

Aktivne galaksije

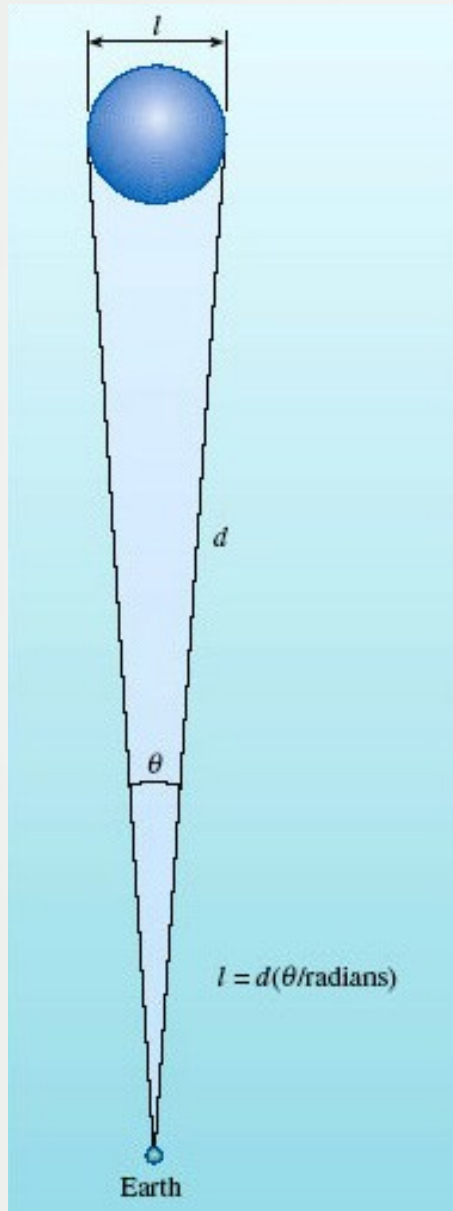
aktivno galaktično jedro

Viri: Jones, Lambourne (Chap. 3), Carroll, Ostlie (Chap. 10, 18, 28)

Danes

- aktivno galaktično jedro
 - velikost in izsev
 - model s supermasivno črno luknjo
 - akrecijski disk in Eddingtonova limita
 - curek in gibanje z “nadsvetlobno” hitrostjo
- modeli aktivnih galaksij
- enotni model AGJ-jev

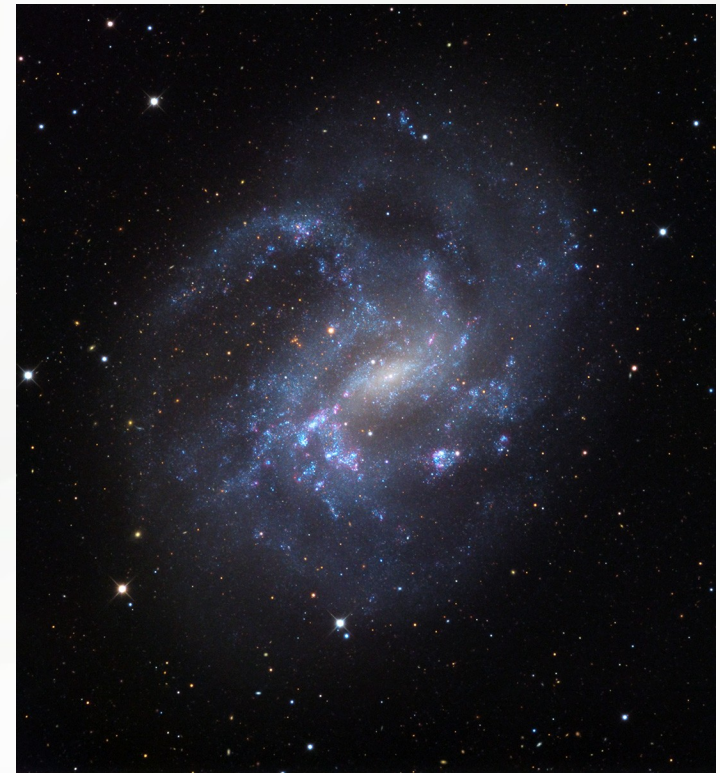
Fizična velikost AGJ



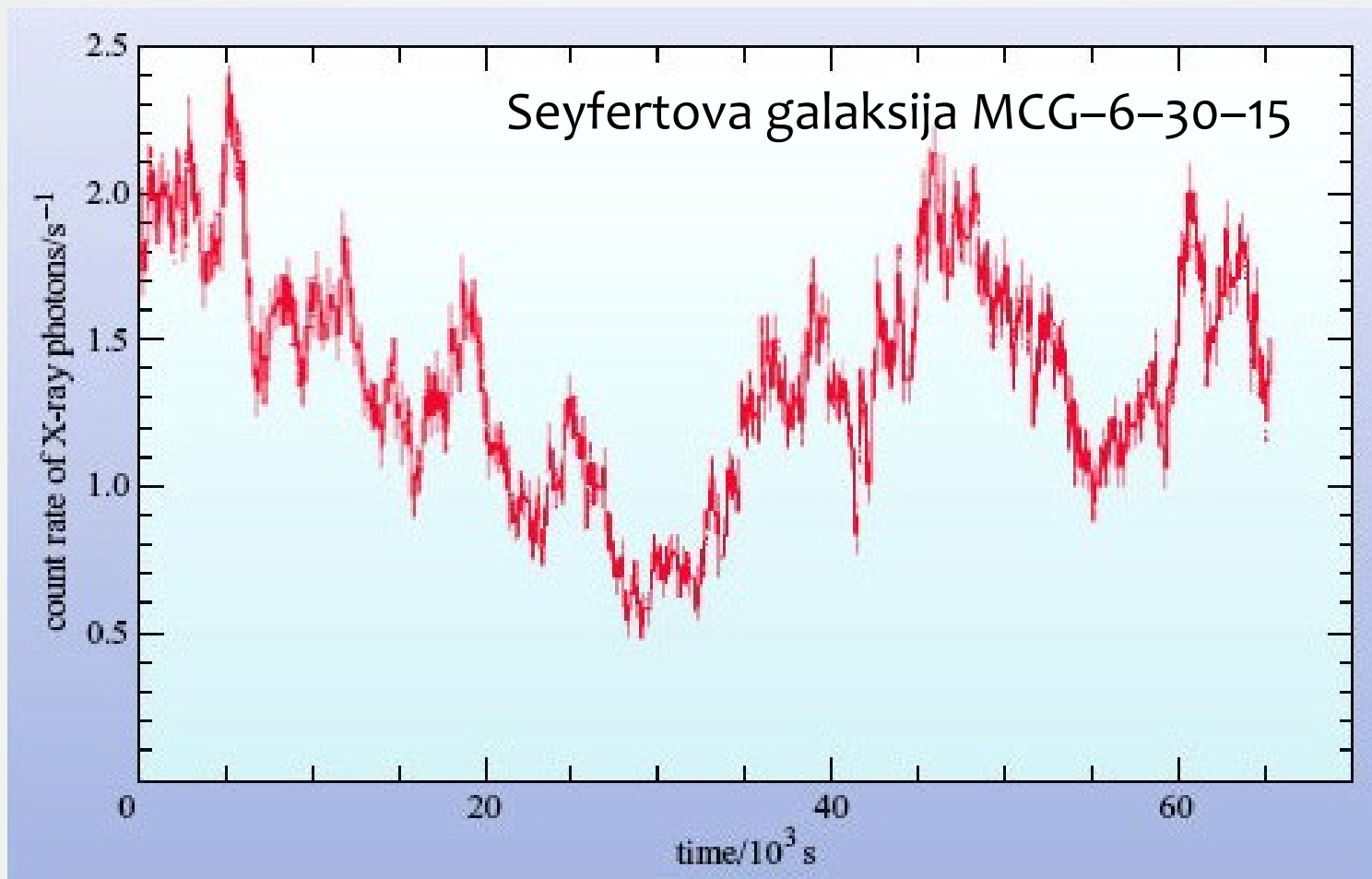
sklepanje s pomočjo optičnih posnetkov

- pod mejo ločljivosti tudi za najboljše teleskope
- zgornja meja (za najbližjo Seyfertovo galaksijo):
 $l = d \times \Theta < 1 \text{ pc}$

Najbližja Seyfertova galaksija NGC 4395
posneta z 0.8metrskim teleskopom
Schulman, Mount Lemmon SkyCenter
(Adam Block/Mount Lemmon
SkyCenter/University of Arizona)



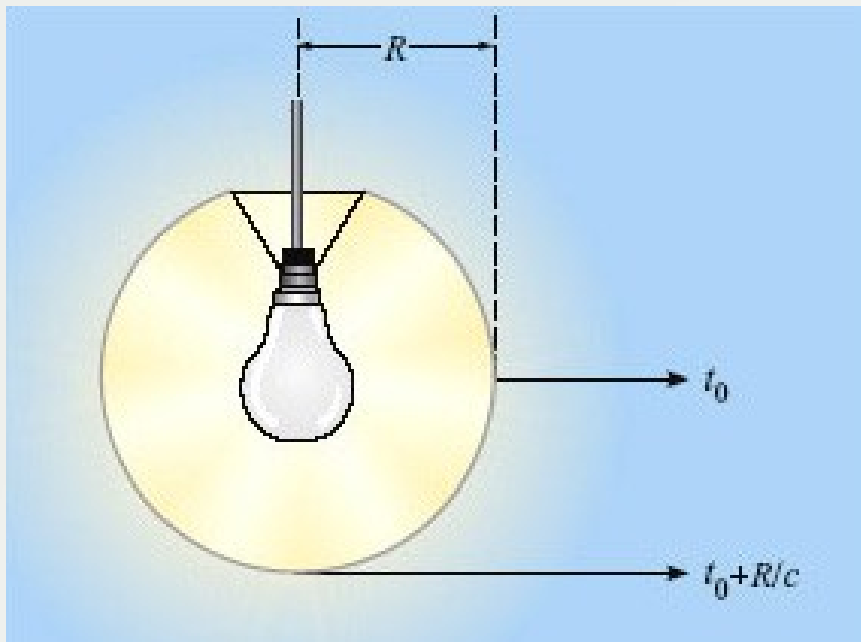
Fizična velikost AGJ



spremenljivost na časovnih skalah

$\Delta t \approx 10^3\text{-}10^4$ s (rentgensko območje EM spektra)

→ še strožja omejitve za velikost!



žarnica + senčnik/zaslon:

$$\Delta t = R/c$$

Kaj če žarnica utripa z Δt_u ?

- če $\Delta t_u < \Delta t = R/c$, se utripanje zabriše

- spremembe vidimo le, če

$$\Delta t_u > \Delta t = R/c$$

oziroma če vidimo spremembe na $\Delta t'$ vemo, da je

$$\Delta t' \geq R/c \text{ oz. } R \leq c \Delta t'$$

ocena za velikost AGJ: $R \approx c \Delta t'$

primer (Seyfert. gal. MCG-6-30-15):

$$\Delta t = 10^4 \text{ s} : R \approx 0.0001 \text{ pc} \approx 20 \text{ a.e.}$$

Izsev AGJ

sevajo v širokem območju valovnih dolžin - skupno vsaj nekajkrat več kot normalne galaksije!

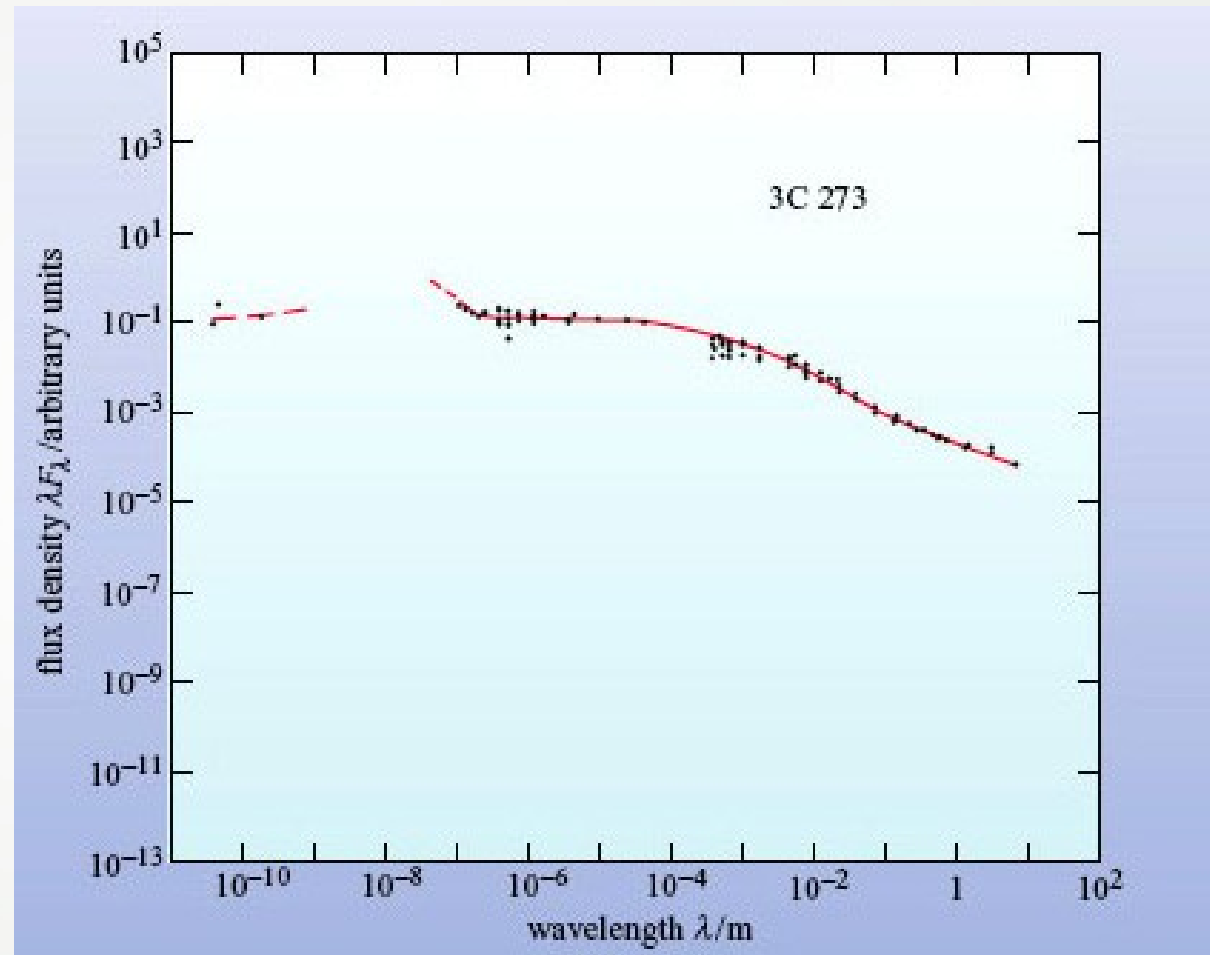
naša Galaksija:

$L_{\text{Galaksije}}$

$$= 2 \times 10^{10} L_{\odot} = 8 \times 10^{36} \text{ W}$$

"karakteristični izsev" AGJ:

$$L_{\text{AGJ}} \approx 10^{38} \text{ W}$$



Ogromen izsev iz majhnega območja! Kaj jih "*poganja*"?

Supermasivna črna luknja

$R_{\text{Schwarzschild}} = 2GM/c^2$... dogodkovni horizont

Kakšno črno luknjo lahko spravimo v AGJ?

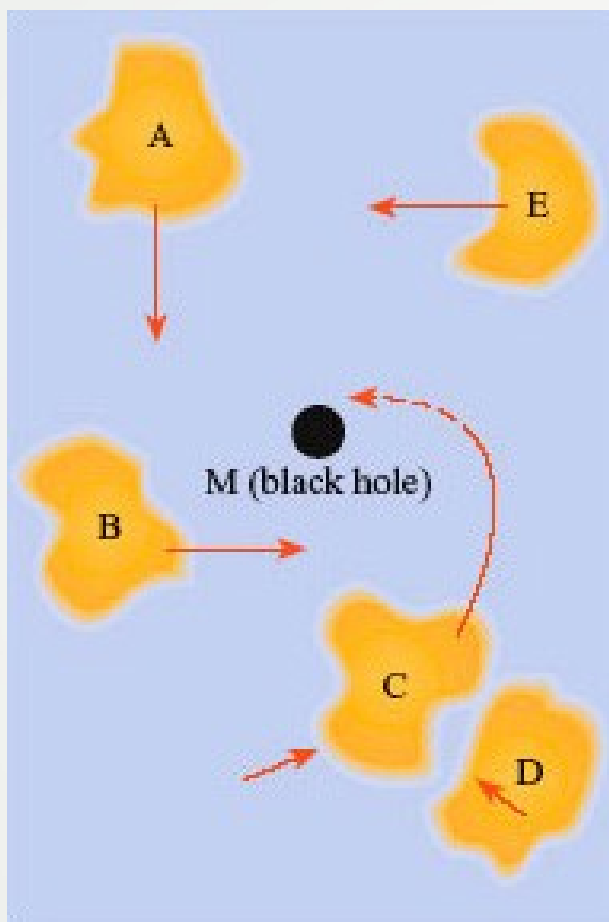
$\Delta t \approx \sim 10.000 \text{ s}$: $R < c \Delta t = 3 \times 10^{12} \text{ m}$

naj bo $R \approx 10 R_{\text{Sch}}$ in torej $R_{\text{Sch}} \approx 3 \times 10^{11} \text{ m}$:

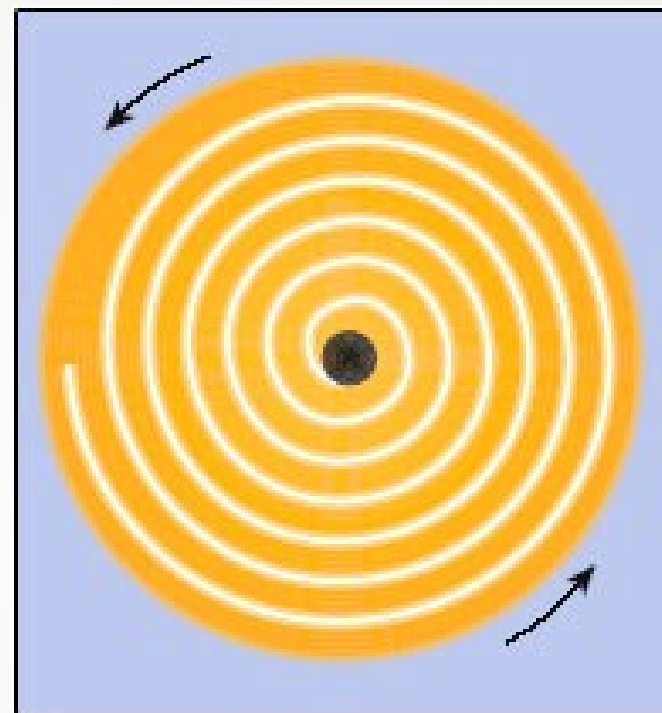
$M = R_{\text{Sch}} c^2 / 2G = 10^8 M_{\text{Sonca}}$

**To je samo zgornja meja, ne pa dokaz,
da ima črna luknja tako veliko maso!**

Akrecijski disk



oblaki plina
v bližini črne luknje



disk se segreva, notranji deli najbolj!
velikost primerljiva z Osončjem

Akrezijska moč

prihaja iz gravitacijske energije:

$$\Delta E_{\text{grav}} \approx GMm/r_{\text{končen}}$$

$$r_{\text{končen}} \approx 5 R_{\text{Sch}}:$$

$$\Delta E_{\text{grav}} \approx 0.1 mc^2 \quad (\text{jedrsko zlivanje vodika v helij: } \Delta E_{\text{fuzija}} \approx 0.007 mc^2)$$

izsev AGJ odvisen od hitrosti padanja snovi: dm/dt

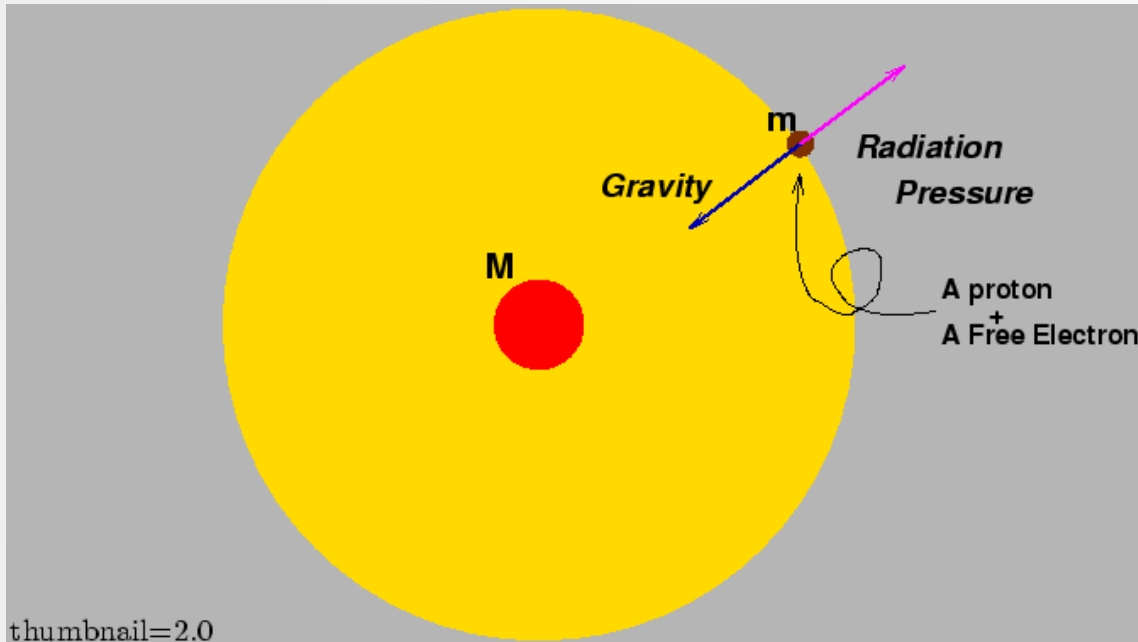
$$L_{\text{AGJ}} \approx 0.1 dm/dt c^2$$

$$L_{\text{AGJ}} \approx 10^{38} \text{ W: } dm/dt \approx 10^{22} \text{ kg/s} \approx 0.2 M_{\text{Sonca}}/\text{leto}$$

Ali res potrebujemo supermasivno črno luknjo?

Ali je lahko L poljubno velik?

Eddingtonova limita



$$F_g \geq F_{\text{sev}}$$

$$L \leq (4\pi Gc/\kappa) M = L_{\text{Edd}}$$

$$L_{\text{Edd}} = (1.3 \times 10^{31}) M/M_{\text{sonca}}$$

če $L=10^{38}$ W:

$$M \geq 7.7 \times 10^6 M_{\text{sonca}}$$

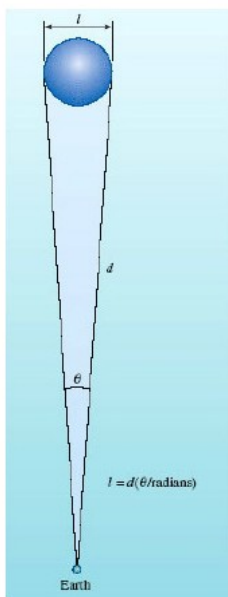
Zato potrebujemo supermasivno črno luknjo!

tipično: $M \approx 10^8 - 10^9 M_{\text{Sonca}}$ ($R_{\text{sch}} \approx 2\text{-}20 \text{ a.e.}$)
 $dm/dt \approx \text{nekaj } 0.1 M_{\text{Sonca}}/\text{leto}$

Povzetek

(povzetek) KAJ SE SKRIVA V AKTIVNEM GALAKTIČNEM JEDRU?

Velikost AGJ

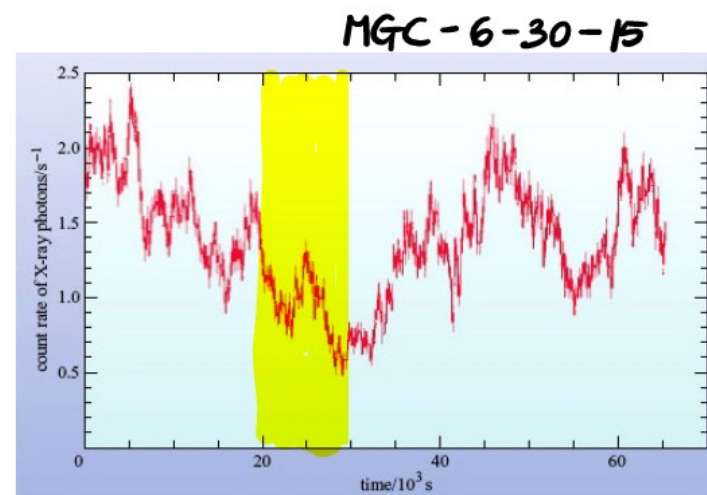


← iz kotne velikosti

$$l = d \cdot \theta$$

Najbližja Seyfertova galaksija
 $d = 4,5 \text{ Mpc}$, ne razločimo
s Hubblovim teleskopom.

$$l < 1 \text{ pc}$$



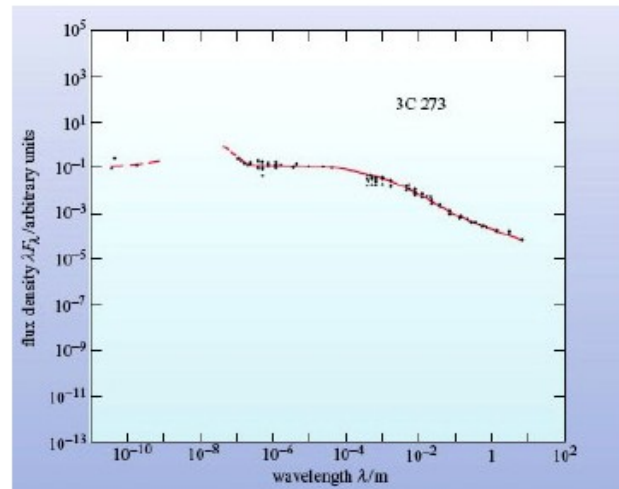
↑ iz spremenljivosti

analogija z žarnico in zaslonom

$$\Delta t \sim 10^4 \text{ s}$$

$$d = 10^{-4} \text{ pc} = 20 \text{ a.e.}$$

izser AGJ



Naradna galaksija

$$L = 2 \cdot 10^{10} L_{\odot}$$

$$L \approx 8 \cdot 10^{36} \text{ W}$$

Aktivna galaksija

$$L \sim 10^{38} \text{ W}$$

SUPERMASIVNA ČRNA LUKUJA

Schwarzschildov radij R_{Sch} (= radij dogodkovnega horizonta)

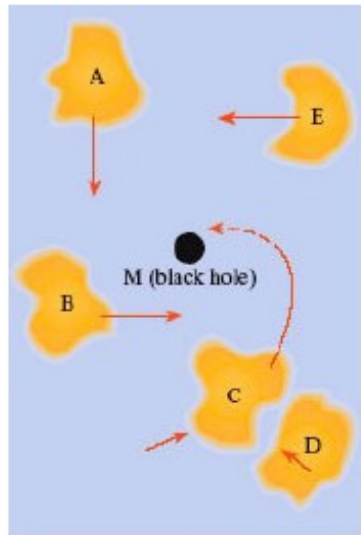
$$R_{\text{Sch}} = \frac{2GM}{c^2}$$

Ocena mase: $M = \frac{R_{\text{Sch}} c^2}{2G} \approx \underline{10^{8-9} M_{\odot}}$

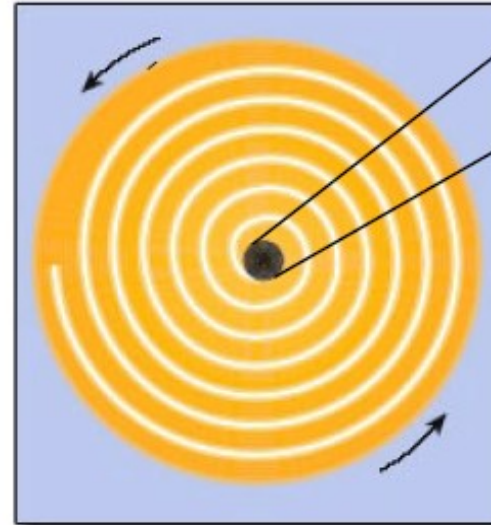
Supermasivne
črne lukije
(v splošnem)

$$M \gtrsim 10^{6-7} M_{\odot}$$

AKRECIJSKI DISK



oblaki
r okolici
supermacione
črne lukije

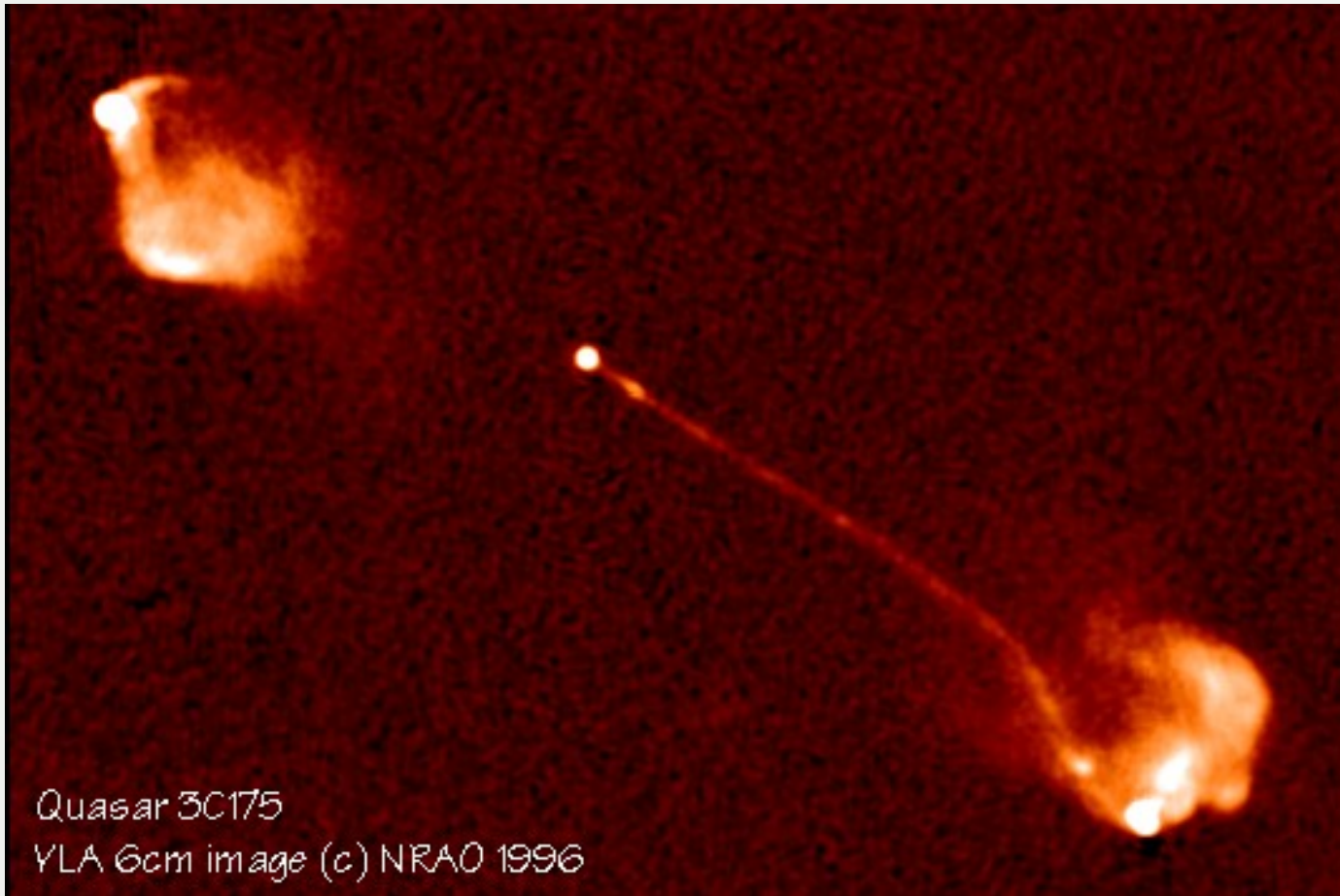


velikost nekaj
 R_{Sch}

ustvari se
akrecijski disk

(izven
dogodkovnega
horizonta!!!)

Curki (*jets*)

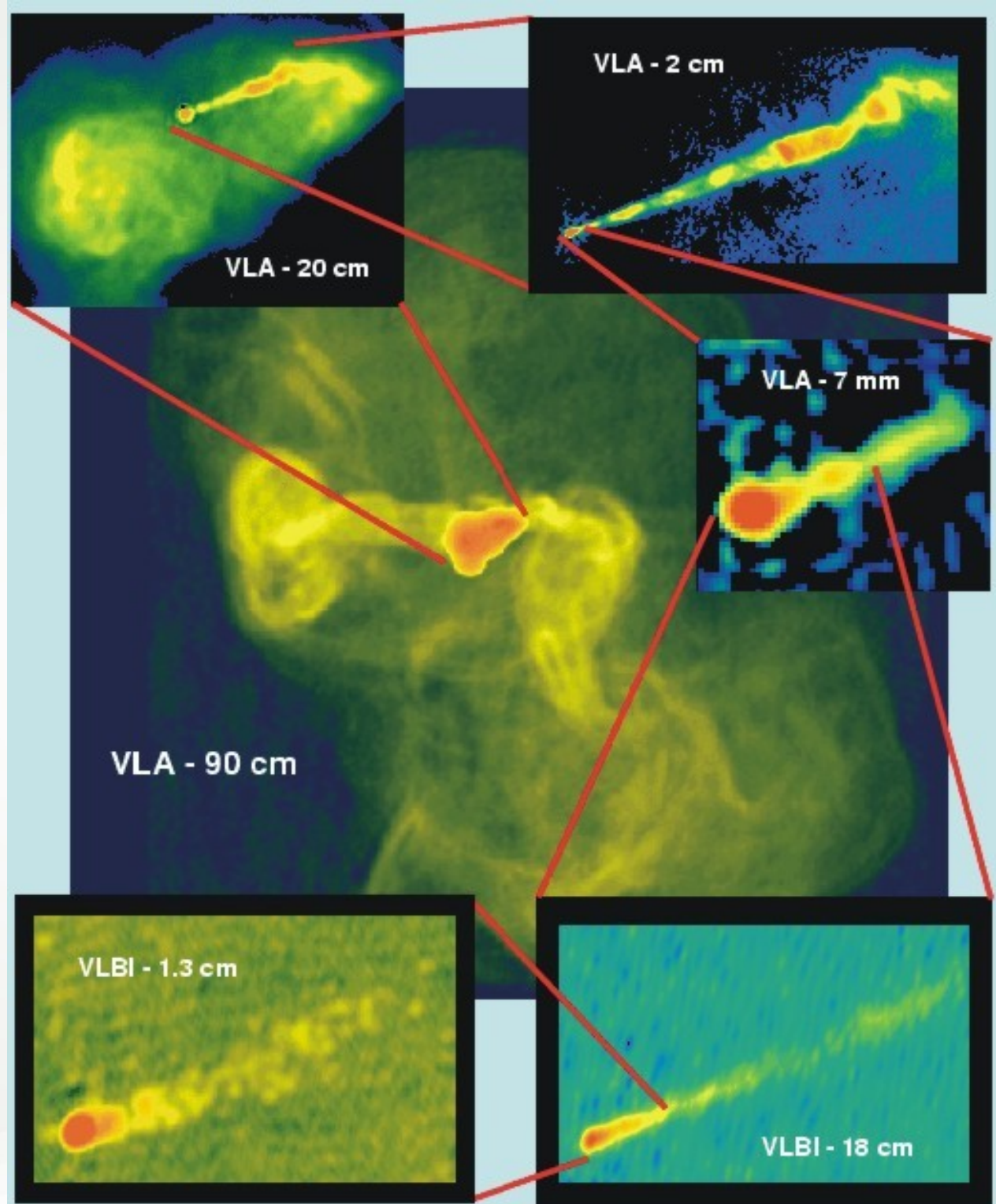


curki so prisotni v (nekaterih) kvazarjih...

Curki (*jets*)

M87

... ter v radijskih
galaksijah



Curki

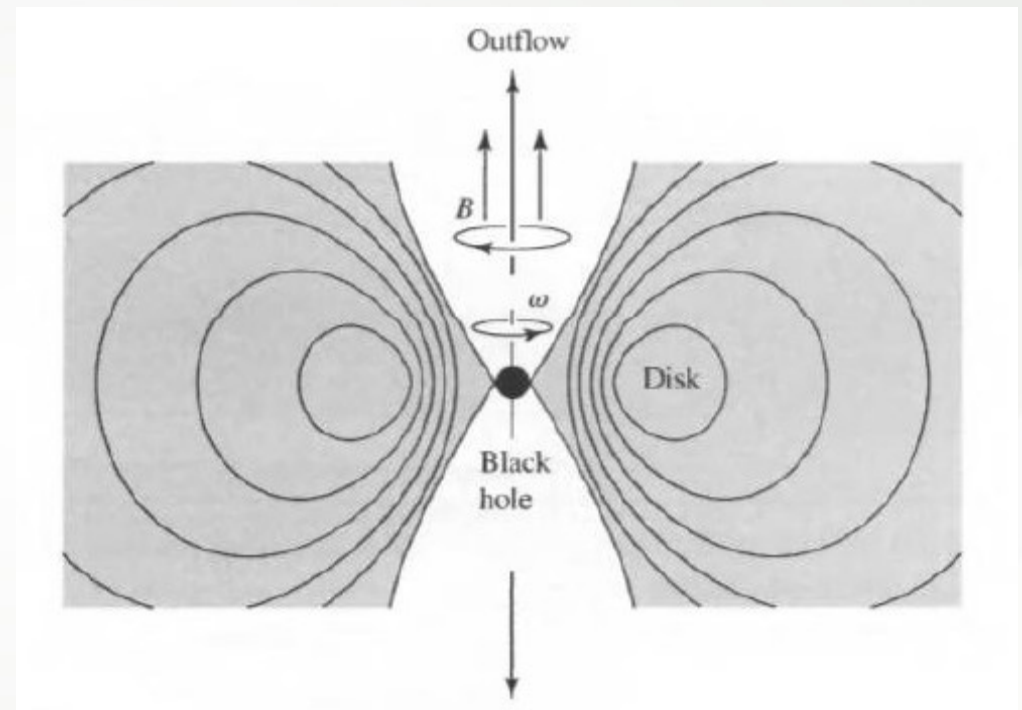
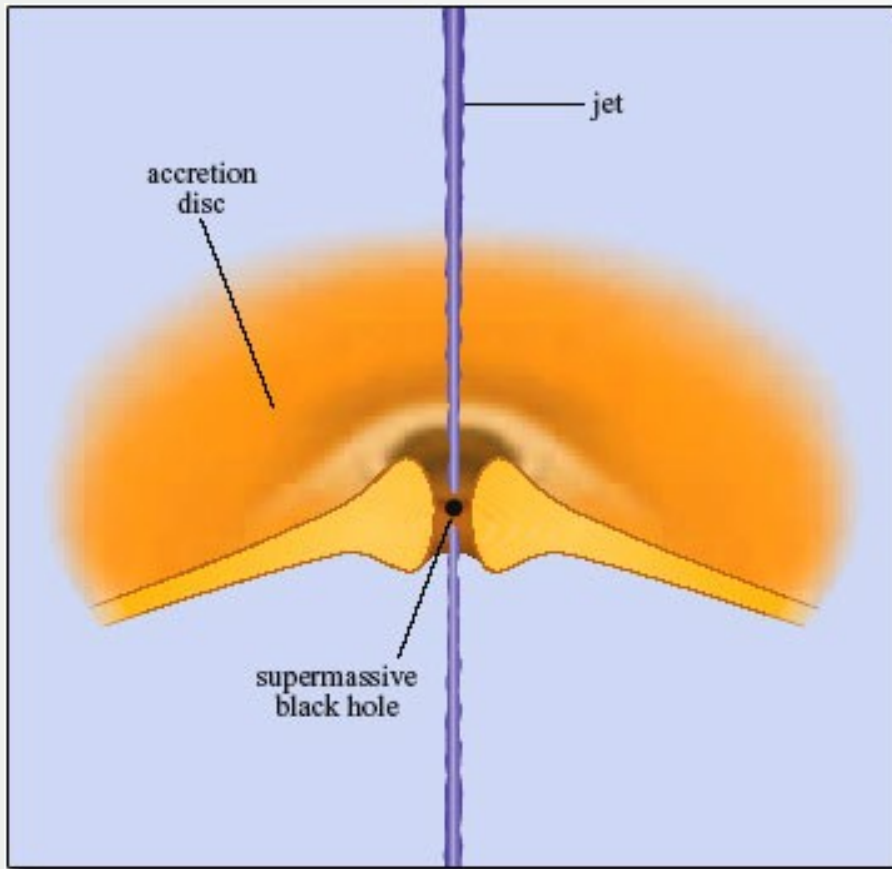
Če curke sestavljajo relativistični delci:

- kako curke vključimo v model akrecijskega diska?
- kako nastanejo curki?

SPOILER ALERT

nimamo še končnih odgovorov

Curki (*jets*)

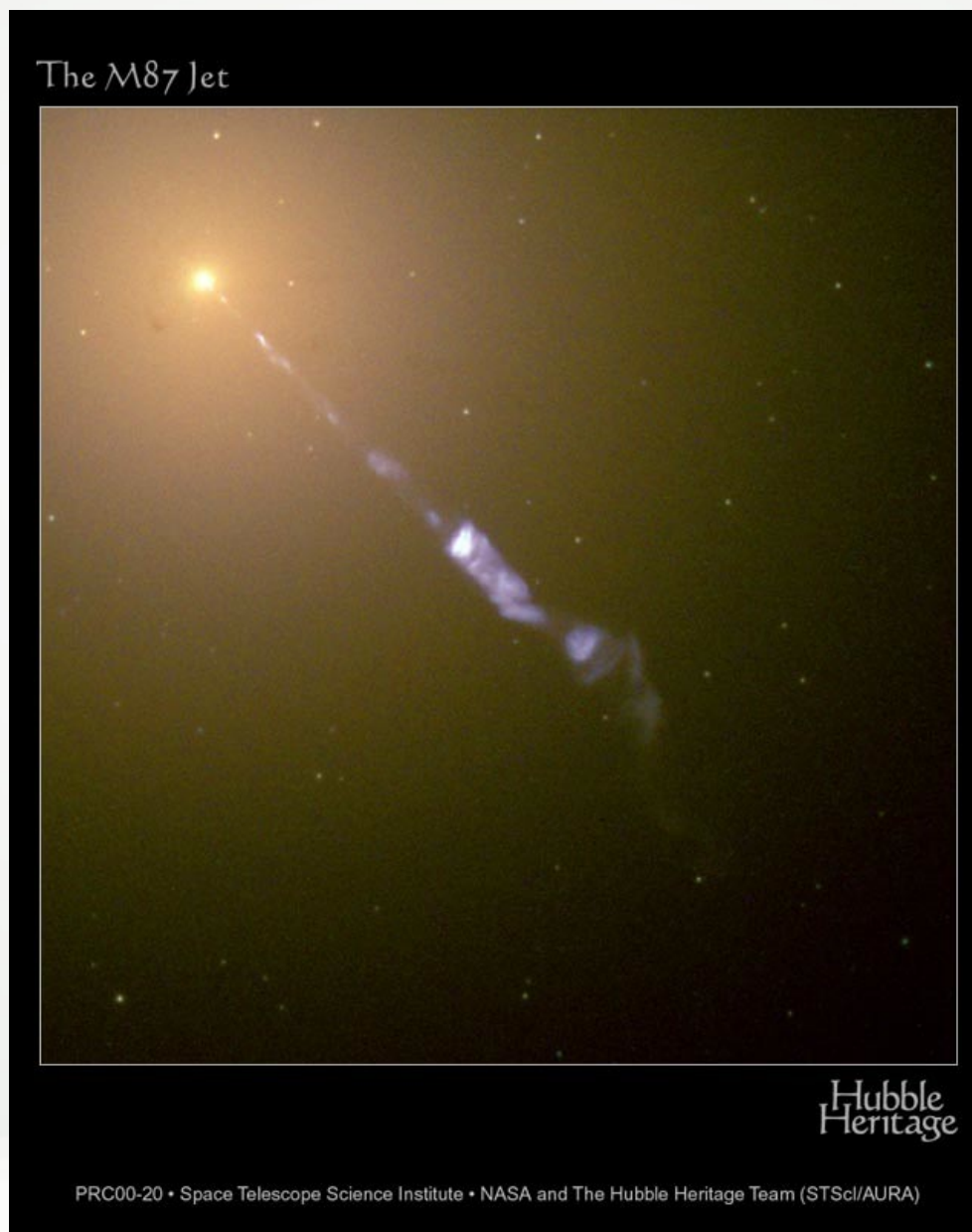


eden izmed možnih scenarijev za nastanek curka snovi

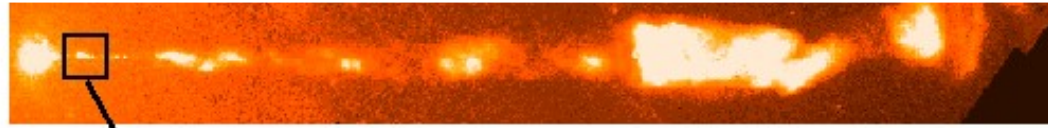
curek - skoraj s c : *relativistic beaming* (aberracija svetlobe)

video → <https://www.youtube.com/watch?v=ZtXlpIQcrC8>

"Nadsvetlobno" (superluminalno) gibanje

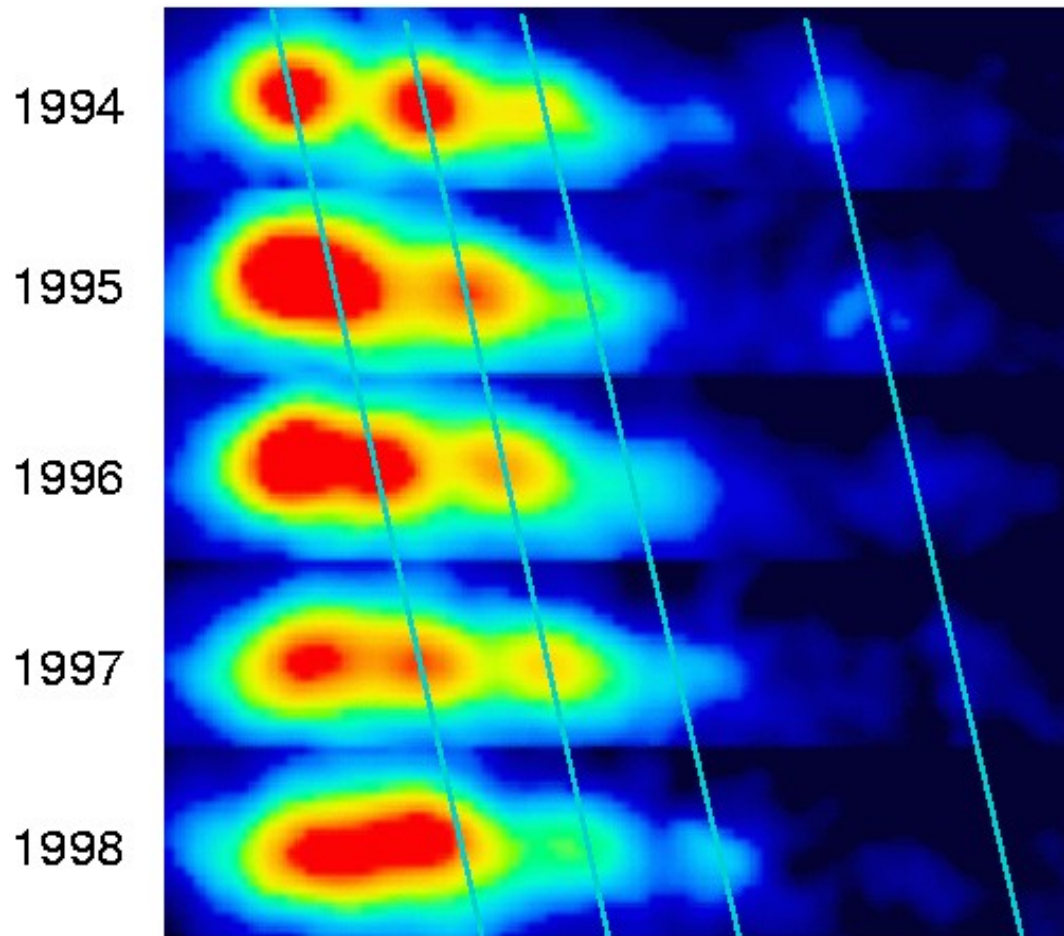


“Nadsvetlobno” (superluminalno) gibanje



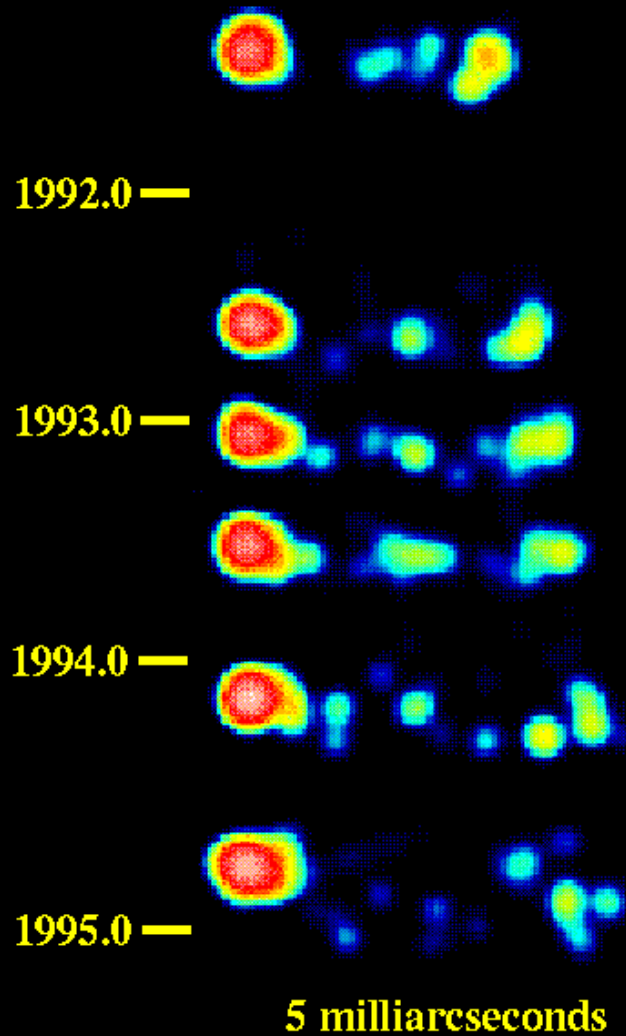
curek v M87

premikanje vozlišč (modre črte)



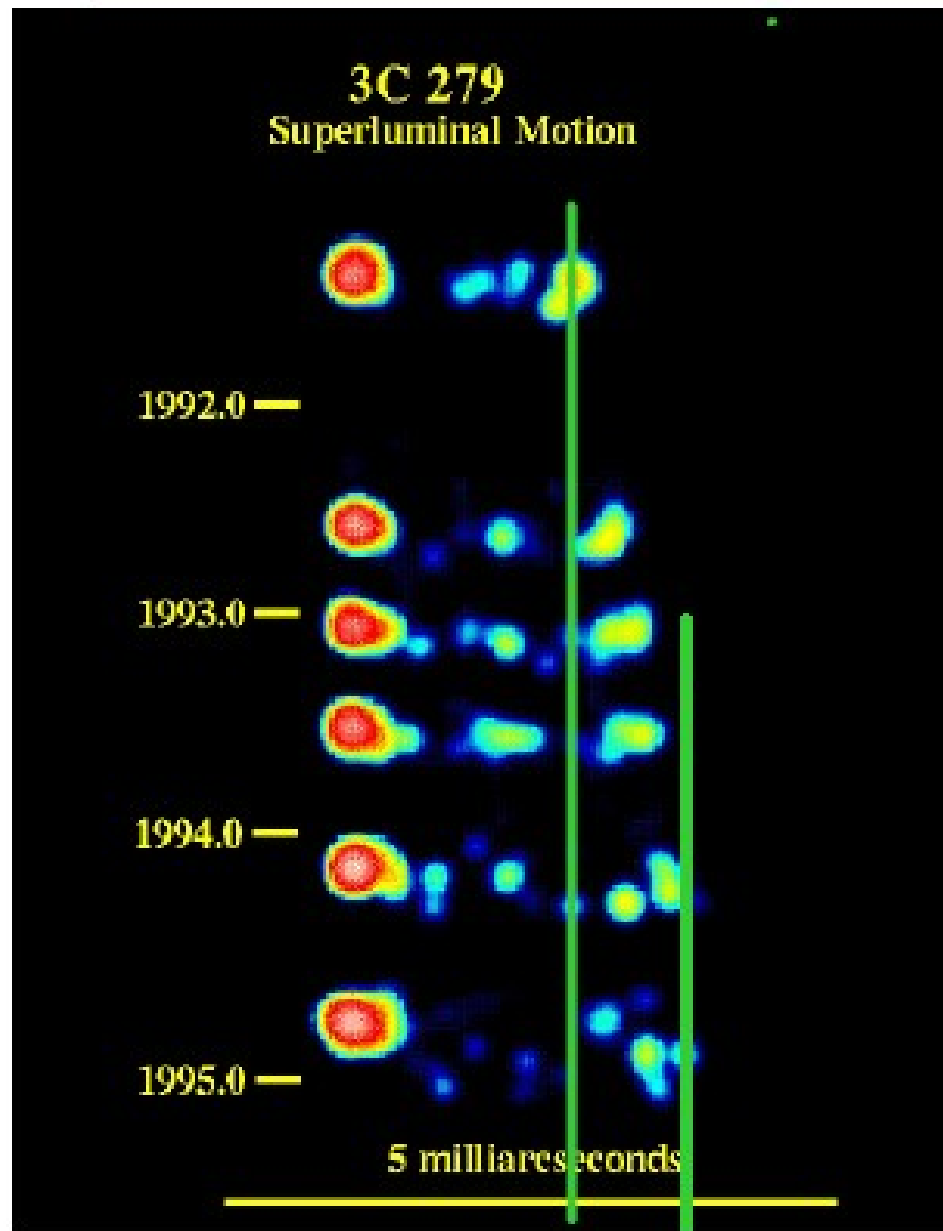
John Biretta,
Space Telescope
Science Institute

3C 279 Superluminal Motion



navidezna
hitrost = 4 c

Nadsvetlobno ali superluminalno gibanje



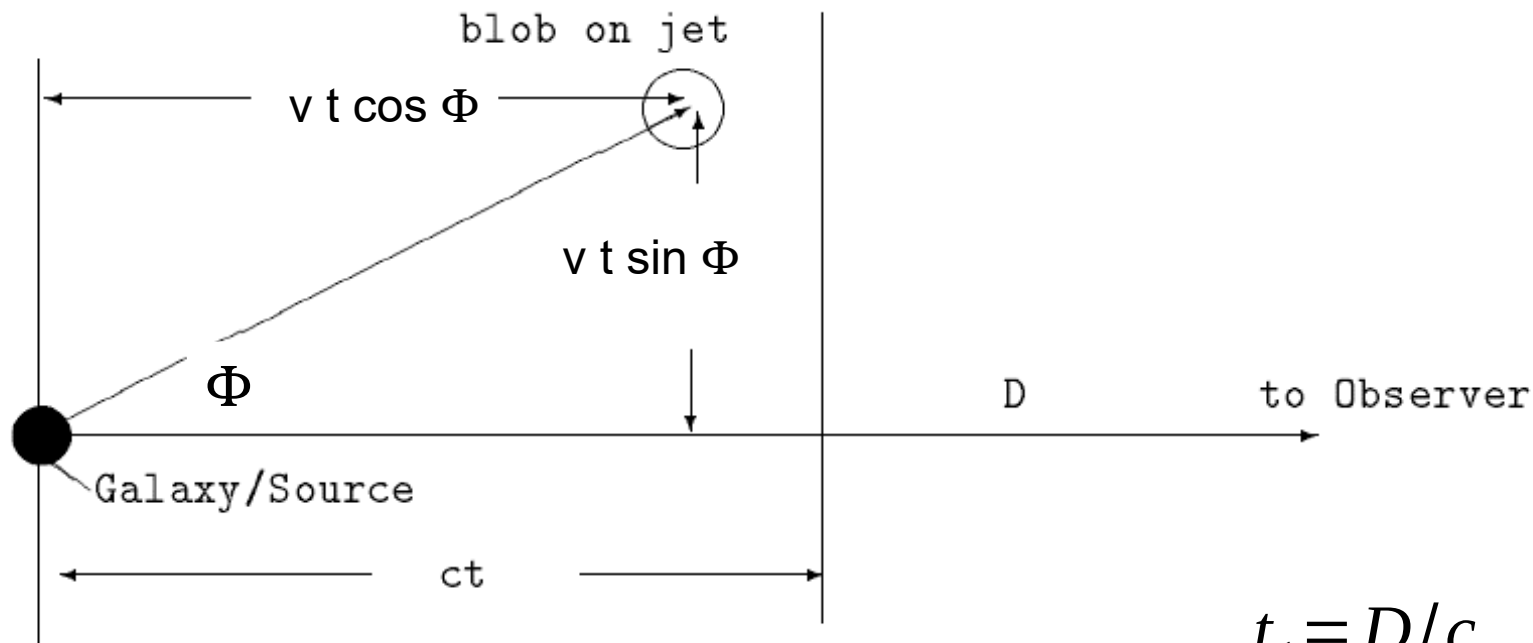
Δx

$$\Delta x \approx 0,001''$$

$$d = 5 \cdot 10^3 \text{ sv. let}$$

$$t = 3 \text{ leta}$$

$$v = \frac{\Delta x \cdot d}{t} \approx 8c$$



$$t=0$$

$$t=t_e$$

$$t_1 = D/c$$

$$t_2 = t_e + \frac{D - v t_e \cos \phi}{c}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = t_e + \frac{D}{c} - \frac{D - v t_e \cos \phi}{c} = t_e \left(1 - \frac{v}{c} \cos \phi \right)$$

delimo $v t \sin \Phi$ s tem časom, da dobimo navidezno hitrost/ c :

$$\beta_{nav} = \frac{\beta \sin \phi}{1 - \beta \cos \phi}$$

$$\beta = \frac{\beta_{nav}}{\sin \phi + \beta_{nav} \cos \phi}$$

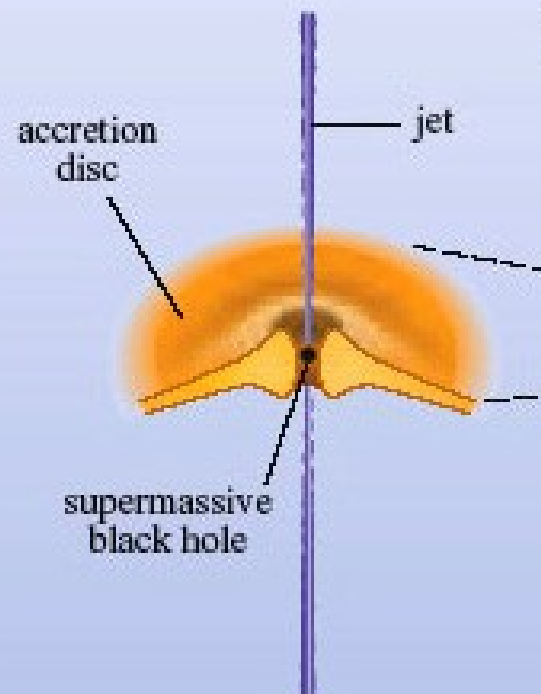
maksimum, ko je $\beta = \cos \Phi$:

$$\beta_{nav} = \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \gamma \beta$$

oz. ko $v \approx c$:

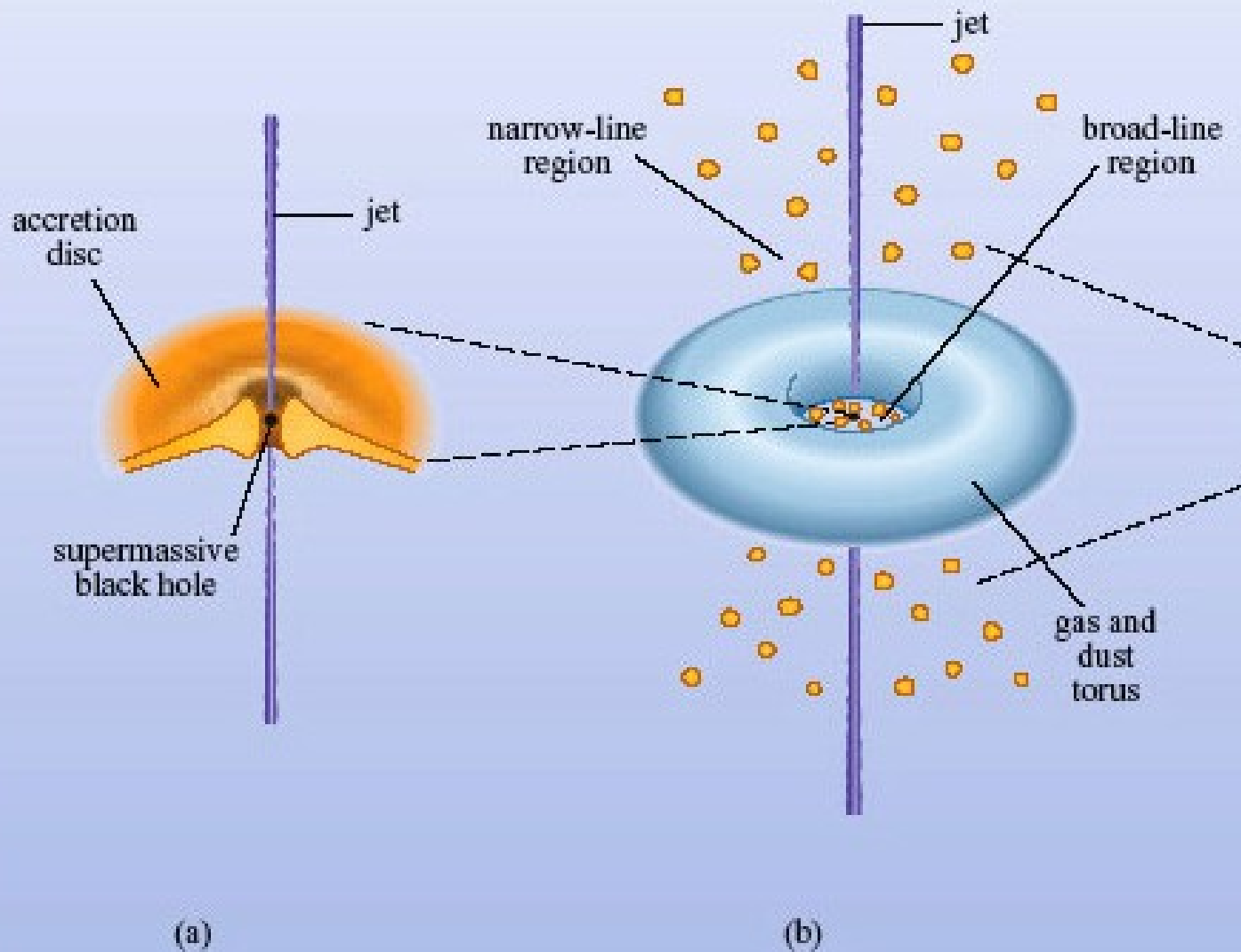
$v_{nav} = \gamma c$

Model AGJ



(a)

Model AGJ



Model AGJ

