



**Istituto Nazionale di Astrofisica**  
Osservatorio astronomico di Brera



*Universo in fiore*

# I Nuclei Galattici Attivi

*Anna Wolter*

Anna.Wolter@brera.inaf.it

INAF-Osservatorio Astronomico di Brera

13 marzo 2013

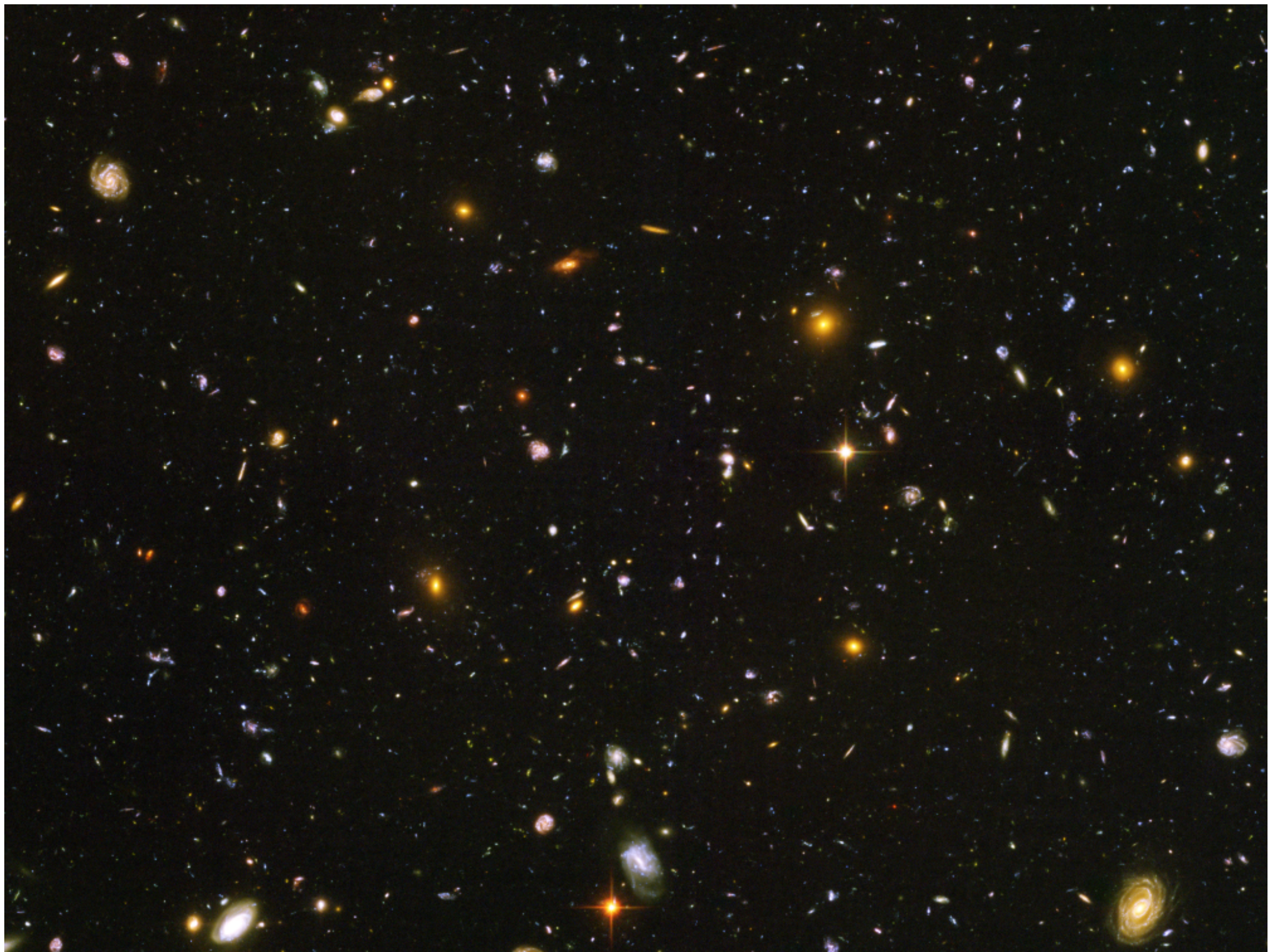
# Sommario

1. Un po' di storia e di tassonomia
2. Proprietà degli AGN
3. Modello unificato
4. Cosmologia

# 1

## Storia e Tassonomia

dal [greco](#) ταξις, *taxis*, "ordinamento", e νομος, *nomos*, "norma" o "regola") è, nel suo significato più generale, la disciplina della classificazione



# La Via Lattea

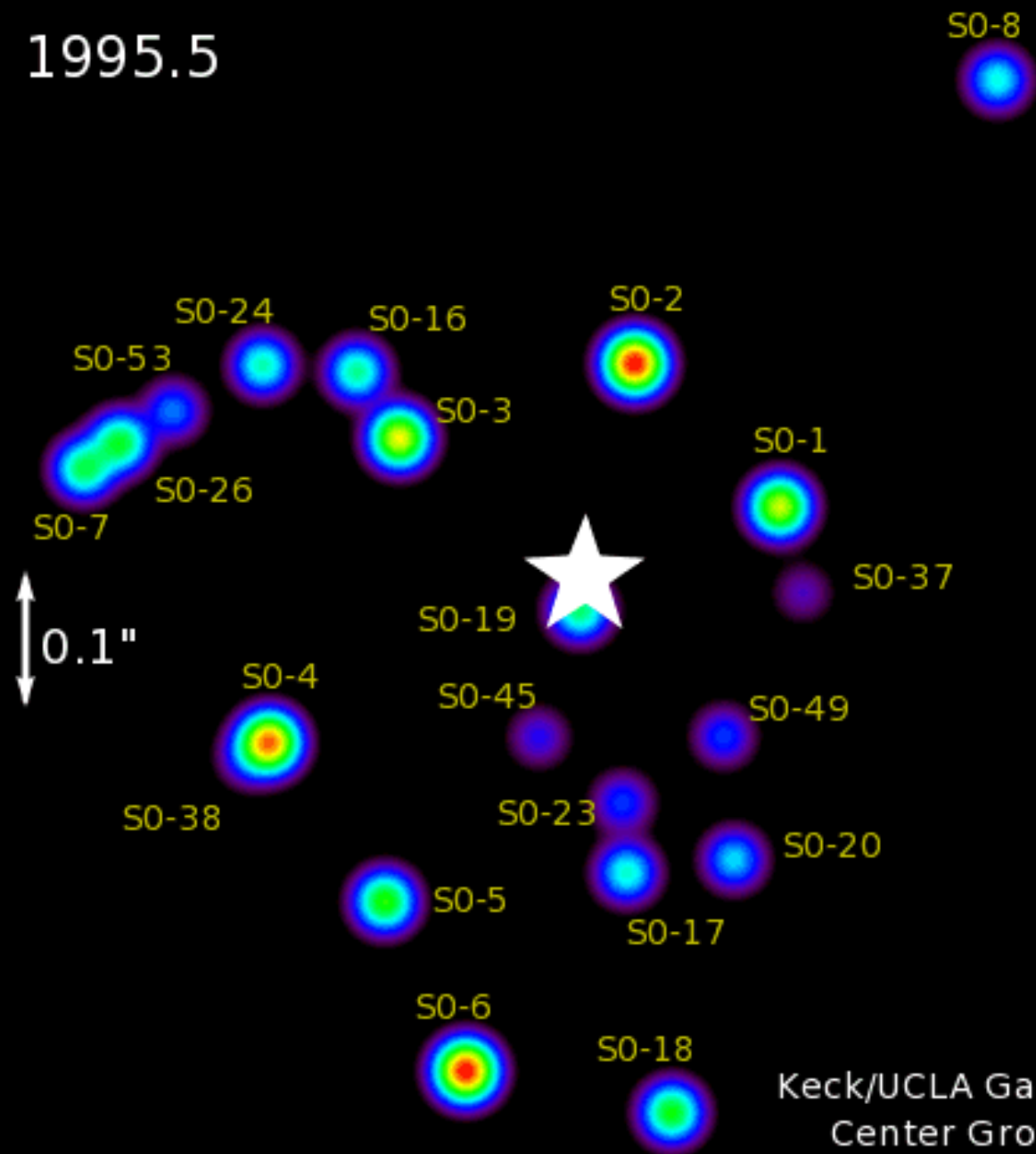


**Outer Arm**  
**Perseus Arm**  
**Orion Arm**  
**Carina Arm**  
**Crux Arm**

**Norma Arm**  
**24Kpc Arm**  
**Sagittarius Arm**  
**Scutum Arm**

**UNSC Space**  
**Covenant Space**

1995.5



Keck/UCLA Galactic  
Center Group

# Massa del Buco Nero

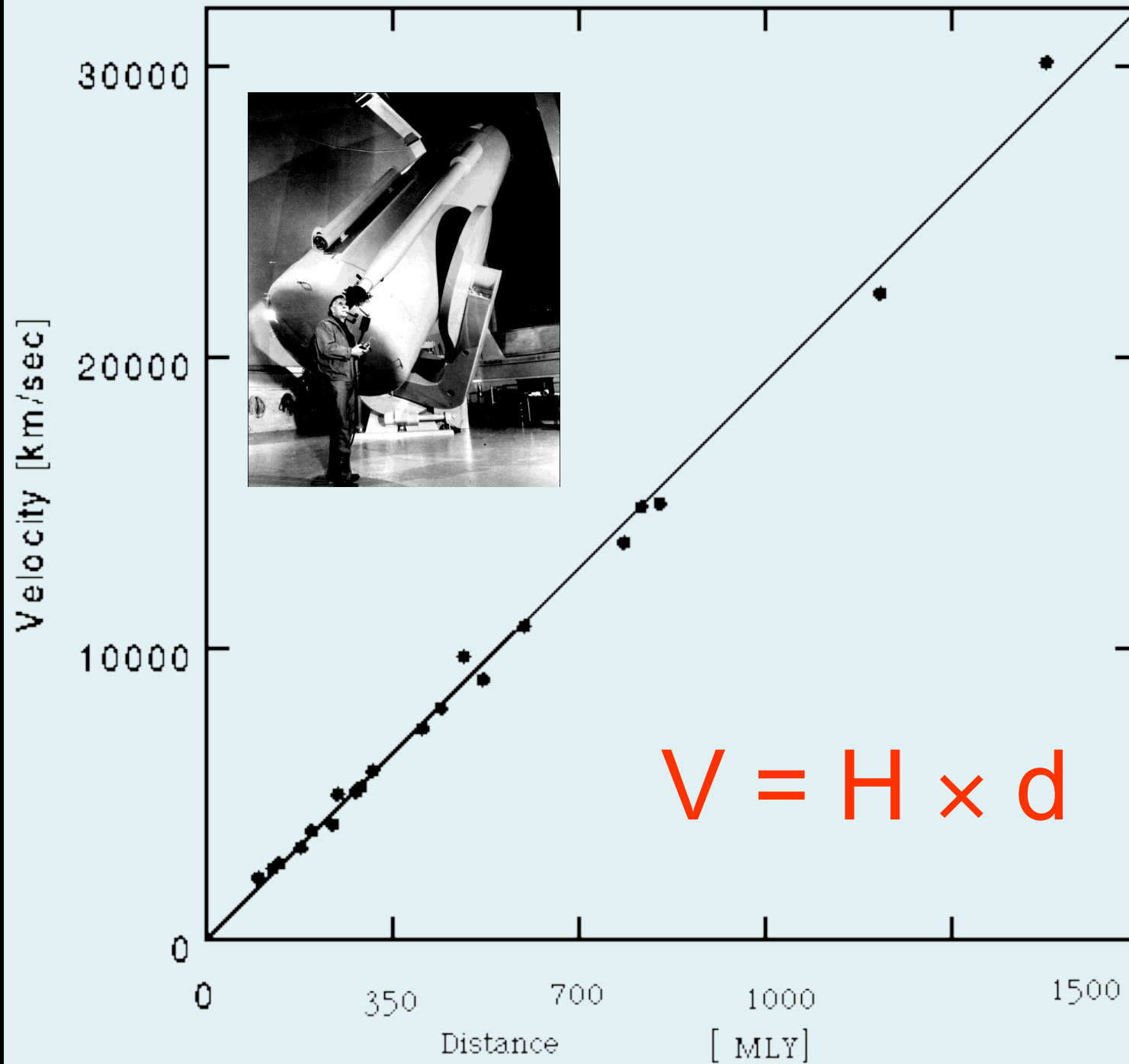
$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

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

3<sup>a</sup> legge di Keplero

$$M =$$

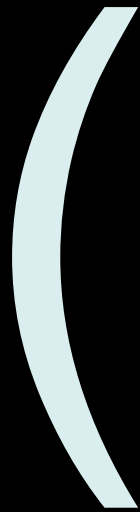
4 milioni di volte la  
massa del Sole

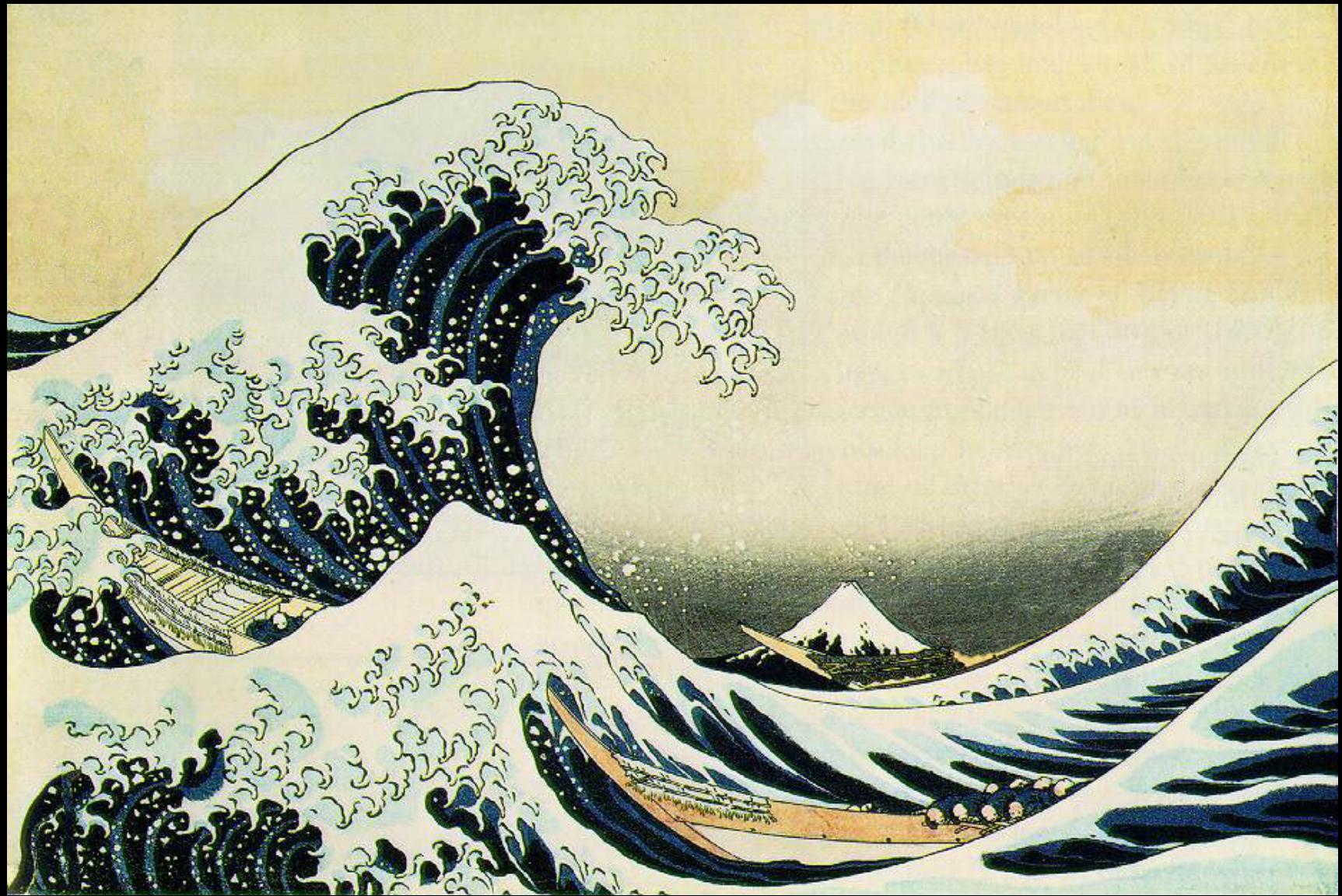




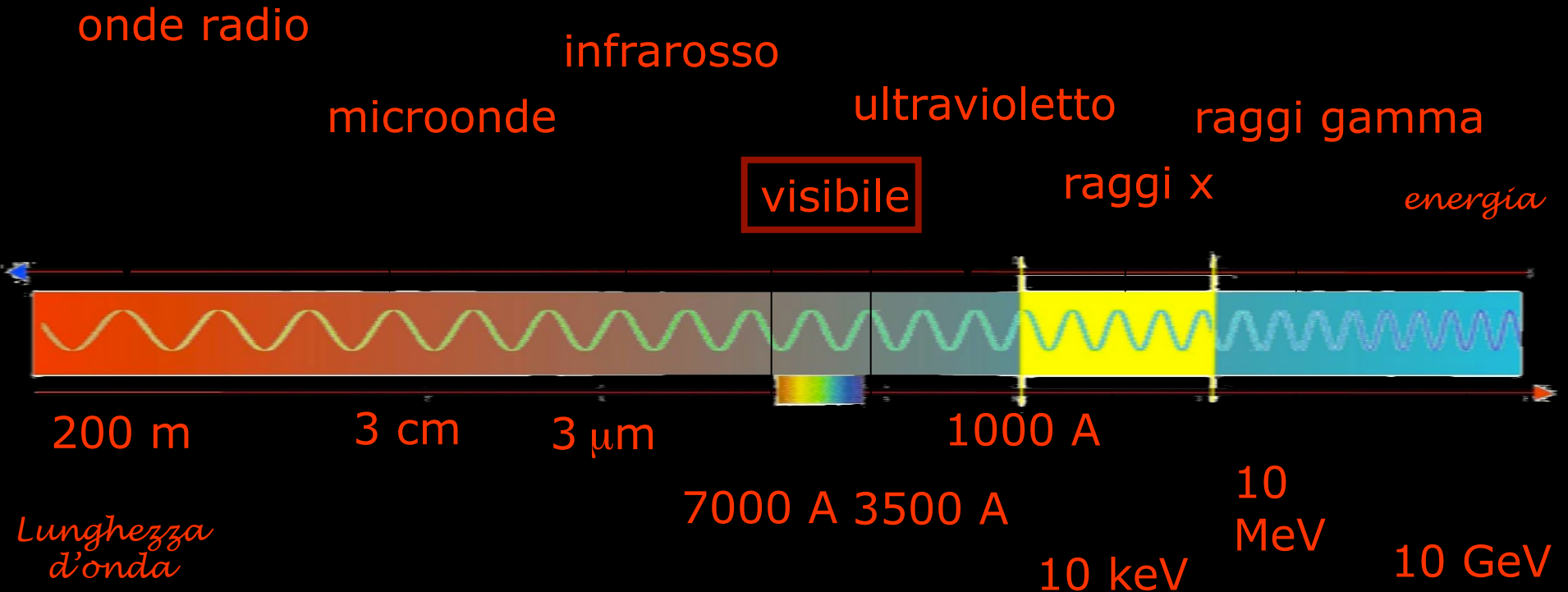


Regione  
stellare in cui  
si troverebbe  
il Sole

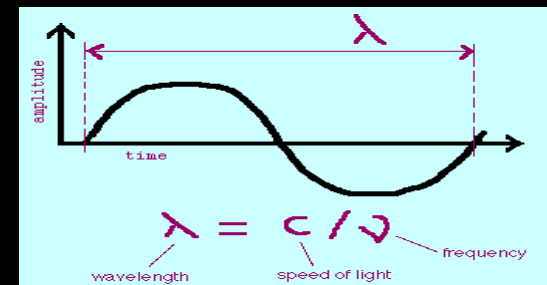




# Lo spettro elettromagnetico

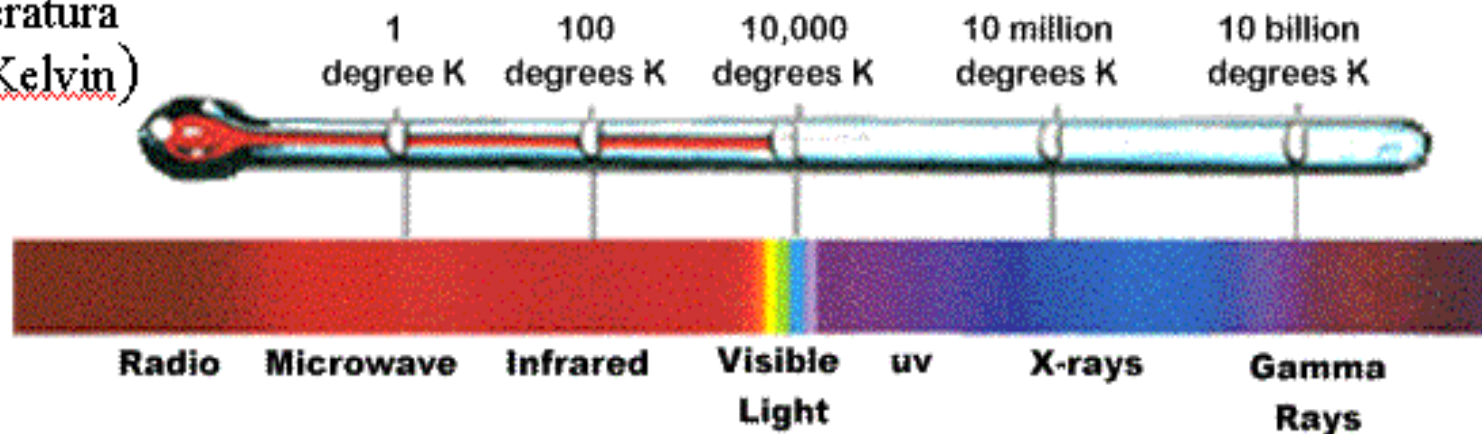


$$E = h\nu = hc / \lambda$$

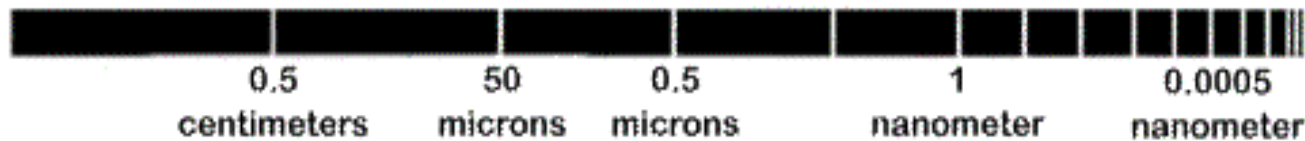


# Radiazione Termica

Temperatura  
(gradi Kelvin)



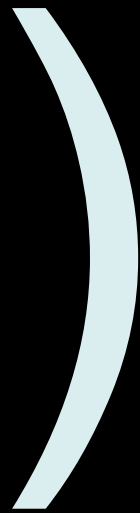
Lunghezza  
d'onda



**WAVELENGTH**

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





“L’unico vero viaggio verso la scoperta non consiste nella ricerca di nuovi paesaggi, ma nell’averne nuovi occhi”

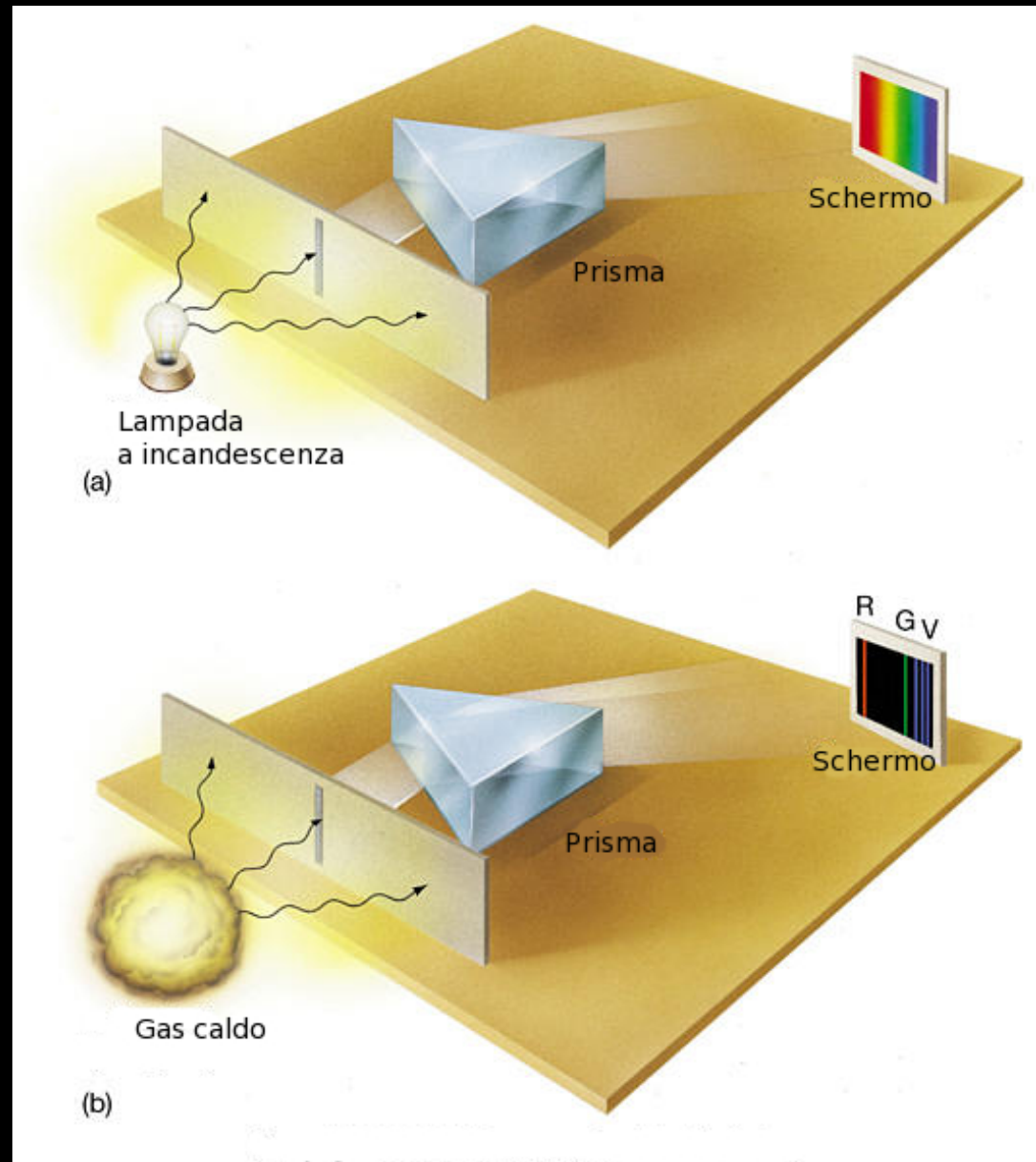
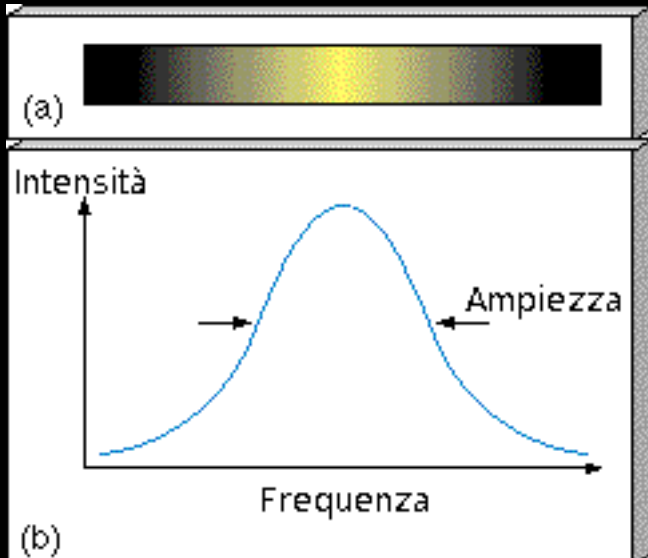
Marcel Proust, *Alla ricerca del tempo perduto*



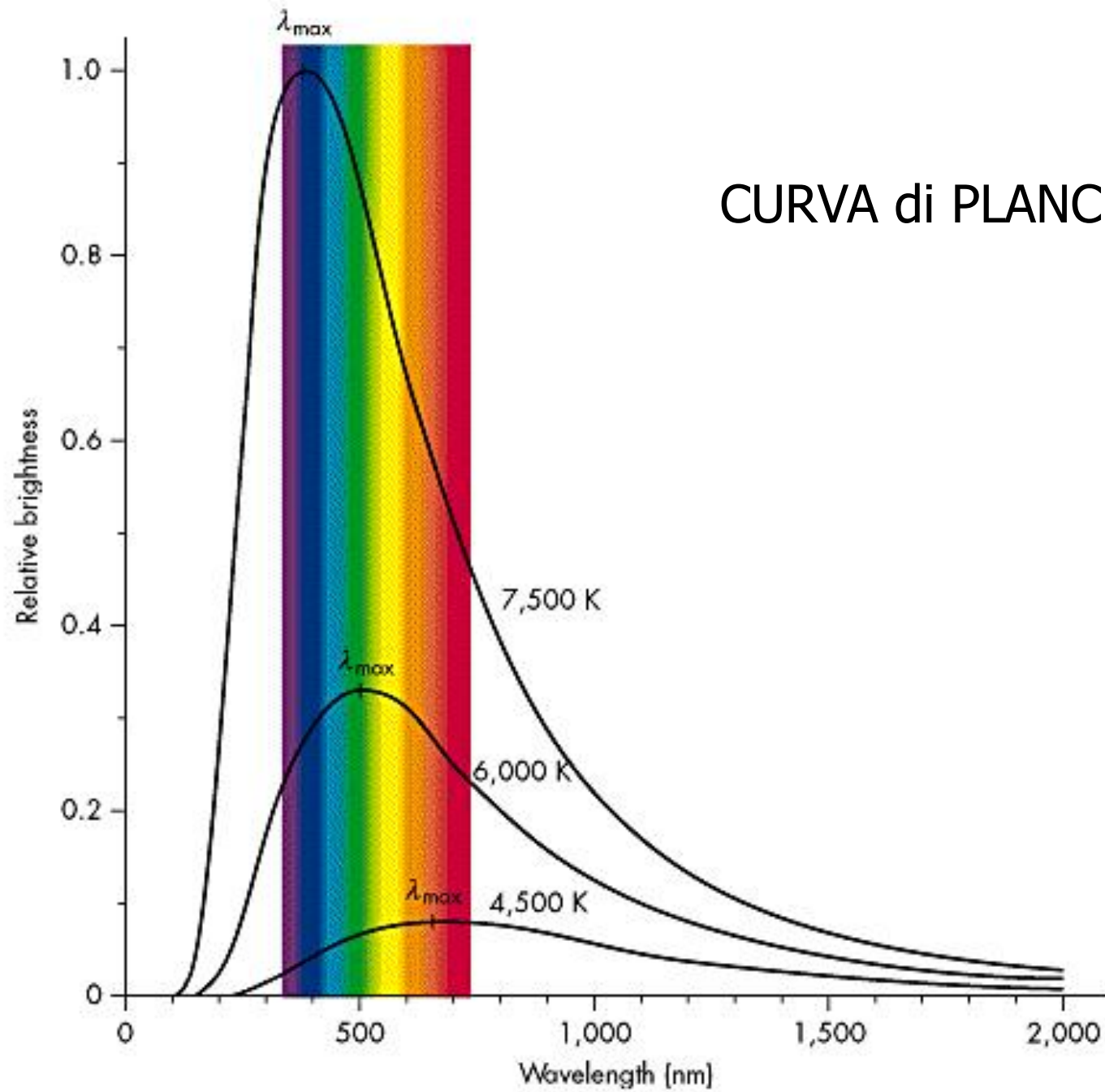
# Come si studiano le sorgenti cosmiche: spettri

Per cercare di capire la natura delle sorgenti cosmiche, gli astronomi usano gli *spettri*, che non sono fantasmi, ma delle specie di arcobaleni artificiali...

**Nota etimologica:** *Spettro*: dal latino *spectrum*, costituito dalla base *spec-*, che a sua volta deriva da *specere* (guardare, vedere; cfr spettacolo) e dal suffisso *-trum*, indicante lo strumento. Letteralmente: *il mezzo per vedere*.



# CURVA di PLANCK

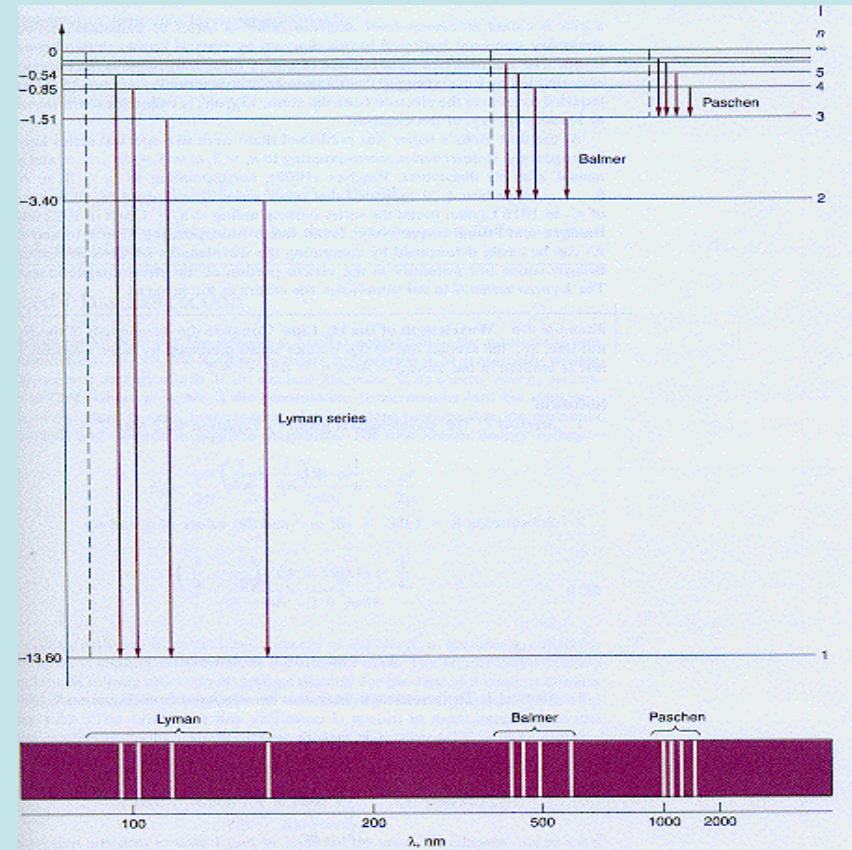


# Transizioni quantizzate

Le energie di un atomo di idrogeno seguono la legge

$$E_n = -\frac{Z^2}{n^2} \times 13.6 \text{ eV}$$

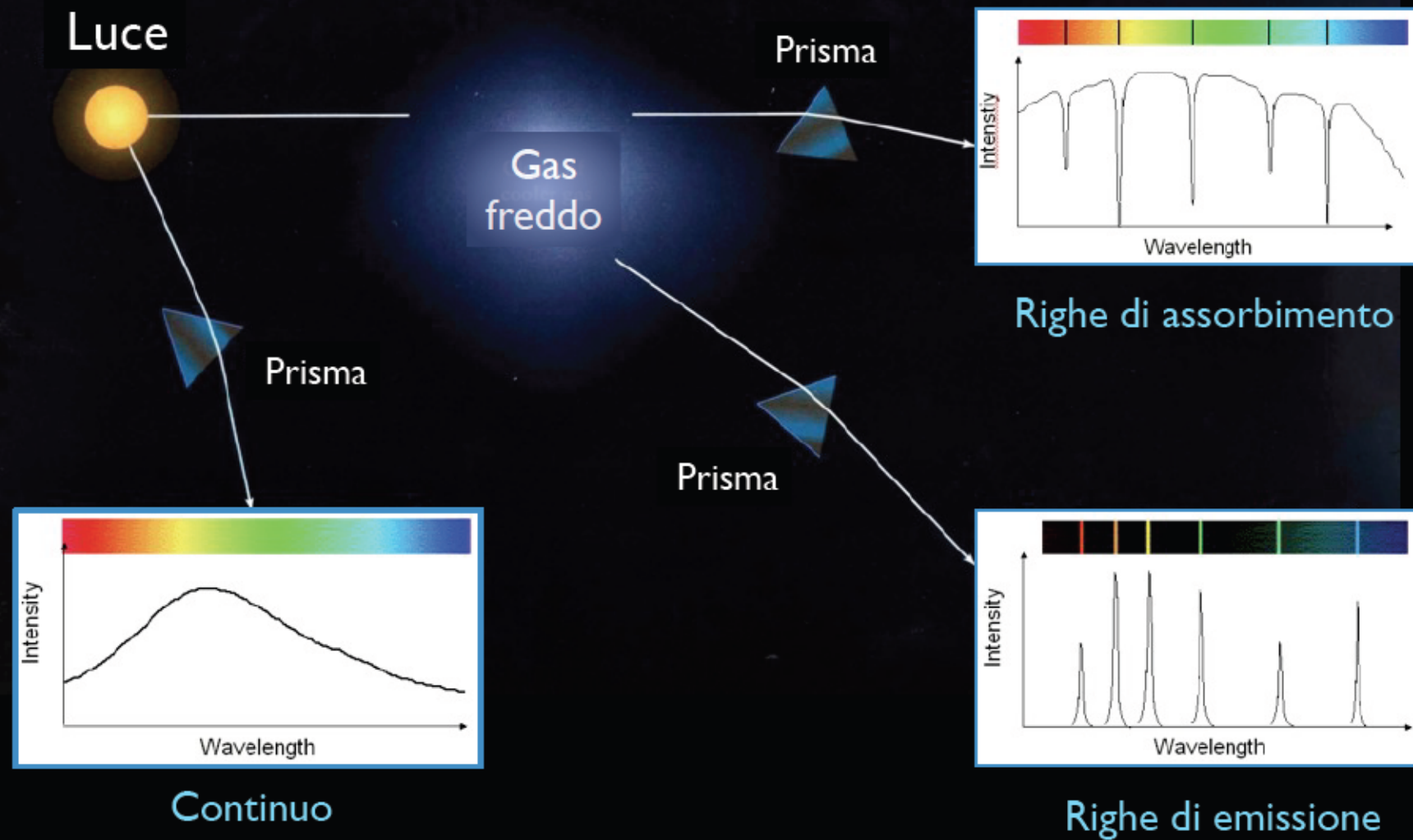
Emissione o assorbimento di fotoni tra livelli quantizzati di un atomo [o di uno ione]



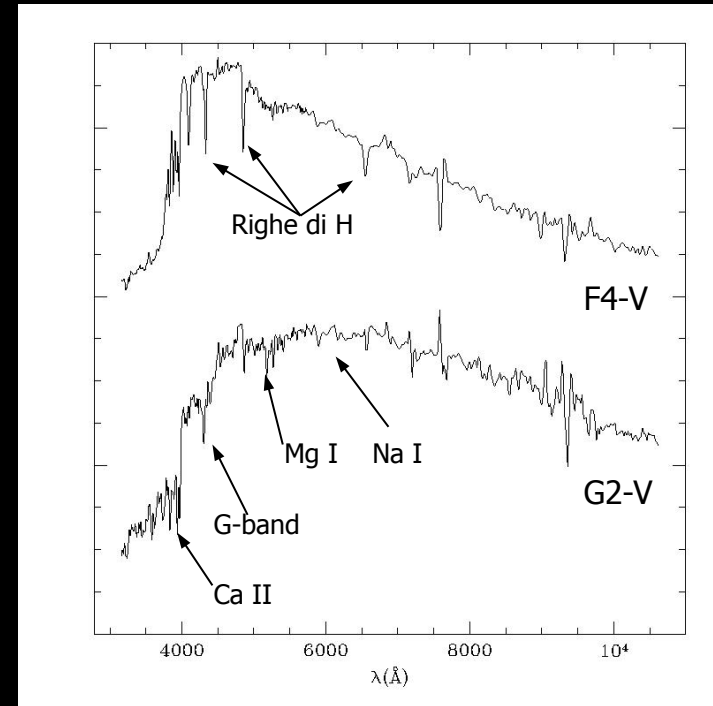
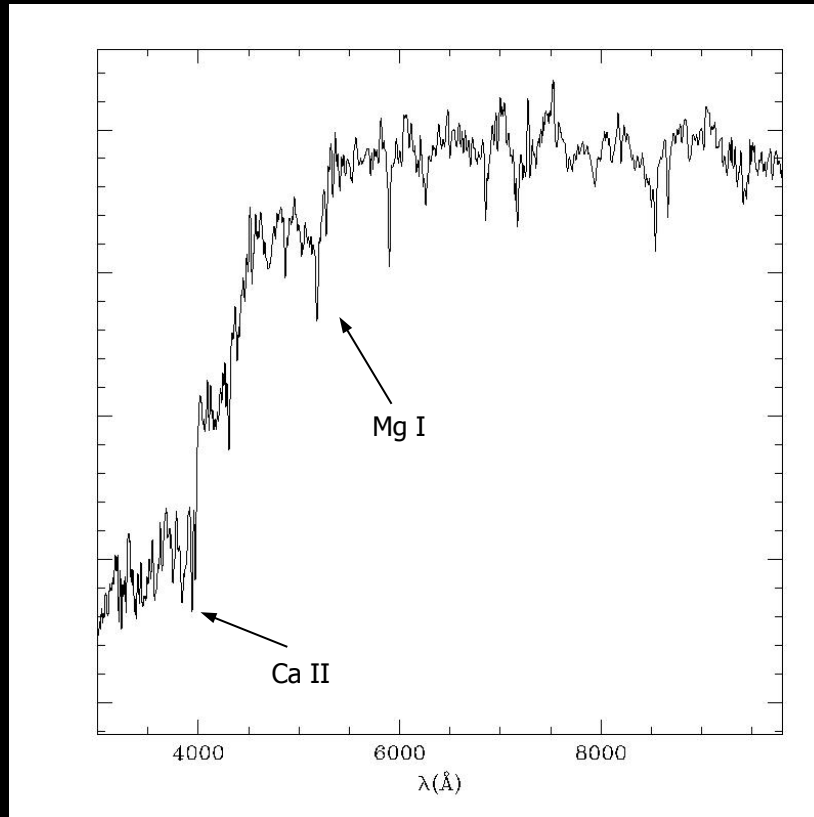
Energie dei fotoni:  $hf_{mn} = E_n - E_m$

1 fotone di  $f=10^{15}$  Hz  $E = 6.62 \cdot 10^{-19}$  Joule lampadina: 100 joule/sec  
 $\sim 10^{20}$  fotoni/sec

# Tipi di spettro

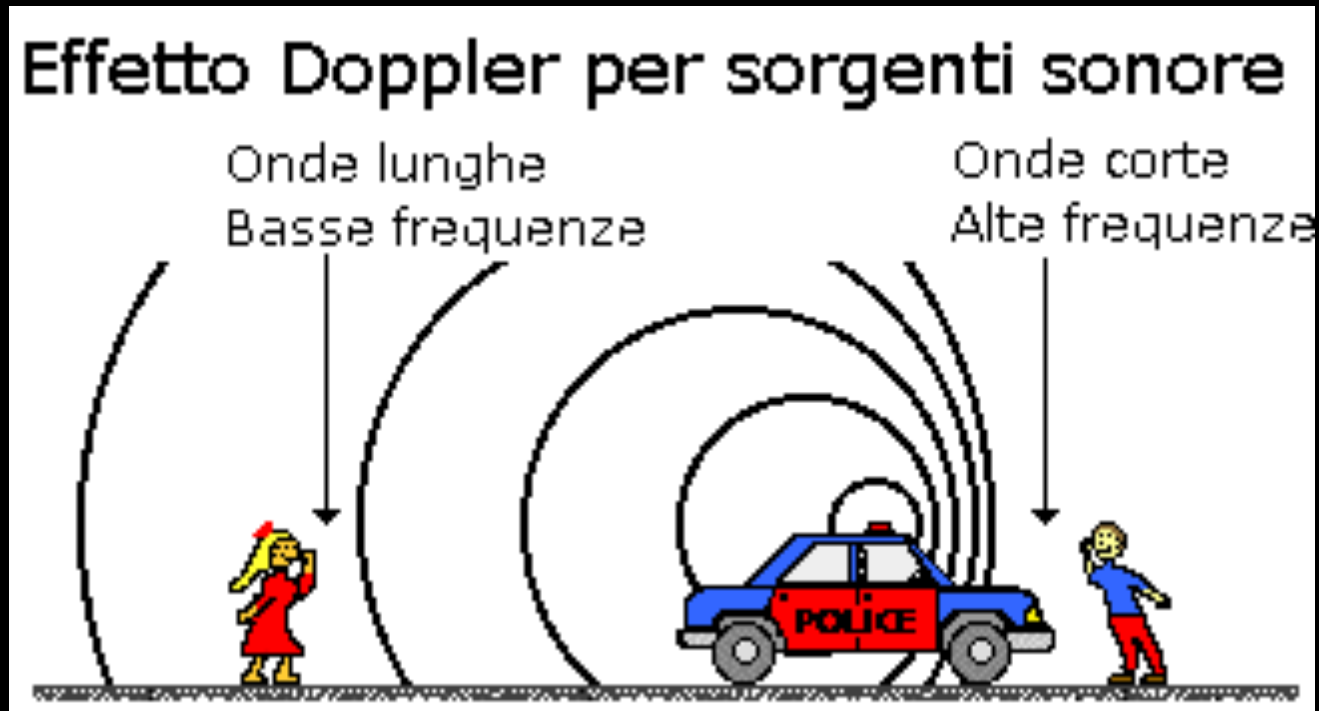


# Spettro di una galassia



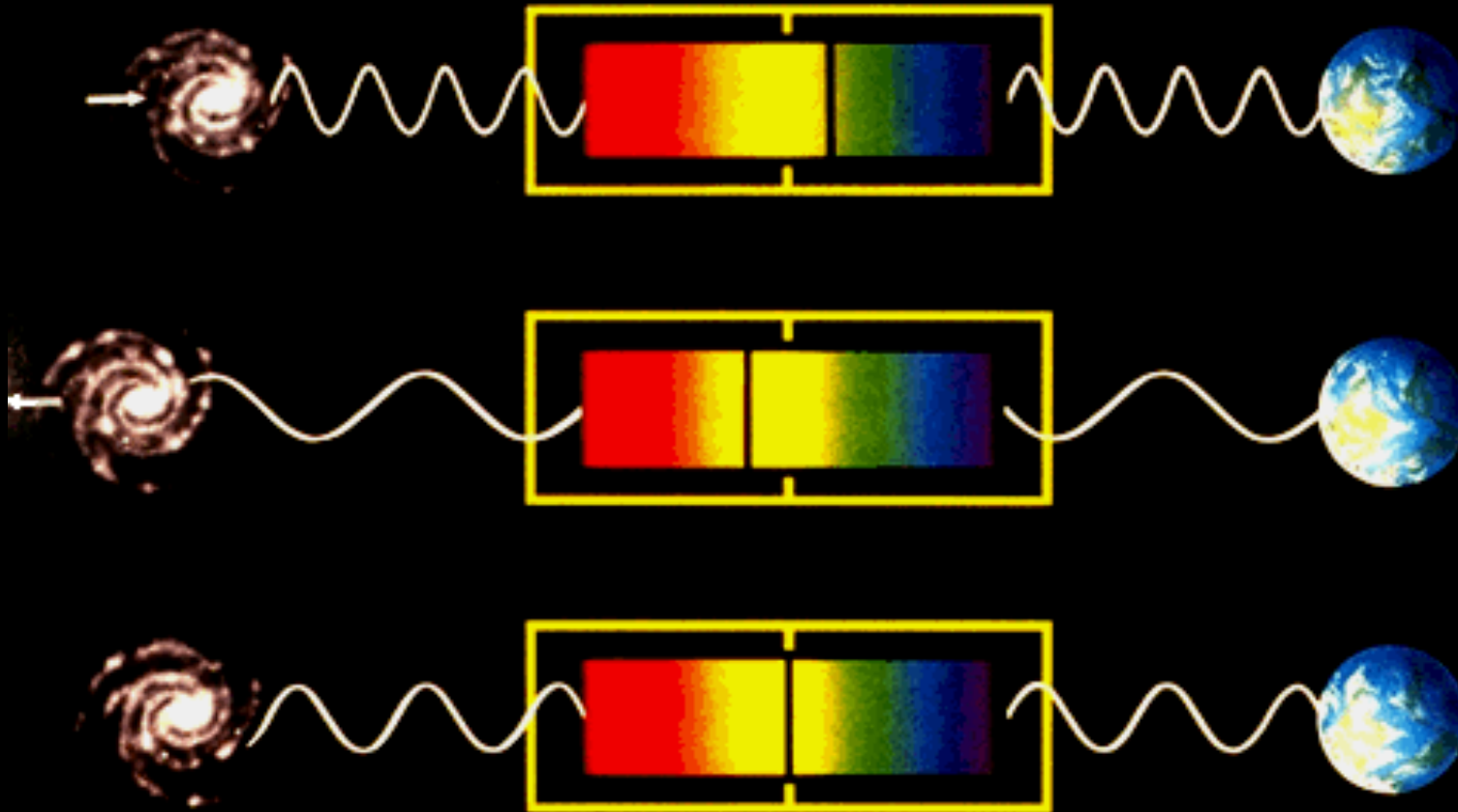
## Effetto Doppler

Una sirena su un'auto che si **avvicina** viene udita con un **suono acuto** (alte frequenze), mentre la stessa sirena su un'auto che si **allontana** viene udita con un **suono grave** (basse frequenze).



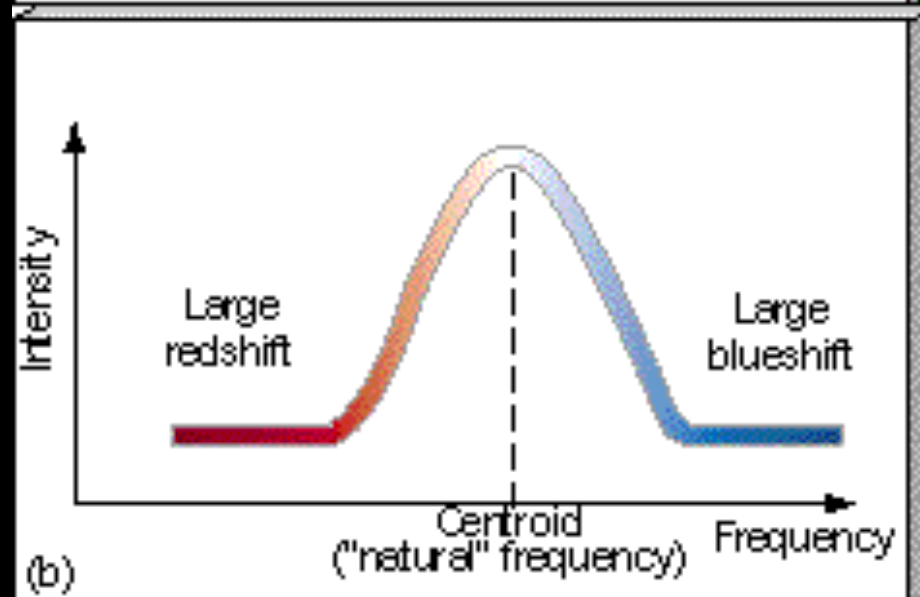
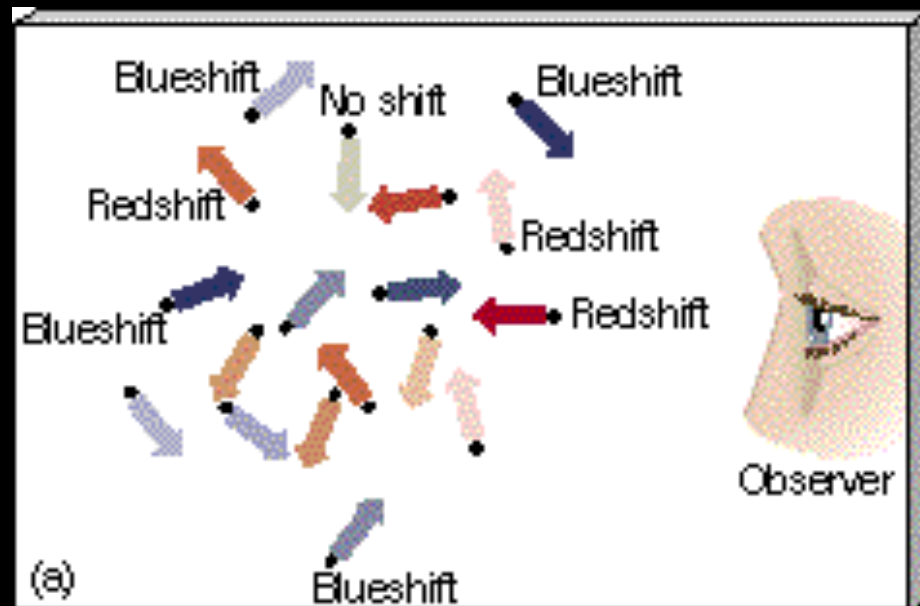
Negli spettri astronomici, una galassia che si allontana mostrerà uno spostamento delle righe verso le basse frequenze (colore rosso; **redshift**), mentre una galassia che si avvicina mostrerà uno spostamento verso le alte frequenze (colore blu; **blueshift**).

**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**

# Spettri



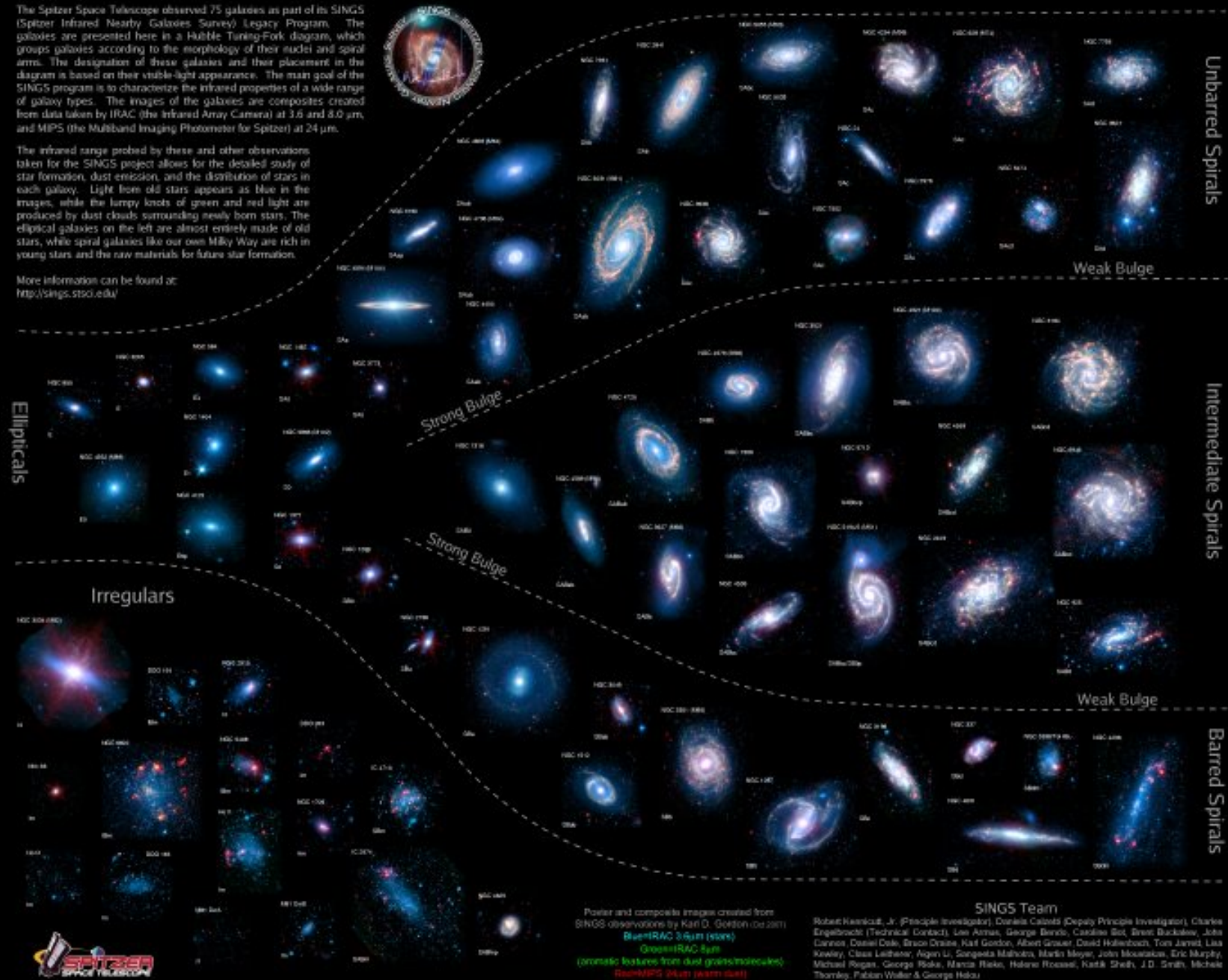


# The Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey (SINGS) Hubble Tuning-Fork

The Spitzer Space Telescope observed 75 galaxies as part of its SINGS (Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey) Legacy Program. The galaxies are presented here in a Hubble Tuning-Fork diagram, which groups galaxies according to the morphology of their nuclei and spiral arms. The designation of these galaxies and their placement in the diagram is based on their visible-light appearance. The main goal of the SINGS program is to characterize the infrared properties of a wide range of galaxy types. The images of the galaxies are composites created from data taken by IRAC (the Infrared Array Camera) at 3.6 and 8.0  $\mu\text{m}$ , and MIPS (the Multiband Imaging Photometer for Spitzer) at 24  $\mu\text{m}$ .

The infrared range probed by these and other observations taken for the SINGS project allows for the detailed study of star formation, dust emission, and the distribution of stars in each galaxy. Light from old stars appears as blue in the images, while the lumpy knots of green and red light are produced by dust clouds surrounding newly born stars. The elliptical galaxies on the left are almost entirely made of old stars, while spiral galaxies like our own Milky Way are rich in young stars and the raw materials for future star formation.

More information can be found at: <http://sings.stsci.edu/>



Poster and composite images created from SINGS observations by Karl O. Gordon (ed 2007)  
 BlueIRAC 3.6um (stars)  
 GreenIRAC 8um  
 (orange features from dust grains/molecules)  
 RedMIPS 24um (warm dust)

**SINGS Team**  
 Robert Kennicutt, Jr. (Principal Investigator), Daniela Calzetti (Deputy Principle Investigator), Charles Engelbracht (Technical Contact), Lee Armus, George Bendo, Caroline Bot, Brent Buckalew, John Cannon, David Dale, Bruce Draine, Karl Gordon, Albert Grouer, David Hollenbach, Tom Jarrett, Lisa Kinney, Cassa Leitherer, Agnès U, Sangeeta Mahajan, Marlin Meyer, John Moustakas, Eric Murphy, Michael Regan, George Rieke, Marica Rieke, Heleni Roussos, Karik Sheth, J.D. Smith, Michele Thornley, Fabian Walker & George Helou



Spettri di galassie  
in ordine di “tipo di  
Hubble”

Sono la SOMMA  
degli spettri stellari  
Un poco “spostati”  
a causa del redshift

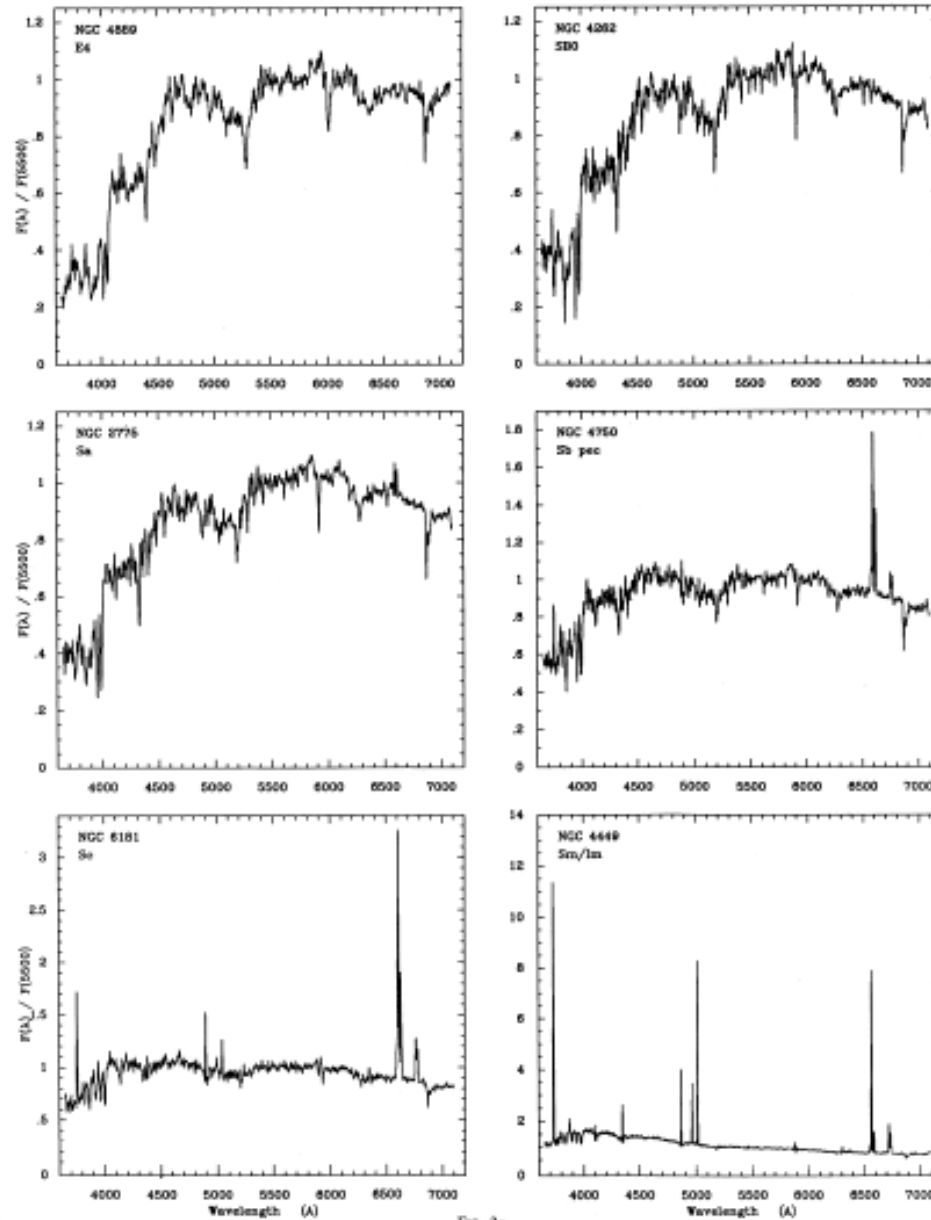
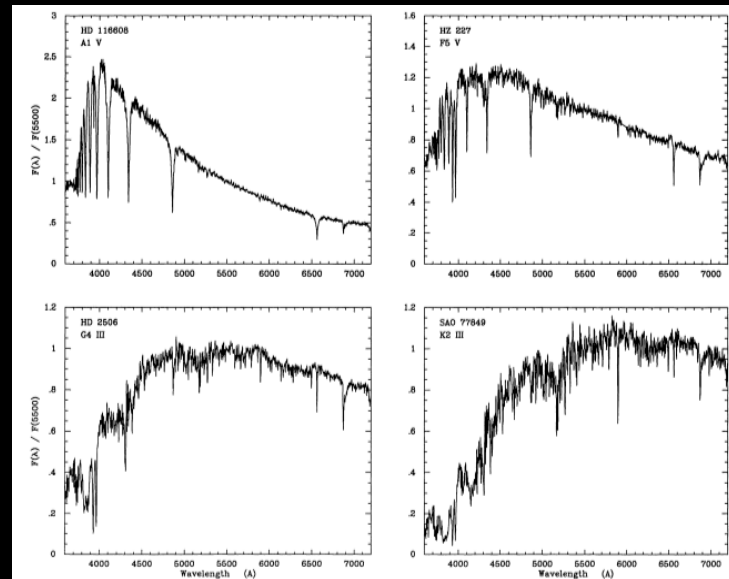


FIG. 2a

FIG. 2.—(a) The spectral Hubble sequence. Galaxies are shown in order of increasing Hubble type from top to bottom. See Table 3 for data on the galaxies. (b) Same spectra as in (a), but expanded in the blue to show the properties of the absorption-line spectra.



Hubble elabora una **relazione tra distanza e velocità** (confermando i risultati teorici del belga Lemaître).

Gli effetti della velocità (redshift) vengono usati come misura della **distanza**.

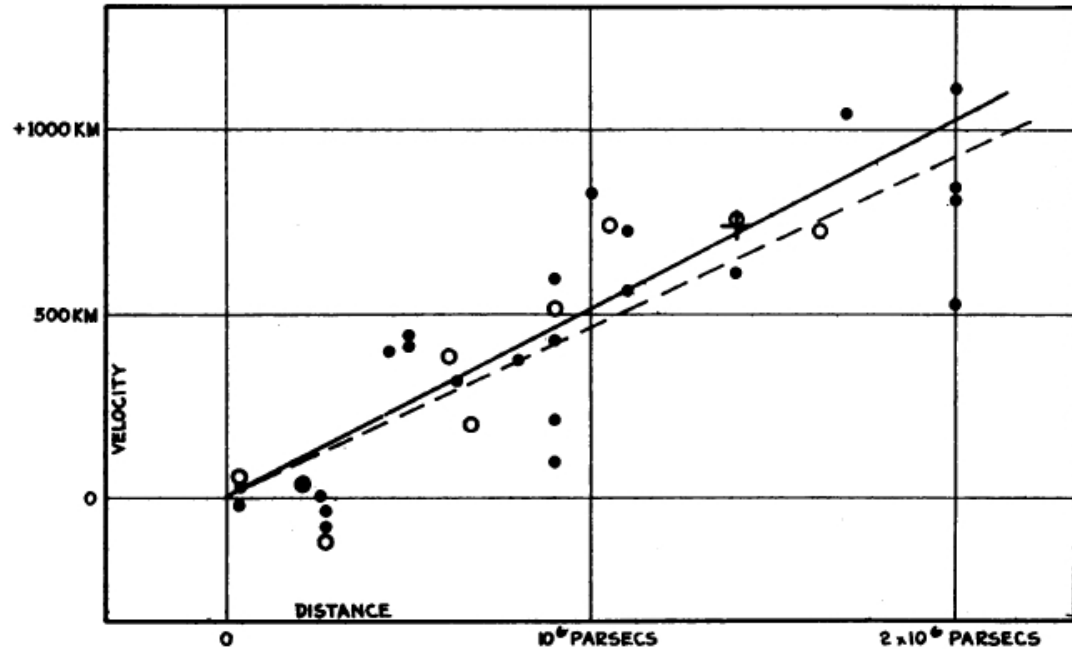


FIGURE 1

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

*A RELATION BETWEEN DISTANCE AND RADIAL VELOCITY  
AMONG EXTRA-GALACTIC NEBULAE*

BY EDWIN HUBBLE

MOUNT WILSON OBSERVATORY, CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

Communicated January 17, 1929

Determinations of the motion of the sun with respect to the extra-galactic nebulae have involved a  $K$  term of several hundred kilometers which appears to be variable. Explanations of this paradox have been sought in a correlation between apparent radial velocities and distances, but so far the results have not been convincing. The present paper is a re-examination of the question, based on only those nebular distances which are believed to be fairly reliable.

Si tratta della base osservativa che condurrà alla formulazione della teoria del **Big Bang**.

2

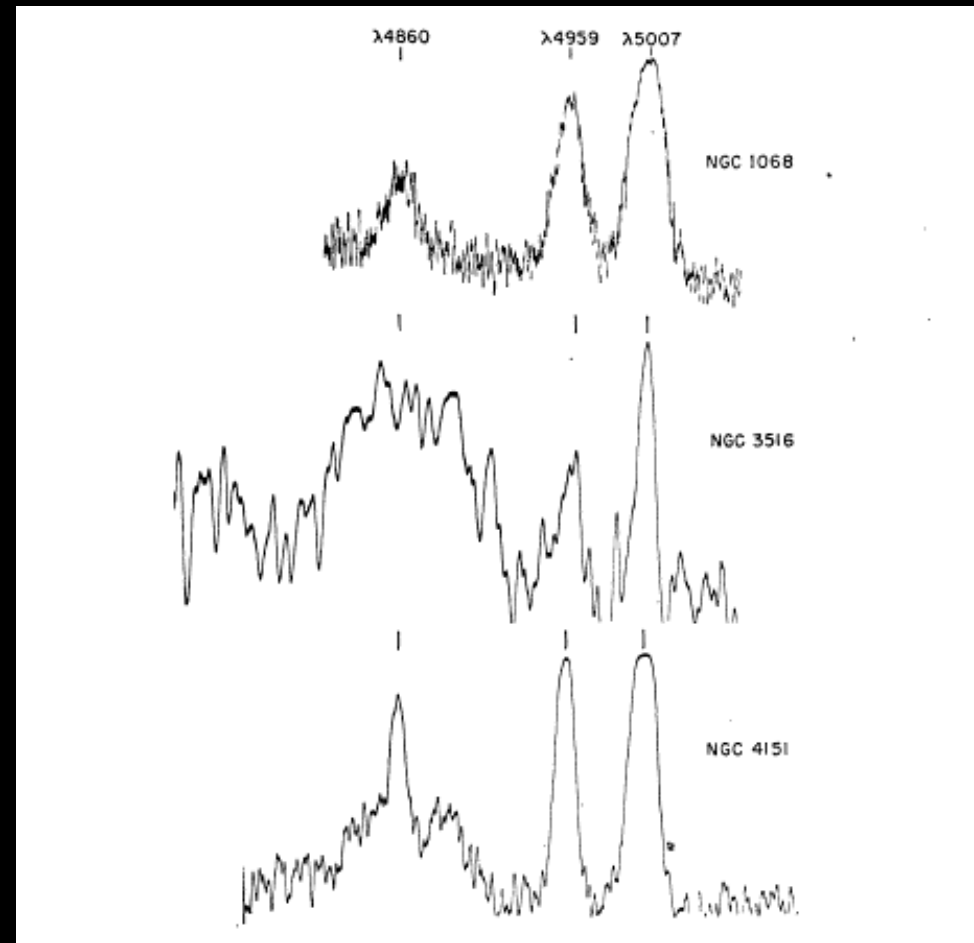
Strane galassie

# Nel 1943 si scoprono delle “strane” galassie: “Nuclear Emission in Spiral Nebulae” by Carl K. Seyfert

- Nucleo
- Variabilita' < 1 anno
- Righe di Emissione



Carl Seyfert al telescopio da 24 pollici della Vanderbilt University.  
(Credit: U. Vanderbilt)

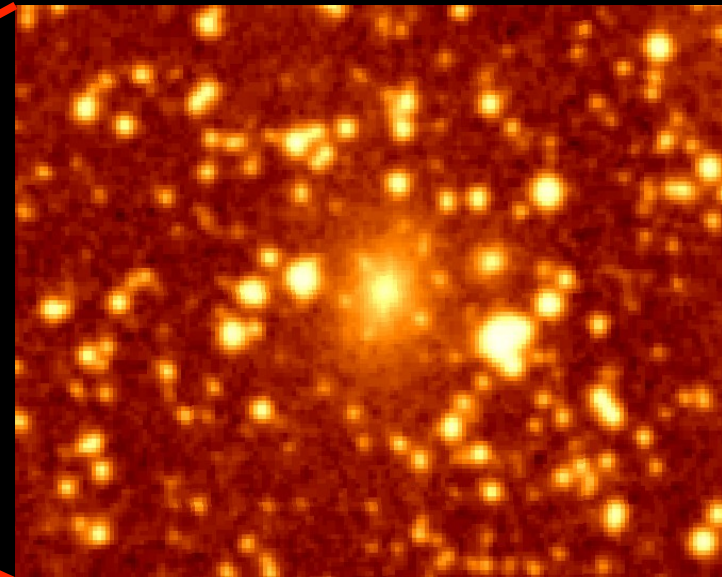
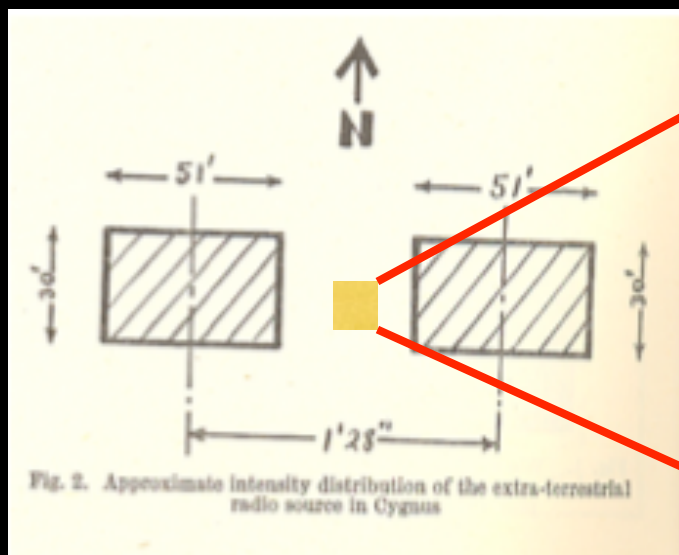


## I primi radiotelescopi



# Identificazione delle radio sorgenti

- Se l'identificazione della radio sorgente è corretta, allora non c'è alcuna correlazione tra l'emissione di onde radio e la galassia



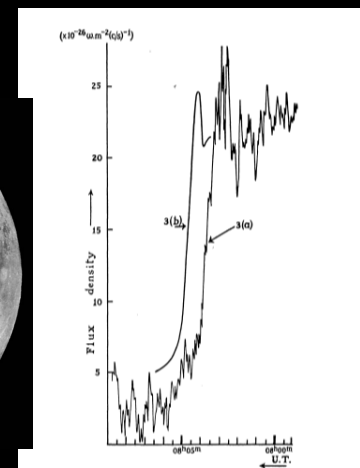
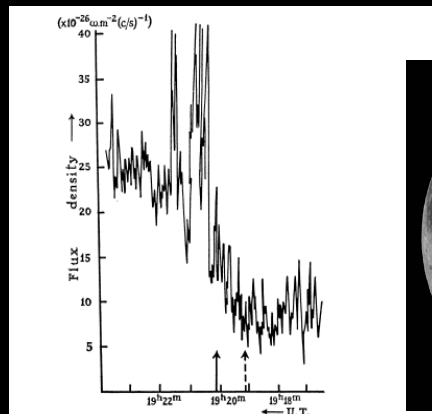
# Osservazione di 3C 273

Dal 3° catalogo di Radio Sorgenti di Cambridge (Edge et al 1959)  
Che contiene 471 sorgenti di onde radio (159 MHz)

Schmidt 1962: 3C 286 riga a  $5170 \text{ \AA}$  Non identificato!

Matthews & Sandage 1963 "Radio stars" 3C 48 3C 169 e 3C 286

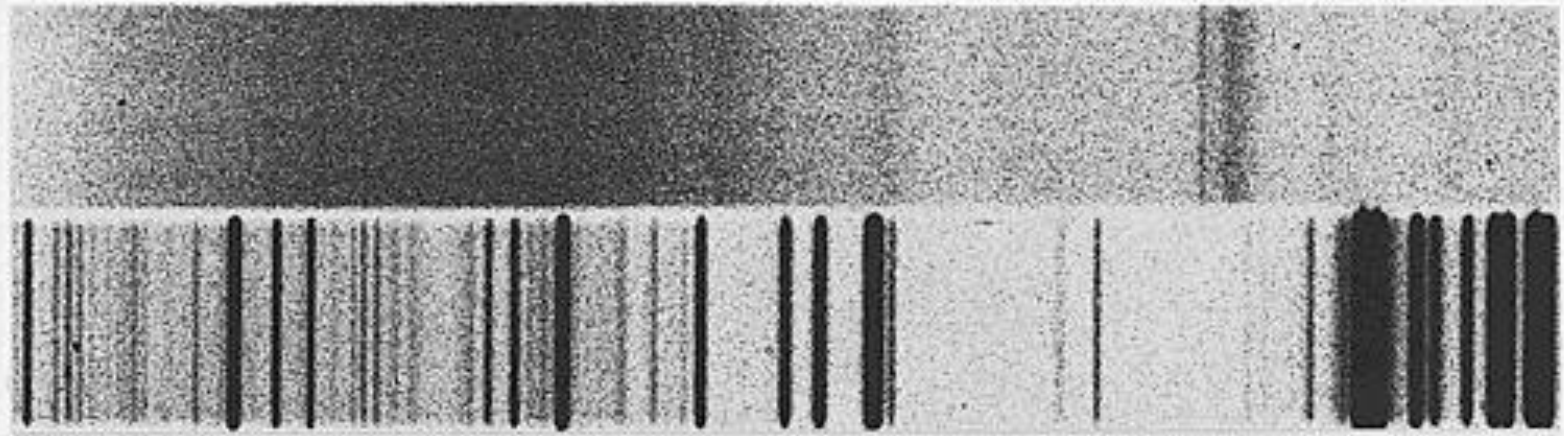
Hazard + 1963 occultazione lunare





3C 273

H $\delta$  H $\gamma$  H $\beta$

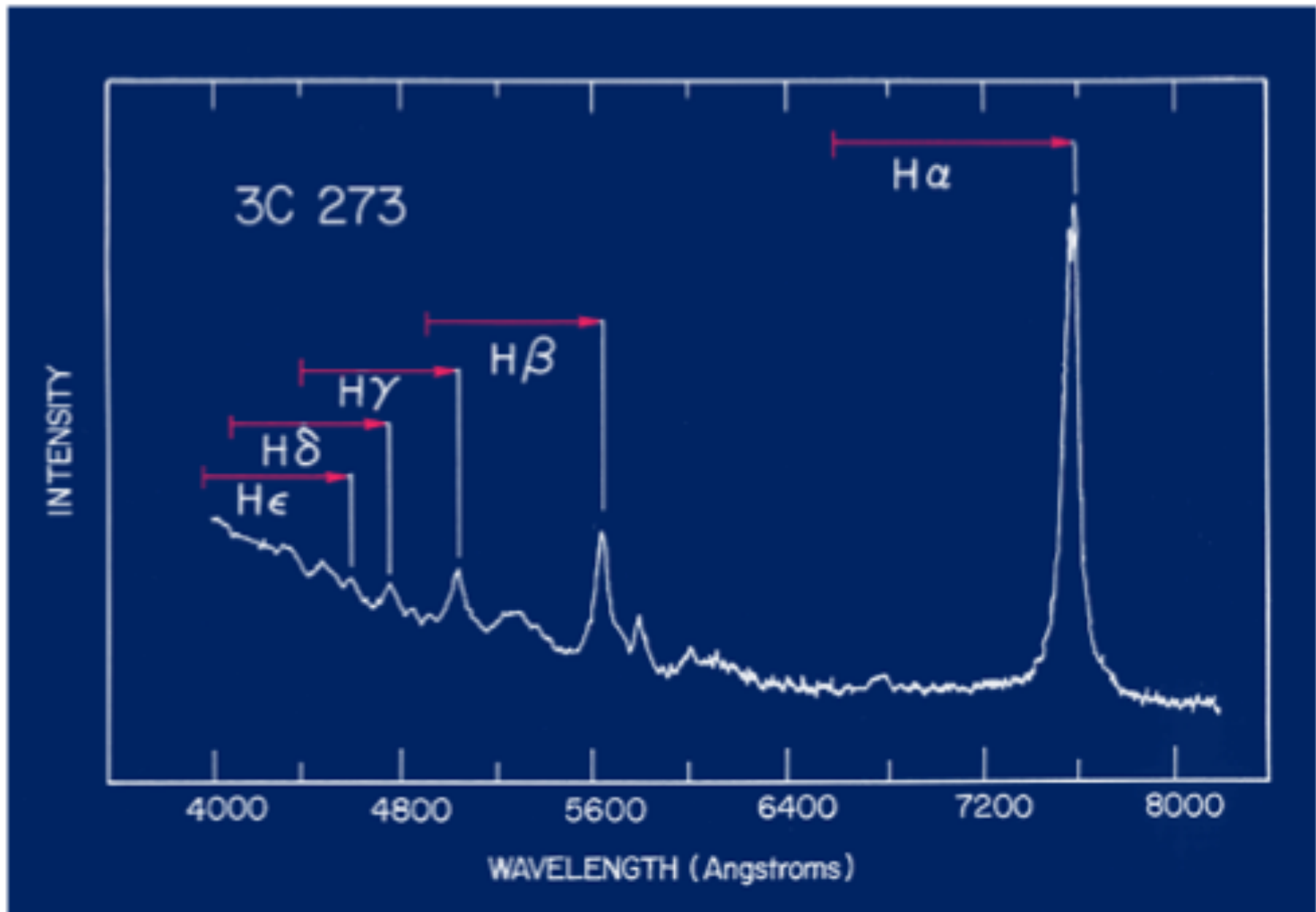


Comparison Spectrum

410 nm 434 nm 486 nm

Table 1. WAVE-LENGTHS AND IDENTIFICATIONS

$\lambda$	$\lambda/1.158$	$\lambda_0$	Identifications
3230	2797	2798	Mg II
4595	3968	3970	H $\delta$
4753	4104	4102	H $\delta$
5032	4345	4340	H $\gamma$
5200-5415	4490-4675		
5632	4864	4861	H $\beta$
5792	5002	5007	[O III]
6005-6190	5186-5345		
6400-6510	5527-5622		



# QUASAR

Secondo la legge di Hubble, questo voleva dire che 3C 273 è distante dalla Terra ben 500 Mpc (~2 miliardi di anni luce) e si allontana alla velocità di 50000 km/s (1/6 di quella della luce!).

“Most direct and least objectionable”  
La spiegazione più diretta e meno discutibile



1040 NATURE March 16, 1963 vol. 197

**3C 273: A STAR-LIKE OBJECT WITH LARGE RED-SHIFT**  
By Dr. M. SCHMIDT

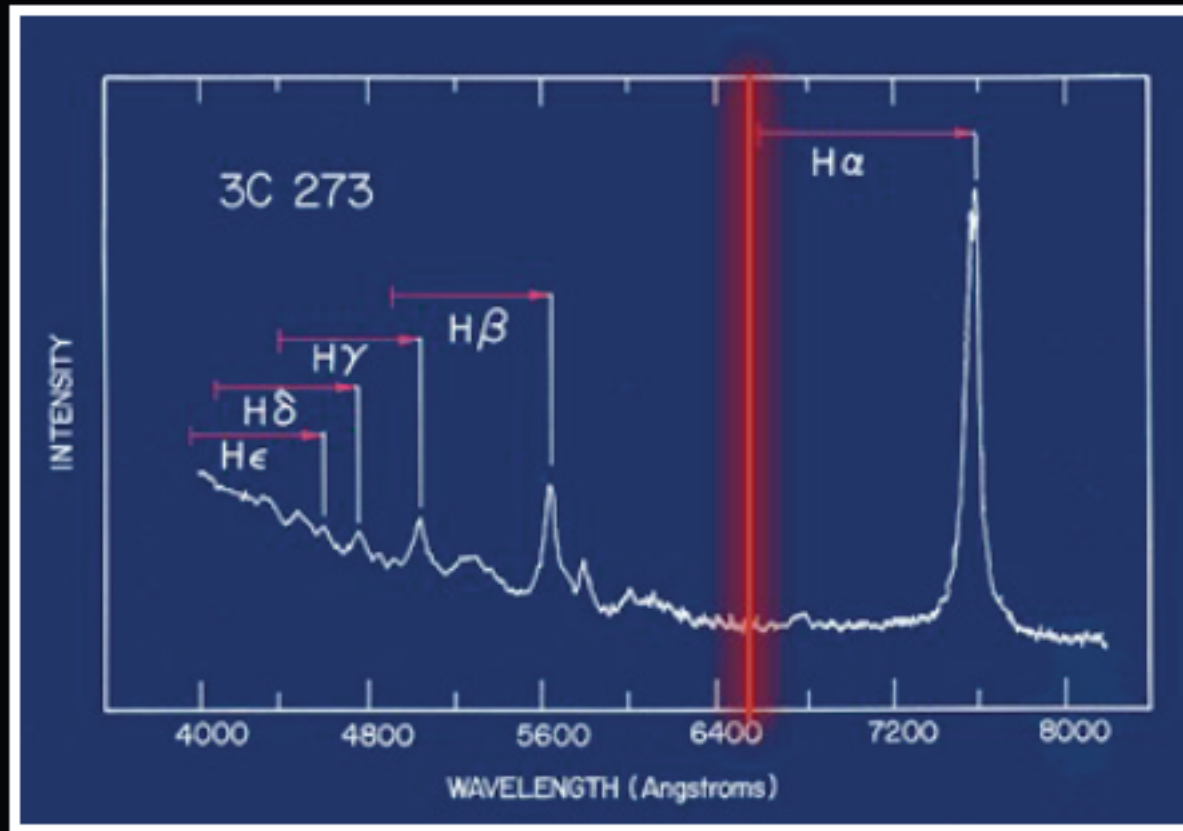
Mount Wilson and Palomar Observatories, Carnegie Institution of Washington, California Institute of Technology, Pasadena

THE only objects seen on a 200-in. plate near the positions of the components of the radio source 3C 273 reported by Hazard, Mackey and Shimozina in the preceding article are a star of about thirteenth magnitude and a faint wispy jet. The jet has a width of 1"-2" and extends away from the star in position angle 43°. It is not visible within 11" from the star and ends abruptly at 20" from the star. The position of the star, kindly furnished by Dr. T. A. Matthews in R &

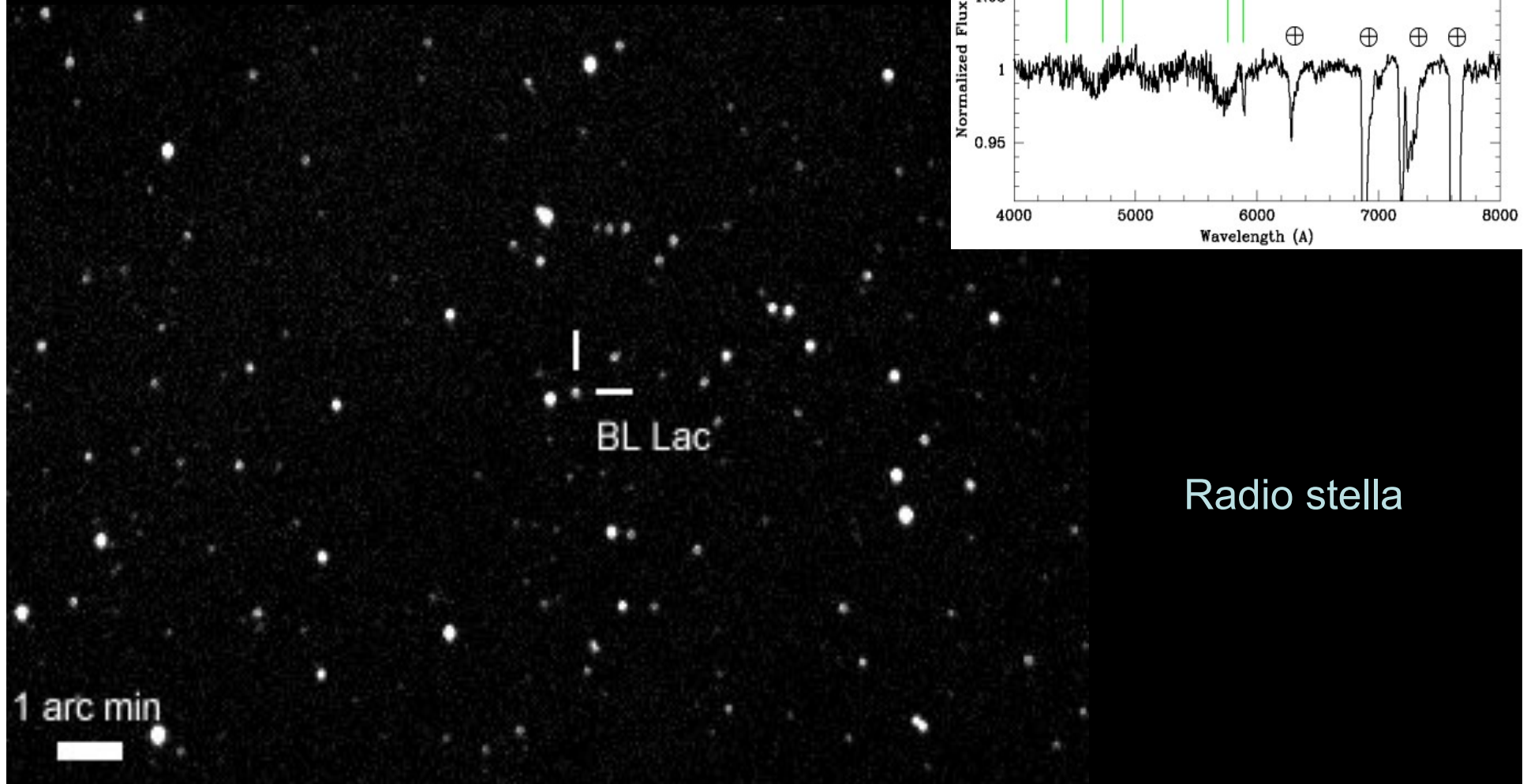
Table 1. Wavelengths and Identifications

$\lambda$	3C 273	$\lambda$	Id.
3230	3747	3796	Mg II
4046	3986	3970	H $\alpha$
4130	4134	4132	H $\beta$
4267	4265	4267	H $\gamma$
5050-5115	4860-5075		
5455	4861	4861	H $\delta$
5791	5493	5493	H $\epsilon$
6580-6780	5100-5345		
6800-6925	5257-5425		

La luminosità di questa sorgente è 100-1000 volte maggiore di qualsiasi oggetto noto in quel momento.



# Oggetti di tipo BL Lac



Radio stella

# La ricerca continua

1967: >100 quasars identificati, spettri codificati e distanze misurate  
(M. Burbidge 1967, Annual Review of Astronomy & Astrophysics)



*M. Burbidge*

FR I Sey 1.8 NLXG CSS  
BLRG LINER  
HPQ GPS BLRG  
QSO Sey 1 LPO QSR  
BALQSO NLS1 Sey 1.9 Sey 2  
BLL OVV  
FR II

# Proprietà

Spettri con righe di **emissione larghe**

Luminosità elevata

Morfologia peculiare – **getti**

Variabilità

**Emissione RADIO**

Moti **superluminali**



# Proprietà

Spettri con righe di **emissione larghe**

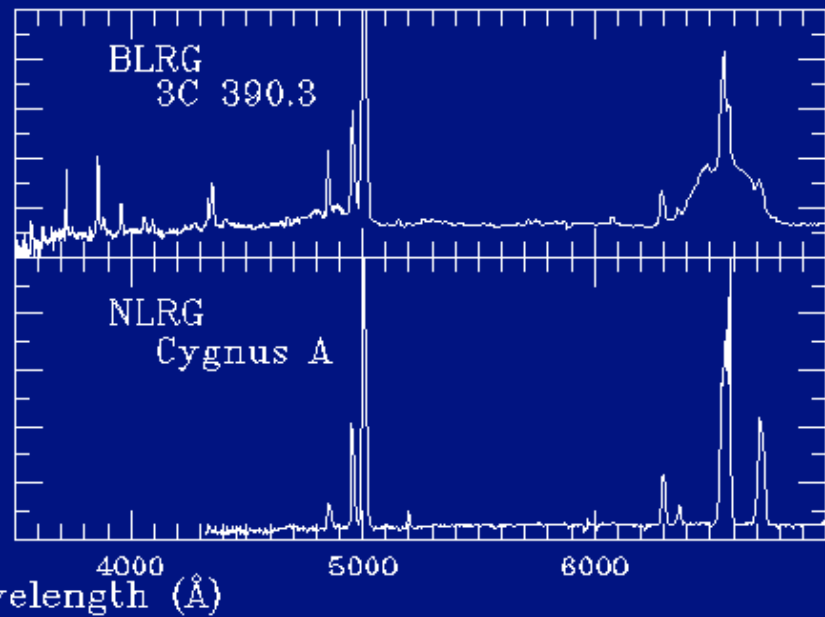
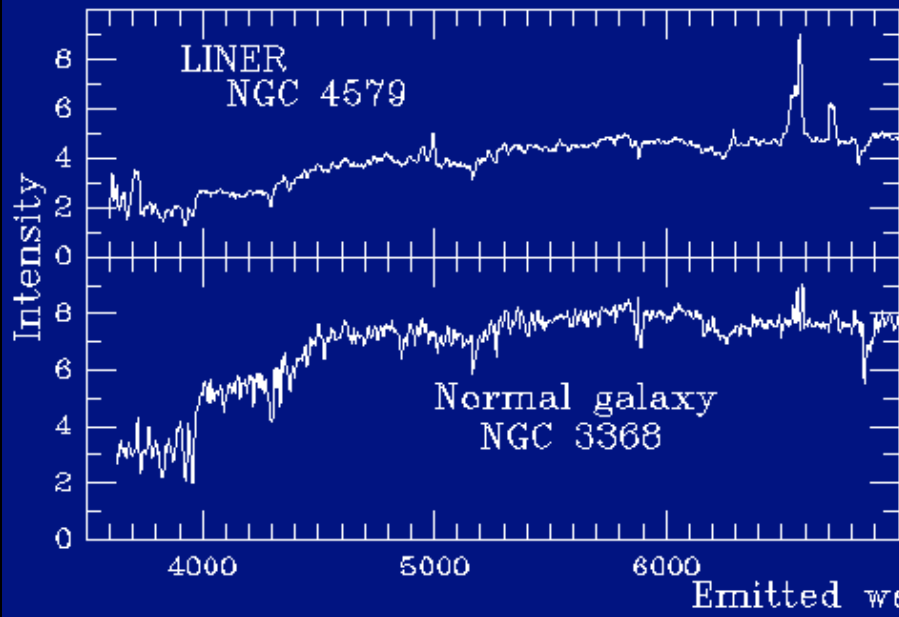
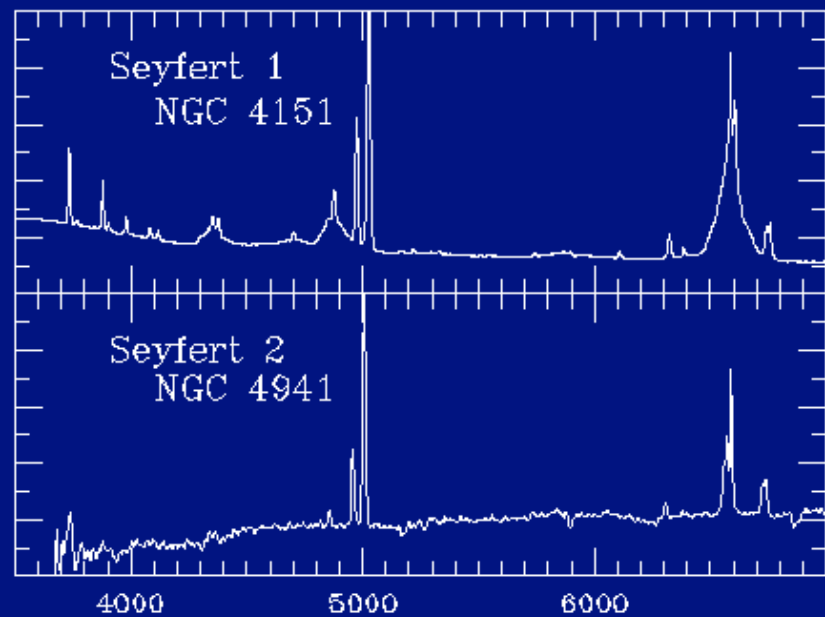
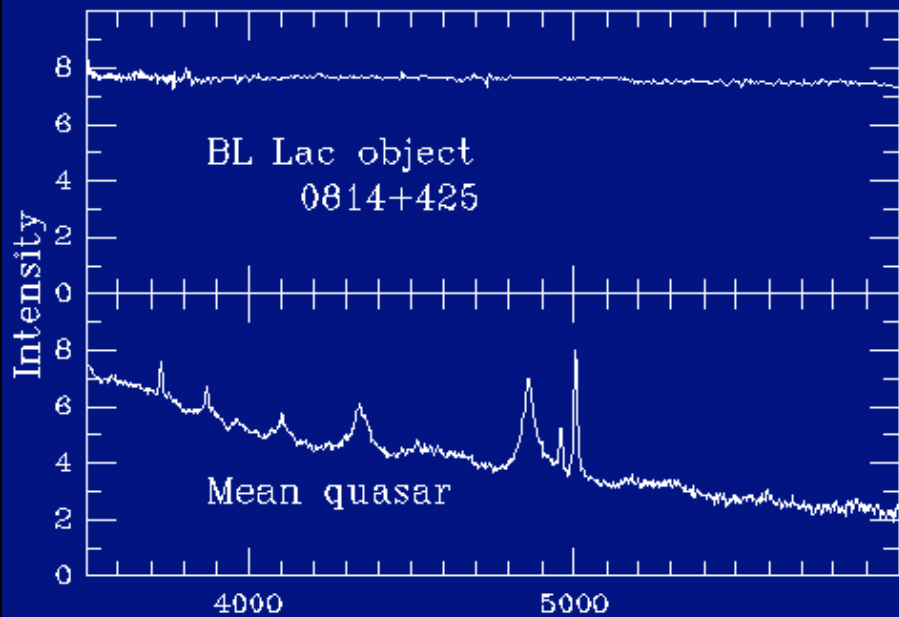
Luminosità elevata

Morfologia peculiare – getti

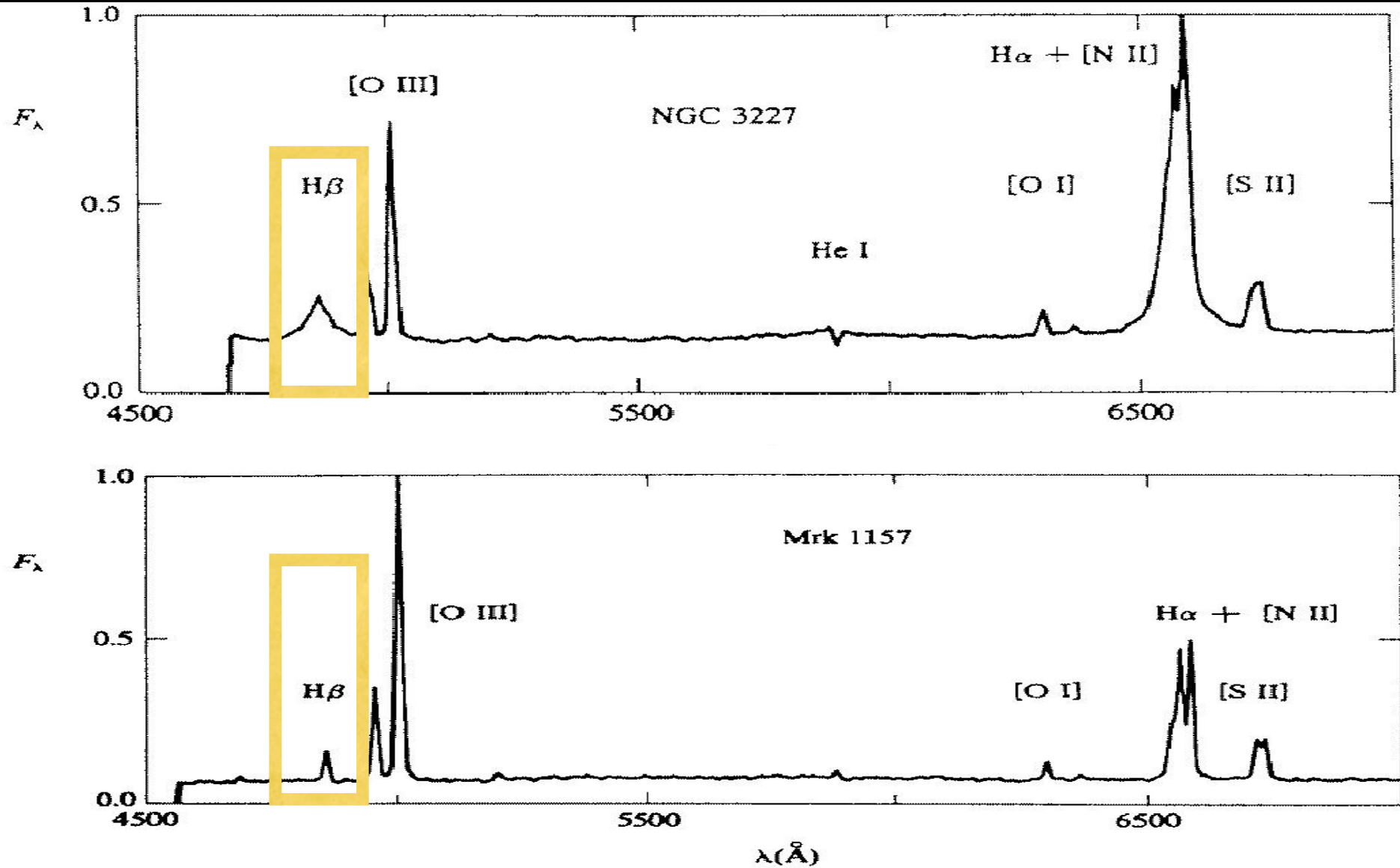
Variabilità

Emissione RADIO

Moti superluminali



# Spettro di emissione



# Proprietà

Spettri con righe di emissione larghe

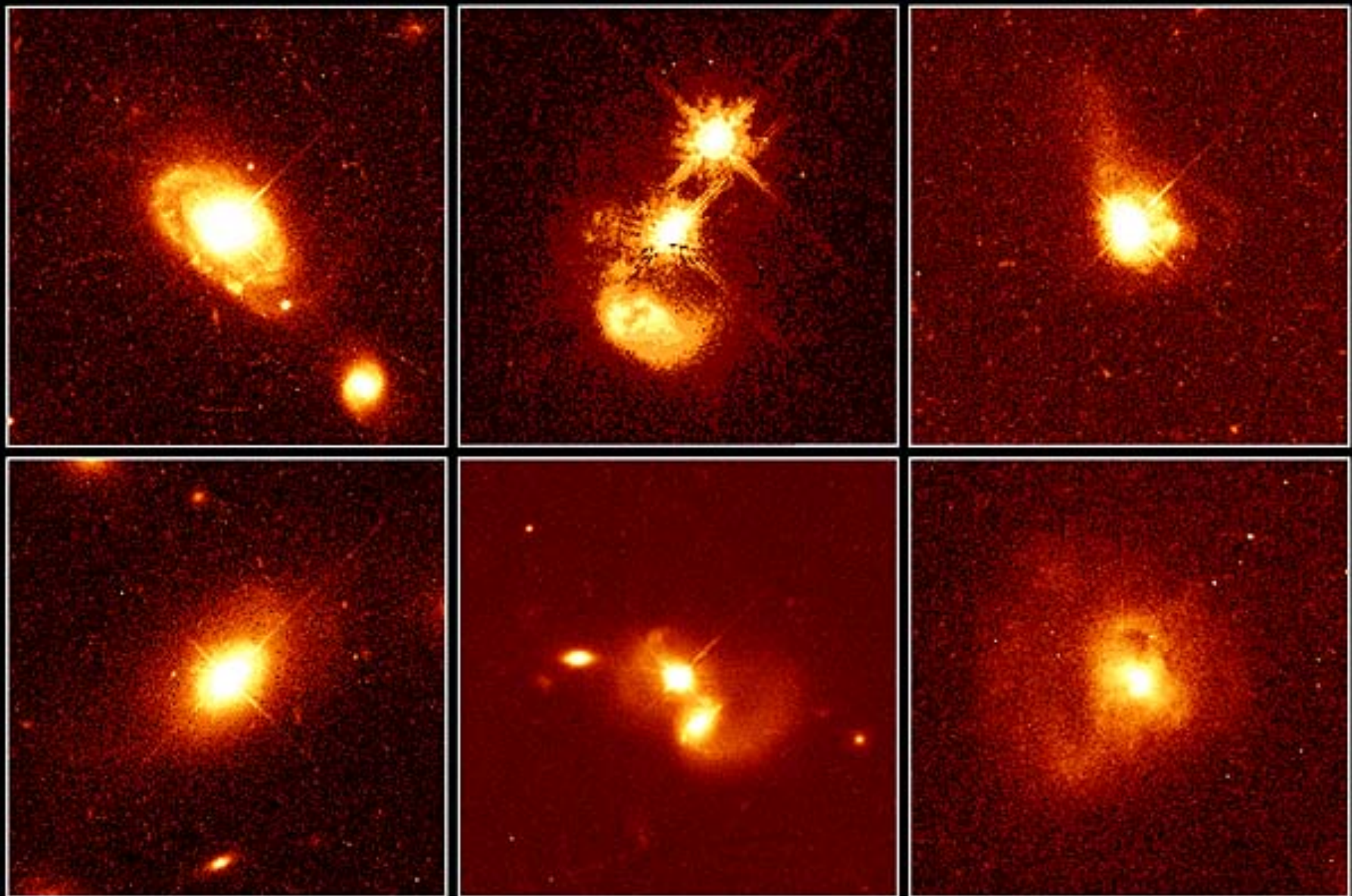
Luminosità elevata

Morfologia peculiare – getti

Variabilità

Emissione RADIO

Moti superluminali



## Quasar Host Galaxies

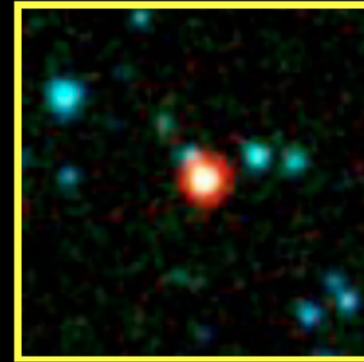
HST • WFPC2

PRC96-35a • ST ScI OPO • November 19, 1996

J. Bahcall (Institute for Advanced Study), M. Disney (University of Wales) and NASA

Produce molta energia:

Spesso di più di quella prodotta dalla galassia che lo ospita



$10^{37}$  Watt

1'000'000'000'000'000'000'000'000'000 ×

Energia consumata sulla  
Terra ogni secondo



# Proprietà

Spettri con righe di emissione larghe

Luminosità elevata

Morfologia peculiare – **getti**

Variabilità

Emissione RADIO

Moti superluminali

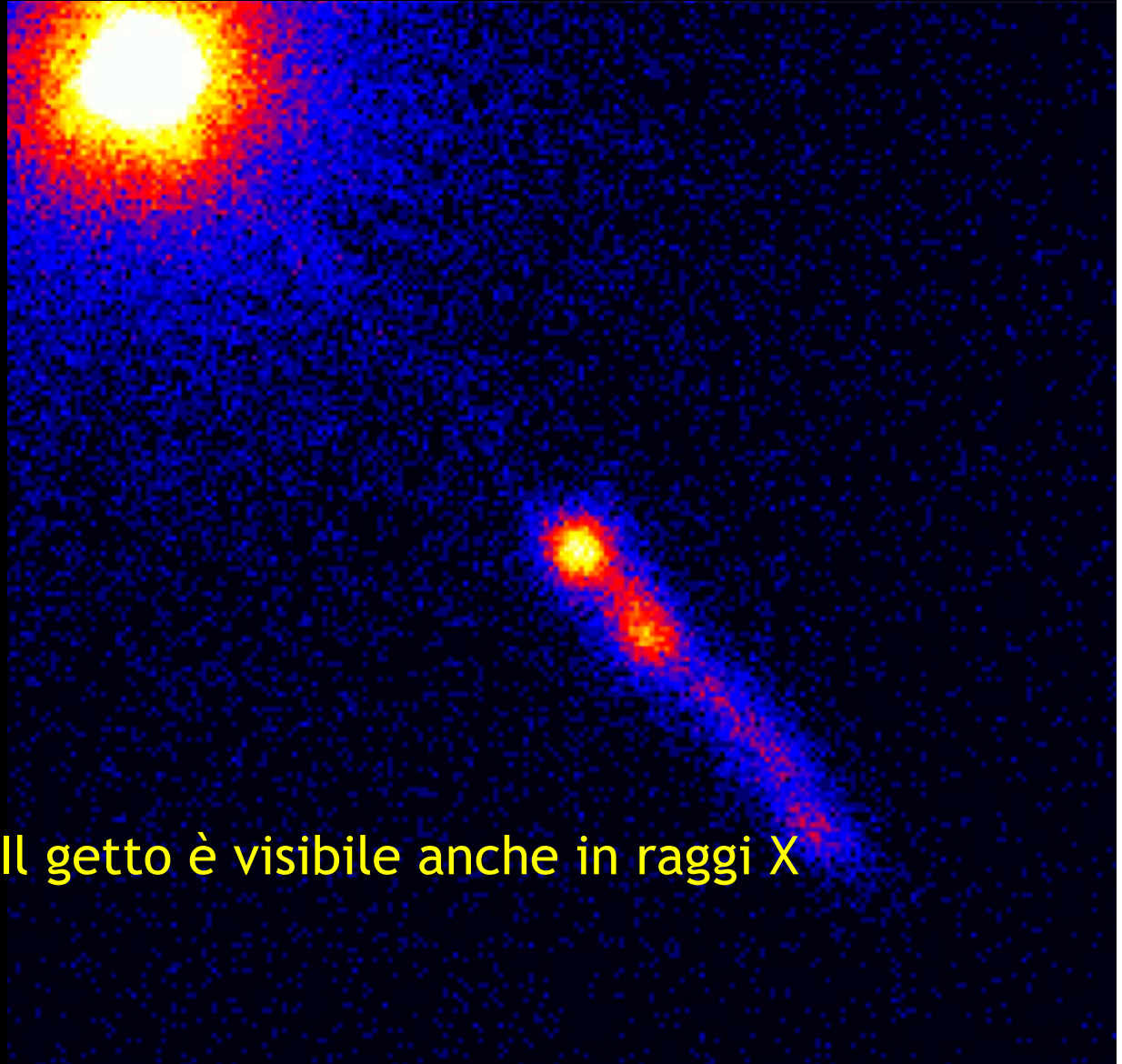
# 3C273

Uno dei piú vicini a noi,  
3 miliardi di anni luce

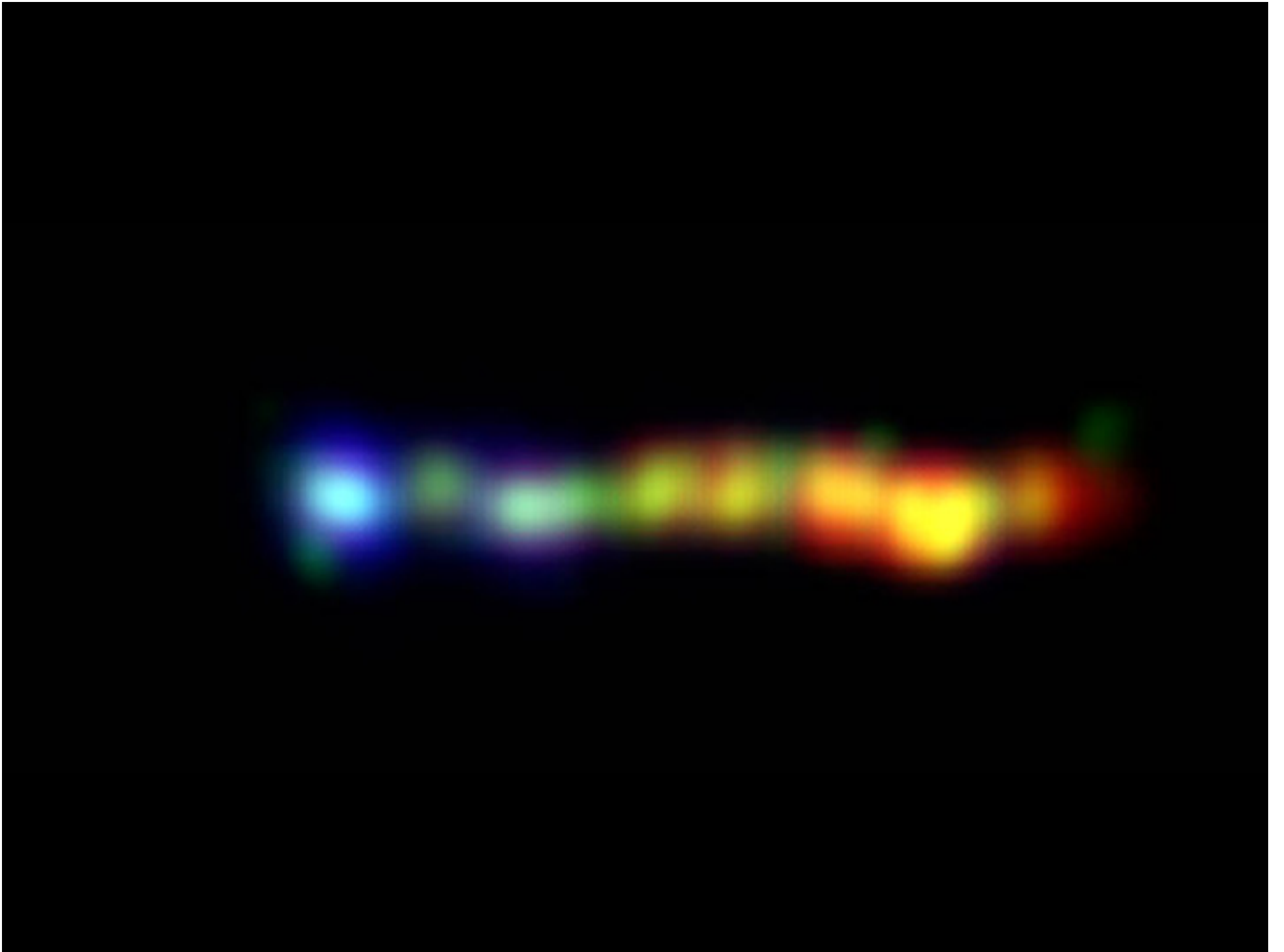
Pur essendo il piú  
brillante è mille volte  
troppo debole per  
essere visto ad occhio  
nudo dalla Terra

La sua luminosita' è  
12 ordini di grandezza  
( $10^{12}$  volte maggiore di  
quella del sole)

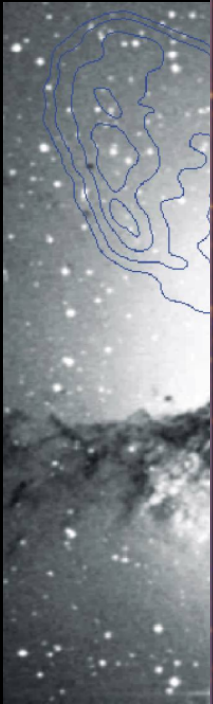
Il getto è visibile anche in raggi X



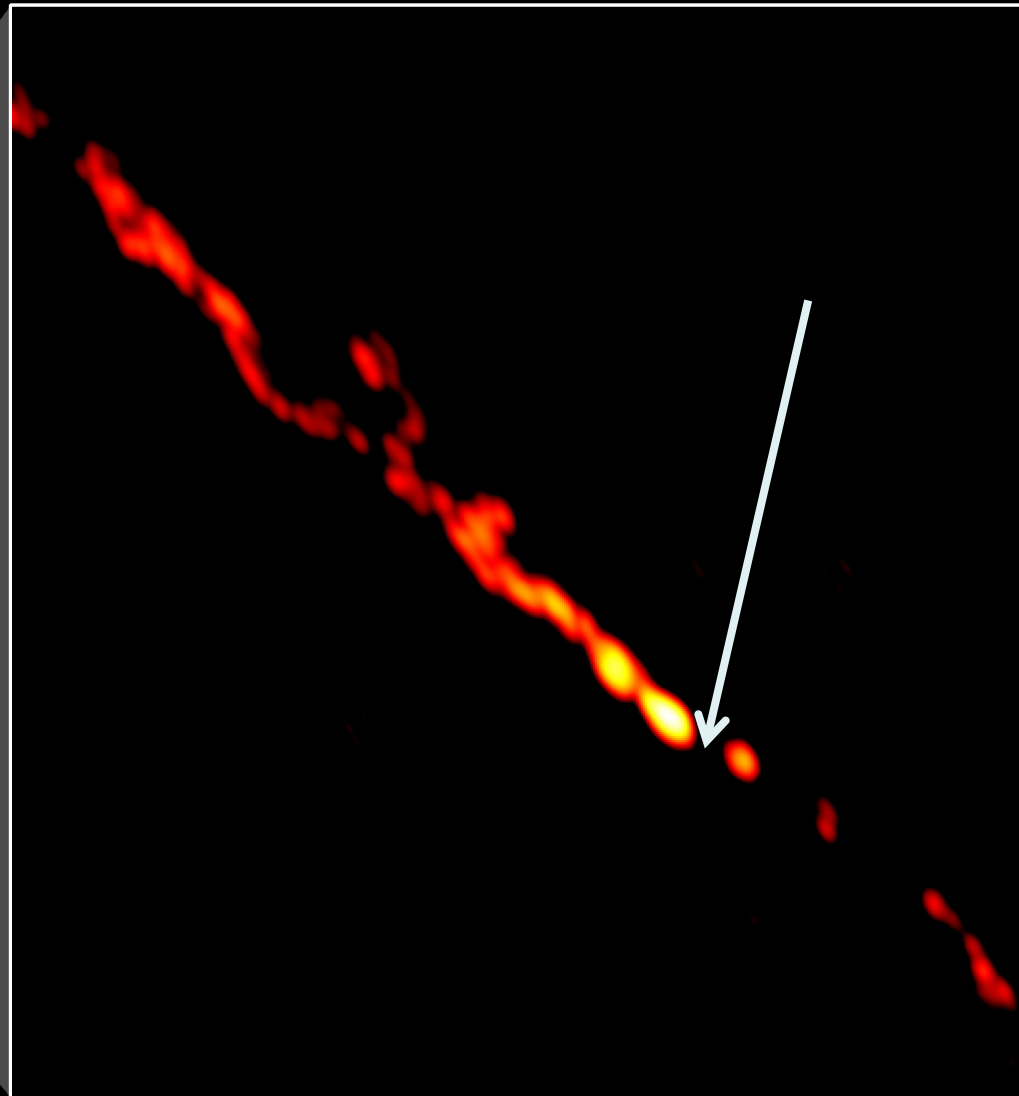




# Centauro A: risultato di uno scontro



# I getti interni di Centauro A



# Proprietà

Spettri con righe di emissione larghe

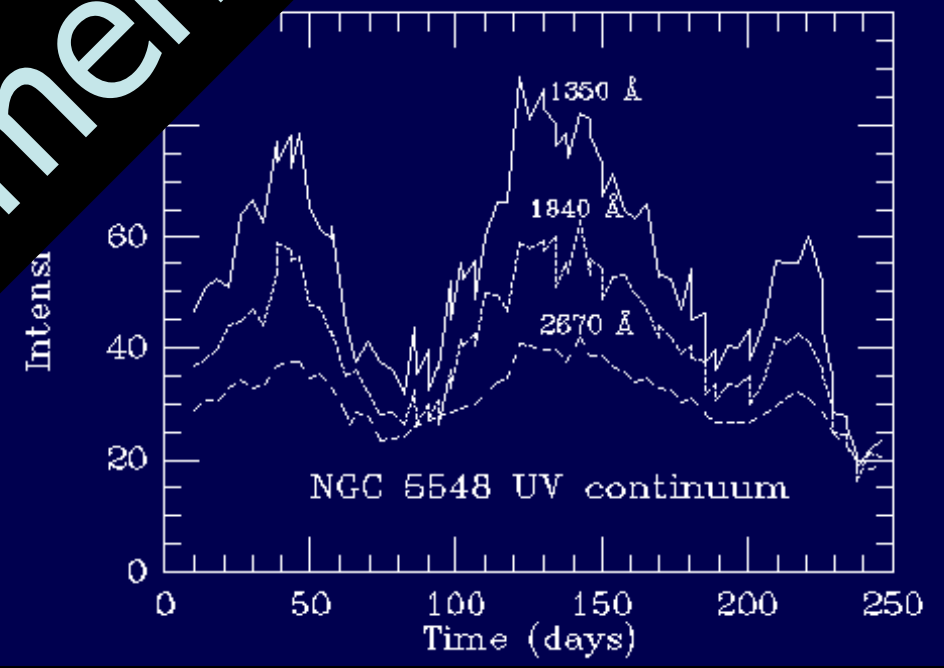
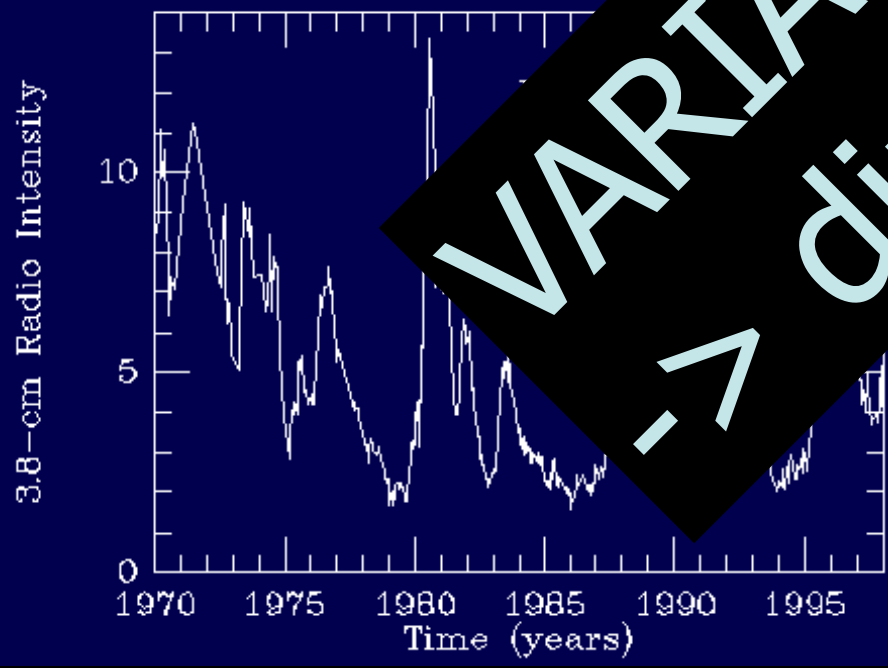
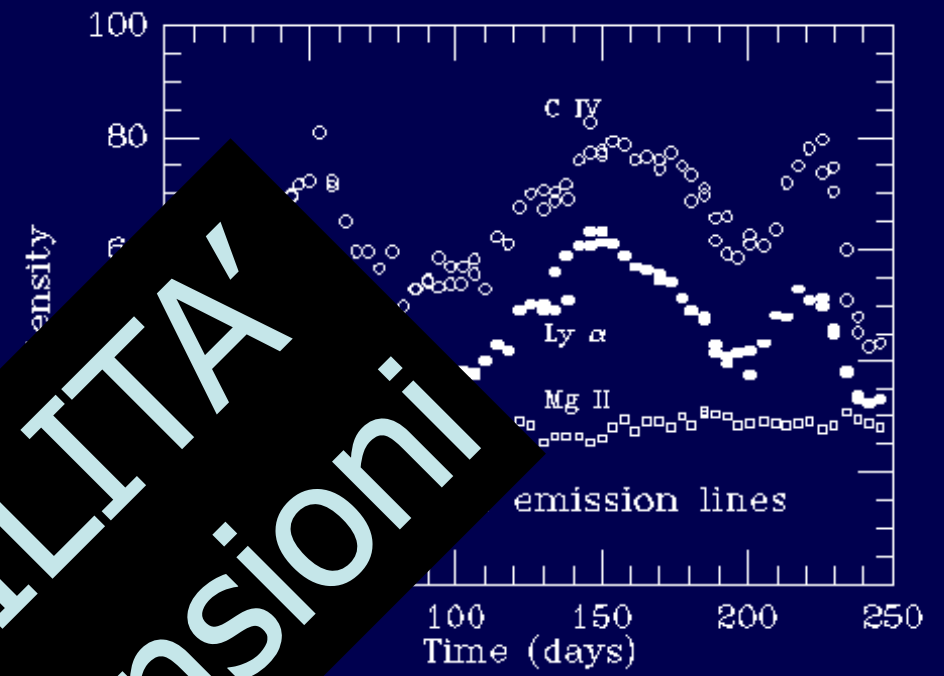
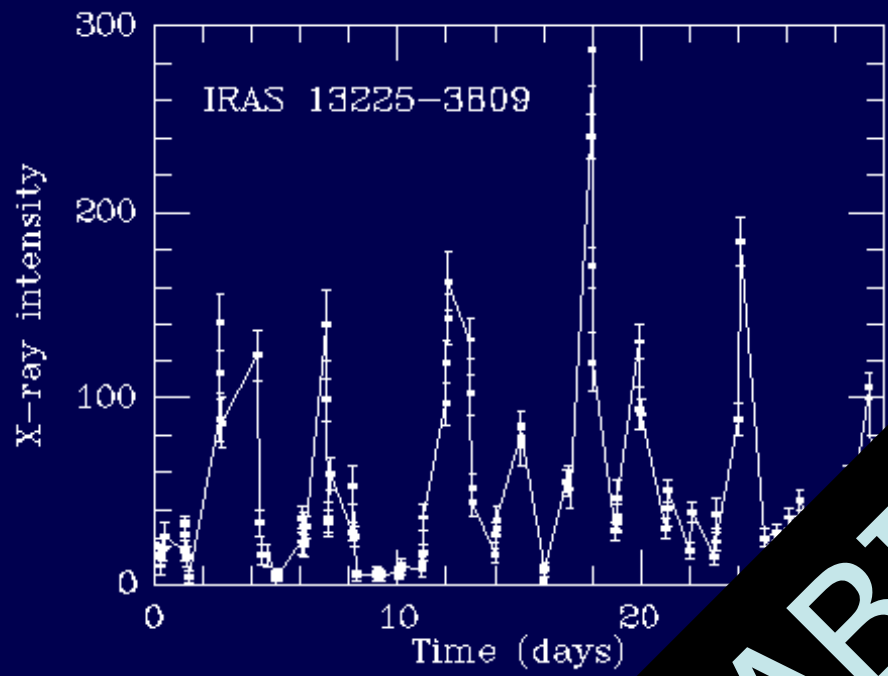
Luminosità elevata

Morfologia peculiare – getti

**Variabilità**

Emissione RADIO

Moti superluminali

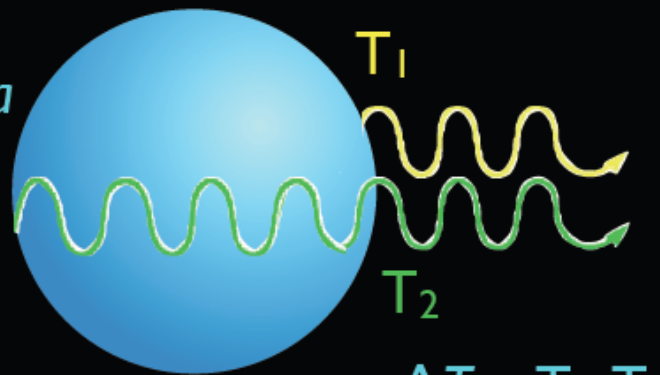


VARIABILITA'  
→ dimensioni

La variabilità implica una sorgente di dimensioni piccole

$\Delta T$  = tempo sul quale la  
luce varia

$c$  = velocità della luce



$$\Delta T = T_2 - T_1$$



$$D = \Delta T \times c$$



# Proprietà

Spettri con righe di emissione larghe

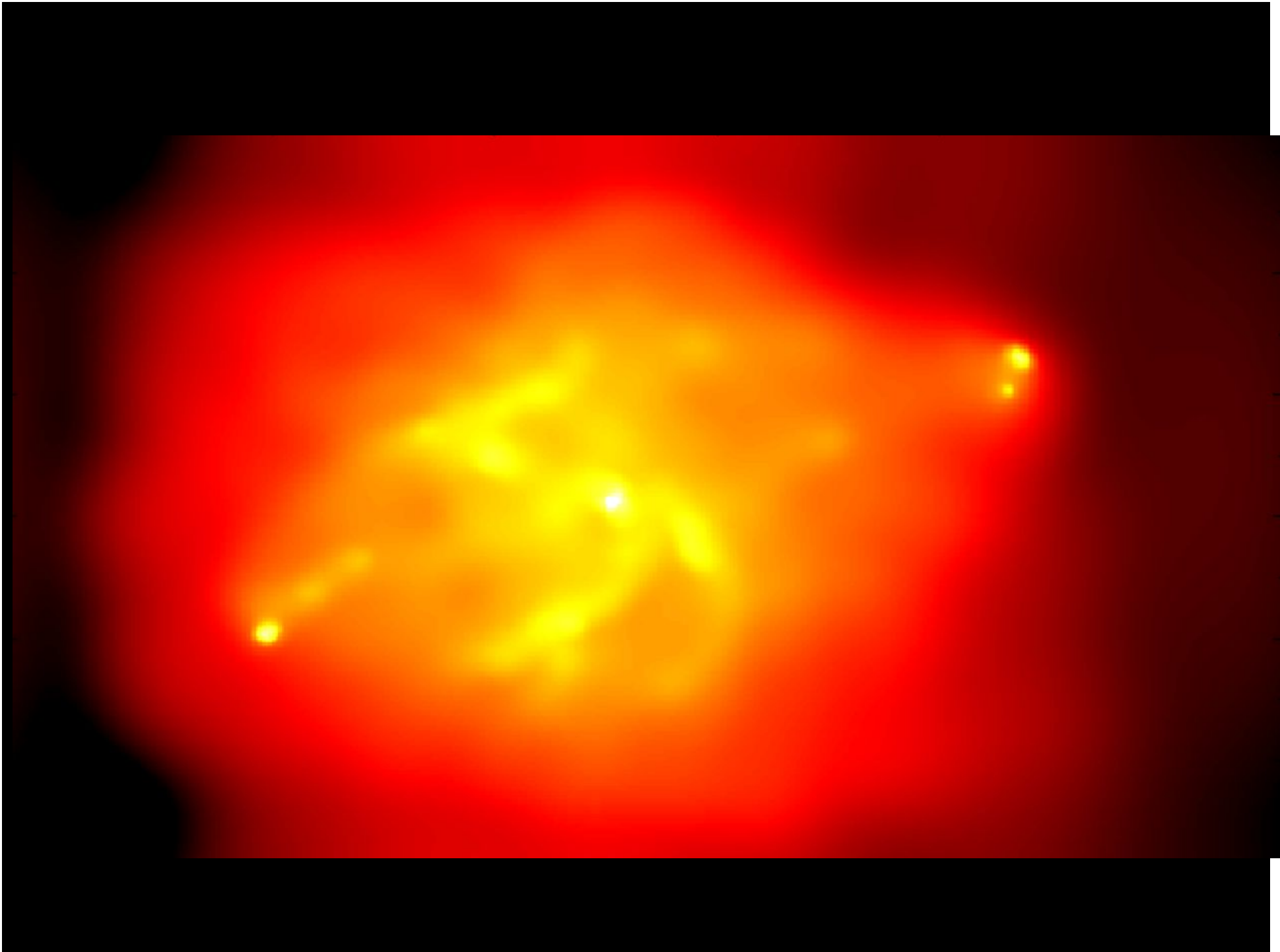
Luminosità elevata

Morfologia peculiare – getti

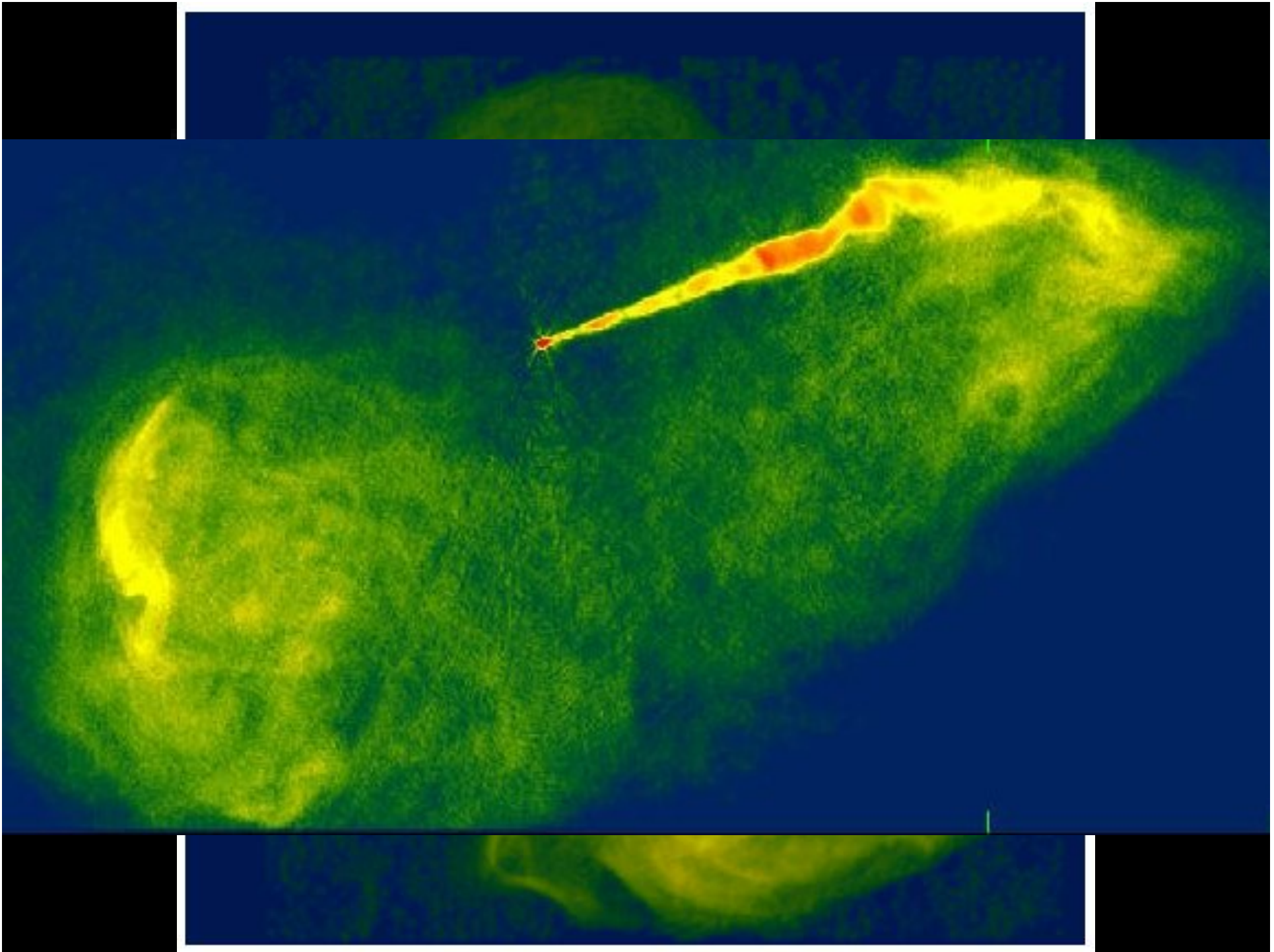
Variabilità

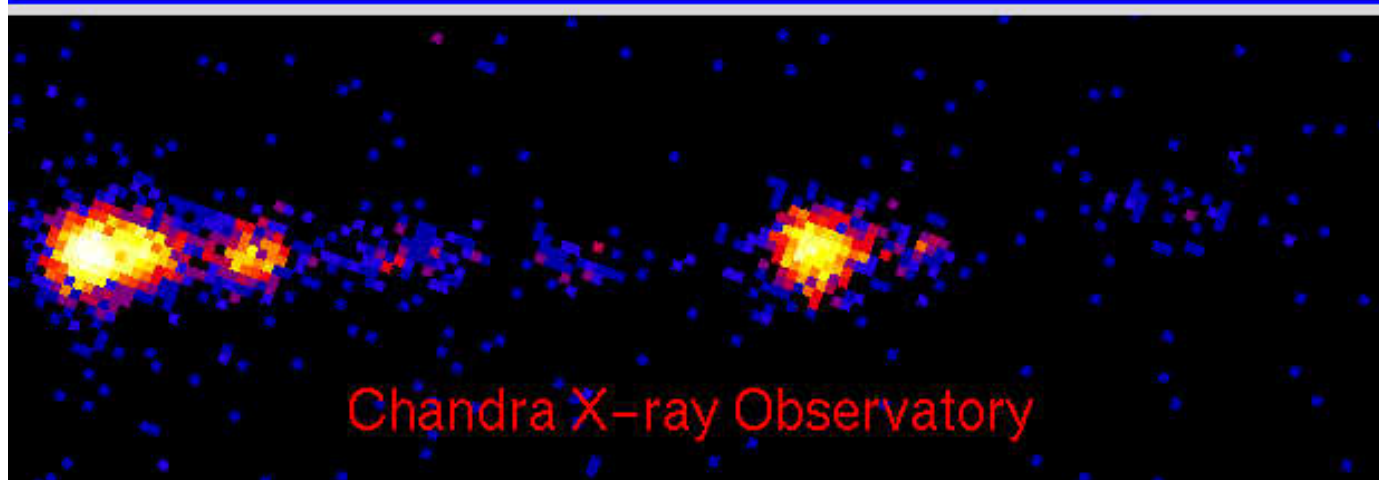
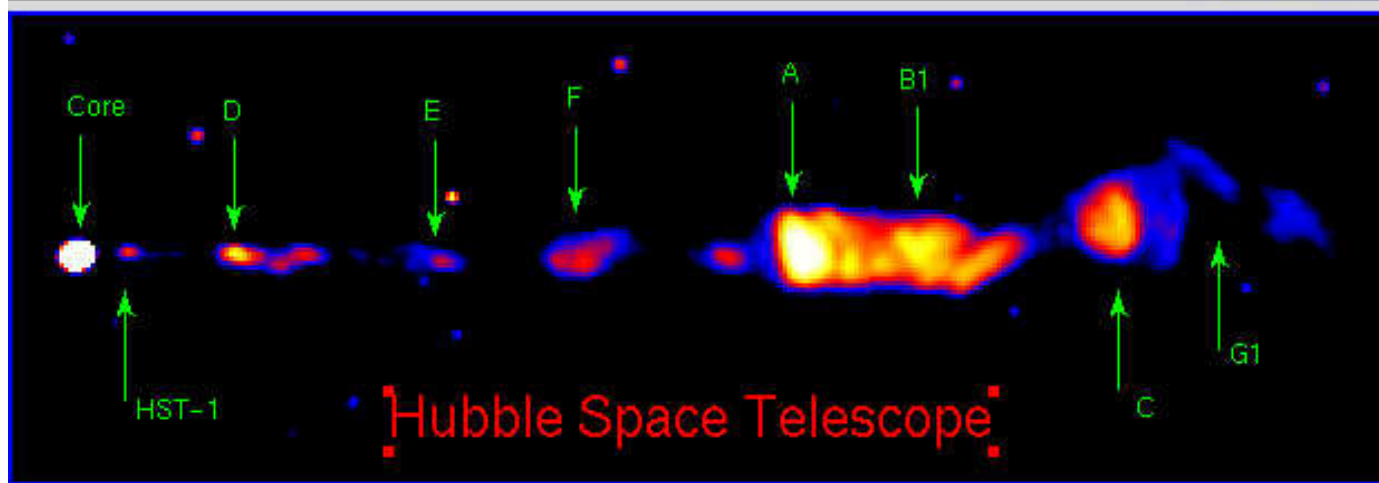
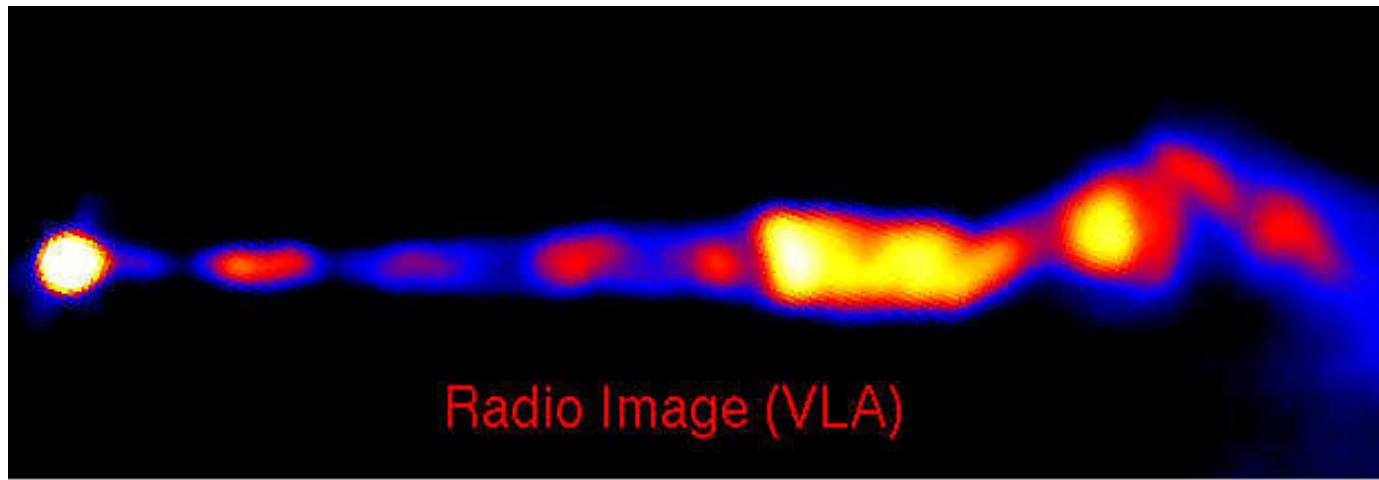
**Emissione RADIO**

Moti superluminali





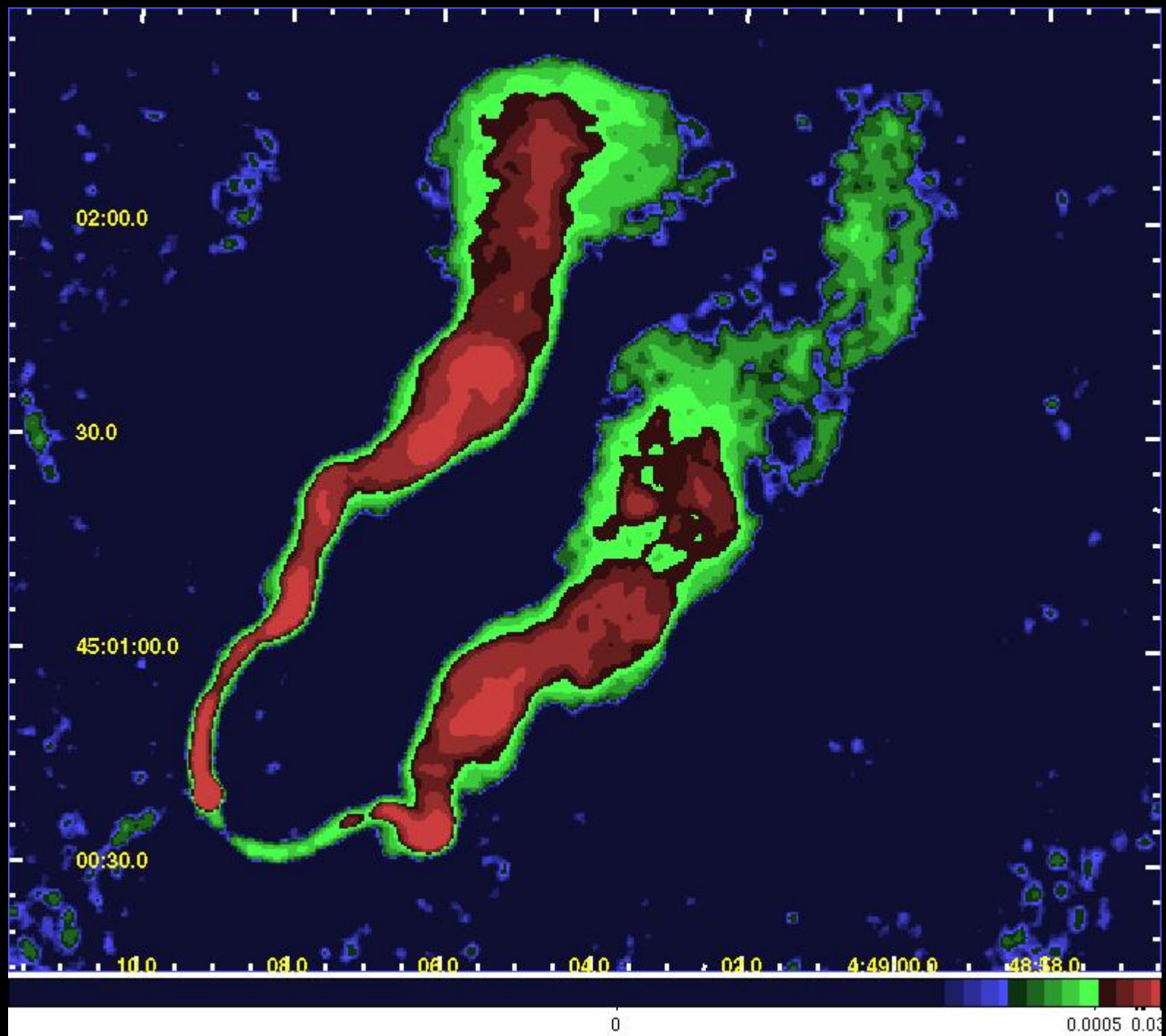




PKS2356-61 ( $z = 0.1$ )



Quasar  
in una  
galassia  
ellittica

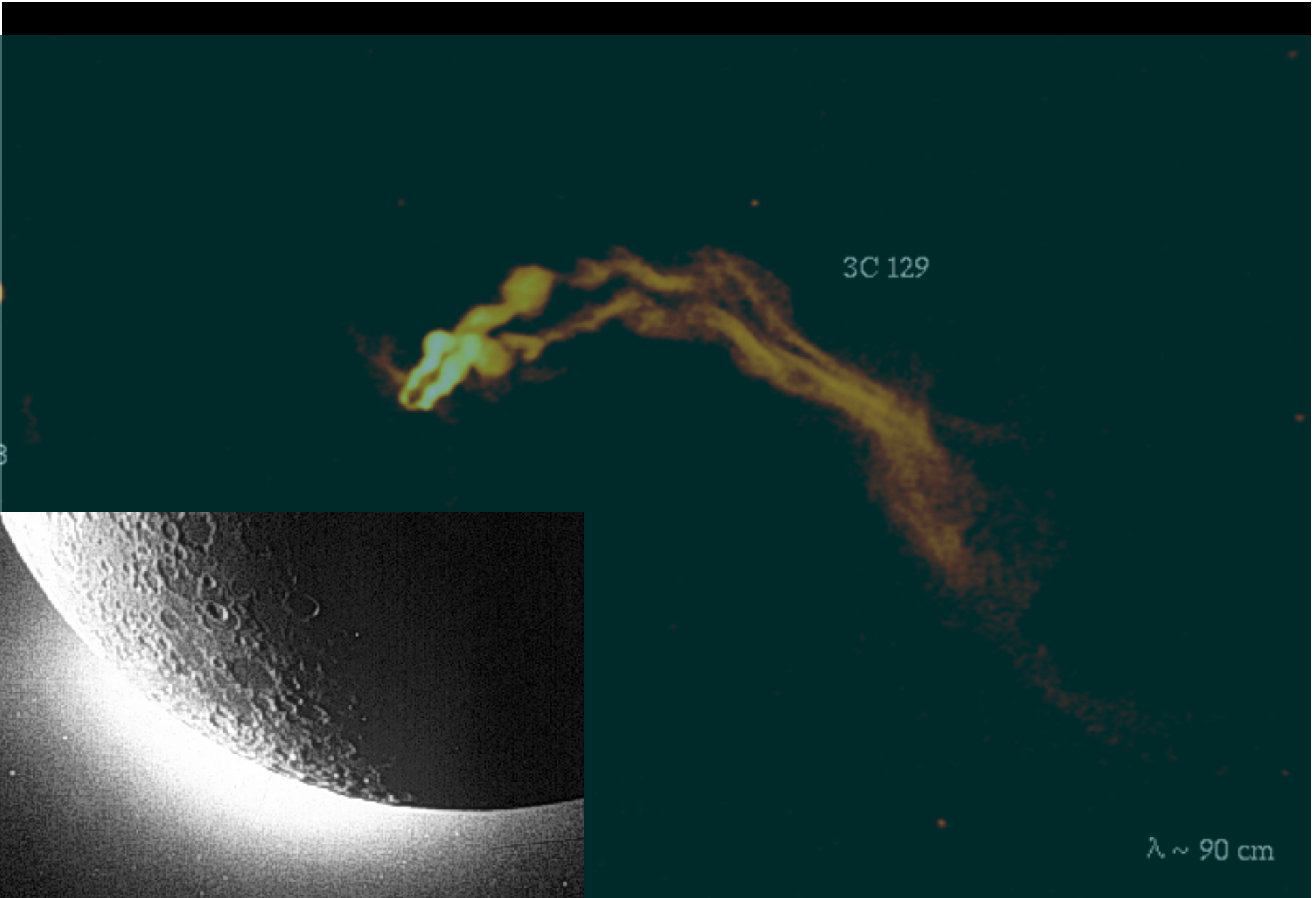


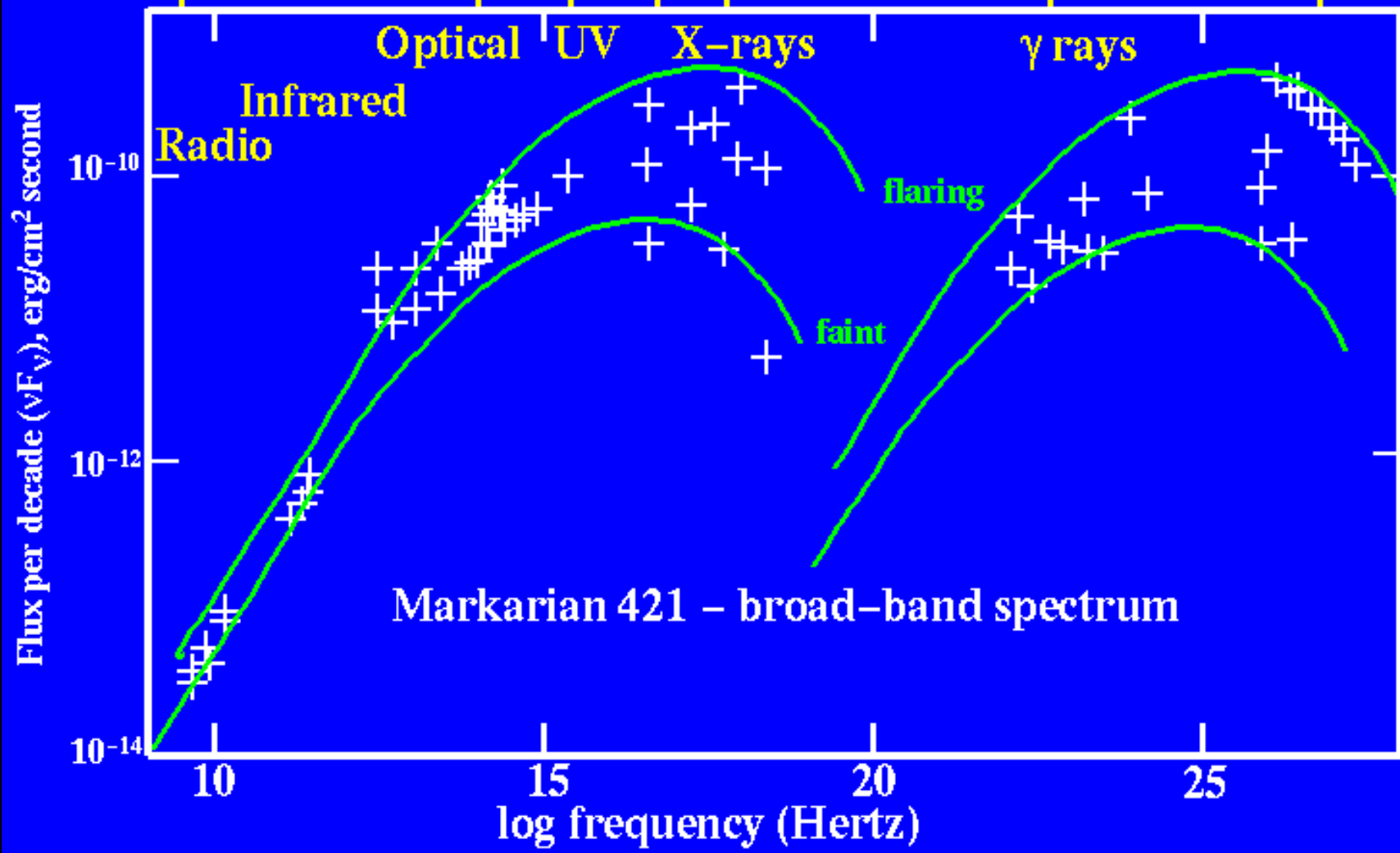
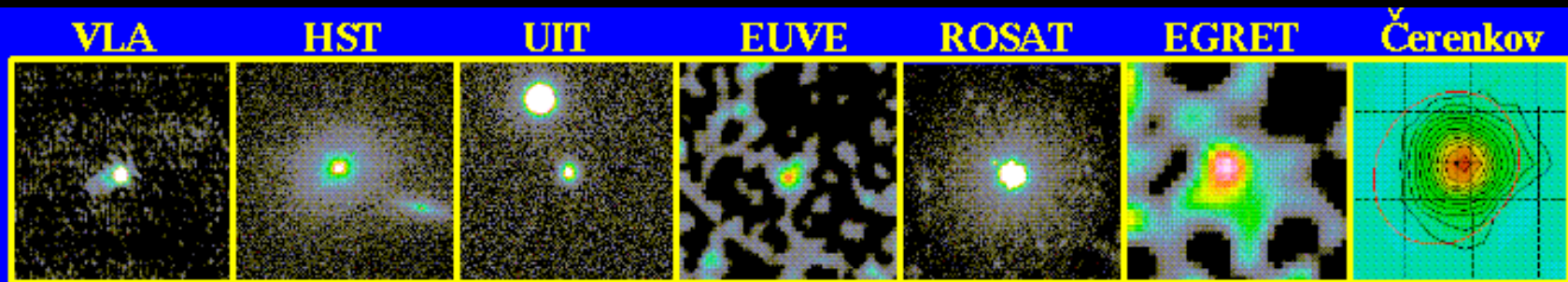
1.1

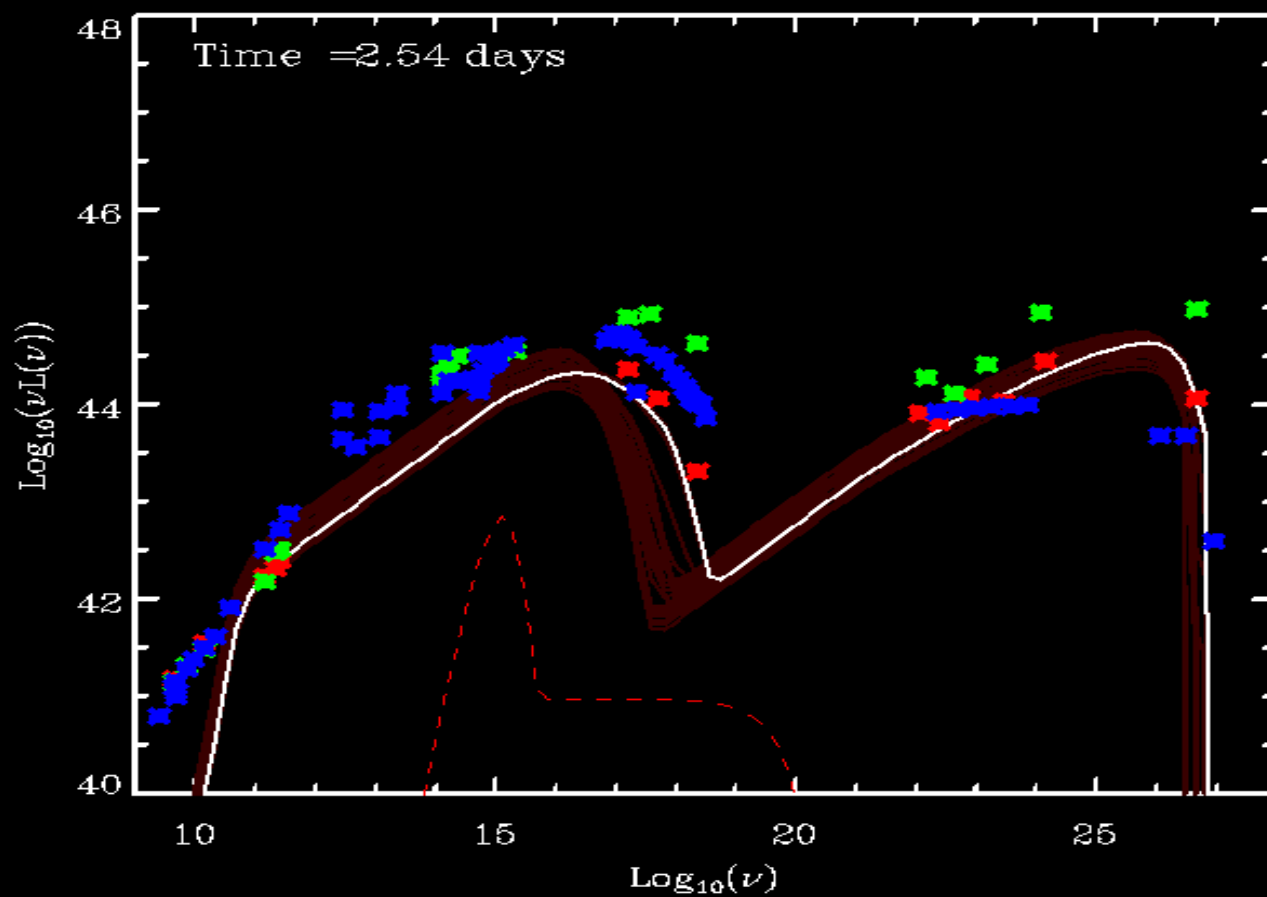
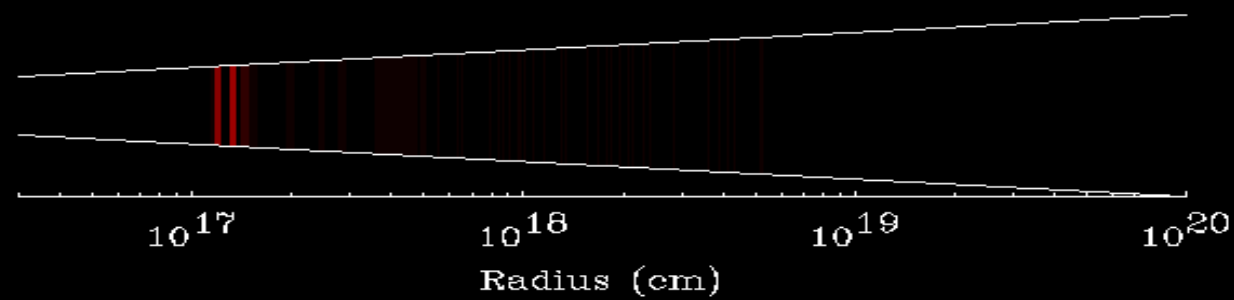
B

3C 129

$\lambda \sim 90 \text{ cm}$







# Proprietà

Spettri con righe di emissione larghe

Luminosità elevata

Morfologia peculiare – getti

Variabilità

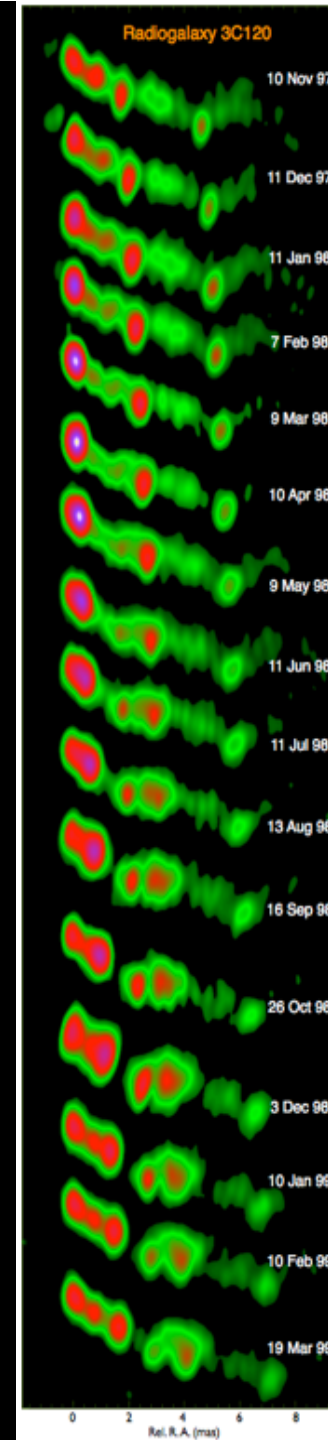
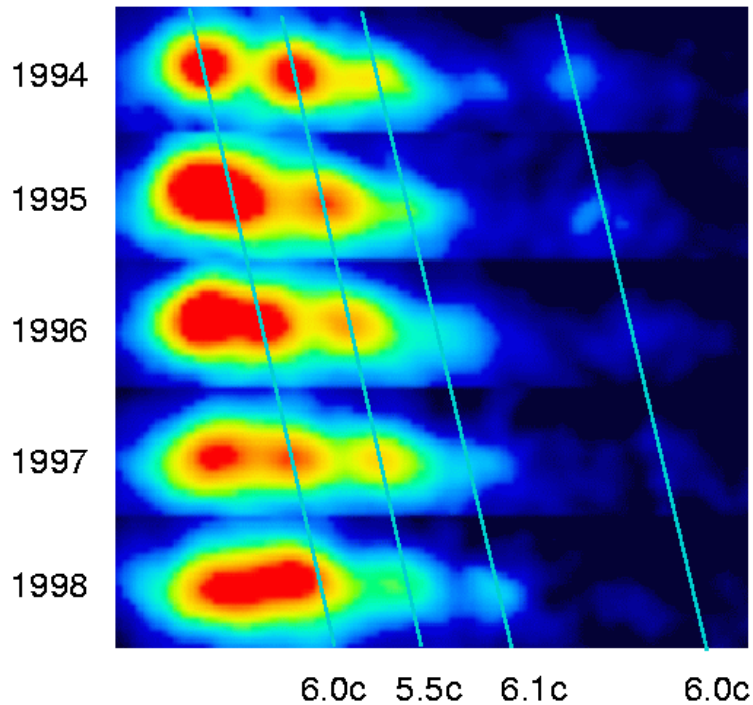
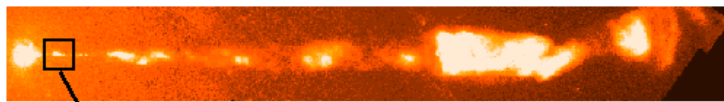
Emissione RADIO

Moti superluminali



# Moti superluminali

Superluminal Motion in the M87 Jet



*VLBA 22 GHz Observations*  
*of*  
*3C120*

*José-Luis Gómez*

*IAA (Spain)*

*Alan P. Marscher*

*BU (USA)*

*Antonio Alberdi*

*IAA (Spain)*

*Svetlana Marchenko-Jorstad*

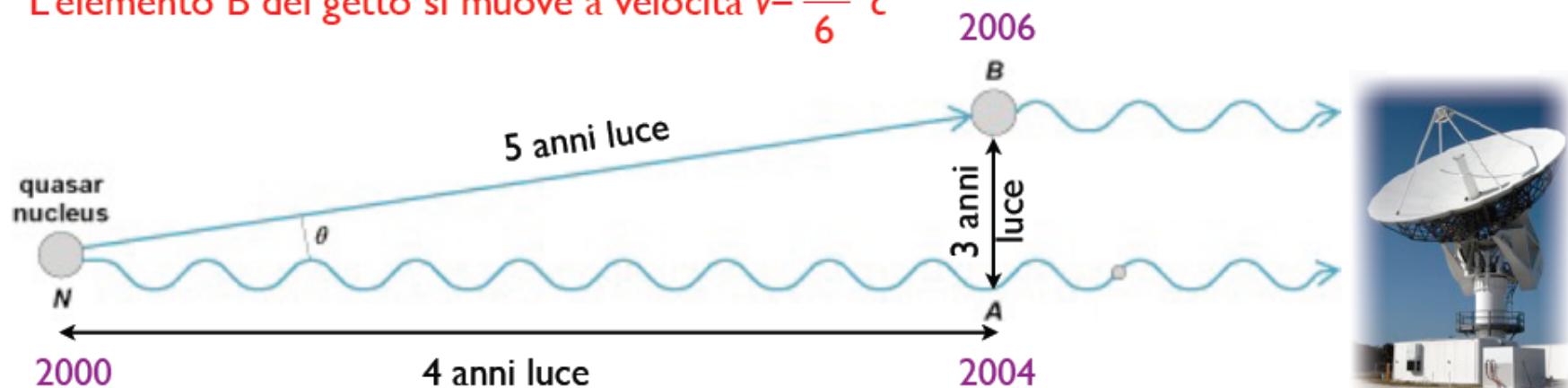
*BU (USA)*

*Cristina García-Miró*

*IAA (Spain)*

# Più veloce della luce!!!

L'elemento B del getto si muove a velocità  $v = \frac{5}{6} c$



Il segnale dell'elemento B giungerà a noi 2 anni dopo il segnale dell'elemento N, ma la distanza apparente tra i due elementi sarà di 3 anni luce

Velocità apparente  $v_{app} = \frac{3}{2} c$

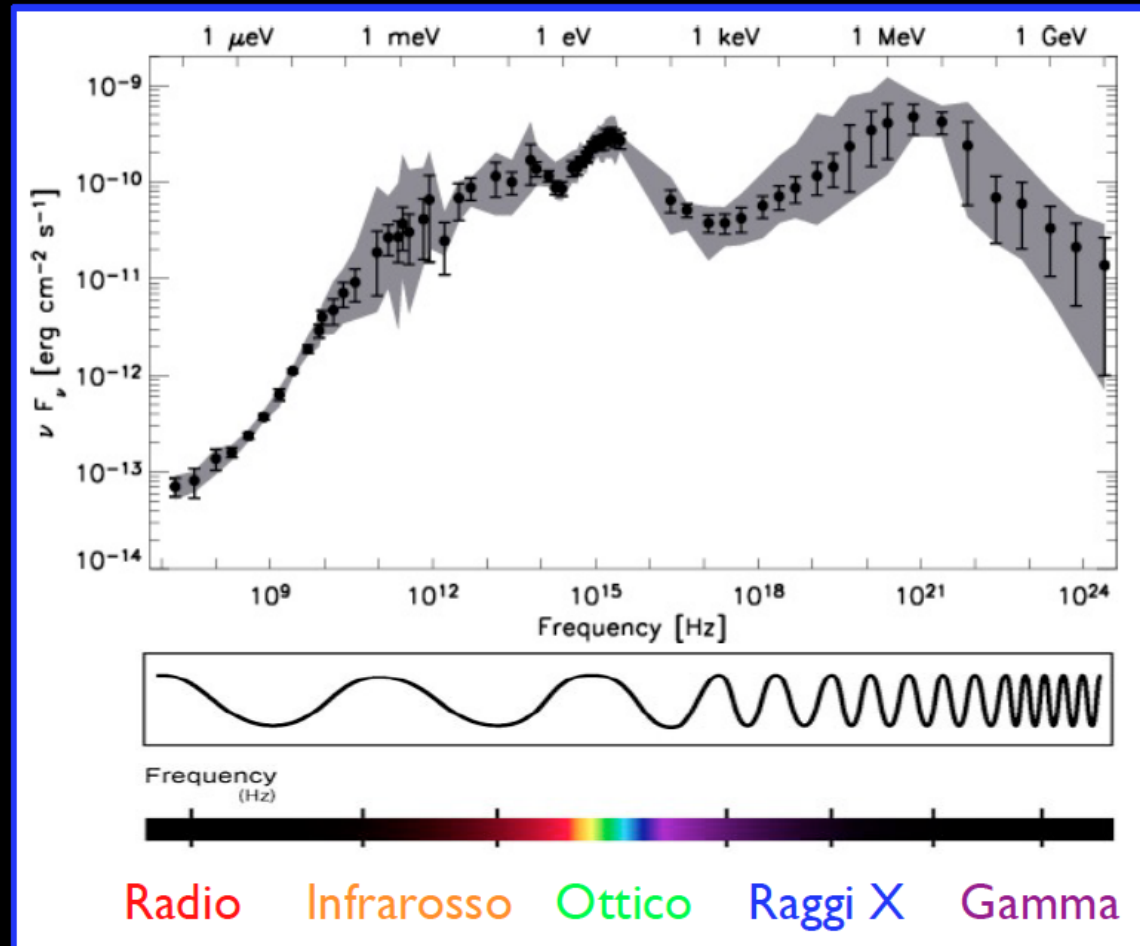


# Modello Unificato

## Quasars compared with Stars

Property	Stars range value	Quasars range value
Luminosity range	$10^9$ $10^{-4} - 10^5 L_{\odot}$ (M8-O5)	$>10^7$ $10^7 - 10^{14} L_{\odot}$
Mass range	$1000$ $0.05 - 50 M_{\odot}$	$1000$ $10^6 - 10^9 M_{\odot}$
Temperature range	$10$ $3,000 \text{ K} - 50,000 \text{ K}$	$\sim 10^?$ [big blue bump]
Lifetime	$10,000$ $1 \text{ Myr} - 10 \text{ Gyr}$	$<1000?$ $\sim 10 \text{ Myr} - 10^? \text{ yr}$
Spectra	$\sim$ black body	$\sim$ power-law

# I Quasars emettono radiazione a tutte le lunghezze d'onda



AGN senza getto  
≈90%

Narrow-Line Seyfert 1  
Seyfert 1 e 2  
LINERS 1 e 2



Galassia ospite: spirale  
Raggi gamma: no!

AGN con getto  
≈10%

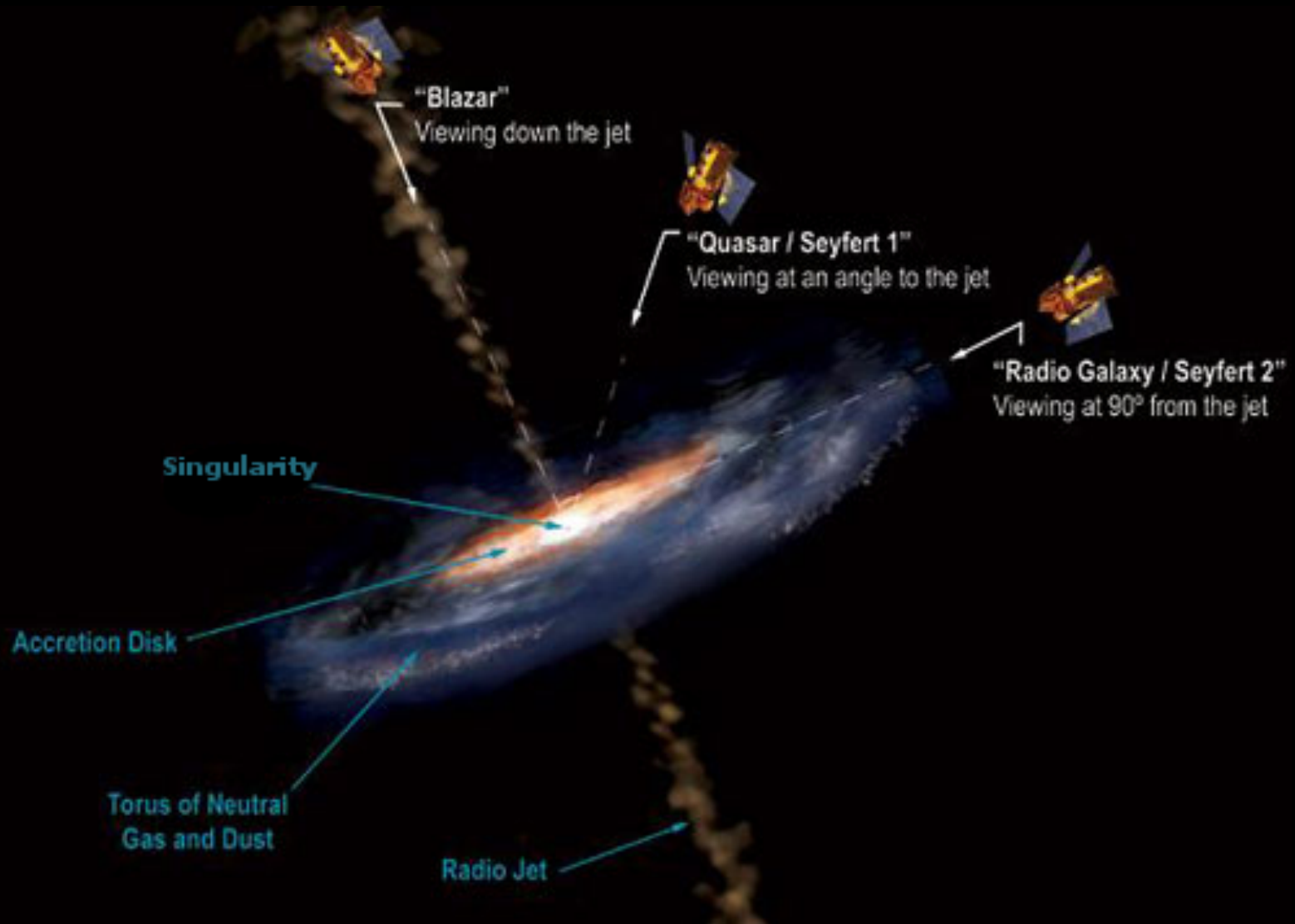
Blazars (BL Lac + Quasar)  
Radiogalassie HE  
Radiogalassie LE



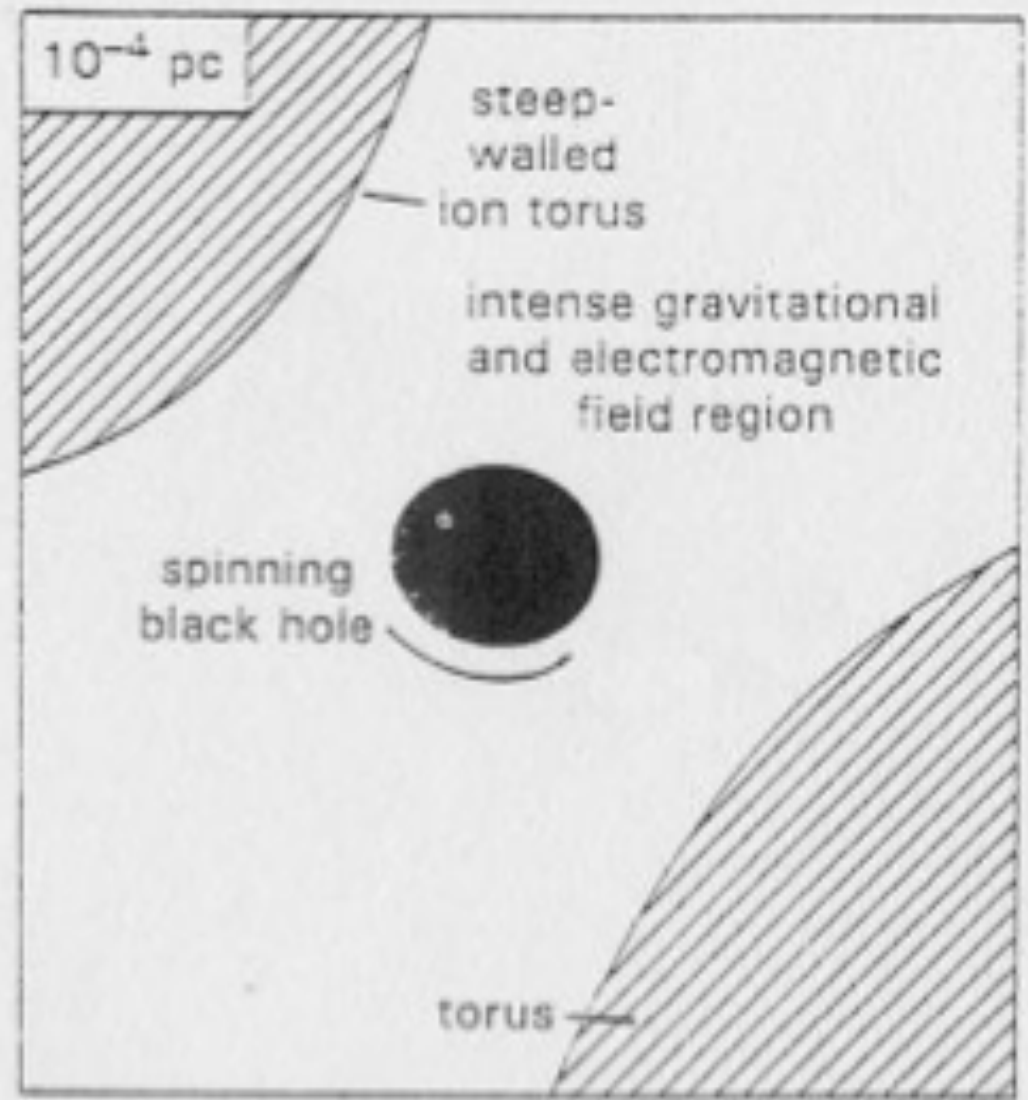
Galassia ospite: ellittica  
Raggi gamma: sì!



Anche se in fase di scoperta sono state classificate molti tipi di nuclei galattici attivi, dopo un'attenta analisi (R. Antonucci; C.M. Urry & P. Padovani) si è visto che molte differenze potevano essere spiegate in termini di differenti punti di vista.

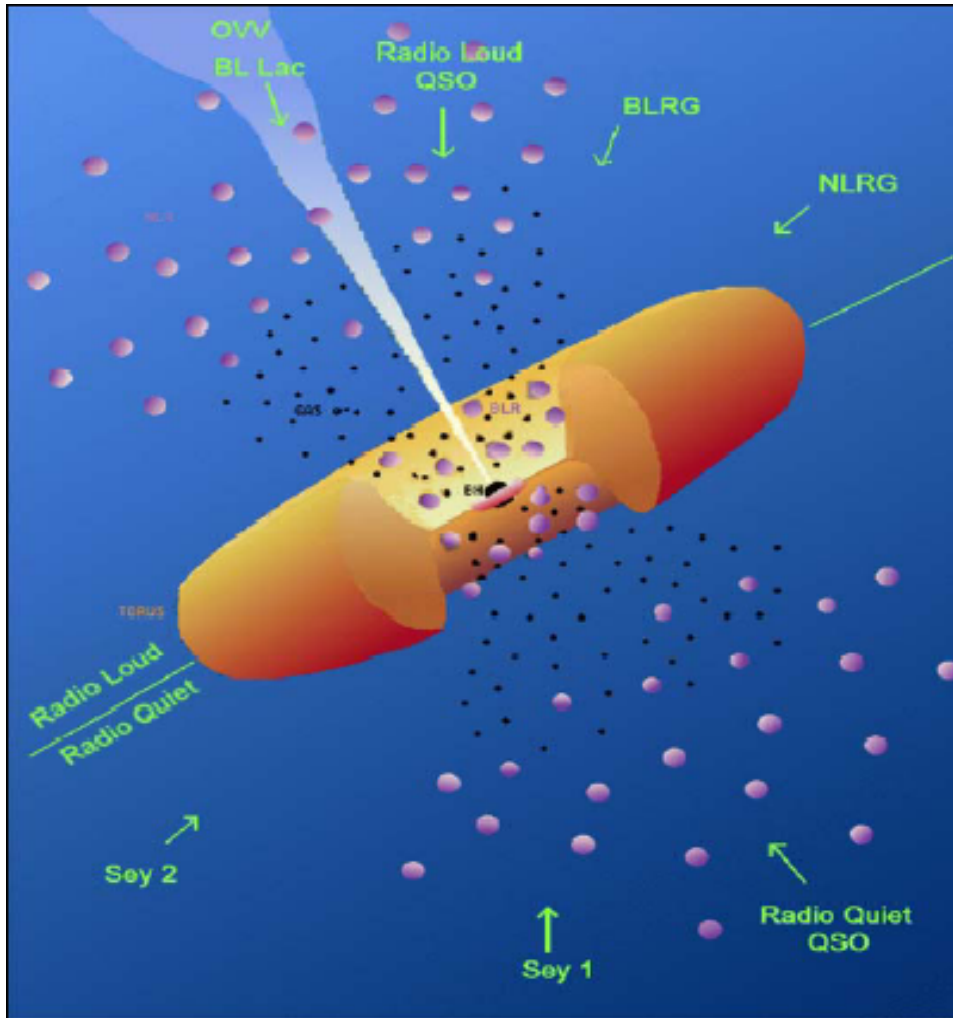


# Diverse scale



The black hole. The Schwarzschild radius for a  $10^6 M_{\odot}$  black hole is 2 AU ( $10^{-3}$  pc). The spin will introduce twisted magnetic field lines and particle acceleration.

Blandford 1990



## Scenario

Diversi angoli di vista portano a diversi tipi di classificazione dell'oggetto

### Ingredienti:

**Buco nero supermassiccio :**

Disco accrescimento sottile: *ott. spesso*

“corona”: *otticam. sottile*

Nubi ad alta/bassa velocità: *BLR/NLR*

Toro di polvere: *spesso (Thomson)*

Getto relativistico: *decine kpc -- Mpc (non nelle Seyfert)*

## Broad-Line Region (BLR)

Il gas interstellare che si trova oltre il disco, interagisce con la radiazione emessa da quest'ultimo generando delle linee di emissione.

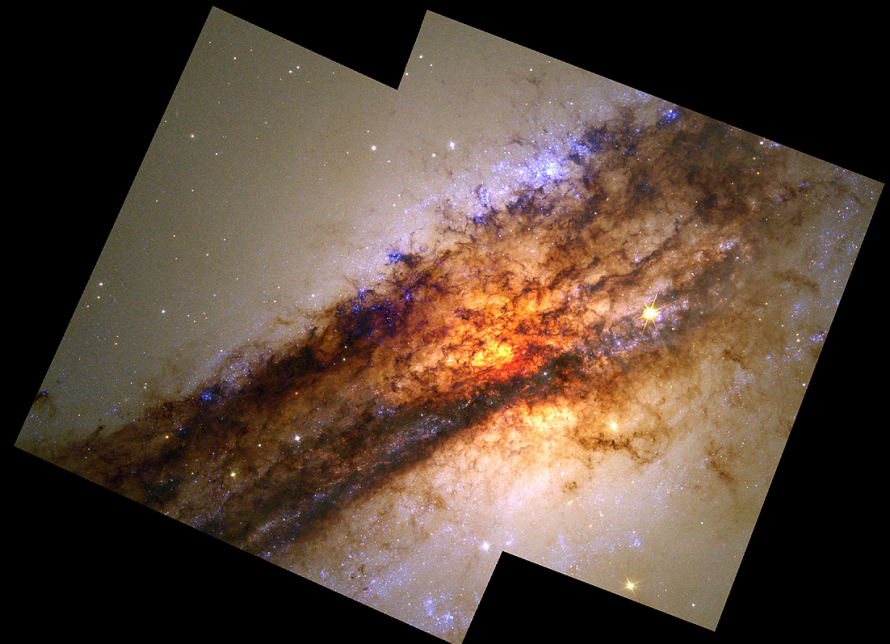
La vicinanza alla singolarità richiede che la velocità orbitale sia elevata (1000-10000 km/s) e si determina un allargamento (broadening) del profilo delle linee.

## Narrow-Line Region (NLR)

Più lontano dal disco, ma ancora in grado di interagire con la radiazione emessa da quest'ultimo, c'è un'altra regione che emette delle linee. Questa volta, essendo più lontana dalla singolarità, la velocità orbitale è inferiore ( $< 1000$  km/s) e quindi anche l'allargamento. Le righe sono più strette (narrow).

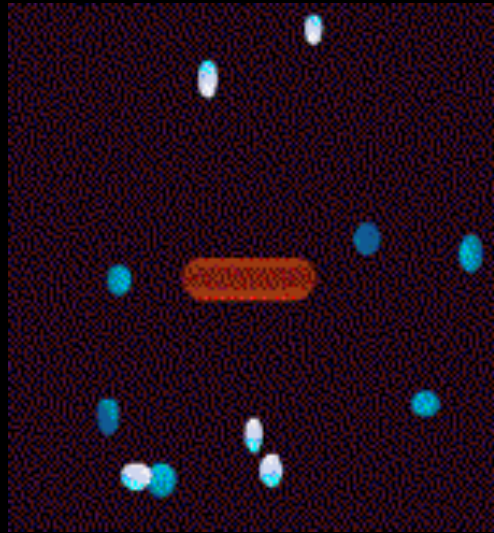
## Toro molecolare

Tra le due regioni (BLR e NLR) c'è una ciambella di materiale freddo che oscura la vista diretta del nucleo o della BLR.

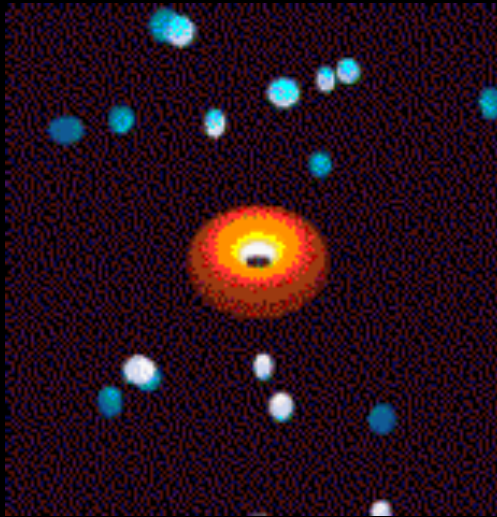


# Modello Unificato

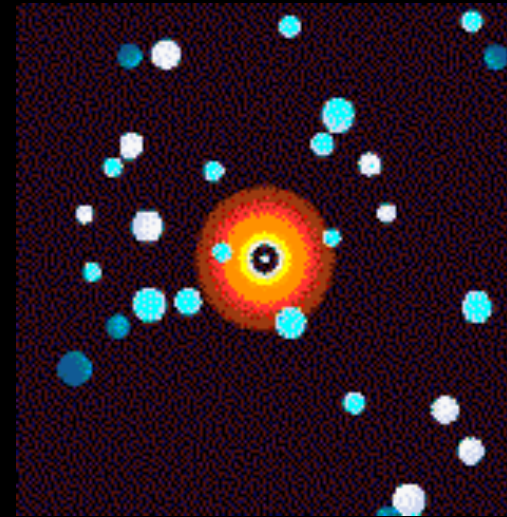
## BH + Disco + Toro



SY2  
di fianco

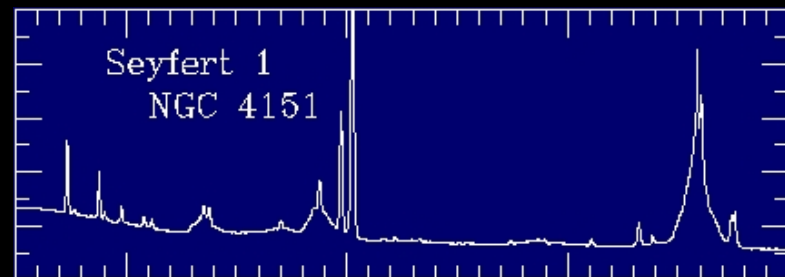
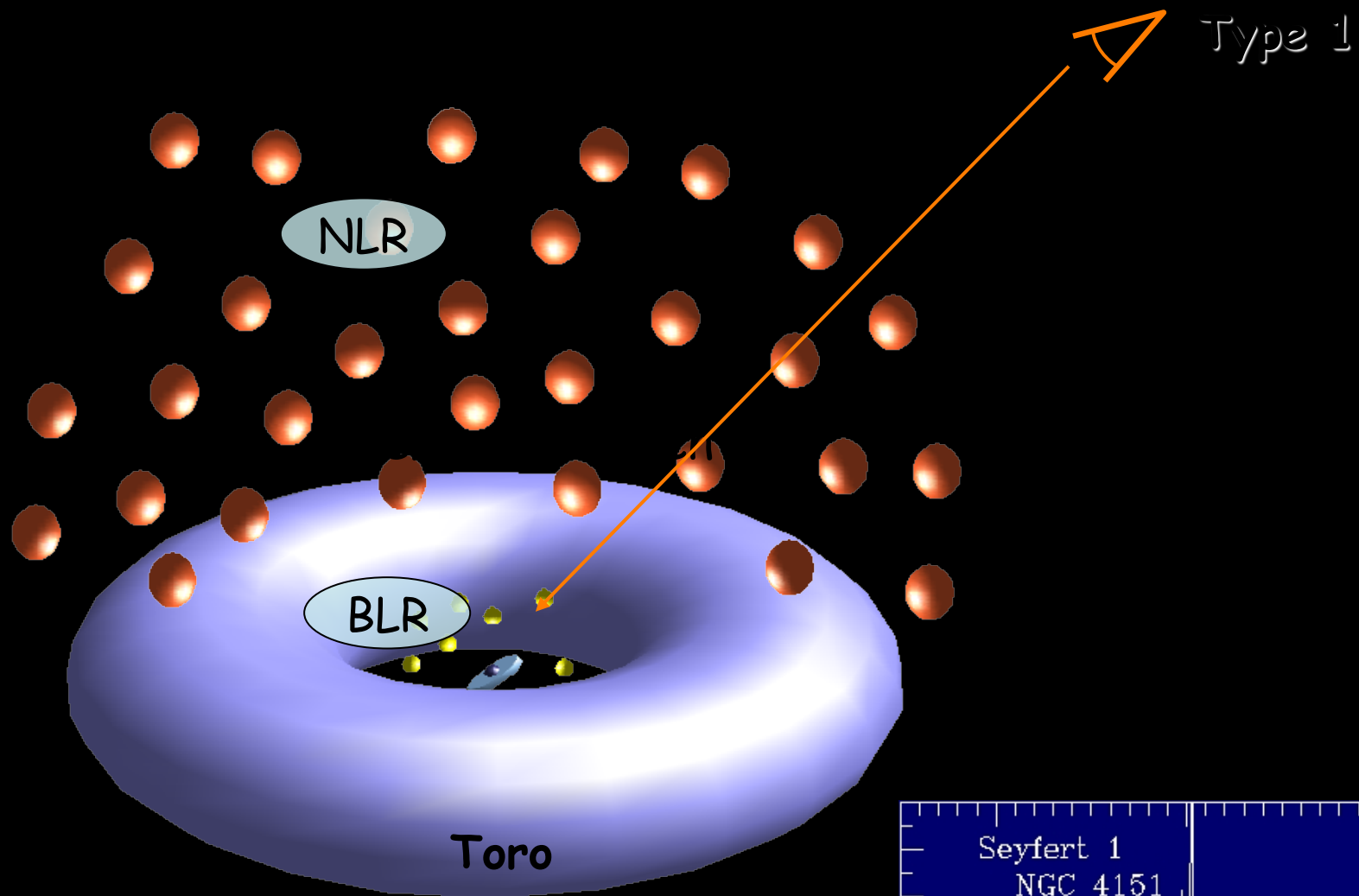


SY1  
inclinato

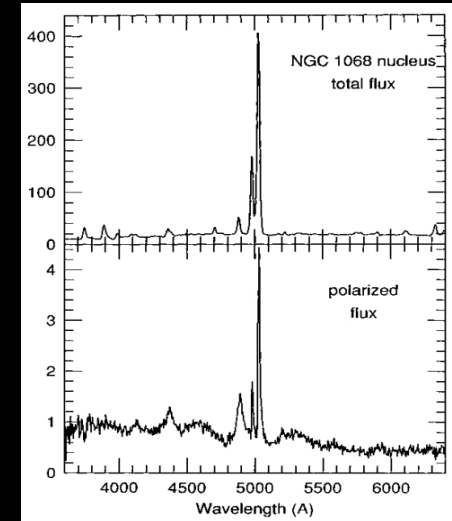
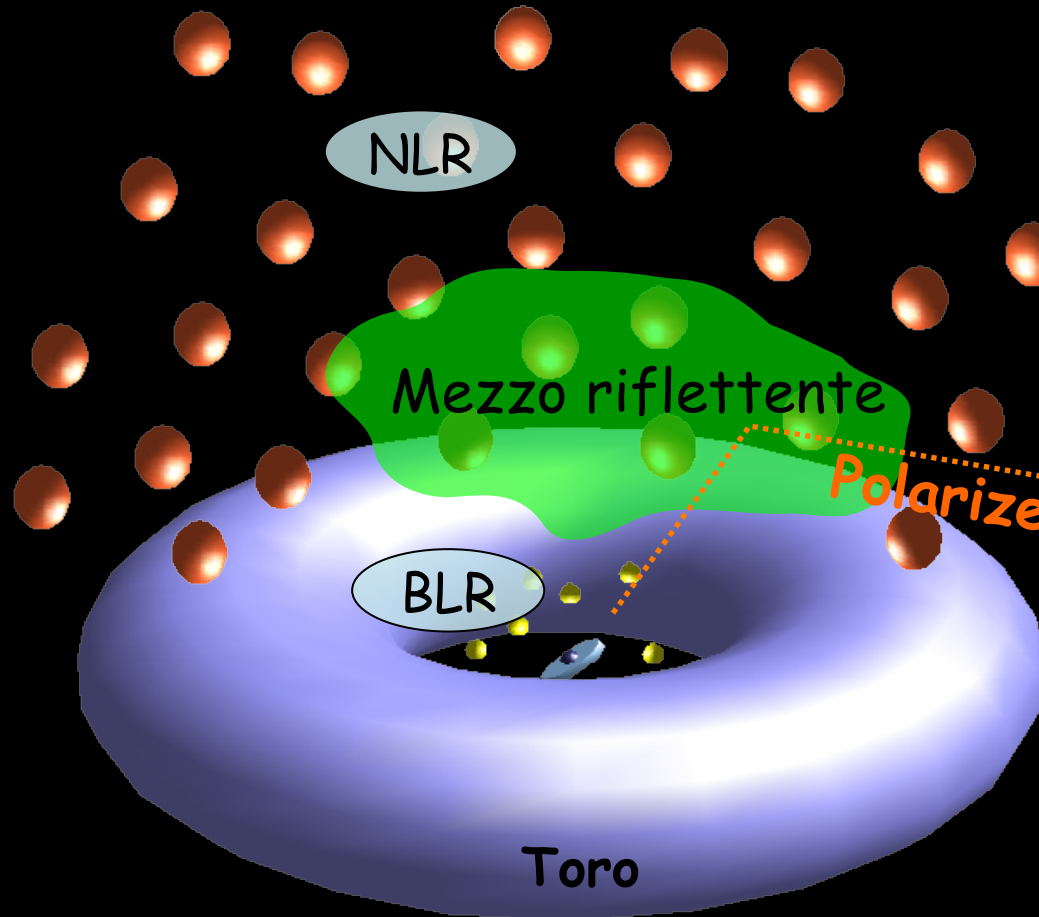


BL Lac  
dritto nello scarico!

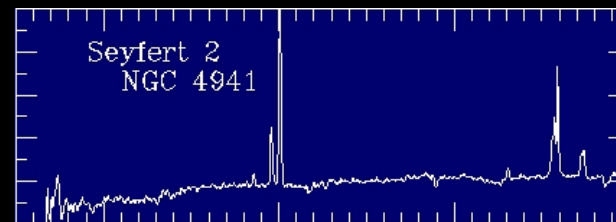
# Il Modello Unificato



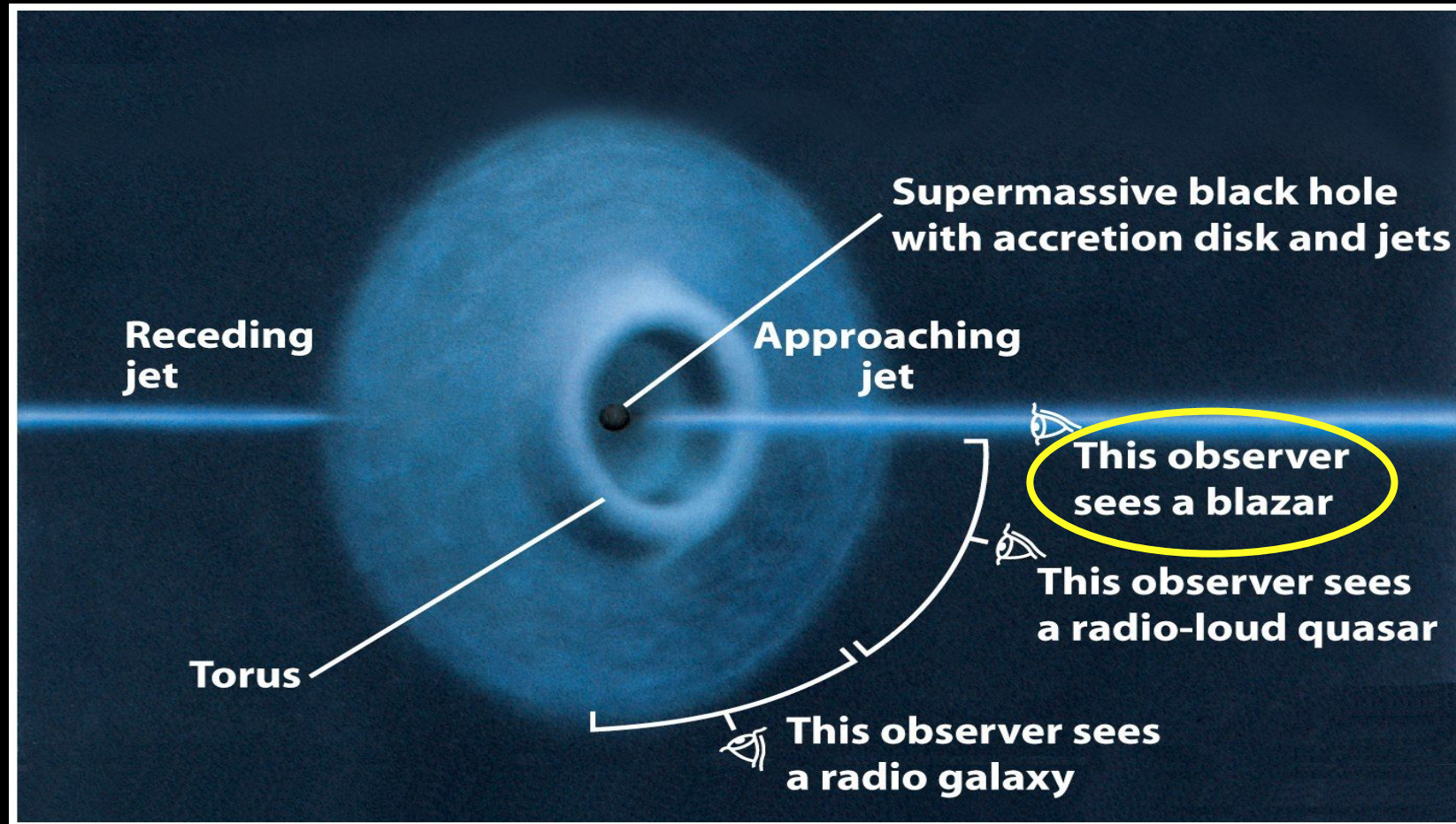
# Il Modello Unificato



Narrow Lines  
Polarized Broad Lines  
No broad lines  
Type 2



## Getti extragalattici:

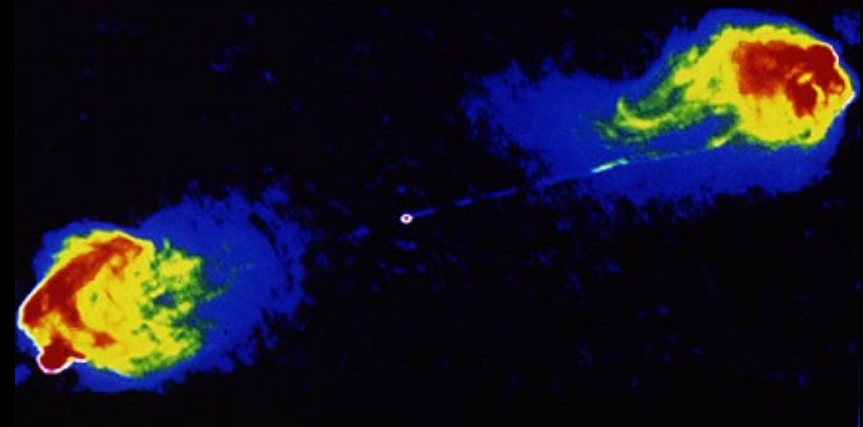
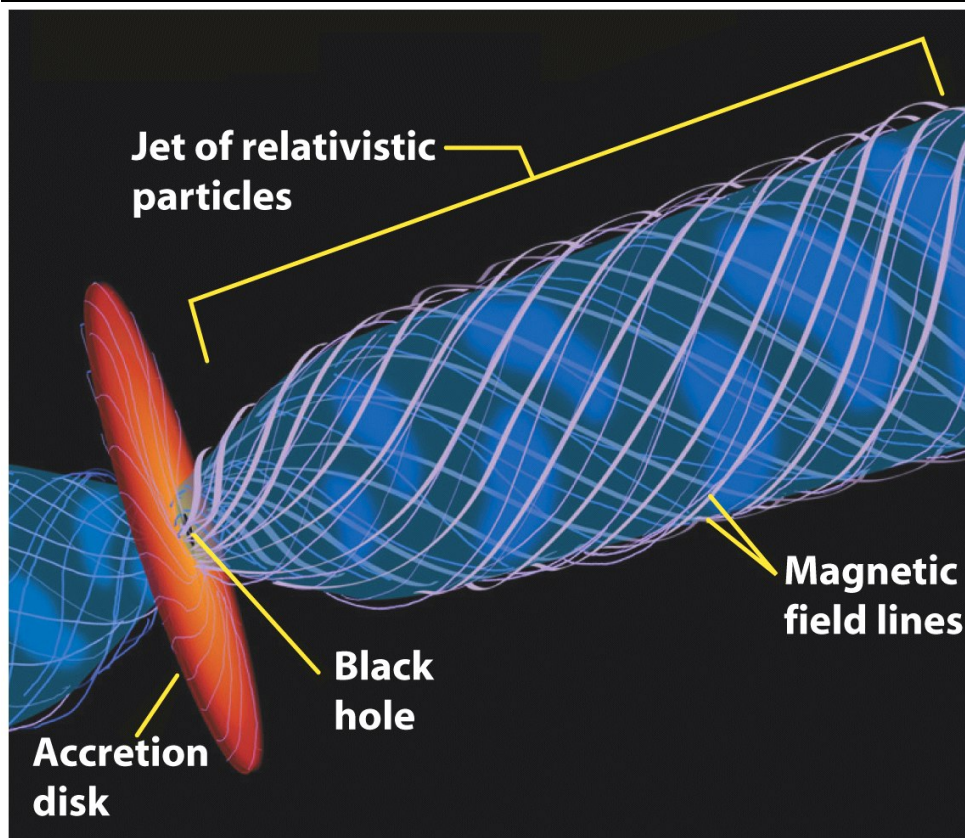


*Courtesy: Ski Antonucci*



# La magia dei getti relativistici

L'energia cinetica dei getti può essere anche maggiore di quella emessa dal nucleo attivo sotto forma di radiazione



L'energia nei lobi di Cygno A equivale all'annichilazione ( $E=mc^2$  !) di 100000000000000000000000000000000 kg...  
1 kg equivale a una bomba H di 100 Megaton

# Al centro di una grande galassia



Ground



Disk in Galaxy NGC 7052

HST • WFPC2



Active Galaxy  
NGC 4438

Hubble Space Telescope  
WFPC2

NASA and J. Kenney (Yale University)  
STScI-PRC00-21



<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/exotic/black-hole/1998/22/results/20/> and

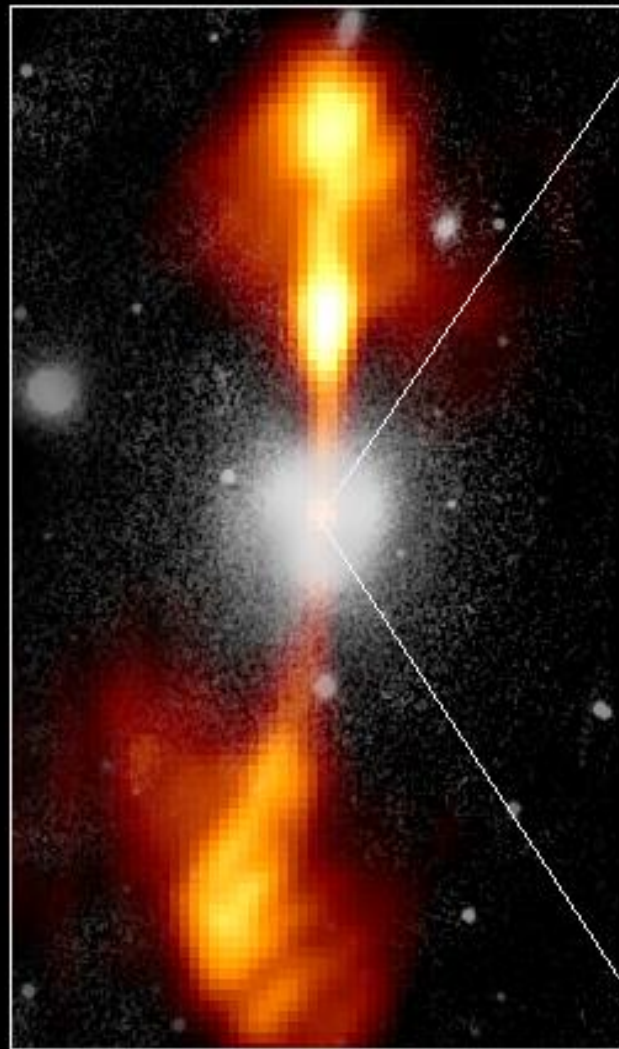
[http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/exotic/black%20hole/2000/21/image/a/format/web\\_print/results/20/](http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/exotic/black%20hole/2000/21/image/a/format/web_print/results/20/)

# Core of Galaxy NGC 4261

Hubble Space Telescope

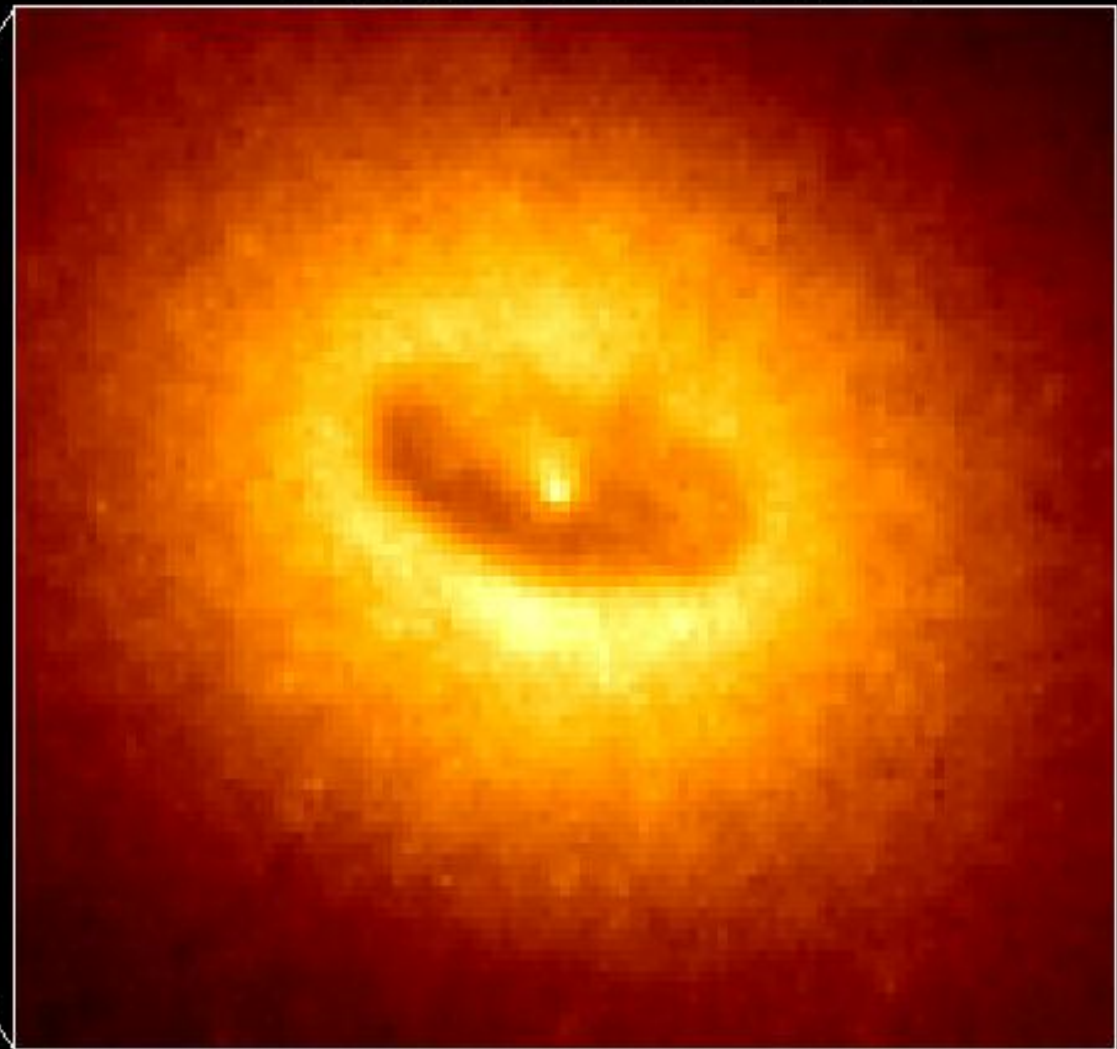
Wide Field / Planetary Camera

Ground-Based Optical/Radio Image



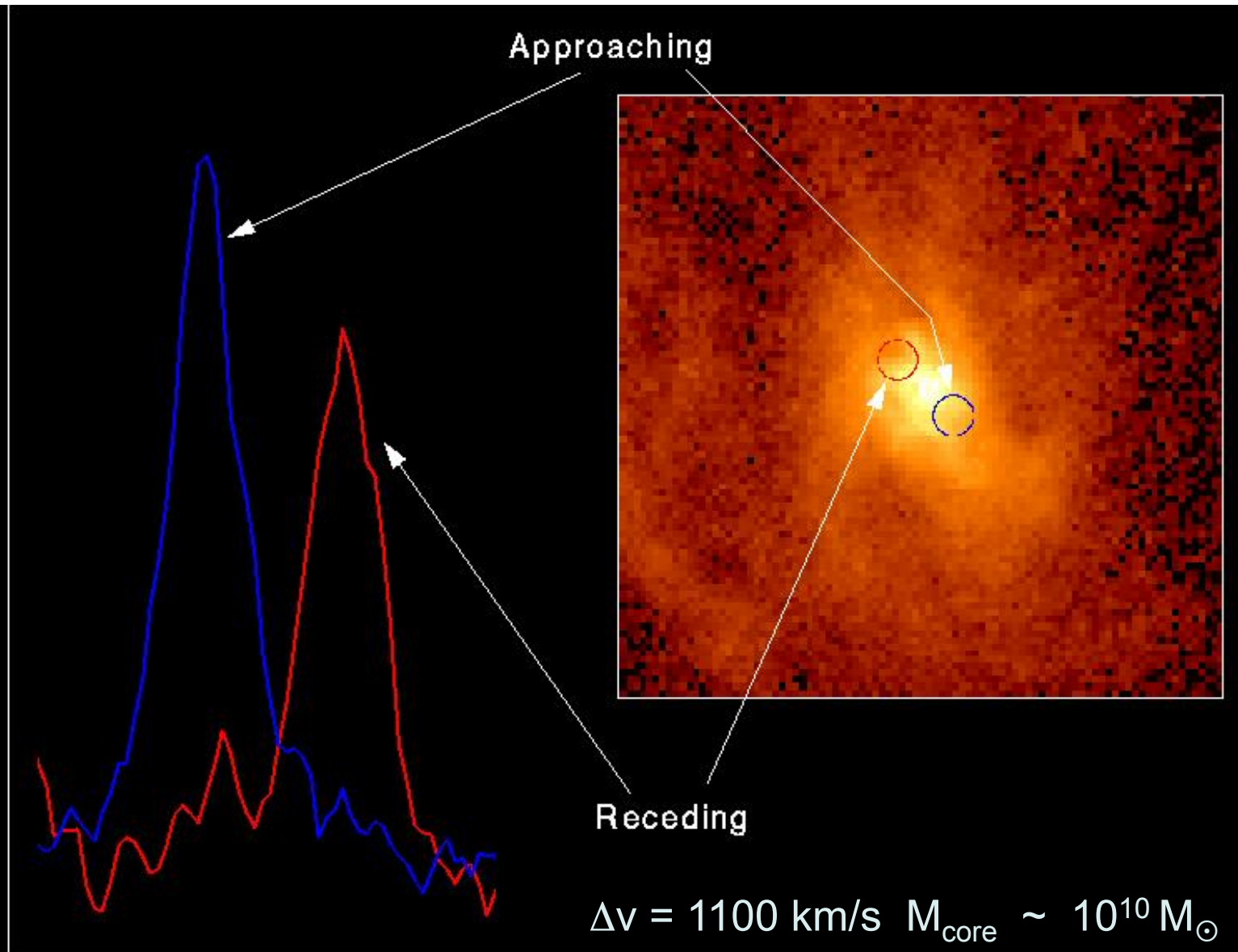
380 Arc Seconds  
88,000 LIGHT-YEARS

HST Image of a Gas and Dust Disk



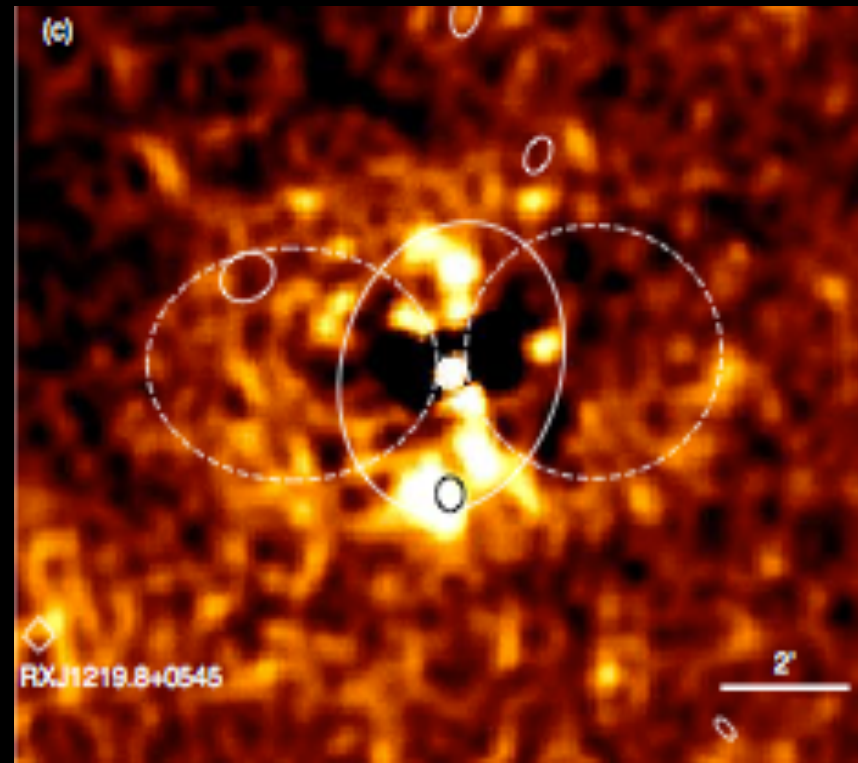
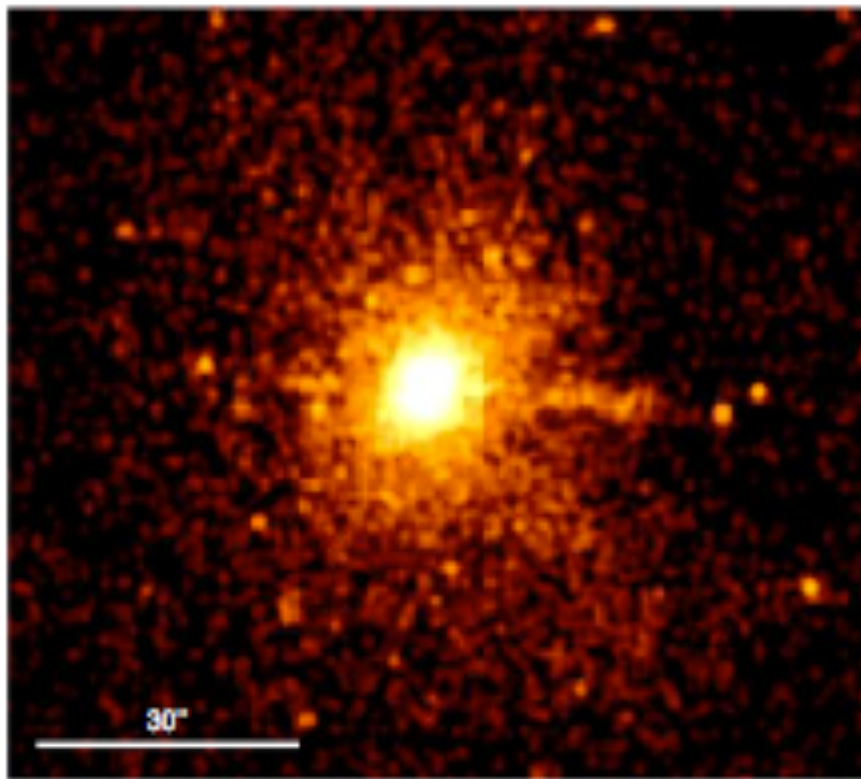
17 Arc Seconds  
400 LIGHT-YEARS

# Spettro del disco di gas nella galassia attiva M87



Hubble Space Telescope • Faint Object Spectrograph

# NGC 4261



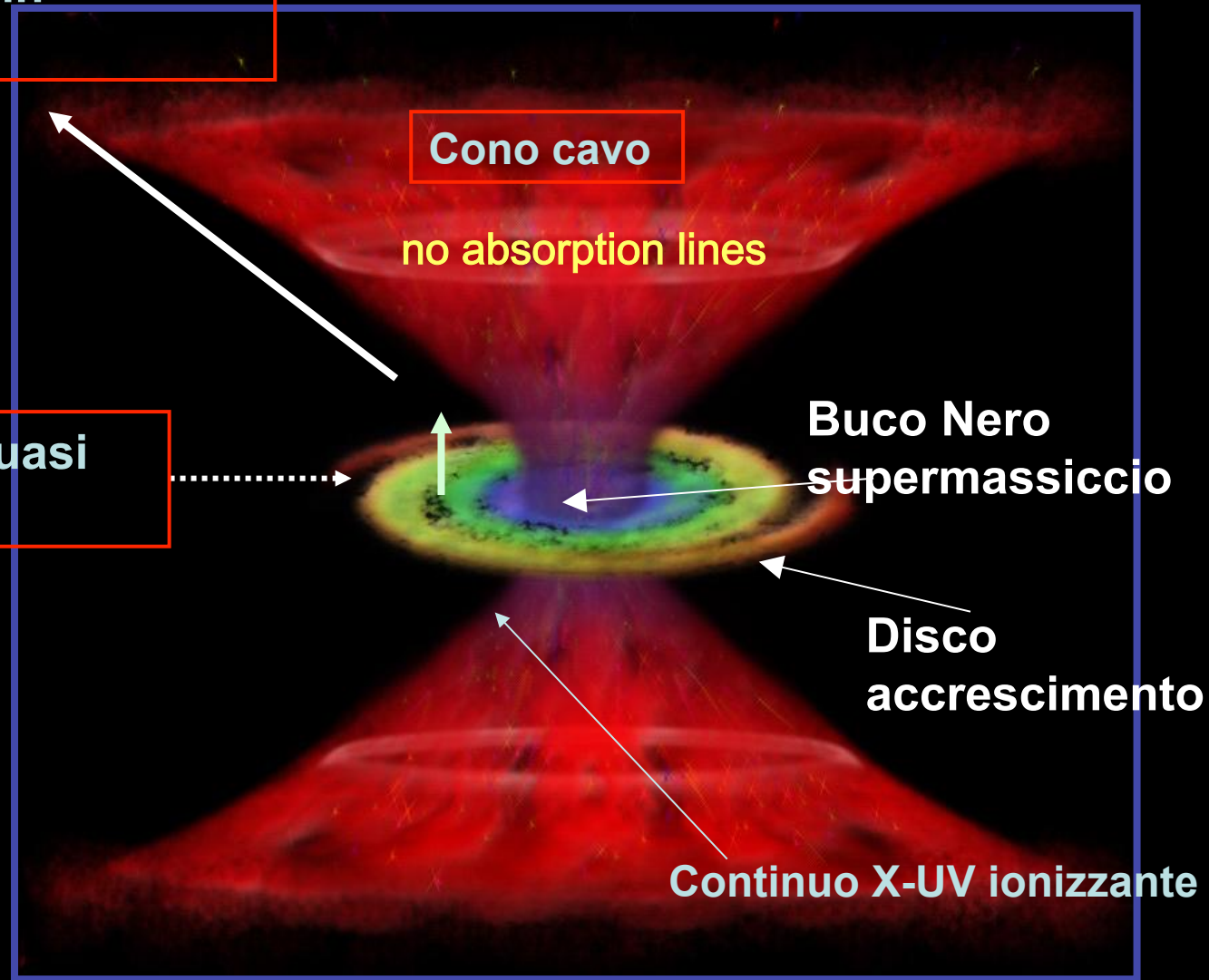
- Immagini Chandra O'Sullivan et al

Vento bi-conico in accelerazione

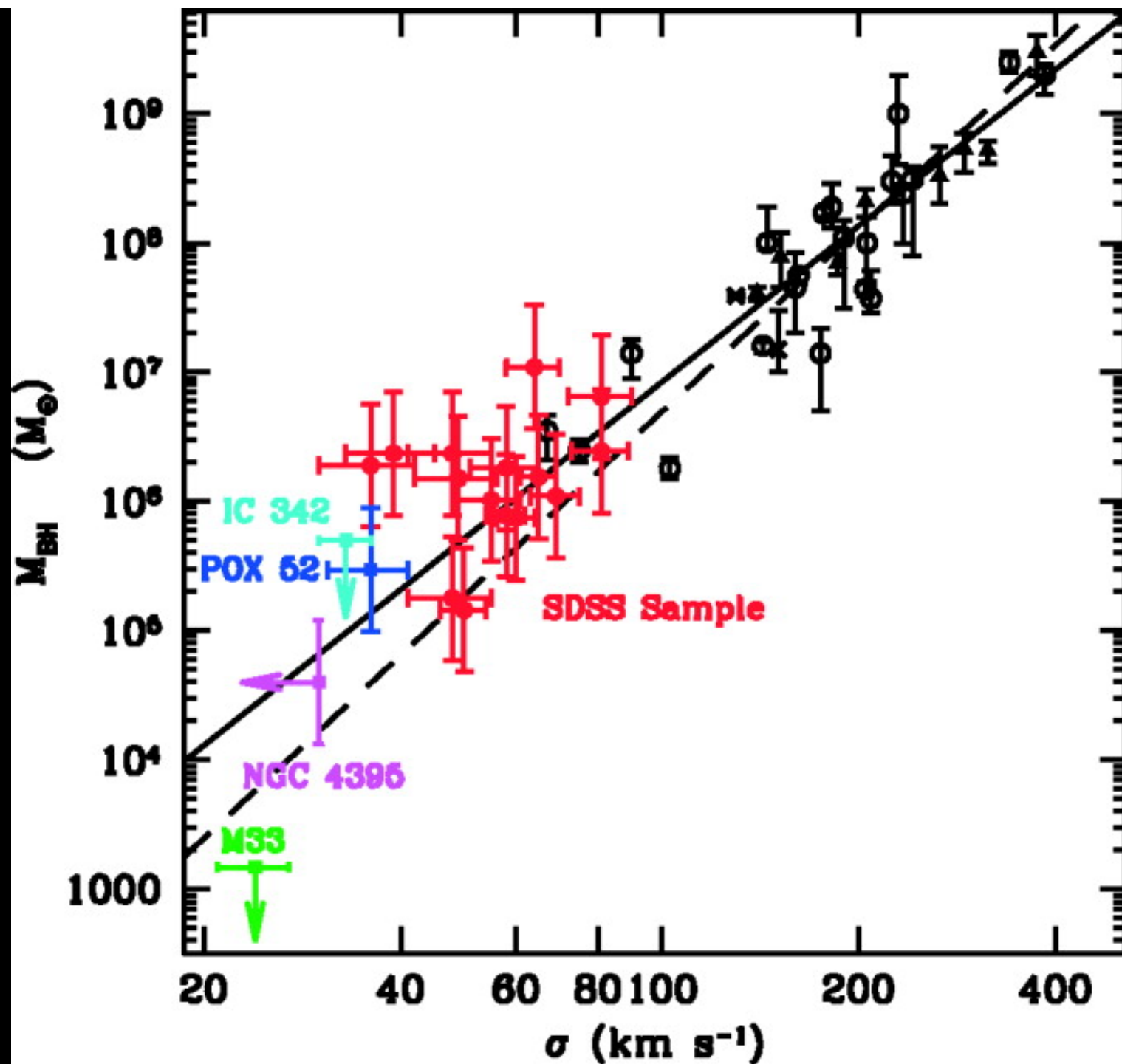
BALs  
Polarization

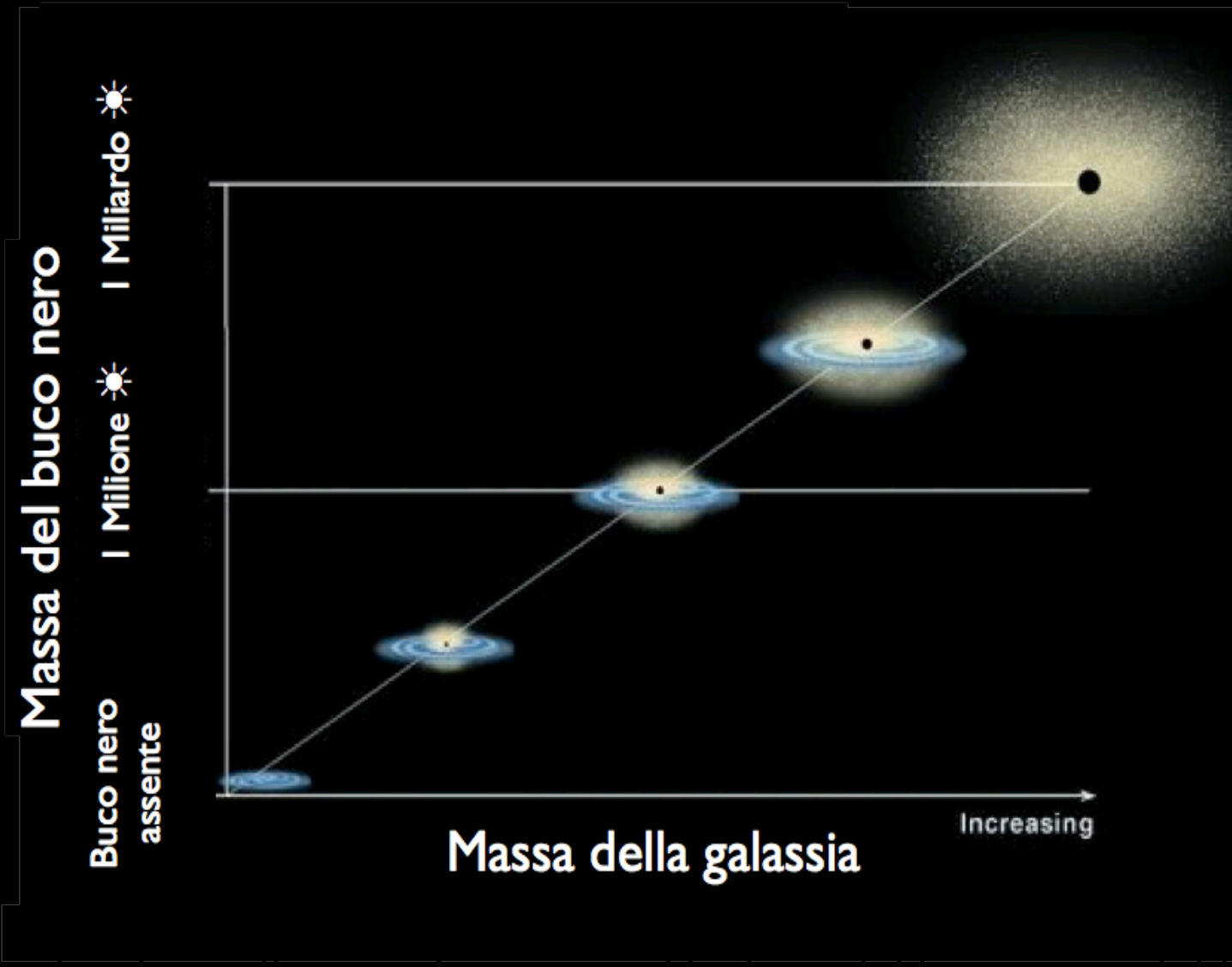
Vento "sottile" quasi verticale

WAs  
NALs  
BELs



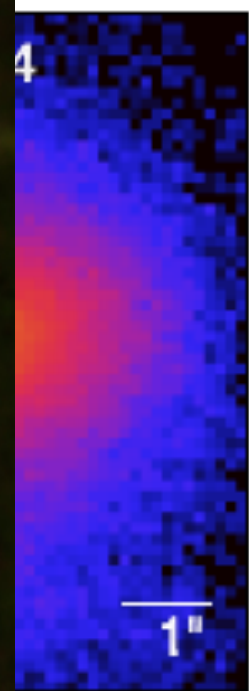
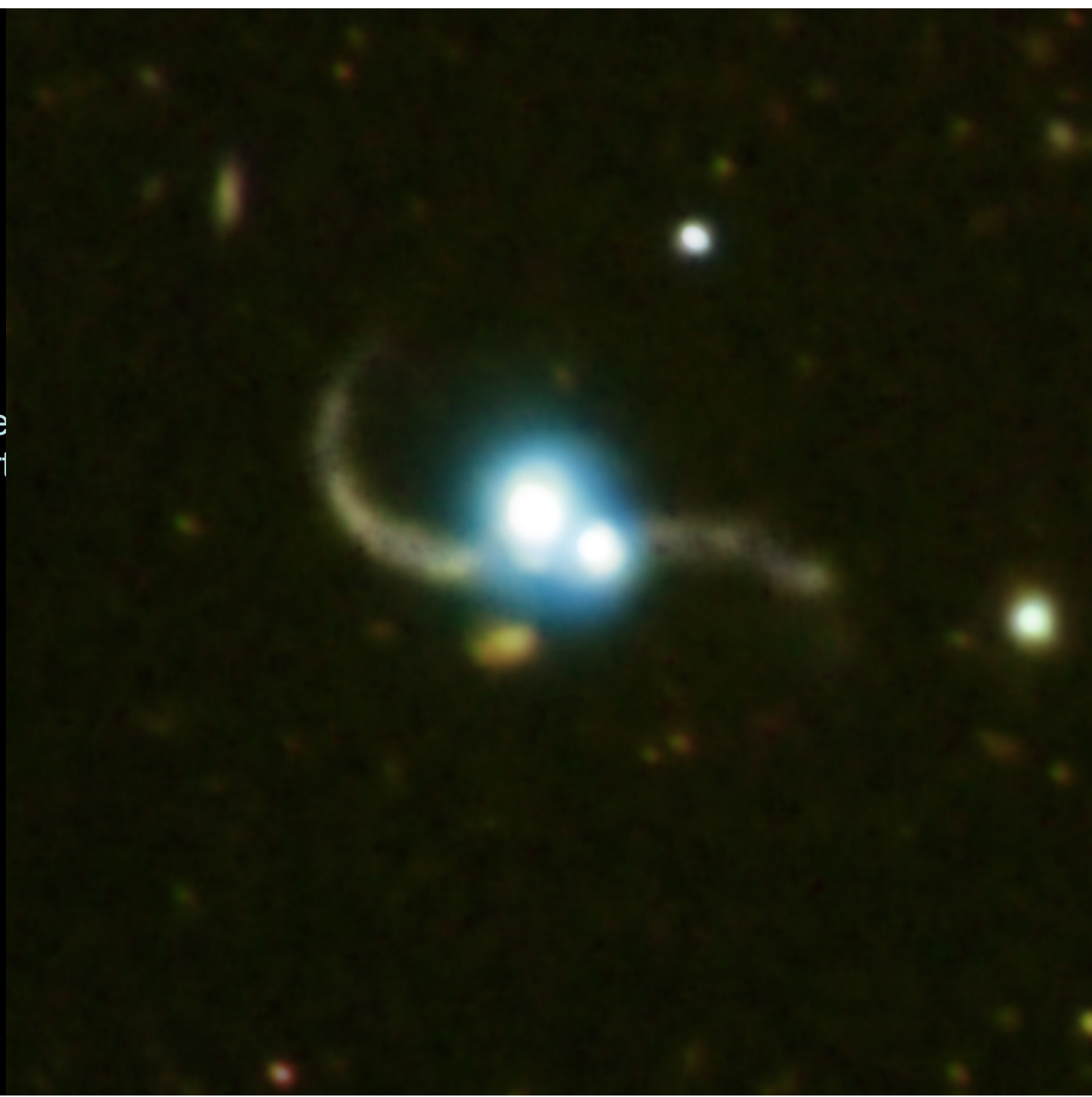
Elvis M., 2000, ApJ, 545, 63



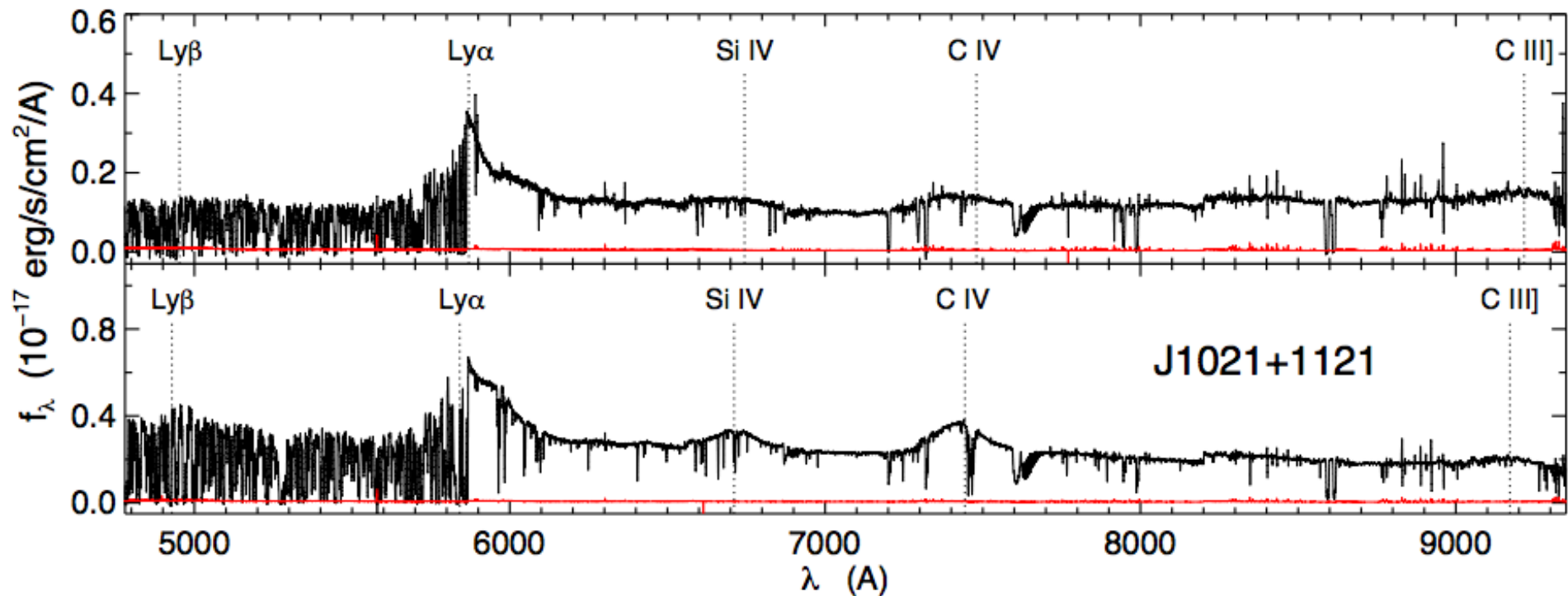
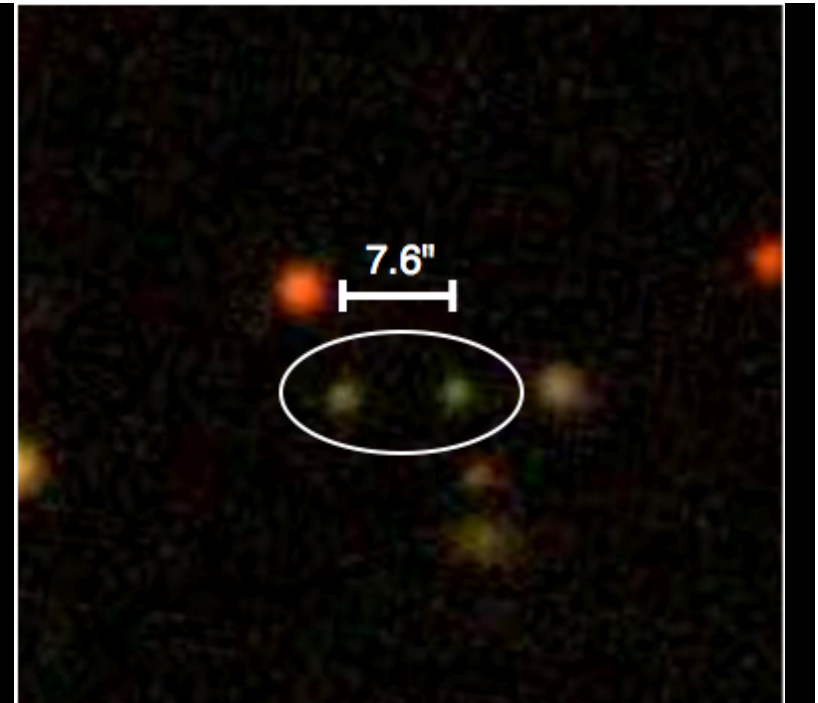




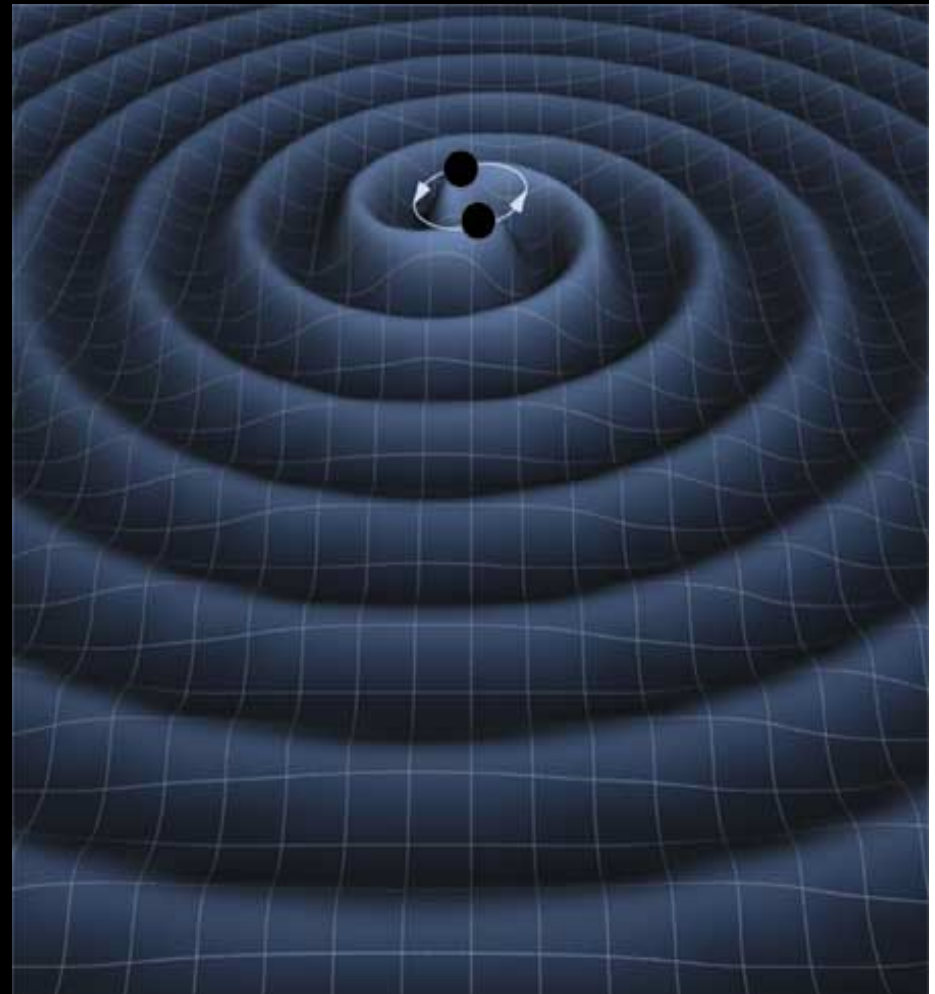
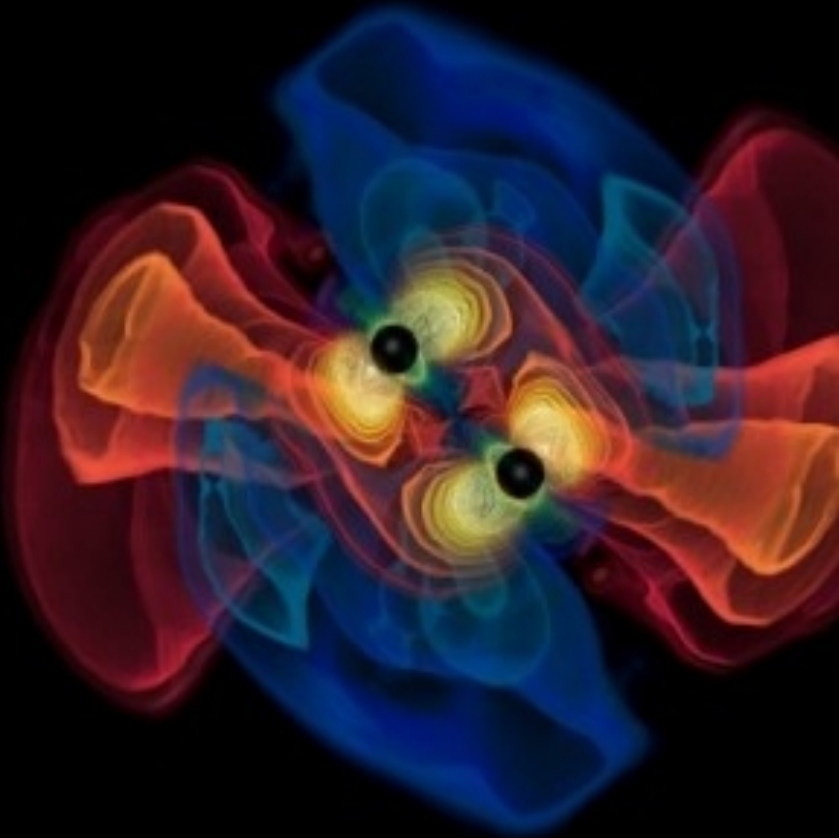
4  
galassie  
di Sefert  
con  
Doppio  
Nucleo  
in IR



Coppia di quasar a  $z=3.8$ ,  
40 kpc  
27 coppie a  $z > 2.9$



# Onde Gravitazionali



# Ma cosa sono infine gli AGN?

Sono galassie ad alto/altissimo  $z$

Hanno distanze cosmologiche ( $>10^9$  LYs) che fanno sembrare questi oggetti, che hanno brillanze intrinseche enormi, delle deboli stelle

Dai dati X tale potenza ( $\sim 10^{47}$  erg/sec) e' confermata, risultando circa 10 trilioni maggiore di quella emessa dal Sole per un oggetto di diametro pari a quello del Sistema Solare.

Si nutrono del materiale circostante, da 1 Sole alla settimana a 1 Sole all'anno

Una piccola frazione presenta getti ed emissione radio collimata

## Abbiamo visto che:

- Le galassie sono sede di fenomeni “violenti”
- La causa è la caduta di materia per gravità verso la regione centrale

## Resta da capire:

- Come si estrae l'energia dal buco nero per trasmetterla ai getti?
- Se ogni galassia attiva ha un buco nero centrale, perché solo alcune hanno getti radio?
- Perché non ce ne sono vicini a noi?
- ...

Cosmologia →

# Cosmologia

# I Quasars: sonde cosmologiche

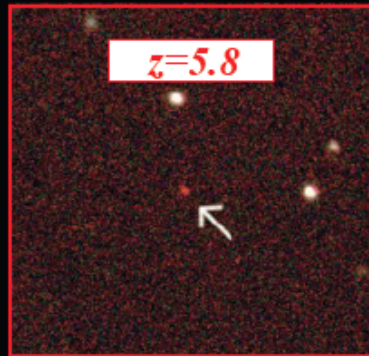
L'elevata luminosità ed apparenza puntiforme offrono la possibilità di usare i quasars come strumenti per sondare l'universo lontano.

I Quasars sono tra gli oggetti più distanti che riusciamo a vedere.

$z \approx 6$



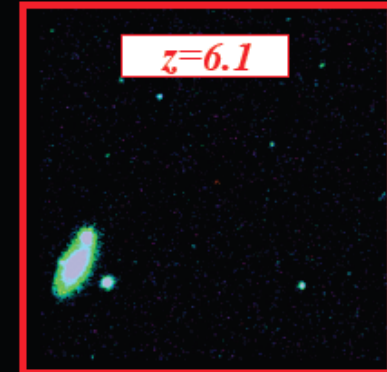
*Età dell'universo  $\approx$   
1 miliardo di anni*



$z=5.8$



$z=5.82$



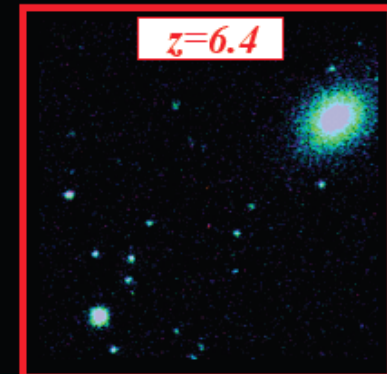
$z=6.1$



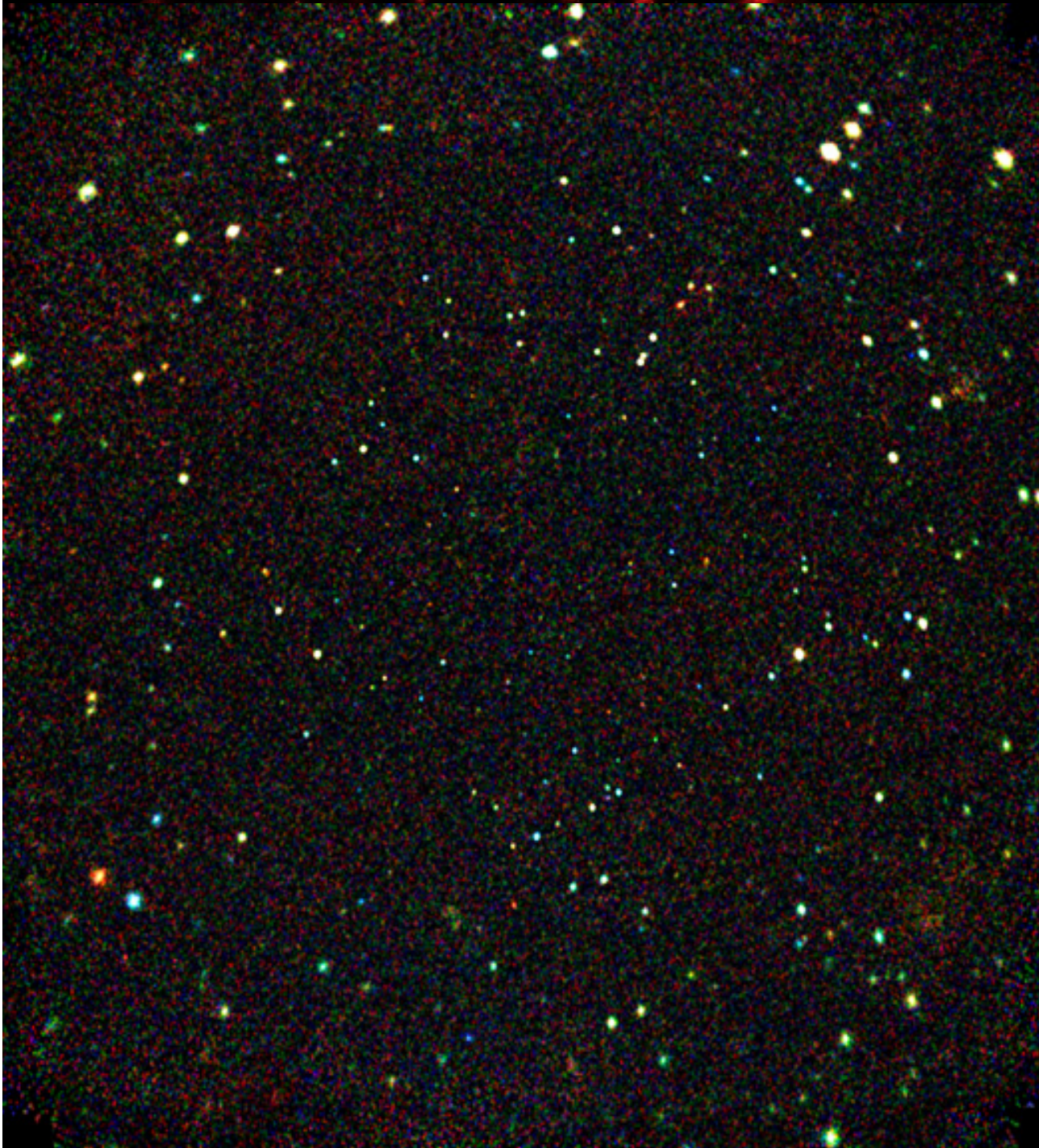
$z=5.99$



$z=6.28$



$z=6.4$



Le profondità del  
cosmo con XMM-  
Newton e Chandra

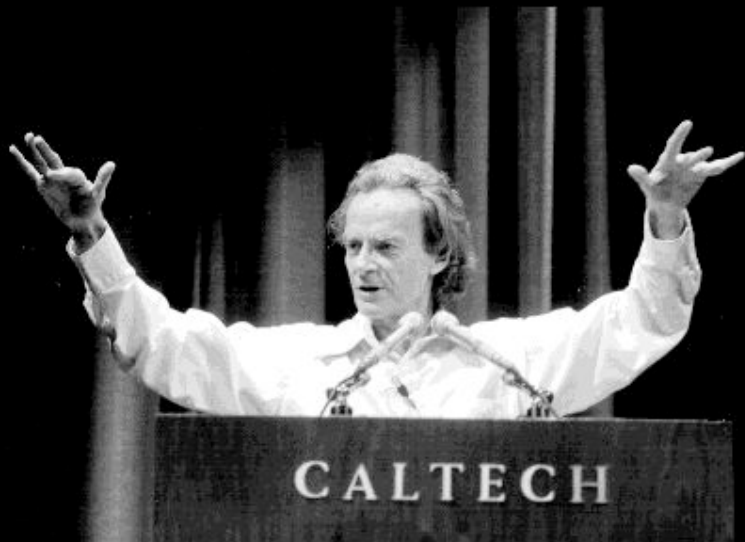
La maggioranza di  
queste sorgenti  
sono quasar (AGN)  
l'80% circa del  
"fondo cosmico" in  
raggi X



# Viaggio nell'Universo noto



...on the other hand, when experiments are in hopeless conflict – or when the observations do not make sense according to conventional ideas, or when none of the new models seems to work, in short when the situation is an unholy mess- that is when one is really making hidden progress and a breakthrough is just around the corner!



© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.  
Commercial use or modification of this material is prohibited.

R. Feynman, 1973 Hawaii Summer Institute, cited by D. Perkins at the 1995 EPS Conference, Brussels).