

Gauri negre

Ioana Duțan

Institutul de Științe Spațiale, București-Măgurele

18 May 2013



SUMAR

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- Ce sunt gaurile negre ?
- Cum se formeaza ?
- Unde credem ca exista ?
- Cum cresc ?
- Galaxii cu nucleu activ
- Sisteme binare



SUMAR

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- Ce sunt gaurile negre ?
- Cum se formeaza ?
- Unde credem ca exista ?
- Cum cresc ?
- Galaxii cu nucleu activ
- Sisteme binare



SUMAR

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- Ce sunt gaurile negre ?
- Cum se formeaza ?
- Unde credem ca exista ?
- Cum cresc ?
- Galaxii cu nucleu activ
- Sisteme binare



SUMAR

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- Ce sunt gaurile negre ?
- Cum se formeaza ?
- Unde credem ca exista ?
- Cum cresc ?
- Galaxii cu nucleu activ
- Sisteme binare



SUMAR

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- Ce sunt gaurile negre ?
- Cum se formeaza ?
- Unde credem ca exista ?
- Cum cresc ?
- Galaxii cu nucleu activ
- Sisteme binare



SUMAR

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- Ce sunt gaurile negre ?
- Cum se formeaza ?
- Unde credem ca exista ?
- Cum cresc ?
- Galaxii cu nucleu activ
- Sisteme binare



SUMAR

CE SUNT ?

**CUM SE
FORMEAZA ?**

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

CE SUNT GAURILE NEGRE ?

Ce sunt gaurile negre ?

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

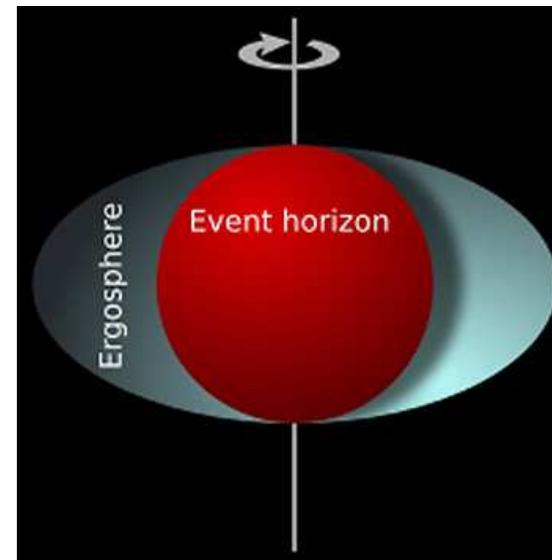
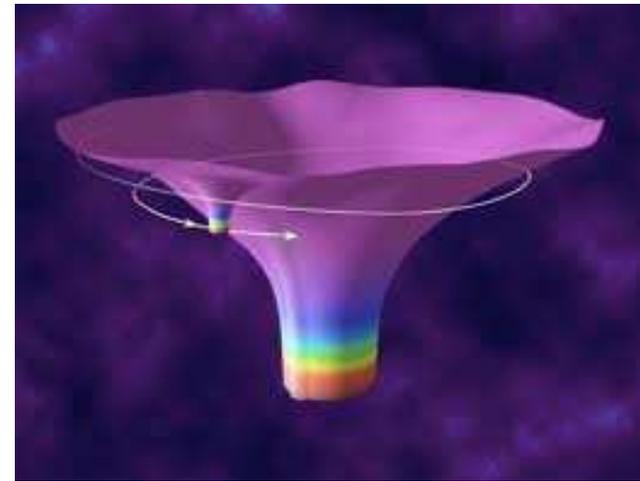
UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- “dark stars” Michelle 1784
- prezise si de Einstein 1915
- calculate de Schwarzschild 1916 (nerotative) si Kerr 1963 (rotative)
- teorema “no hair”: o gaura neagra se poate caracteriza doar prin **masa**, **spin** si **sarcina**
- de dincolo de **orizont** = nicio informatie
- **ergosfera** = acolo nimic nu poate sta fix, ci se roteste in acelasi sens cu gaura neagra





SUMAR

CE SUNT ?

**CUM SE
FORMEAZA ?**

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

CUM SE FORMEAZA GAURILE NEGRE ?

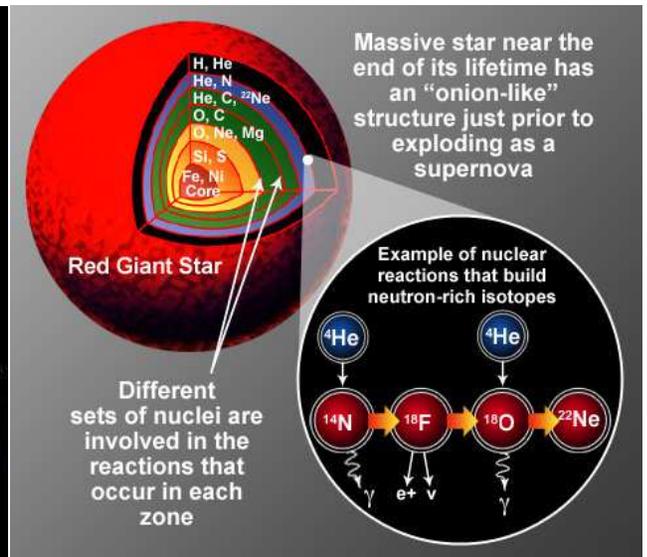
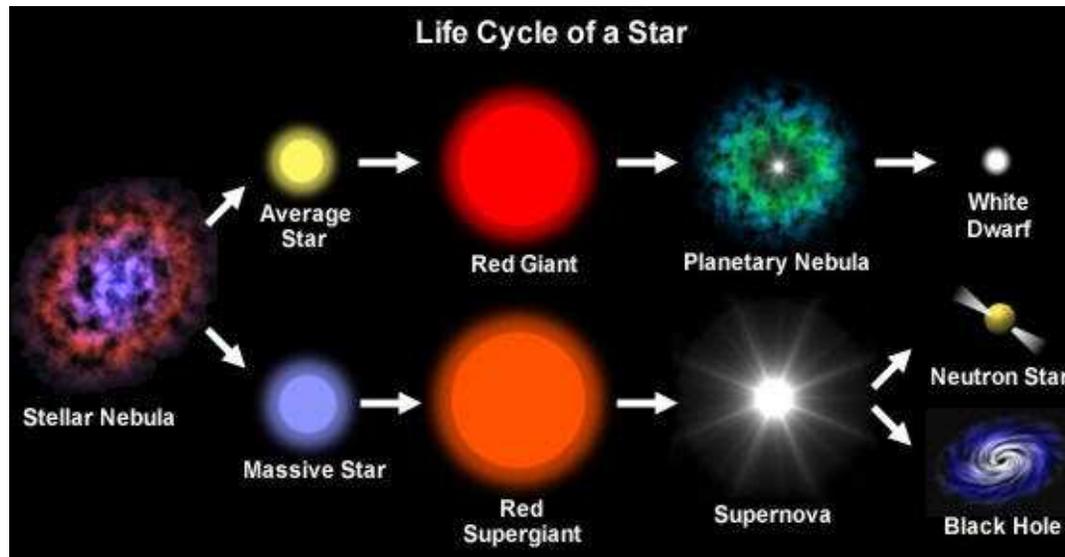
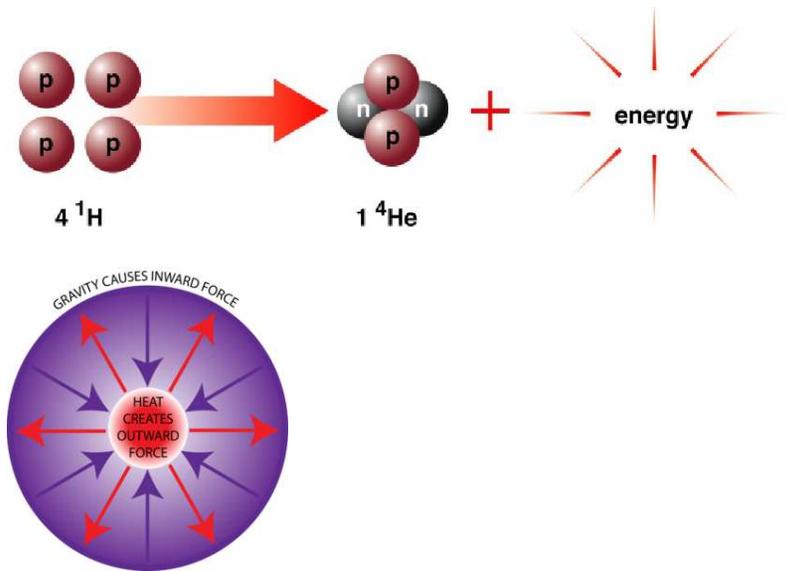
Cum se formeaza gaurile negre ?

SUMAR
 CE SUNT ?
 CUM SE FORMEAZA ?
 UNDE ?
 CUM CRESC ?
 GNA
 BINARE

● prin colaps gravitational:
 forta gravitacionala > forta de presiune din interior

● masa dupa colaps pentru a avea o gaura neagra:
 $M > 1.4M_{\odot}$

● raza gaurii negre: $r = \frac{GM}{c^2} = 1$



Cum se formeaza gaurile negre ?

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

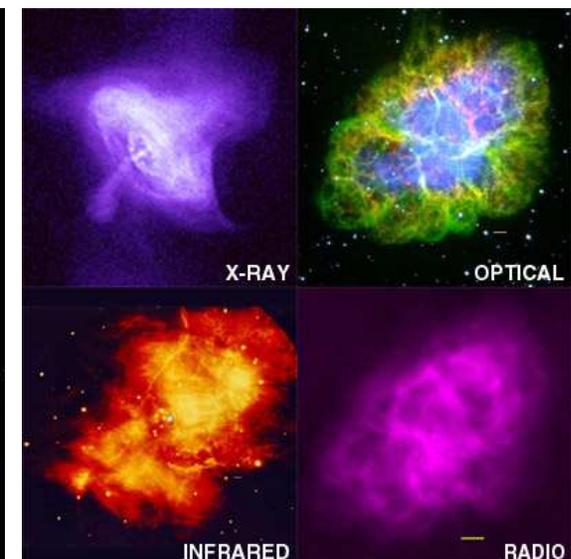
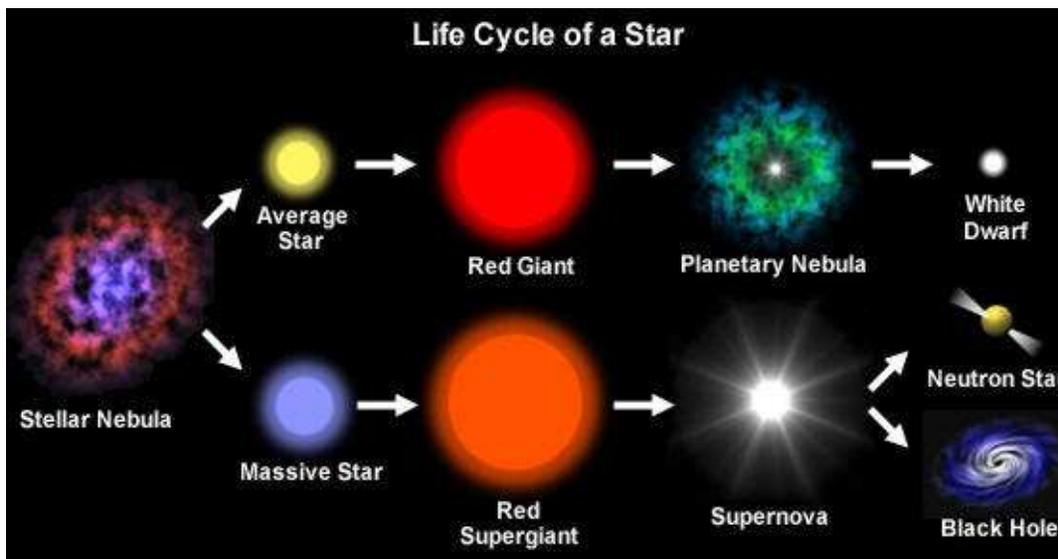
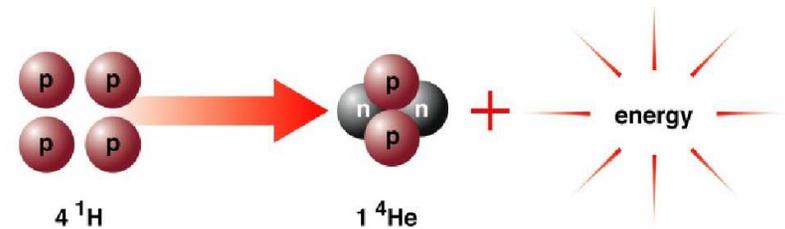
GNA

BINARE

● prin colaps gravitational:
forta gravitacionala > **forta de presiune din interior**

● masa dupa colaps pentru a avea o gaura neagra:
 $M > 1.4M_{\odot}$

● raza gaurii negre: $r = \frac{GM}{c^2} = 1$





SUMAR

CE SUNT ?

**CUM SE
FORMEAZA ?**

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

UNDE CREDEM CA EXISTA ?

Unde credem ca exista ?

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

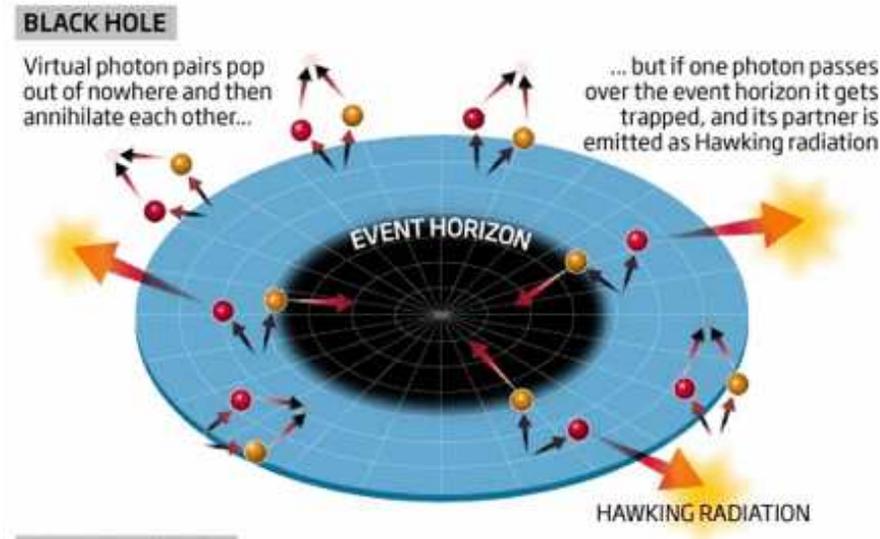
UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- in centrul galaxiilor cu nucleu activ = **gauri negre supermasive**
 $M \sim 10^7 - 10^9 M_{\odot}$, unde M_{\odot} = masa Soarelui
- in sisteme binare = **gauri negre de masa stelara**
 $M \sim$ cateva M_{\odot}
- in universul timpuriu = **gauri negre primordiale**
la scara atomica, radiatia Hawking: “evaporarea” gaurilor negre





SUMAR

CE SUNT ?

**CUM SE
FORMEAZA ?**

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

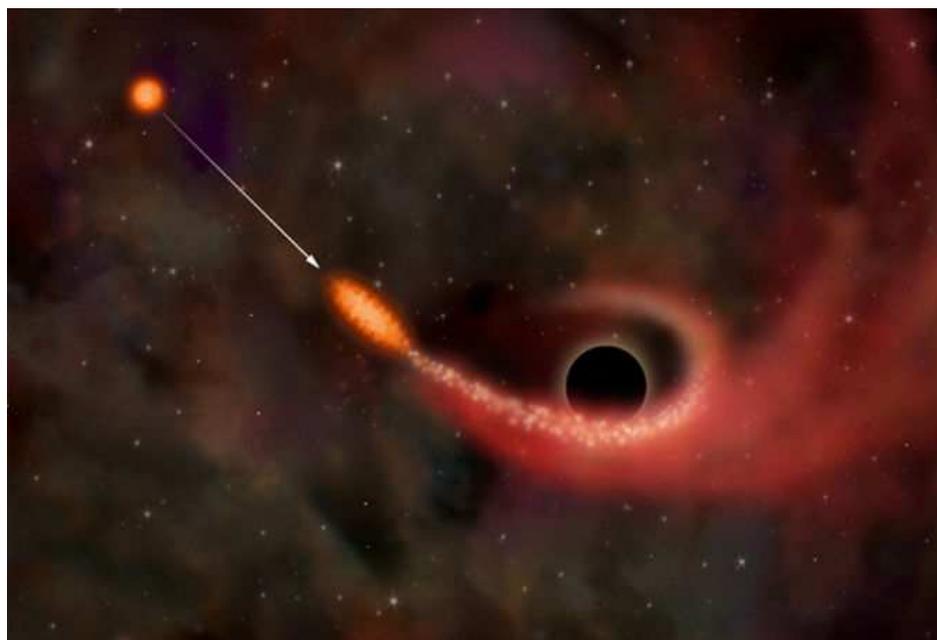
CUM CRESC GAURILE NEGRE ?



Cum creste o gaura neagra ?

- SUMAR
- CE SUNT ?
- CUM SE FORMEAZA ?
- UNDE ?
- CUM CRESC ?
- GNA
- BINARE

- prin acretie: gaz si praf din mediul interstelar al galaxiei
- prin inghitirea stelelor
- prin ciocnire: GN-GN sau galaxie-galaxie





SUMAR

CE SUNT ?

**CUM SE
FORMEAZA ?**

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

BINARE

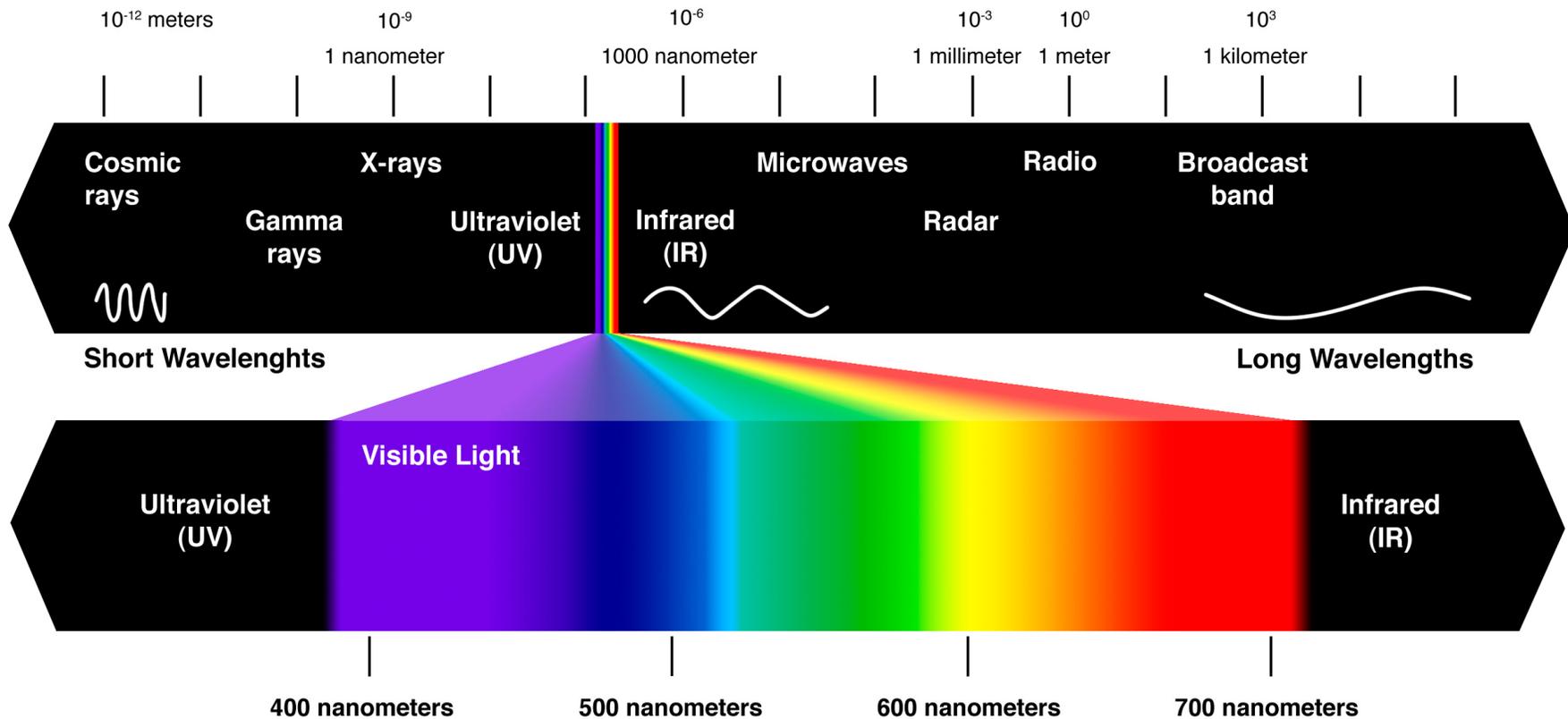
GALAXII CU NUCLEU ACTIV



Cum vedem galaxiile ?

- SUMAR
- CE SUNT ?
- CUM SE FORMEAZA ?
- UNDE ?
- CUM CRESC ?
- GNA
- Cum ?
- Cen A
- Spectre
- Spectrele
- GNA-urilor
- GNA
- Sincrotron
- Masa GN
- “Umbra” GN
- BINARE

● spectrul radiatiei electromagnetice



Centaurus A

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

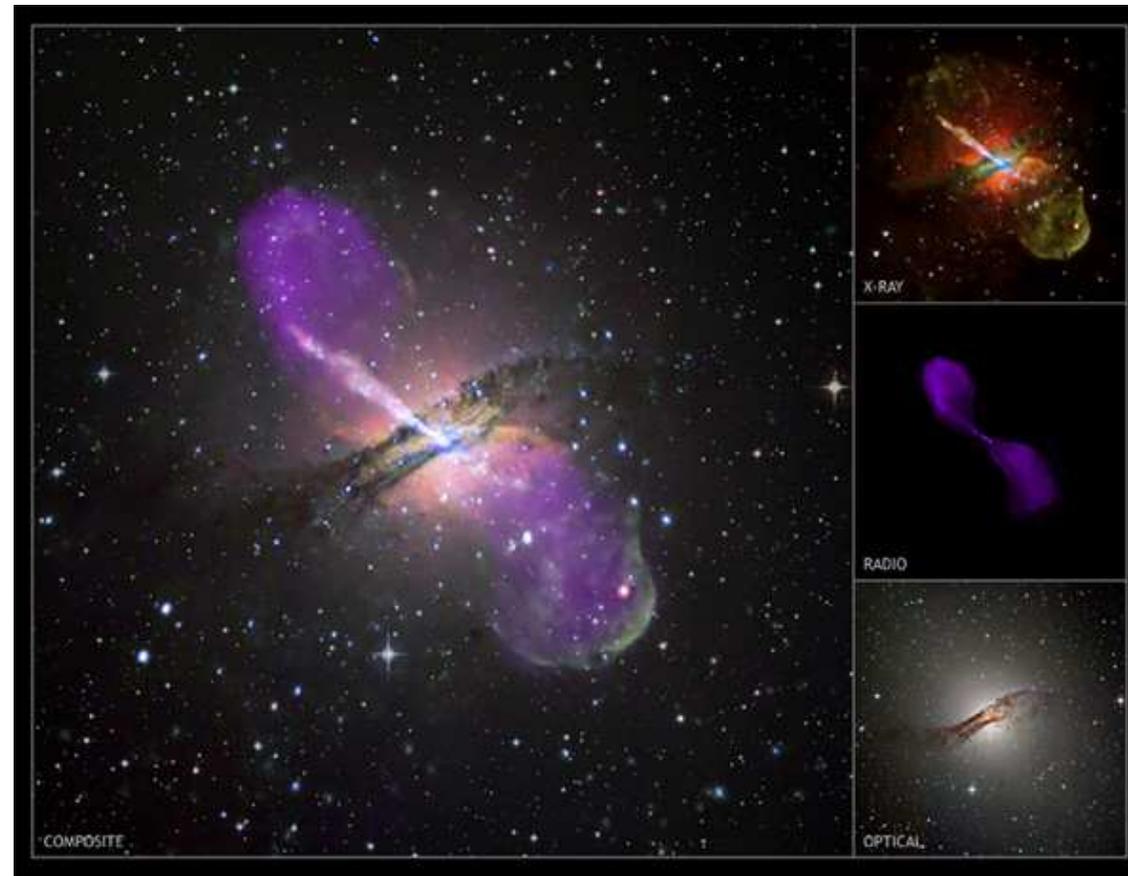
GNA

Sincrotron

Masa GN

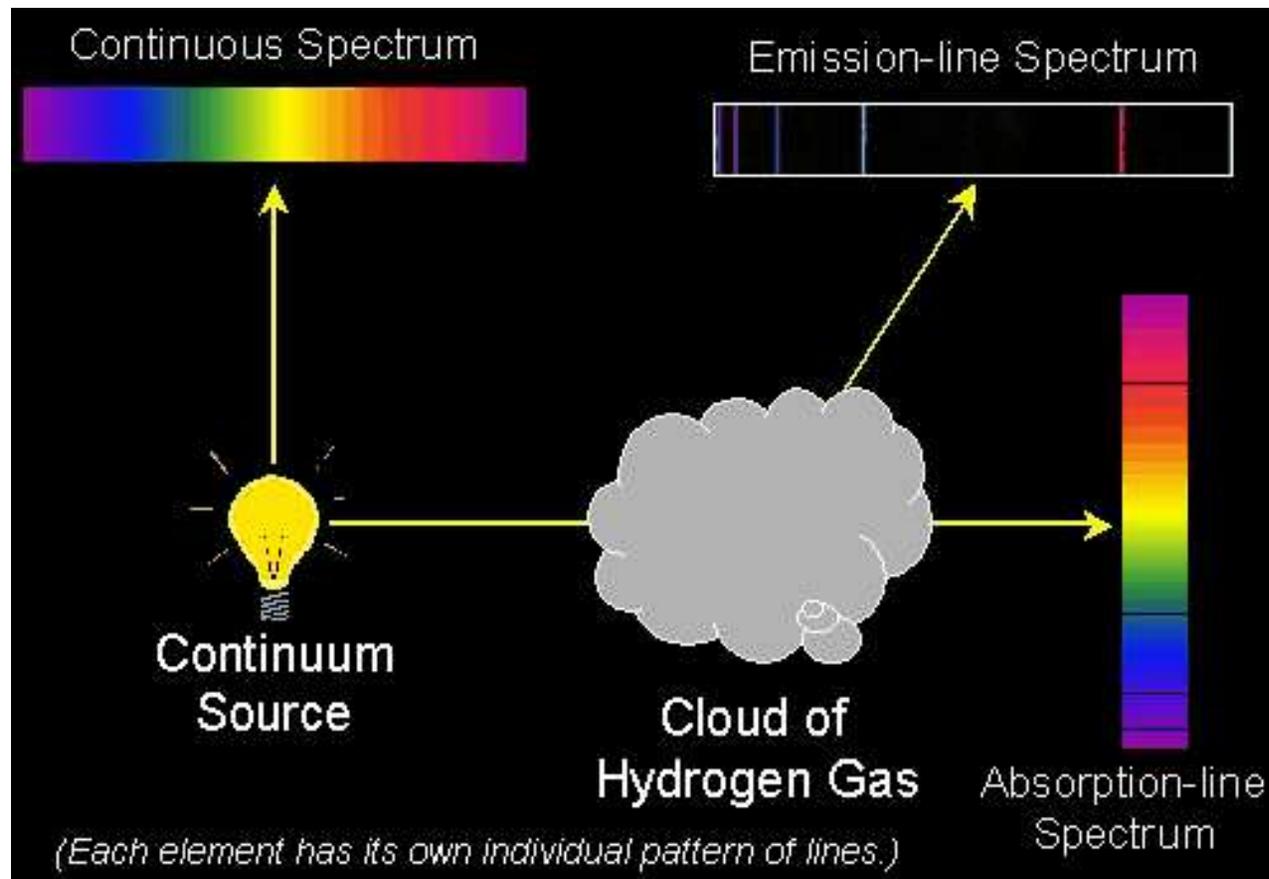
“Umbra” GN

BINARE



- Centaurus A (Cen A): $M \sim 10^7 M_{\odot}$, $d \sim 10^{20}$ km, $l_{jet} \sim 10^{17}$ km
- format prin ciocnirea a doua galaxii acum $\sim 10^9$ ani ($10^{10.14}$ ani)
- energia jeturilor provine din **energia de rotatie a gaurii negre**

Spectrul de emisie al hidrogenului



- spectrul de emisie al hidrogenului consta din patru linii de intensitati diferite



Spectrul de emisie al hidrogenului

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

GNA

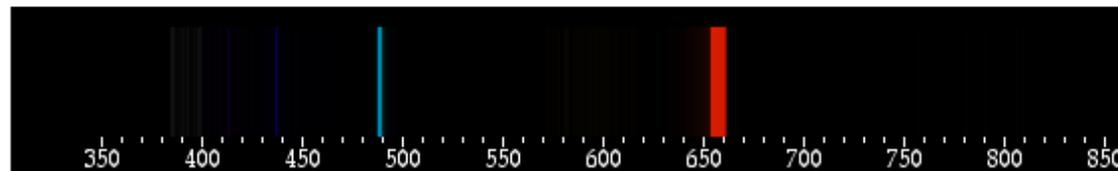
Sincrotron

Masa GN

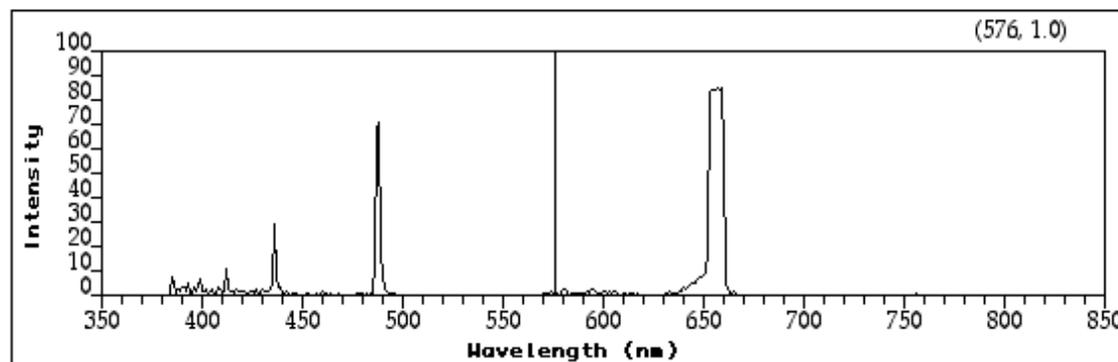
“Umbra” GN

BINARE

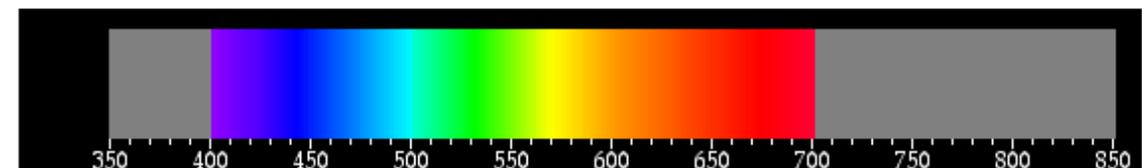
Spectroscope



Emission Graph



Electromagnetic Spectrum



- spectrul de emisie al hidrogenului consta din patru linii de intensitati diferite

Spectrele galaxiilor cu nucleu activ

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele
GNA-urilor

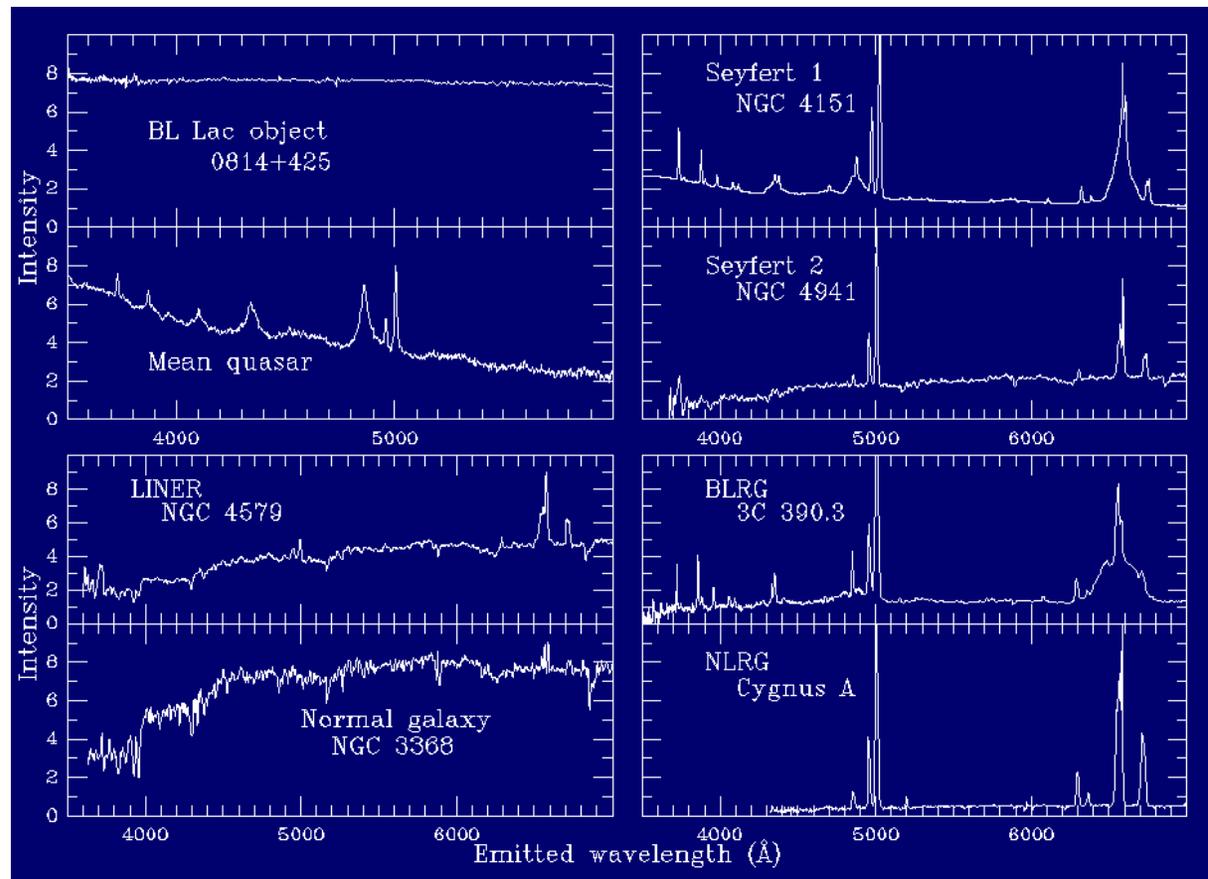
GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

BINARE



- **Galaxii cu nucleu activ (GNA)** = galaxii ale caror nuclee nu pot fi explicate prin fizica stelara standard: un cluster masiv si dens de stele sau o gaura neagra de masa stelara

Modelul de unificare al galaxiilor cu nucleu activ

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

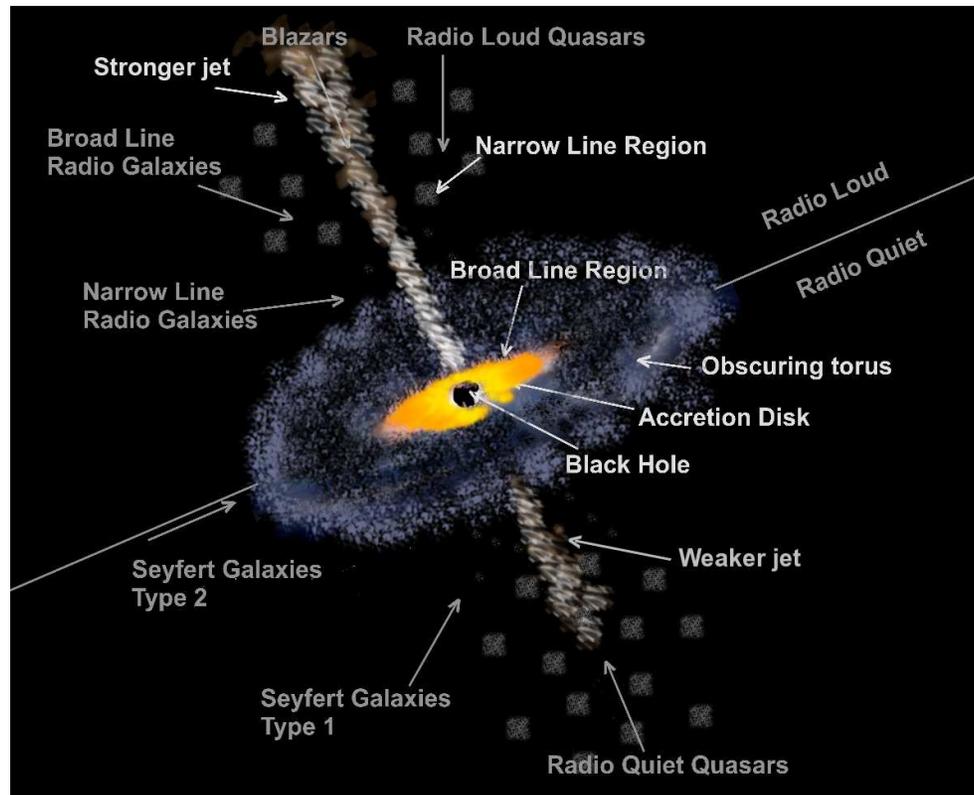
GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

BINARE

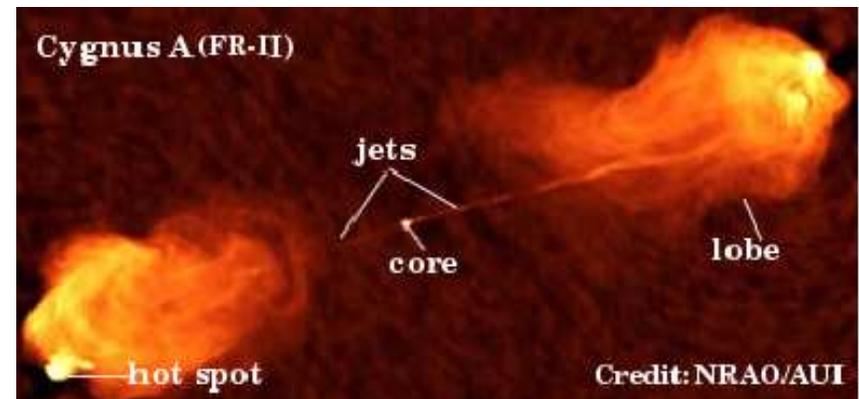


- **gaura neagra supermasiva** ($M \sim 10^7 - 10^9 M_{\odot}$) rotativa, inconjurata de un disc de accretie

● jeturile GNA:

$$v_{\text{jets}} \sim 0.9 - 0.995 c$$

$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, viteza luminii in vid



Modelul de unificare al galaxiilor cu nucleu activ

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

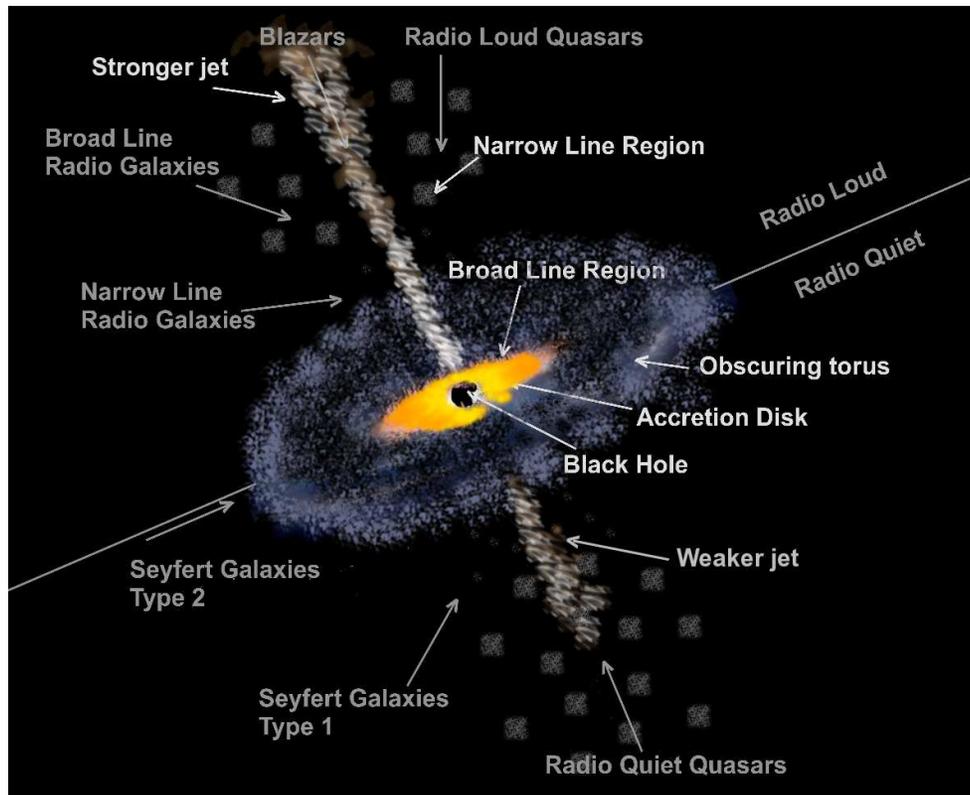
GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

BINARE



● **Dihotomia radio:** Anumite galaxii cu nucleu activ prezinta emisie puternica in radio, iar altele emisie slaba, iar intre cele doua tipuri de galaxii nu avem nimic.

● studiul dihotomiei este important pentru cunoasterea mecanismelor care stau la baza activitatii in nuclee acestor galaxii

● Proiect desfasurat la Institutul de Stiinte Spatiale, Magurele, in cadrul programului STAR

Modelul de unificare al galaxiilor cu nucleu activ

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

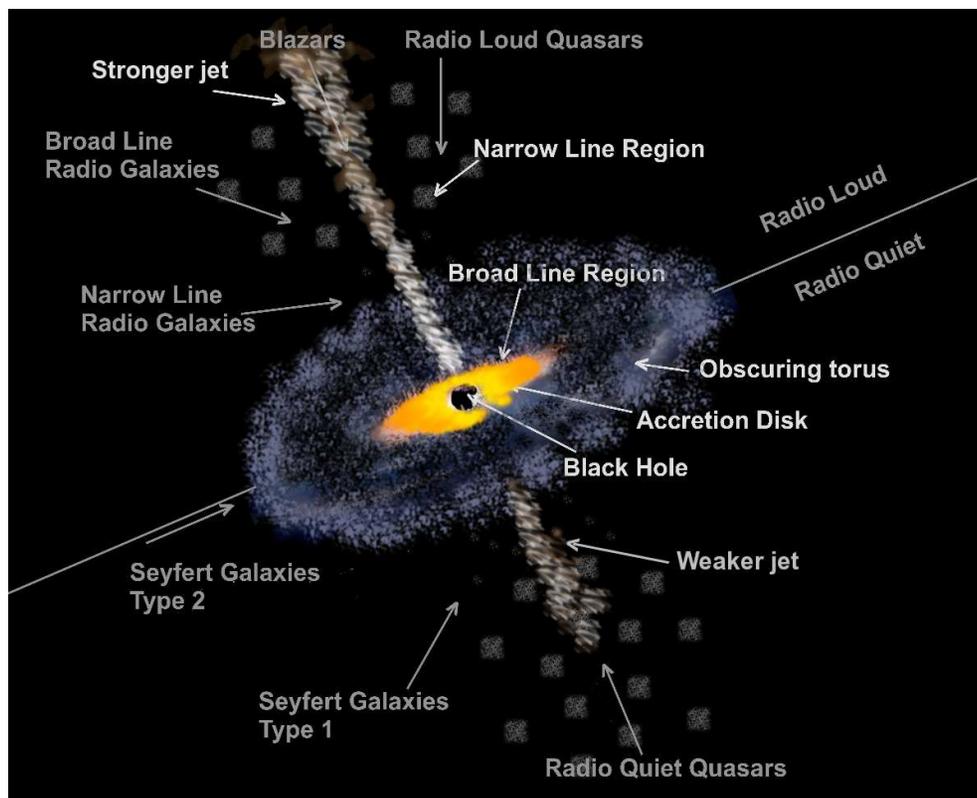
GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

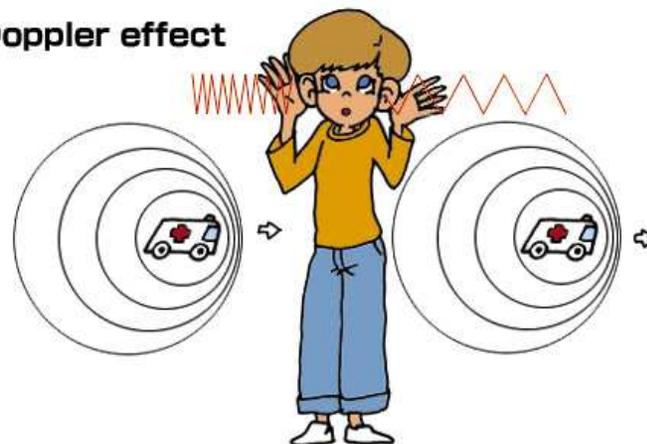
BINARE



● **gaura neagra supermasiva**
($M \sim 10^7 - 10^9 M_{\odot}$) ro-
tativa, inconjurata de un
disc de accretie

● in Blazari:
viteze supraluminale, doar
aparent datorita efectului
Doppler

Doppler effect



Radiatia de sincrotron in jeturile GNA: M87

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

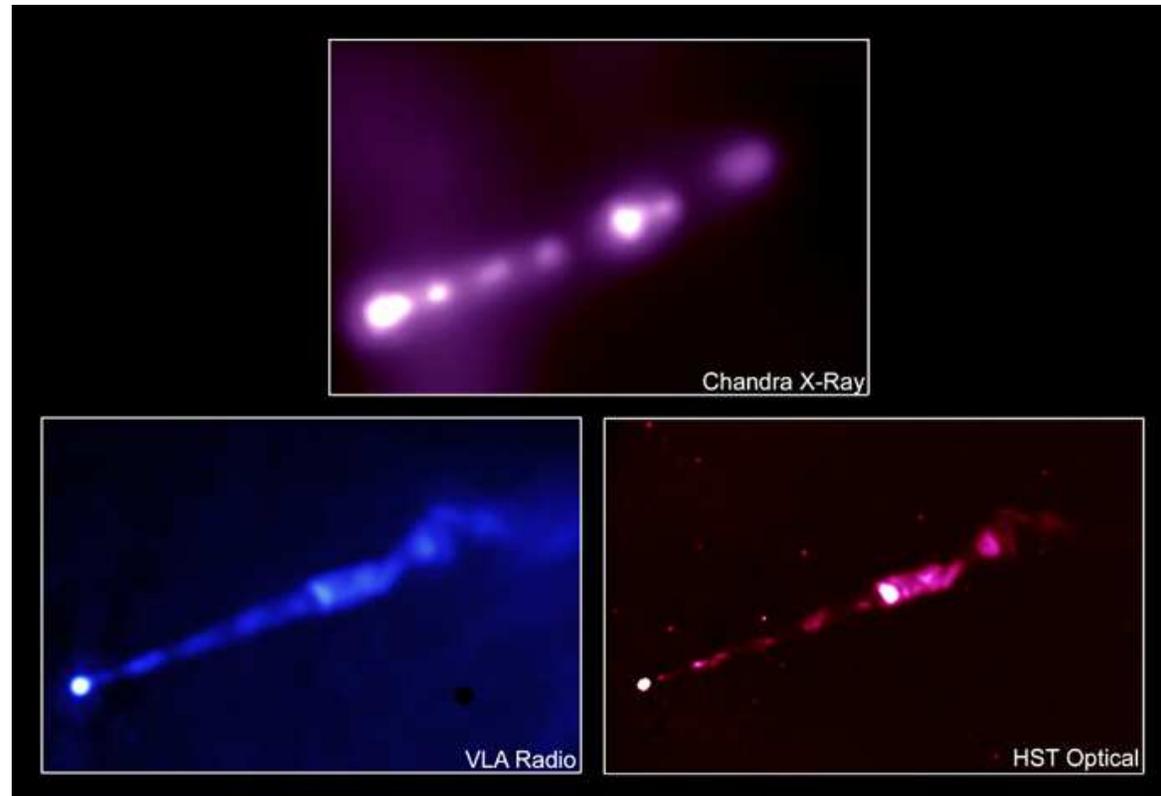
GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

BINARE



- emisie de radiatie de sincrotron pe tot spectrul de continuum (de la X-ray pana in radio)

Synchrotron Radiation:



Radiatia de sincrotron in jeturile GNA: M87

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

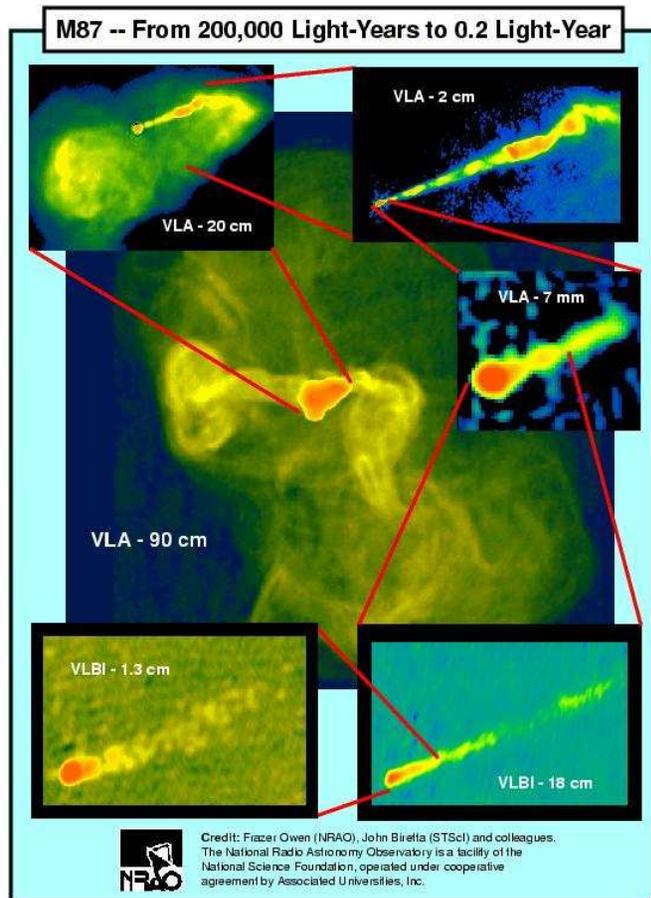
GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

BINARE



- rezolutie mai buna cu VLBI (Very Long Base Interferometry); lungimi de unda mai mici
- corelator: interferenta undelor coerente de la statiile VLBI

Radiatia de sincrotron in jeturile GNA: M87

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

BINARE

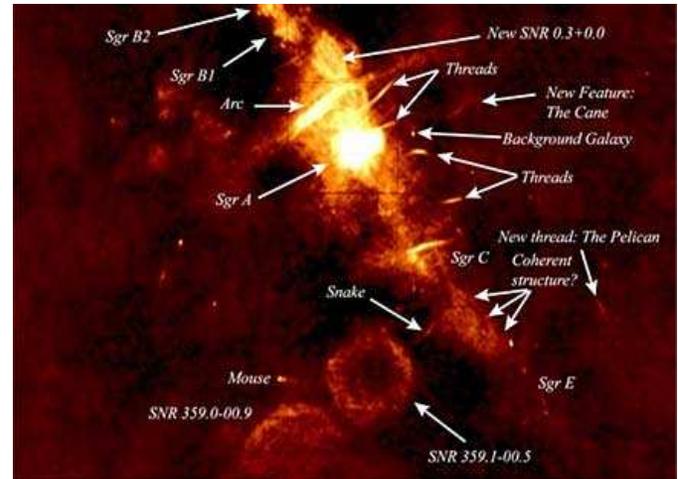
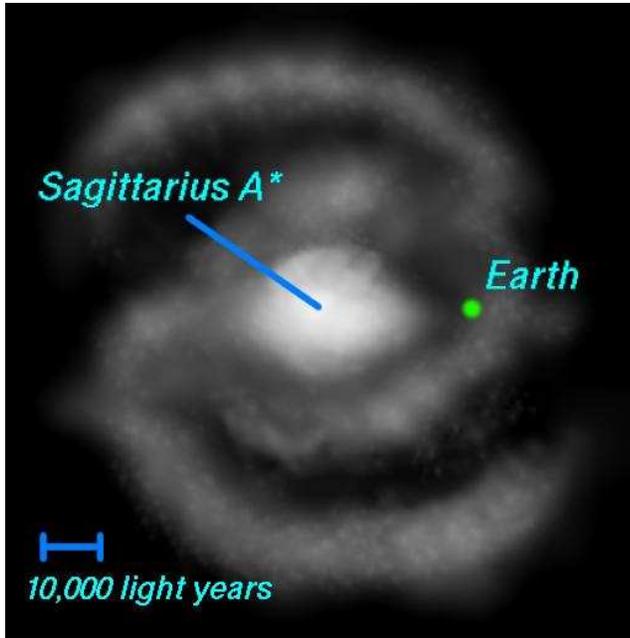


- **rezolutie mai buna cu VLBI** (Very Long Base Interferometry);
lungimi de unda mai mici
- **corelator**: interferenta undelor coerente de la statiile VLBI

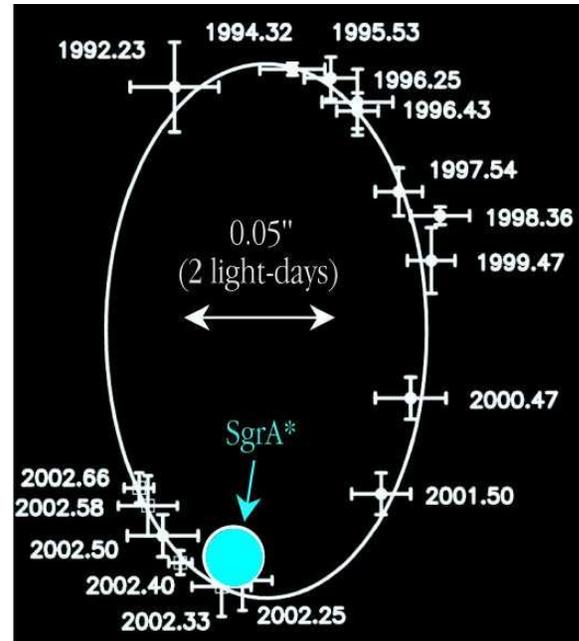


Sagittarius A* (Sgr A*): determinarea masei gaurii negre

- SUMAR
- CE SUNT ?
- CUM SE FORMEAZA ?
- UNDE ?
- CUM CRESC ?
- GNA
- Cum ?
- Cen A
- Spectre
- Spectrele
- GNA-urilor
- GNA
- Sincrotron
- Masa GN
- “Umbra” GN
- BINARE



- Sgr A* = centrul galaxiei noastre
- masa gaurii negre din miscarea Kepleriana a stelelor in jurul ei $M \sim 10^6 M_{\odot}$



Sagittarius A* (Sgr A*): determinarea spinului gaurii negre

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

Cum ?

Cen A

Spectre

Spectrele

GNA-urilor

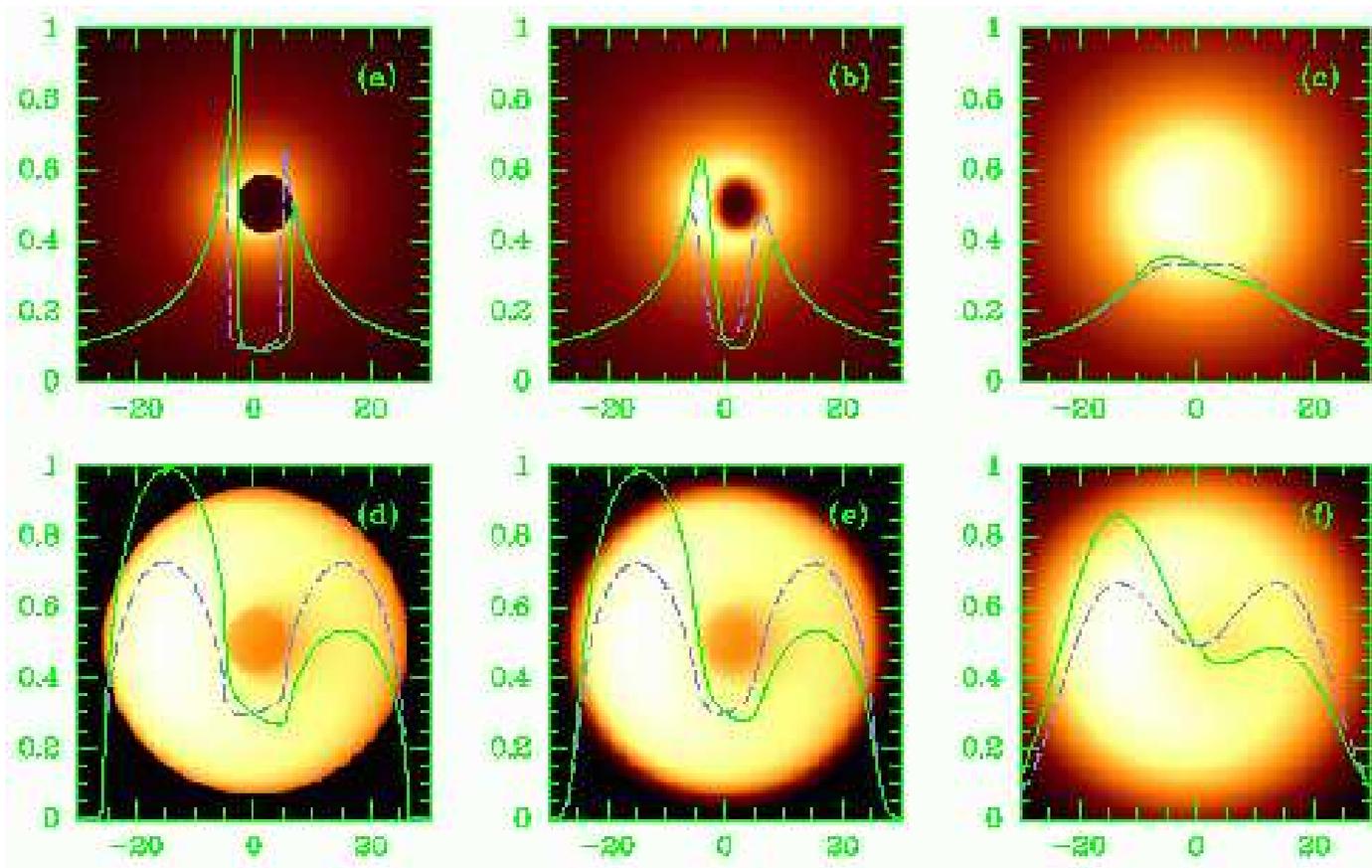
GNA

Sincrotron

Masa GN

“Umbra” GN

BINARE



- urmărirea radiației emise de către un element din discul de acretie; când acesta trece prin “spatele” gaurii negre, apare o scădere a intensității radiației emise, deci o “umbra”



SUMAR

CE SUNT ?

**CUM SE
FORMEAZA ?**

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

SISTEME BINARE

Sisteme binare emitatoare de radiatie X

SUMAR

CE SUNT ?

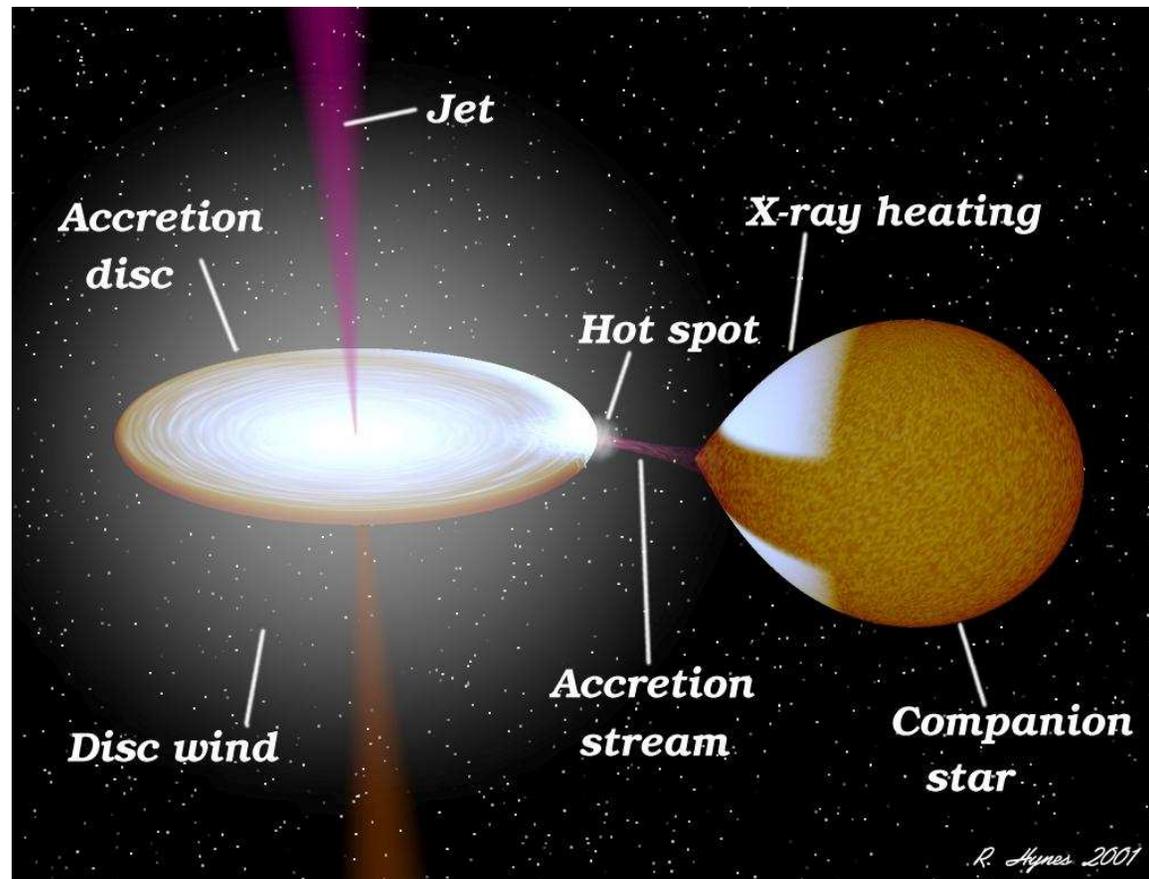
CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE



- emit copios in domeniul radiatiilor X datorita **incalzirii gazului din discul de acretie** al gaurii negre

Cygnus X-1

SUMAR

CE SUNT ?

CUM SE
FORMEAZA ?

UNDE ?

CUM CRESC ?

GNA

BINARE

- cea mai apropiata gaura neagra de noi, 5×10^{16} km
- gaura neagra de masa stelara, $M \sim 14.8 \times M_{\odot}$
- orizontul executa 800 rotatii pe sec
- stea “albastra”, $M \sim 8 - 10 \times M_{\odot}$

