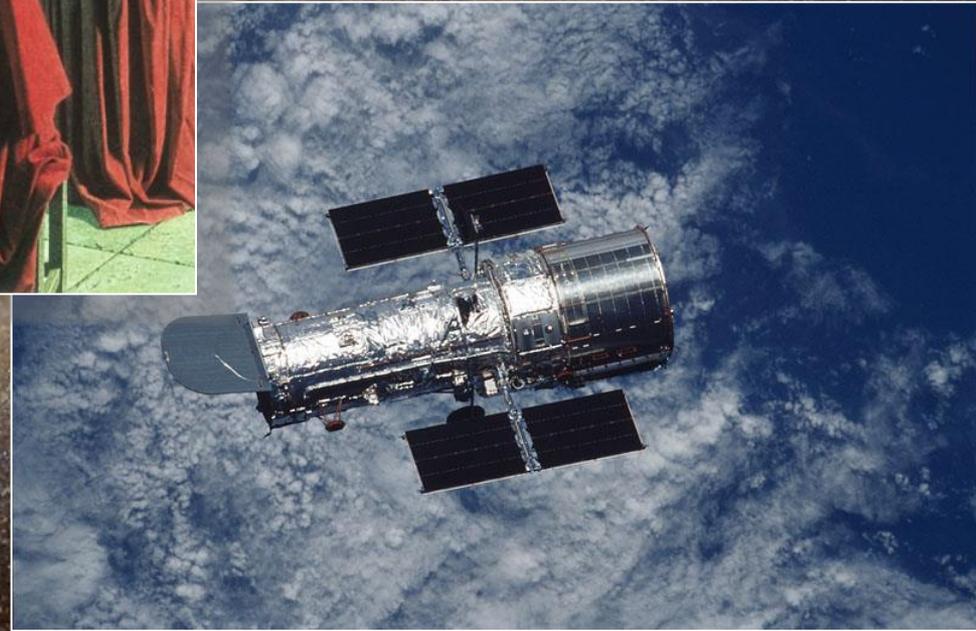
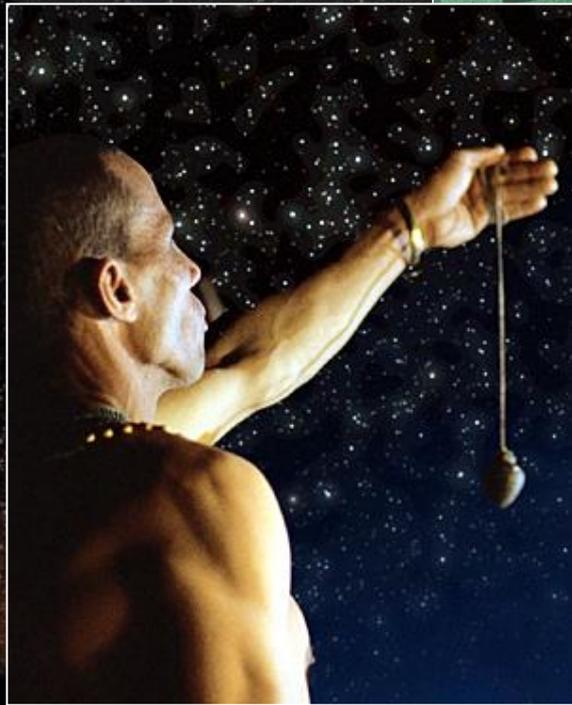
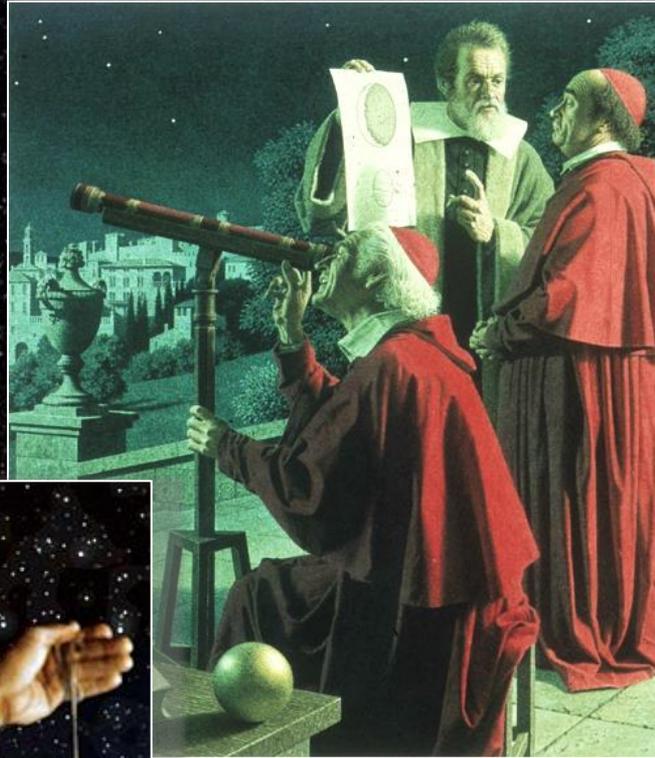
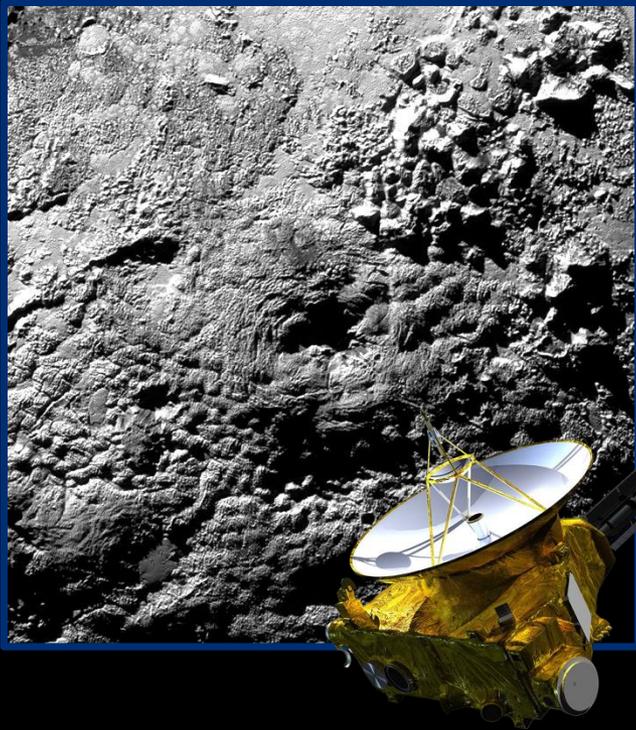


Astrofisica multifrequenza

Per lungo tempo l'Astronomia ha coinciso con...



...il potenziamento dei nostri occhi



L'**esplorazione diretta** dell'Universo è, al momento, **impossibile** (con minime eccezioni entro il sistema Solare).

Si possono però ricavare informazioni osservando gli oggetti celesti con strumenti sempre più sofisticati...

L'astrofisica odierna studia i fenomeni celesti
in tutte le loro manifestazioni di energia,
non limitandosi solo a ciò che
il nostro occhio è in grado di percepire...



L'insieme delle energie emesse

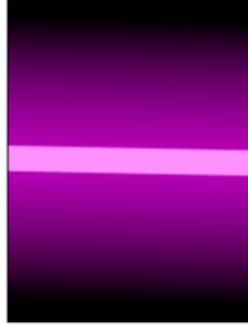
Raggi γ



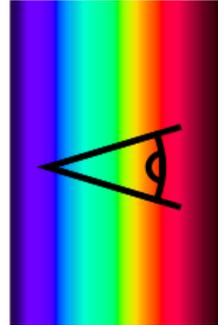
Raggi X



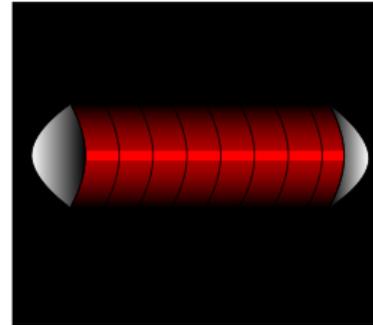
UV



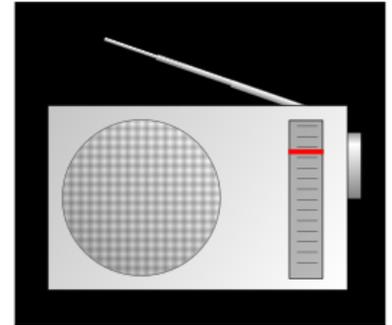
Ottico



Infrarosso



Radio



L'insieme delle energie emesse ... alle varie **lunghezze**
d'onda ...

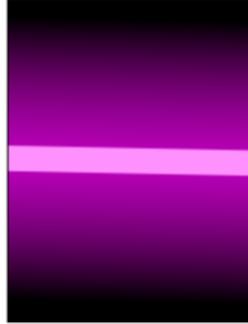
Raggi γ



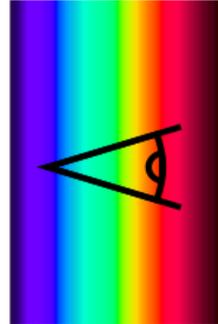
Raggi X



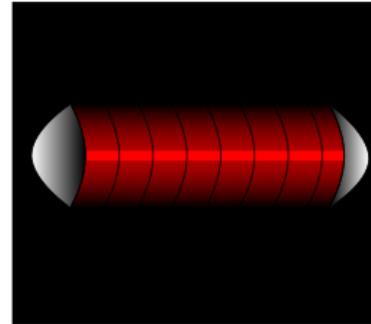
UV



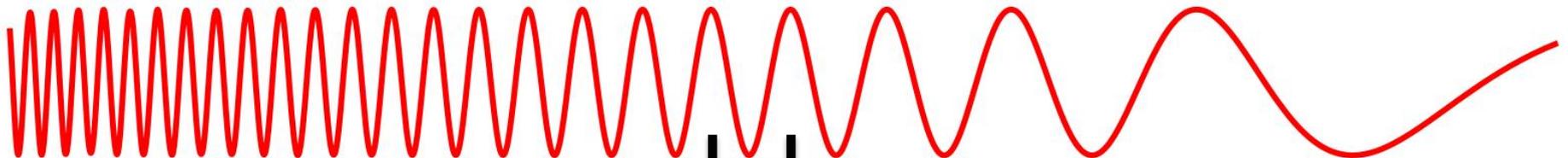
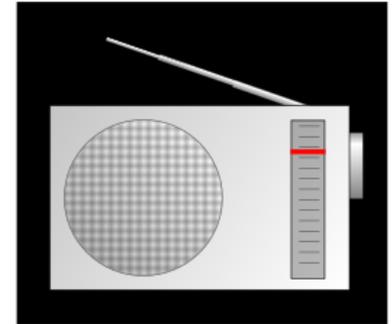
Ottico



Infrarosso

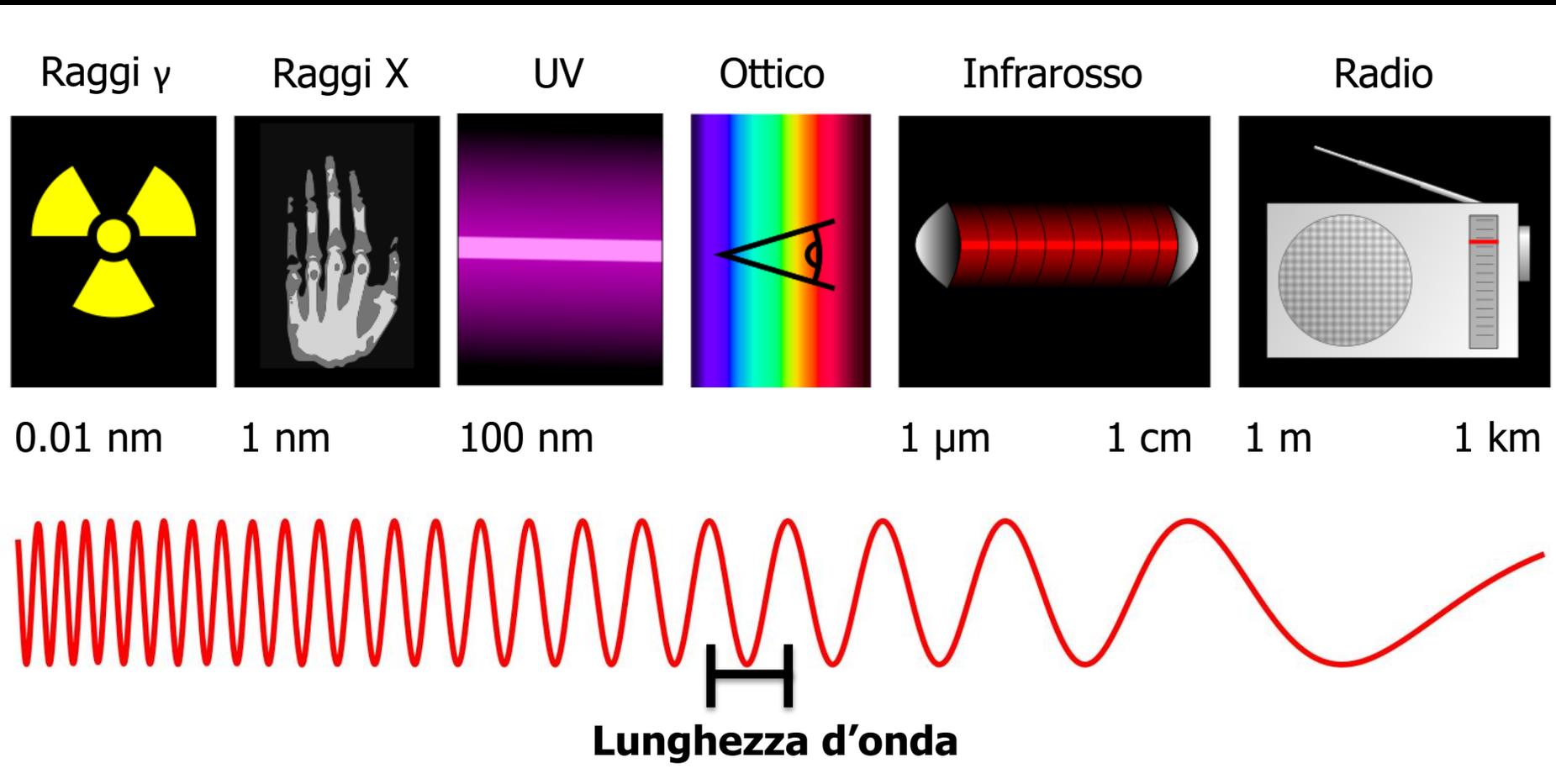


Radio

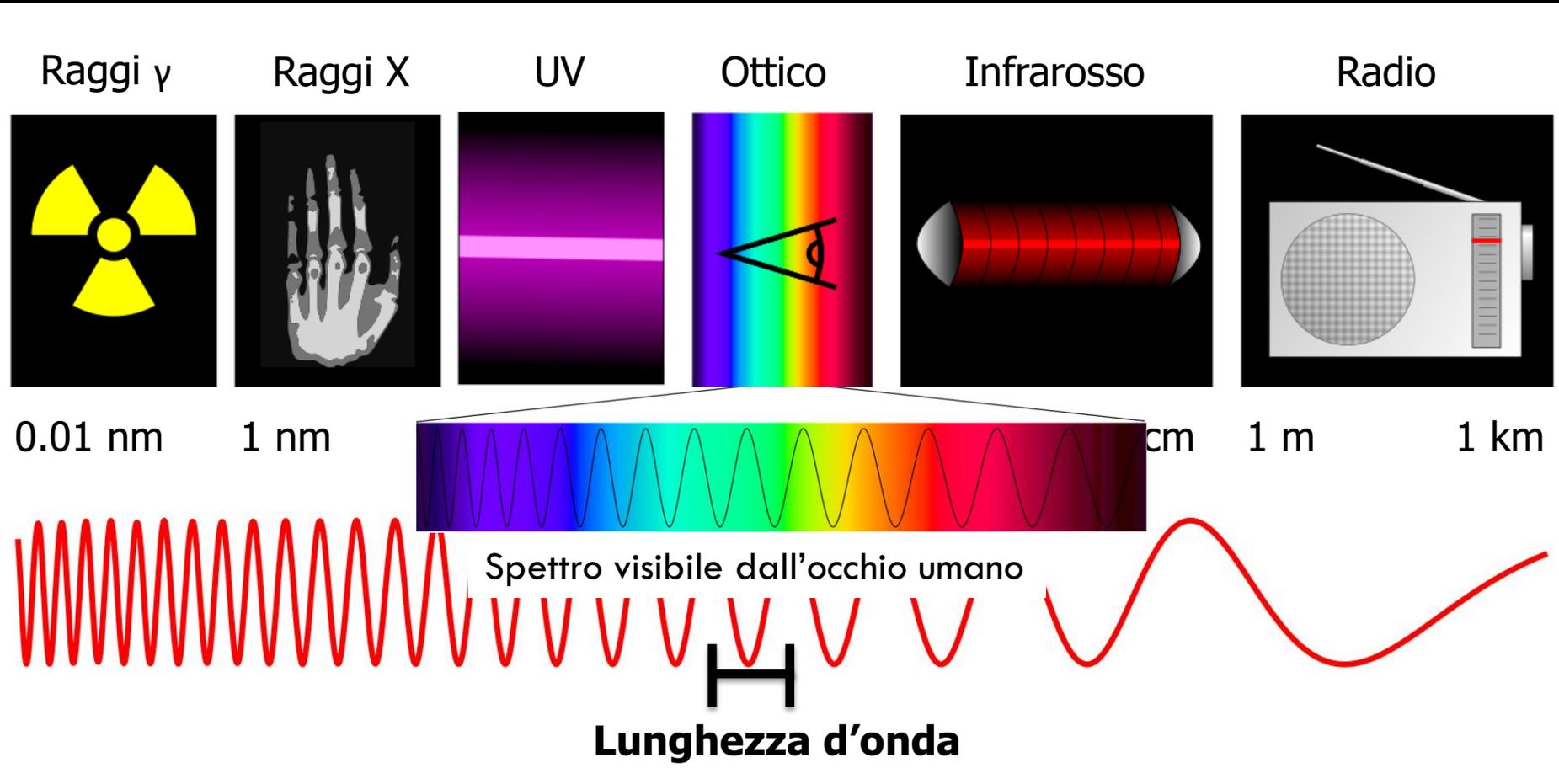


Lunghezza d'onda

L'insieme delle energie emesse ... alle varie **lunghezze d'onda** ... si chiama **SPETTRO ELETTRROMAGNETICO**



L'insieme delle energie emesse ... alle varie **lunghezze d'onda** ... si chiama **SPETTRO ELETTRROMAGNETICO**



QUANDO NASCE L'ASTRONOMIA OTTICA?

È LA PRIMA ASTRONOMIA NON OTTICA?

5 maggio 1933

dal

"All the News That's Fit to Print."

The New York Times.

LATE-CITY EDITION

NEW RADIO WAVES TRACED TO CENTRE OF THE MILITARY

Washington, Wash., May 5.—The Federal Bureau of Investigation today announced that it had traced the source of the mysterious radio waves which have been heard in the vicinity of the White House since the beginning of the year.

KIDNAPPERS URGED TO ANSWER PLEAS

New York, May 5.—The Federal Bureau of Investigation today urged kidnapers to answer the pleas of the families of the victims.

...the source of the waves was traced to the center of the military...

BIG NEW DIVISION PLANNED BY JAPAN ONROAD TO PEKING

Large-Scale Operation, That
Laid a Foundation in East
Sea in North China.

FARM BILL CLAUSE BLACKS AGREEMENT

Confidence Report Based on
All Except the Text of
Production Section.

ROOSEVELT ASKS PAY RISE FOR WORKERS; PROMISES TO HELP BUSINESS END CHAOS; HE SENDS RAILROAD BILL TO CONGRESS

Washington, May 5.—President Roosevelt today asked Congress to raise the pay of Federal Government workers...

RAIL PROBLEM WIDENED

Receipts Report Made
Retrospective Under a
Far-Reaching Plan.

RAILS-MAKING BILL DROPPED

U. S. S. Committee Would
Be Extended to Include
Mining Companies.

PROB. RELATED FOR THIS

Weekly Equipment Order in
Roosevelt's Office to Be
Administrative.

...the bill was dropped...

Features of Railroad Bill

WASHINGTON, May 5.—(AP)—The administration's proposed railroad bill, introduced in Congress today, will...

PRESIDENT TELLS OF GAINS

Chamber of Commerce is
Asked to Conspire on
Three Points.

NATIONAL UNIT URGED

Property Held Feasible Only
if All the Elements of
Industry Reunited.

GOVERNMENT USE PLANNED

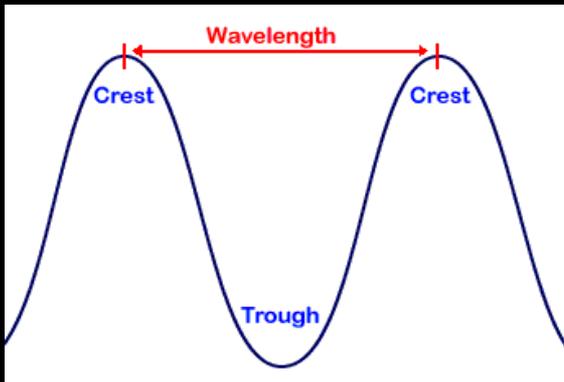
...the government is planning...

...the government is planning...

...the government is planning...

BRITISH DEMANDING ITALIANS NOW BACK
TARIFF SAFEGUARDS BRITISH ARMS PLAN

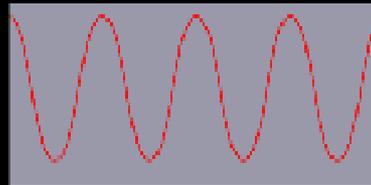
La natura della radiazione è interamente descritta dalla *lunghezza d'onda* e/o dalla *frequenza* (o dall'energia E)



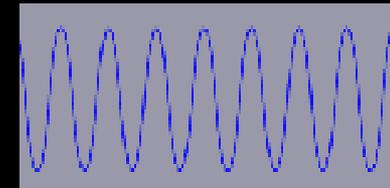
λ = distanza tra i picchi

ν = numero di picchi in 1 s

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$
$$E = h\nu$$



Onde più lunghe:
minore frequenza
ed energia

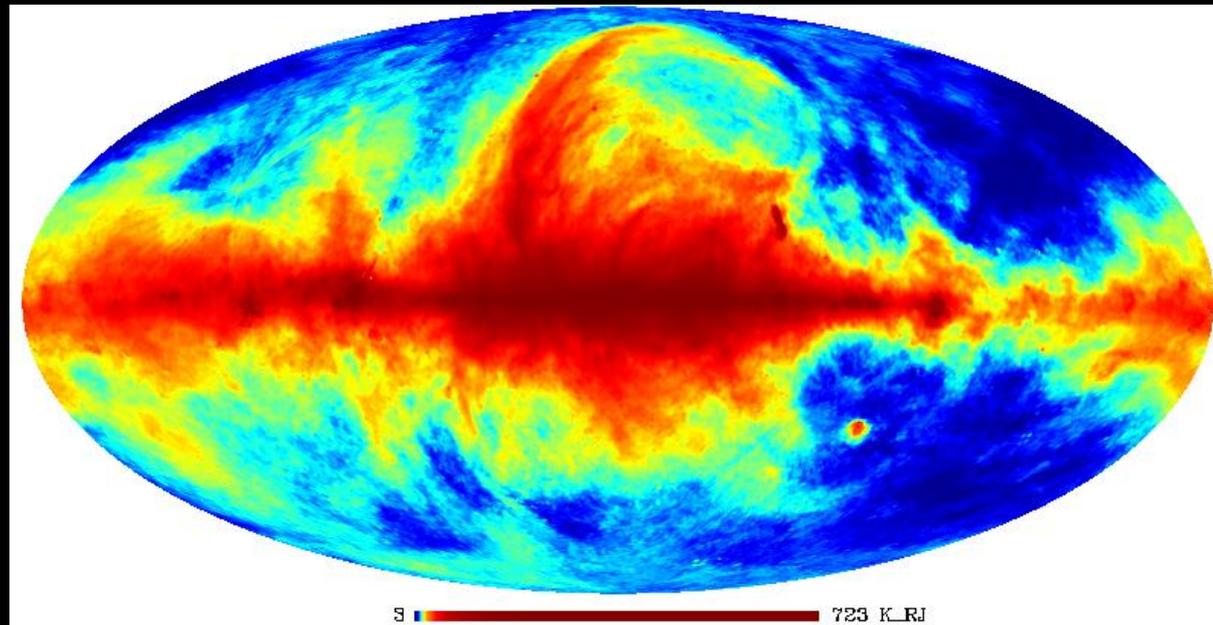


Onde più corte:
maggiore frequenza
ed energia

Immagine ottica
della Via Lattea

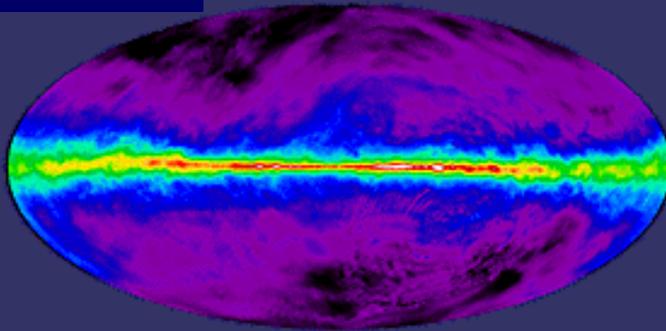


Mappa radio
della Via Lattea
(falsi colori)



Radio

21 cm Dickey-Lockman



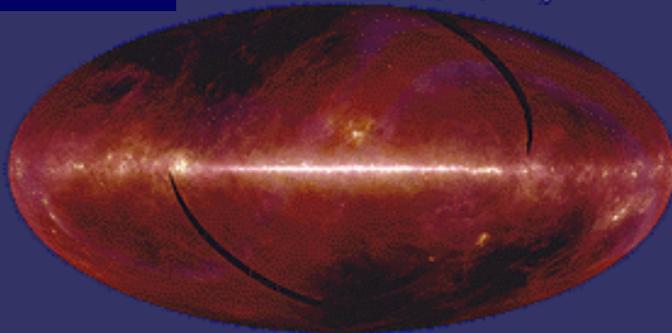
Ottico

A. Mellinger Photomosaic



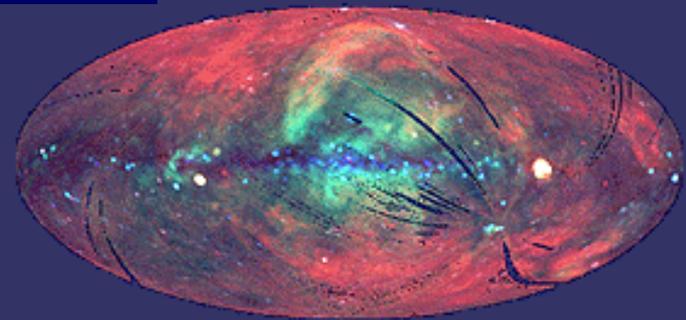
Infrarosso

12, 60, 100 μm IRAS



Raggi X

0.25, 0.75, 1.5 KeV ROSAT/SPC



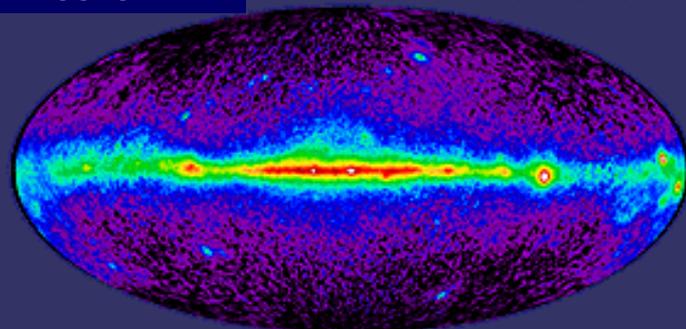
Vicino
Infrarosso

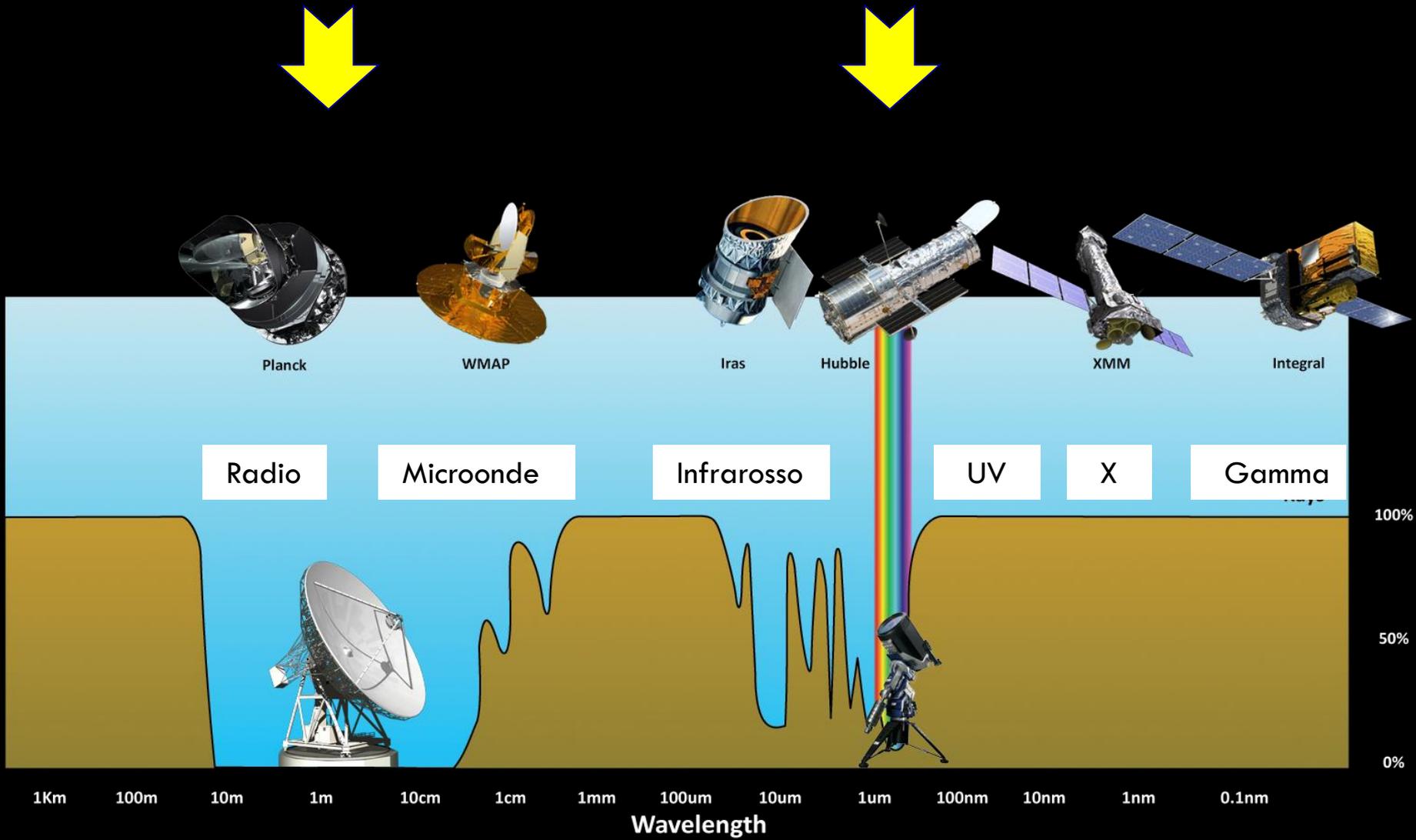
1.25, 2.2, 3.5 μm COBE/DIRBE

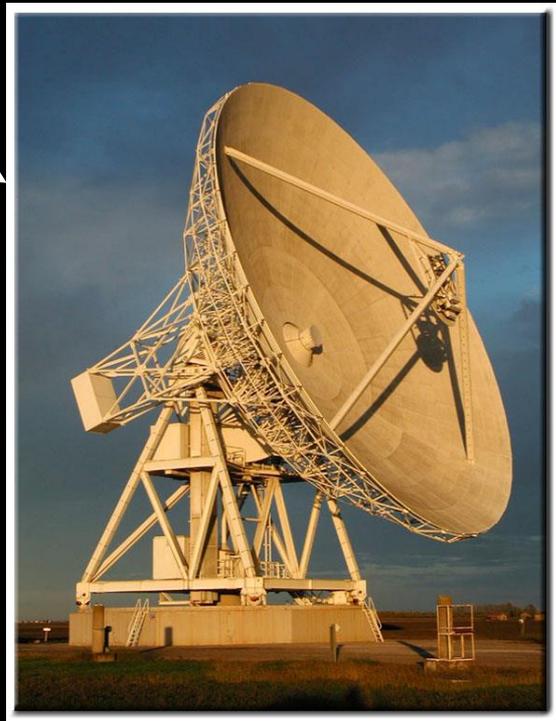
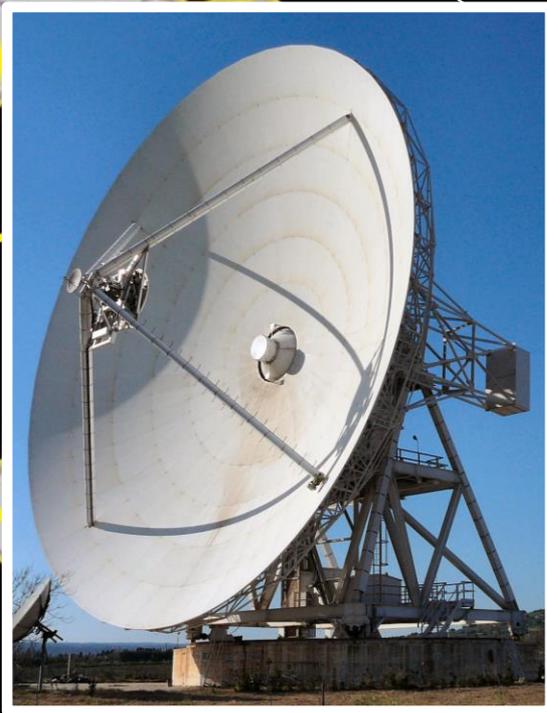
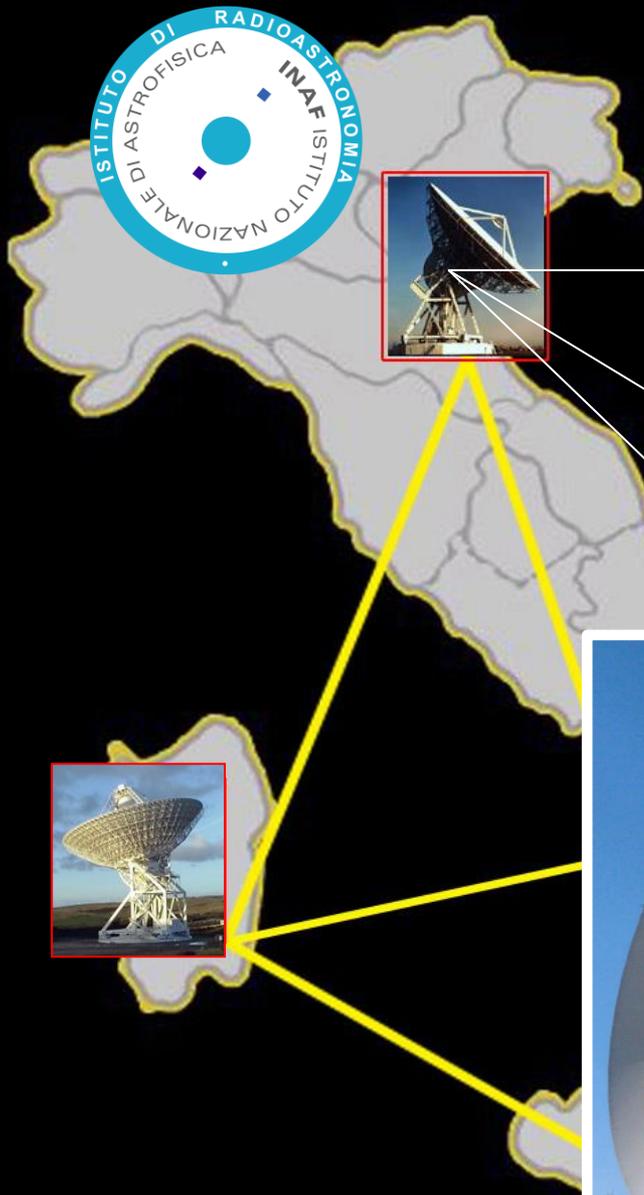


Raggi gamma

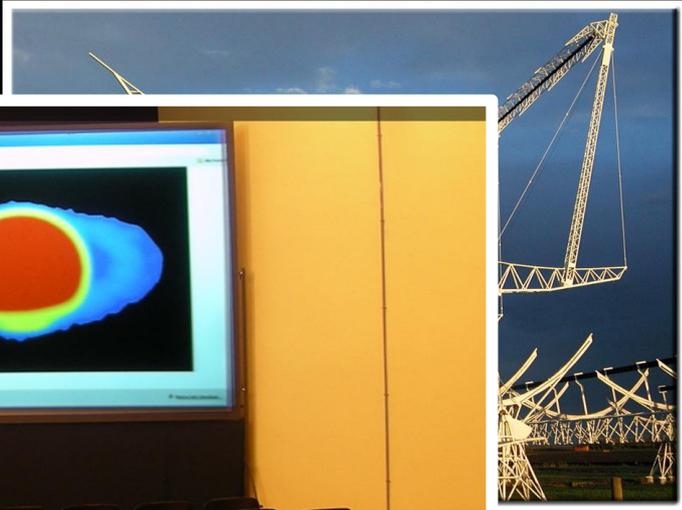
>100MeV CGRO/EGRET







ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA
INAF

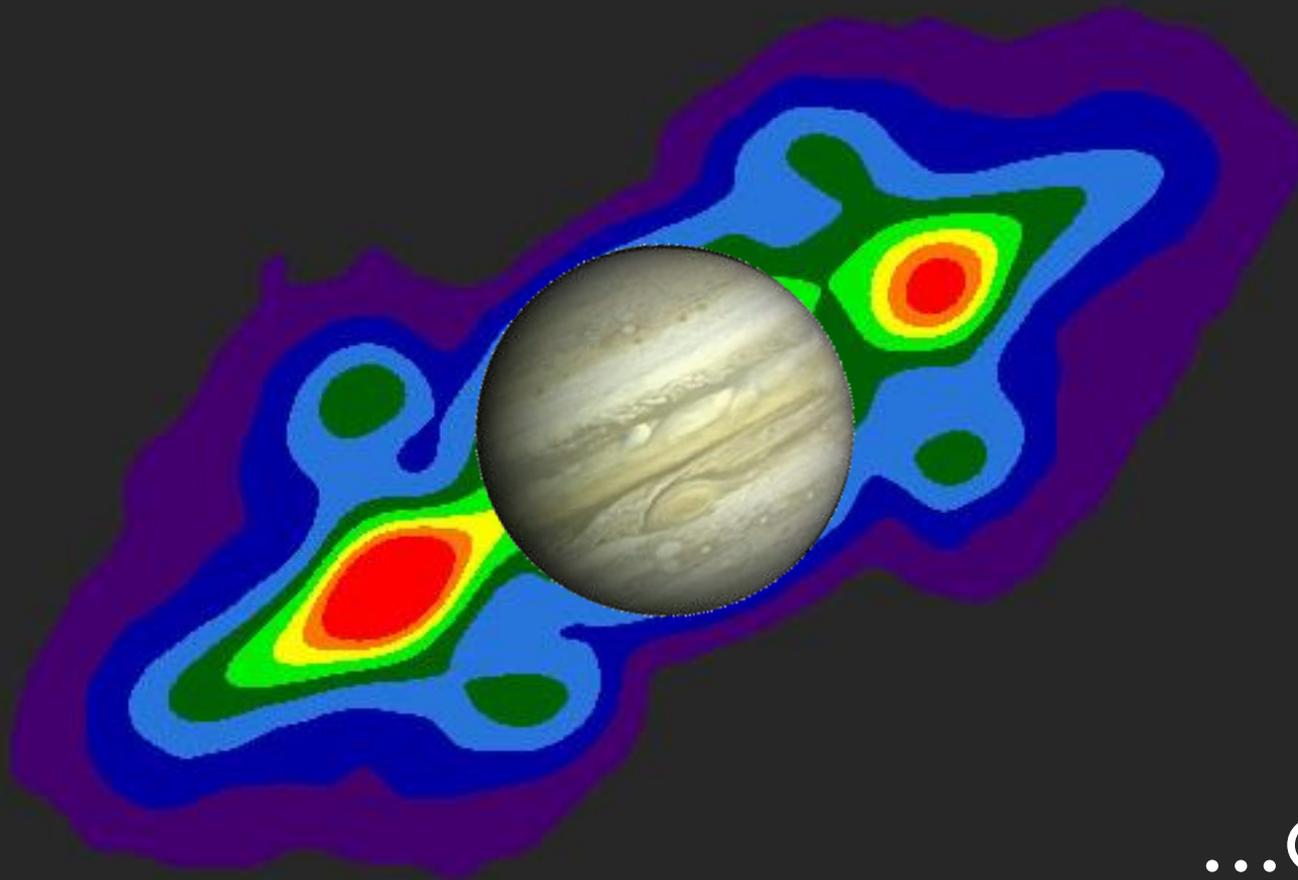


Centro Visite
Istituto di Radioastronomia



Confronto tra l'Universo visibile e invisibile

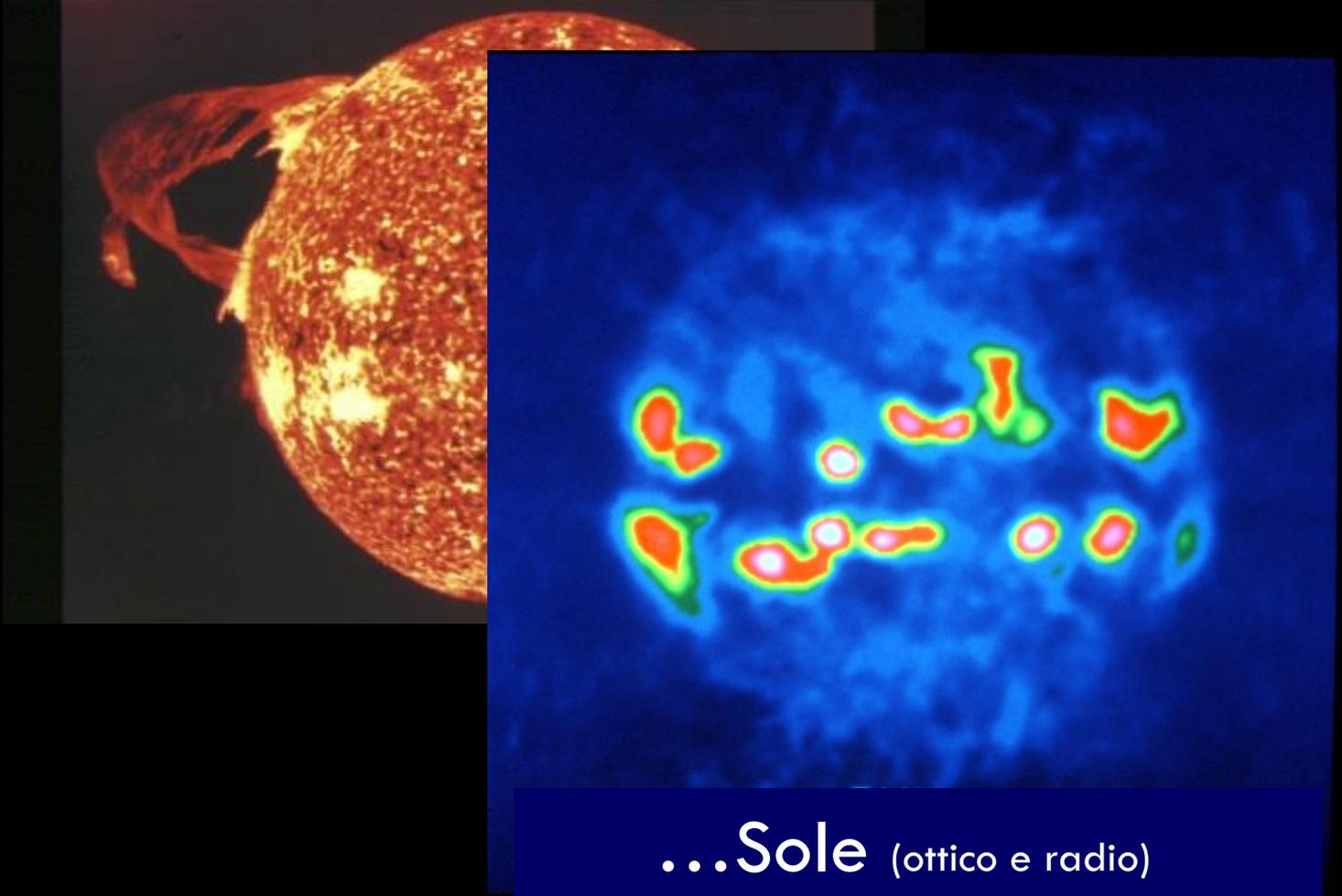
Nel nostro Sistema Solare...



...Giove

(radio e ottico)

Nel nostro Sistema Solare...



...Sole (ottico e radio)

La Nebulosa dell'Aquila (dove nascono le stelle...)

Ottico



La Nebulosa dell'Aquila (dove nascono le stelle...)



Ottico

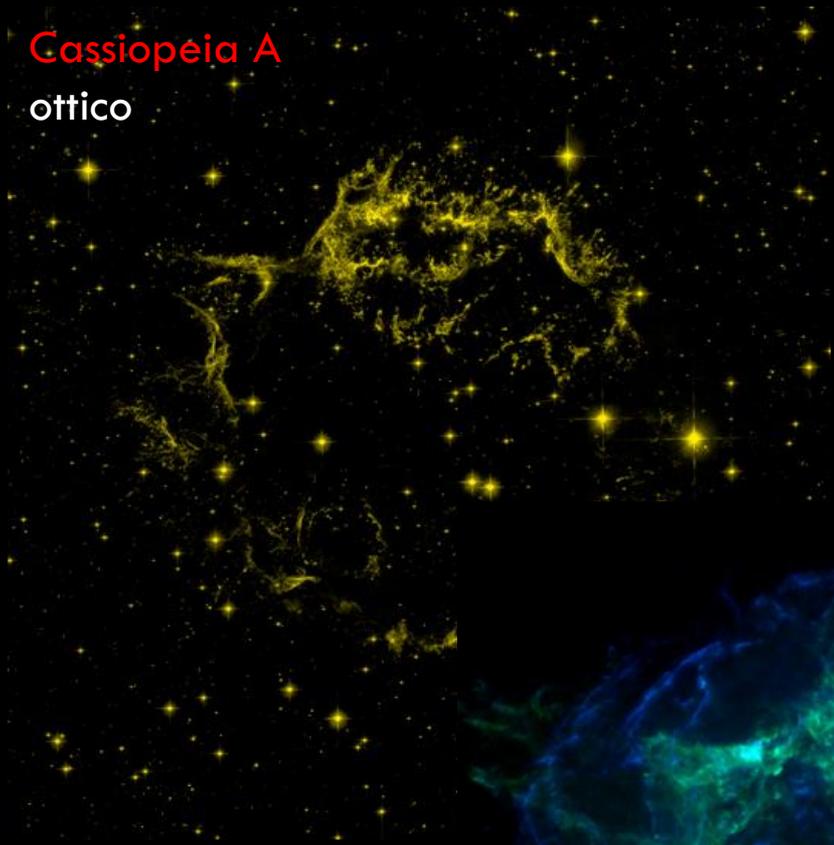


Infrarosso

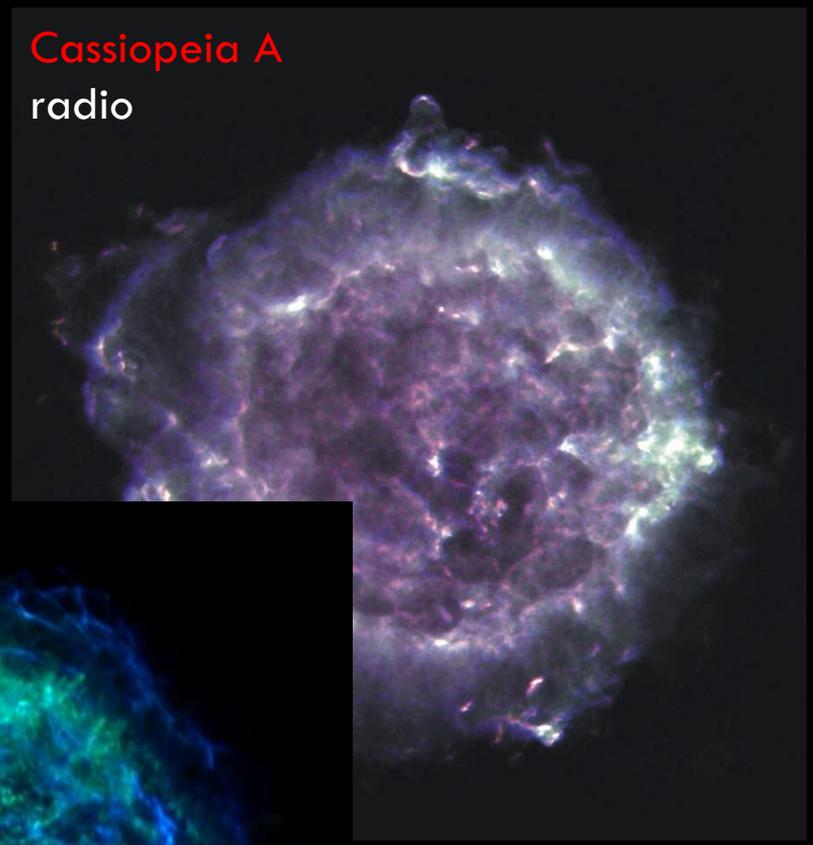
Esplosione di Supernova (la fine di una stella...)



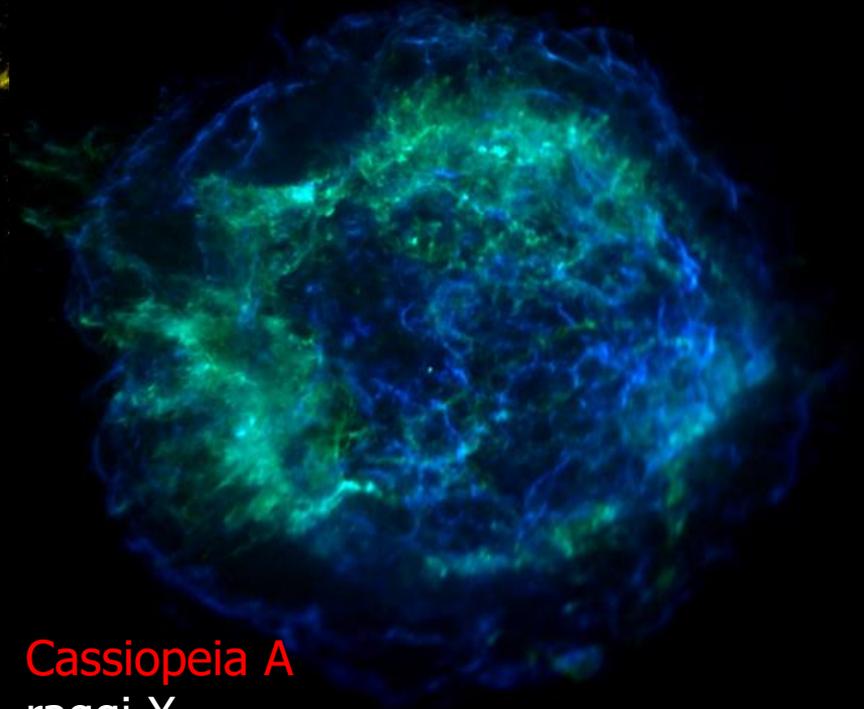
Cassiopeia A
ottico



Cassiopeia A
radio



Cassiopeia A
raggi X



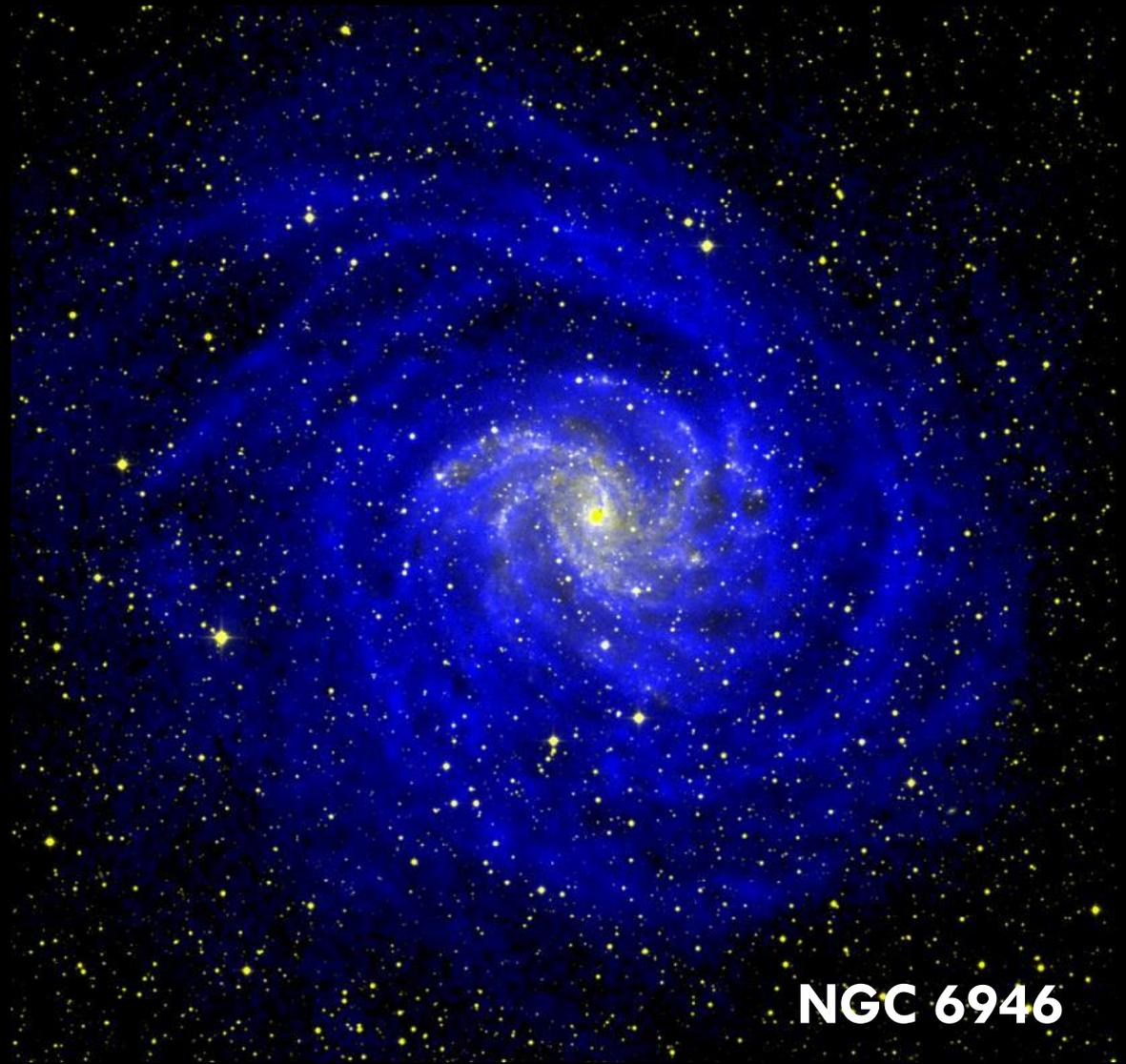
Esplosa circa
250 anni fa!

Tracciando stelle, atomi e molecole...

Stelle in una
galassia spirale:
immagine ottica

Idrogeno neutro:
mappa radio a 21 cm

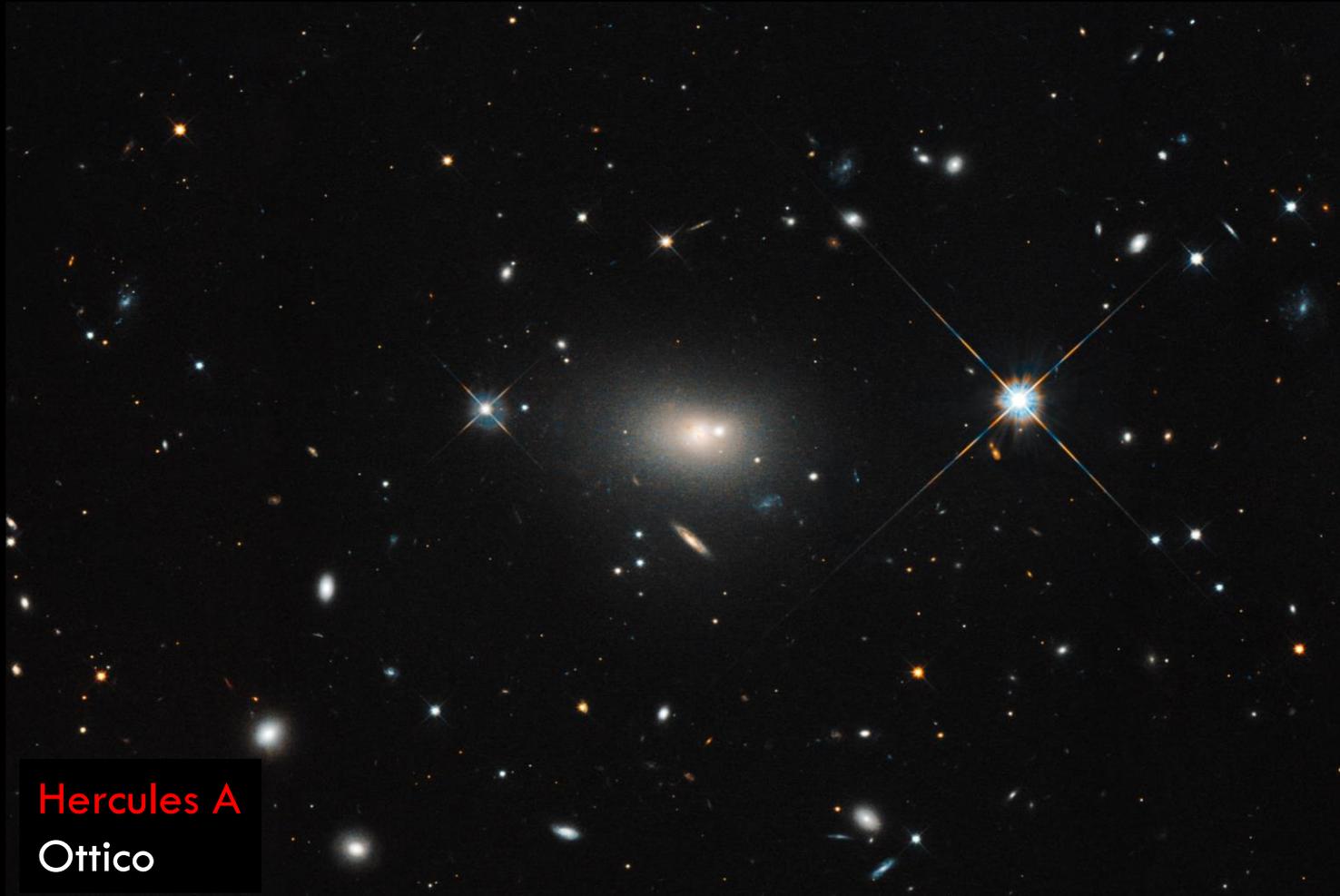
L'idrogeno neutro è
tipicamente assai più
esteso delle stelle: molta
massa "invisibile"!



NGC 6946

Le radiogalassie

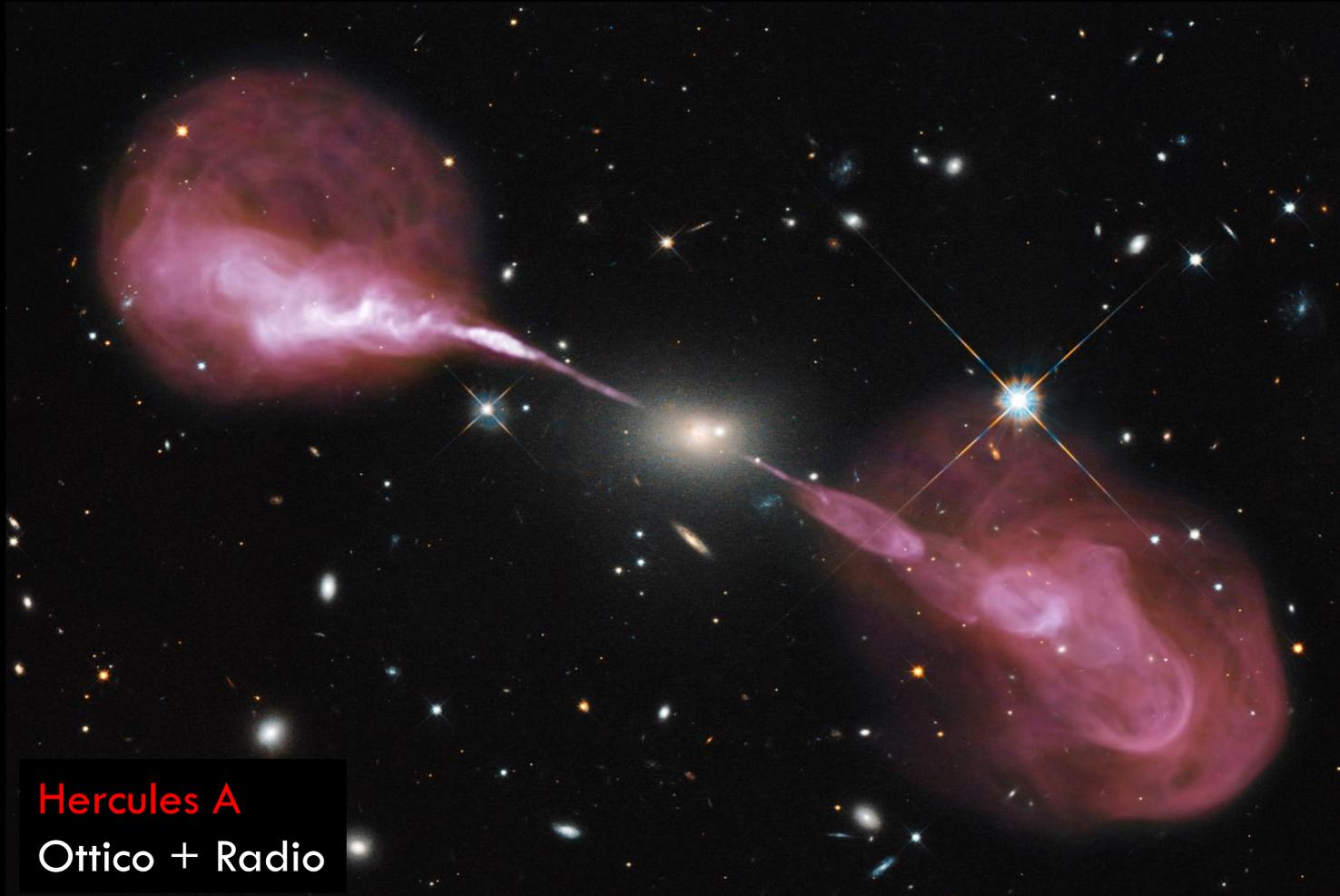
Sono *galassie ellittiche* che emettono enormi quantità di energia nella banda radio.



Hercules A
Optico

Le radiogalassie

Sono *galassie ellittiche* che emettono enormi quantità di energia nella banda radio. **L'emissione radio si estende ben oltre la galassia visibile.**

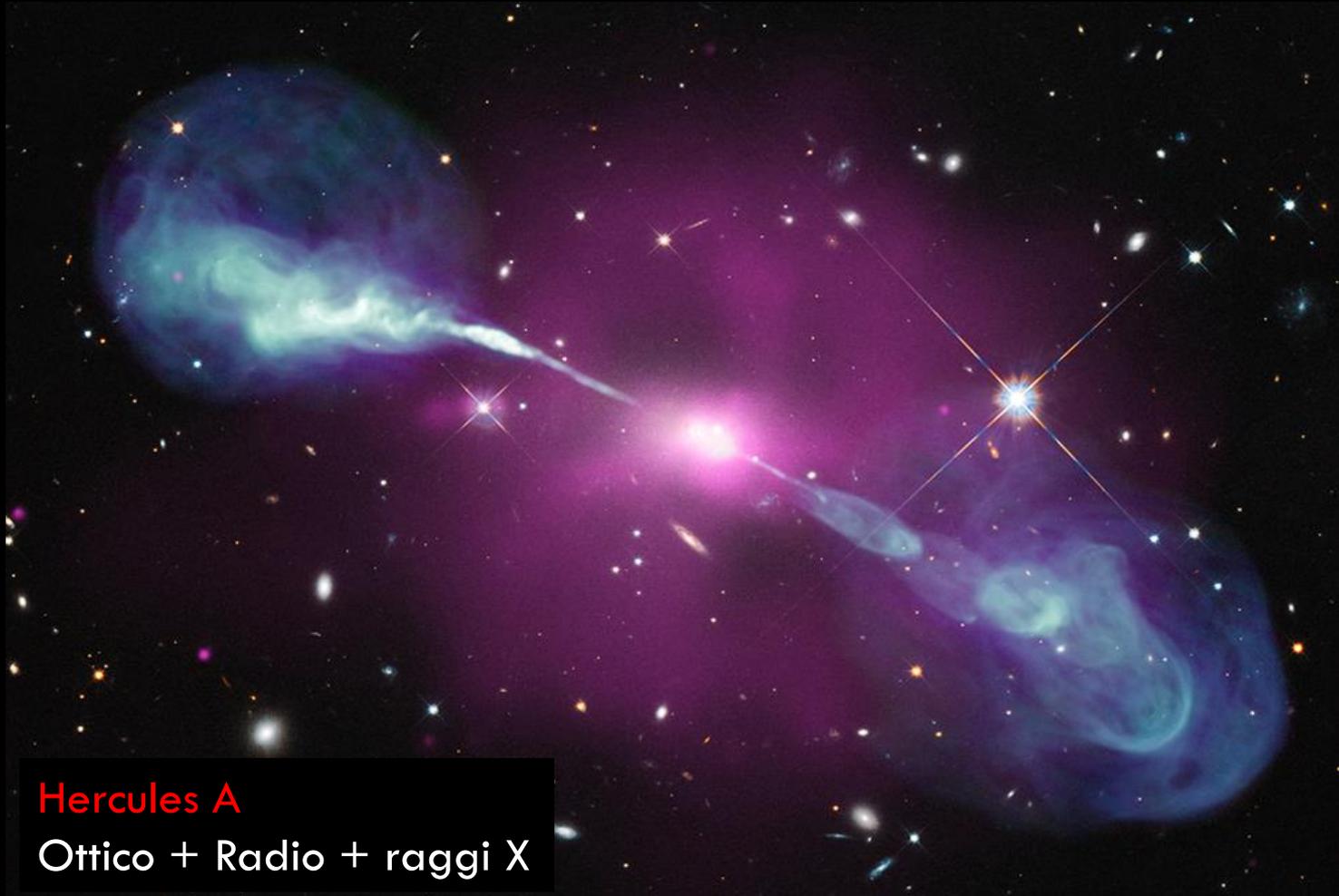


Hercules A

Ottico + Radio

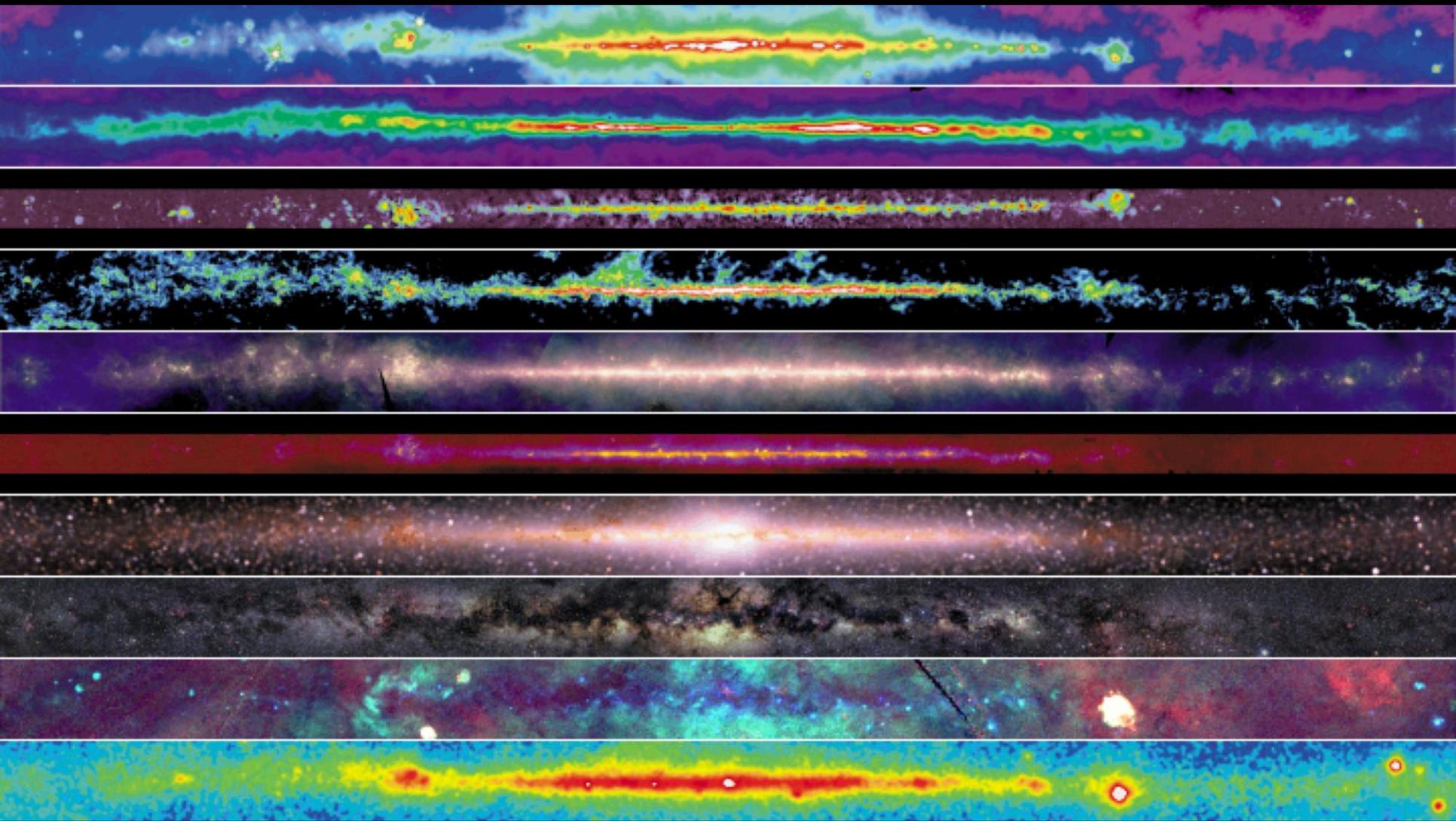
Le radiogalassie

L'energia radio è prodotta da un buco nero nel nucleo della galassia.
La materia che precipita su di lui emette invece raggi X.



Hercules A

Ottico + Radio + raggi X



Vediamo qualche altro esempio online

Diverse emissioni, diversi motori

Tipo di Radiazione	Temperatura della sorgente	Sorgenti tipiche
Gamma	$> 10^8$ <u>Kelvin</u> (K)	Dischi di accrescimento intorno a buchi neri
X	10^6 - 10^8 K	Gas in ammassi di galassie Resti di Supernova Corone stellari
Ultravioletto	10^4 - 10^6 K	Resti di supernova Stelle molto calde
Visibile	10^3 - 10^4 K	Stelle Pianeti e alcuni satelliti (luce riflessa)
Infrarosso	10 - 10^3 K	Nubi di polveri e gas freddi Pianeti (luce emessa)
Microonde	1 - 10 K	Nubi fredde di gas, incluse quelle intorno a stelle appena nate Radiazione cosmica di fondo
Radio	< 1 K	Emissione radio dovuta a elettroni che si muovono in campi magnetici



SDSS

SLOAN DIGITAL SKY SURVEY

Osservazione sistematica e “cieca” del cielo
di un quarto del cielo visibile

Consorzio Americano-giapponese 77 milioni di dollari
Significativa donazione dalla Alfred Sloan Foundation
(fondatore della General Motors)

Telescopio da 2.5 metri

Immagini di 200 milioni di oggetti

Un milione di spettri

Risoluzione: circa 1,5 secondi d'arco

Apache Point, New Mexico



Surveys con il Very Large Array

NVSS (1998)

Con una risoluzione di **45 secondi d'arco**, è ottima per osservare oggetti estesi. Contiene quasi **2 milioni** di radiosorgenti.

FIRST

È la controparte ad alta risoluzione della NVSS. Ha una risoluzione di **5 secondi d'arco**

oltre **800.000** radiosorgenti.



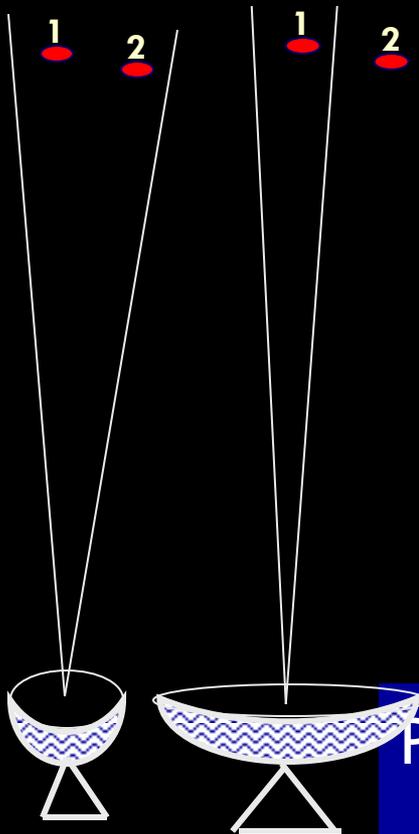
Queste surveys coprono circa l' 82% del cielo. Il 28% restante è la parte di cielo (emisfero australe) non osservabile dal New Mexico.

Potere Risolutore $\propto \lambda/D$

Sensibilità $\propto D^2$

Banda radio:

$$\lambda = 20 \text{ cm}$$

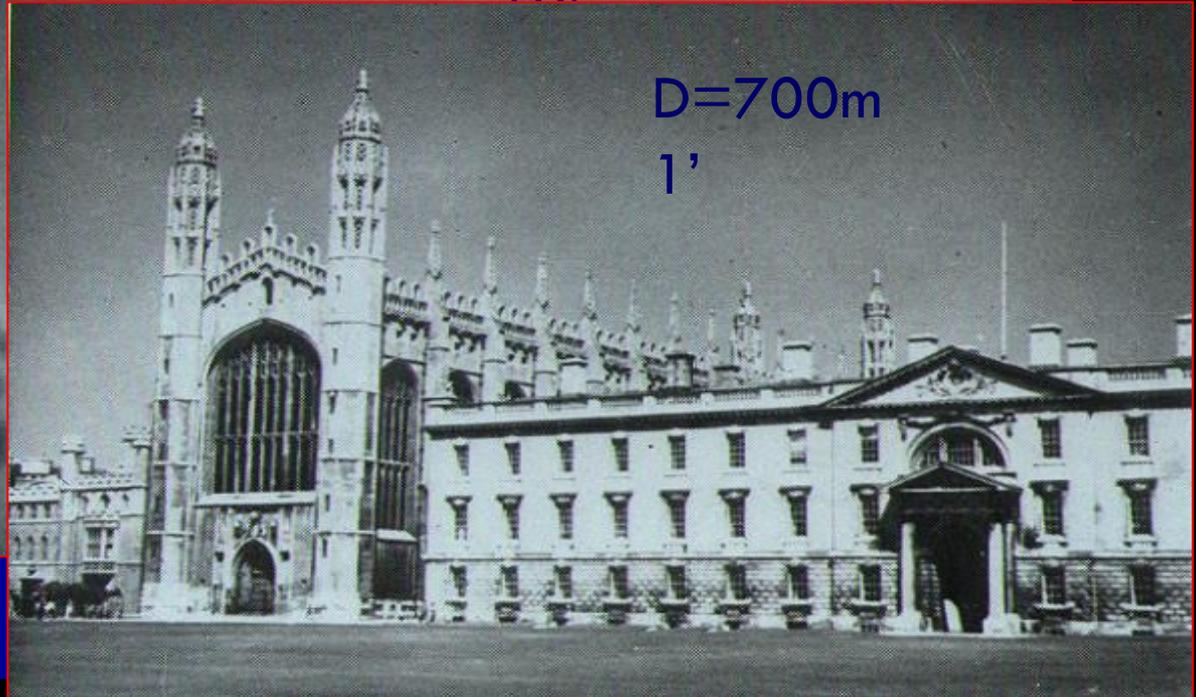


Pupilla

D=30m
30'

D=80m
10'

D=700m
1'



Green Bank (WEST VIRGINIA)

2000



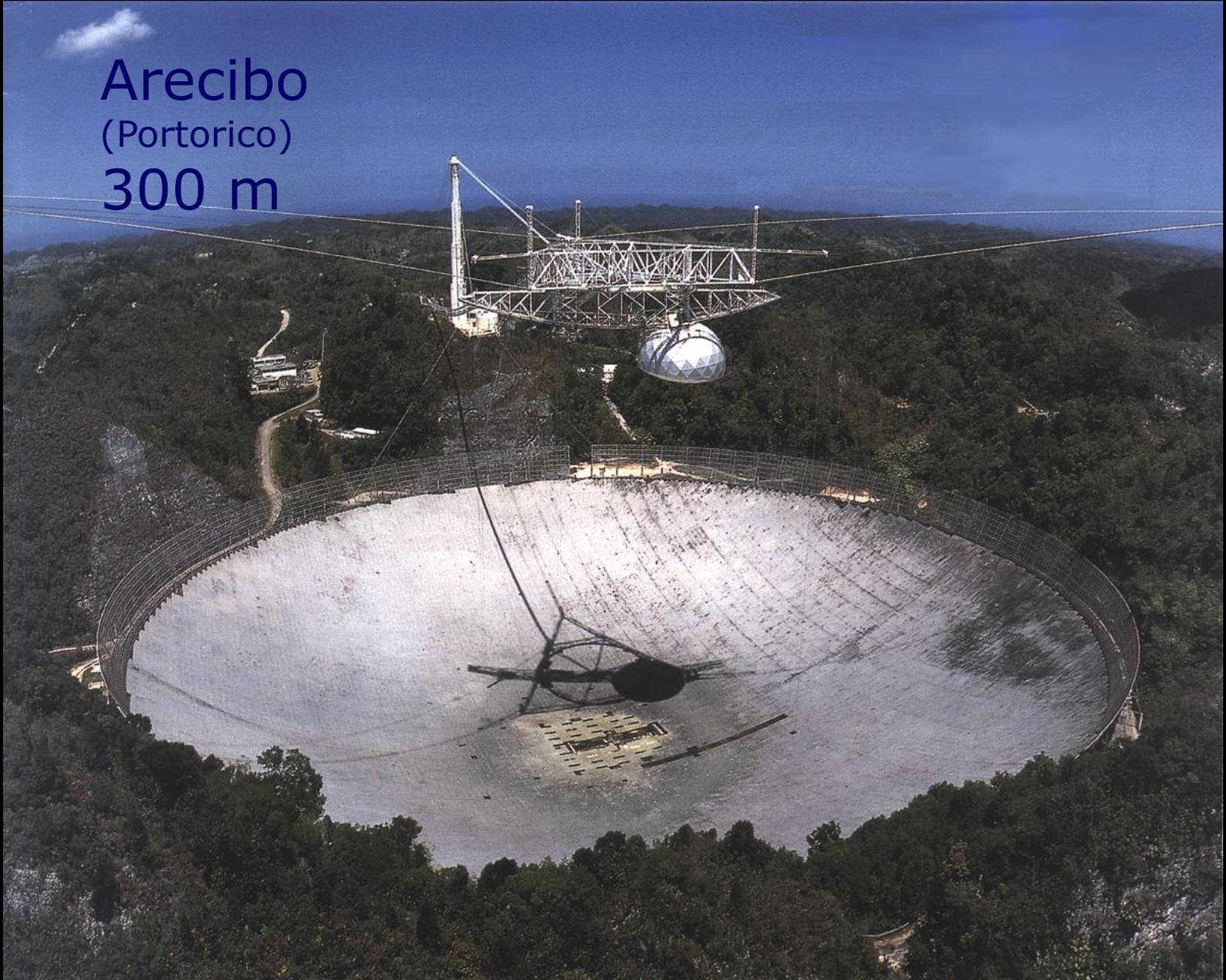
100x110 mq.

Superficie sferica equivalente: $D=102$ m



1972

Arecibo
(Portorico)
300 m



L'Interferometro

Potere Risolutore:

$$\sim \lambda/D$$

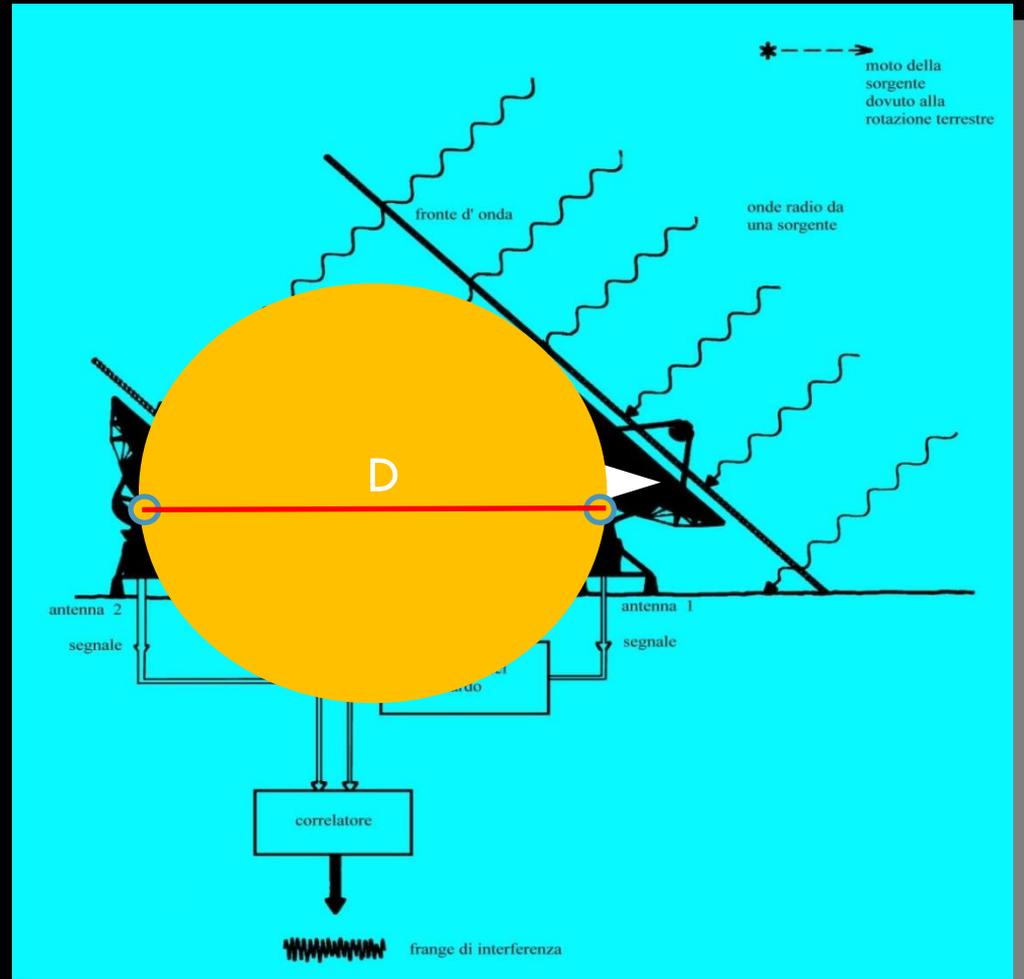
(d = distanza antenne)

Sensibilità:

$$\sim N \times D^2$$

(N=numero antenne)

Interferometria a
lunghissima base (VLBI)



Very Large Array (New Mexico)

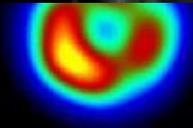
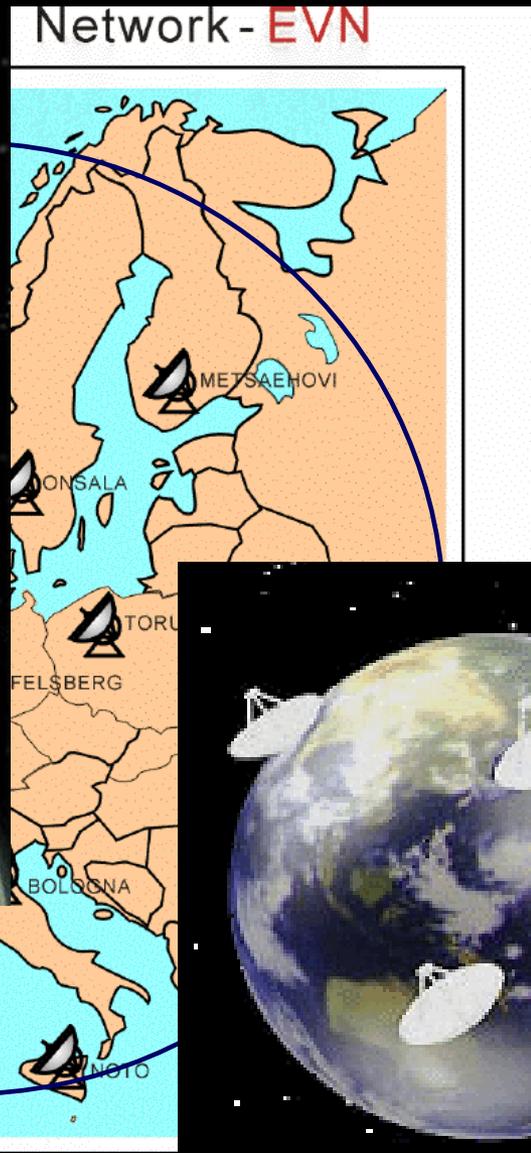
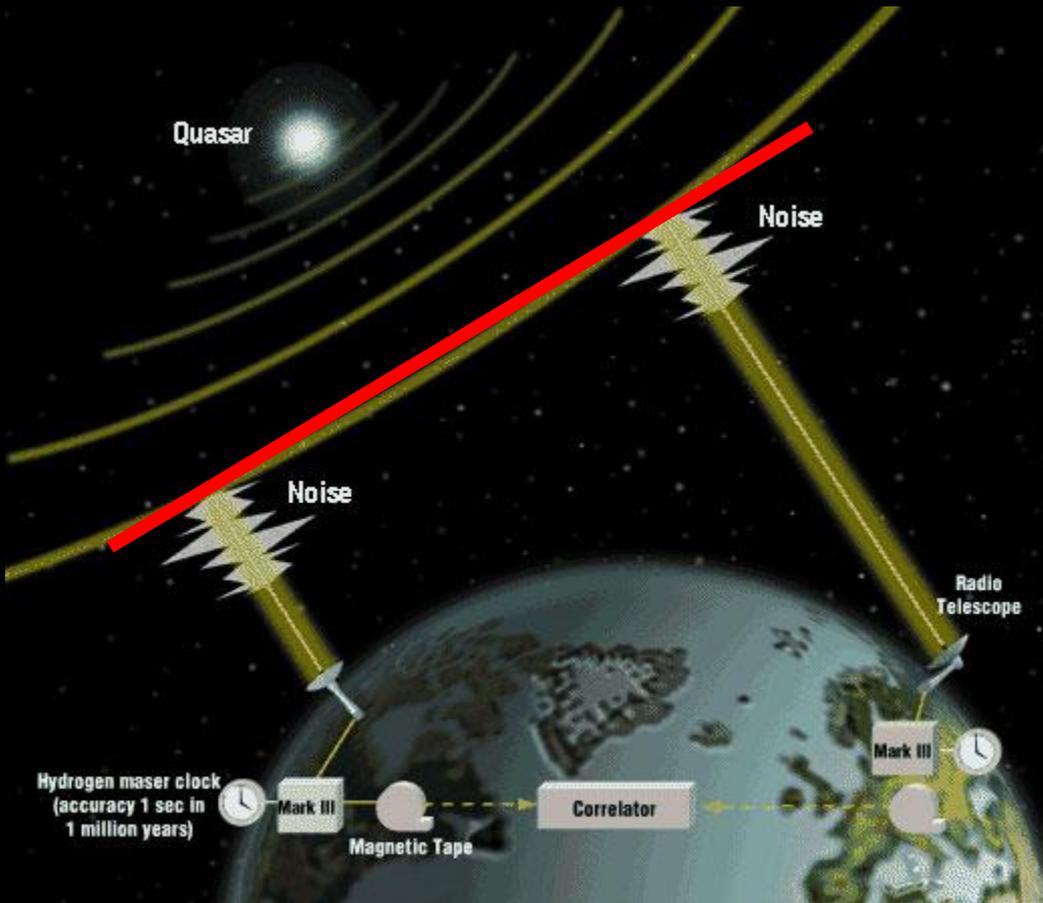
27 antenne di 25 m

$D_{\max} \sim 30 \text{ km}$



1" α 20 cm

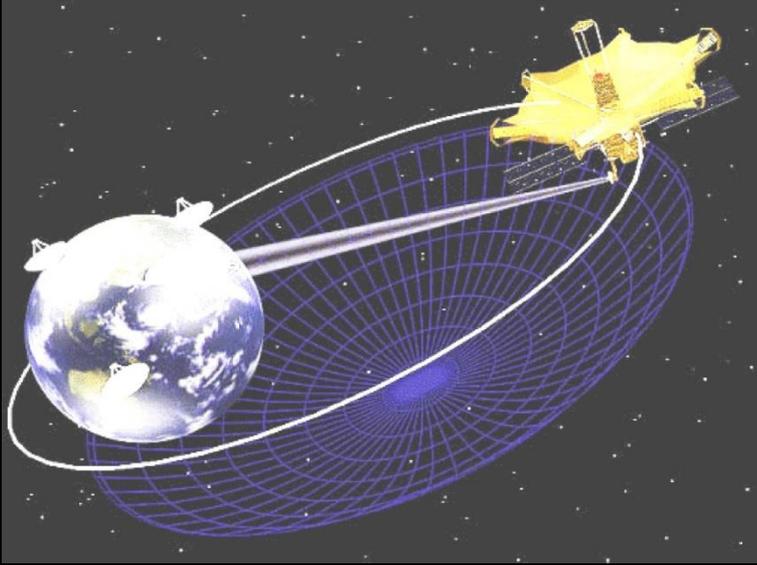
Un radiotelescopio grande come la Terra



Sep 1994
 $\lambda 8\text{cm}$

EXPANSION OF SN 1993J

IL VLBI SPAZIALE



Nel 1997 lanciato il satellite VSOP ($D=10$ m)
 $d \sim 3 \times D_T$
1 millisecondo d'arco

Nel 2011 Spektr-R
del progetto RadioAstron ($D=10$ m)
 $d_{\max} \sim 27 \times D_T$
Risoluzione?



Vediamo i due cataloghi, dal vivo