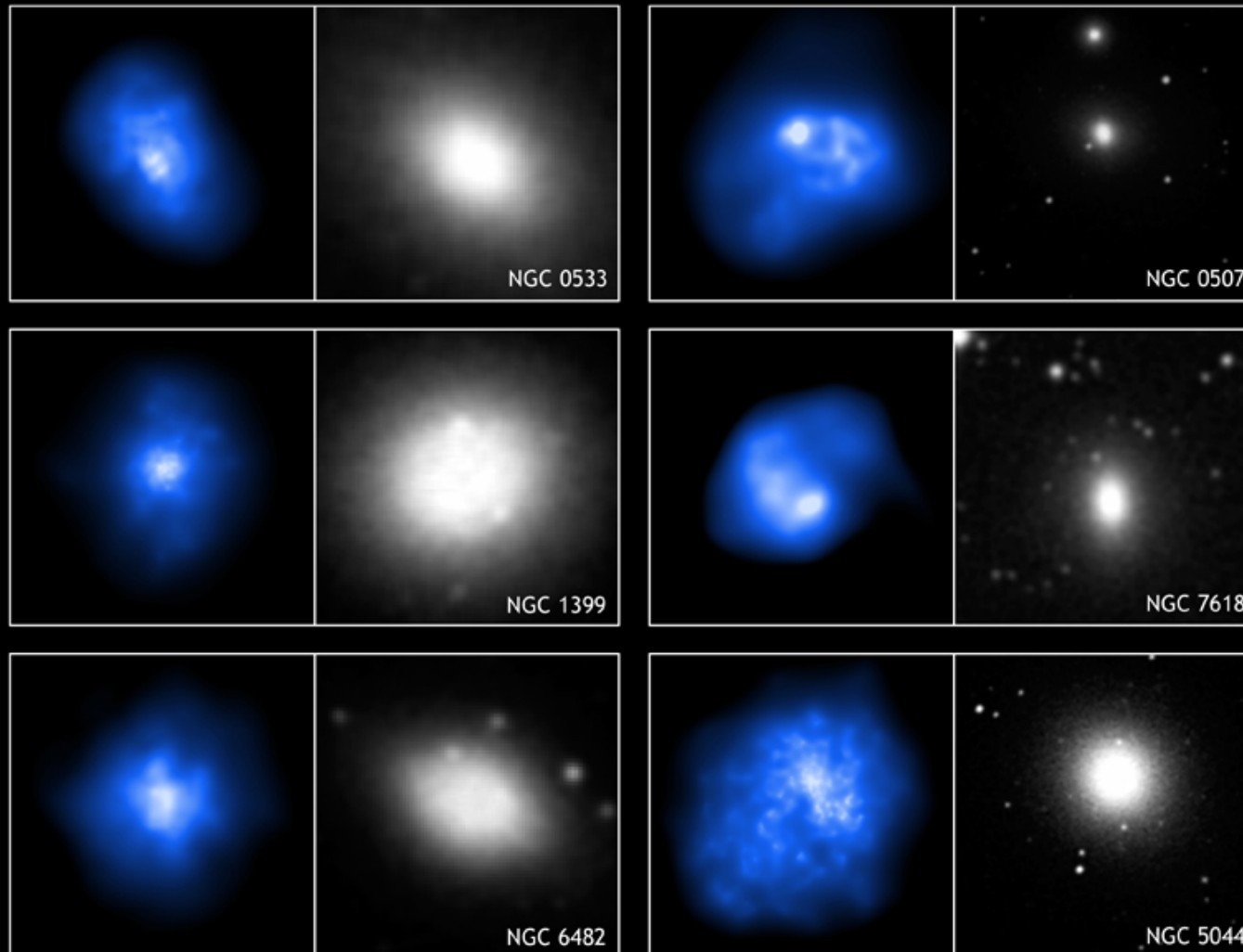


Elipticne galaksije

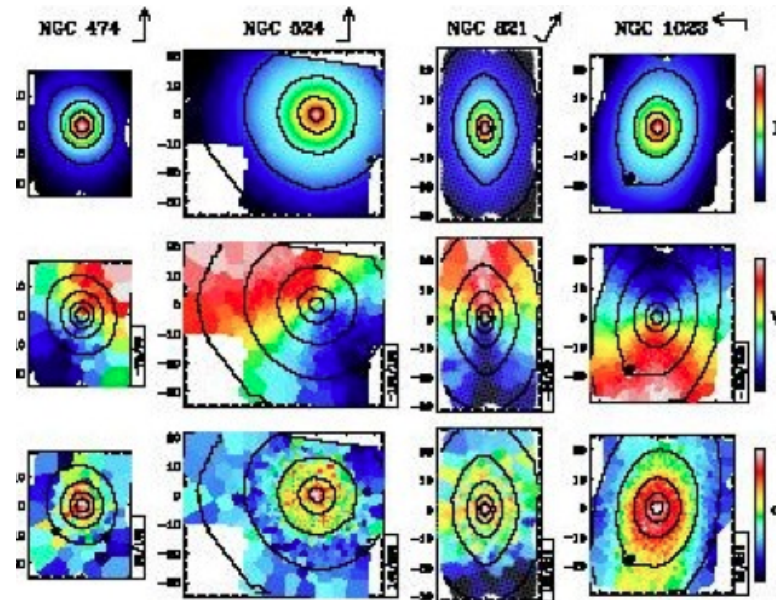


- Morfologija
- Zvezdane populacije / plin / prasina
- Kinematika / Tamna tvar
- Korelacije

Opcenito

- Iako Hubblova klasifikacija dobro korelira sa znacajkama kasnijih tipova (spiralnih) galaksija, nema jake korelacije s ranijim (elipticnim) galaksijama
=> fokus na velicinu, sjaj, povrinski sjaj
- EG-e su kompleksniji ssustavi nego sto se cini na prvi pogled

SAURON; integral field spectroskopija
(svaki piksel ima svoj spektar)



Morfologija

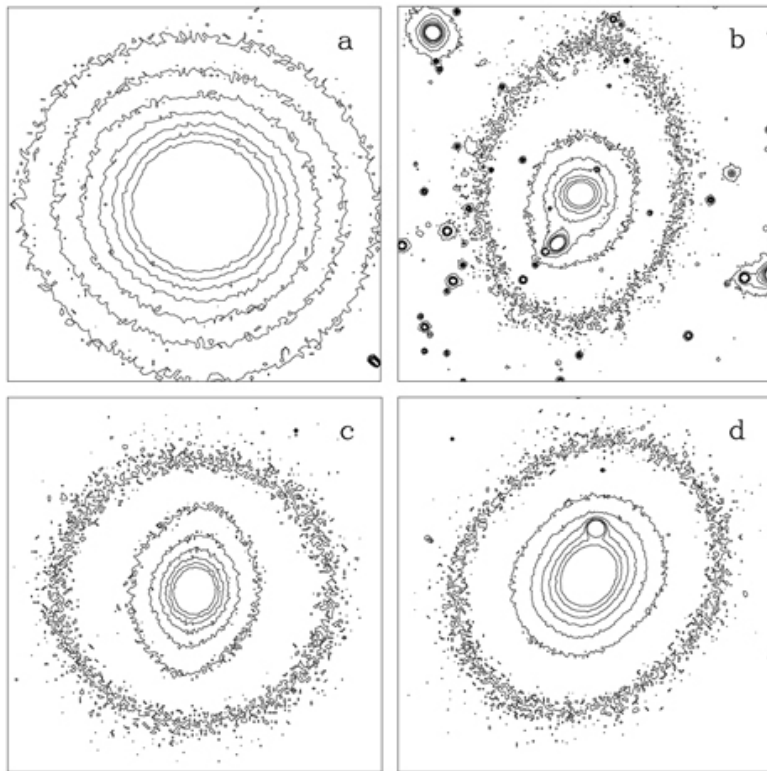


Fig 6.1 (R. de Jong) 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

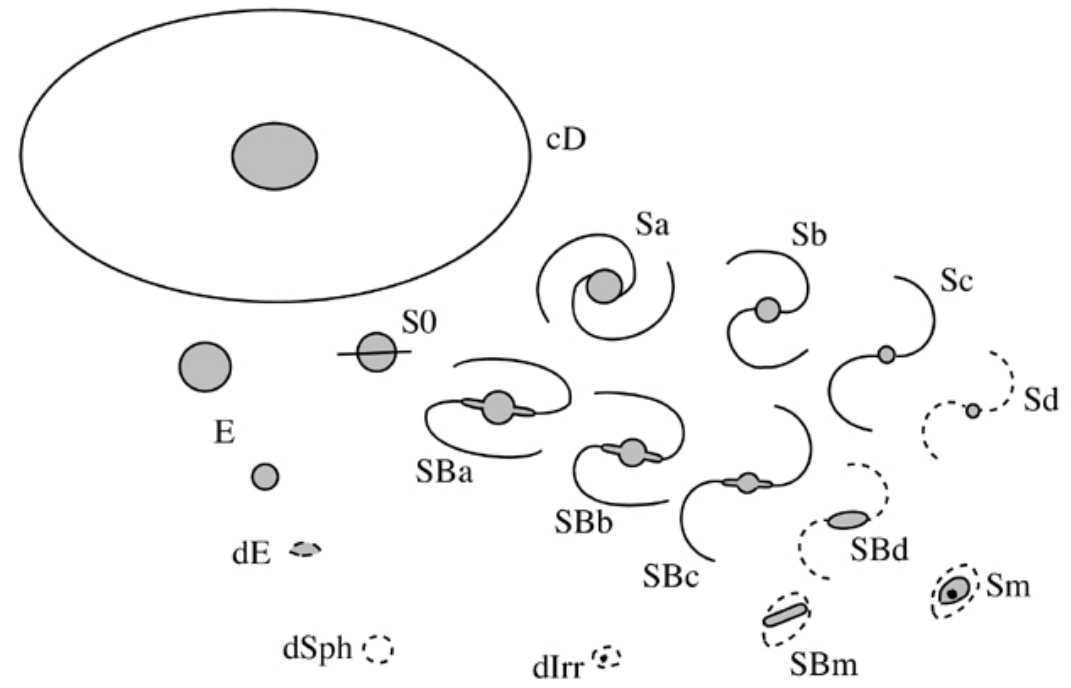


Fig 1.11 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

cD elipticne galaksije

- Ogromne (do 1Mpc u promjeru; zvj. Masa $\sim 10^{12} M_{\text{Sun}}$), rjetke galaksije
- obicno u centrima masivnih skupova galaksija
- Produzen difuzni omotac
- Mnogo tamne tvari; $M/L \sim 750 (M/L)_{\text{Sun}}$



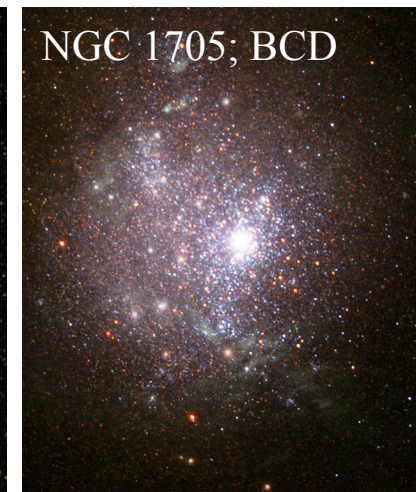
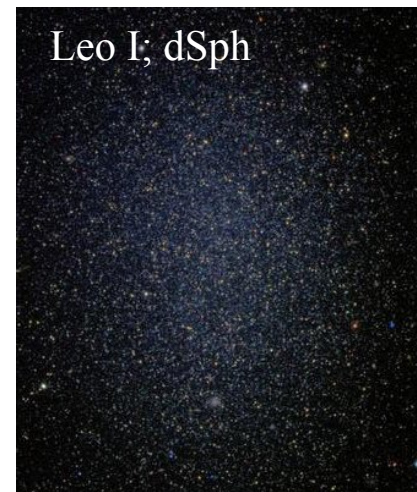
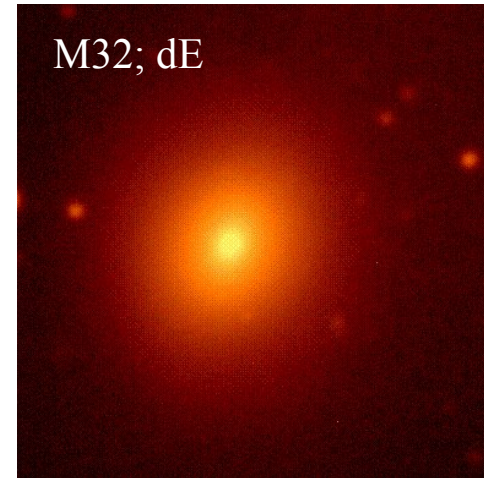
Normalne elipticne galaksije

- Visoka sredisnja koncentracija (visok sredisnji povrinski sjaj)
 - gE (giant EG)
 - E: EG srednjih luminoziteta
 - cE (compact EG)
- 10^8 - $10^{12} M_{\text{Sun}}$
- 1-200 kpc (promjer)
- M/L: 7-100 $(M/L)_{\text{Sun}}$
- **Lentikularne galaksije**
cesto u ovoj grupi



Patuljaste elipticne galaksije

- Patuljaste EG (**dE**)
 - Površinski sjaj manji od cE iste apsolutne mag.
 - 10^7 - $10^9 M_{\text{Sun}}$; $d=1$ - 10 kpc
- Patuljaste sferoidalne (**dSph**)
 - Vrlo niski luminozitet i površinski sjaj (opazne samo oko Mlječnog Puta)
 - 10^7 - $10^8 M_{\text{Sun}}$; $d=0.1$ - 0.5 kpc
- Plave kompaktne patuljaste galaksije (**BCD**)
 - Prisutno stvaranje zvijezda; puno plina
 - $10^9 M_{\text{Sun}}$; $d < 3$ kpc



Fotometrija

- $r^{1/4}$ (de Vaucouleur profil) vrijedi za sve tipove eliptičnih galaksija (u vanjskim djelovima); kao i za zadebljanja spiralnih galaksija
- Najsvjetlije galaksije imaju jezgru (spljosteni profil na malim r); srednje svjetle galaksije imaju vrh (“cusp”)

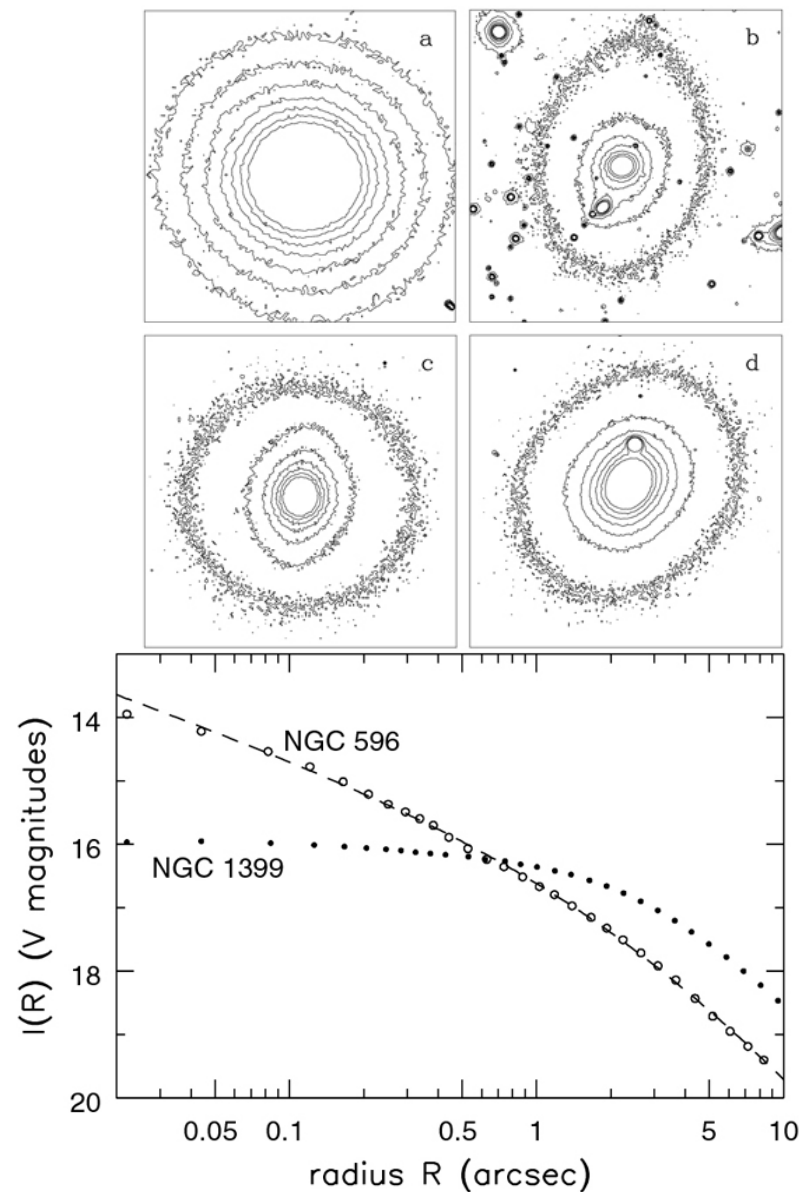


Fig 6.7 (T. Lauer) 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

Plin i prasina u elipticnim galaksijama

- Patuljaste galaksije imaju slabi grav. potencijal
 - ⇒ ne mogu zadržati plin/prasinu (gubitak mase usljed supernova i “ram-pressure stripping”)
 - ⇒ ne stvaraju zvijezde (u danasnjici)
- Normalne EG sadrže plin/prasinu, ali u znatno manjim kolicinama od spiralnih
 - Prasina (kod ~50% EG; nasumicno orijentirane trake prasine, cesto rotiraju u suprotnom smjeru od rotacije zvjezdane komponente)
 - Plin
 - Vruca komponenta (e-p plazma; rentgensko zracenje)
 - Topla komponenta (HII podrucja; UV)
 - Hladna komponenta (HI; 21 cm)

Tamna tvar

Dokaz za tamnu tvar iz vrućeg plina oko EG

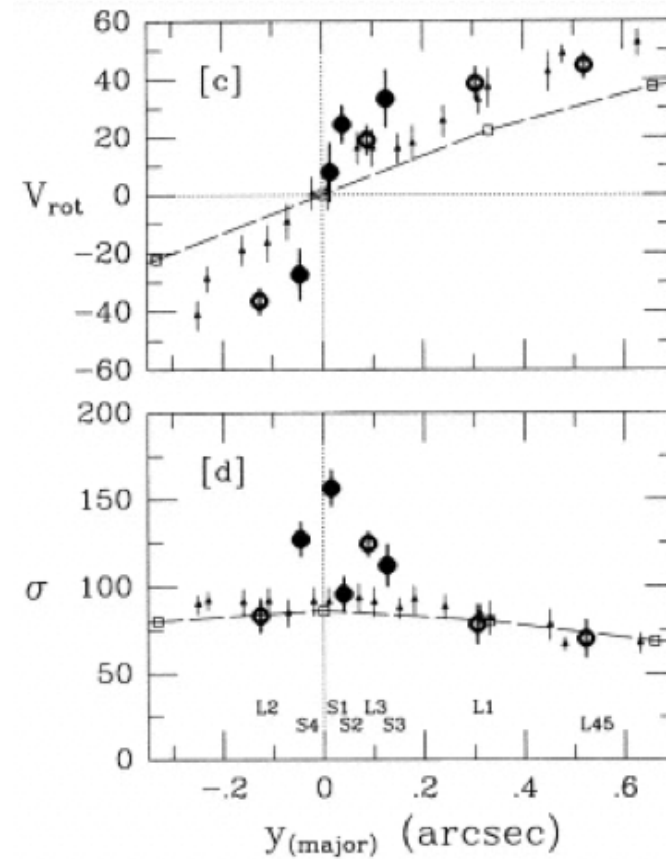
- Vrući plin u hidrostatskoj ravnoteži \Rightarrow ukupna masa potrebna da se zadrži plin (jedn. 10.7., Carroll & Ostlie)

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{\rho GM(< r)}{r^2}$$

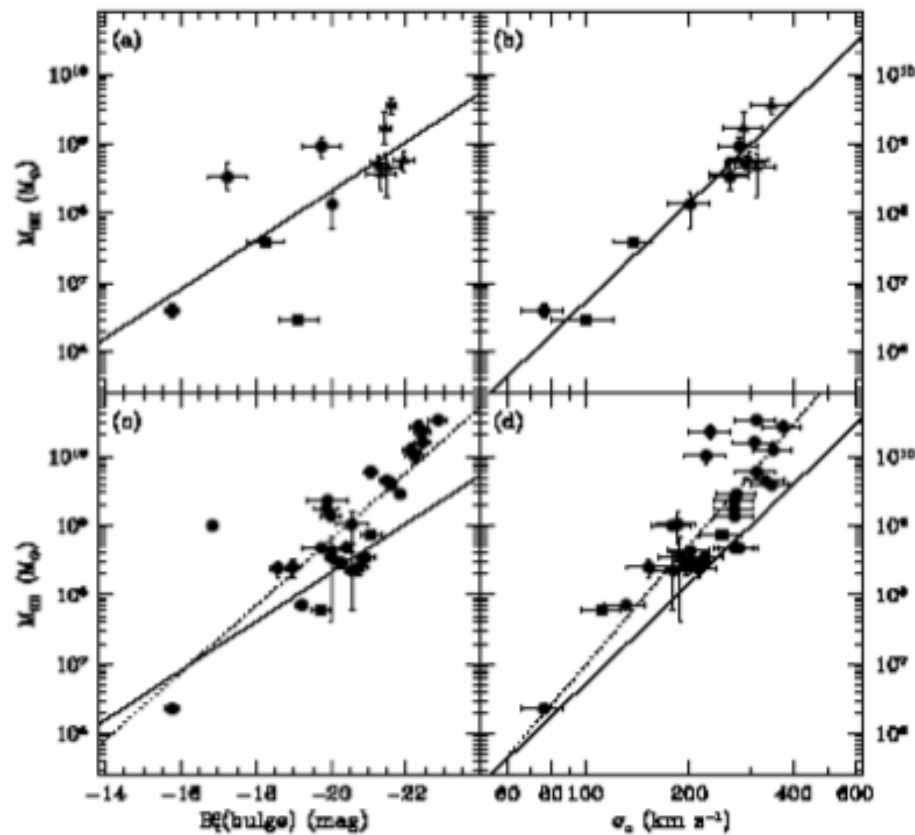
- Idealan plin: $P = \frac{\rho k_B T}{m} \Rightarrow M(< r) = \frac{k_B r^2}{Gm\rho} \frac{d(-\rho T)}{dr}$
- Iz rentgenskog zračenja se dobiva varijacija T i ρ s r
- $M/L \sim 100 (M/L)_{\text{Sun}}$ za $r \sim 100$ kpc (mnogo tamne tvari u vanjskim djelovima)

Sredisnje supermasivne crne rupe

- U nekim galaksijama disperzija brzina raste prema centru
 - Potrebna je visoka gustoca da bi se održale takve brzine (opazene zvijezde ne daju dovoljnu gustocu)
 - Npr M32: $\sim 2 \times 10^6 M_{\text{Sun}}$ u centralnom pc
- => supermasivne crne rupe



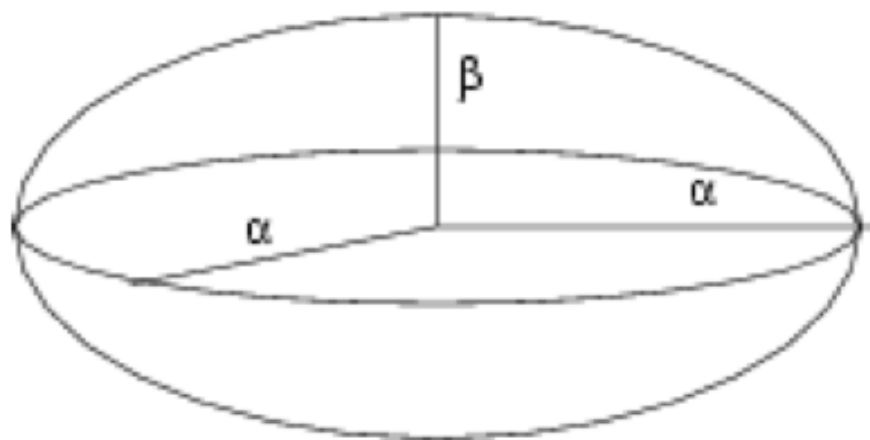
- Vjeruje se da svaka galaksija ima supermasivnu crnu rupu (SMBH) u središtu
- Masa SMBH korelira s ukupnim luminozitetom (tj. disperzijom brzina) u elipticnim galaksijama (Magorrian et al. 1998)



$$M_{bh} \propto \sigma^{\alpha}$$

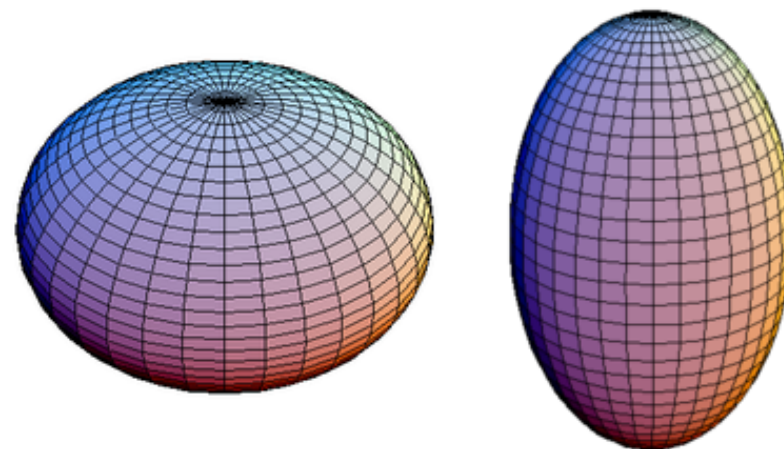
$$\alpha \sim 4.8$$

Kinematika: Sto elipticnim
galaksijama daje oblik?



$\alpha \neq \gamma \neq \beta$: triaxial
 $\alpha = \gamma < \beta$: prolate
 $\alpha = \gamma > \beta$: oblate

Elipticne galaksije
najvjerojatnije dolaze u svim
oblicima (odredjena kolicina
triaksijalnosti je potrebna)



oblate spheroid

prolate spheroid

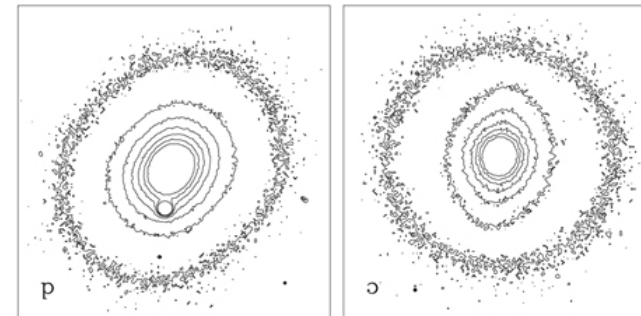
Boxy/disky

- Devijacija od elipticnog oblika se moze prikazati kao Fourierov niz (u polarnim koordinatama):

$$a(\Theta) = a_0 + a_2 \cos(2\Theta) + a_4 \cos(4\Theta) + \dots$$

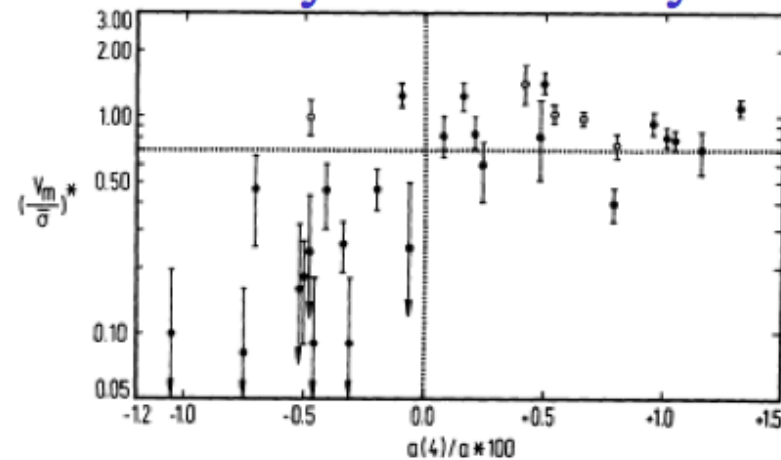
\swarrow Oblik savrsenog kruga \searrow Kolicina elipticnosti \downarrow Stupanj "boxiness"-a
 $a_4 < 0$ $a_4 > 0$

$a_4 < 0$ boxy; $a_4 > 0$ diskly



boxy

diskly



- Disperzija brzina \gg strukturiranog gibanja (rotacija) \Rightarrow rotacija ne održava oblik
- Ako elipticitet (ε) uzrokuje idealni “oblate” rotator s *izotropnom* distribucijom brzina:

$$\left(\frac{V_{rot}}{\sigma}\right)_{isotropic} \approx \left(\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}\right)^{1/2}; \quad \varepsilon \equiv 1 - \frac{\beta}{\alpha}$$

- Rotacijski parametar: $\left(\frac{V}{\sigma}\right)^* \equiv \frac{\left(\frac{V_{rot}}{\sigma}\right)_{observed}}{\left(\frac{V_{rot}}{\sigma}\right)_{isotropic}}$
- Rotaciono podrzan oblik ako $\left(\frac{V}{\sigma}\right)^* > 0.7$

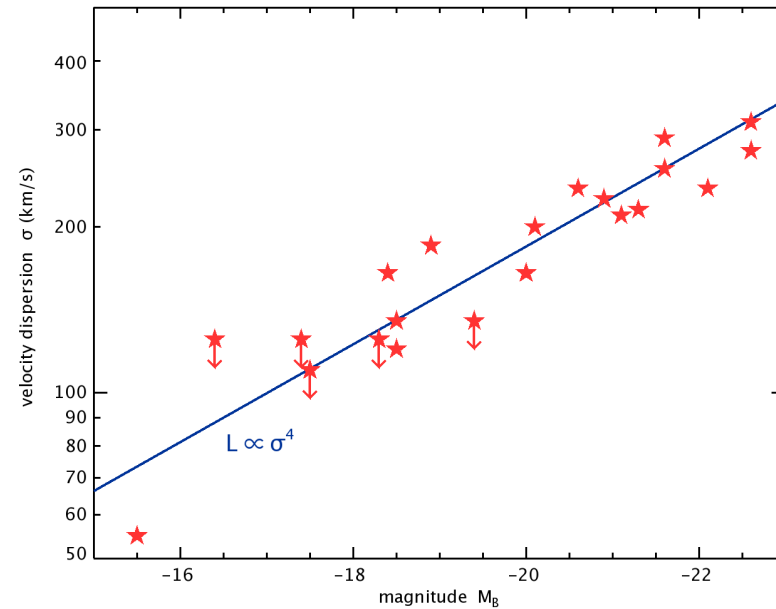
- Svjetle & patuljaste (boxy) EG: Oblik podrzan (anisotropskim) nasumičnim gibanjem zvijezda (“pressure-supported”)
- Srednje svjetle (disky) EG (kao i zadebljanja SG) rotaciono podrzani

Faber-Jackson relacija

Faber-Jackson relacija

- Korelacija izmedju sredisnje radijalne disperzije brzina i apsolutne magnitude u B-pojasu (za dE, dSph, E, i zadebljanja spiralnih galaksija):

$$L \propto \sigma_0^4$$



Fundamentalna ravnina

- Najbolja korelacija izmedju L & σ_0 postoji ako se uvede efektivni radijus (r_e):

$$L \propto \sigma_0^{2.65} r_{eff}^{0.65}$$

=> Postoji “**fundamentalna ravnina**” – 2d površina u 3-D (L, σ_0, r_e) prostoru

