

Spirálgalaxisok



Spirálgalaxisok felületi fotometriája

Felületi fényesség eloszlások

diszk:
$$\mu(r) = \mu_0 + 1.09 \frac{r}{h_r}$$

bulge:
$$\mu(r) = \mu_e + 8.3268 \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/4} - 1 \right]$$

Empirikus Freeman-törvény:

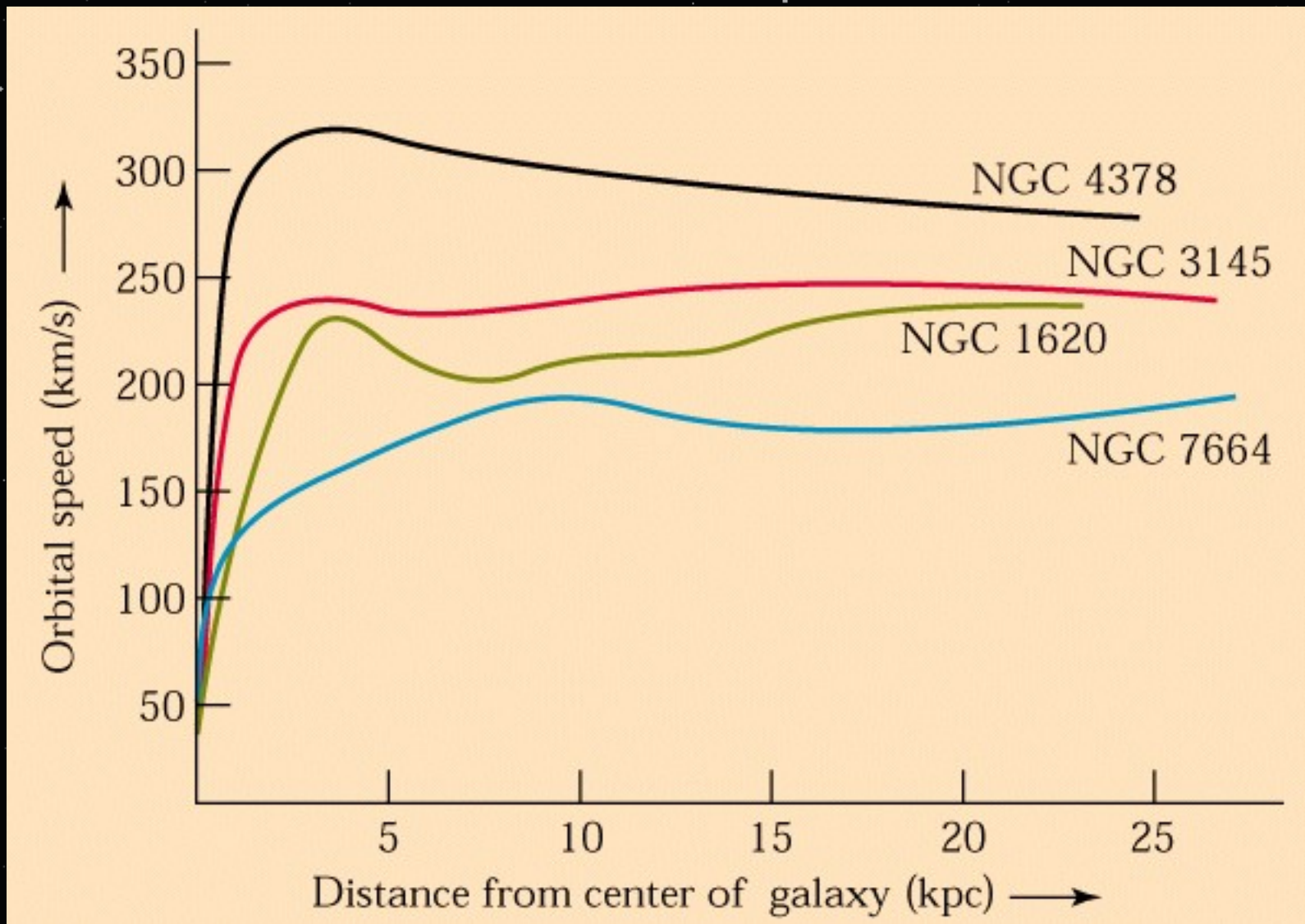
de Vaucouleurs katalógusa alapján
a centrális felületi fényesség ugyanazon típusú
spirálgalaxisokra kb. hasonló

$$\mu_0(B) = 21.52 \pm 0.39 \quad \text{Sa - Sc}$$

$$\mu_0(B) = 22.61 \pm 0.47 \quad \text{Sd, vagy későbbi}$$

De lehet, hogy ez csak egy szelekciós effektus...

Spirálgalaxisok rotációs görbéje



Tudjuk:
$$v = \sqrt{\frac{G M(r)}{r}}$$

felfutó szakasz: $v \sim r \implies M(r) \sim r^3$
 $\implies \rho(r) \sim \text{konst}$

konstans szakasz: $v = \text{állandó} \implies M(r) \sim r$
 $\implies \rho(r) \sim 1/r^2$

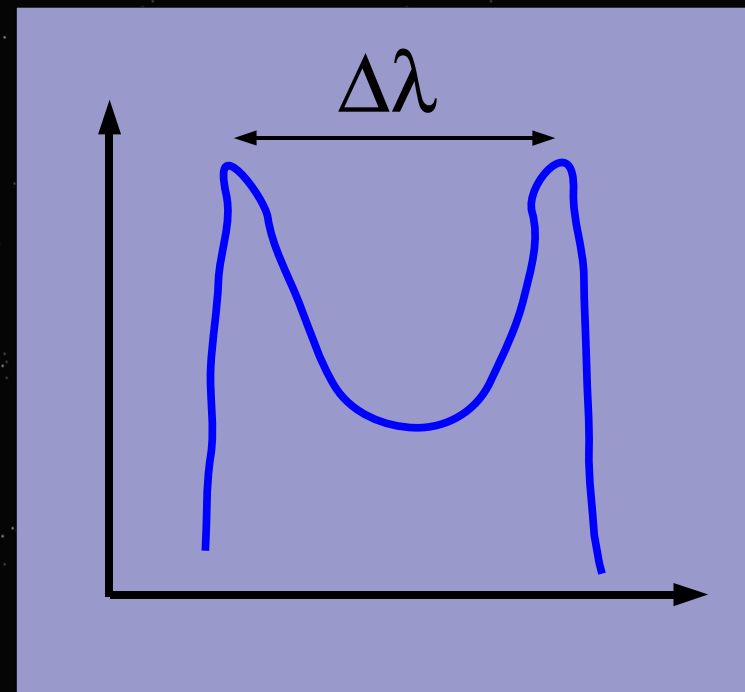
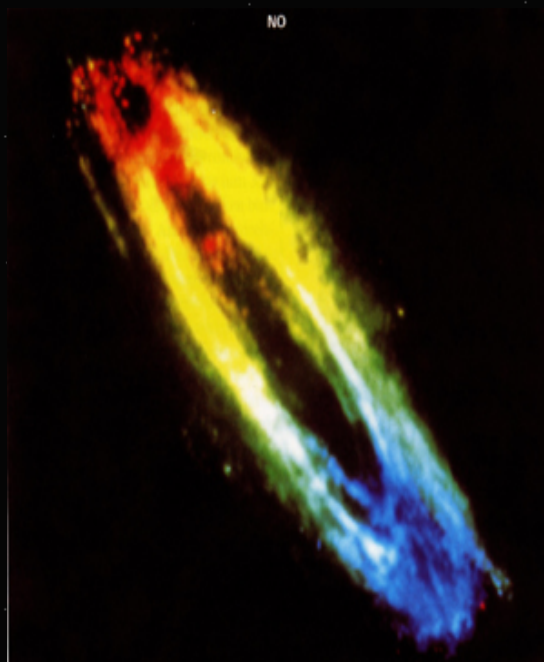
azaz a galaxisok tömege kifelé folyamatosan nő
de: a felületi fényesség exponenciálisan csökken
 $\implies$ a világító anyag sűrűsége $1/r^2$ -nél sokkal
gyorsabban csökken ---> SÖTÉT ANYAG !

GX	$\langle v_{\max} \rangle$	σ_v
	(km/s)	(km/s)
Sa	229	163 - 367
Sb	222	144 - 330
Sc	175	99 - 304
Irr	60	50 - 70

Tejútrendszer: $v_{\max} = 250 \text{ km/s} \Rightarrow \text{Sab}$

$v_{\max}$ a fényesebb galaxisokra nagyobb
a görbe felfutása meredekebb Sa-ra, mint Sc-re

Tully-Fisher reláció



$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{2v_r}{c} = \frac{2v_{max}\sin i}{c} \rightarrow v_{max} = \frac{c}{2\sin i} \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

Tully-Fisher reláció

tapasztalat:

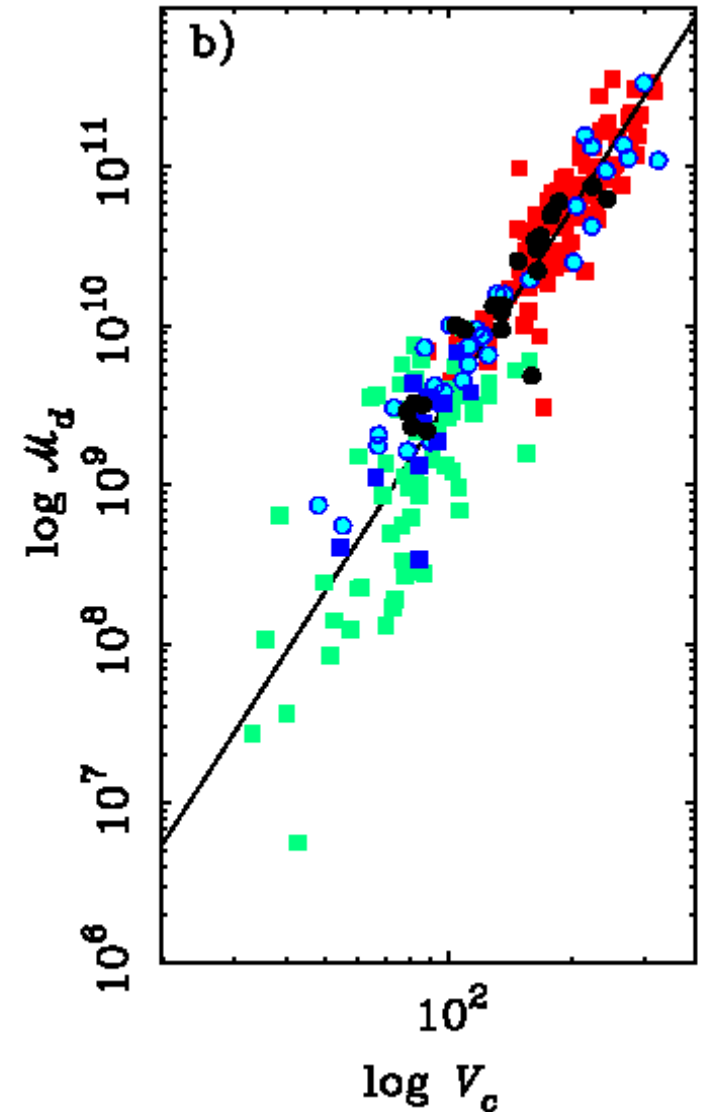
$v_{\max}$ korrelál a galaxis
abszolút fényességével!

Sa: $M_B = -9.95 \log v_{\max} + 3.15$

Sb: $M_B = -10.2 \log v_{\max} + 2.71$

Sc: $M_B = -11.0 \log v_{\max} + 3.31$

infra: $M_H = -10.0 \log v_{\max} + 3.61$



Tully-Fisher reláció

$$M = \frac{v_{max}^2 \cdot R}{G} \quad \text{a galaxis dinamikai tömege}$$

$$L = C_1 \cdot M = \frac{C_1 \cdot v_{max}^2}{G} R \quad \text{tömeg-fényesség reláció}$$

$$\frac{L}{R^2} = C_2 \quad \text{felületi fényesség (Freeman-törvény)}$$

$$\text{Ezekből: } L = C_2 \left(\frac{L G}{C_1 v_{max}} \right)^2 \rightarrow L = \frac{C_1^2}{C_2 G} v_{max}^4$$

Tully-Fisher reláció

Magnitúdó-skálán:

$$M = M_o - 2.5 \log \frac{L}{L_o}$$

$$M = M_o - 2.5 \log v_{max}^4 - 2.5 \log konst + 2.5 \log L_o$$

$$M = -10 \log v_{max} + konst$$

Tömeg-fényesség arány

Méret-fényesség korreláció:

$$\log R_{25} = -0.25 M_B - 4.0$$

R_{25} : $\mu_B = 25 \text{ mag/arcsec}^2$ -hez tartozó sugár

Ezt a T-F relációval kombinálva megmérhető M és L

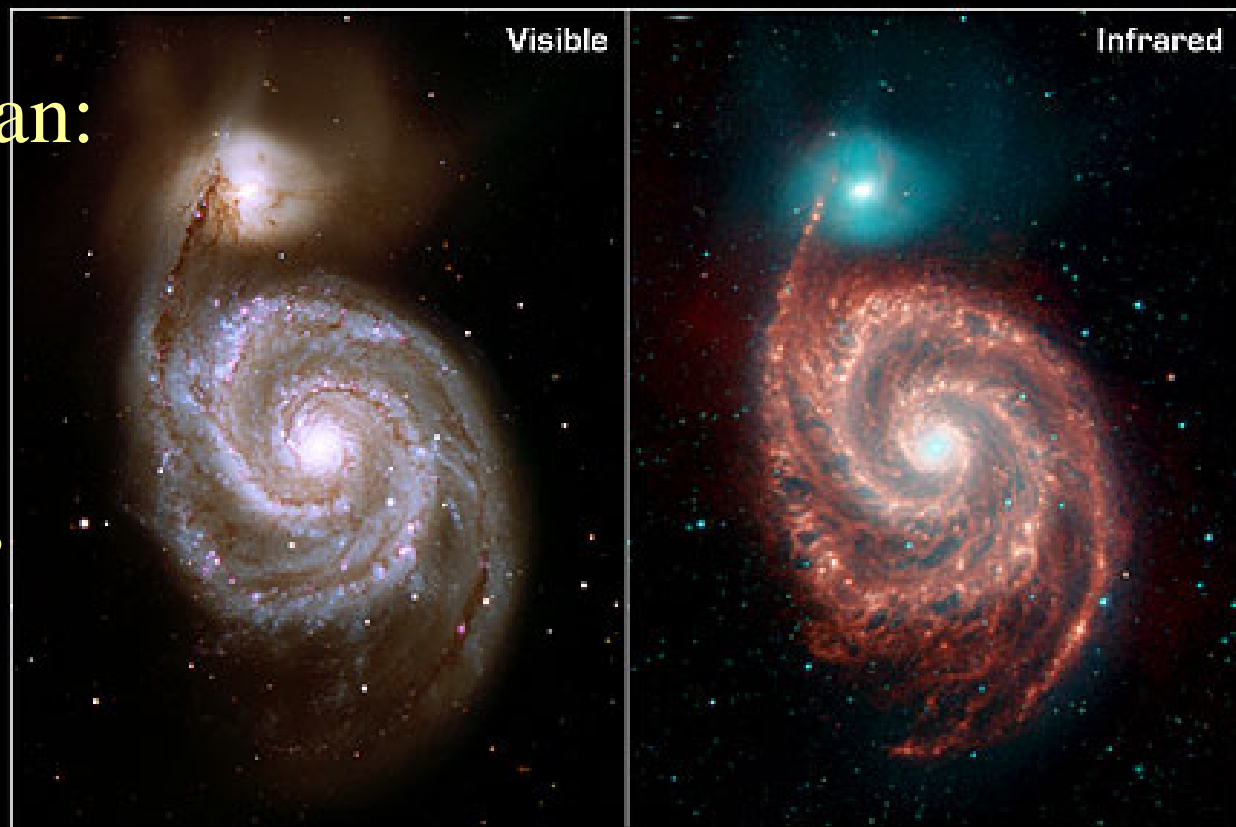
	Sa	Sb	Sc	Irr
$\langle M/L_B \rangle$	6.2	4.5	2.6	
(B-V)	0.75	0.64	0.52	0.4
$\langle M_{\text{ISM}}/M_{\text{gx}} \rangle$	0.04	0.08	0.16	0.25
$\langle M_{\text{H}_2}/M_{\text{HI}} \rangle$	2.2	1.8	0.73	0.29

Korrelációk a típus és a fizikai paraméterek között

- távoli IR: $L_{\text{FIR}} / L_{\text{B}}$ Sc és Irr felé nő
- röntgen: $L_{\text{X}} / L_{\text{B}} \sim 10^{-7}$

Sc és Irr galaxisokban:

- több az ISM
(gáz+por)
- intenzívebb a
csillagképződés



Spiral Galaxy M51 ("Whirlpool Galaxy")

NASA / JPL-Caltech / R. Kennicutt (Univ. of Arizona)

Spitzer Space Telescope • IRAC

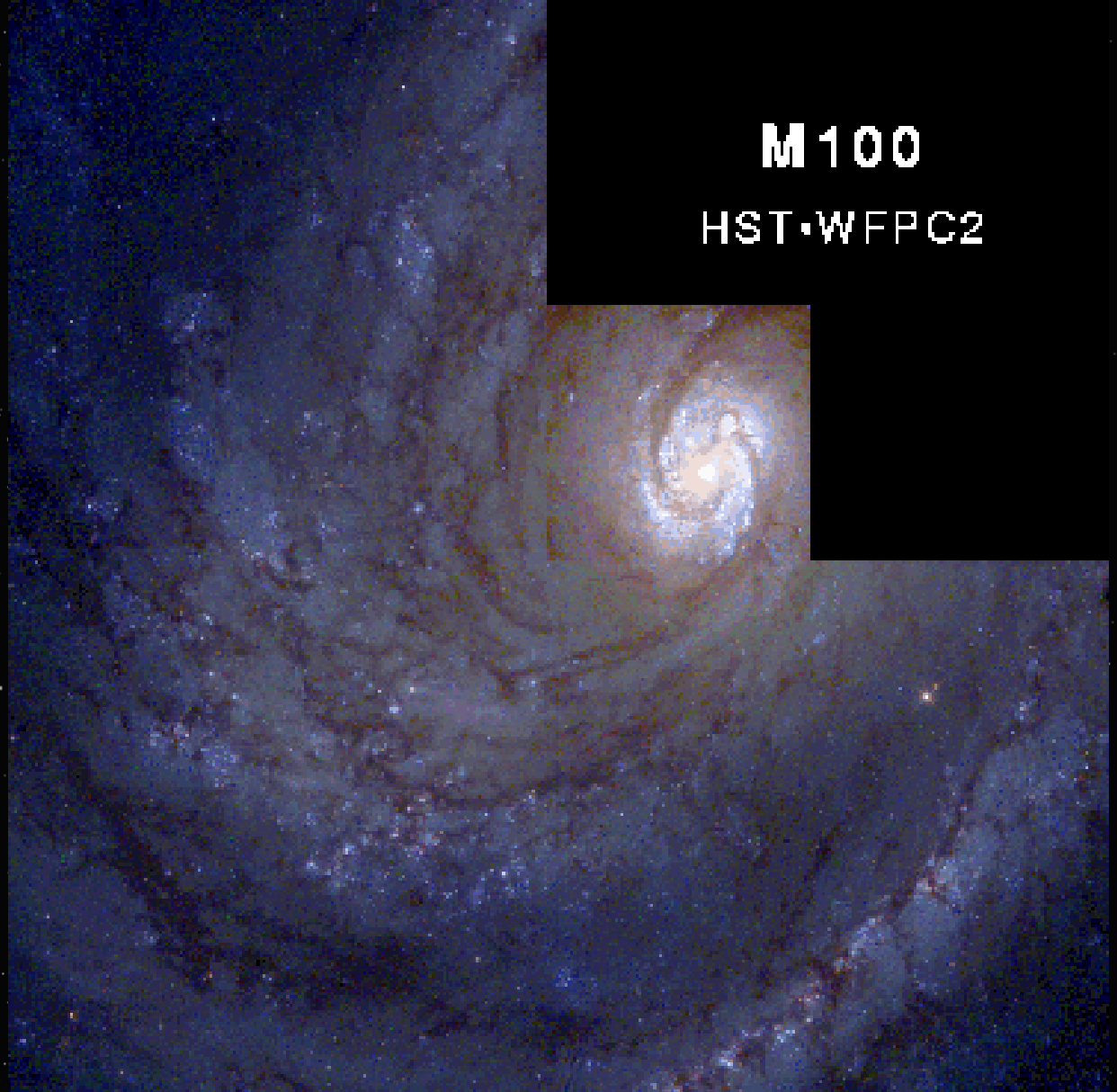
ssc2004-19a

Szín-gradiens

- a bulge vörösebb
- a diszk kékebb

Okok:

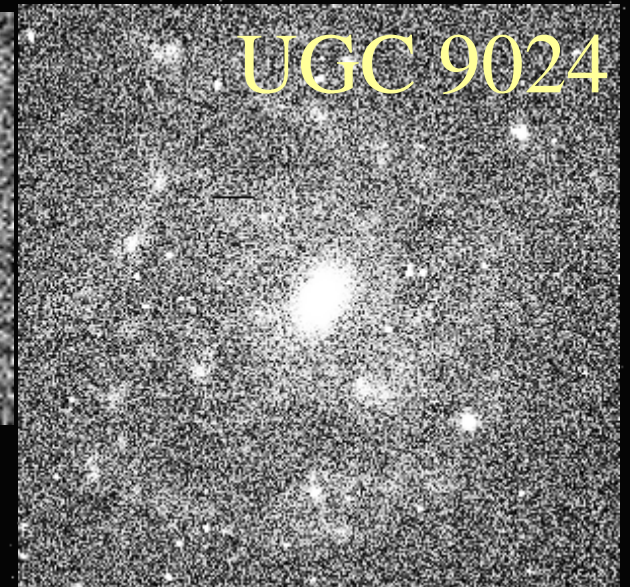
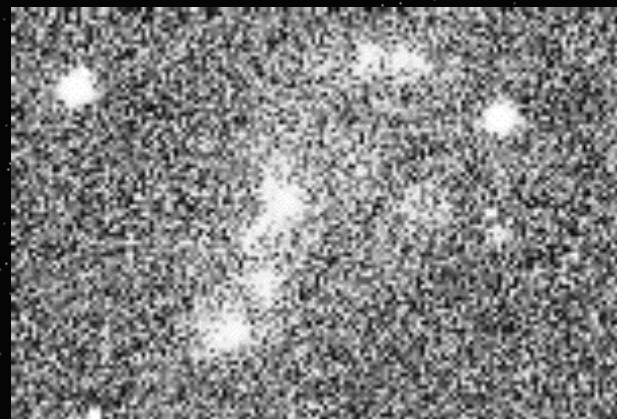
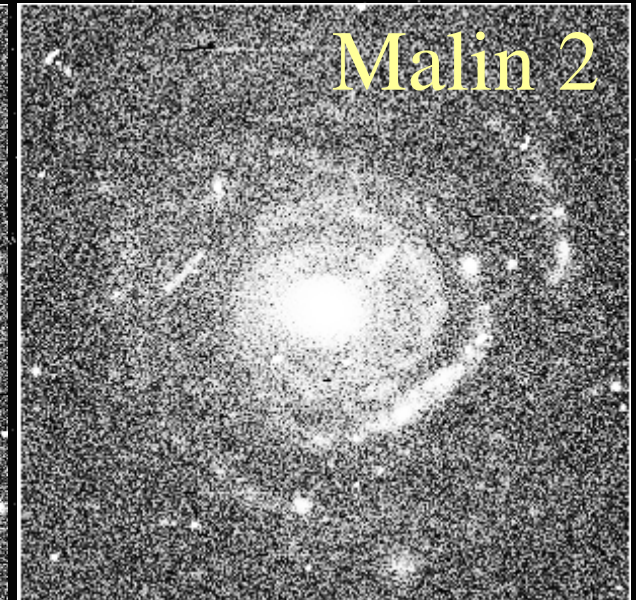
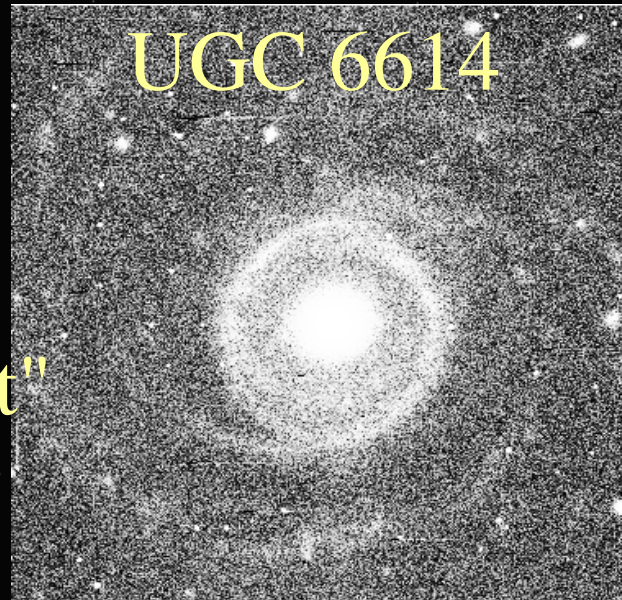
- fémség-gradiens
(a fémszegény csillagok kékebbek)
- csillagkeletkezési aktivitás





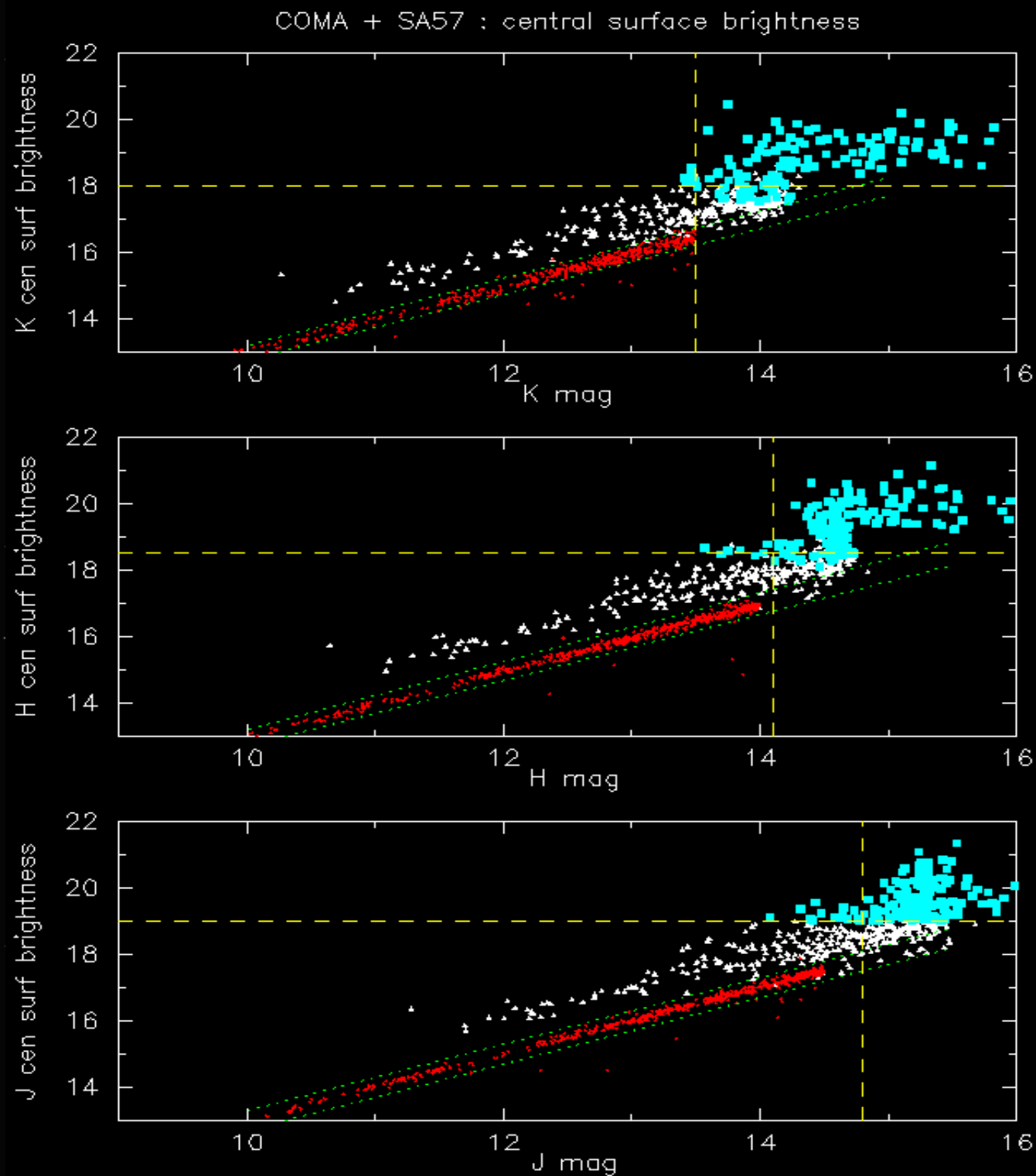
Kis felületi fényességű (LSB) galaxisok

- spirális v. irreg.
- alacsony felületi fényesség
- Freeman-"törvényt" megsértik
- $\mu = \mu_0 + a (r / h)$
- M / L nagy (sötét anyag)



LSB galaxisok centrális felületi fényessége (2MASS)

kék: HSB gx
fehér: LSB gx
piros: csillagok



Spirálgalaxisok tömege

1. Dinamikai tömeg

a rotációs görbéből:
$$M(R) = \frac{v_{max}^2 R}{G}$$

tipikus értékek: $v_{max} \sim 200 \text{ km/s}$

$$R \sim 20 \text{ kpc} \implies M \sim 10^{11} M_{\odot}$$

$$L \sim 10^{10} L_{\odot} \implies M/L \sim 10$$

SÖTÉT ANYAG

2. Viriál tömeg (bulge)

$$2\langle K \rangle + \langle U \rangle = \frac{1}{2} \left\langle \frac{d^2 \theta}{dt^2} \right\rangle \quad \text{virialtétel}$$

ahol $\theta = \sum m_i r_i^2$ a galaxis teh. nyomatéka

Egyensúly esetén $2\langle K \rangle + \langle U \rangle = 0$

$$\langle U \rangle = -2 \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2$$

T.f.h. minden csillag egyforma $\Rightarrow M = N m$

Ebből:
$$-\frac{m}{N} \sum v_i^2 = \frac{U}{N}$$

Ha a sebességek véletlenszerű eloszlásúak (bulge!),
akkor:

$$\frac{m}{N} \sum v_i^2 = m 3 \langle v_r^2 \rangle = 3 \sigma_r^2$$

Adódik:
$$-3 m \sigma_r^2 \approx -\frac{3}{5} \frac{G M^2}{R} \frac{1}{N}$$

A viriál-tömeg:
$$M = N m \approx \frac{5 R}{G} \sigma_r^2$$