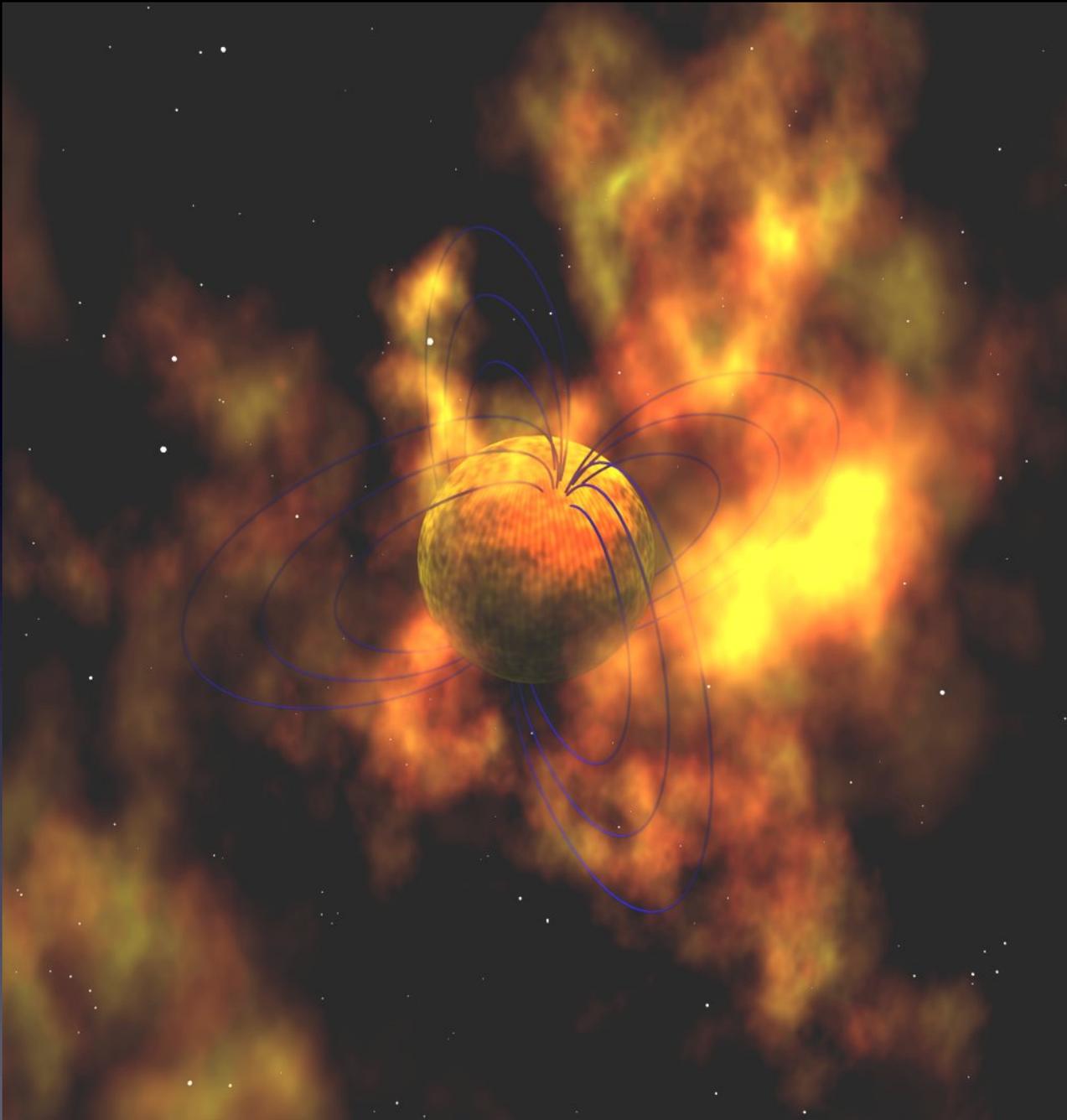


Hubble
Space Telescope

Infrared



Spitzer
Space Telescope

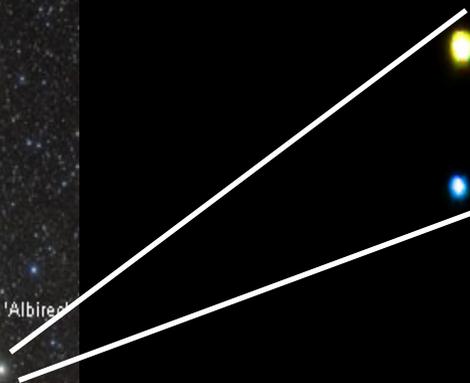


La stella di neutroni
superstite

La costellazione del Cigno

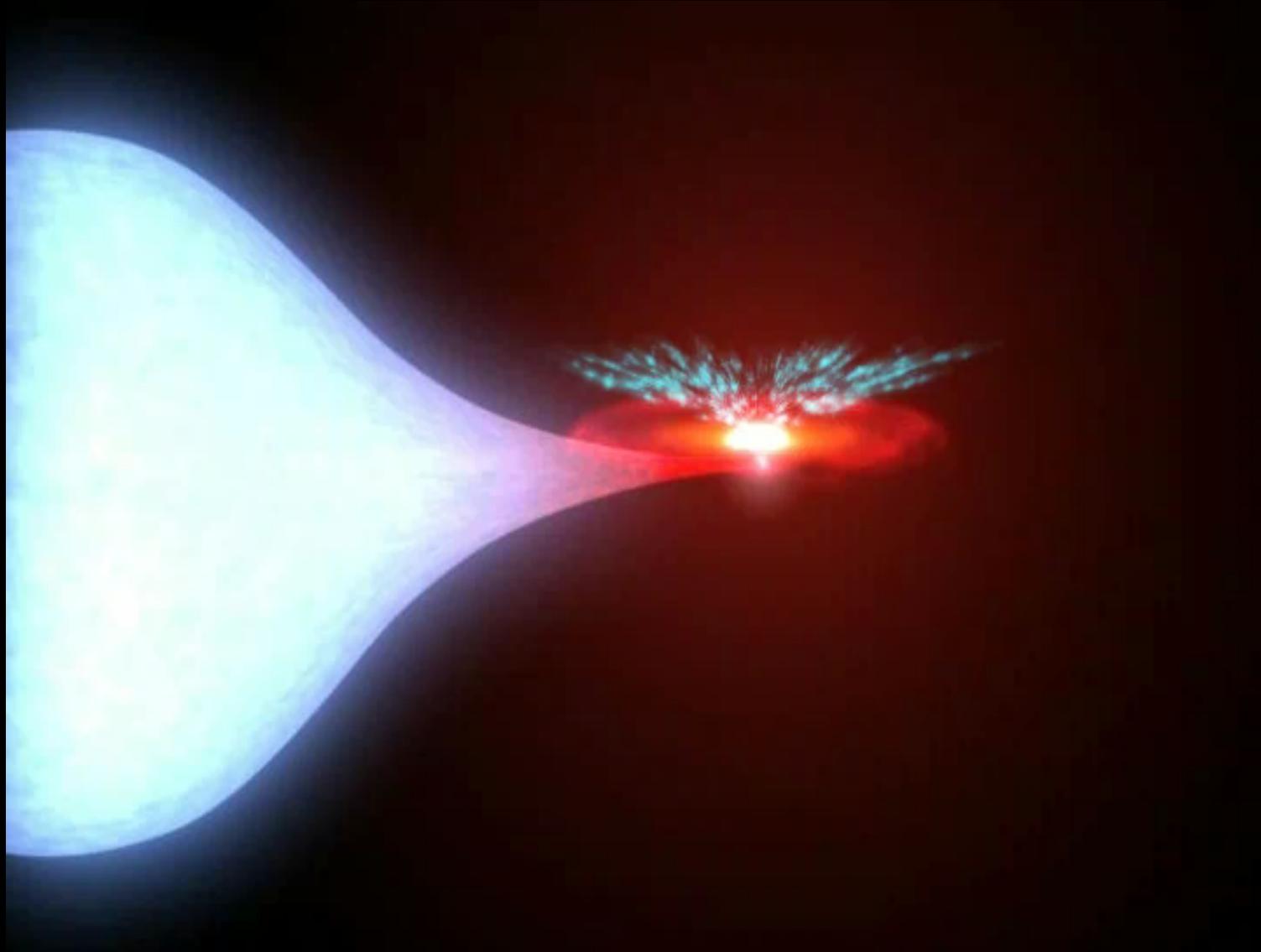


6-Beta 'Albireo



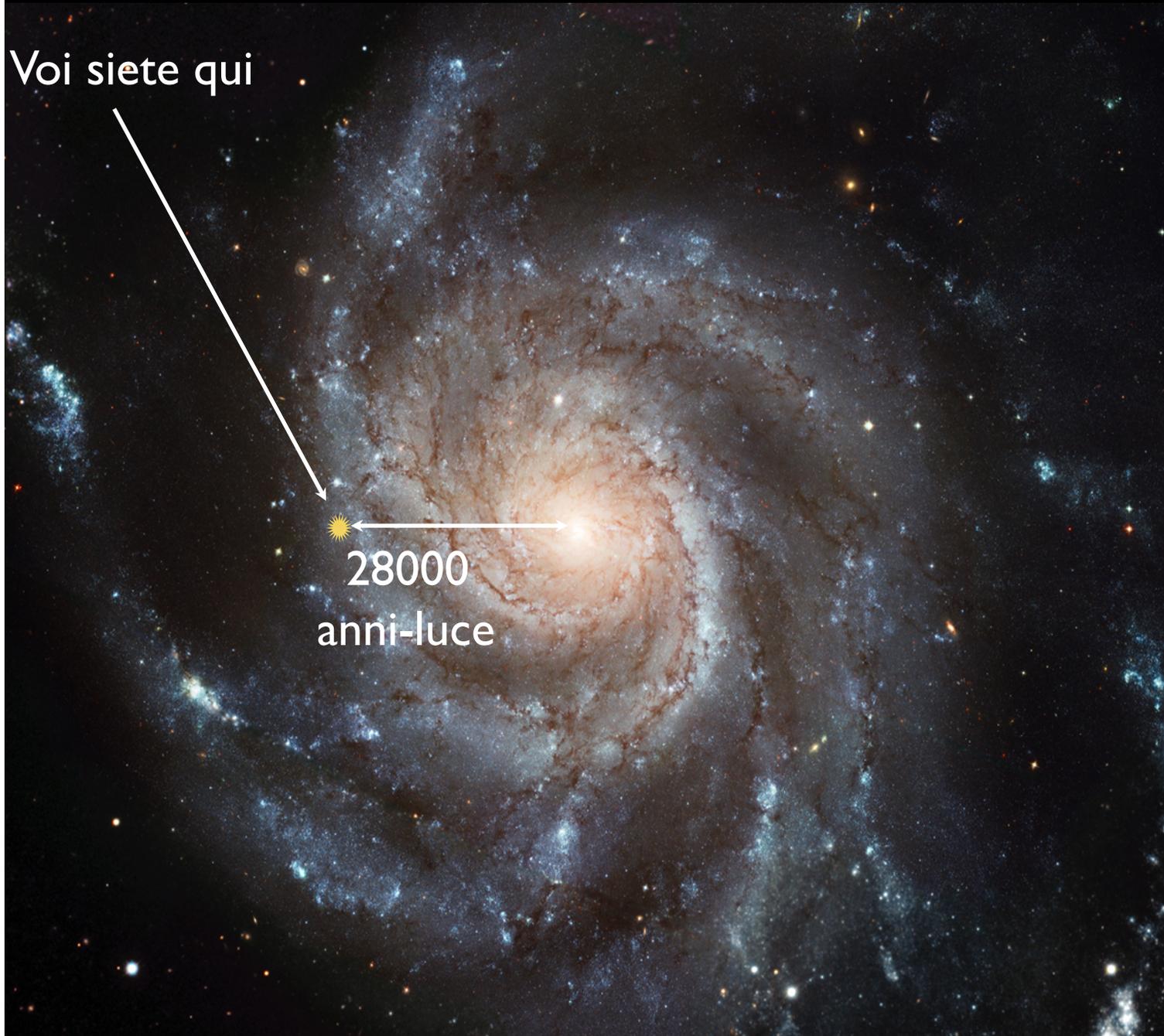
Le stelle doppie

Sistemi con stelle di neutroni o buchi neri



La Galassia....

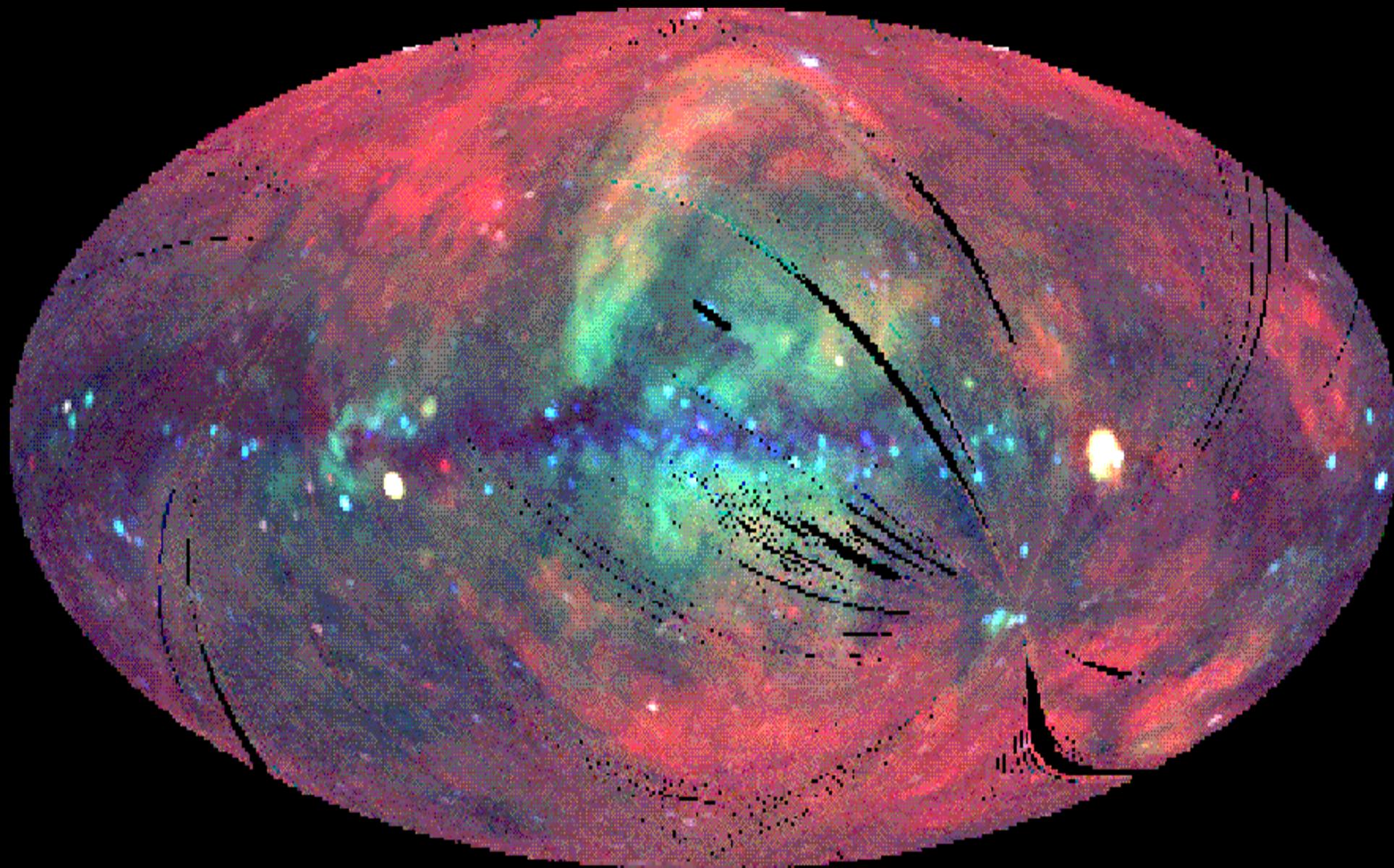
Voi siete qui



28000
anni-luce

Una mappa
per
orientarci
nella nostra
Galassia

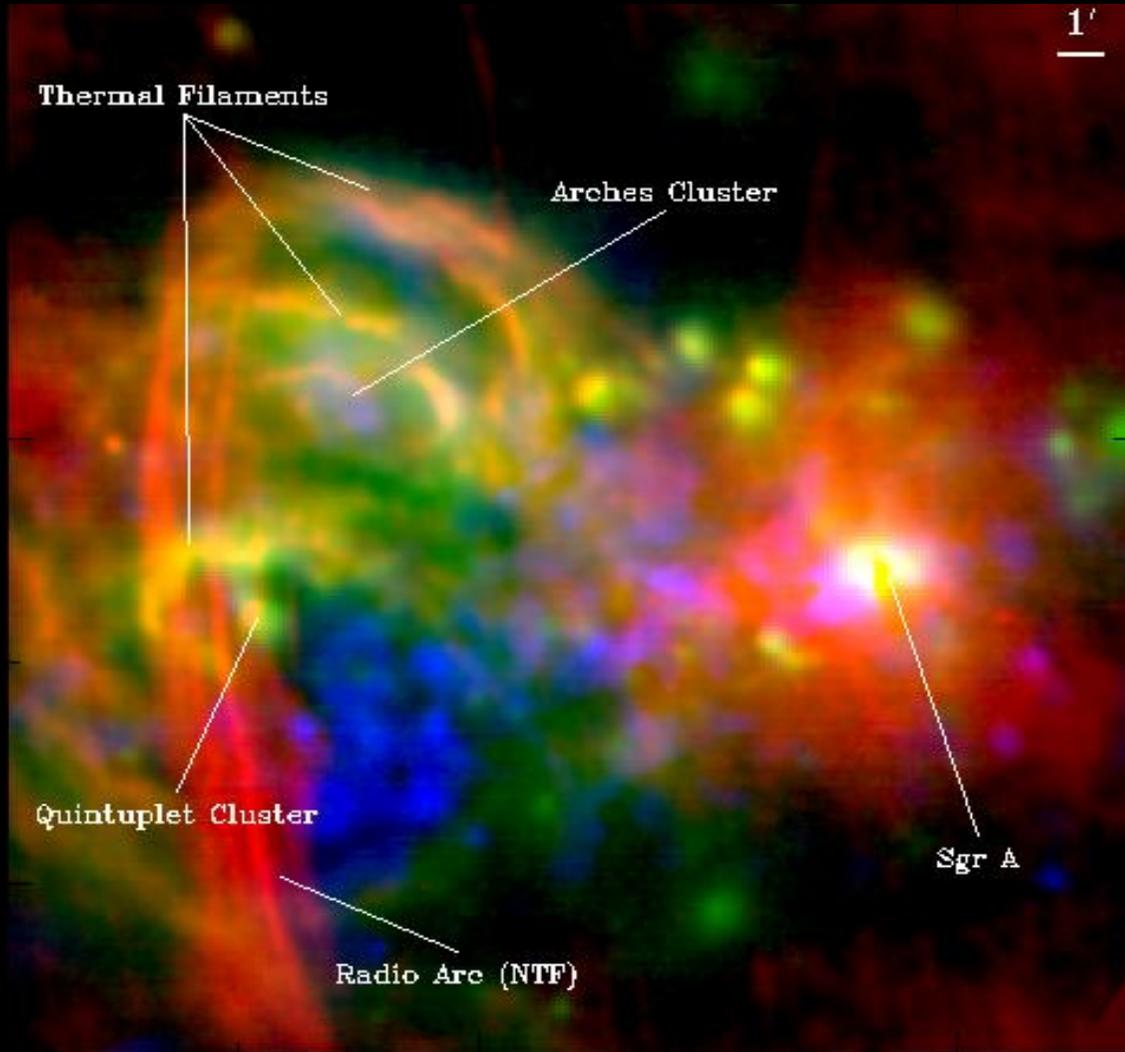
Il cielo in raggi X visto dal satellite ROSAT



A night sky photograph showing the Milky Way galaxy arching across the sky. The galaxy is visible as a dense band of stars and dust, with a prominent yellowish-white core in the center. The sky is dark, and the foreground shows the dark silhouette of a mountain range. The text "Il centro della Via Lattea, nella costellazione del Sagittario" is overlaid at the bottom of the image.

Il centro della Via Lattea, nella costellazione del Sagittario

Lo spettro elettromagnetico e il centro della galassia

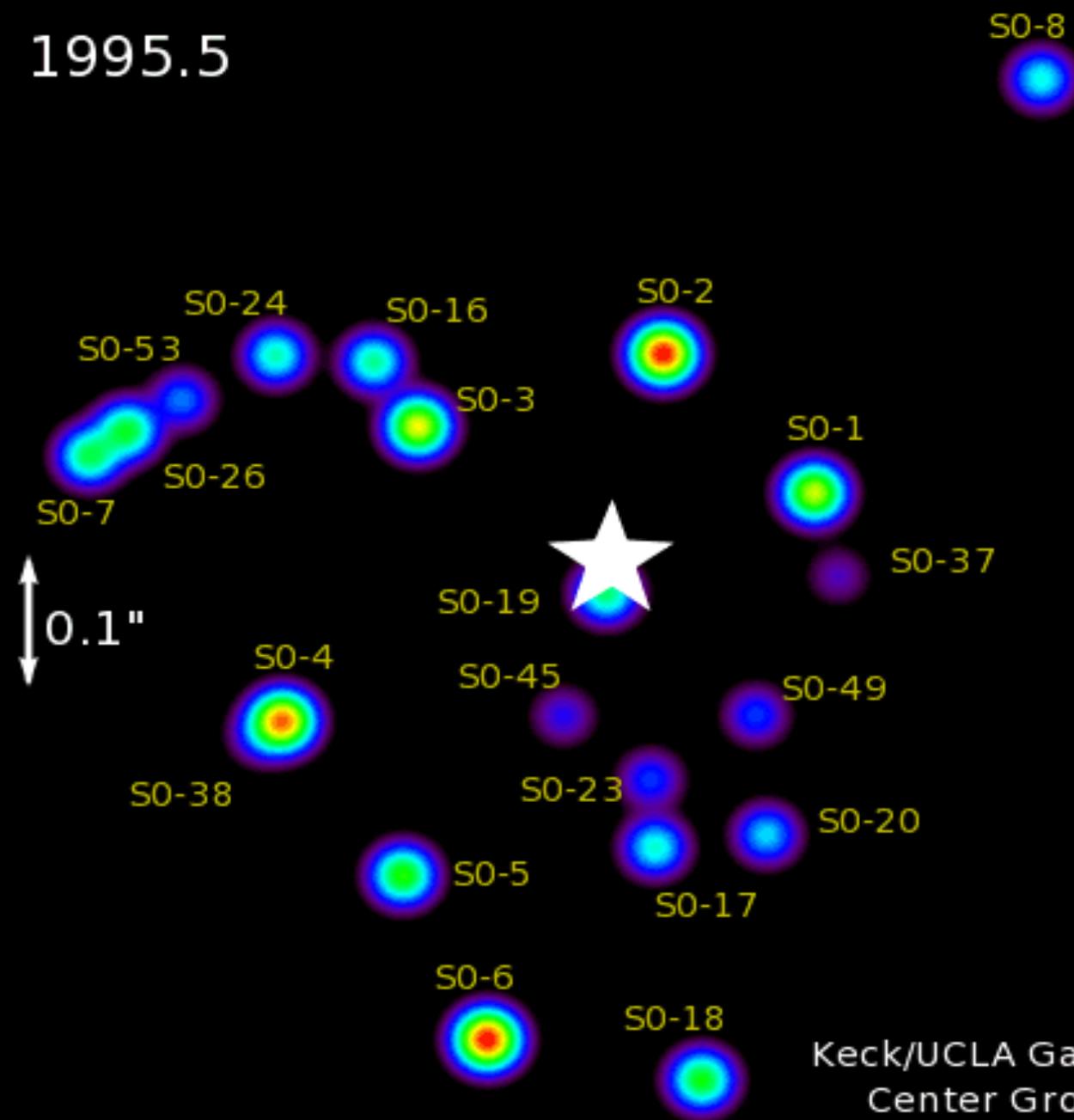


Radio

Infrarosso

Linea a 6.4 keV
(radiazione di
fluorescenza)

1995.5



Keck/UCLA Galactic
Center Group

Massa del Buco Nero

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$p^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$$

3^a legge di Keplero

$$M =$$

4 milioni di volte la
massa del Sole

Sgr A*, il buco nero al centro della Galassia

Milky Way Center

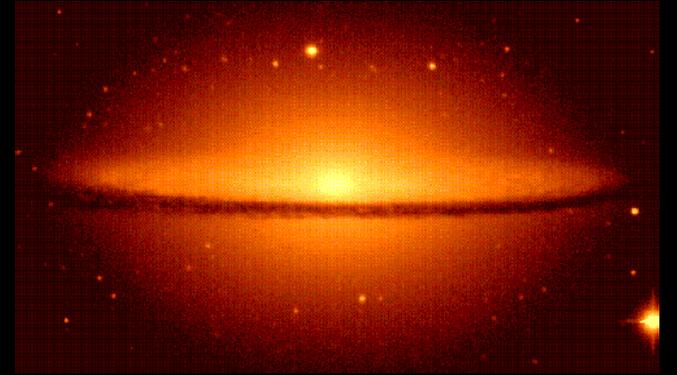
Composite



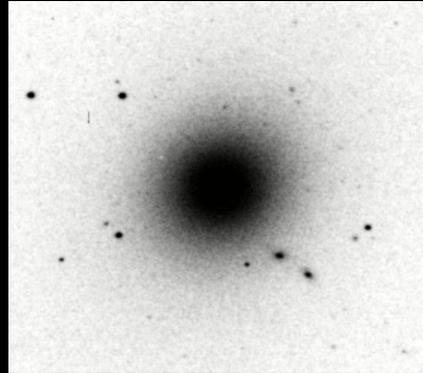
Le altre Galassie...



M101



"SOMBRERO"



M87



M31

Esempi di galassie come si "vedono"

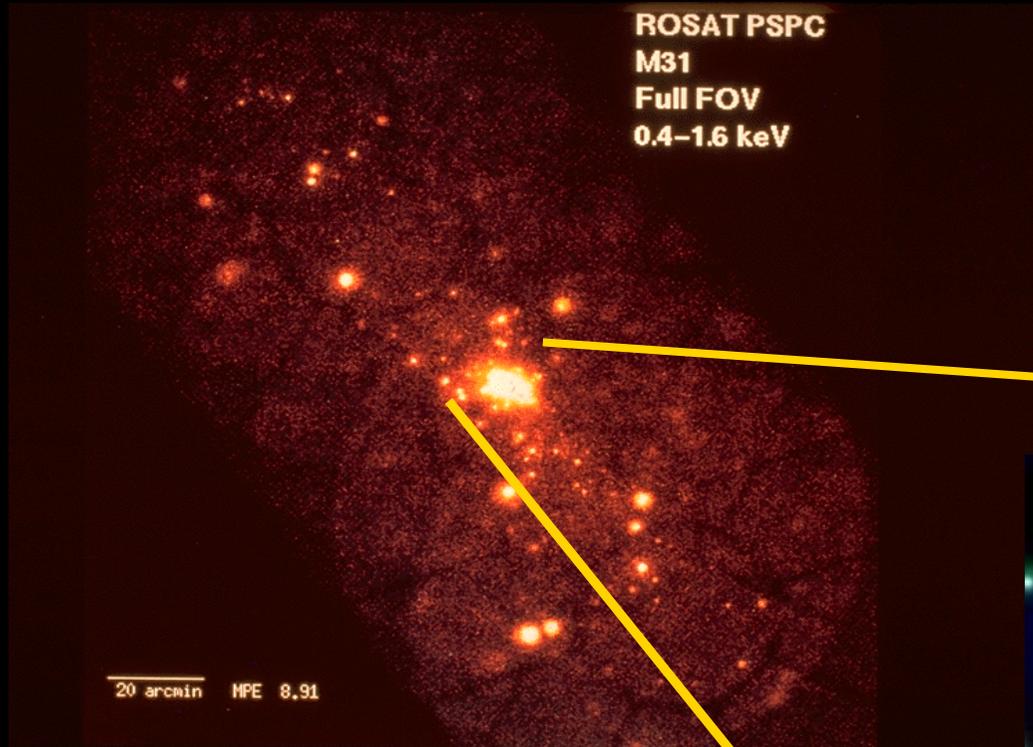


Centauro A



NGC2207 e IC 2163

Andromeda



M31



Le galassie “starburst”

M82 nella
Orsa Maggiore

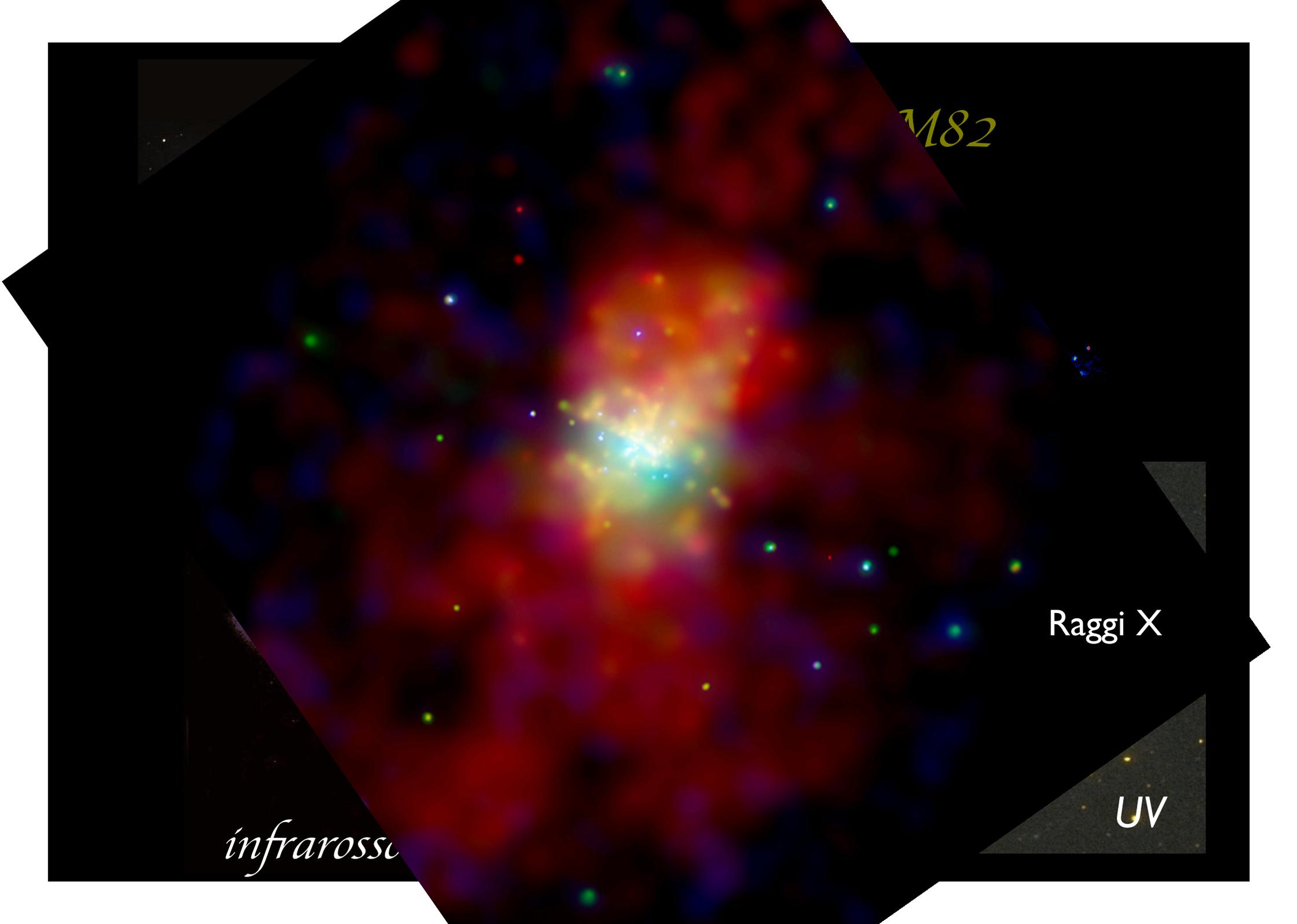


M82

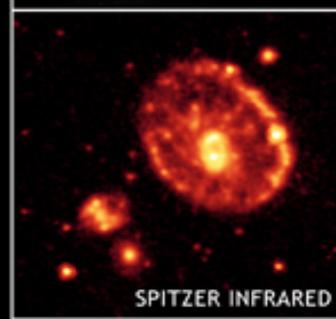
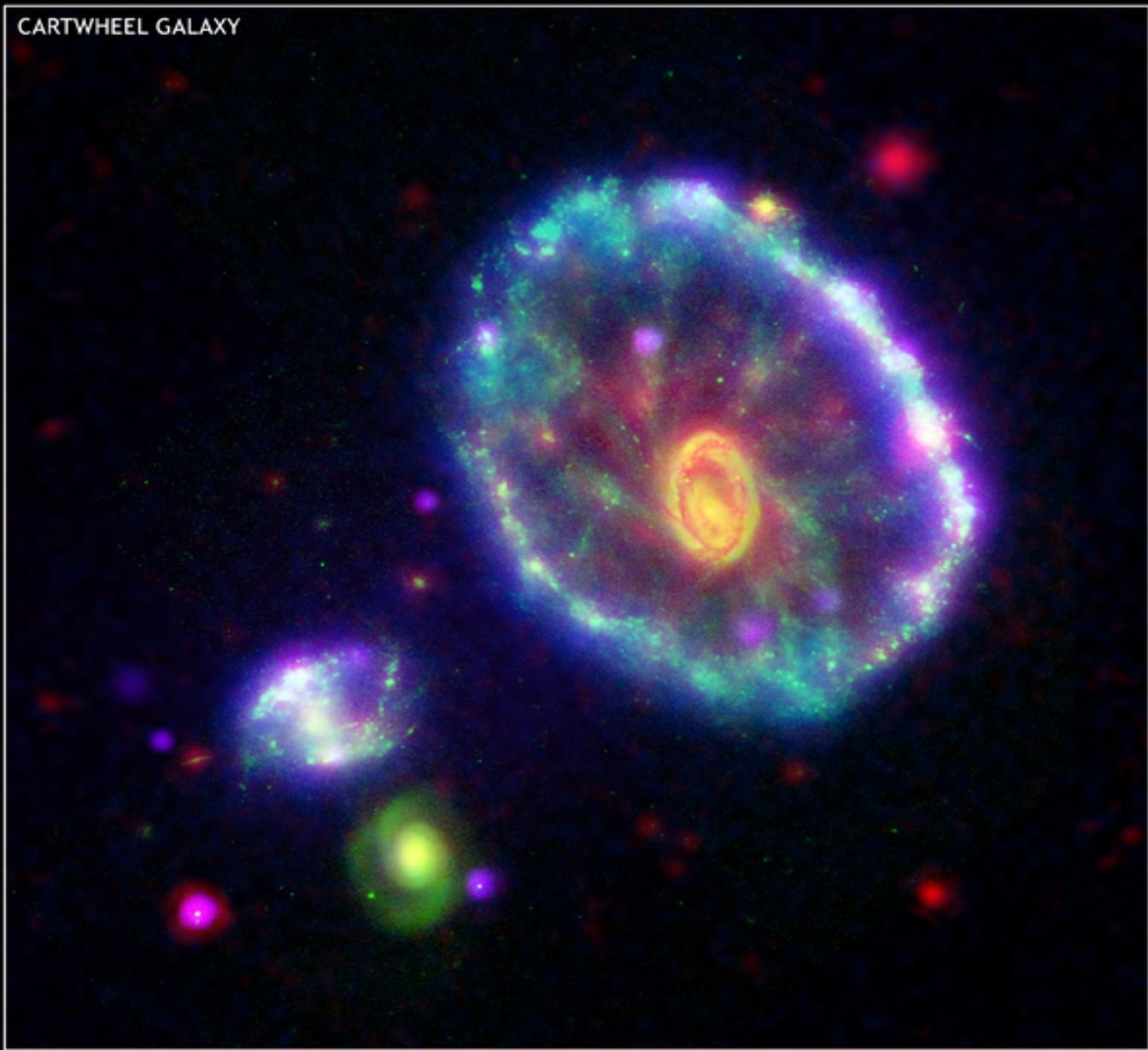
Raggi X

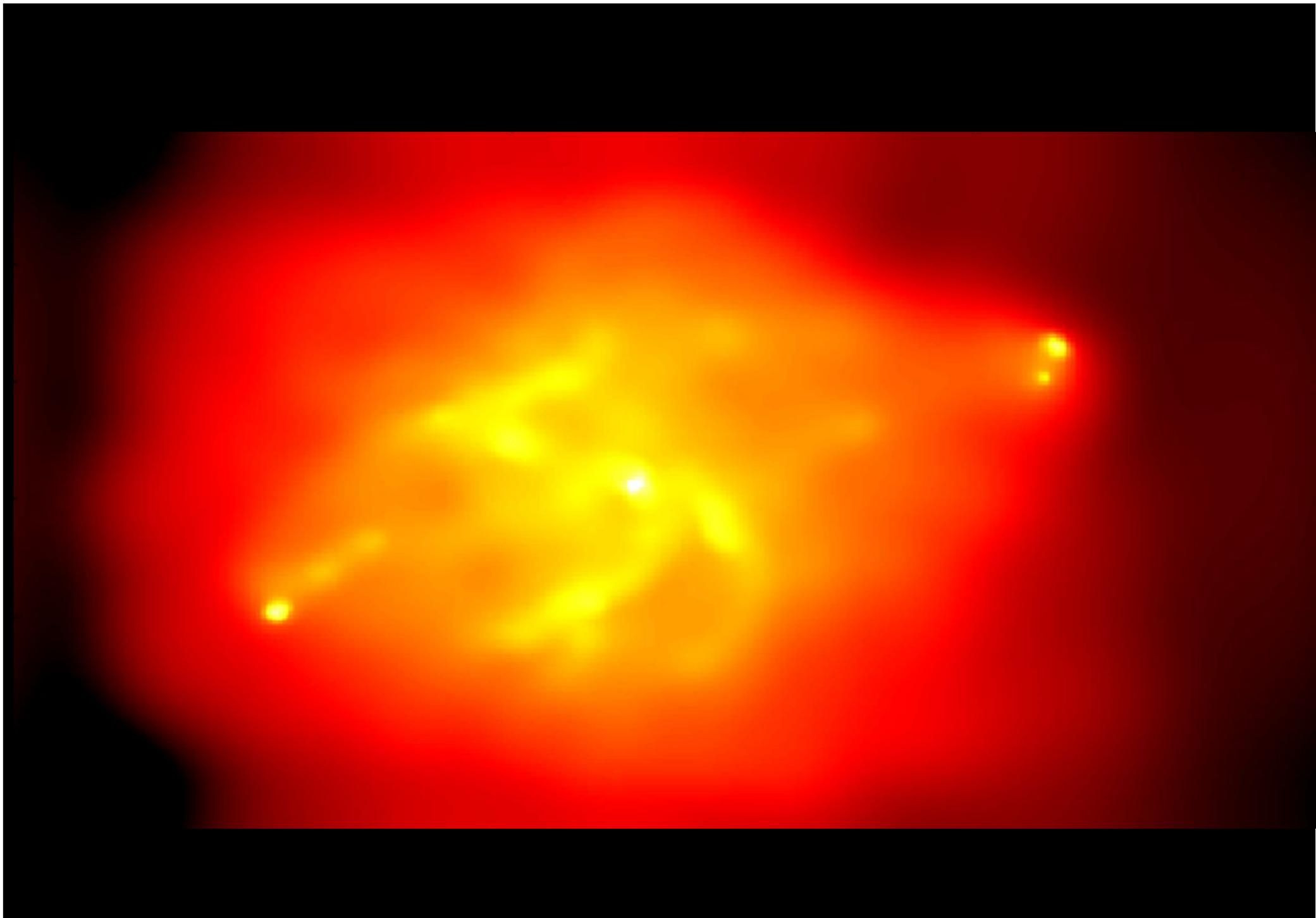
UV

infrarosso

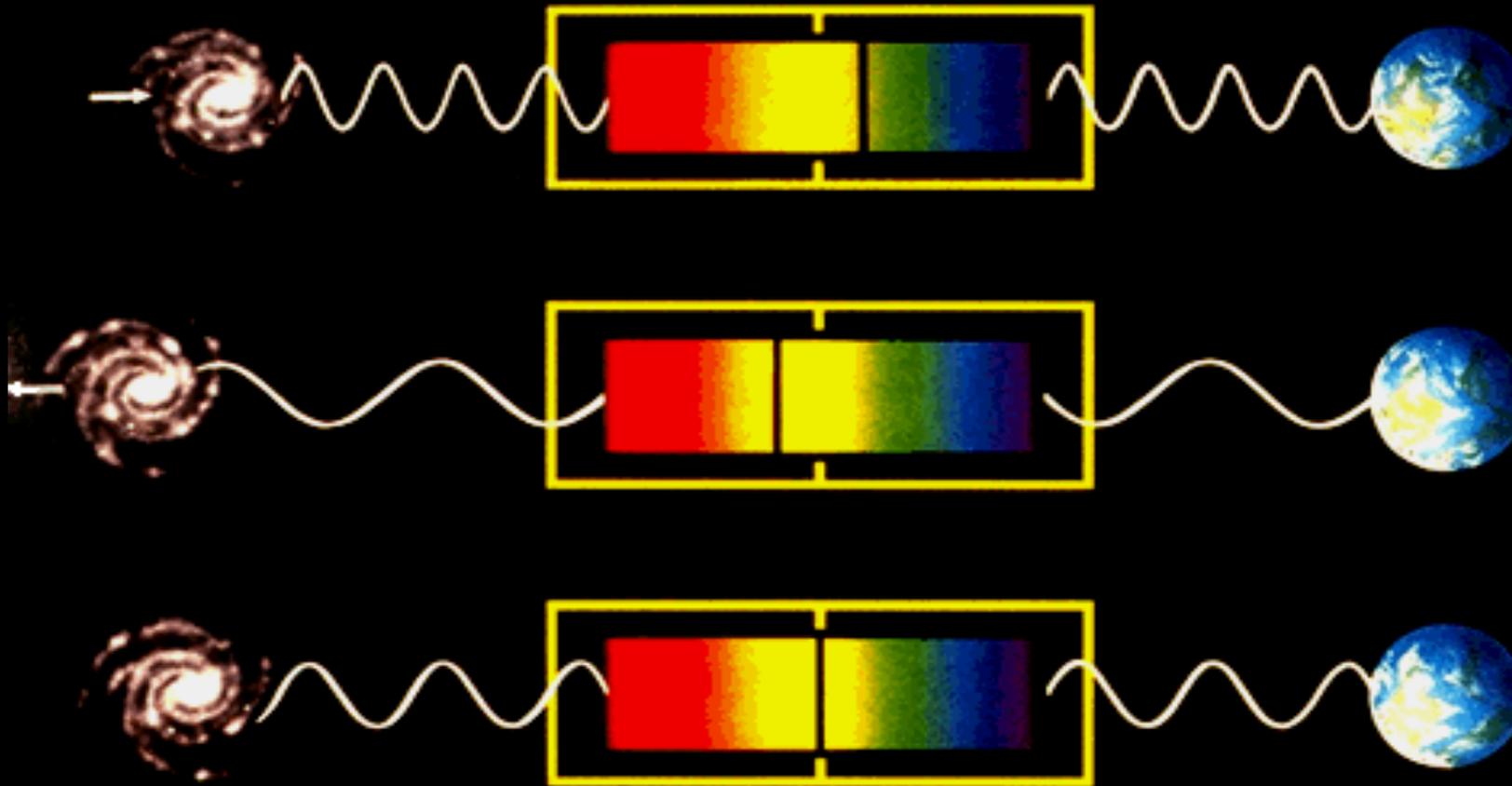


RUOTA DI CARRO: Risultato dello scontro con un'altra galassia vicina

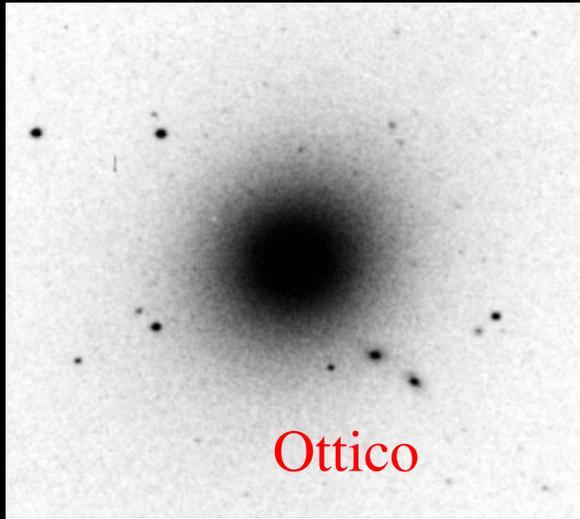




La radiazione di una stella che si avvicina alla terra è più blu



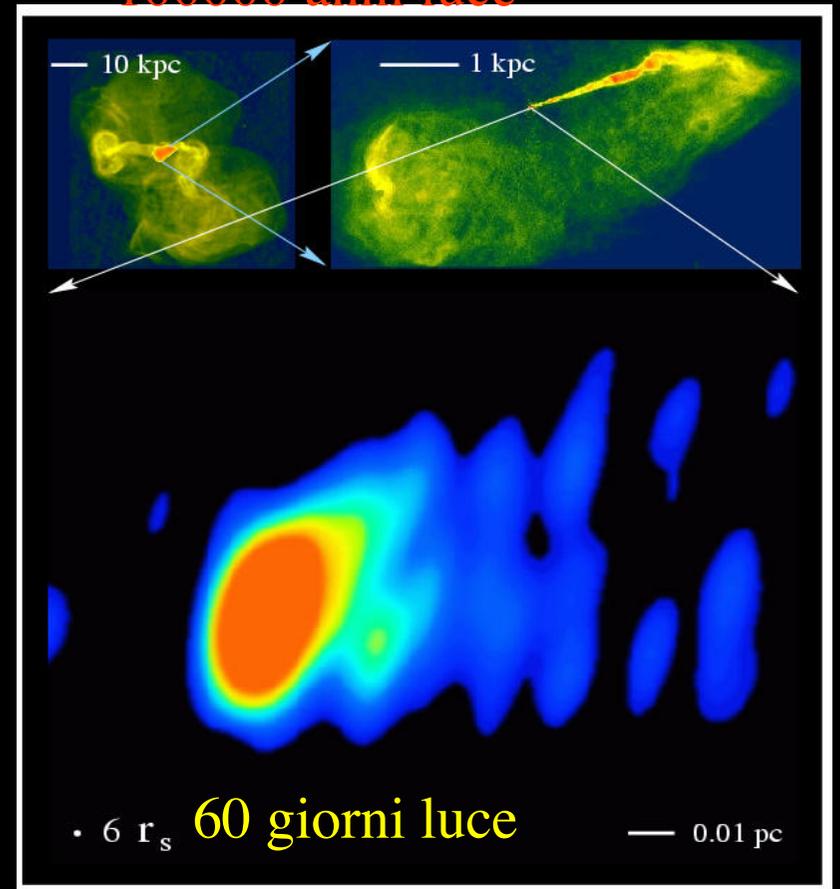
La radiazione di una stella che si allontana dalla terra è più rossa



M87 - galassia centrale dell'ammasso della Vergine, a 50 milioni di anni luce da noi
100000 anni luce



Il getto ottico/UV molto brillante

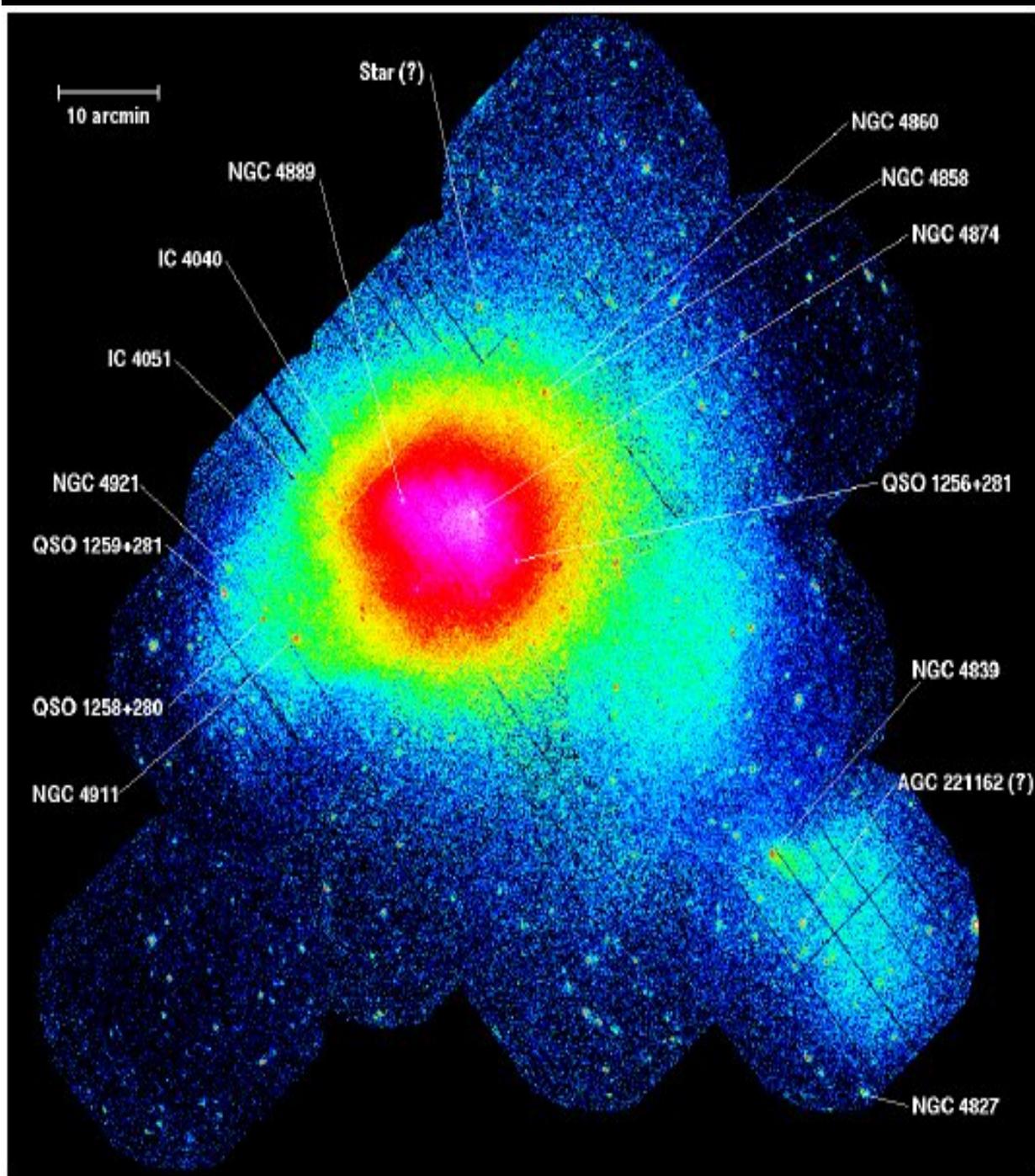


Immagini radio

L'emissione di raggi X dagli ammassi di galassie



L'ammasso
della Fornace
(visibile+raggi X)



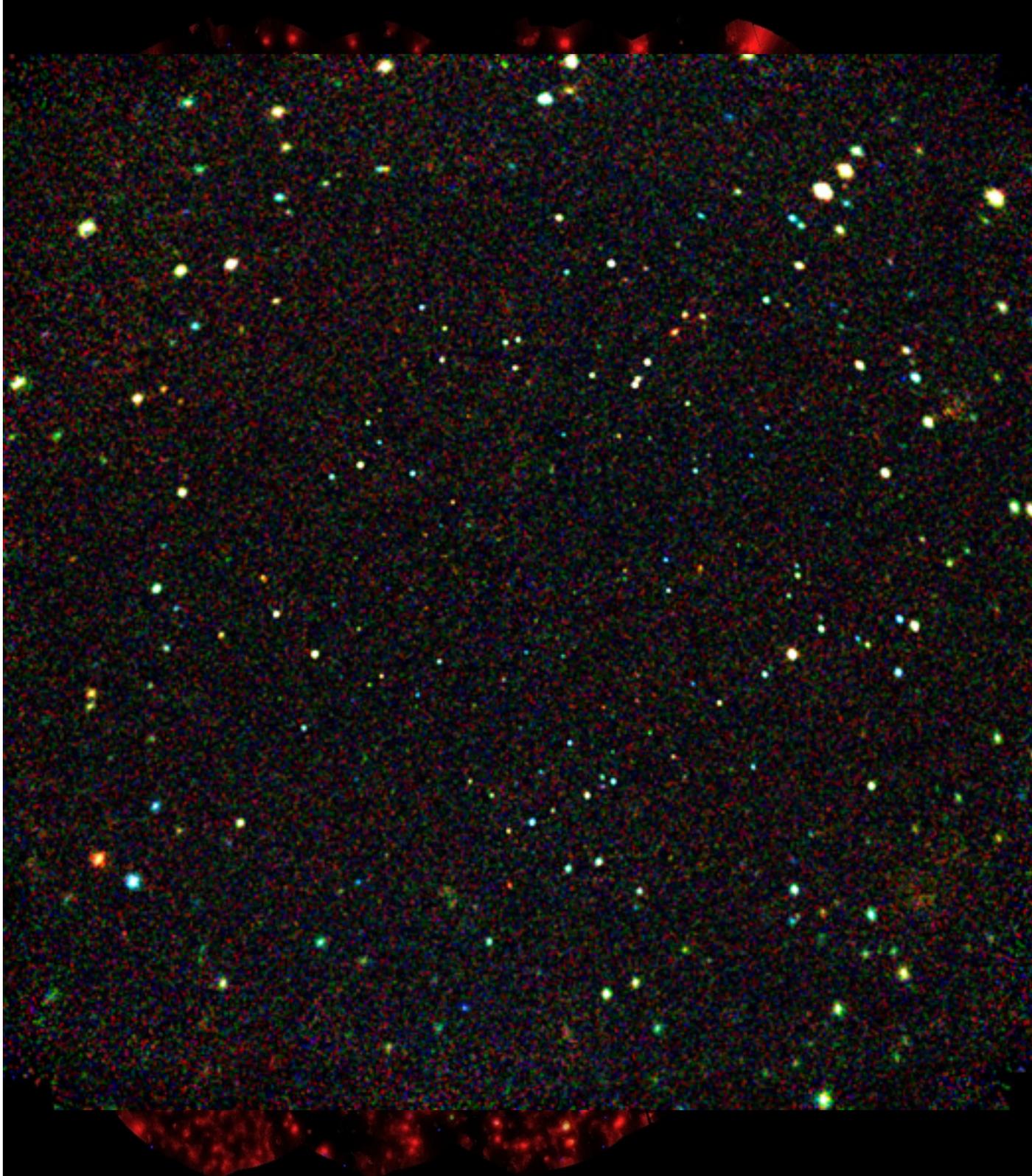
L'ammasso della Chioma visto da XMM- Newton

immagine
in raggi X

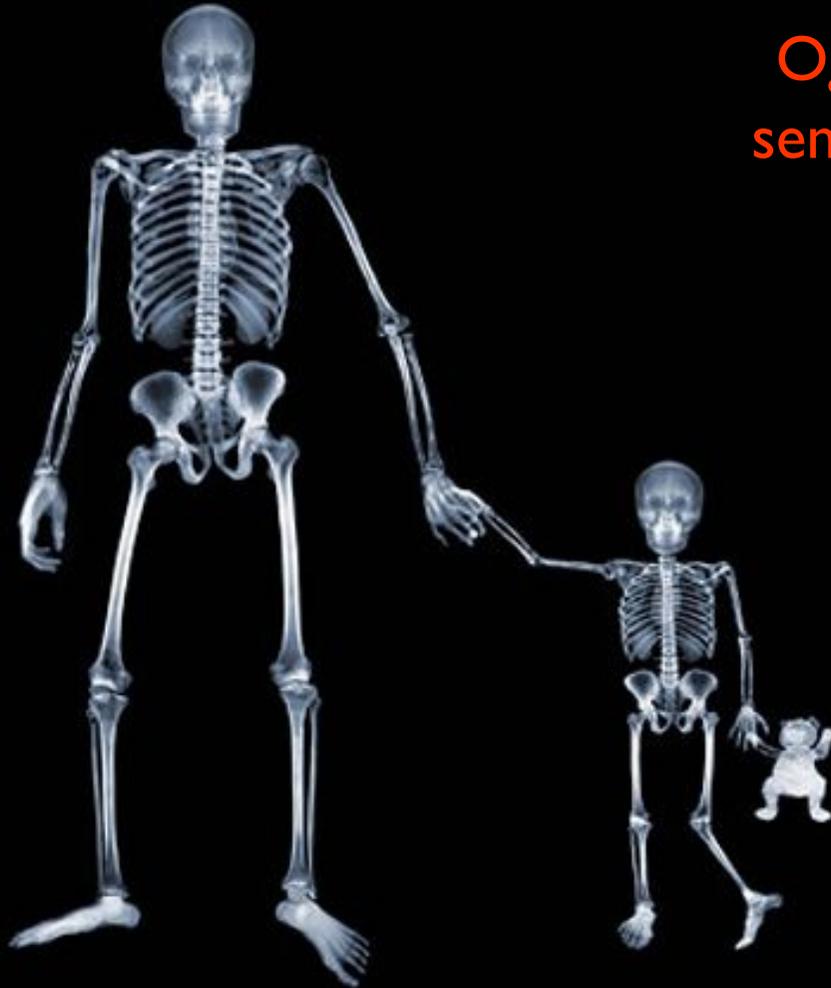
Ma cosa c'e' nell'Universo?

IE 0657-56: il "Bullet Cluster"

X-rays (rosso)
Massa (blu)
Luce visibile



Uno sguardo alle
profondita'
del cosmo
con XMM-Newton
e Chandra



Ogni cosa dovrebbe essere resa il piu' semplice possibile, ma non piu' semplice del necessario

Albert Einstein



“La nostra soddisfazione attuale riflette probabilmente più la scarsità dei dati disponibili che l'eccellenza della teoria che li interpreta.”

Sir M. Rees, Royal Astronomer