



Navadne galaksije

struktura, sestava in kinematika

Viri: Jones, Lambourne (Chap. 1), Longair (Introduction)

Prosojnice so delno prirejene po starejših prosojnicah prof. dr. Andreje Gomboc

Velika debata

1920, Washington (Smithsonian Institute)

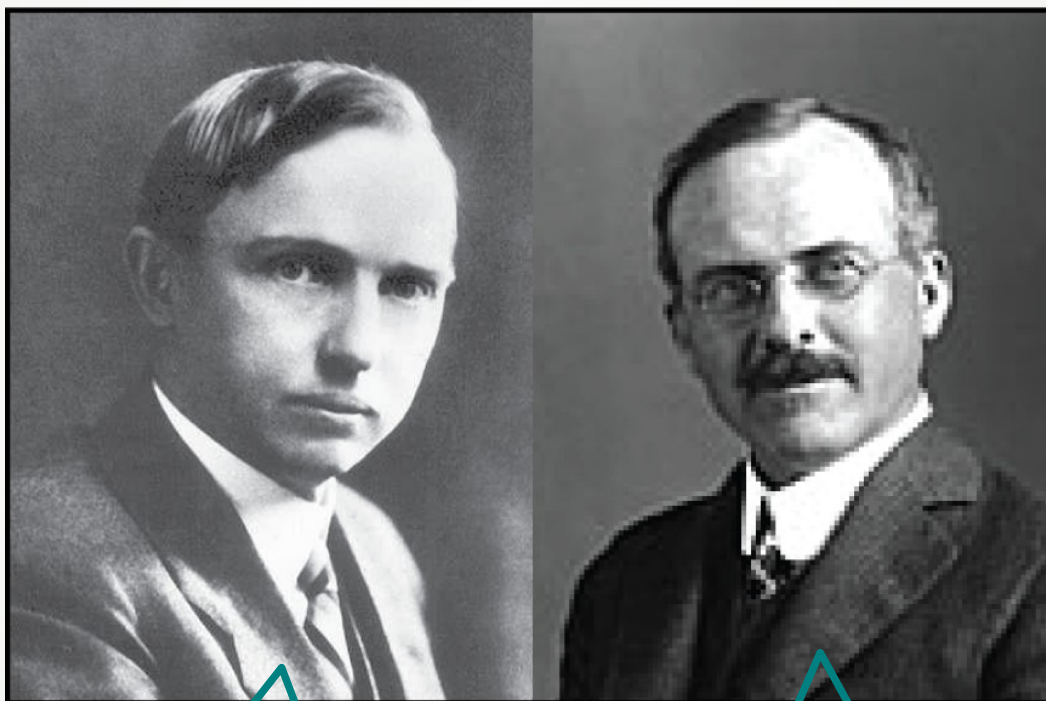
Debata o oddaljenosti "spiralnih meglic" in velikosti do takrat znanega Vesolja

Harlow Shapley

✗ Vesolje
je naša
Galaksija.

✗ "Spiralne
meglice" so
bližnji oblaki
plina.

✓ Sonce ni v
središču Galaksije.



"le bližnji oblaki plina"

"druge galaksije"

Heber Doust
Curtis
(1872-1942)

✓ Vesolje
je sestavljeno
iz galaksij
podobnih
naši.

✗ Sonce je v
središču naše
majhne
Galaksije.

1924 - uporabil kefeide in določil razdaljo



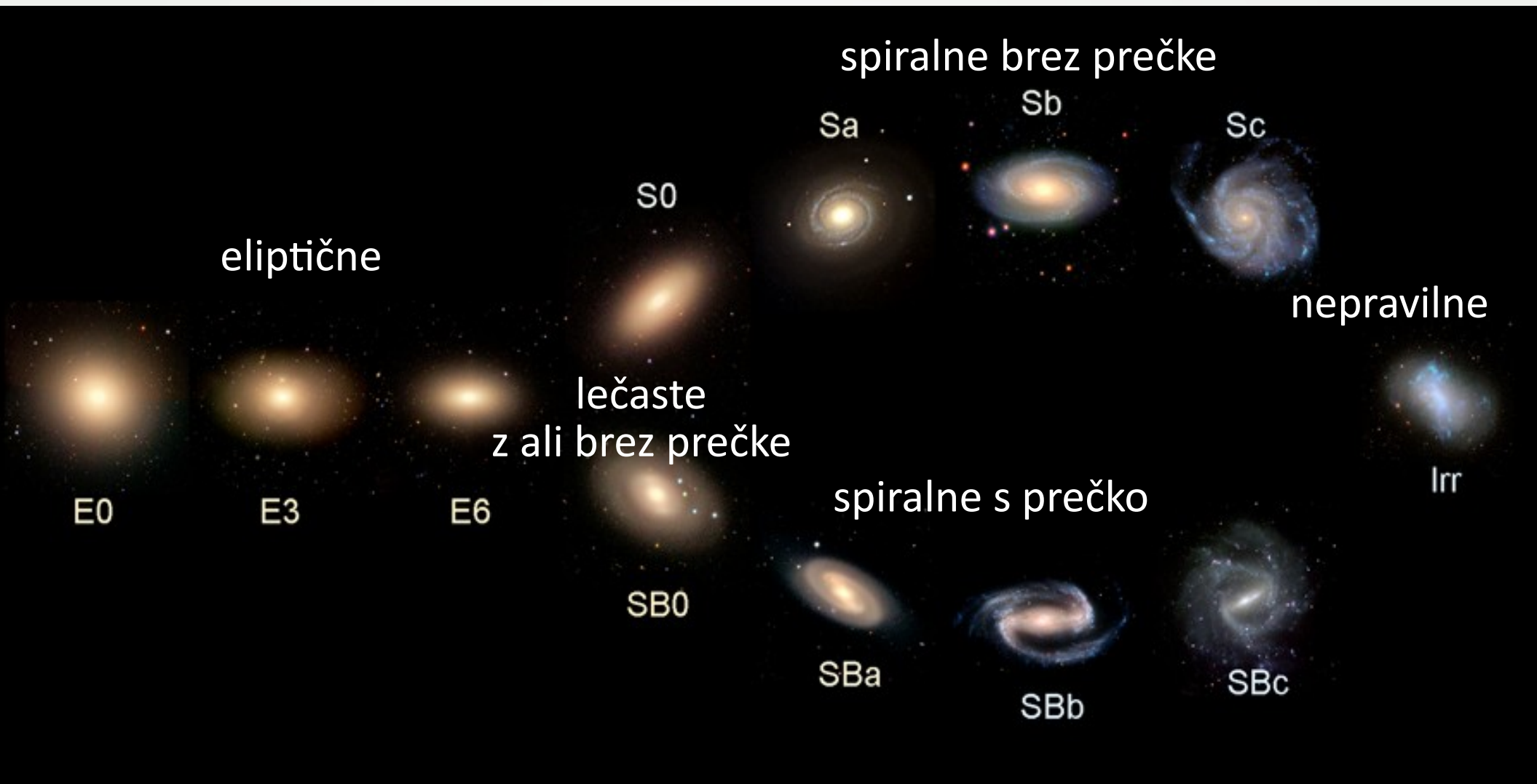
Andromeda – 2 milijona svetlobnih let



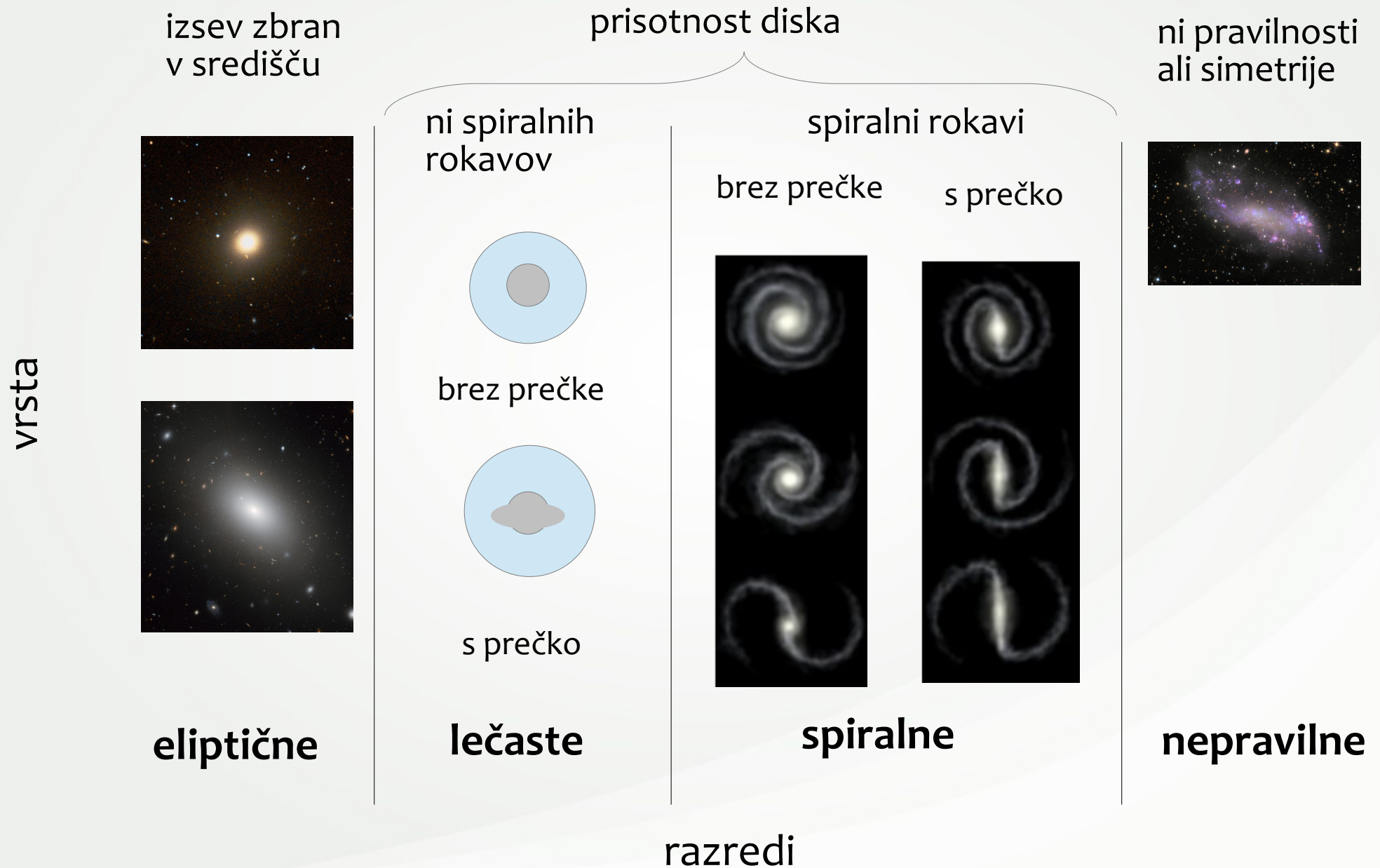
Edwin Powell Hubble (1889-1953)

druge galaksije!

Hubblova klasifikacijska shema



Hubblova klasifikacija (2. del)



- ali je prisotna simetrija?
- je svetlost koncentrirana v središču?
- je prisoten disk?
- so prisotni spiralni rokavi?

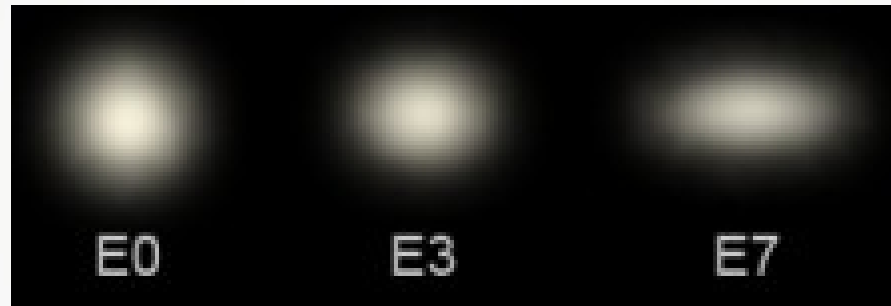
Navadne galaksije

lastnosti galaksij

Eliptične galaksije

Oblika:

- sploščena elipsa (E0 - okrogla, E7 - sploščena):
 - posledica dejanske oblike in orientacije



Vsebujejo:

- izredno **malo plina in prahu**, torej ni nastanka novih zvezd
- **stare zvezde**
- **temna snov?**

>60 % eliptičnih
(največ pritlikavih eliptičnih)



Leo I, pritlikava eliptična galaksija

Spiralne galaksije

- spiralni rokavi in središčna odebelitev
- imajo/nimajo prečke
- določamo lahko inklinacijo ravnine diska

Poimenovanje:

- iz razmerja med izsevom iz odebelitve in diska:
 - Sa, SBa - izrazita središčna odebelitev, tesni spiralni rokavi
 - Sb, SBb - ...
 - Sc, SBc - manj izrazita središčna odebelitev, široko naviti spiralni rokavi

<30 % spiralnih (60% s prečko)



M100, Hubble Legacy Archive, NASA, ESA, Judy Schmidt



M31, Amir H. Abolfath (TWAN)

Spiralne galaksije

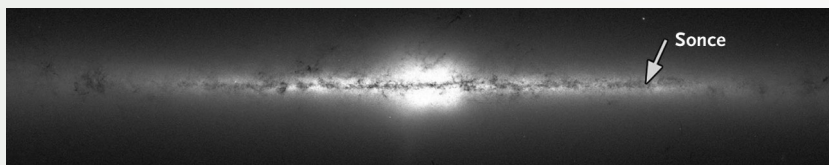
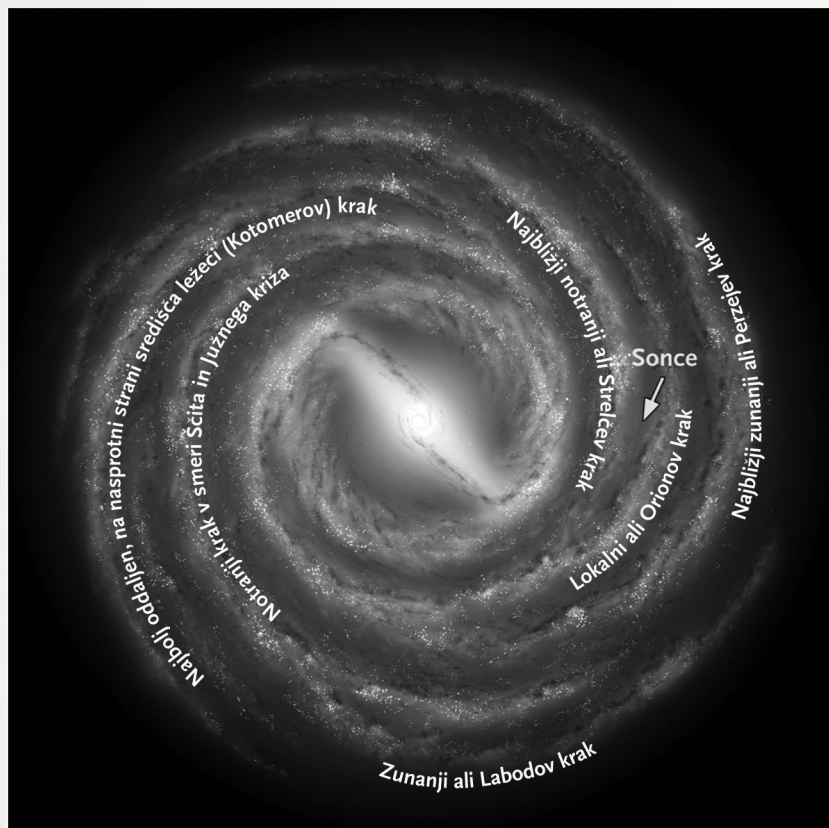
Vsebujejo:

- plin in prah v disku
- v spiralnih rokavih nastajajo nove zvezde
- osrednja odebelitev je rdečkaste barve - iz starih zvezd
- temna snov

Gibanje zvezd:

- urejeno v disku
- v vse smeri (neurejeno) pa v središčni odebelitvi in haloju

Primer: naša Galaksija



B. Kambič: Ozvezdja, 2007

- spiralna galaksija s prečko
- premer: 100.000 svetlobnih let
- Sonce: 26.000 sv. let od središča
- **klasifikacija SBbc**

Masa sestavnih delov:

- zvezde: 10^{11} Sončevih mas
- plin: 10% mase zvezd
- prah: 0.1% mase zvezd
- temna snov: 10^{12} Sončevih mas

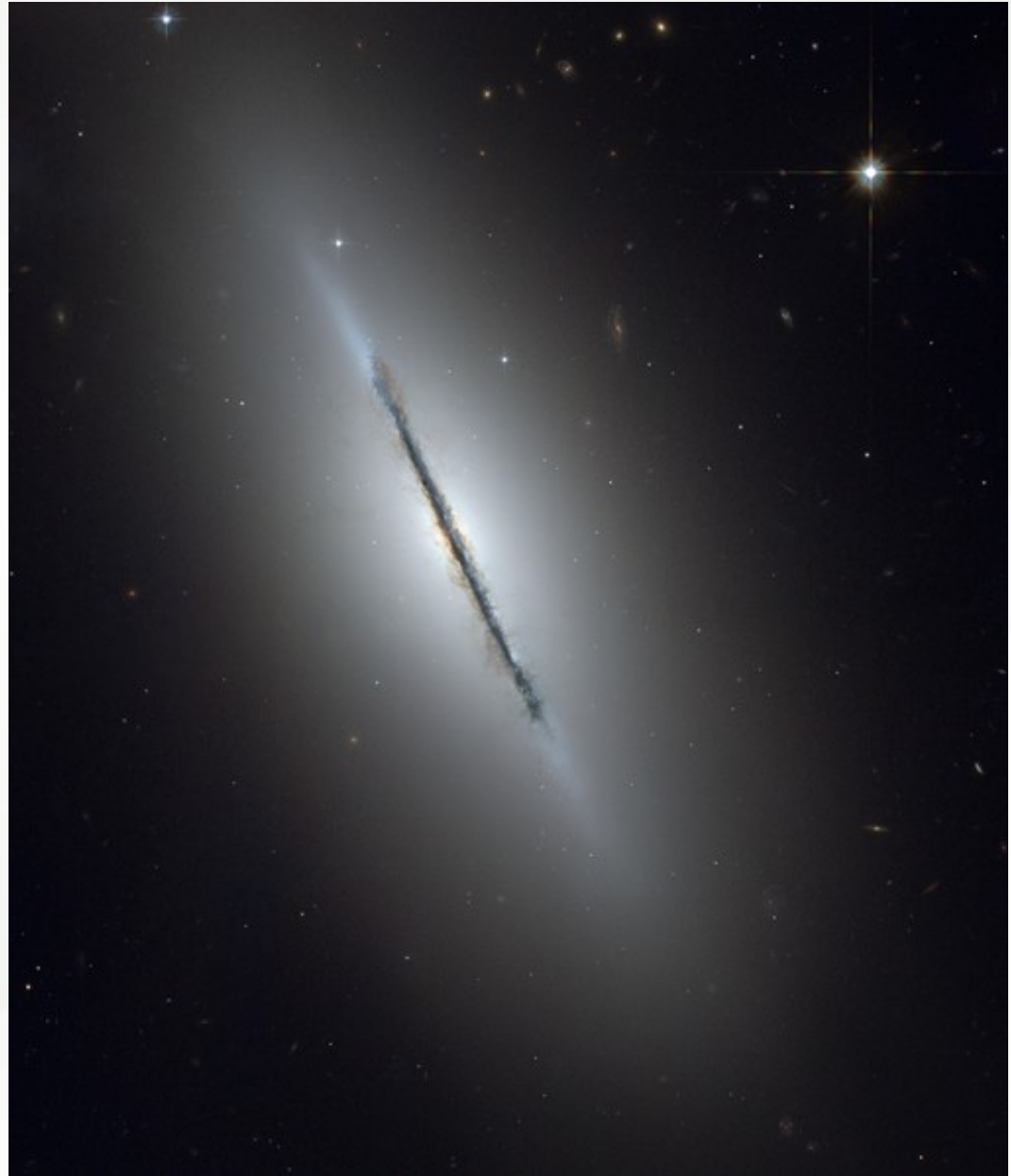
Lečaste galaksije

Oblika:

galaksije z diskom, brez spiralnih rokavov

Vsebujejo:

- nekaj plina
- precej prahu
- nastaja zelo malo novih zvezd, pretežno stare (rdeče) zvezde.



Nepravilne galaksije

Oblika: nepravilna,
nesimetrična

Vsebujejo:

- zelo **veliko novih zvezd** v
hitrem nastajanju



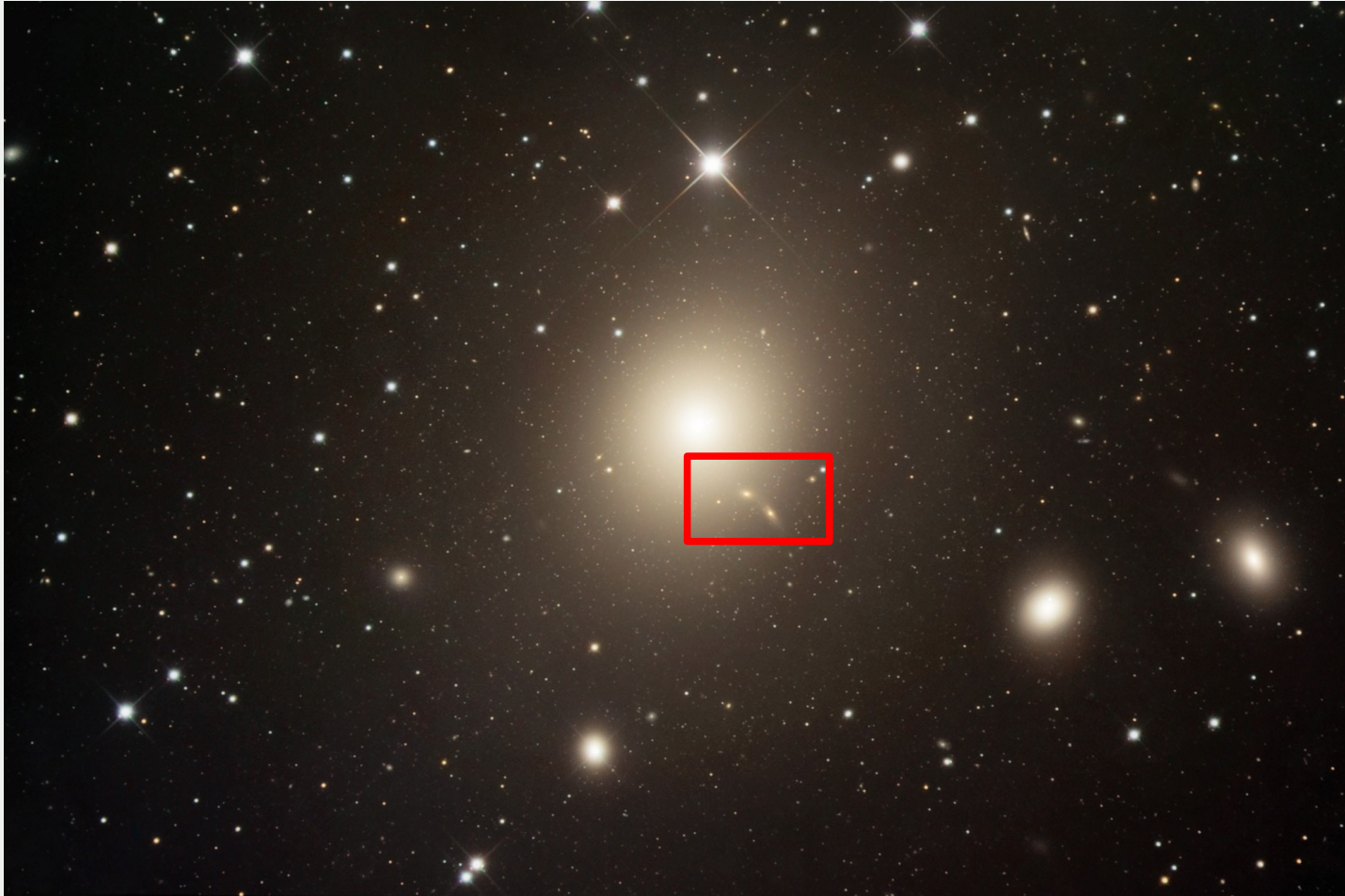
Veliki Magelanov oblak



<15 % nepravilnih

IC 2574

Posebne galaksije in galaksije v interakciji



M87 spada v razred posebnih ali nenavadnih eliptičnih galaksij zaradi prisotnosti curka.

Posebne galaksije in galaksije v interakciji

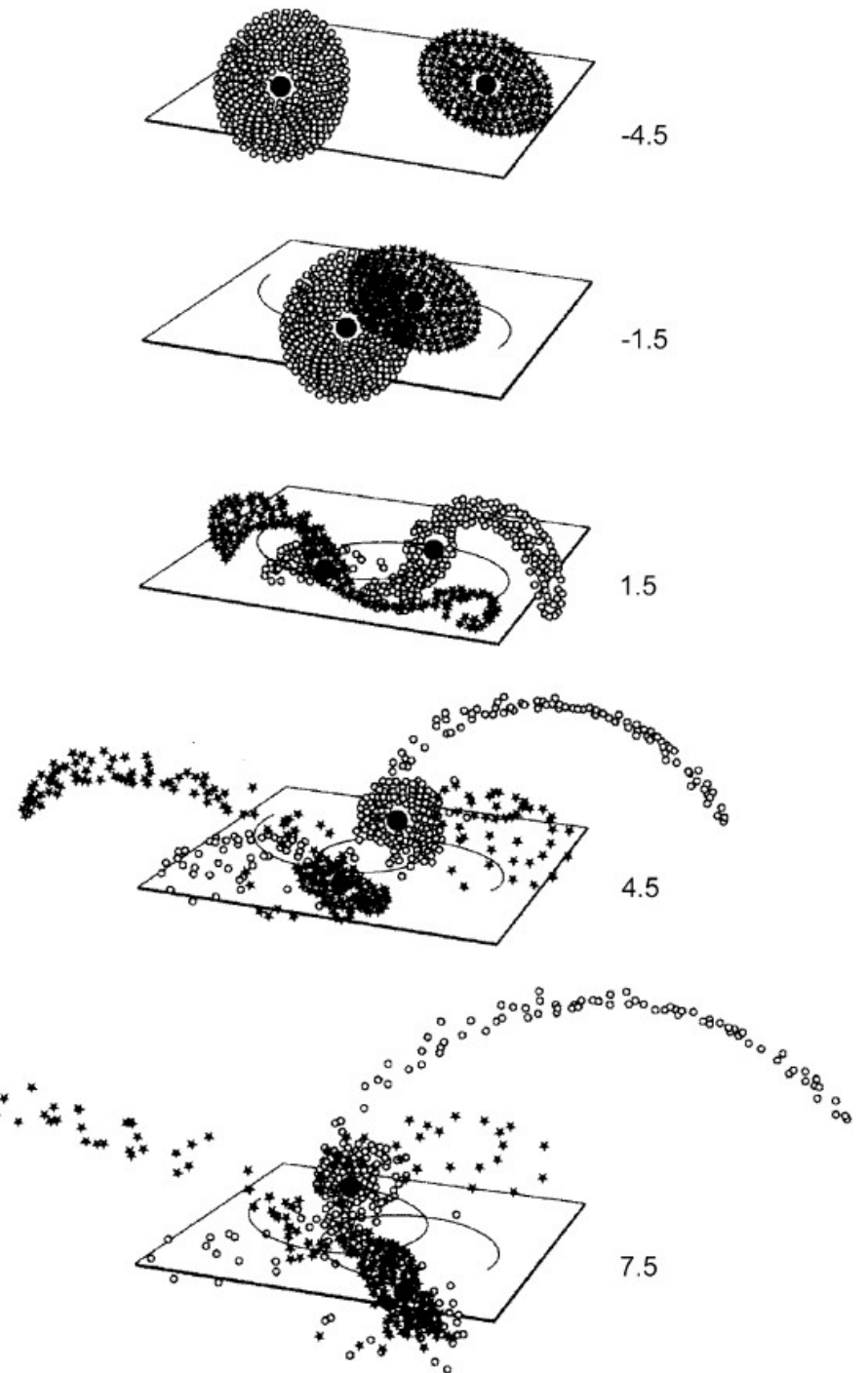


Galaksija Vozno kolo (Cartwheel galaxy) je oddaljena 500 milijonov svetlobnih let, v ozvezdju Sculptor. Razlog za njeno obliko je čelni trk z manjšo galaksijo pred približno 200 milijoni let.

Galaksije v interakciji



Galaktični par Anteni (NGC 4038 in NGC 4039) v južnem ozvezdju Krokav, na razdalji 60 milijonov svetlobnih let. V svetlem jetru je trk sprožil nastajanje novih zvezd.



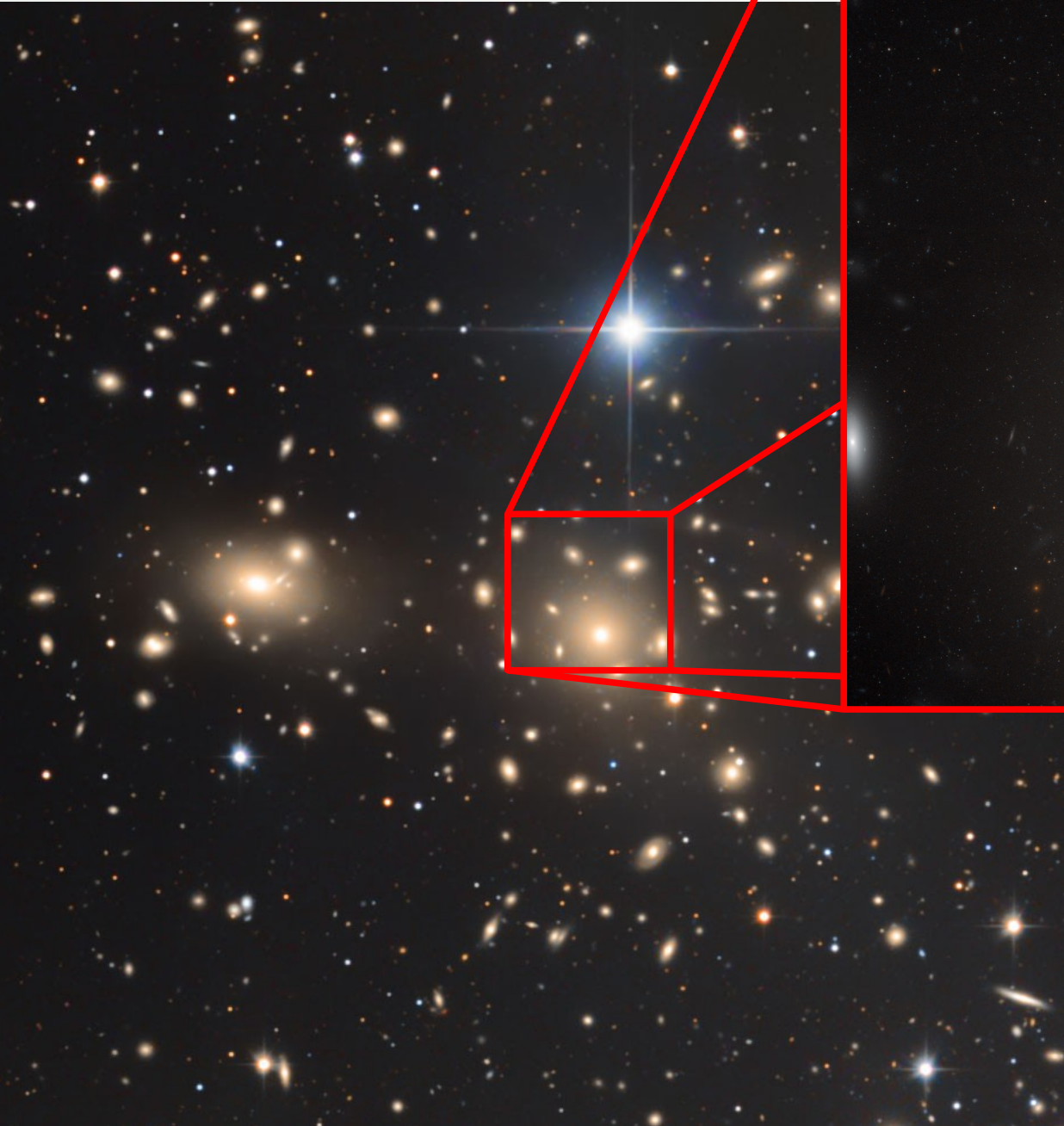
Galaksije v interakciji

spreminjanje oblike galaksij zaradi bližnjih srečanj in trčenj z galaksijami

Primerjava simulacij z opazovanji: <http://apod.fmf.uni-lj.si/ap130514.html>

Avtorstvo: vizualizacija F. Summers (STScI); simulacija: C. Mihos (CWRU) & L. Hernquist (Harvard)

cD galaksije



NGC 4874 v Berenikinih kodrih
(ESA/Hubble & NASA)

Lastnost	Eliptične	Spiralne	Nepravilne
približen delež vseh galaksij	> 60%	< 30%	< 15%
masa plina /masa zvezd	1%	5-15%	15-25%
zvezdna populacija	Pop II	PopI in Pop II	PopI in PopII
masa	10^5 - 10^{13} MS	10^9 – nekaj 10^{12} MS	10^7 – 10^{10} MS
izsev	nekaj 10^5 LS – 10^{11} LS	10^9 LS – nekaj 10^{11} LS	10^7 LS – 10^{10} LS
premer	(0.01-5) dG	(0.02-1.5) dG	(0.05-0.25) dG
vrtilna količina/masa	nizka	visoka	nizka

Lečaste: disk (kot spiralne), stare zvezde in malo plina in prahu (kot eliptične)

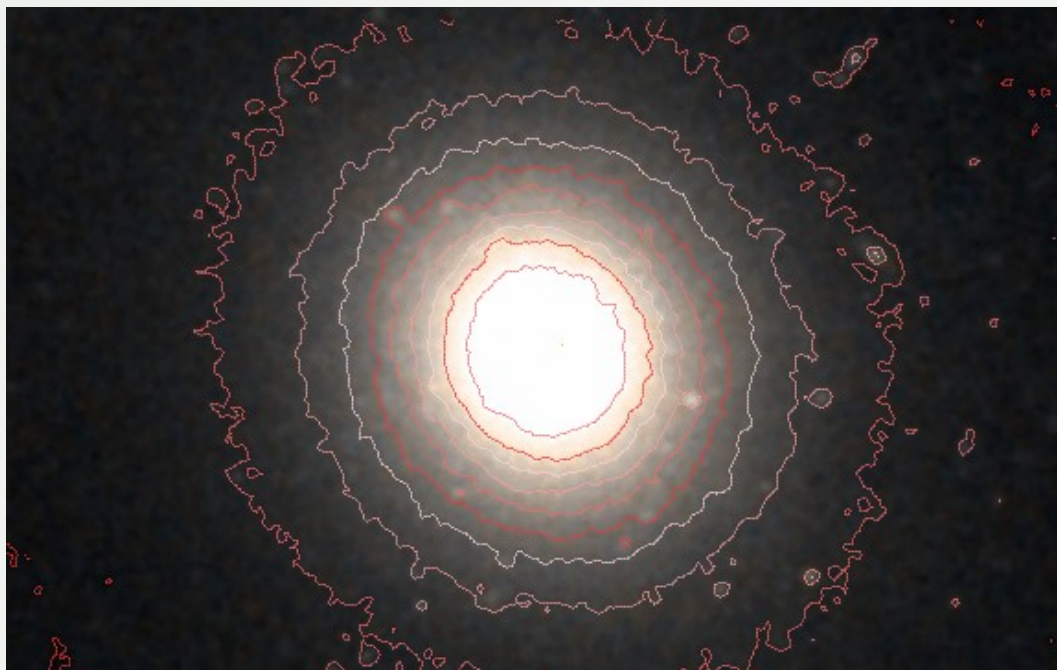
dG = premer Galaksije

Navadne galaksije

profil svetlosti galaksij

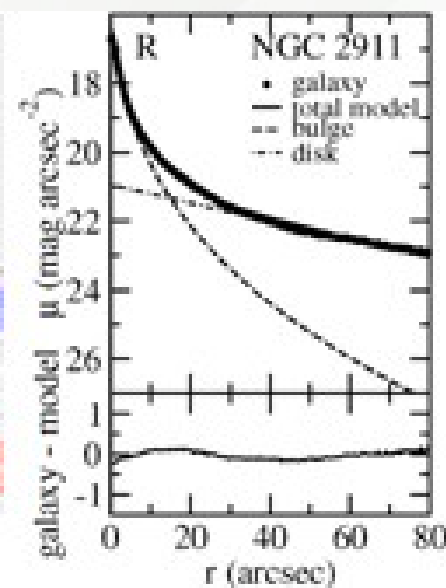
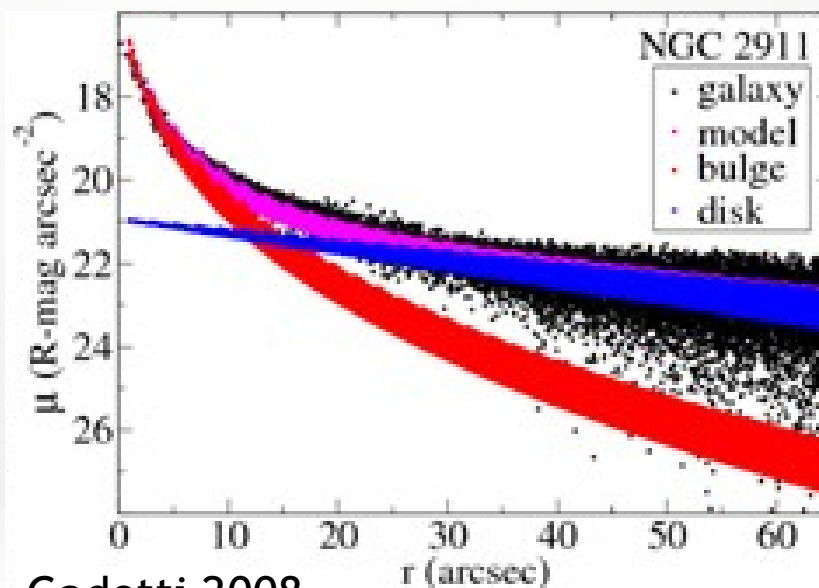
Viri: Jones, Lambourne (Chap. 2), Longair (Chap. 3)

Izsev in velikost galaksij



Eliptična galaksija NGC4278
(iz DSS kataloga) s
ponazoritvijo izofot.

SB $\longrightarrow$ j
navidezna skupna
površinska gostota
svetlost svetlobnega toka
(surface brightness)



Gadotti 2008

Profil svetlosti galaksij

Eliptične galaksije

de Vaucouleurs (1948), zakon $r^{1/4}$

$$\log_{10} \left[\frac{I(r)}{I(r_e)} \right] = -3.3307 \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/4} - 1 \right]$$

$$\log_e \left[\frac{I(r)}{I(r_e)} \right] = -7.6692 \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/4} - 1 \right]$$

skupni izsev:

$$L = 7.215\pi I_e r_e^2 \left(\frac{b}{a} \right)$$

$I(r)$ intenziteta
ali površinska svetlost
(W/(m arcsec)²
ali mag/arcsec²)

r_e središčni radij

b/a razmerje
male/velike polosi

Profil svetlosti galaksij

Spiralne in lečaste galaksije

- sferna komponenta: de Vaucouleurs
- disk: $I(r) = I_0 \exp(-r/h)$ h karakteristična dolžina diska
 $I_0 = 21,67 \text{ mag}_B / \text{arcsec}^2$
 $I_0 = 22,5 \text{ mag}_B / \text{arcsec}^2$ za galaksije z nizko površinsko svetlostjo
- skupni izsev: $L = 4 \pi h^2 I_0$

Profil svetlosti galaksij

Skupna porazdelitev

Sérsic* (1968)

$$\log_{10} \left[\frac{I(r)}{I(r_e)} \right] = -b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right]$$

$I(r)$ intenziteta
ali površinska svetlost
(W/(m arcsec)²)
ali mag/arcsec²)

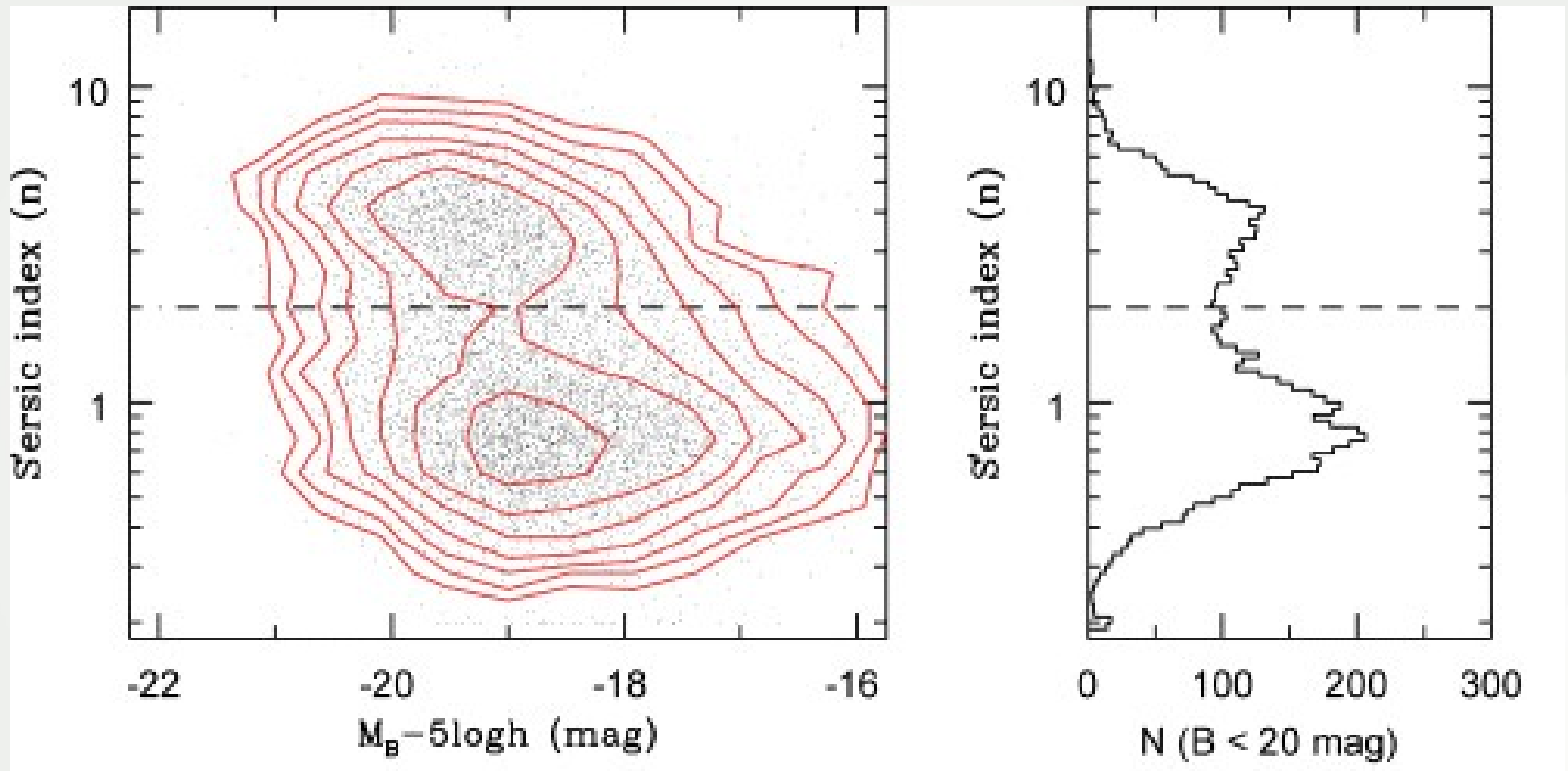
r_e središčni radij

b_n normalizacijska konst.

- $n = 4$ - de Vaucouleurs-jev zakon $r^{1/4}$ (E, sred. odebel.)
- $n = 1$ - eksponentni zakon (S)

*Astronom argentinskega porekla, priimek se izgovarja *sèrsik*

Profil svetlosti galaksij



Prikaz opazovanega Sérsicovega indeksa n kot funkcija absolutne magnitude v B filtru za 10095 galaksij, ki so del kataloga Millenium Galaxy. Na desni je histogram števila galaksij v logaritmičnih korakih za Sérsicov indeks n (Driver et al. 2006).

Navadne galaksije

določanje mase galaksij

Viri: Jones, Lambourne (Chap. 2), Longair (Chap. 3)

Mase galaksij

- virialni teorem
- rotacijska krivulja $v(r)$ za spiralne gal.
- disperzija hitrosti za eliptične gal.
- vroče atmosfere plina (eliptične galaksije)

Virialni teorem v astrofiziki

- astrofizika: zvezdne kopice, galaksije, jate galaksij
- **privzamemo**:
 - dinamično ravnovesje
 - (sferna simetrija)
 - (izotropna porazdelitev razdalj in hitrosti)
- Rudolf Klavzij, 1870
 - **virial**
(termična en. plina)
- A. Eddington, 1916
 - **virialni teorem**

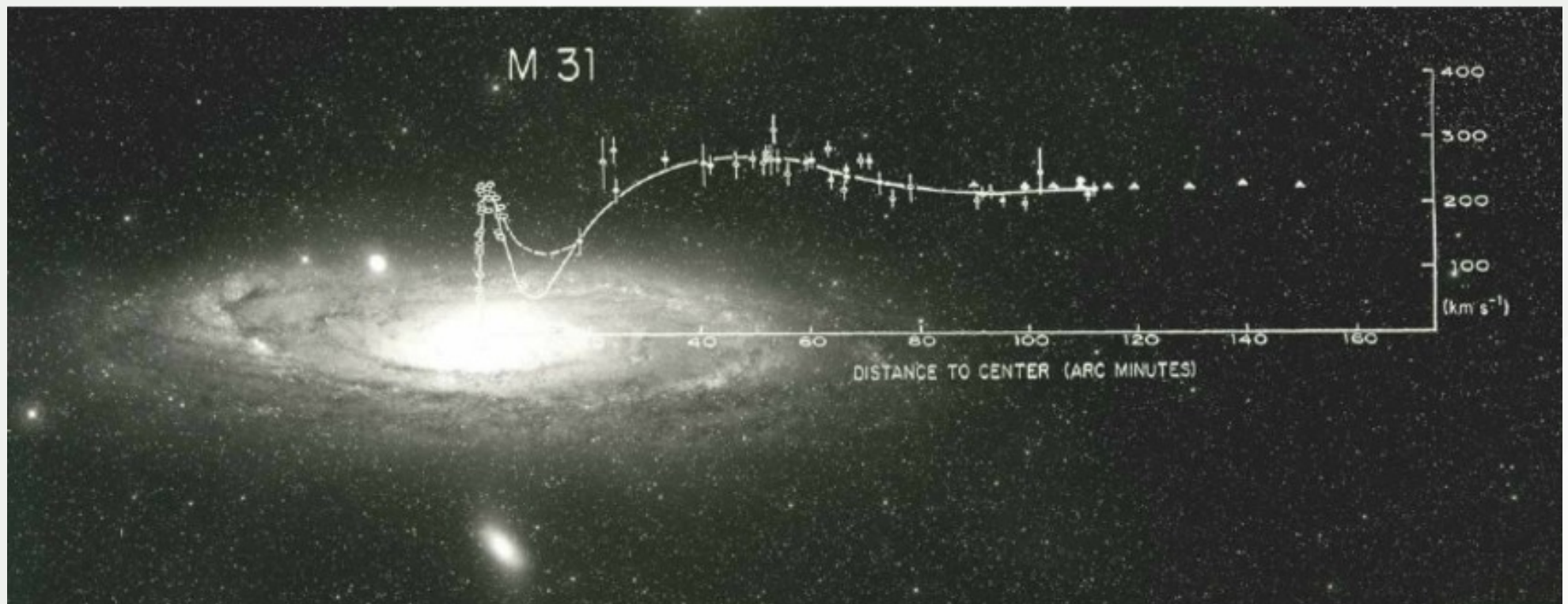
$$\Xi_i = -\frac{1}{2} \langle \mathbf{r}_i \cdot \mathbf{F}_i \rangle$$

$$W_{kin} = \frac{1}{2} |W_g|$$

Mase galaksij

- virialni teorem
- rotacijska krivulja $v(r)$ za spiralne gal.
- disperzija hitrosti za eliptične gal.
- vroče atmosfere plina (eliptične galaksije)

Rotacijska krivulja spiralnih galaksij

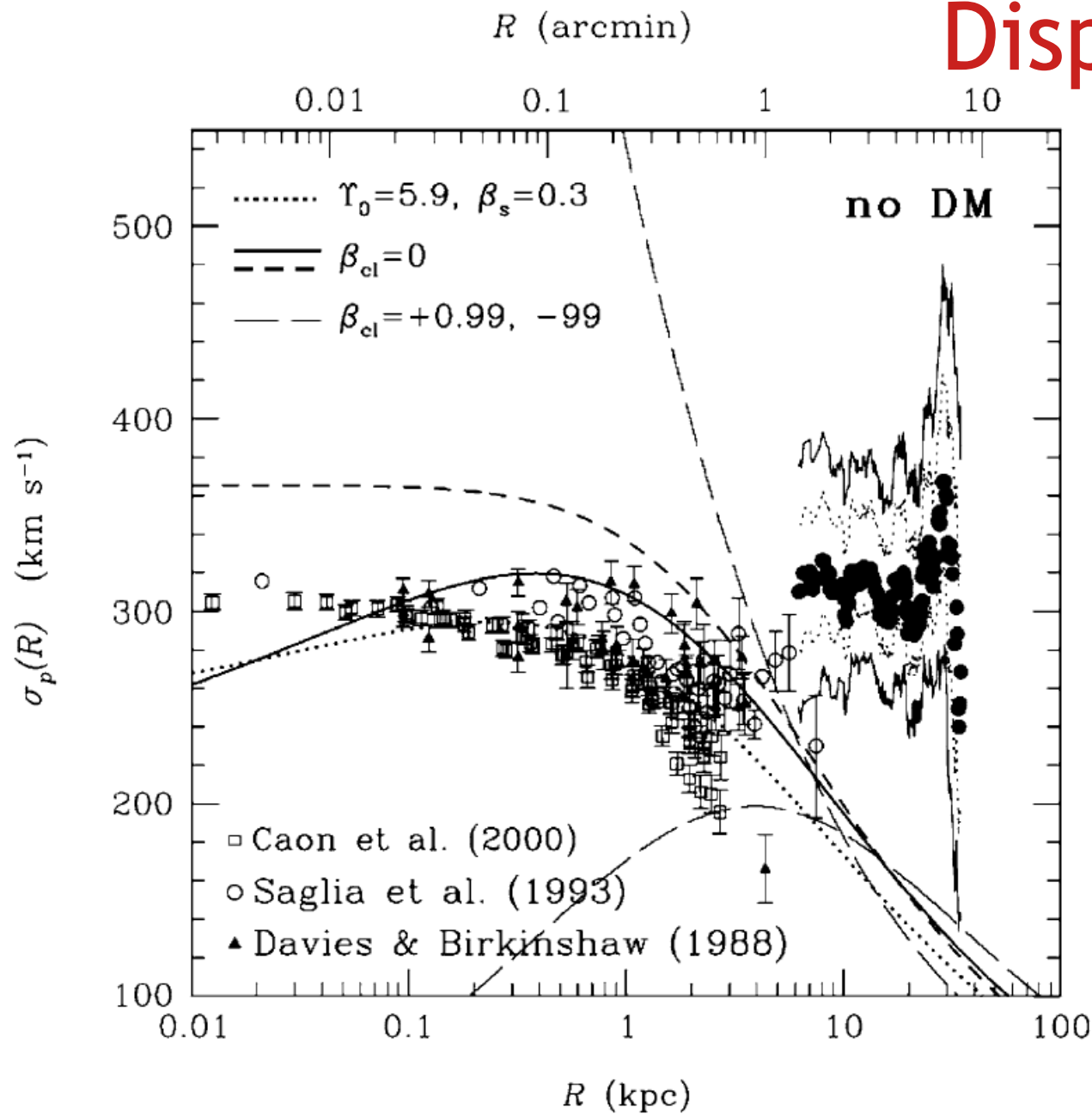


Andromedina galaksija (M31, v ozadju, posnetek pregleda neba Palomar) s prikazom rotacijske krivulje, ki se prilega optičnim in radijskim podatkom (krogi in trikotniki).

Mase galaksij

- virialni teorem
- rotacijska krivulja $v(r)$ za spiralne gal.
- disperzija hitrosti za eliptične gal.
- vroče atmosfere plina (eliptične galaksije)

Disperzija hitrosti za eliptične galaksije

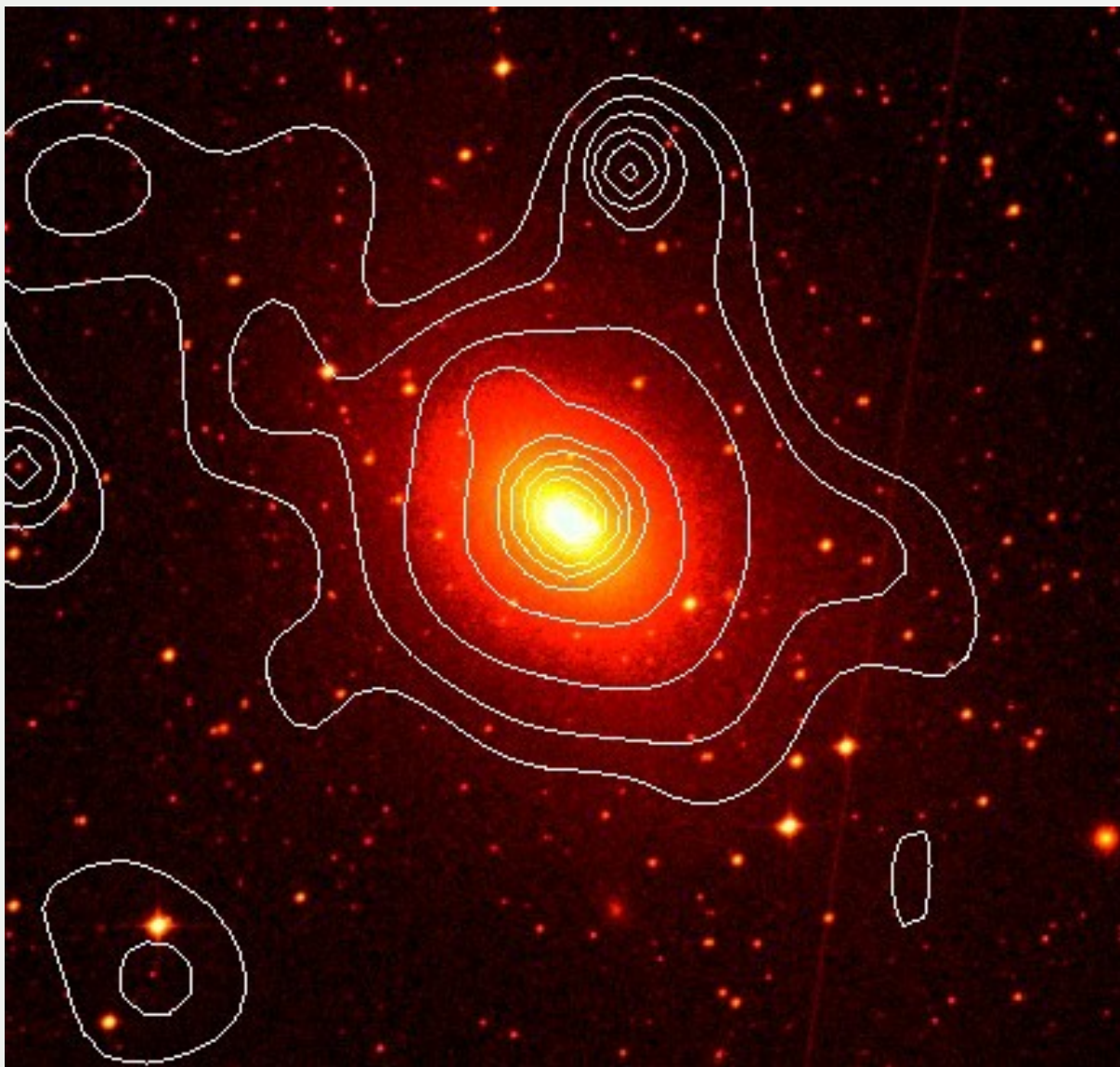


Disperzija hitrosti σ za zvezde (<10 kpc) in kroglaste kopice (>10 kpc) v bližnji eliptični galaksiji M49 (NGC 4472). Predstavljeni modeli predpostavljajo, da masa sledi svetlobi (graf iz Coté et al. 2003).

Mase galaksij

- virialni teorem
- rotacijska krivulja $v(r)$ za spiralne gal.
- disperzija hitrosti za eliptične gal.
- vroče atmosfere plina (eliptične galaksije)

Vroči plin okrog orjaških galaksij



Posnetek v vidni svetlobi za galaksijo NGC 3923 ter bele konture, ki predstavljajo rentgenski izsev plina, raztezajo se pa dlje od svetlega predela galaksije.