

Kroužíme kolem černé díry?

O tom, co skrývají centra galaxií

F. Hroch

ÚTFA MU, Brno

10. duben 2009

- pohyb objektů kolem centra Mléčné dráhy
- viriálová hmota
- masery v M 106
- jet v M 87
- (...)

Obsah
O zem to dneska je?
Galaxie – Mléčná dráha
Masery v M 106
Dynamika hmoty v M 87
Dynamika jetů

Tajemství galaktických jader

Supermasivní černé díry v srdcích galaxií

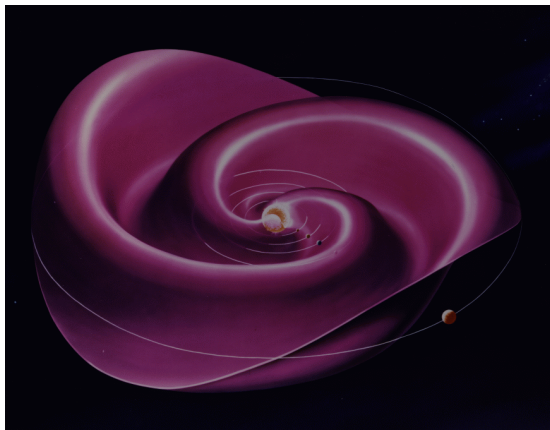
Filip Hroch

ÚTFA, MU

22. duben 2005

Filip Hroch Tajemství galaktických jader

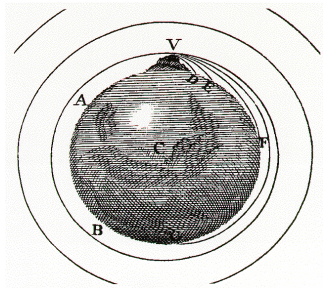
- černá díra je charakterizována třemi parametry: hmotou, moment impulsu, náboj
- předpoklad: reálné černé díry nejsou nabitě
- základní metody odhadují hmotu objektu
- přesná metoda mapuje prostoročas okolí objektu
- lze díry detekovat přímo?



Mapování prostoročasu kolem tělesa

Mapování gravitačního potenciálu

- zkoumáme (vypouštíme) testovací částice
- na Zemi měříme gravimetrem: pružina, volný pád, siderické kyvadlo



Popis prostoročasu kolem tělesa

Efektivní gravitační potenciál

- měříme

$$v(r), r$$

- klasicky

$$V_{\text{eff}} \sim -\frac{GM}{r} + \frac{L^2}{2mr^2}$$

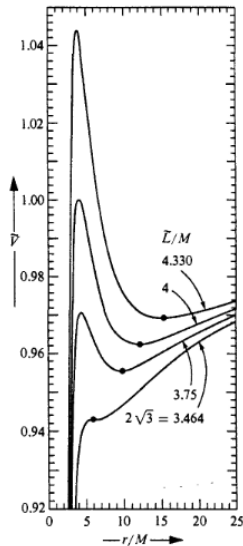
- Schwarzschild

$$V_{\text{eff}} \sim \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) \left(c^2 + \frac{L^2}{2mr^2}\right)$$

-

$$M = \frac{v^2 r}{2G}$$

- ovšem: $M \gg m$, $M \gg$ hmota kolem



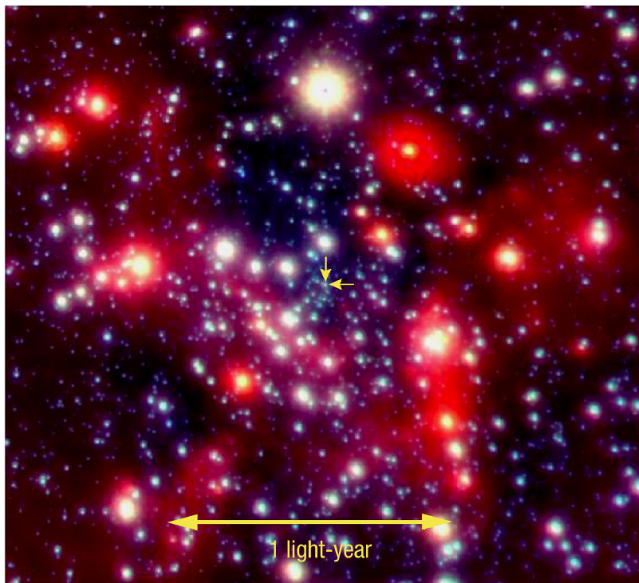
Střed Mléčné dráhy v oblacích



- R.Genzel & spol.
- <http://www.mpe.mpg.de/ir/GC/>
- pozorování od roku 1990
- vlnové délky: 1.6, 2.2 a 3.8 μm
- lokalizace díky flare

Flare

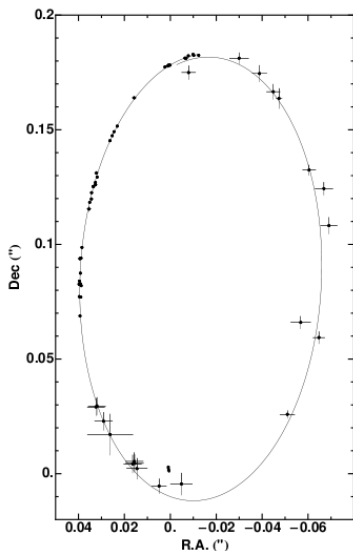
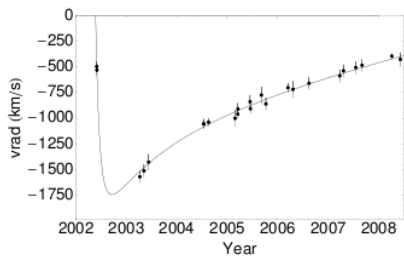
Za mlhou ...



Dráha S2

Gillessen et al.: ApJ, 692, 1075–1109 (2009)

- běžná hvězda
- perioda 15 let
- perinigricon (přídíří)
17 světelných hodin
- obíhá po elipse



Kolem čeho kroužíme?

Klíčová fakta o galaktickém centru

- hmota

$$(4.31 \pm 0.36) \times 10^6 M_{\odot}$$

- distance

$$8.33 \pm 0.17 \text{ kpc}$$

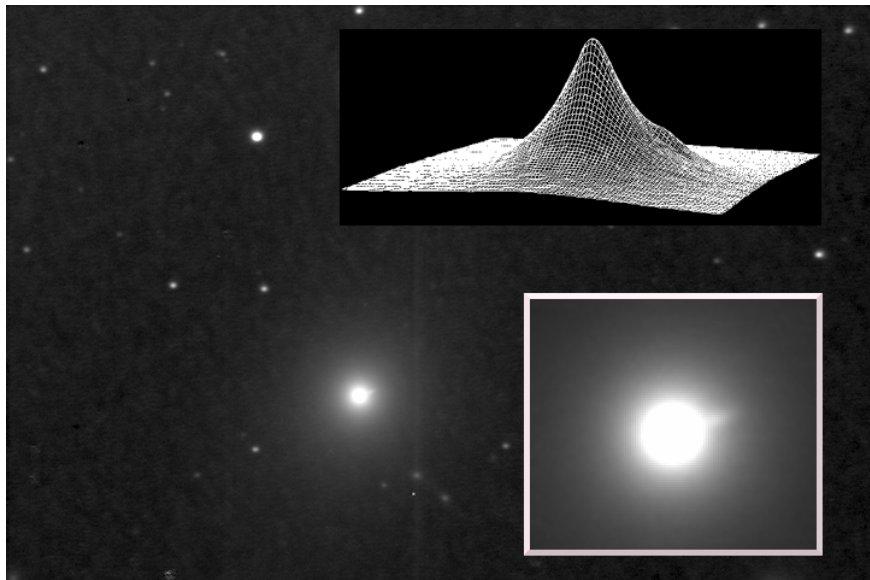
Dance

- Schwarzschildův poloměr

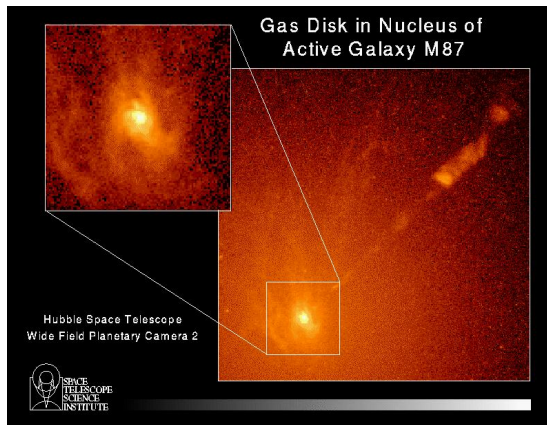
$$r_s = \frac{2GM}{c^2} \approx 2.95 \text{ km}/M_\odot$$

- pro $4 \cdot 10^6 M_\odot$ je $r_s \approx \cdot 10^7$ km ($100 \times R_\odot = 10$ AU)
- nejbliže 17 světelných hodin (=130 AU, Pluto nejdál 50 AU)
- hustota $> 10^3$ g/cm³
- hustota pro NS: 10^{14} g/cm³ (voda, Slunce)
- hustota pro WD: 10^6 g/cm³
- olovo: 11 g/cm³

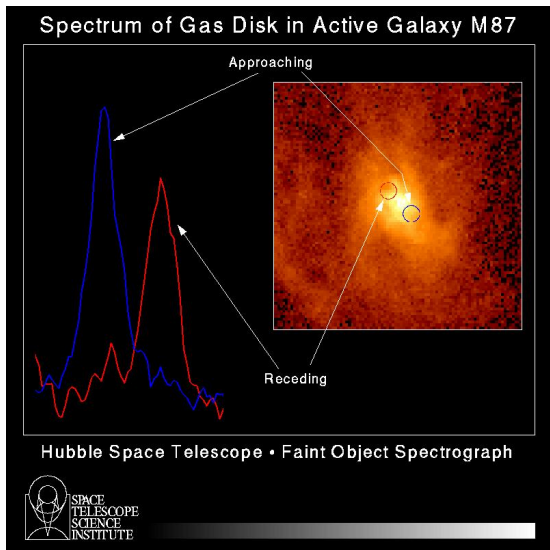
M 87 — srdce kupy v Panně



Aktivní jádro M 87



- aktivní galaxie
- vzdálenost 15 Mpc
- snímek centra z HST přes $H\alpha + [N II]$ filtr
- výtrysk z jádra – jet
- v centru je disk



- snímek centrálního disku z HST
- spektrální čáry jsou posunuté v závislosti na tom, kde pořizujeme spektrum
- posunutí $\Delta\lambda$ je úměrné rychlosti materiálu

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c} \quad (v \ll c)$$

Jádro M 87

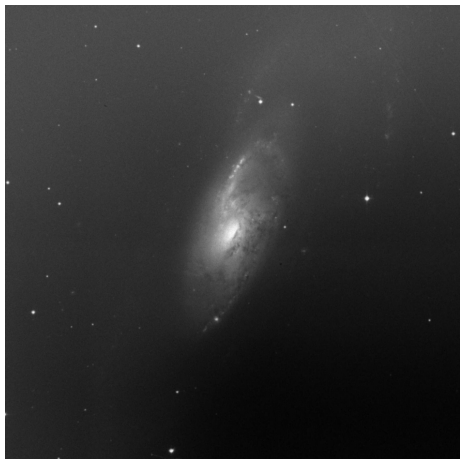
Harms et al.: ApJ 435, L35-L38 (1994)

- Faint Object Spectrograf (FOS), 1000 – 6000 sec
- odečteno kontinuum přes $H\alpha$ a [N II] filtr
- čáry: [O III] 5007 Å, [N II] 6584 Å
- sklon dráhy $42^\circ \pm 5^\circ$
- poziční úhel $1^\circ < \theta < 14^\circ$
- hmota centra $(2.4 \pm 0.7) \times 10^9 M_\odot$

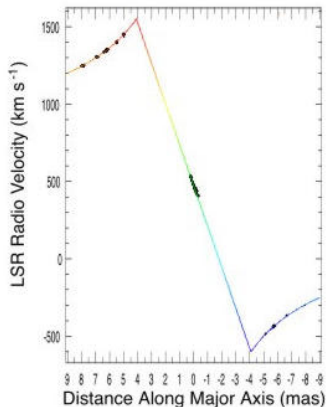
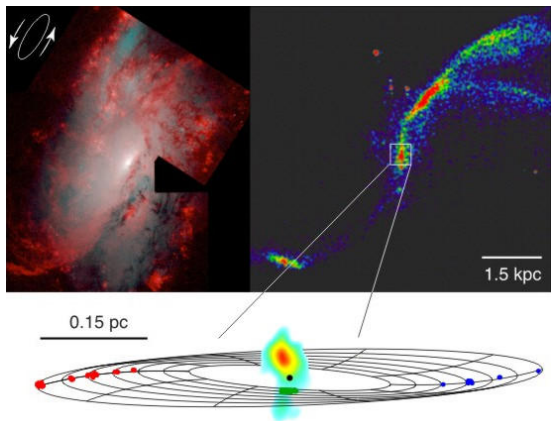
Klíčová fakta o centru M 87

- nerozlišený netermální zdroj s jasem koncentrovaným do středu
- velikost není větší než 1 pc
- hmota je $\sim 10^9 M_\odot$

- vzdálenost 7 Mpc
- systematická rychlost 472 ± 4 km/s
- VLBI mapa z rádiové syntézy H_2O maserů
- mechanismus vzniku mega-maserů není objasněn



Masery v M 106



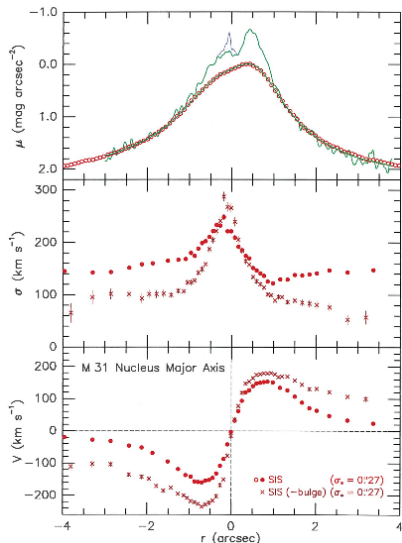
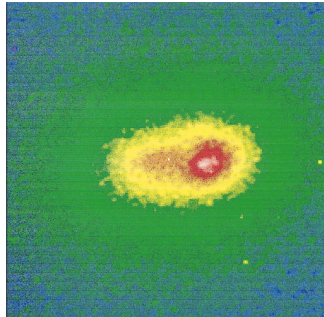
- masery mají izotropní svítivosti $10^2 - 10^4 L_{\odot}$
- vnitřní poloměr disku je asi 0.15 pc
- hmota je $\sim 10^7 M_{\odot}$



Dvojité jádro u M31

Kormedy & Bender: ApJ 522 772 – 792 (1999)

- spektroskopie z HST
- hmota $3 \times 10^7 M_{\odot}$
- druhé jádro: díra nebo hvězdokupa?



Spirální metamorfózy — co se dvěma černými dírami?

John Dubinski, <http://www.galaxydynamics.org/>



<http://www.physics.muni.cz/~hroch/krouzeni.pdf>

- <http://www.eso.org/public/outreach/press-rel/pr-2008/phot-46-08.html>
- <http://www.galaxydynamics.org/>
- <http://chandra.as.utexas.edu/~kormendy/bhpix.html>
- <http://www.mpe.mpg.de/ir/GC>

- 1 Úvod
- 2 Centrum Mléčné dráhy
- 3 Dynamika hmoty v M87
- 4 Masery v M106
- 5 Srážky galaxií