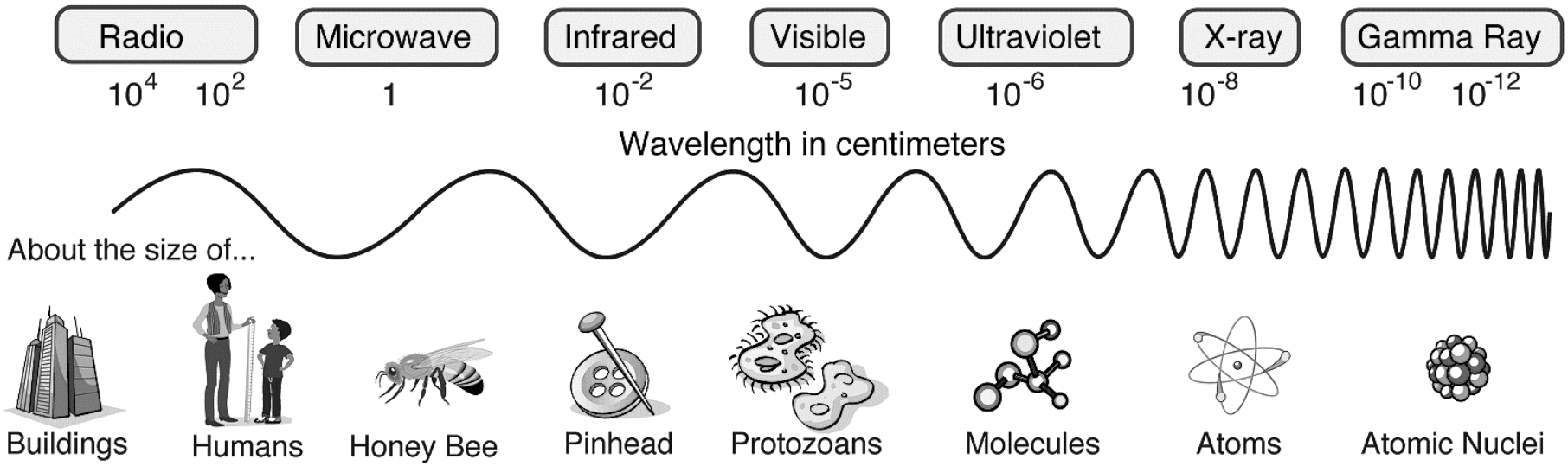
Il Cielo a raggi X

alberto moretti

cosa sono i raggi X e come li usiamo sulla terra

le sorgenti di raggi X nel cosmo

breve storia dell'astronomia X e sviluppi tecnologici

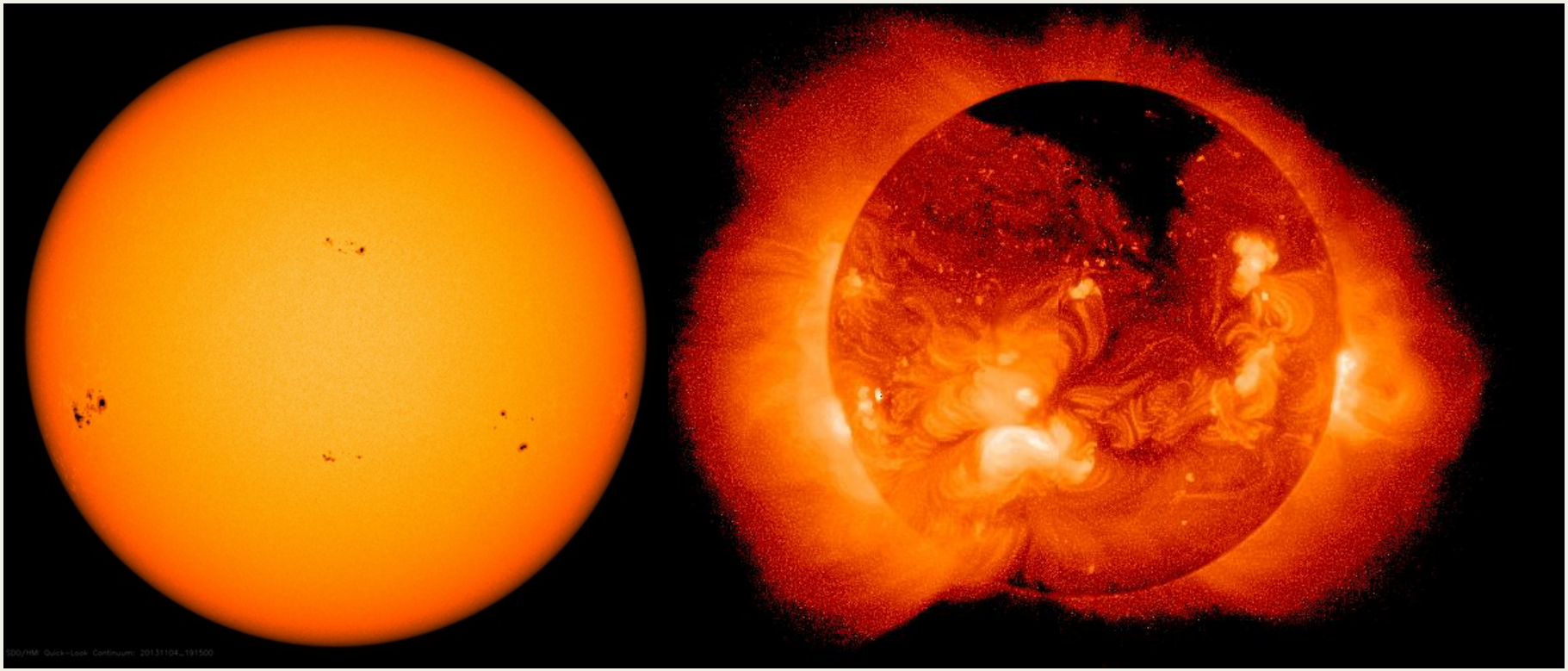


frequenza = velocita` luce / lunghezza d'onda **(*v=c/λ*)**

energia = costante di Planck x frequenza **(*E=hv*)**

temperatura= energia/costante di Boltzmann **(*T=E/k*)**

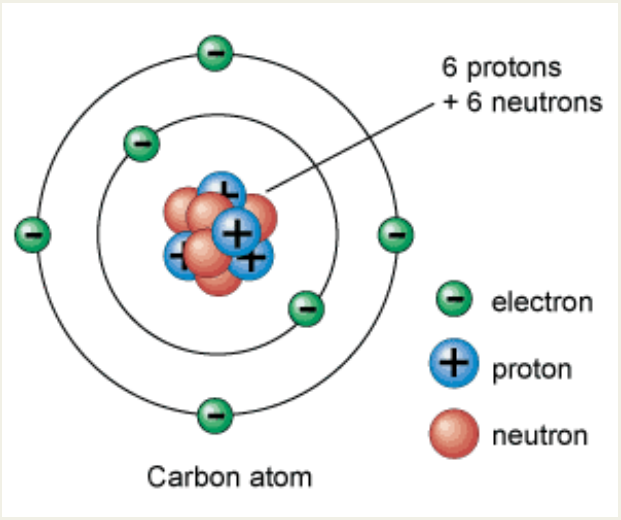
Il sole

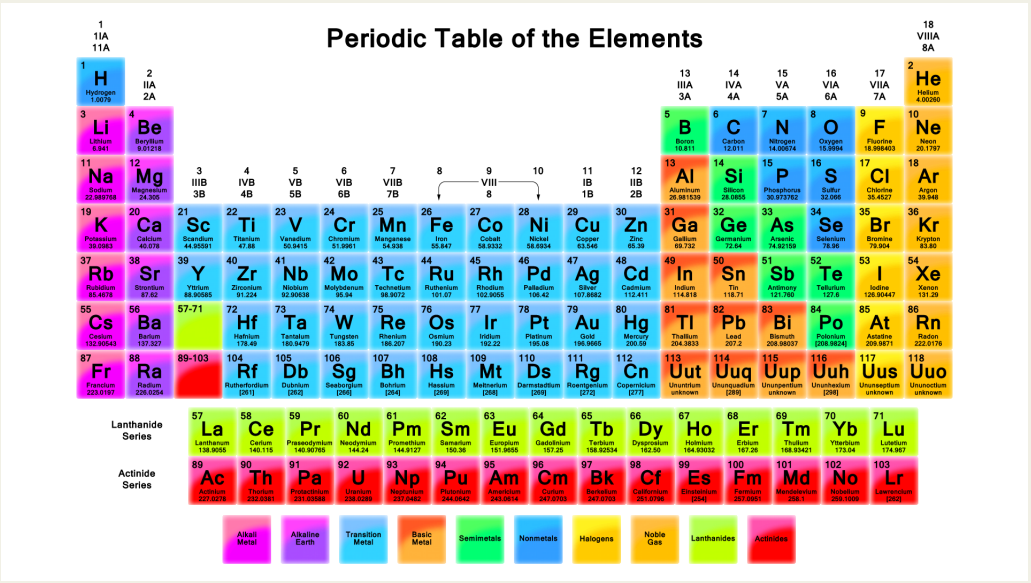


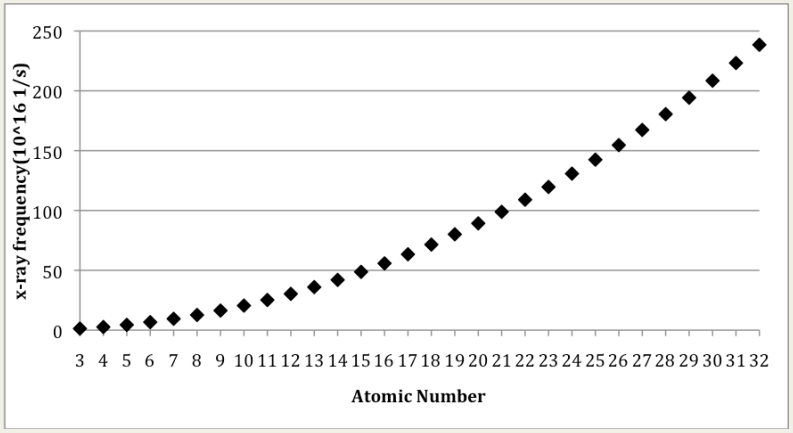
Luce visibile

Banda X

10^{-7} m	lunghezza d'onda	10^{-10} metri
10^{14} Hz	frequenza	10^{18} hertz
1 ev	energia	1 kev
5,000°	temperatura	10,000,000°



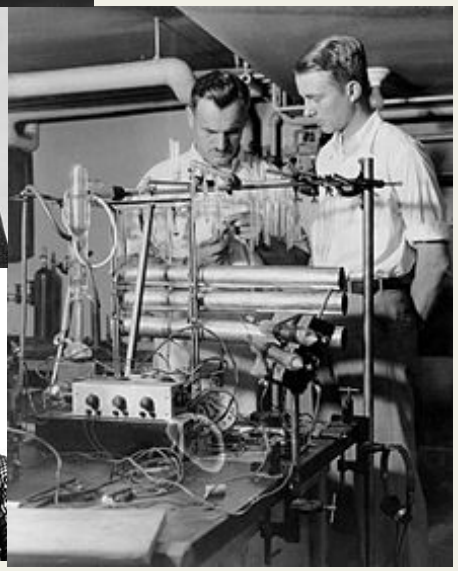




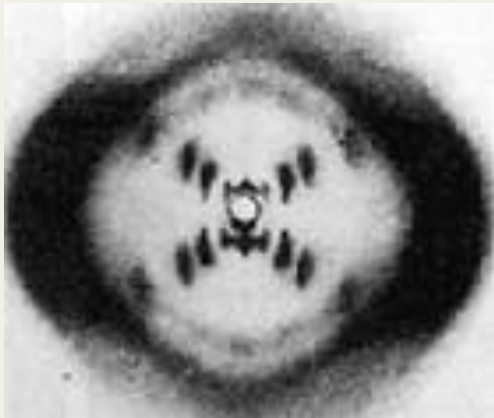
I raggi o fotoni X hanno la stessa energia degli elettroni di legame degli elementi piu` comuni (H e He esclusi)

I raggi X vengono scoperti in laboratorio per la prima volta nel 1895 da Rontgen

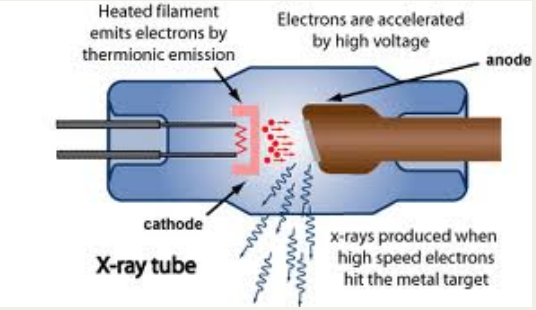
I raggi X sono stati determinanti in alcuni degli esperimenti piu' importanti e basilari della meccanica quantistica:
effetto fotoelettrico ed effetto Compton .

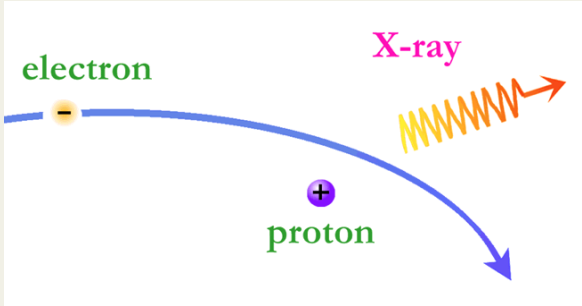


Con i raggi X e` stata fatta anche la famosa photo 51 : la prima immagine della struttura ad elica del DNA (Rosalynd Franklin)

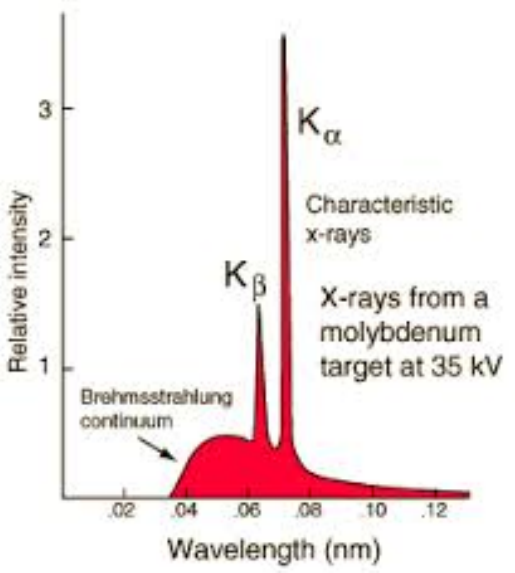


Come si producono i raggi X per le radiografie ?



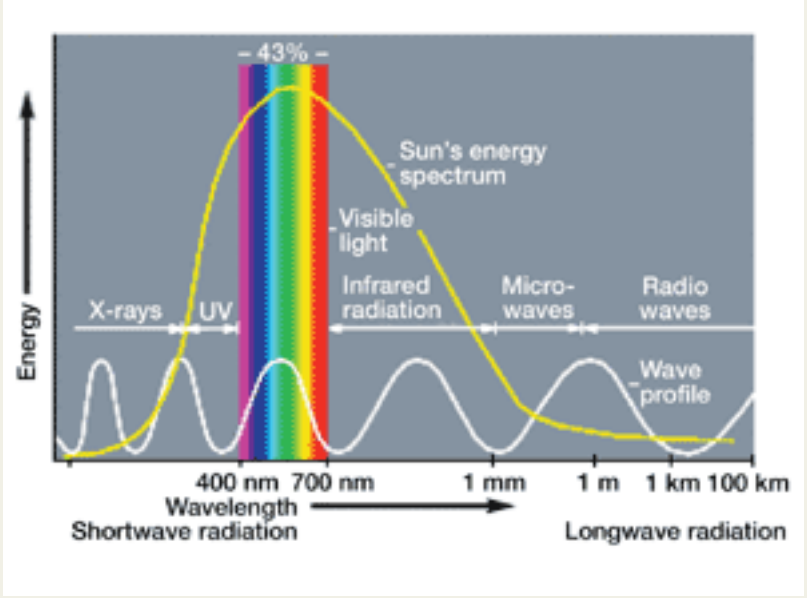


brehmsstralung



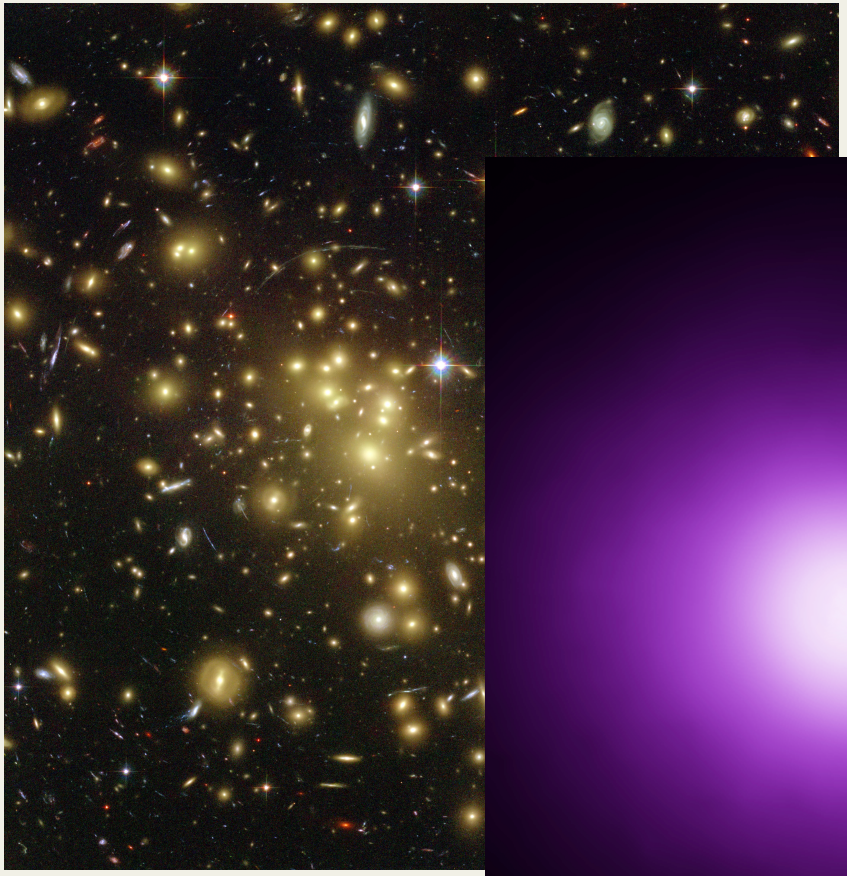
cos'e` uno spettro ?

E' la distribuzione delle energie dei fotoni prodotti da una sorgente.



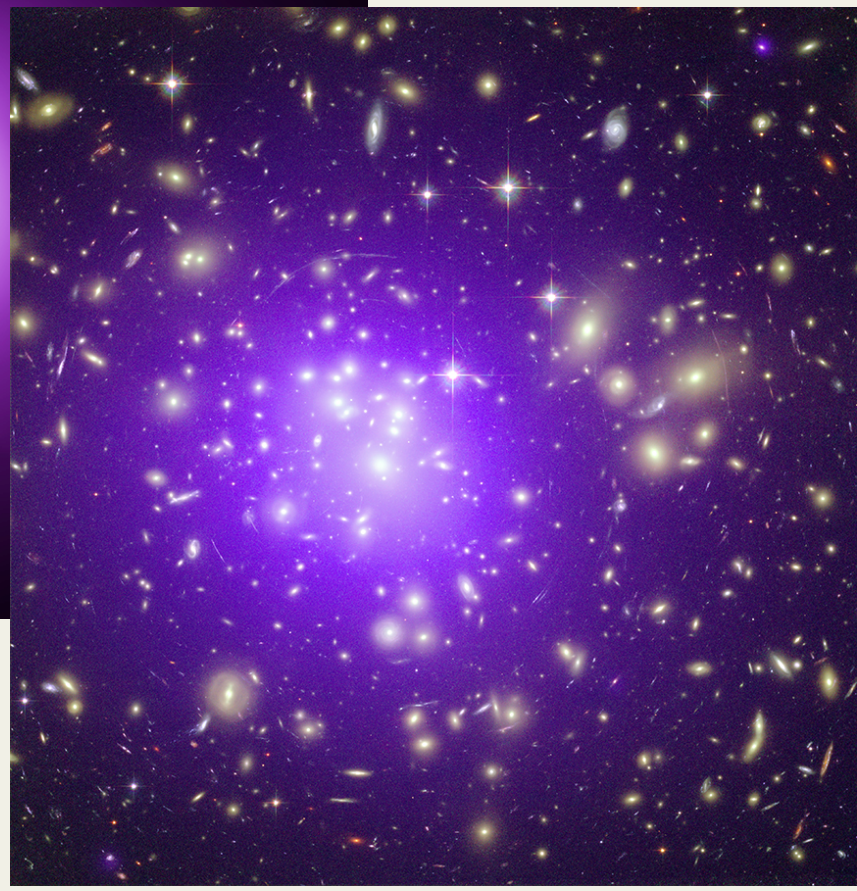
Ed ora alziamo gli occhi al cielo ...

Ammassi di galassie

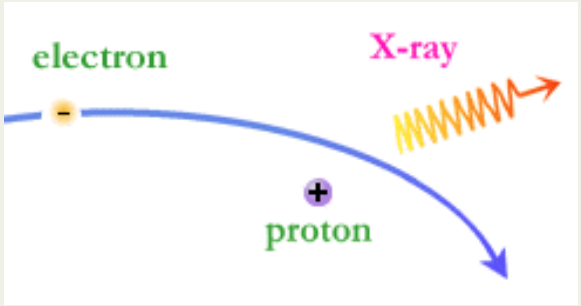


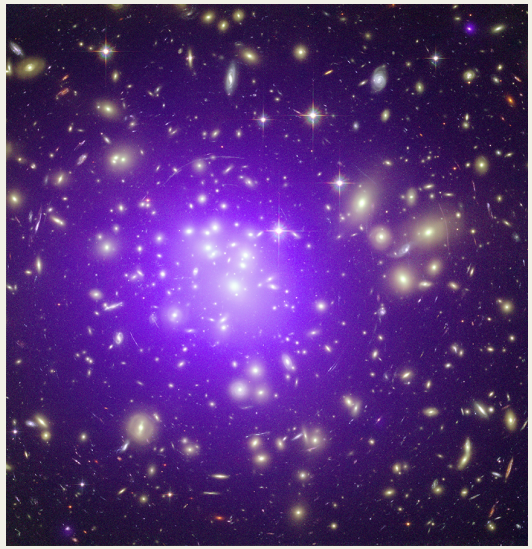
’Universo

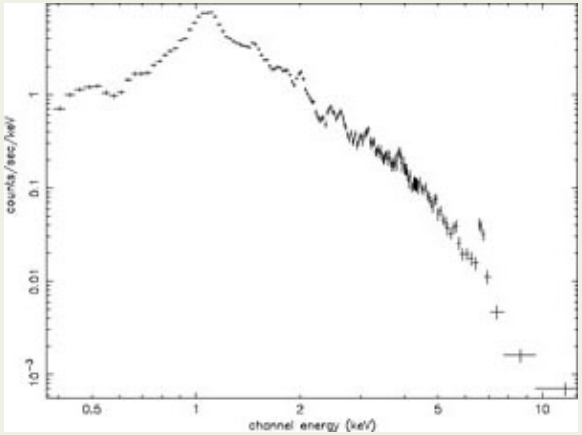
% gas caldo; 2%



ammassi di galassie
e macchine per radiografie
hanno spettro molto simile







Le osservazioni X degli ammassi di galassie

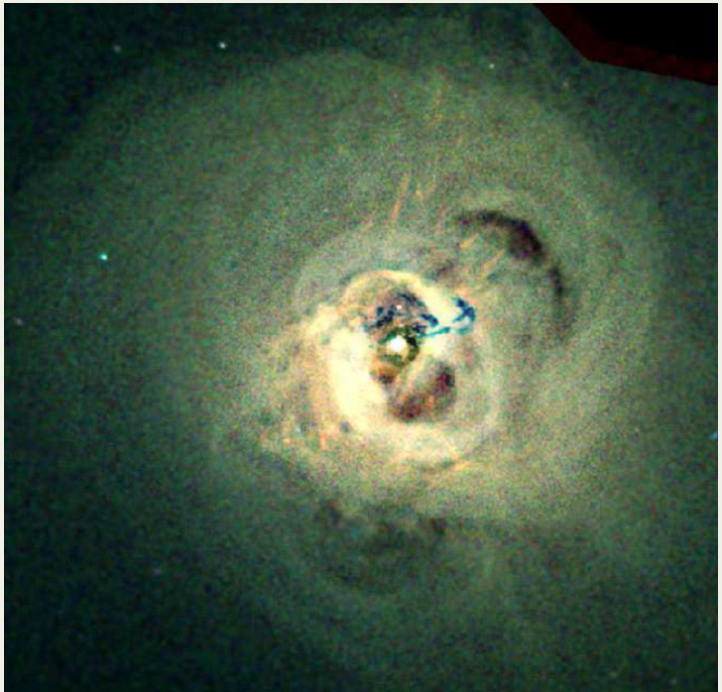
per pesare gli ammassi

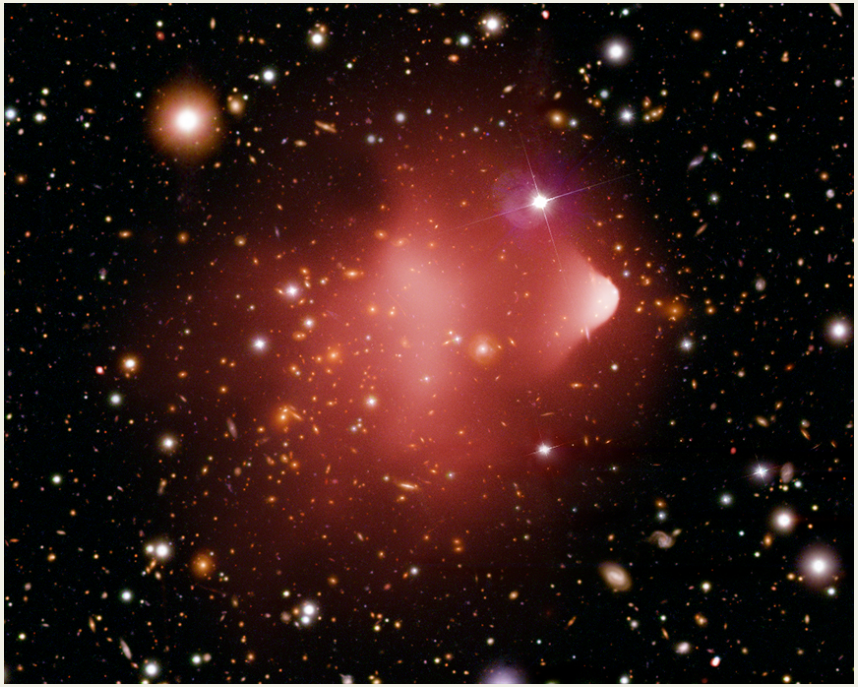
per capirne lo stato dinamico

per misurare la temperatura

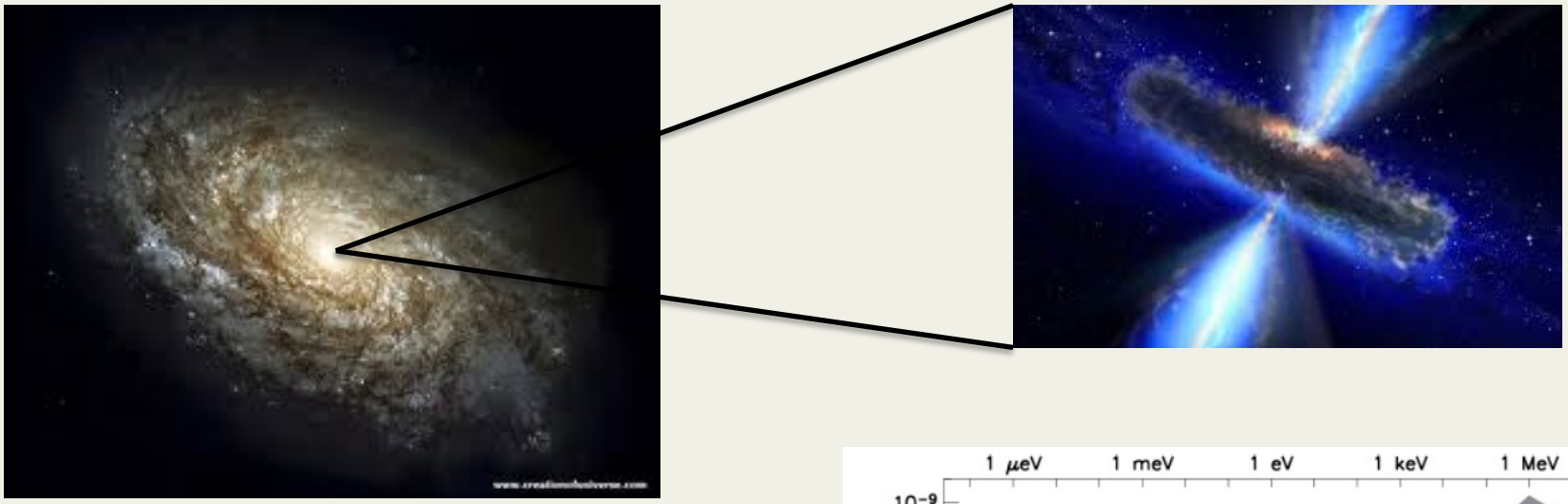
per misurare la composizione chimica

per studiare l'interazione del gas caldo con la galassia centrale





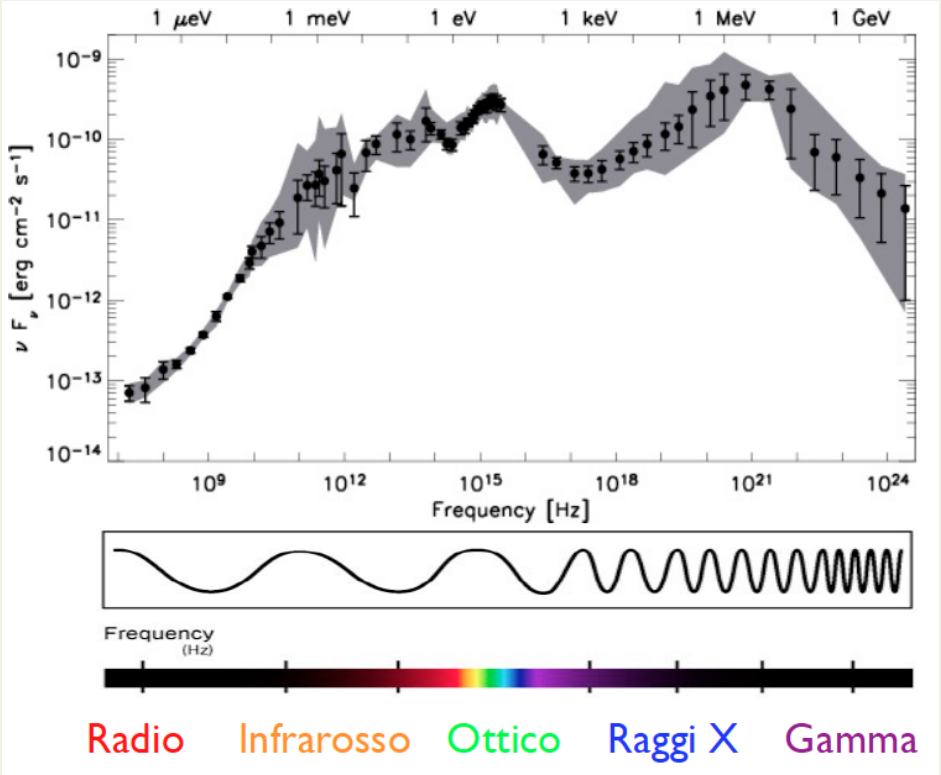
Nuclei galattici attivi (AGN o Quasar)

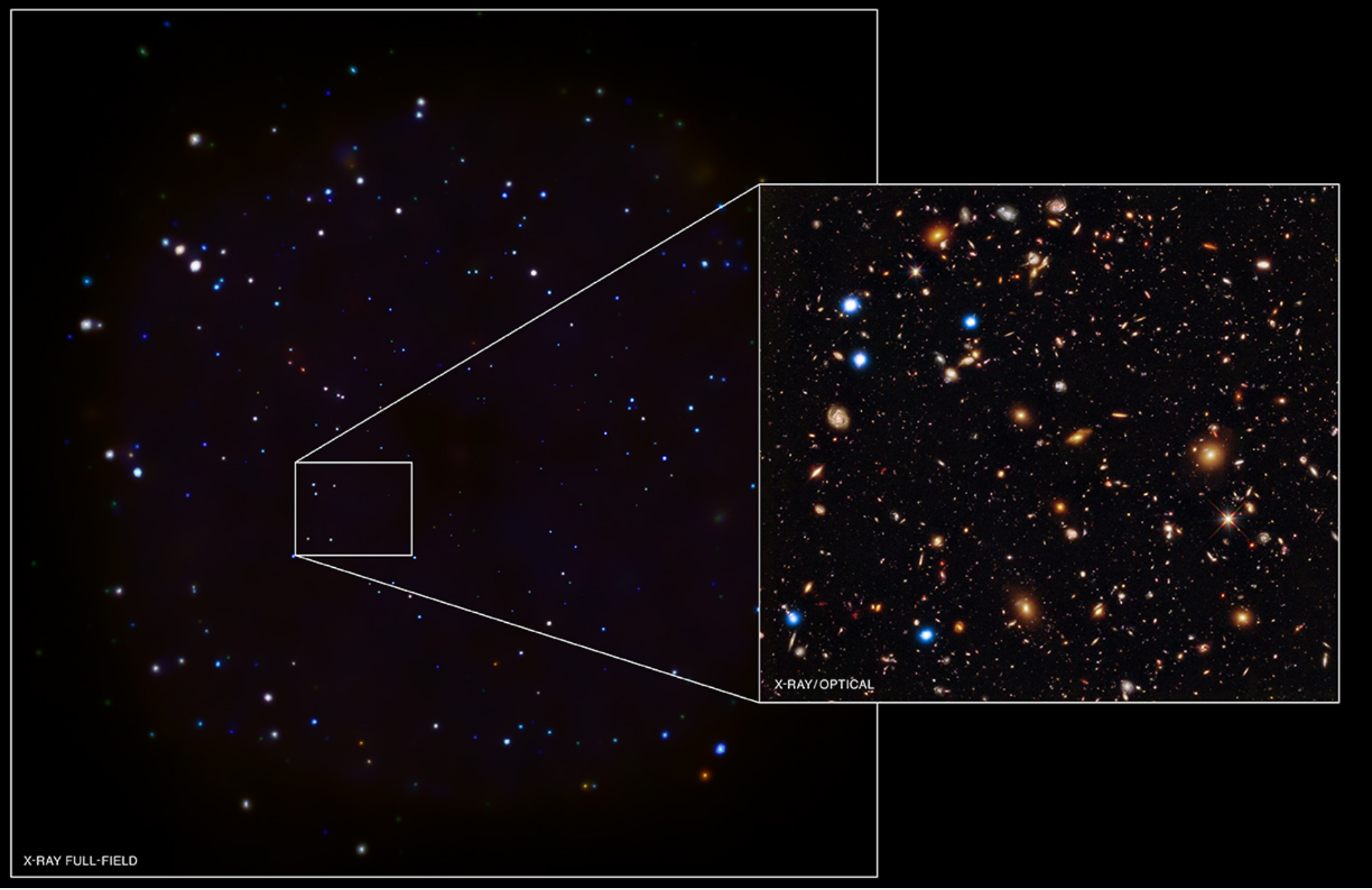


Al centro di ogni galassia c'e` un buco nero super massivo (1 milione – qualche miliardo di soli).

Il 5% di questi buchi neri sono attivi: materia sotto forma di disco rotante, cade nel buco nero >> emissione di alta energia .

Buco nero e galassia ospite si influenzano a vicenda in un processo di co-evoluzione.

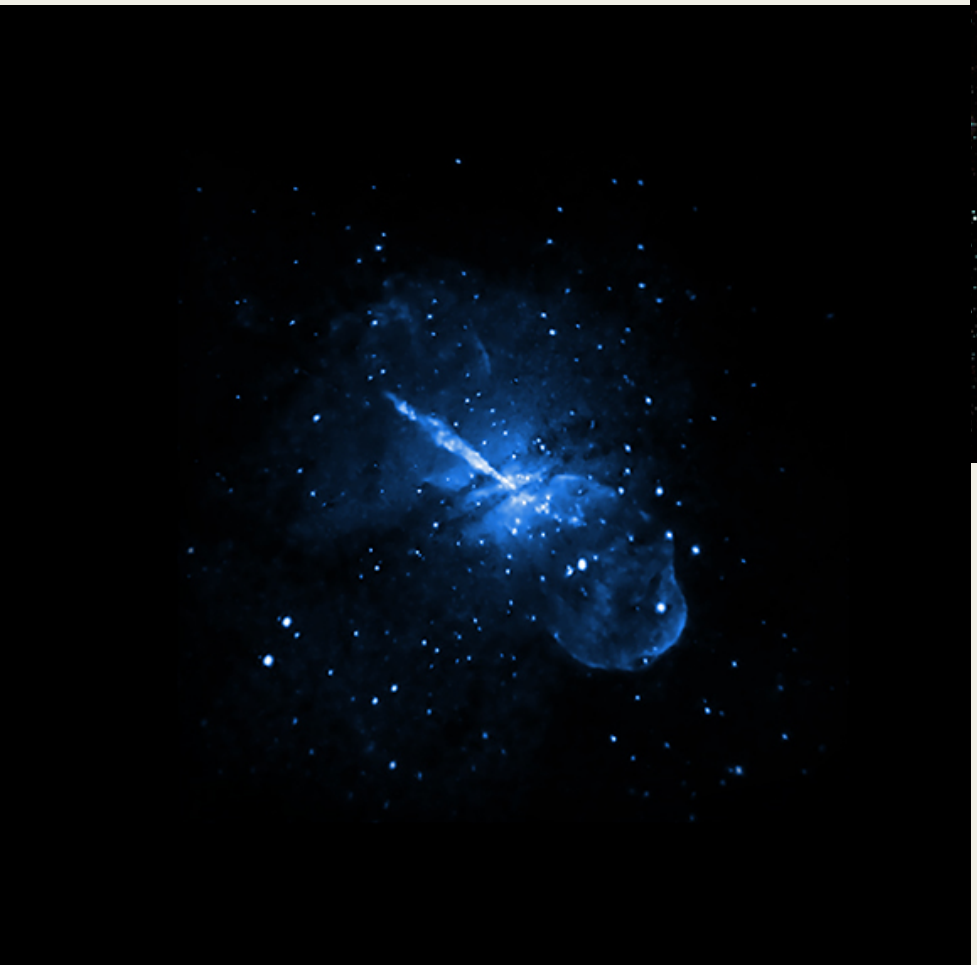


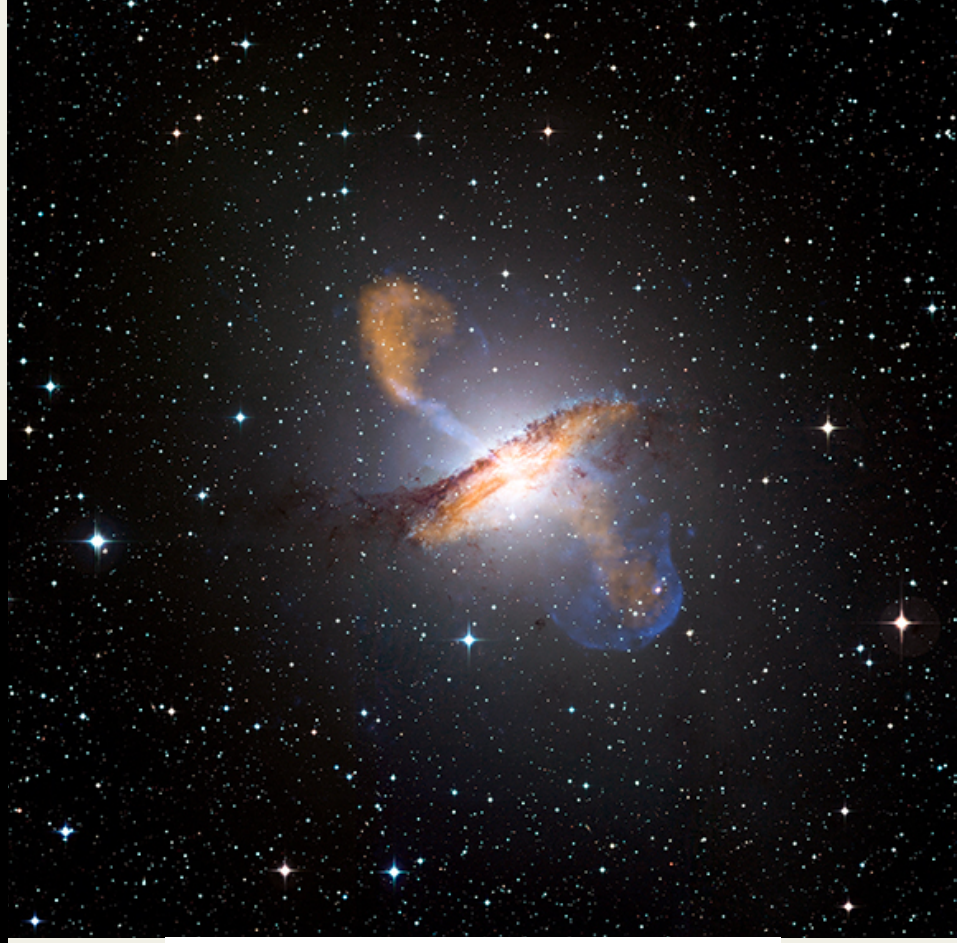


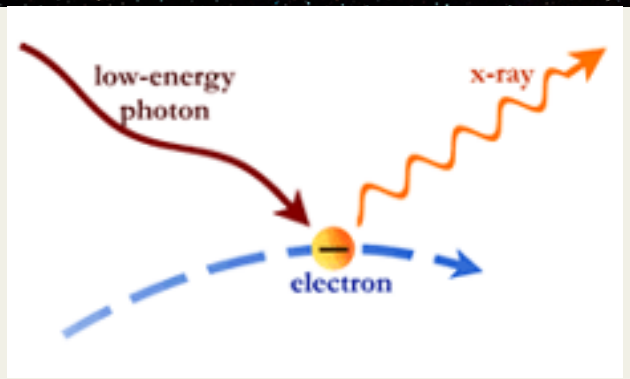
Le osservazioni X degli AGN sono importanti perche’ ci permettono di distinguere le galassie attive da quelle normali molto semplicemente.

Grazie al loro potere di penetrare gas e polveri i raggi X ci portano informazioni sulle regioni piu' interne vicine al buco nero centrale .

la galassia del Centauro a diverse lunghezze d'onda



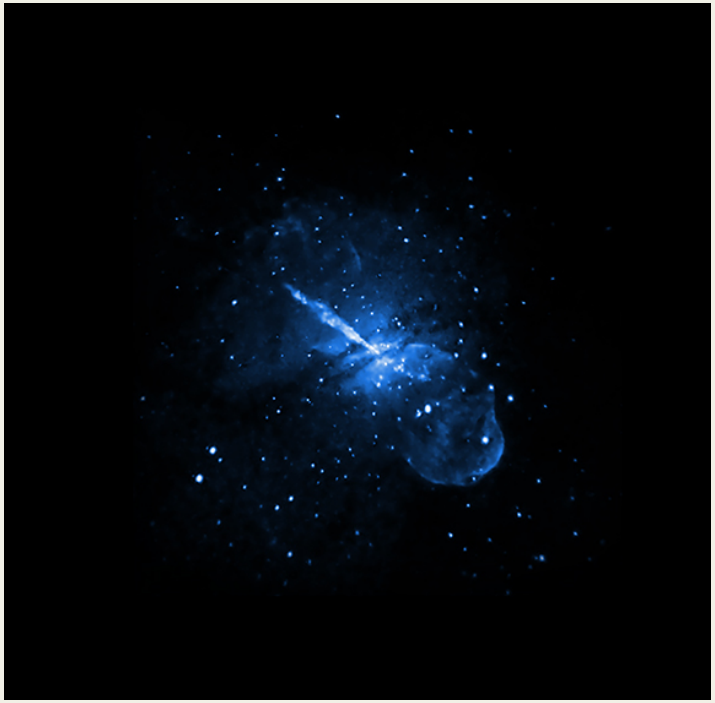




effetto compton (inverso)

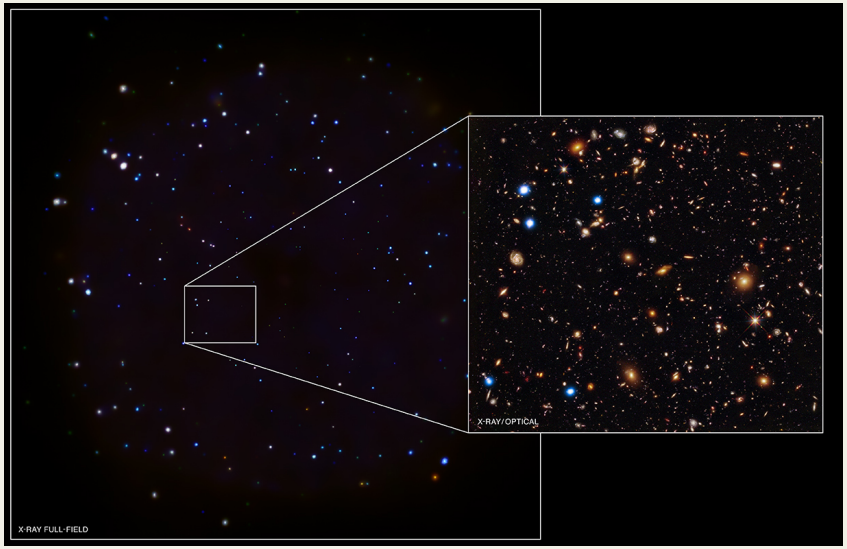
2 tipi di osservazioni :

“osservazioni puntate”: si sceglie un oggetto particolare, si fa un proposal; quando viene accettato si punta telescopio ; tempi tipici sono 10-20 ore, dati sono proprietari per circa un anno



“survey” si sceglie una zona quasiasi del cielo e la si osserva per studiare le proprieta’ statistiche di una popolazione di oggetti . tempi tipici sono 10 giorni .

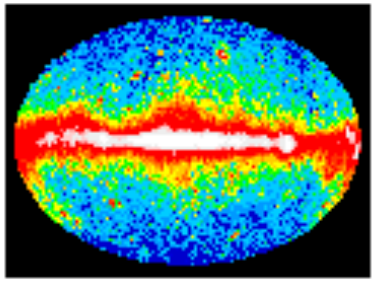
I deep fields in paticolare sono osservazione profondissime dello stesso campo.

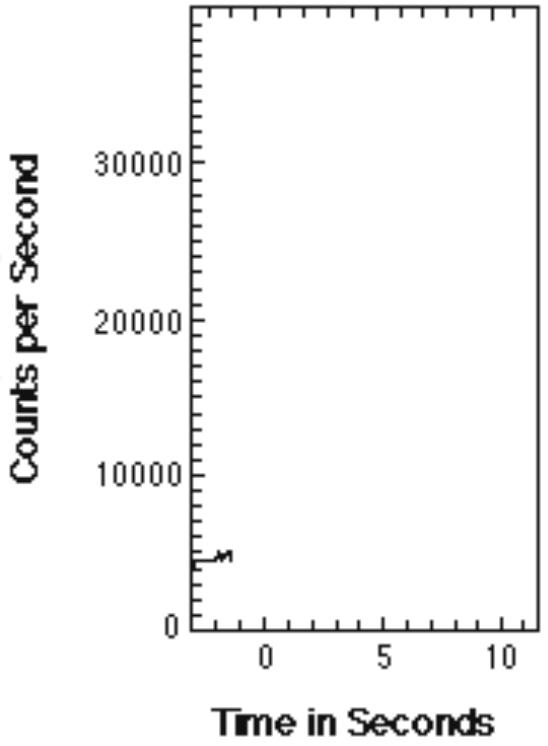


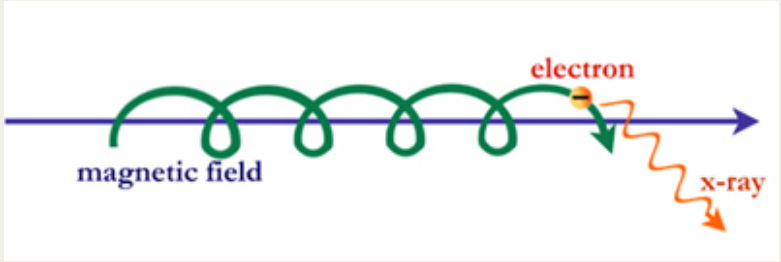
I gamma ray burst (GRB)

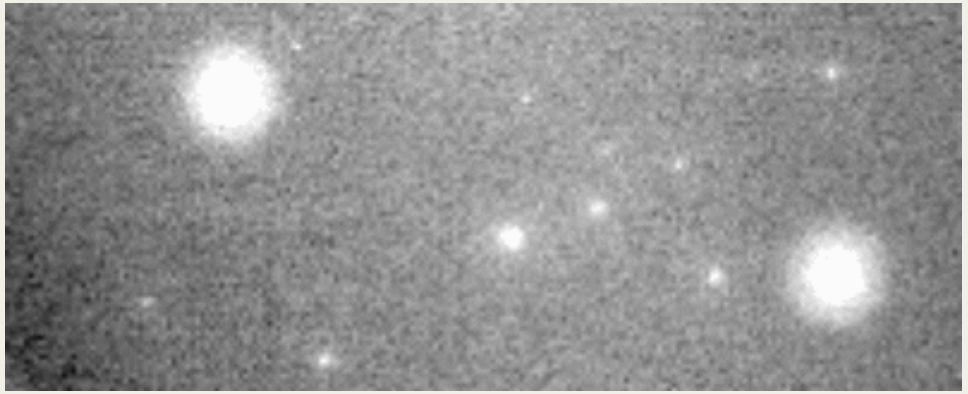
- esplosioni piu' energetiche dell'universo
- sino 100 volte piu` potenti di una normale supernova
- in pochi secondi emettono la stessa quantita'di energia che una galassia emette in 100 anni
- scoperti negli anni 60, fino al 1997 sono rimasti un mistero

- emissione di sincrotrone

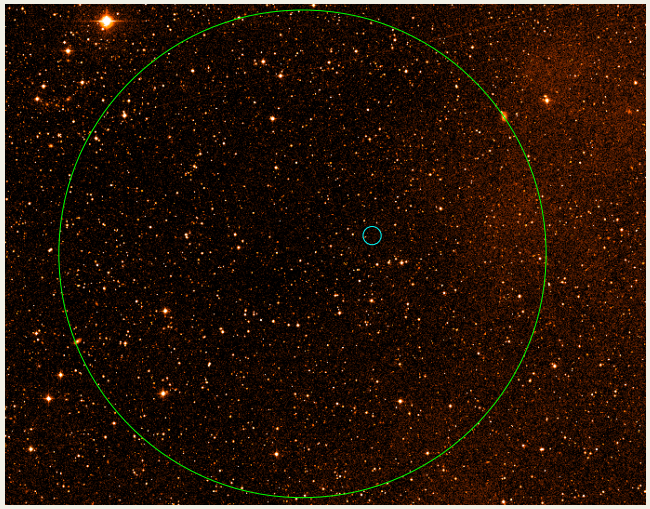


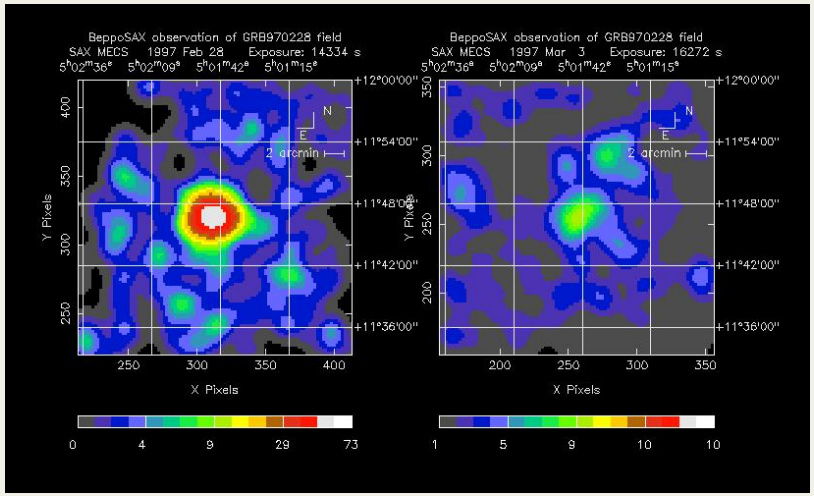






Il satellite Beppo SAX (1996-2003) e i Gamma ray Burst (GRB)





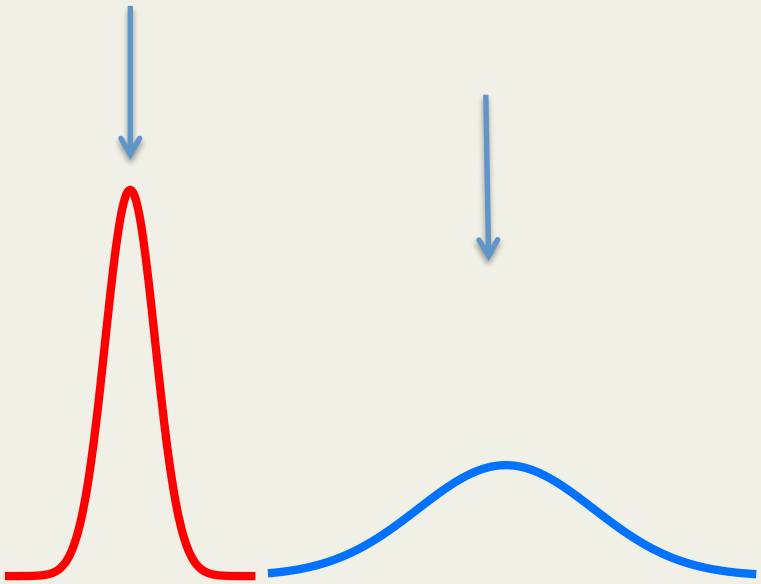
Nel 1997 le osservazioni in banda X del satellite Beppo-SAX hanno permesso di identificare per la prima volta la galassia dove era esploso un GRB !

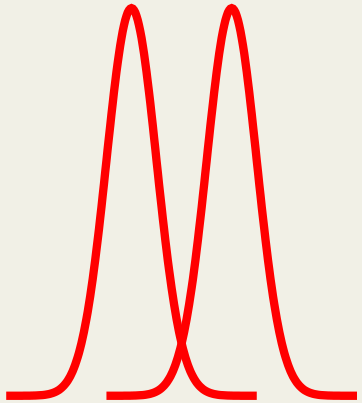
La risoluzione spaziale di un telescopio

quanto e' larga l'immagine di una sorgente puntiforme

e` espressa in angoli (record X e' 0.5", record ottico 0.2")

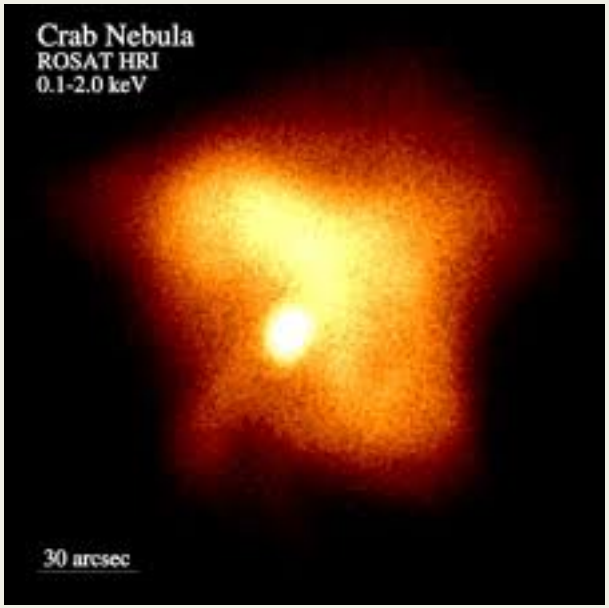
regola la capacita` di distinguere due oggetti vicini



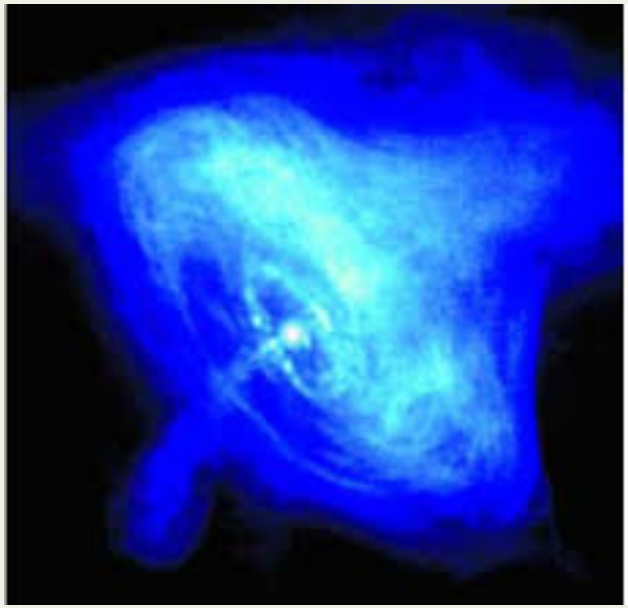


La risoluzione spaziale di un telescopio

regola la bellezza di un immagine (la quantita` di dettagli)



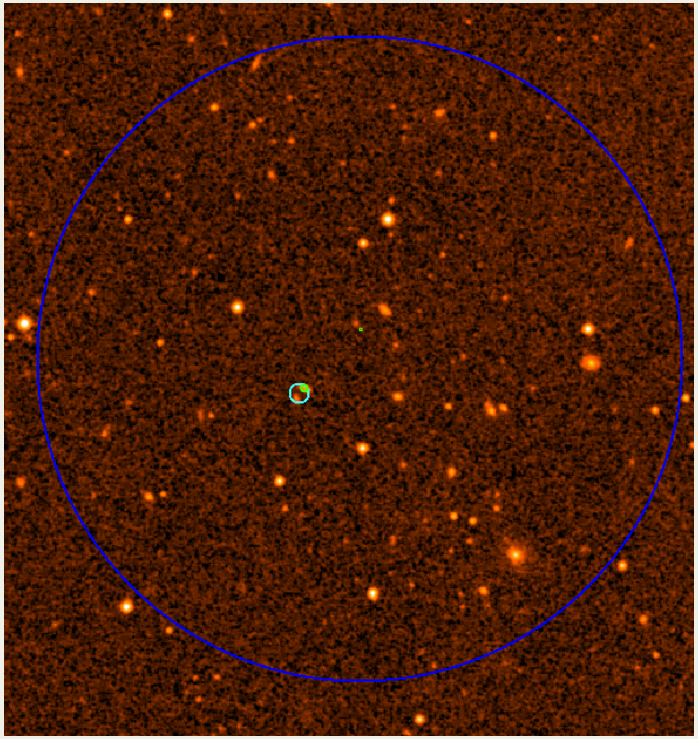
5 arcosecondi

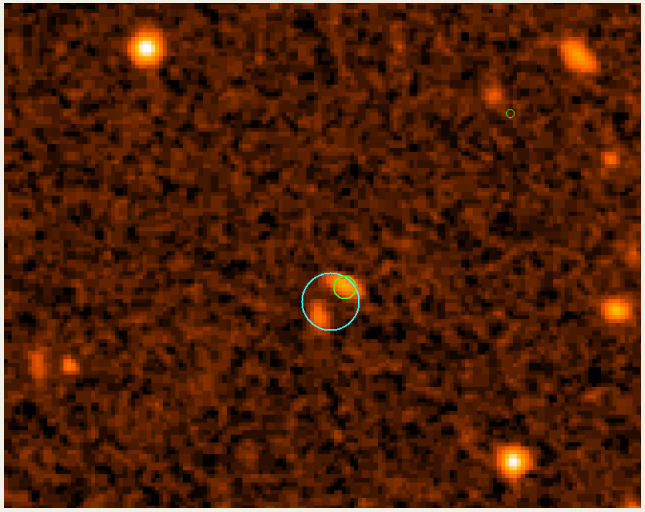


0.5 arcosecondi

La risoluzione spaziale di un telescopio

regola l'accuratezza con cui possiamo misurare la posizione di un determinato oggetto





Facciamo il punto :

3 diversi oggetti che emettono raggi X (ce ne sono molti altri, ma li vedremo dopo ...)

ammassi di galassie

Quasars (o AGN)

Gamma ray bursts

3 diversi meccanismi di produzione dei raggi X

brehmsstralung

compton scattering (inverso)

sincrotrone

Per queste 3 classi di oggetti (e molte altre) le osservazioni X ci hanno dato informazione uniche;

I raggi X sono stai scoperti nel 1895; l'astronomia x nasce nel 1962.
Perche` abbiamo aspettato tanto a guardare il cielo a raggi X ?

Primo problema:

la radiazione X viene assorbita dall'atmosfera terrestre

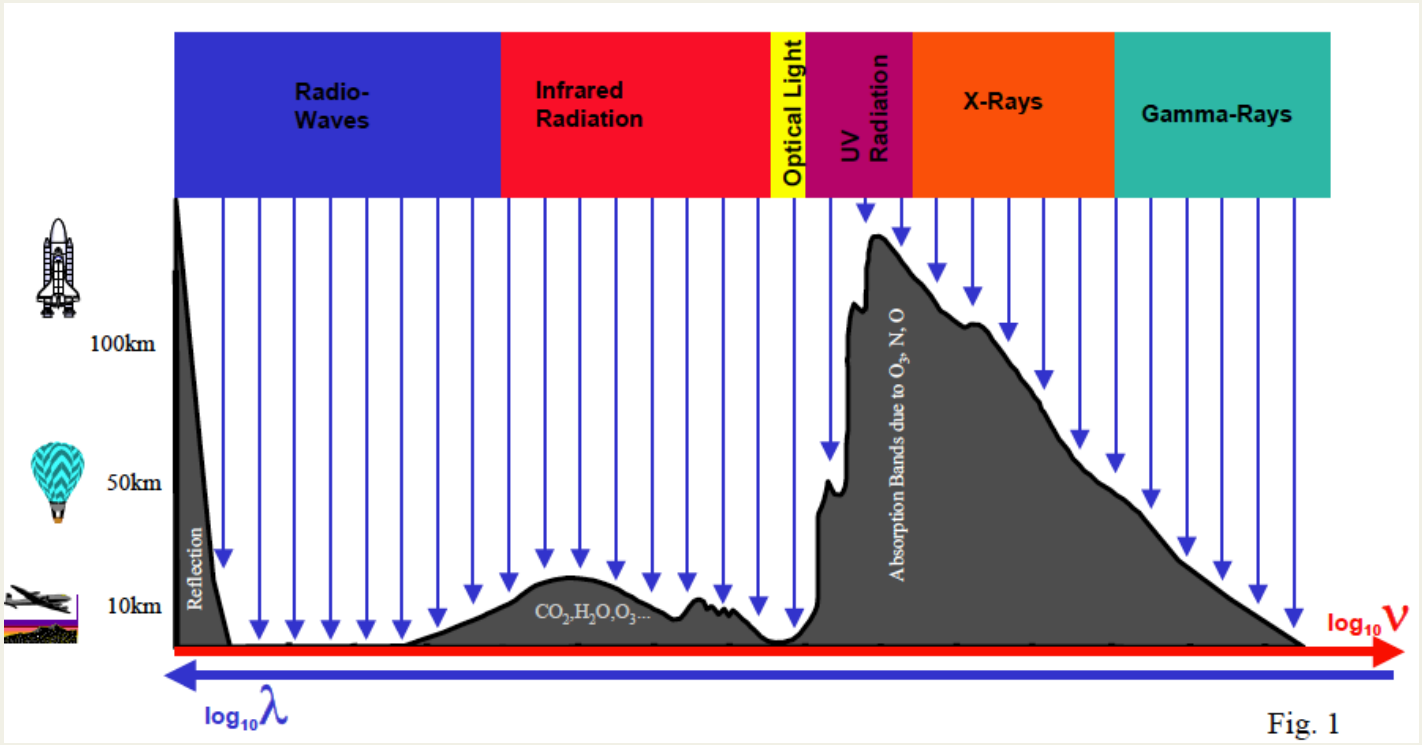


Fig. 1

Soluzione: rivelatori su razzi, palloni e satelliti

La nascita dell'astronomia X

18 Giugno 1962

3 contatori geiger montati su un missile
6 minuti di osservazione
rivelata la prima sorgente X astronomica
1000 volte piu' brillante del sole >>
>> implica diverso fenomeno fisico !

PHYSICAL REVIEW
LETTERS

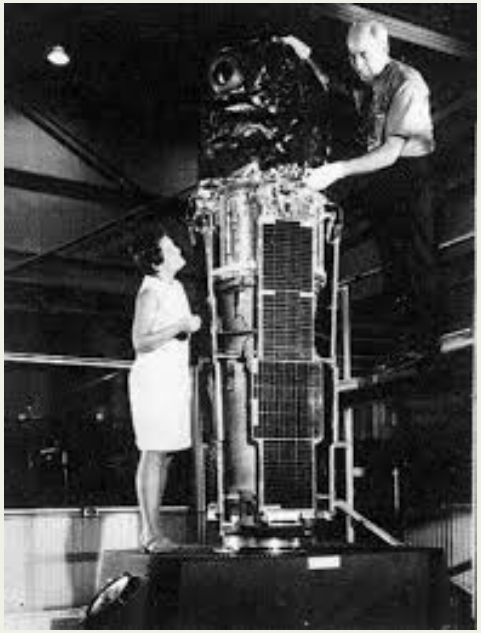
VOLUME 9 DECEMBER 1, 1962 NUMBER 11

EVIDENCE FOR X RAYS FROM SOURCES OUTSIDE THE SOLAR SYSTEM*

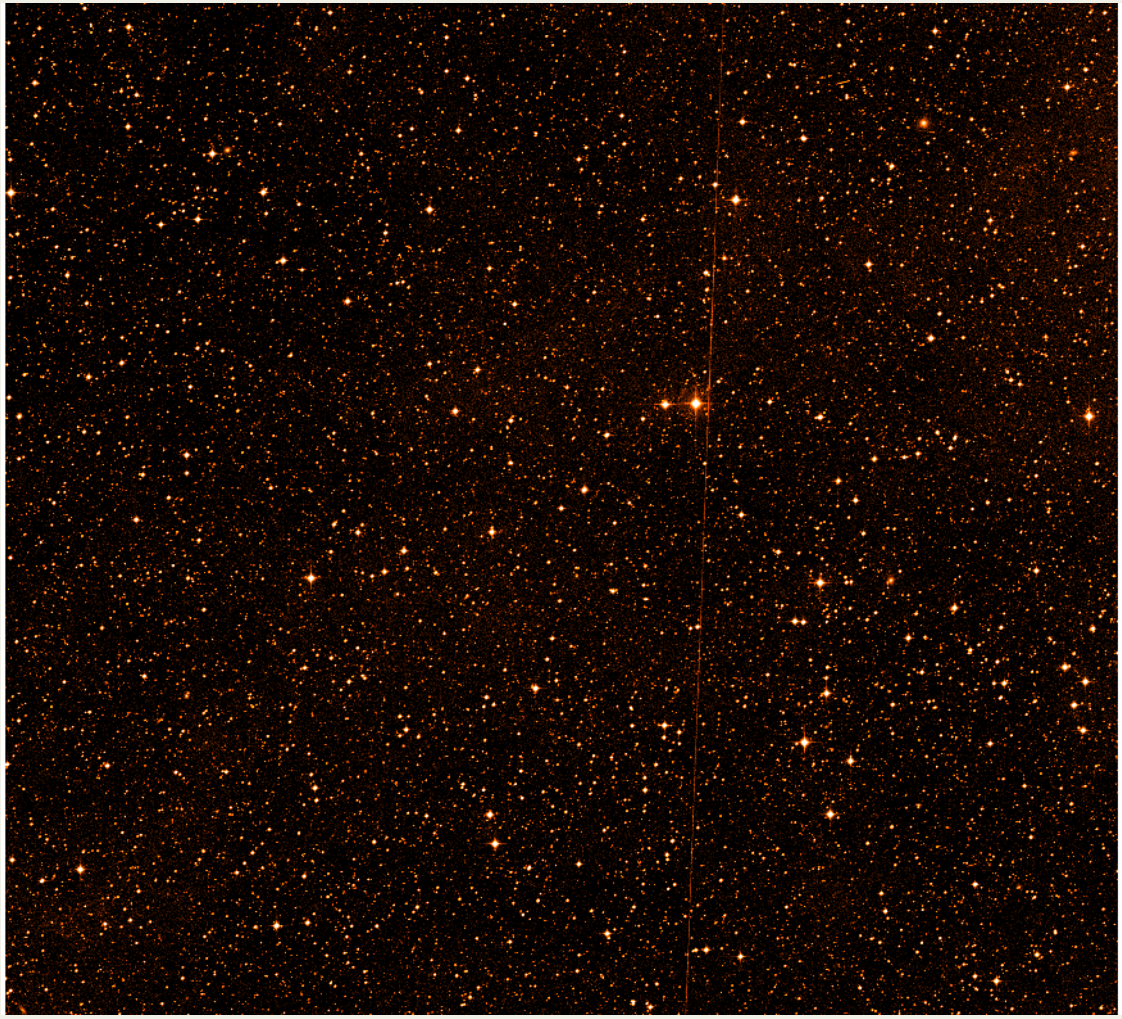
Riccardo Giacconi, Herbert Gursky, and Frank R. Paolini
American Science and Engineering, Inc., Cambridge, Massachusetts

and

Bruno B. Rossi
Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts
(Received October 12, 1962)



Secondo problema: fare un'immagine del cielo X per trovare la sorgente !



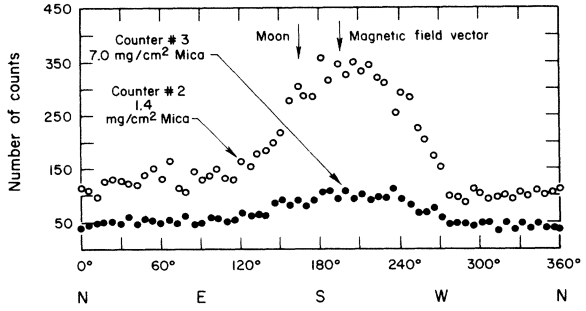
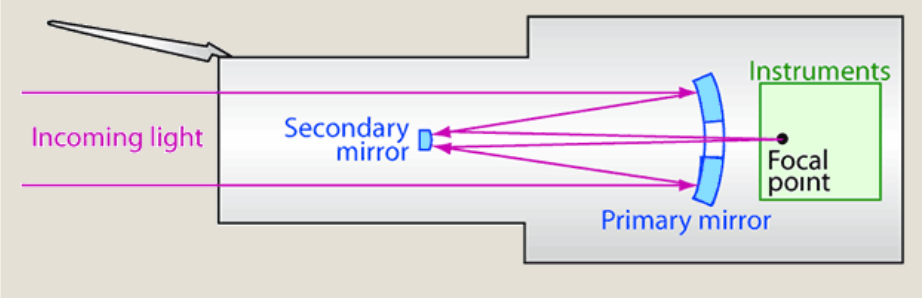
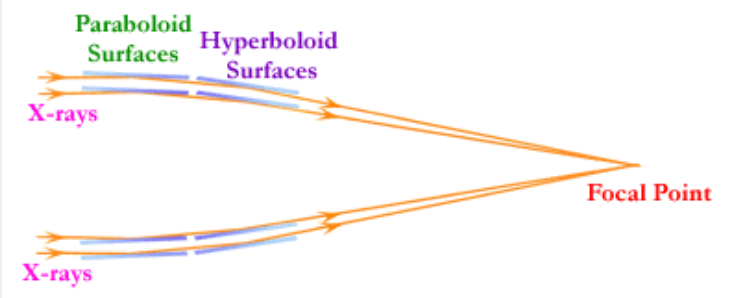


FIG. 1. Number of counts versus azimuth angle. The numbers represent counts accumulated in 350 seconds in each 6° angular interval.

le prime osservazioni X sono come fotografie fatte senza l'obiettivo !!



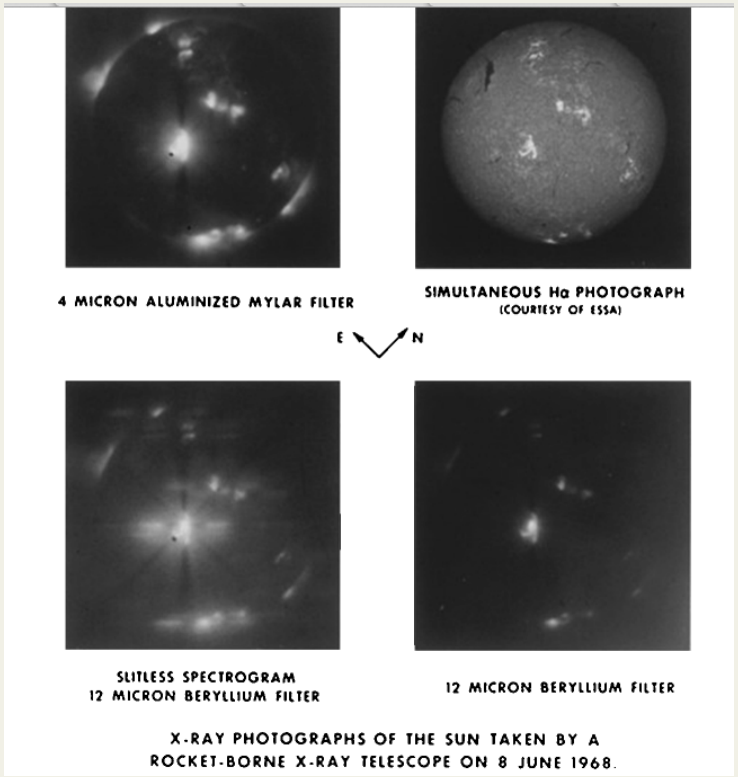


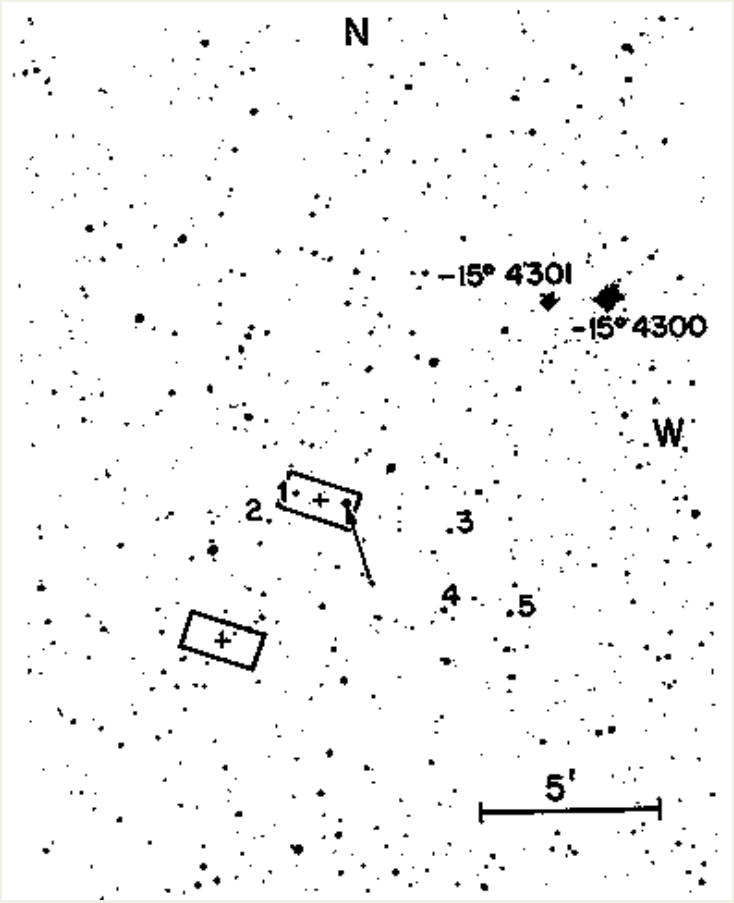
La risoluzione spaziale delle immagini ottiche deriva dalla possibilita` di focalizzare la radiazione incidente con l'uso di specchi.

Non esistono specchi o lenti per i raggi X

Giacconi e Rossi (1960) inventano il telescopio X, che sfrutta l'effetto radente.

Prima immagine X e` del 1965

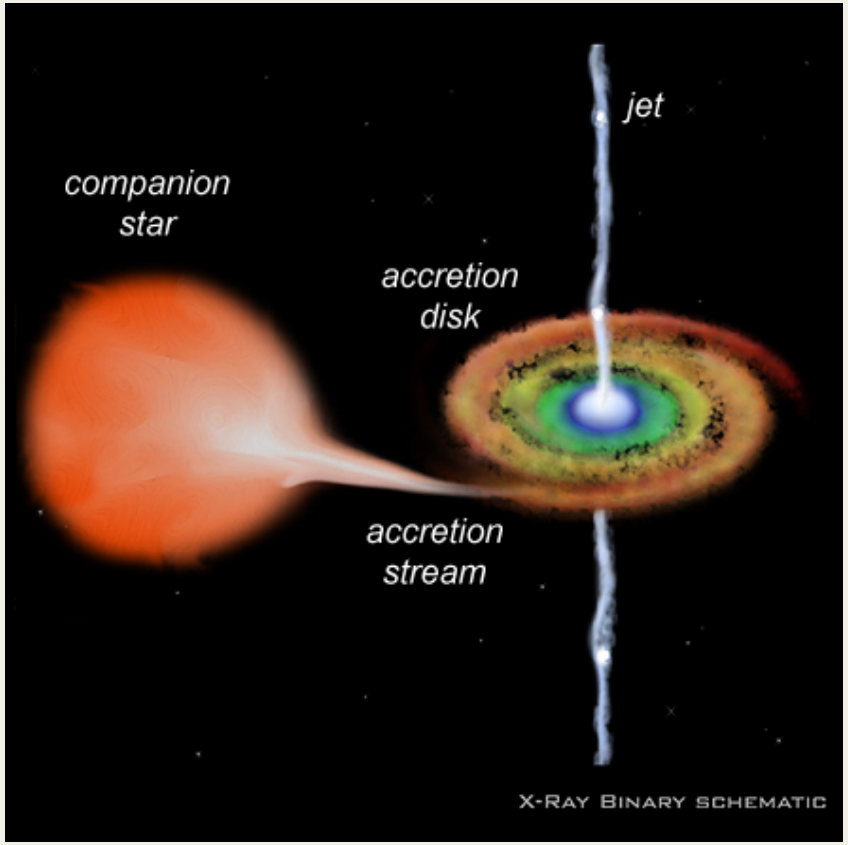




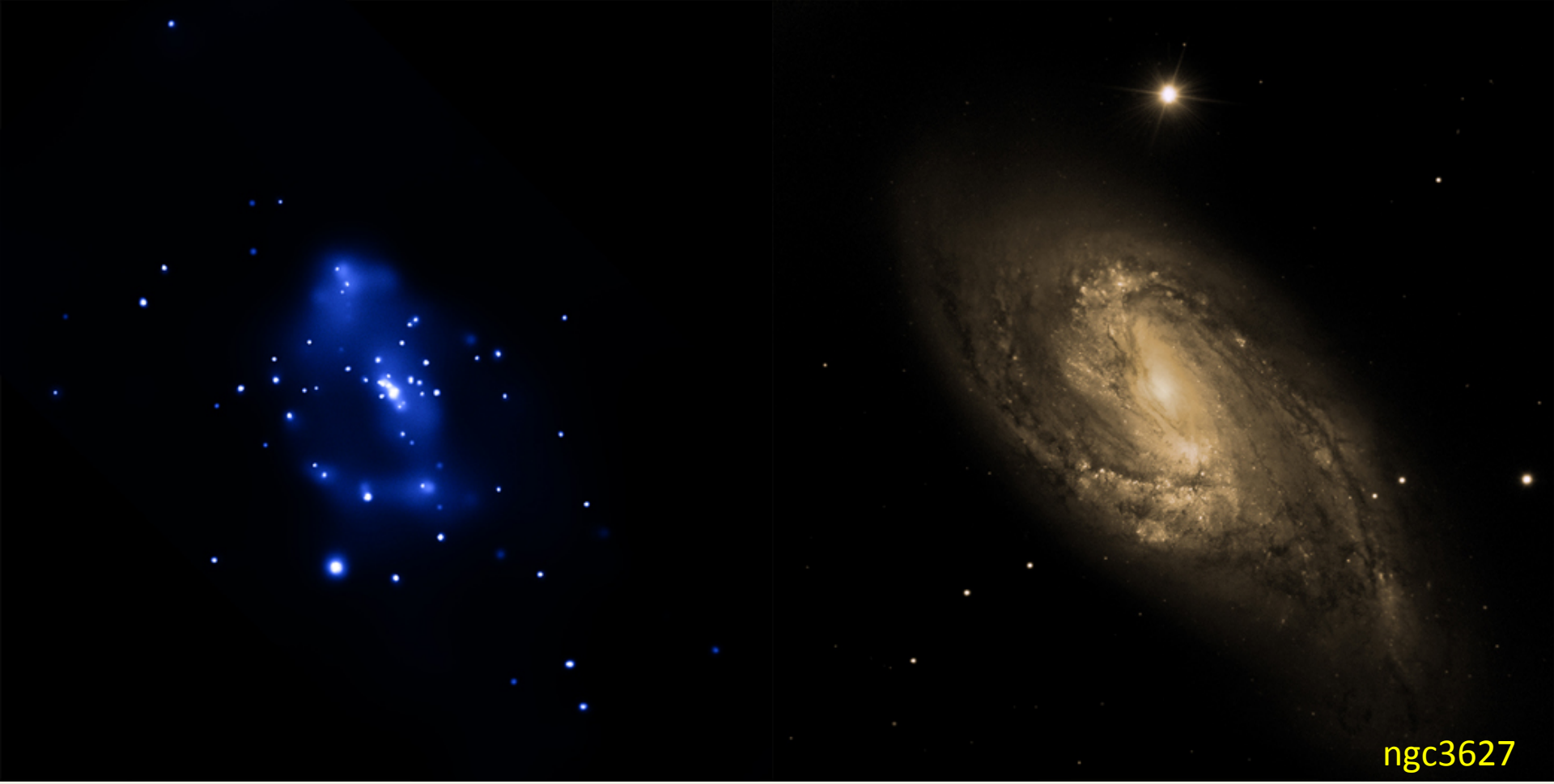
Sco X-1 si e' scoperto essere un sistema binario

Composto da un oggetto compatto, stella di neutroni

Ed una stella "normale"

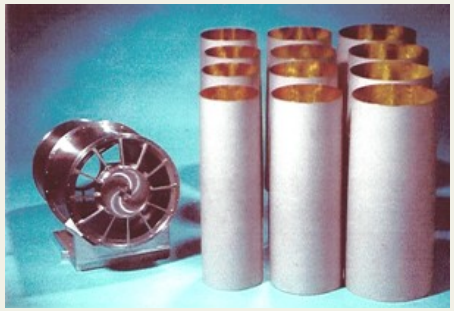


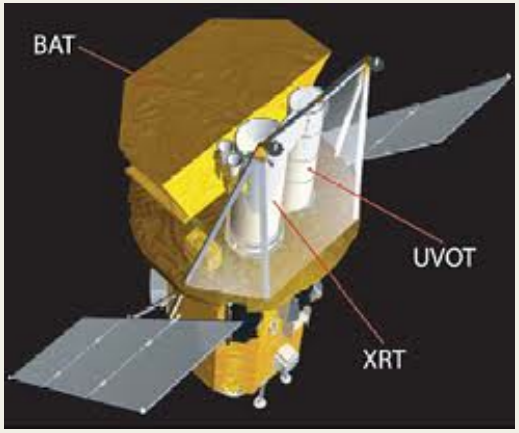
Con gli anni si e' scoperto che questi sistemi (XRB) sono molto comuni in tutte le galassie



Le sorgenti piu` comuni nelle galassie sono X-ray binaries

Istruzioni per la costruzione di un telescopio per raggi X





Il telescopio XRT e` stato costruito qui all'osservatorio di Brera alla fine degli anni '90

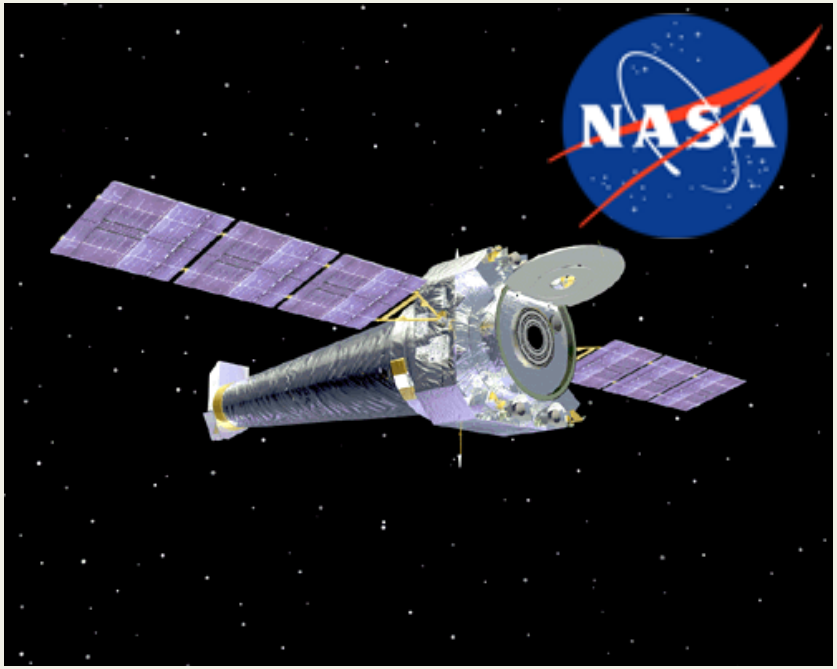
Fa parte di una missione NASA lanciata il 20 Novembre 2004

E' ancora operativo e perfettamente funzionante in orbita a 500 Km da terra e continua ad osservare i gamma ray bursts

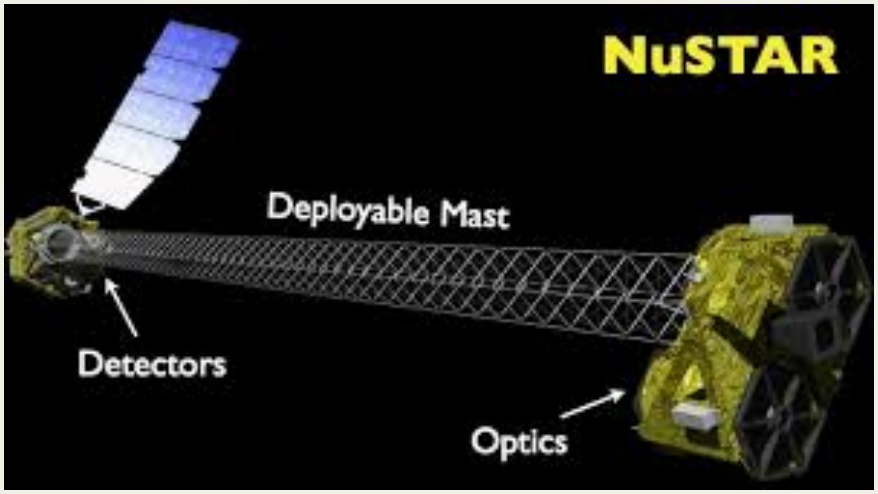
Lo stato dell'arte :

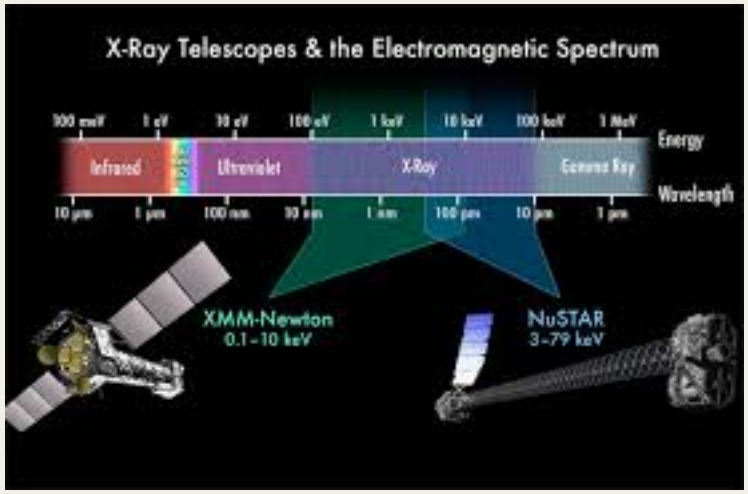
l'europeo XMM – Newton

l'americano AXAF - Chandra



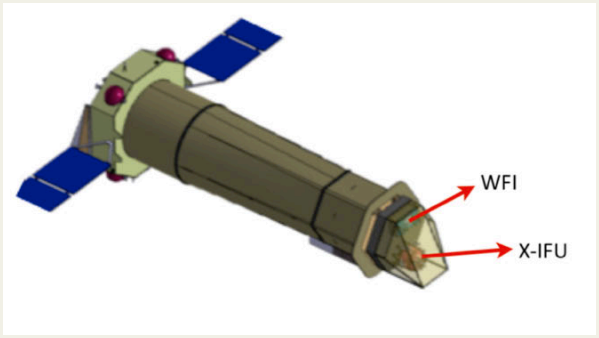
In 50 anni i telescopi X hanno migliorato le prestazioni di un fattore paragonabile ai miglioramenti dei telescopi ottici da Galileo fino ai giorni nostri.

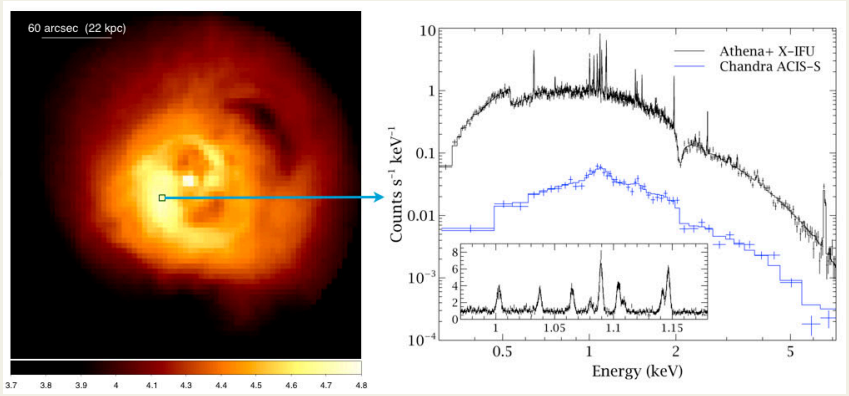


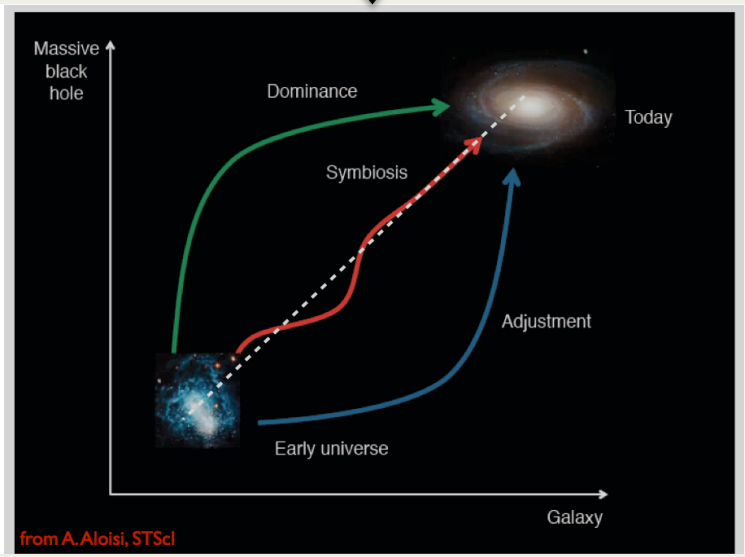


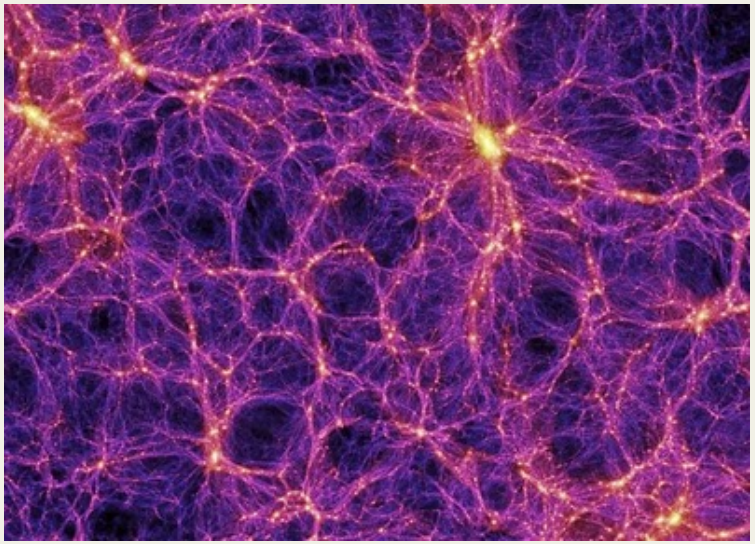
Il satellite NuStar lanciato nel 2012 per la prima volta usa telescopio oltre i 10 keV !

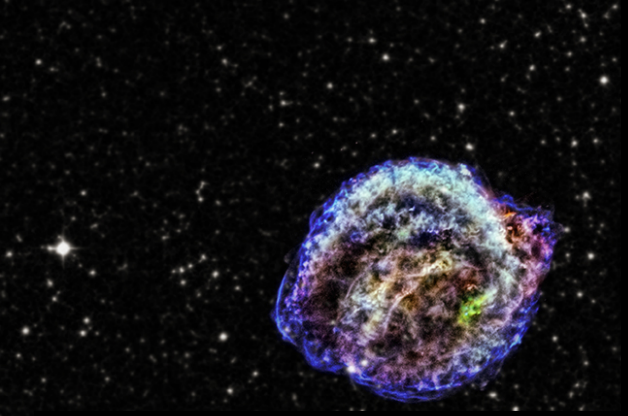
Il futuro : 2028 la missione europea ATHENA+

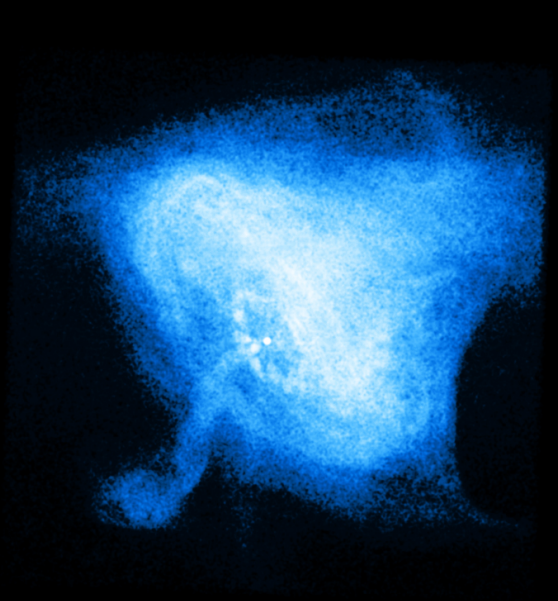


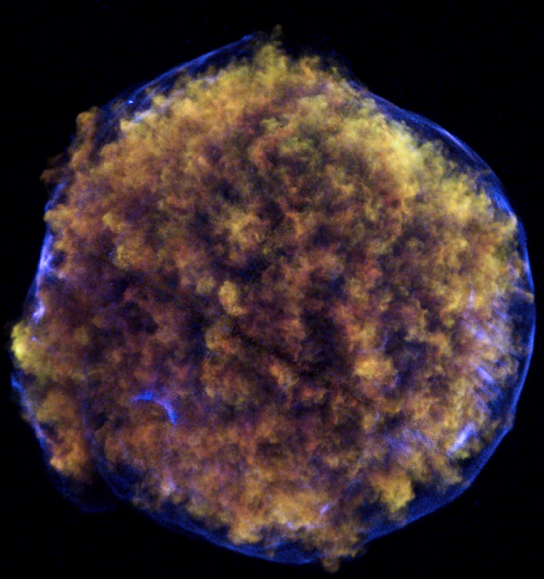


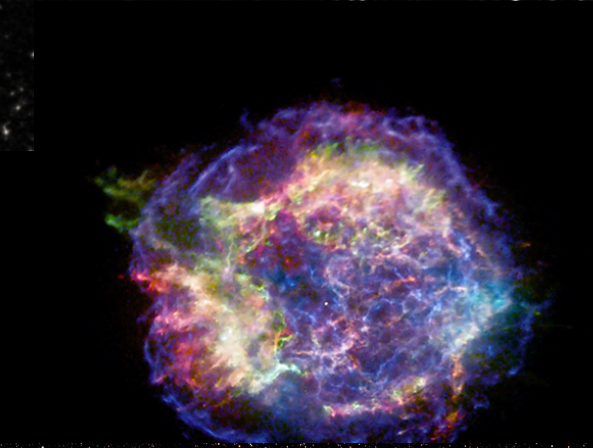


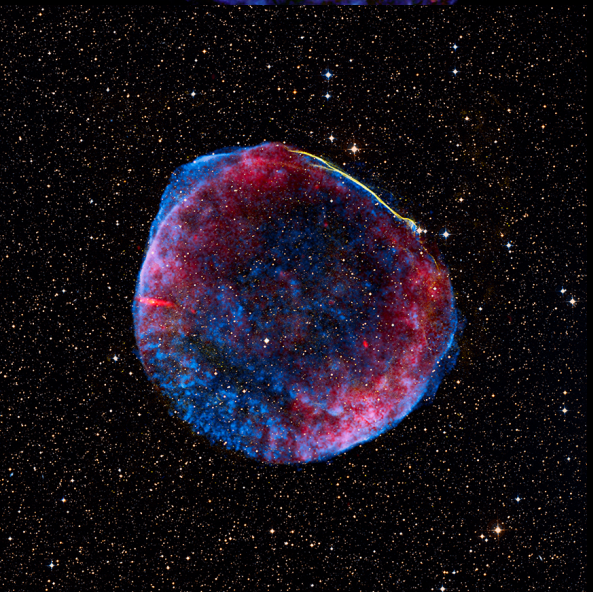












The initial motivation of the experiment which led to this discovery was a subconscious feeling for the inexhaustible wealth of nature, a wealth that goes far beyond the imagination of man.

Bruno Rossi

http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/introduction/xray_information.html
http://chandra.harvard.edu/edu/chandra101.html