

Lo spettro elettromagnetico

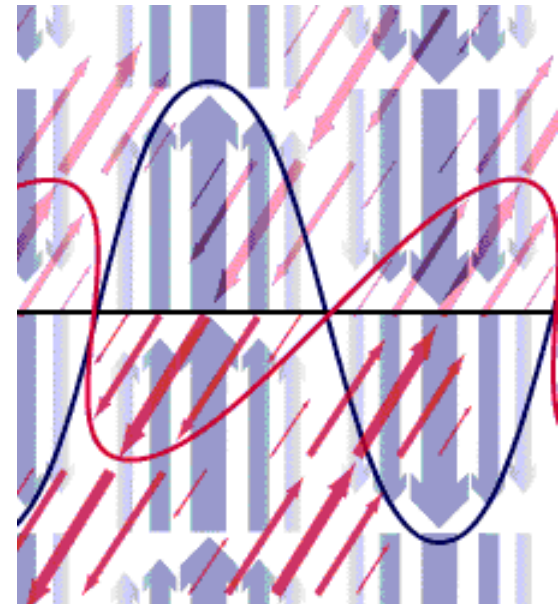


Phil Plait, traduzione di Roberto Maccagnola

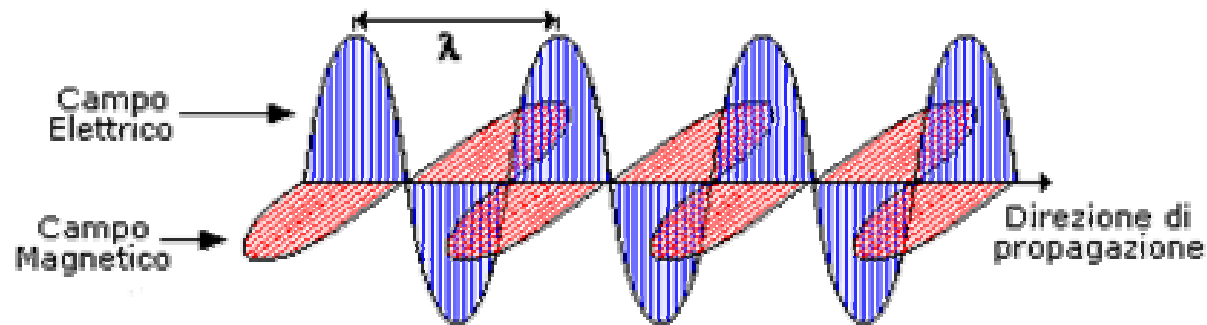
Novembre 30, 2003

Che cosa abbiamo imparato sulle onde elettromagnetiche?

- trasportano energia
- Il campo elettrico e quello magnetico oscillano come in un'onda
- si muovono alla velocità della luce che è 3×10^8 m/s
- l'energia trasportata è legata da relazioni matematiche con la frequenza e la lunghezza d'onda
- il tipo di radiazione emessa dipende dalla temperatura del corpo emittente e dai meccanismi di emissione



Cosa caratterizza le onde elettromagnetiche?



- La lunghezza d'onda λ : la distanza tra una cresta e la successiva
- L'ampiezza: il valore massimo assunto dal campo elettrico e da quello magnetico
- La perpendicolarità dei campi: campo elettrico e campo magnetico sono sempre perpendicolari tra loro
- La direzione di propagazione: è sempre perpendicolare sia al campo magnetico che al campo elettrico
- L'energia : è sempre proporzionale alla frequenza
- La velocità: nel vuoto è sempre 3×10^8 m/s

... Così abbiamo

Lunghezza d'onda = velocità : frequenza

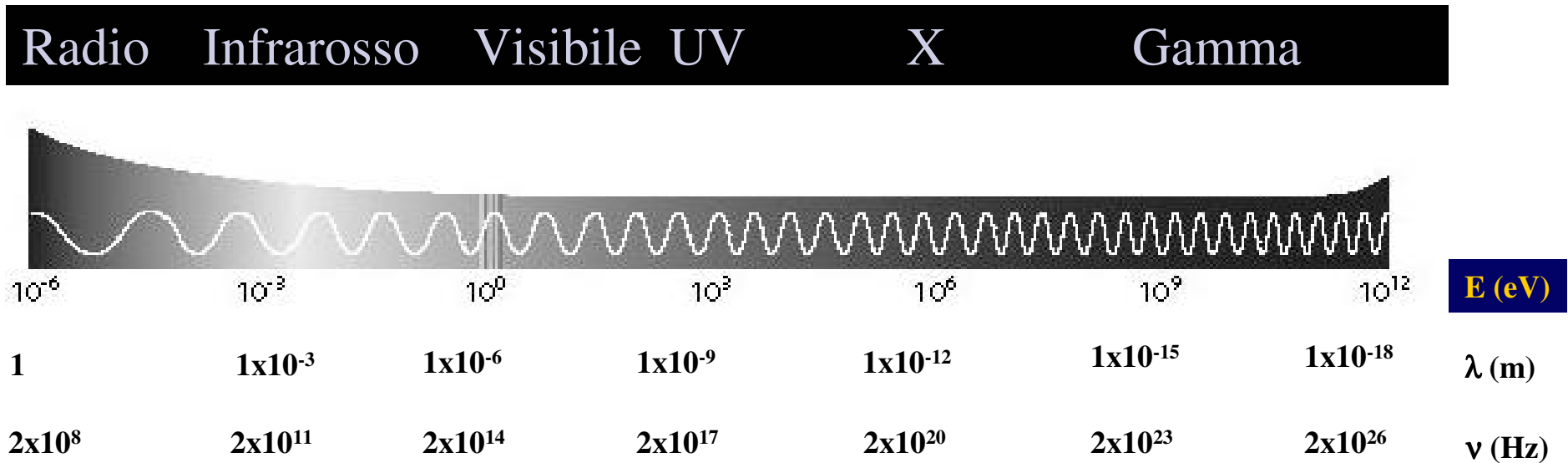
Energia = costante di Planck x frequenza



**non tutte le onde
elettromagnetiche
sono uguali!**

- Durante un temporale la luce può essere scomposta in differenti colori in un arcobaleno
- I corpi scuri al sole si scaldano maggiormente rispetto a quelli bianchi
- Un corpo rovente appare rosso, ma quando diventa incandescente diventa giallo
- L'indice di rifrazione della luce rossa è diverso da quello della luce blu e per questo motivo i colori vengono separati con un prisma
- La luce rossa produce scarse reazioni sulle negative fotografiche (in camera oscura si usa la luce rossa per questo motivo) quella blu e gialla al contrario possono rovinare i negativi già scattati ma non ancora fissati

Ma allora come si manifestano le onde elettromagnetiche?



$$E = h c / \lambda$$

$$\lambda = c / \nu$$

$$\nu = c / \lambda$$

c = velocità della luce = 3×10^8 m/s

E = energia

λ = lunghezza d'onda

ν = frequenza

h = costante di Planck

= 4×10^{-15} eV seconds

Radio

microonde

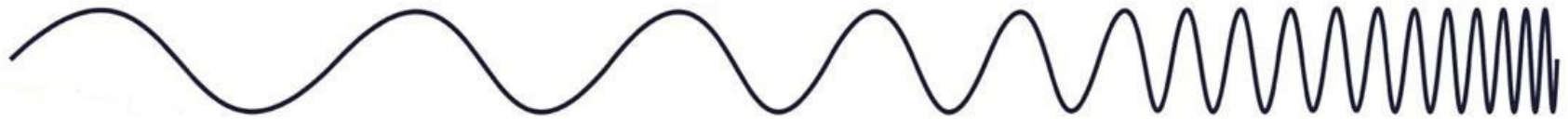
infrarosso

visibile

ultravioletti

raggi X

raggi gamma



edifici



persone



insetti



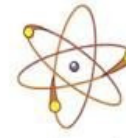
spilli



cellule



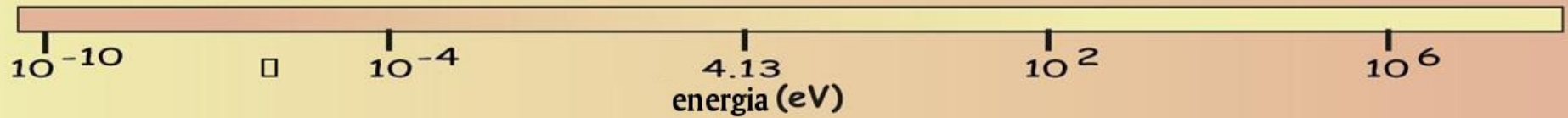
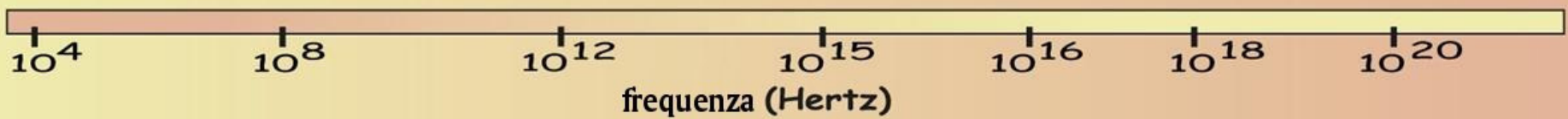
molecole



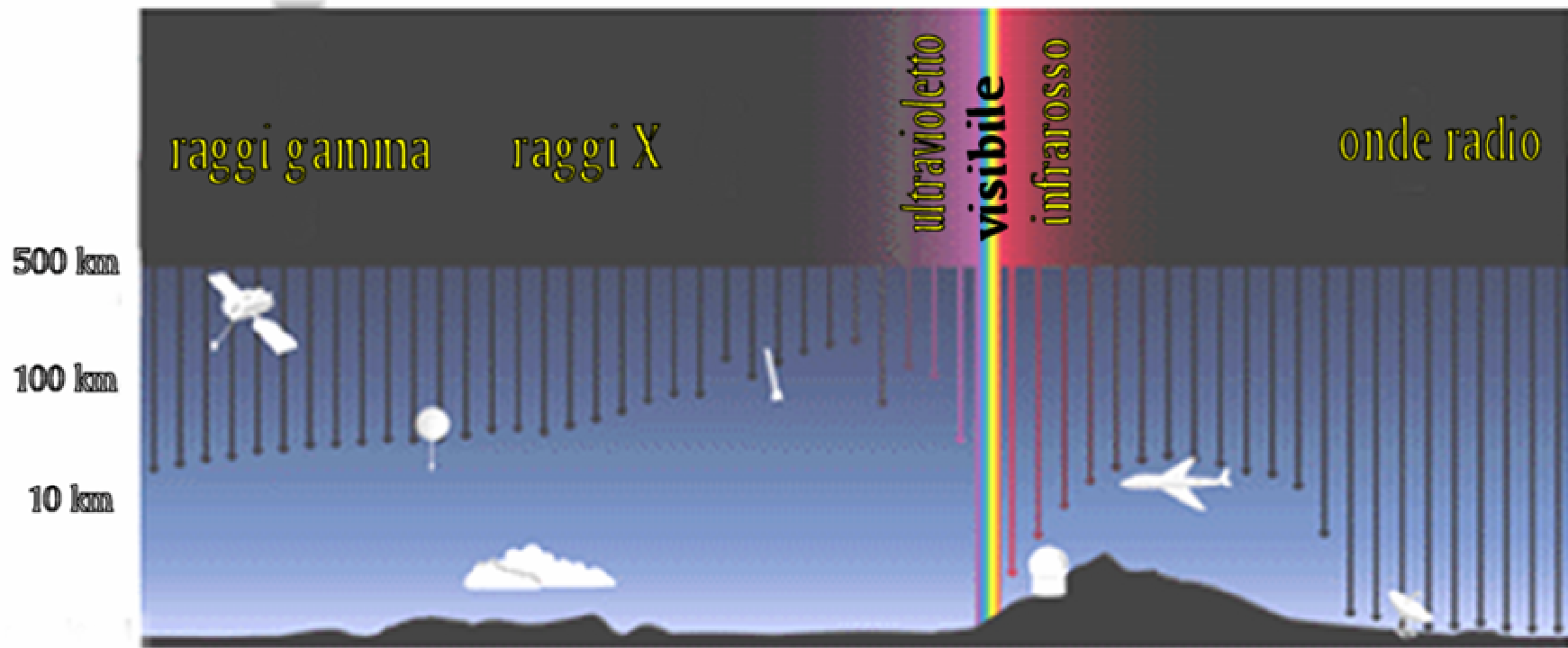
atomi



nuclei atomici



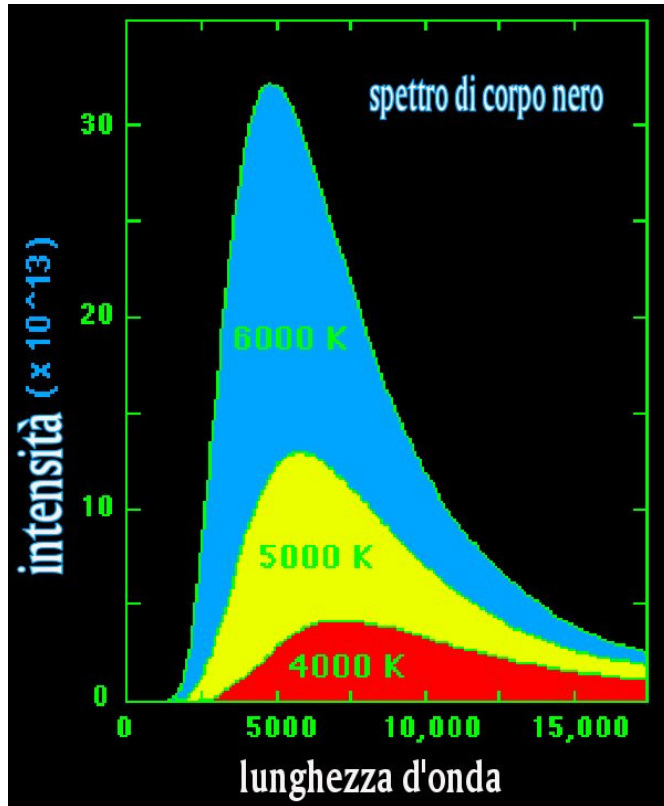
Ma fortunatamente l'atmosfera...



Lascia passare solo la radiazione visibile, le onde radio e una parte delle radiazioni infrarosse..

...per osservare le emissioni gamma, X ed ultraviolette degli astri dobbiamo andare nello spazio

Ma cosa può emettere le radiazioni elettromagnetiche?



Qualsiasi corpo avente una temperatura superiore allo zero assoluto (-273,37 °C) emette radiazione elettromagnetica, questa radiazione prende il nome di radiazione di corpo nero ed è caratterizzata dalle seguenti leggi:

- Più il corpo è caldo e più il massimo di emissione cadrà alle lunghezze d'onda più brevi o alle maggiori frequenze
- Più il corpo è caldo e tanto maggiore sarà l'energia emessa dal corpo

Avremo allora:

energia = costante di Stefan x temperatura⁴

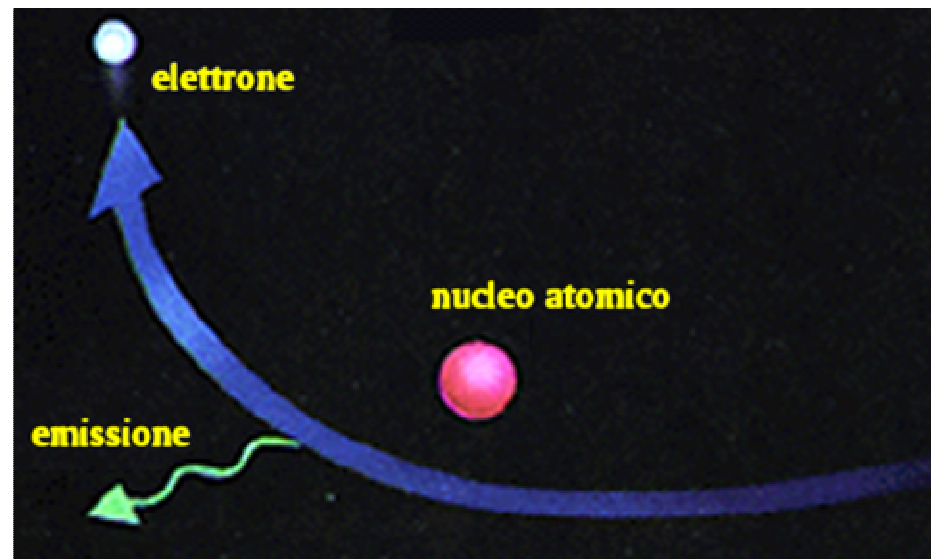
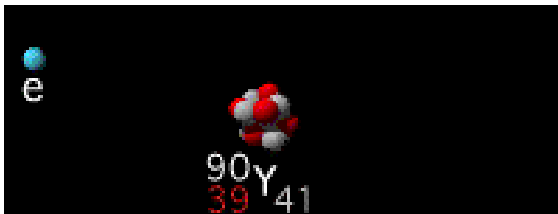
lunghezza d'onda x temperatura = costante di Wien

$$E = \sigma T^4 \quad \lambda T = w$$

Altri fenomeni d'emissione...

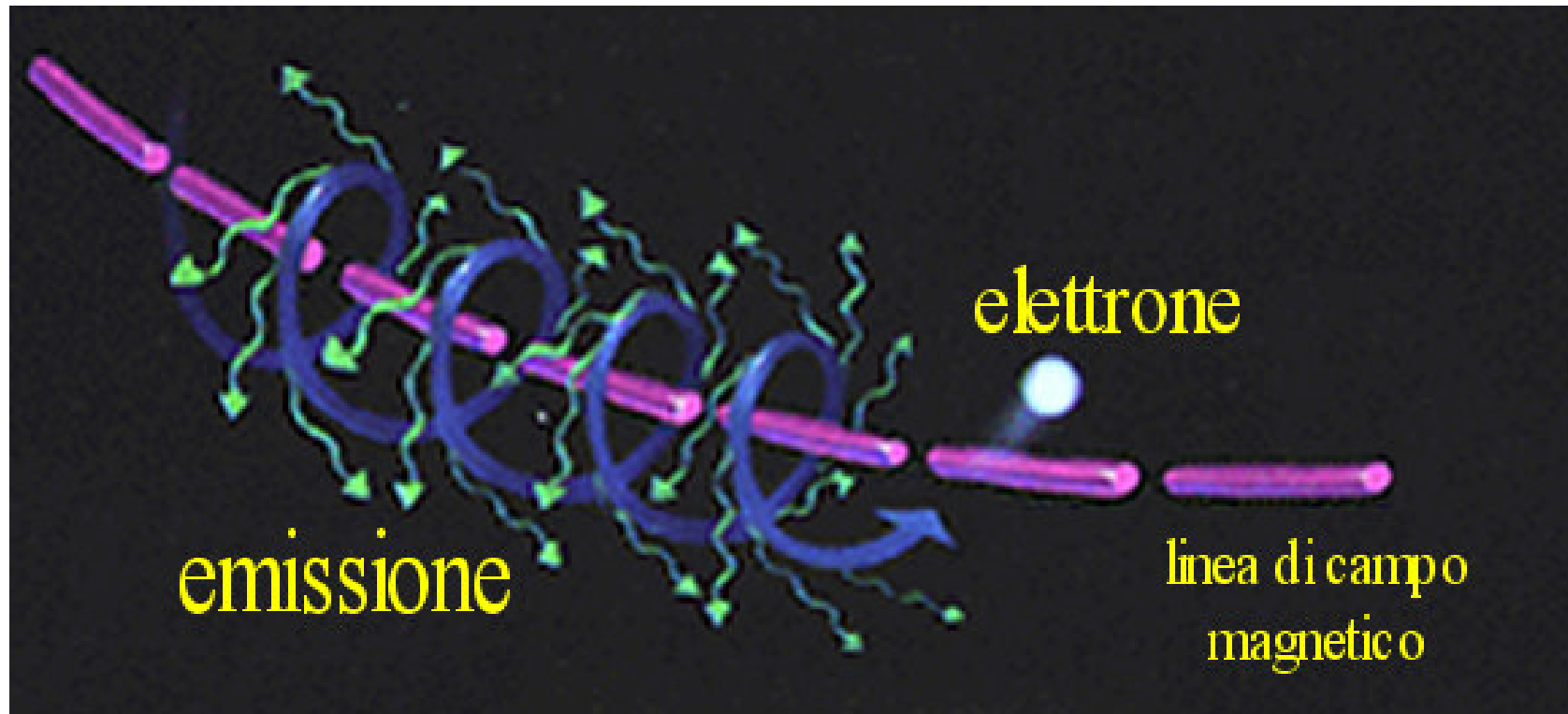
L'elettromagnetismo ci insegna che una particella carica in moto rettilineo uniforme produce un campo elettrico e un campo magnetico, se quella particella viene poi accelerata lo stesso elettromagnetismo ci conferma che la carica in moto emette onde elettromagnetiche.

☉**Bremsstrahlung**: letteralmente “radiazione di frenamento” fu ampiamente studiata nel secolo scorso da Einstein e riguarda l'emissione di onde elettromagnetiche da parte di particelle cariche frenate a causa di un passaggio ravvicinato ad un nucleo.

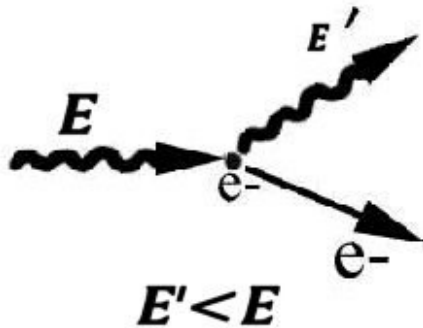


☉ **Radiazione di sincrotrone:** causata da elettroni relativistici che spiraleggiano attorno le linee di campo magnetica, la loro emissione è dovuta all'accelerazione centripeta della forza di Lorentz, e cade nei raggi X

☉ **Radiazione di ciclotrone:** prodotta come la radiazione di sincrotrone ma da elettroni non relativistici, l'emissione cade nella banda radio ed è tipica delle magnetosfere planetarie.

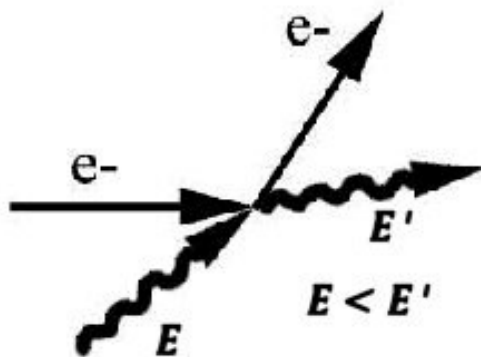


effetto Compton



un fotone di elevata energia, quindi gamma o X urta un elettrone e gli trasferisce quantità di moto

Effetto Compton inverso

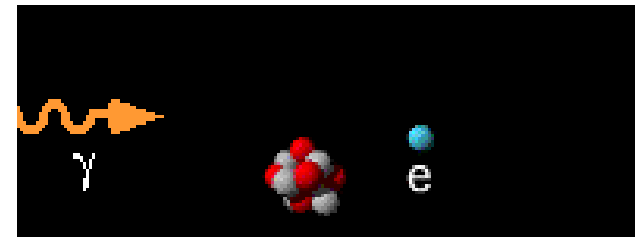


L'elettrone perde energia a scapito del fotone che l'acquista

Secondo la fisica quantistica un'onda è anche una particella, per questo motivo un'onda elettromagnetica può essere vista come una particella chiamata fotone ed avente energia E , in quest'ottica possiamo introdurre un nuovo meccanismo di emissione: l'effetto Compton

■ **Effetto Compton:** un fotone X o Gamma urta un elettrone cedendogli energia, il fotone diffuso risulterà meno energetico

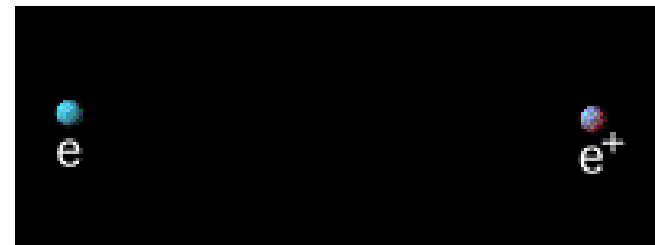
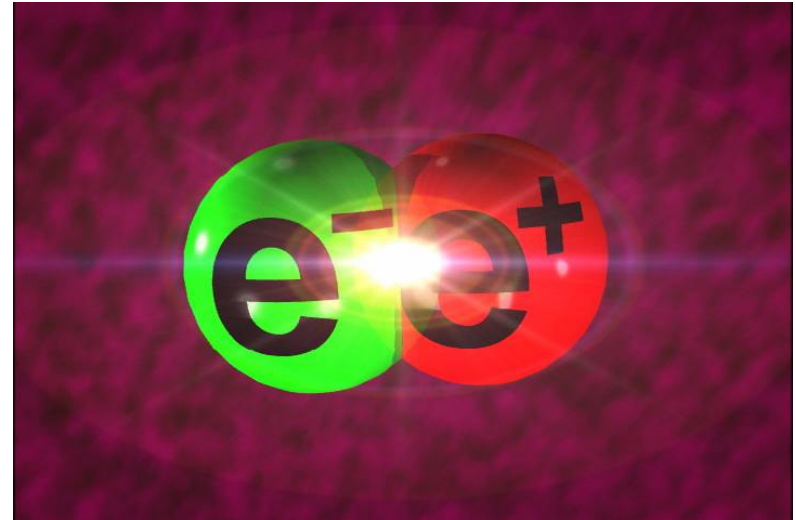
■ **Effetto Compton Inverso:** Un elettrone energetico può urtare un fotone UV o X cedendogli energia, il fotone in tal caso diventa un fotone X o Gamma



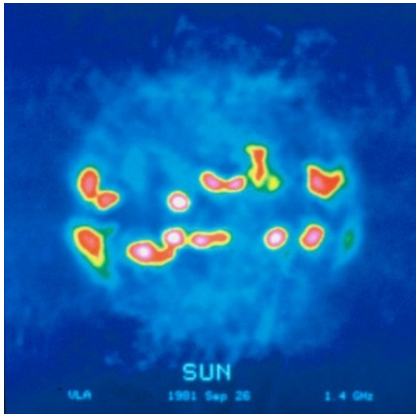
Annichilazione materia - antimateria

Il nostro mondo è costituito da materia. Durante la formazione dell'universo furono prodotte, in piccole quantità, particelle identiche a quelle che noi conosciamo ma con carica elettrica opposta. Si tratta dell'antimateria.

L'antimateria, a contatto con la materia, si annichila producendo fotoni. Oggi l'antimateria è quasi scomparsa, viene prodotta solo da alcune reazioni nucleari come ad esempio il decadimento β^+ . Questi elettroni positivi, chiamati positroni, quando incontrano gli elettroni si distruggono e producono due fotoni da 511 keV.

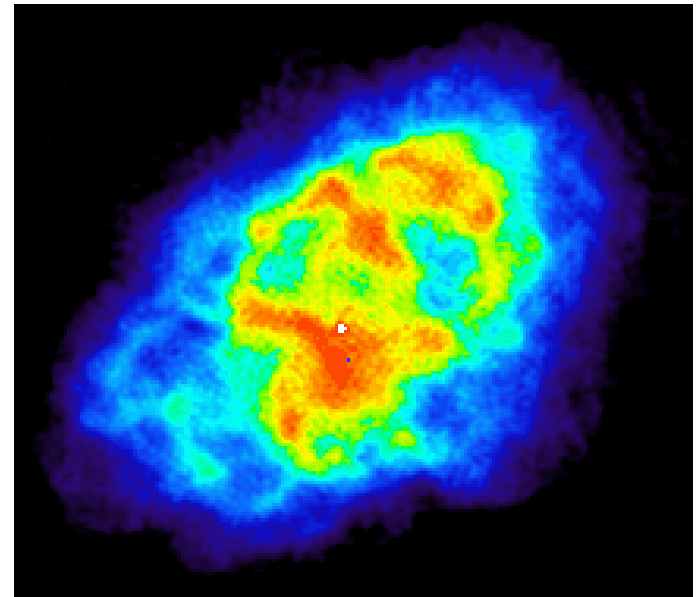


Emissioni Radio dal cielo !

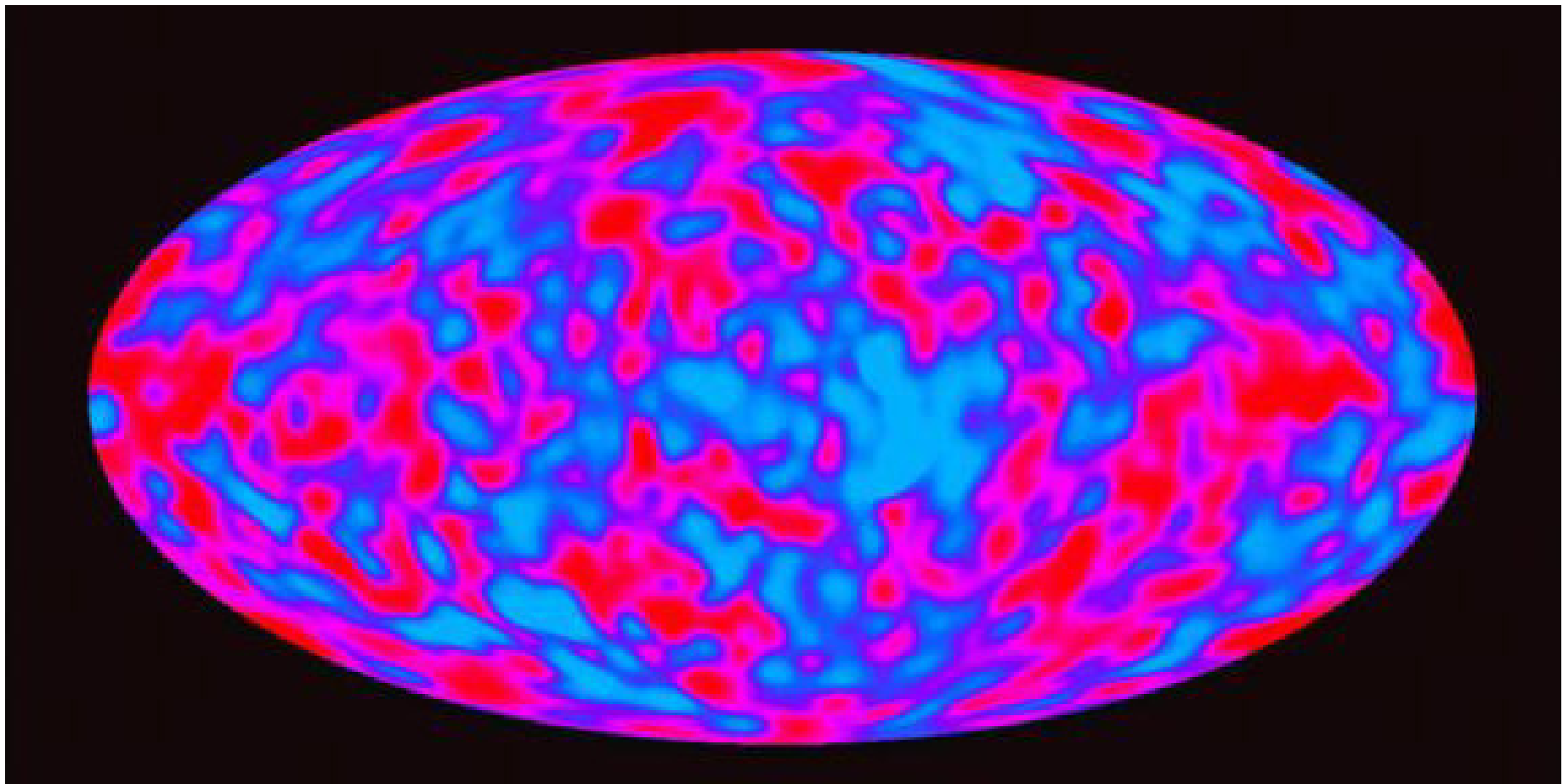


- Ⓢ emissione da corpi molto freddi
- Ⓢ emissione di ciclotrone di elettroni non relativistici
- Ⓢ transizione spin-spin dell'atomo di idrogeno
- Ⓢ radiazione di frenamento di elettroni poco energetici

- ✗ nubi molecolari fredde
- ✗ Idrogeno galattico neutro
- ✗ Pianeti
- ✗ Pulsars
- ✗ Radio galassie
- ✗ Materia intergalattica
- ✗ Sole



La radiazione di fondo a $2,73 \text{ }^\circ\text{K}$

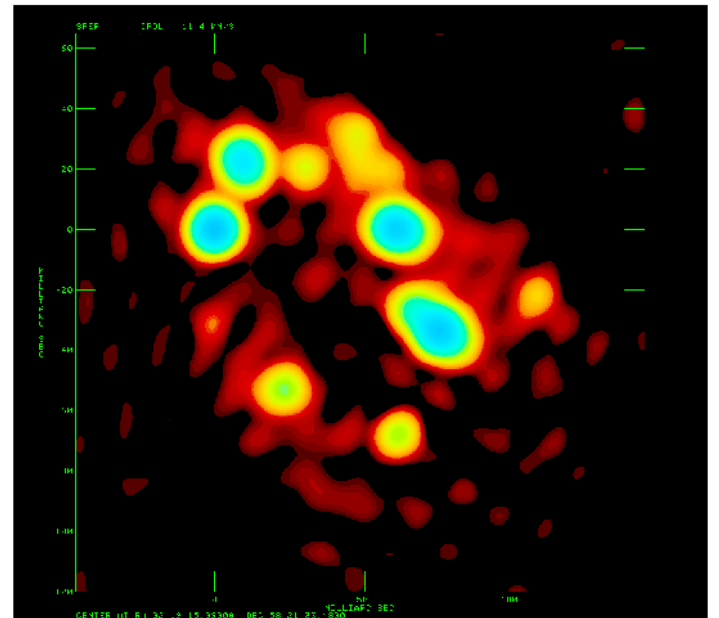


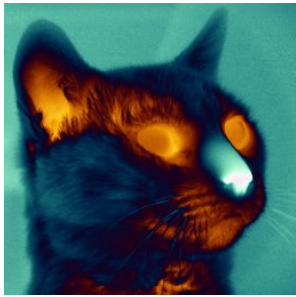
Microonde dal Cielo

- corpi freddi (temperature da qualche decina °K a 100 °K)
- Masers



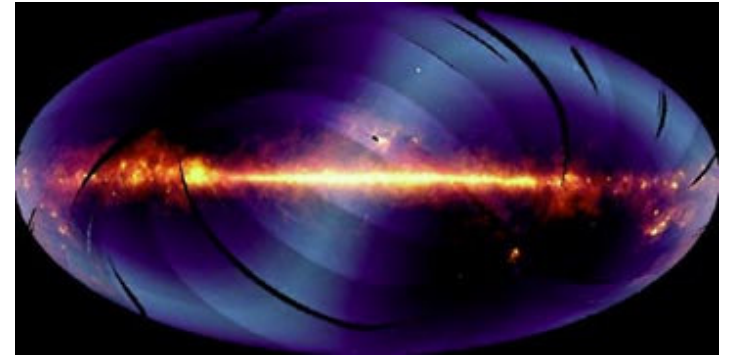
- ☀ Nubi molecolari calde
- ☀ Pianeti
- ☀ Galassie



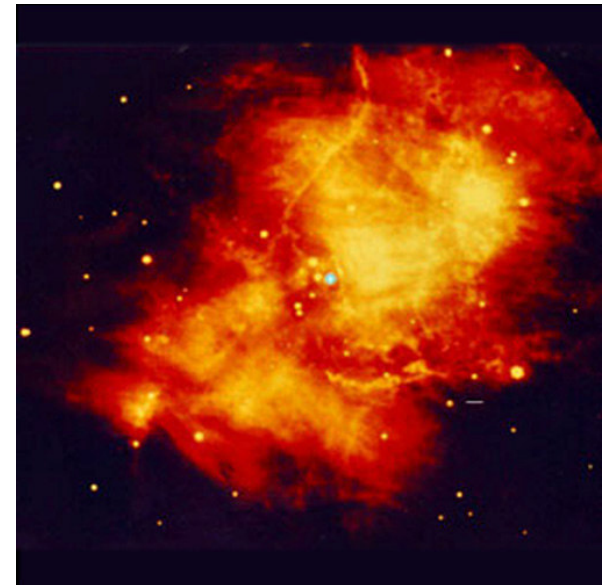
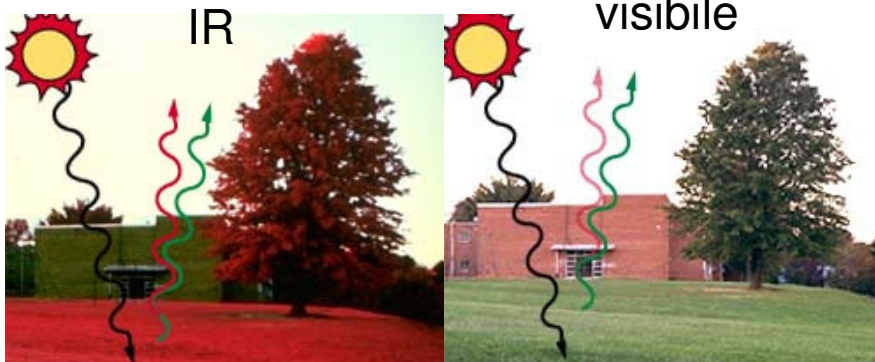


Il cielo nell'infrarosso

- Nebulose
- Protostelle
- Stelle in formazione
- Pianeti
- Stelle normali
- Stelle Rosse
- Nane brune
- Galassie



- corpi ancora più caldi (100 °K a circa 2000 °K)



- ✦ Emissione da oggetti caldi (2000 °K a 10000 °K)
- ✦ riflessione da parte di oggetti più freddi (pianeti)
- ✦ Emissioni da particelle in campi magnetici



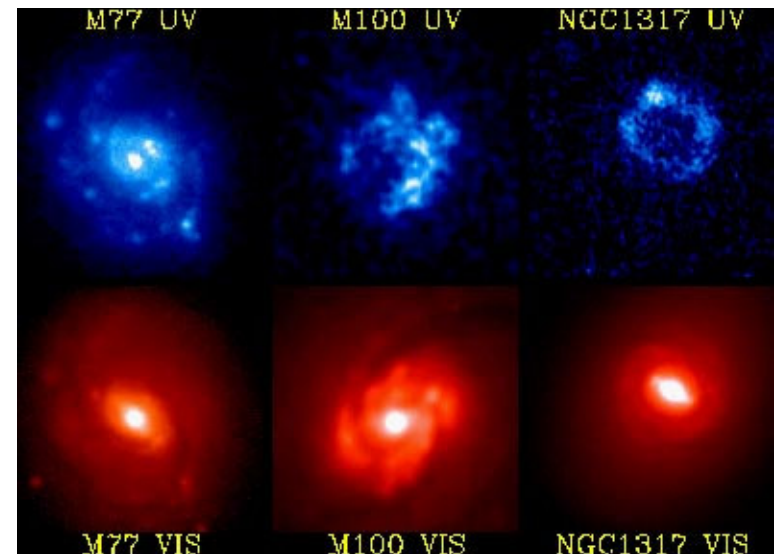
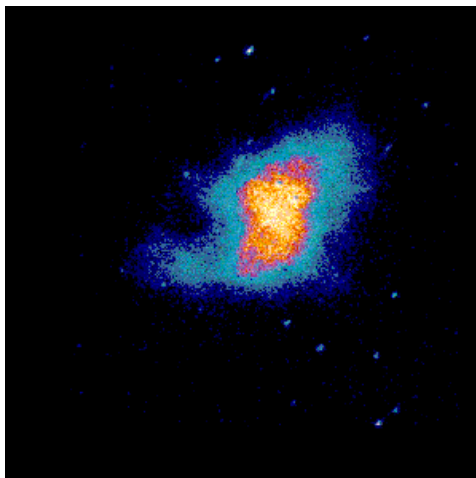
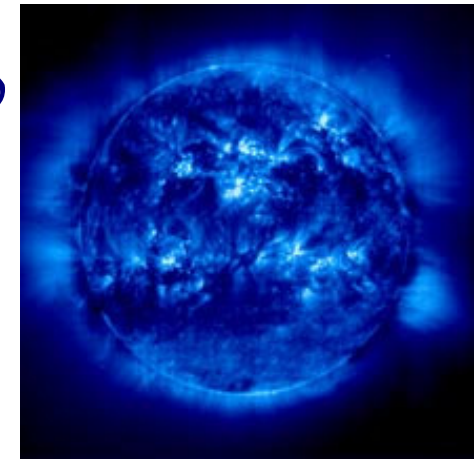
- ↗ Nebulose
- ↗ Pianeti
- ↗ stelle normali
- ↗ aurore
- ↗ Galassie



Il cielo ultravioletto

- oggetti molto caldi (10000 °K a 100000 °K)
- Emissione da particelle....

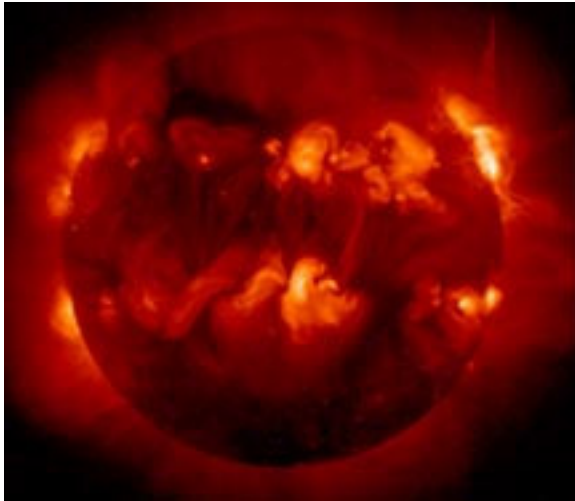
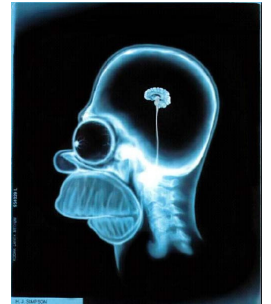
- Nebulose
- Pianeti con campi magnetici
- stelle O-F
- Galassie (associazioni O-B)
- Corona e brillamenti solari



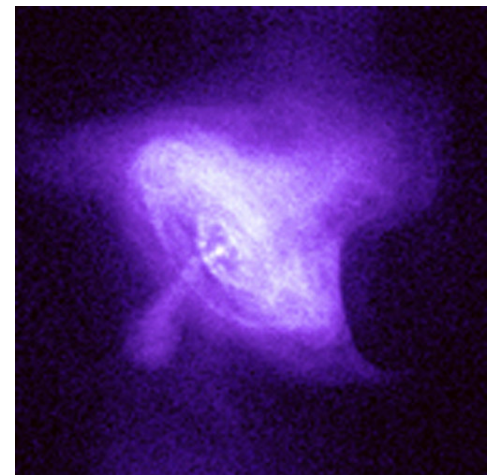


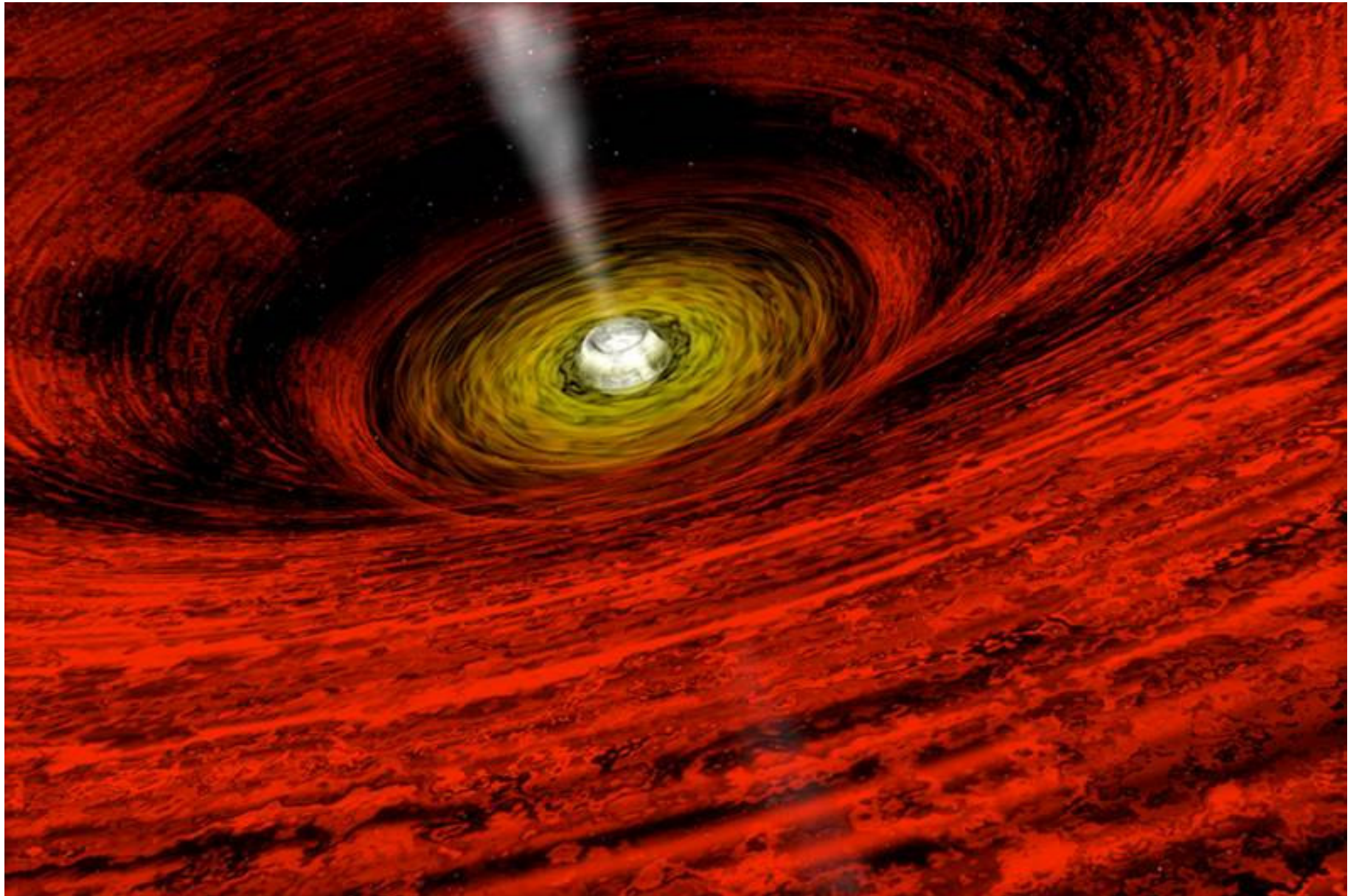
Osservare nei raggi X

- ✘ oggetti caldissimi oltre un milione di °K
- ✘ radiazione di sincrotrone
- ✘ effetto compton inverso
- ✘ Bremsstrahlung



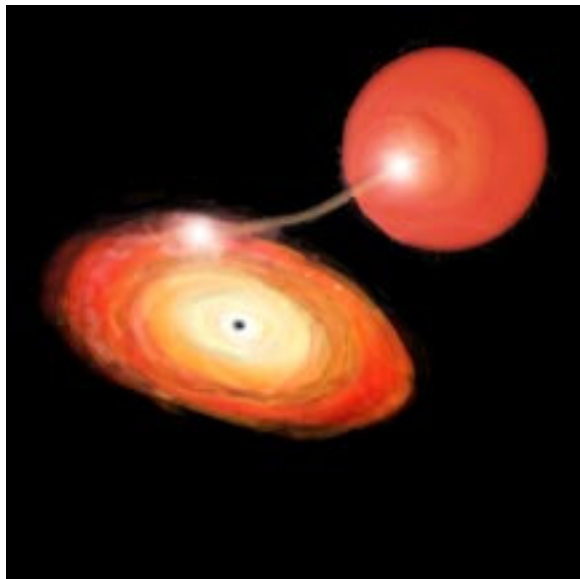
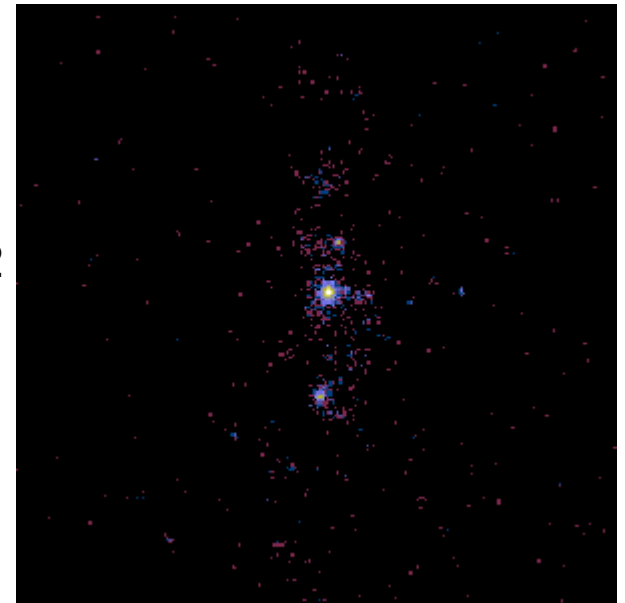
- Pianeti
- venti stellari delle stelle O
- corona solare
- Nane bianche
- Pulsars
- Buchi neri
- Ammassi di galassie







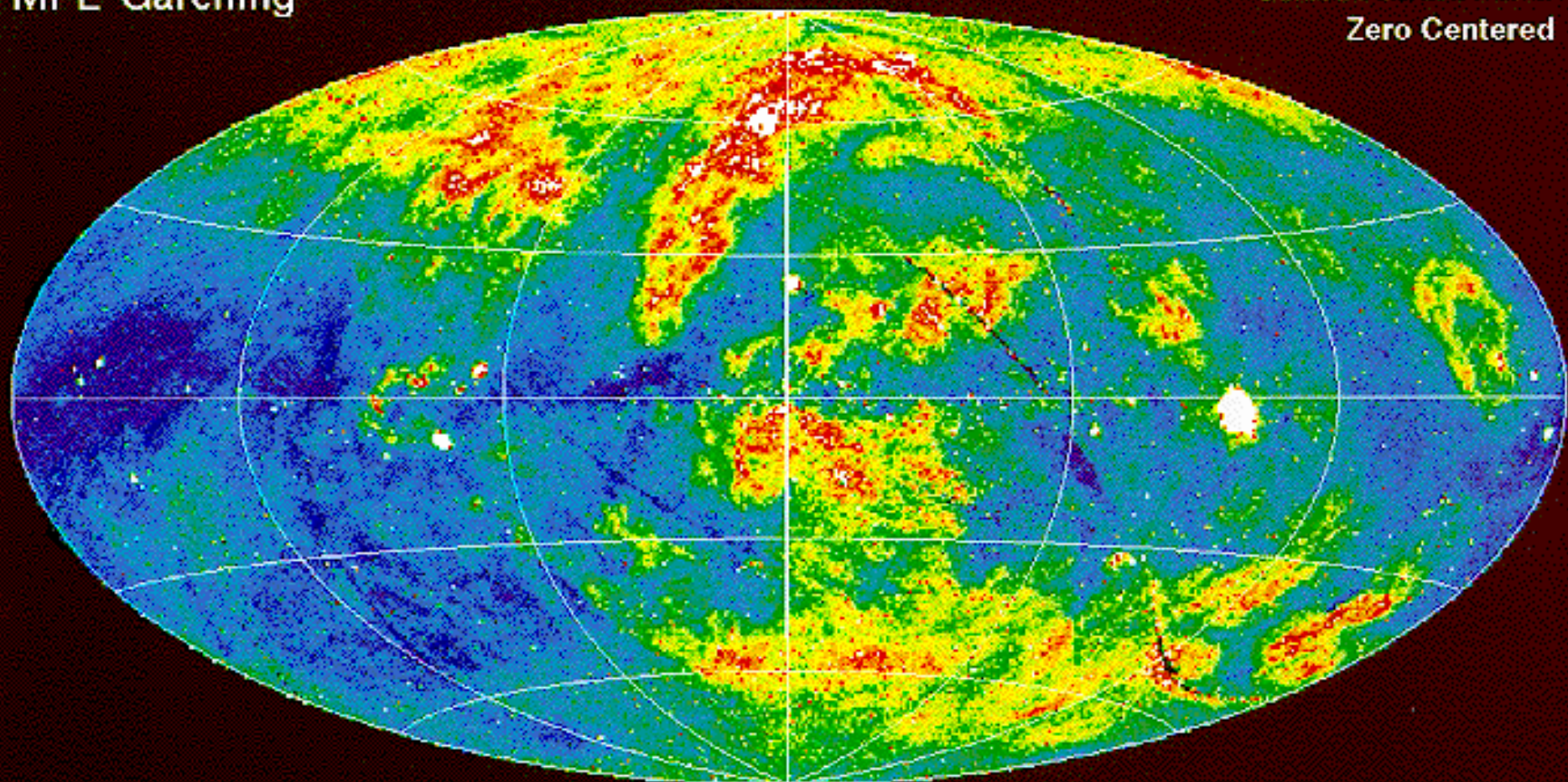
M42



ROSAT PSPC
MPE Garching

0.1–2.0 keV

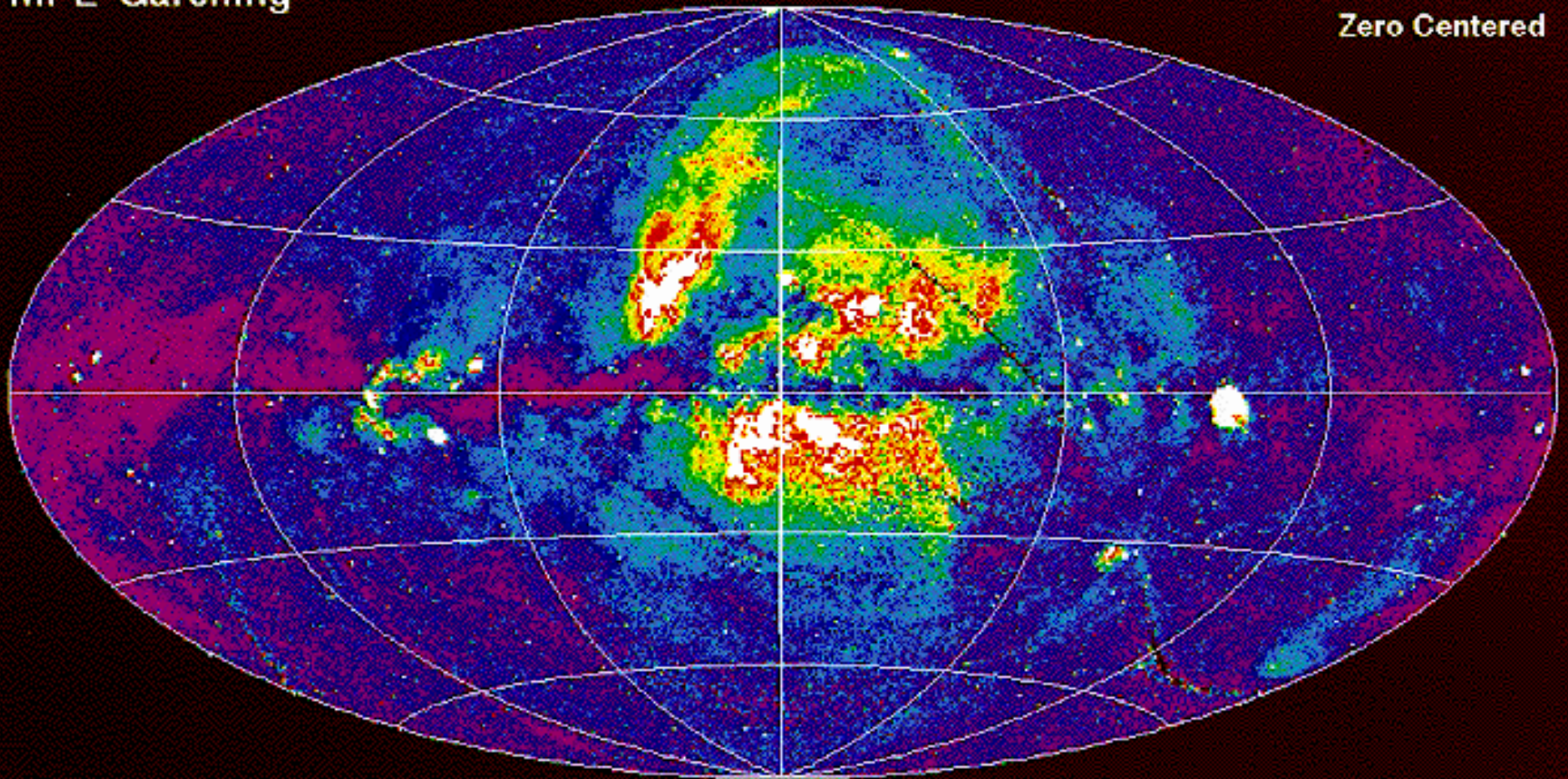
All-Sky Survey
Galactic Coordinates
Zero Centered



ROSAT PSPC
MPE Garching

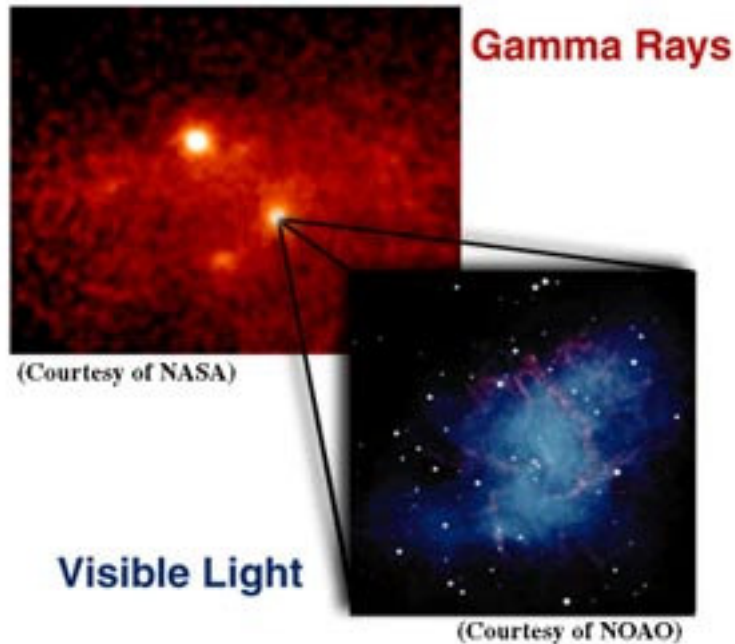
3/4 keV

All-Sky Survey
Galactic Coordinates
Zero Centered



Il cielo a 0,75 keV

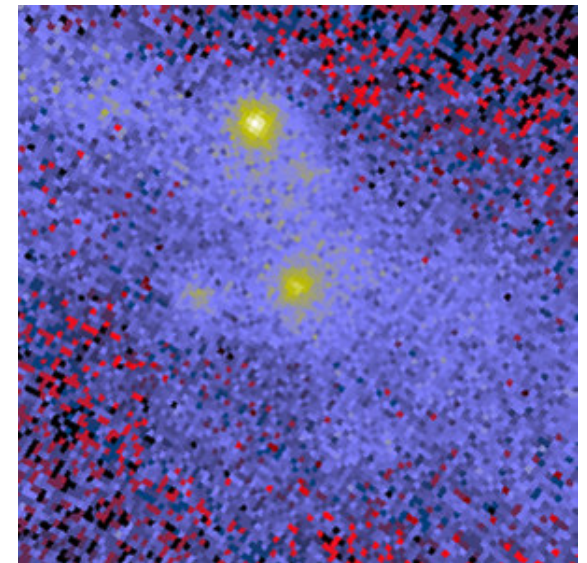
The Crab Nebula

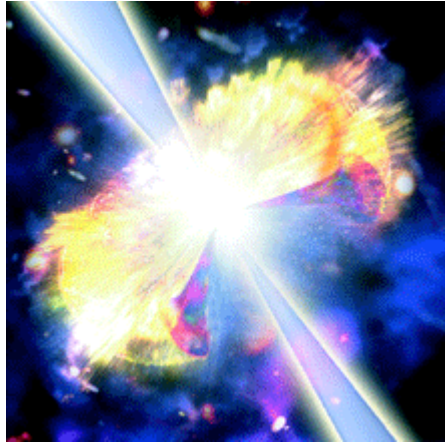


- Supernovae
- emissione galattica diffusa
- Nuclei galattici attivi
- Pulsars
- Gamma Ray Bursts
- Brillamenti solari
- Buchi neri

L'universo nei raggi Gamma

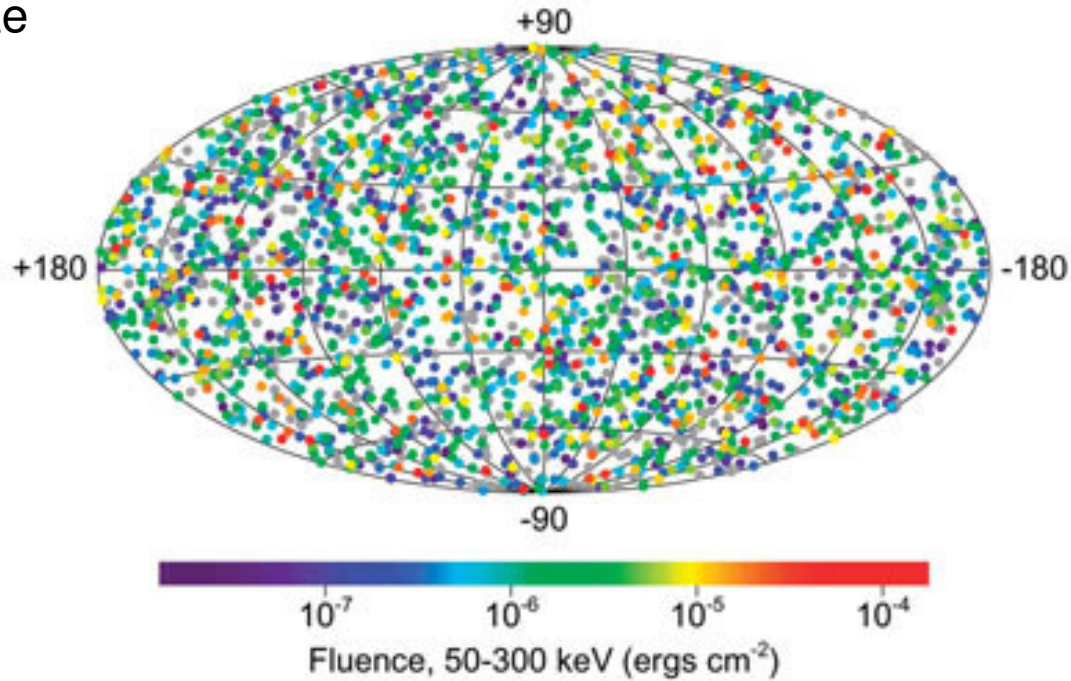
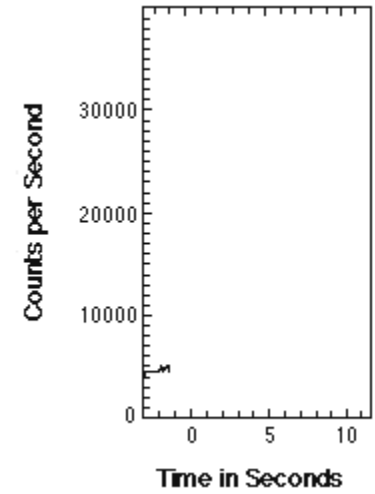
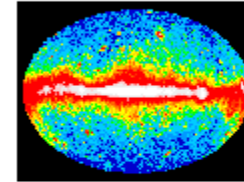
- ☞ oggetti estremamente energetici
- ☞ decadimento radiattivo (Co^{56} , Ti^{44})
- ☞ Fusione nucleare
- ☞ interazione coi raggi cosmici
- ☞ annichilazione materia/antimateria
- ☞ connessioni con i campi magnetici
- ☞ Effetto compton



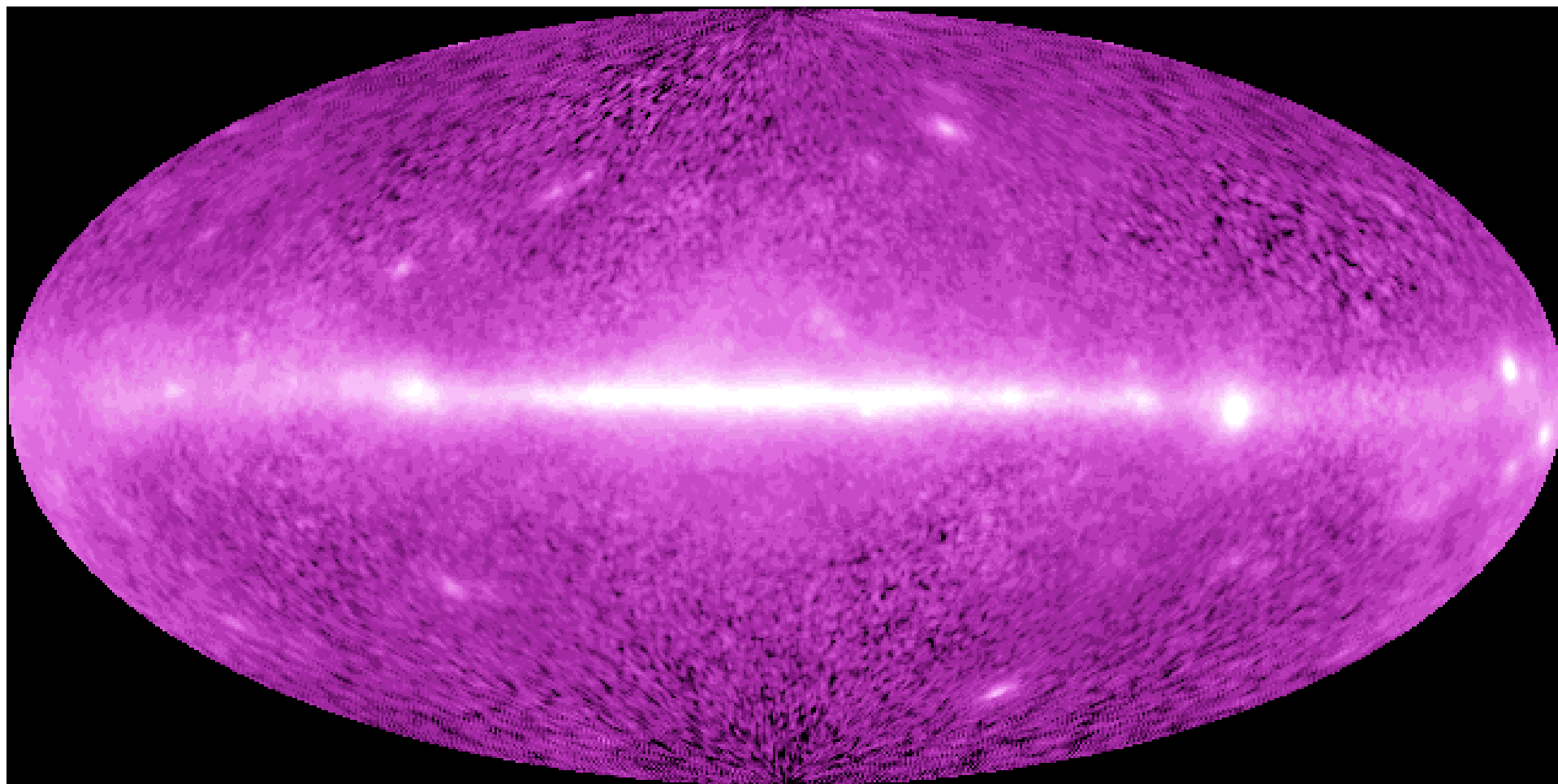


Ipernovae

I Gamma ray Burst



Il cielo Gamma visto da Egret del Compton Gamma Ray
Observatory della NASA



La Via Lattea a diverse lunghezze d'onda

