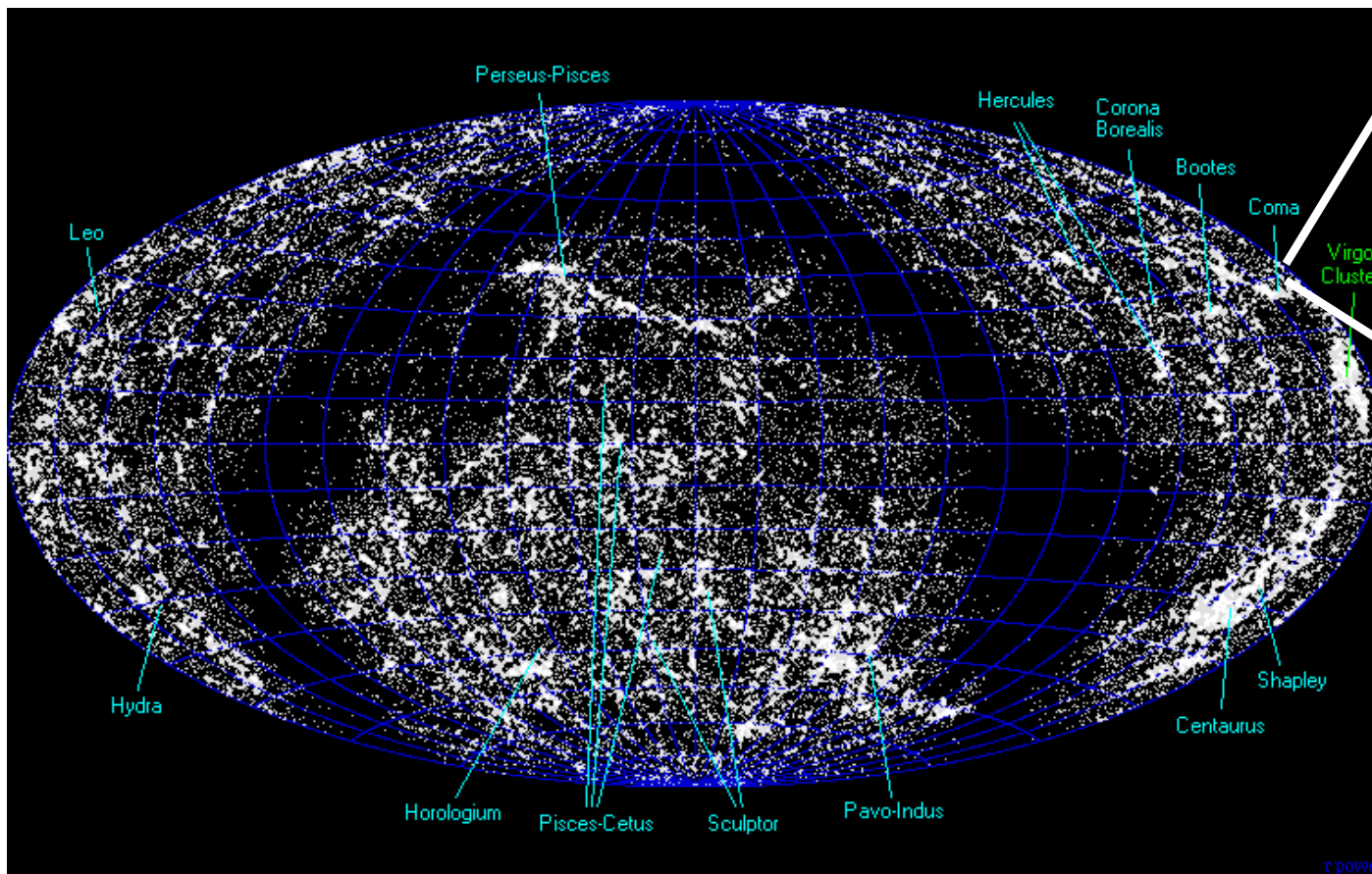


Melkwegstelsels

Eigenschappen en
ruimtelijke verdeling

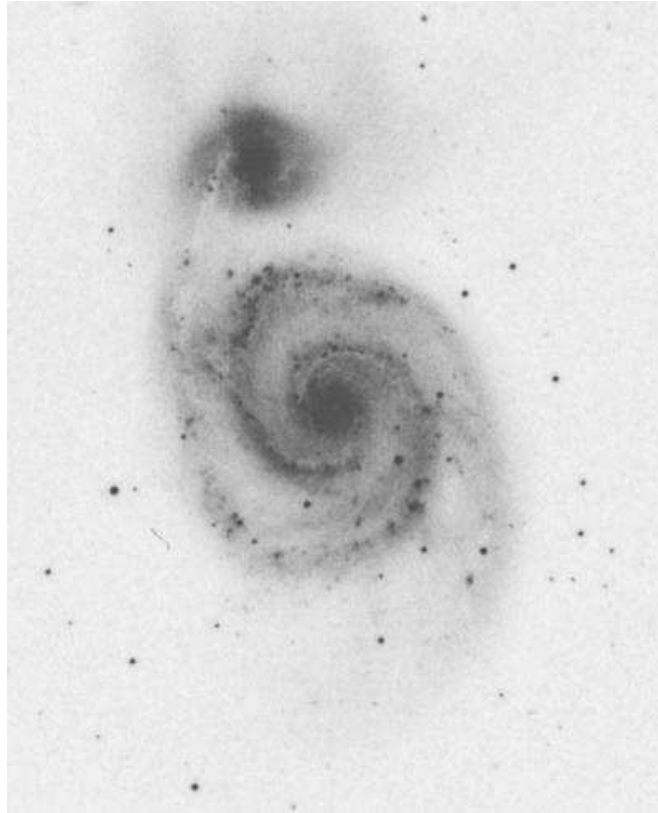
- morfologie
- sterpopulaties
- ISM eigenschappen
- massa, afmeting en helderheid



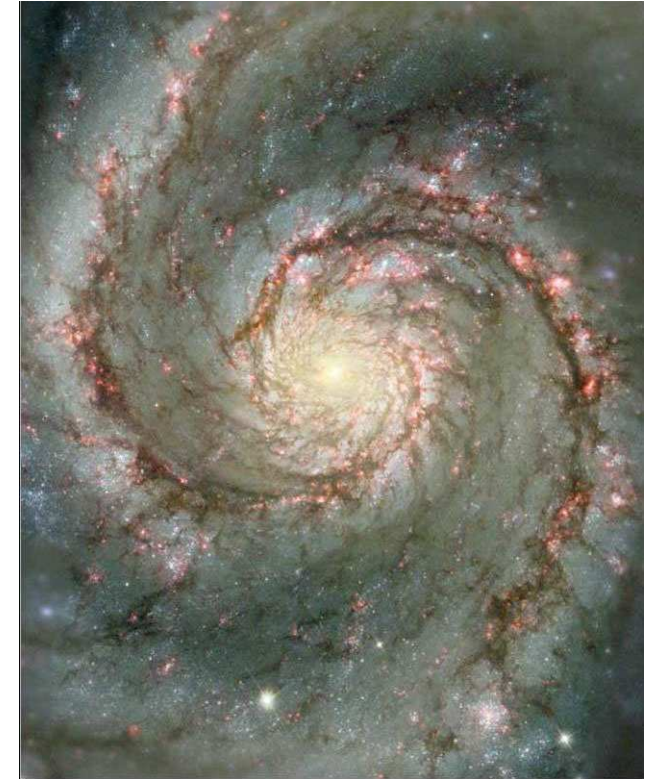
Messier 51, de draaikolknevel, door de jaren heen



Lord Rosse (1845)
tekening op grond van
visuele waarnemingen

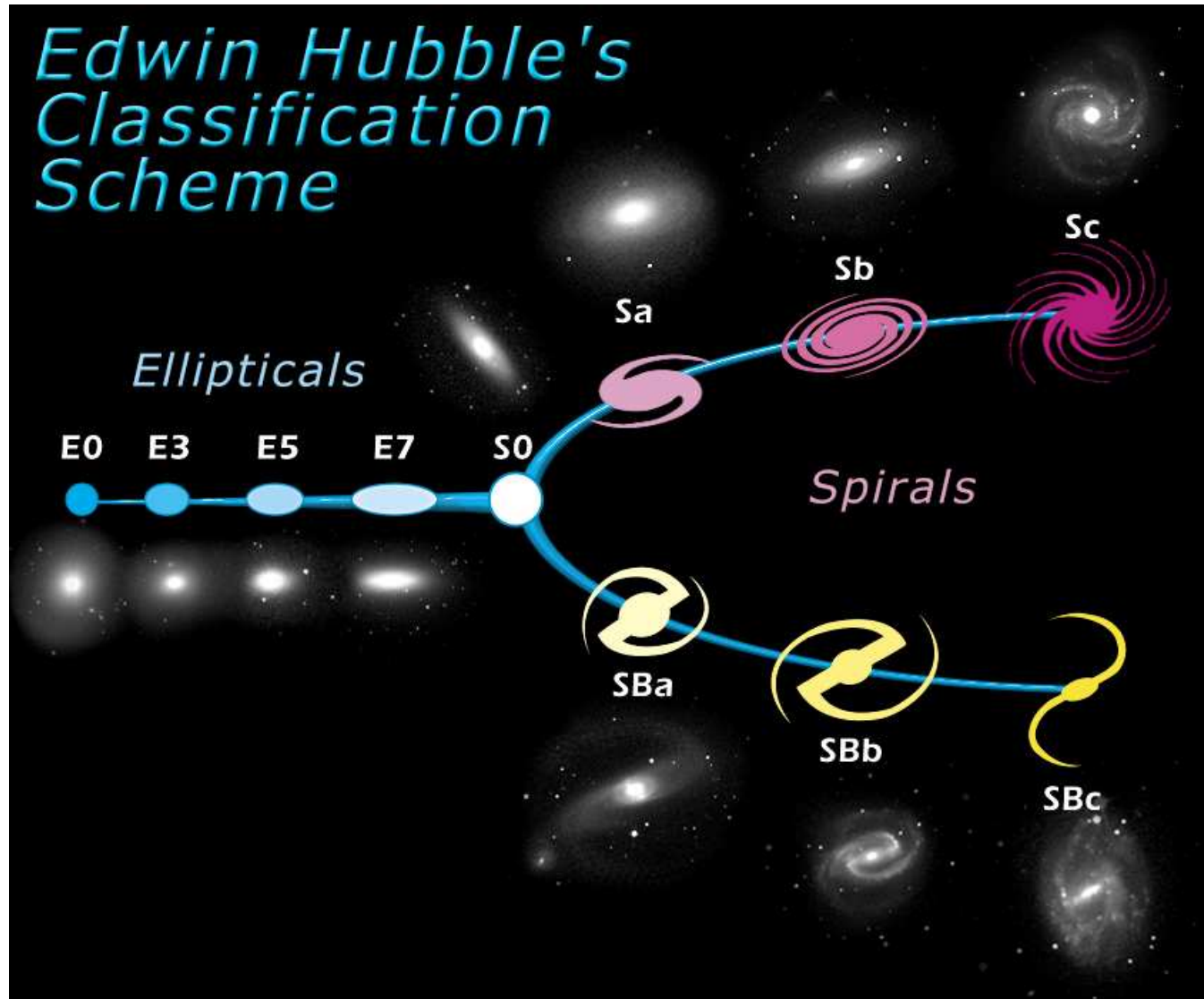


Mt. Palomar Sky Survey
opgenomen in jaren
rond 1948 - 1952



Hubble Space Telescope,
recente opname van het
binnengebied

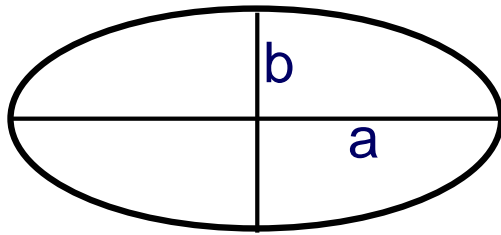
Hubble classificatie van melkwegstelsels



Irregulars



Elliptische stelsels: En , met $n = 0 - 7$, de ellipticiteit ε



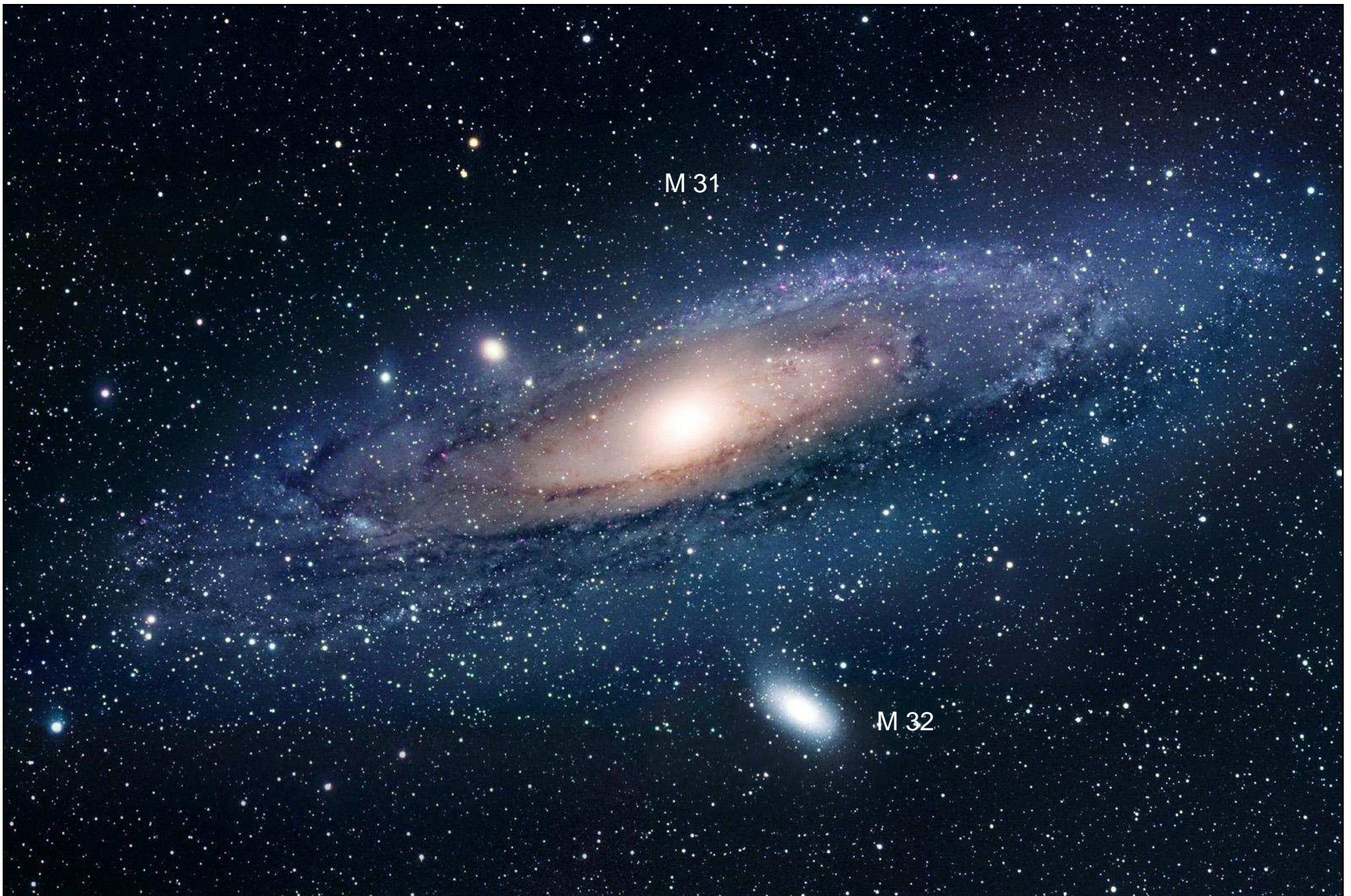
$$\varepsilon = 1 - b/a$$

Spiraalstelsels: $S0 - Sa - Sb - Sc - Sd - Sm$

Criteria:

- oplossing in individuele sterren/stercluster (neemt toe \rightarrow Sd)
- openheid van de armen (neemt toe \rightarrow Sd)
- bulge/disk verhouding (neemt af \rightarrow Sd)

Onregelmatige stelsels: geen spiraalstructuur, onregelmatige vormen



Messier 31, de Andromeda nevel en dE begeleider Messier 32

Messier 32, dE begeleider
stelsel van de Andromeda
nevel Messier 31.

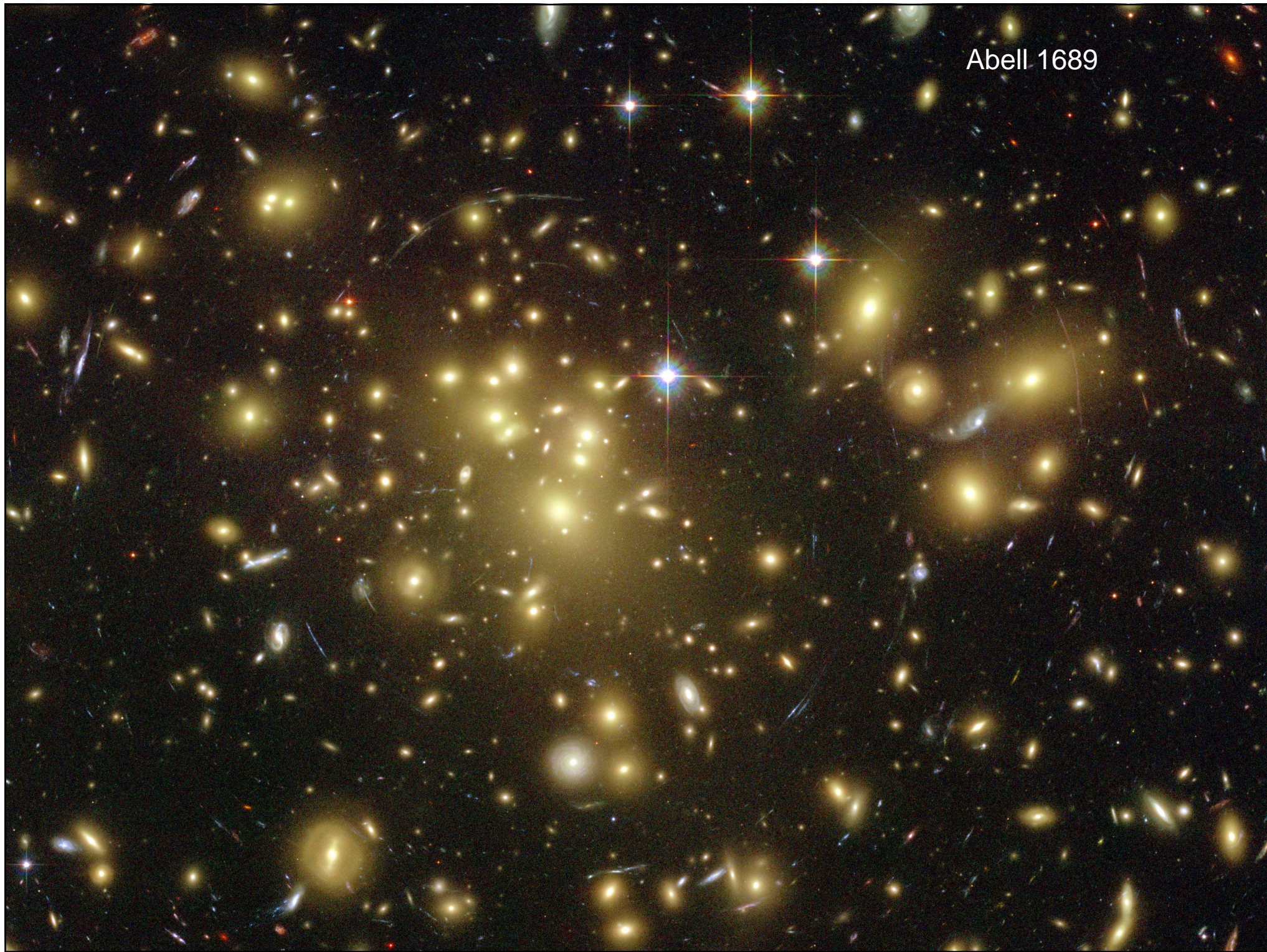


Dwarf Elliptical Galaxy M32 **HST • STIS**

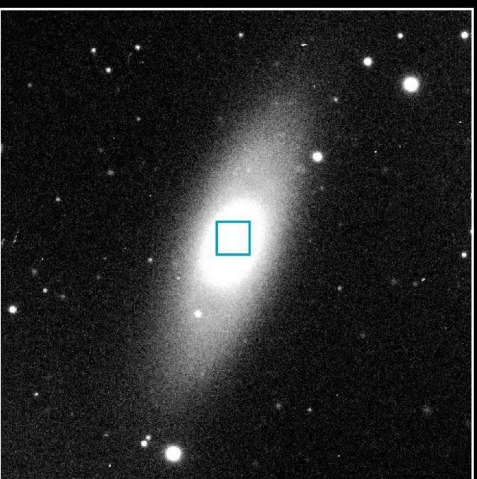
NASA and T. Brown (NASA Goddard Space Flight Center)

STScI-PRC99-40

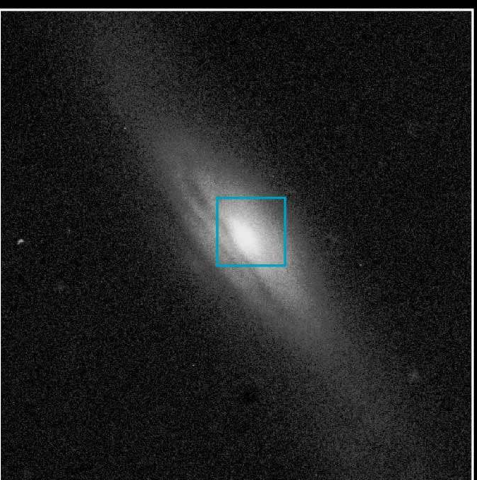
Abell 1689



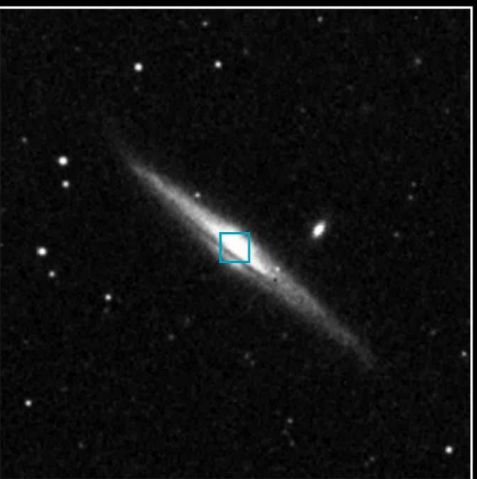
NGC 5838



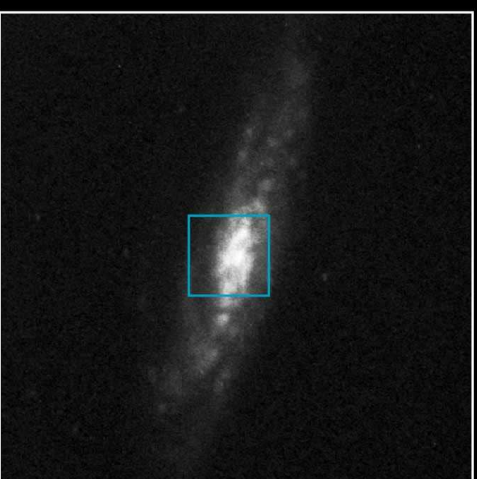
NGC 5689



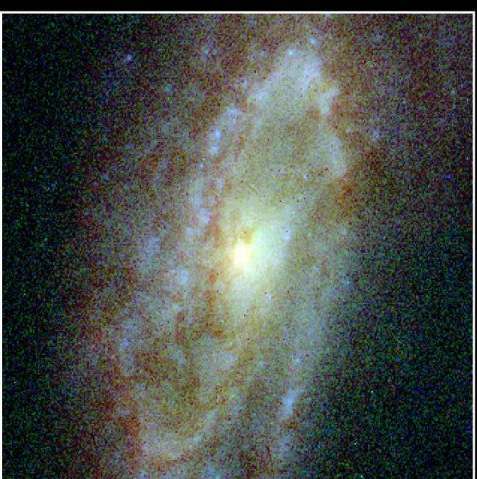
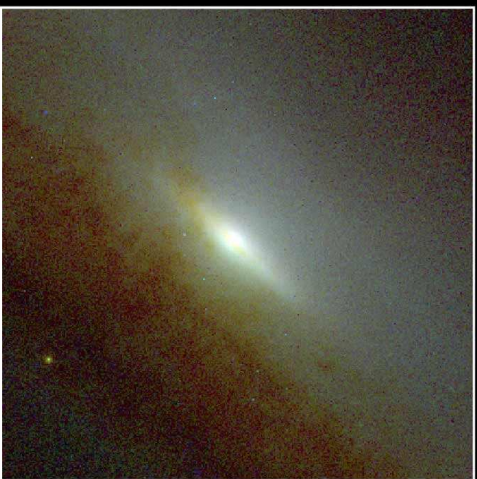
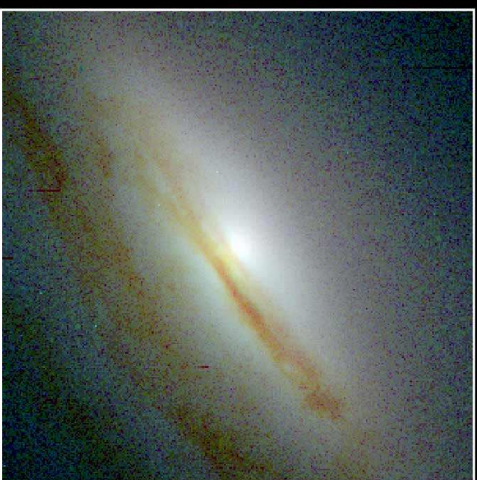
NGC 5965



NGC 7537



WFPC2 • NICMOS



S0

Sa

Sb

Sbc

Central Bulges of Spiral Galaxies

Hubble Space Telescope • WFPC2 • NICMOS

NASA, ESA and R. Peletier (University of Nottingham) • STScI-PRC99-34b

Diverse spiraalstelsels



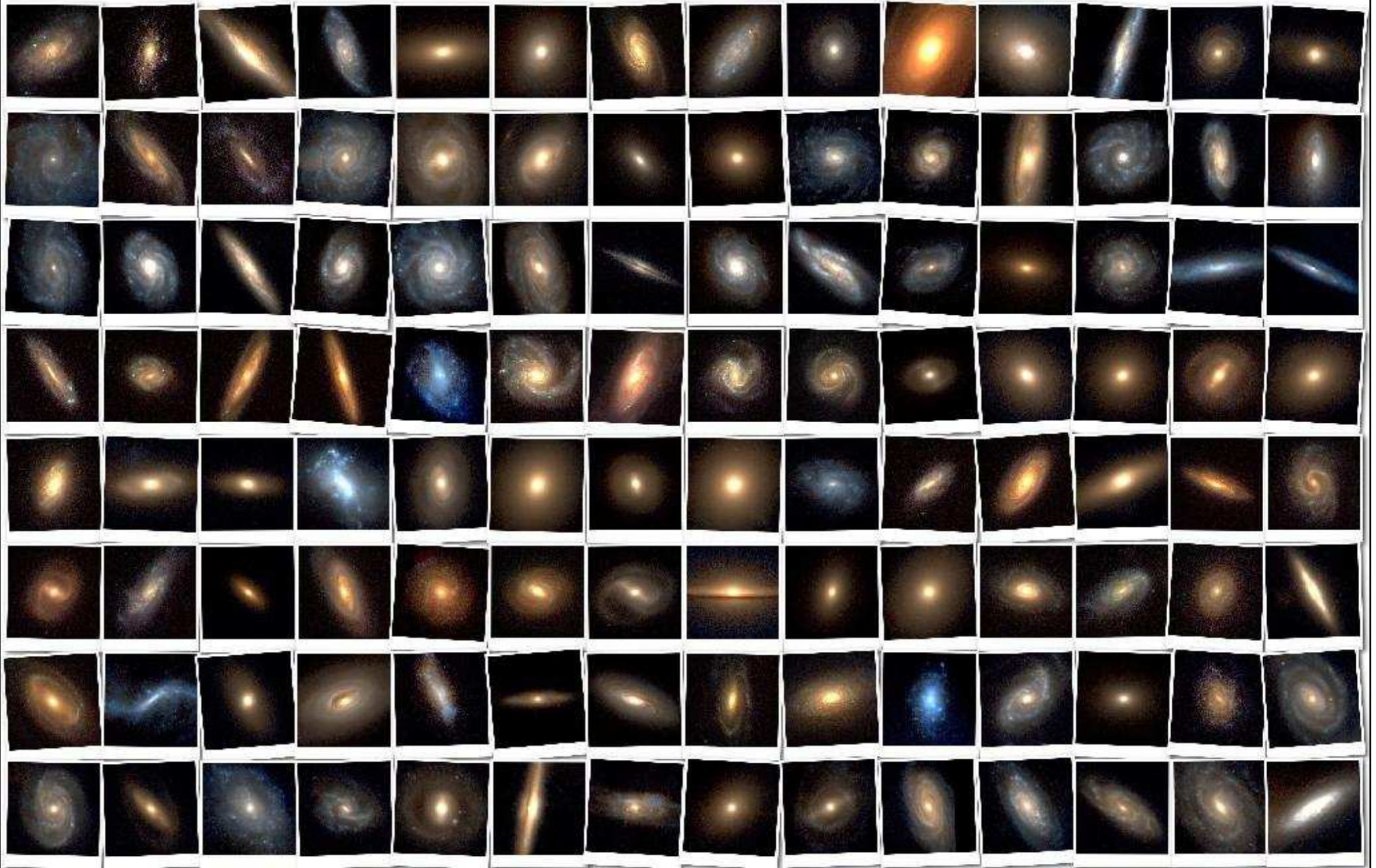
Een vroeg-type spiraalstelsel (S0/Sa)



Voorbeeld van
diverse bulge
disk verhoudingen
in edge-on stelsels



Spiraal stelsels van diverse Hubble types



Aanduiding van de stelsels in de Hubble sequence

Vroeg type stelsels: oude populatie (II), rode kleuren,
weinig stervorming, weinig gas,
spectraaltype G – K, grote bulge

Laat type stelsels: jonge populatie (I), blauwe kleuren,
veel stervorming, veel gas en stof
spectraaltype A – G , nauwelijks bulge

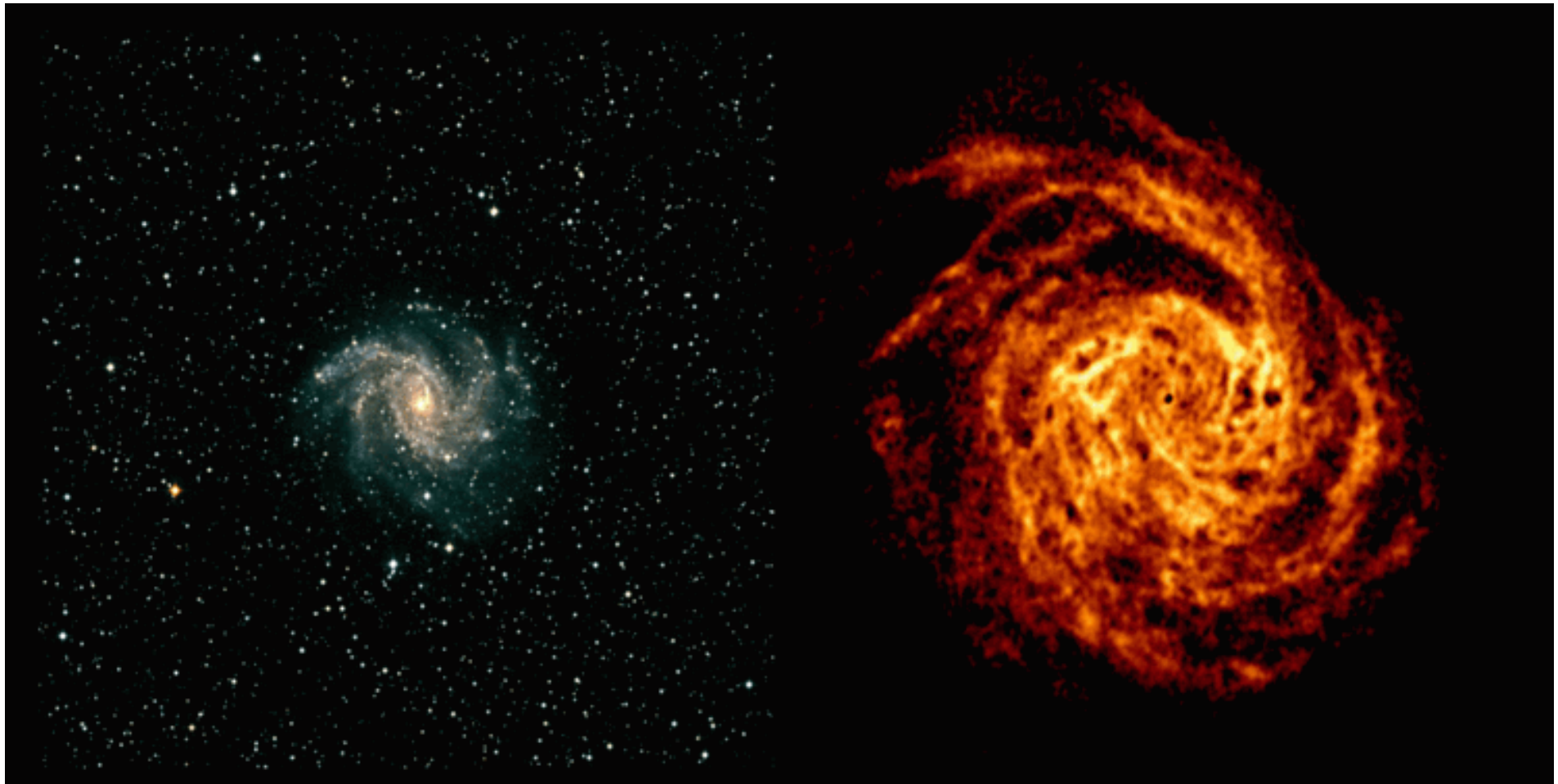
Galaxy Nomenclature

Giant Elliptical in the core of a cluster of galaxies	cD
High Surface Brightness Galaxy	HSBG
Low Surface Brightness Galaxy	LSBG
Compact Elliptical	CE
Blue Compact Dwarf Galaxy	BCDG
Dwarf Irregular	dI
Dwarf Elliptical	dE
Dwarf Spheroidal	dSph
Globular Cluster	GC
Peculiar	Pec

Hoe zou de melkweg er “van buiten” uitzien ?

Voorbeeld:

Het melkwegstelsel NGC 6946: een optisch en HI beeld



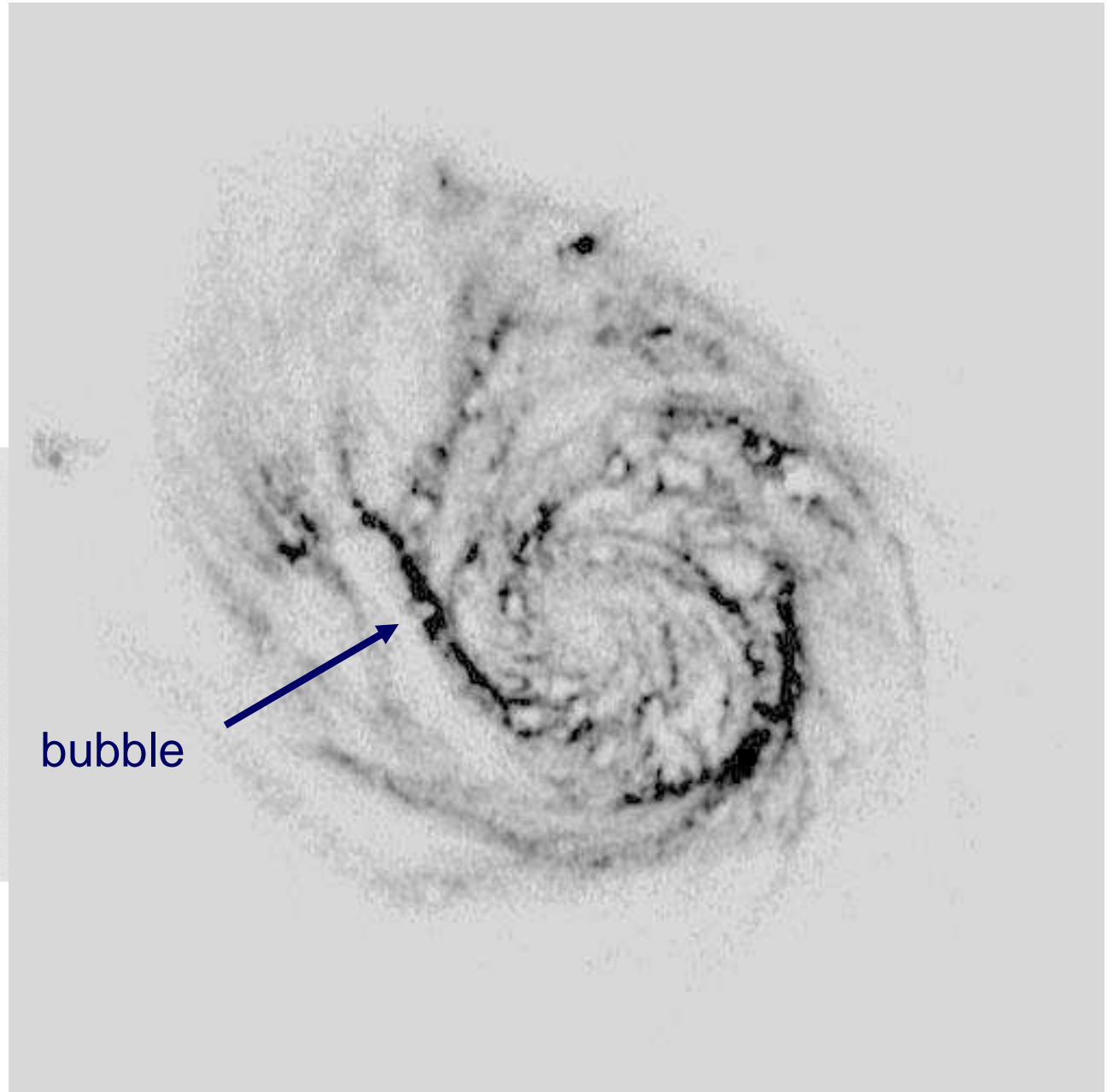
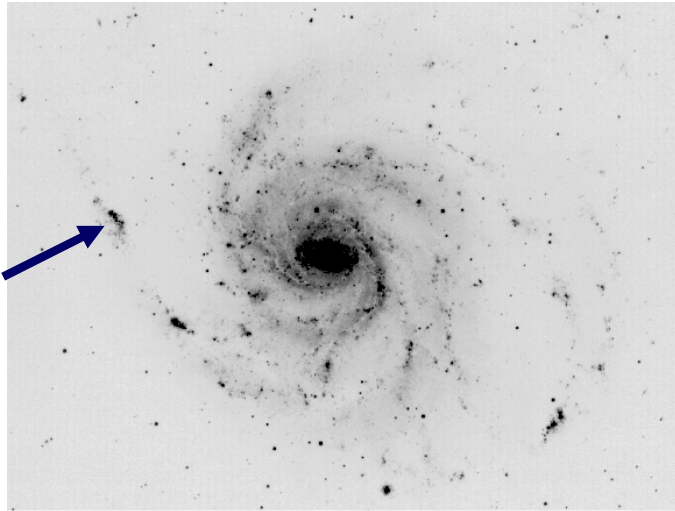
sterlicht

HI verdeling

Messier 101

HI

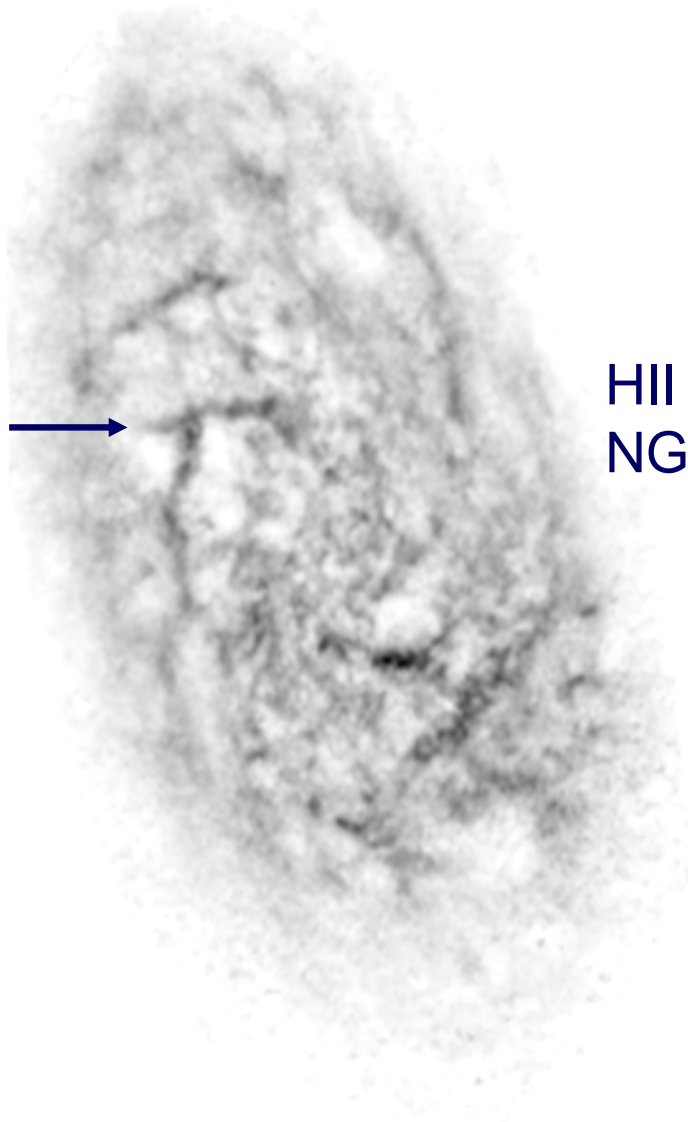
optisch



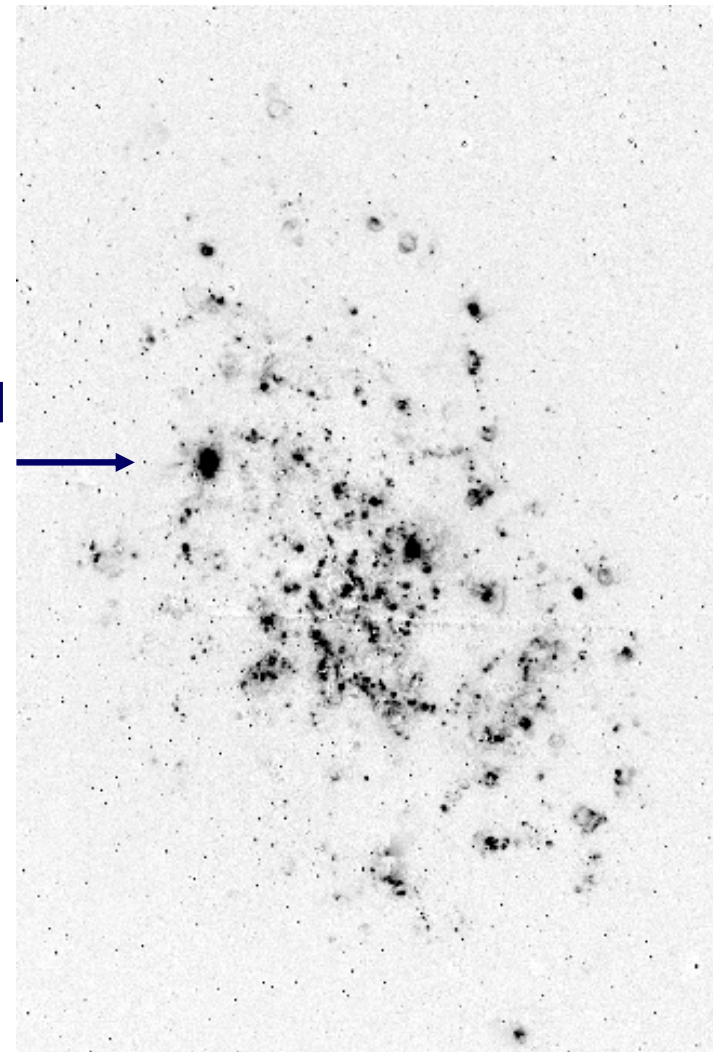
bubble

Messier 33 (NGC 598)

HI neutraal waterstof

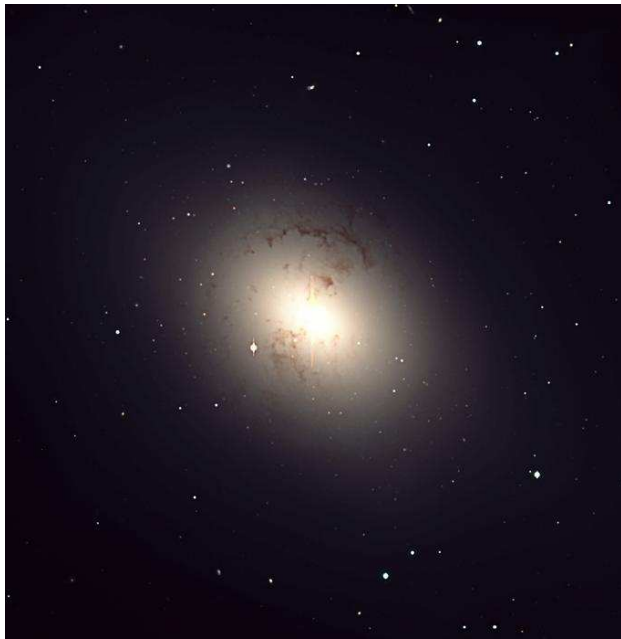


HII geïoniseerd waterstof

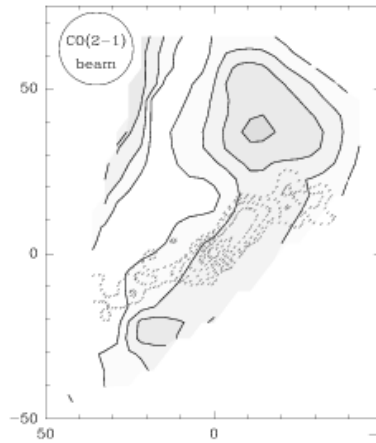


HII gebied
NGC 604

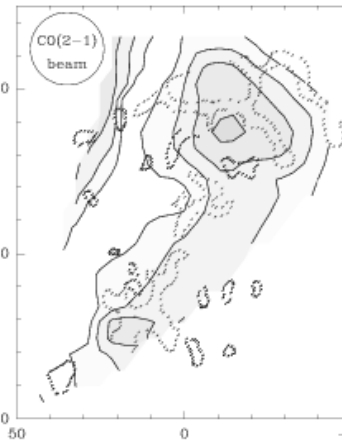
Elliptische stersel NGC 1316 (Fornax A)



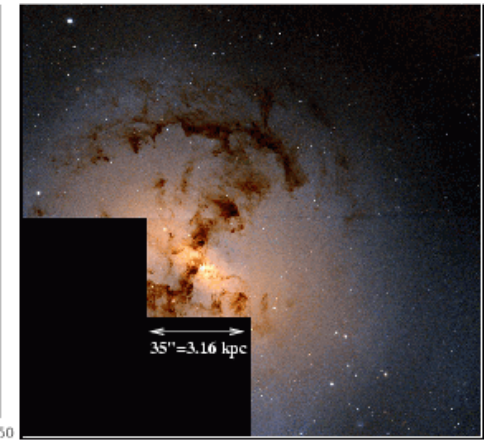
optisch



a. CO(2-1) map
+ 20 cm radio jet



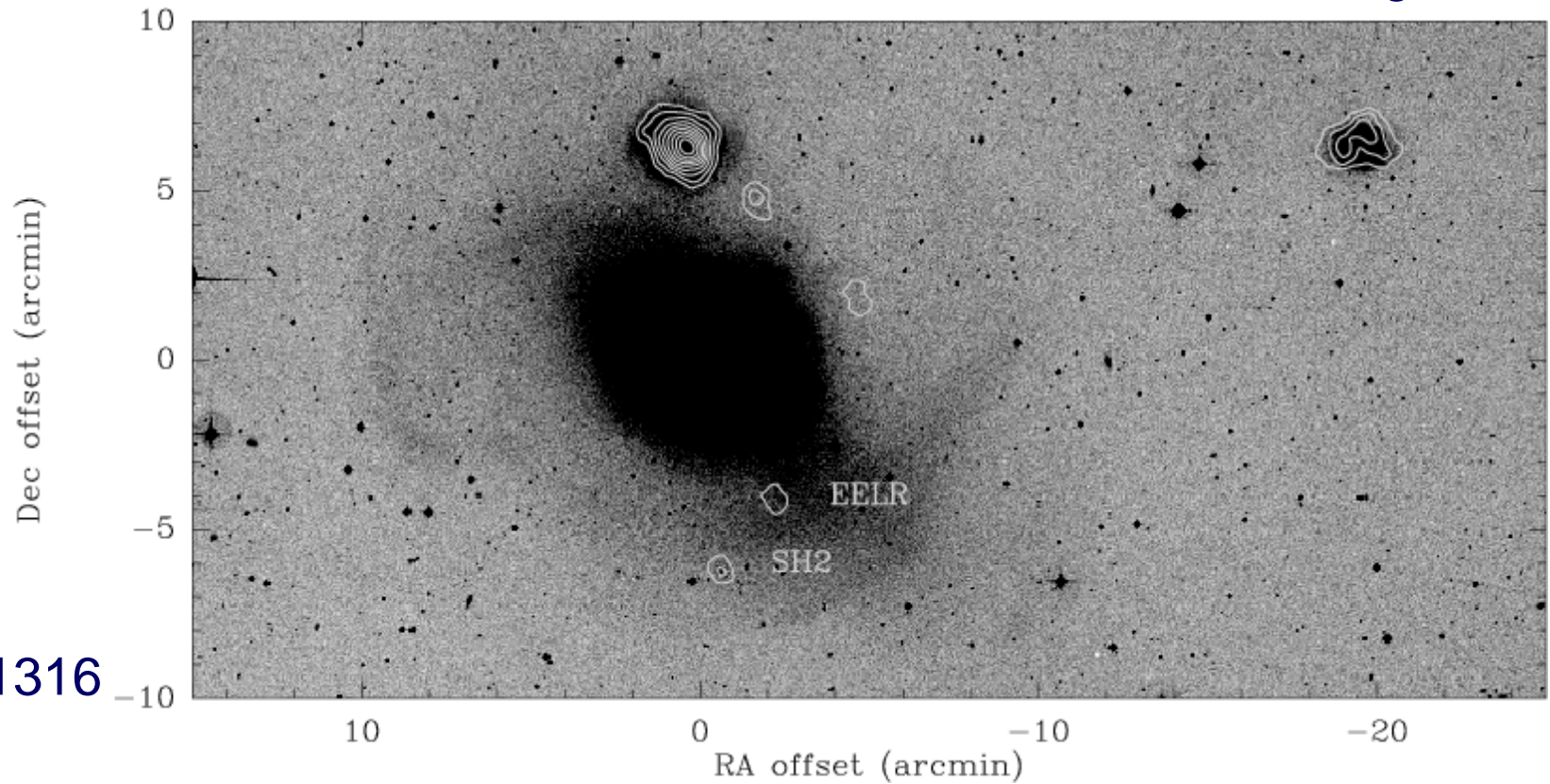
b. CO(2-1) map
+ sketch of dust lanes



c. HST B-1 image

CO in binnengebiet

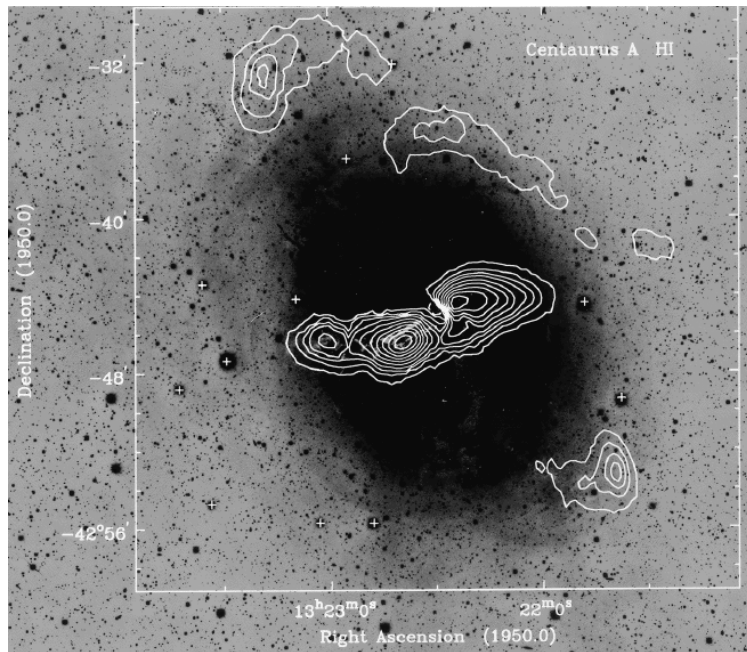
HI in NGC 1316



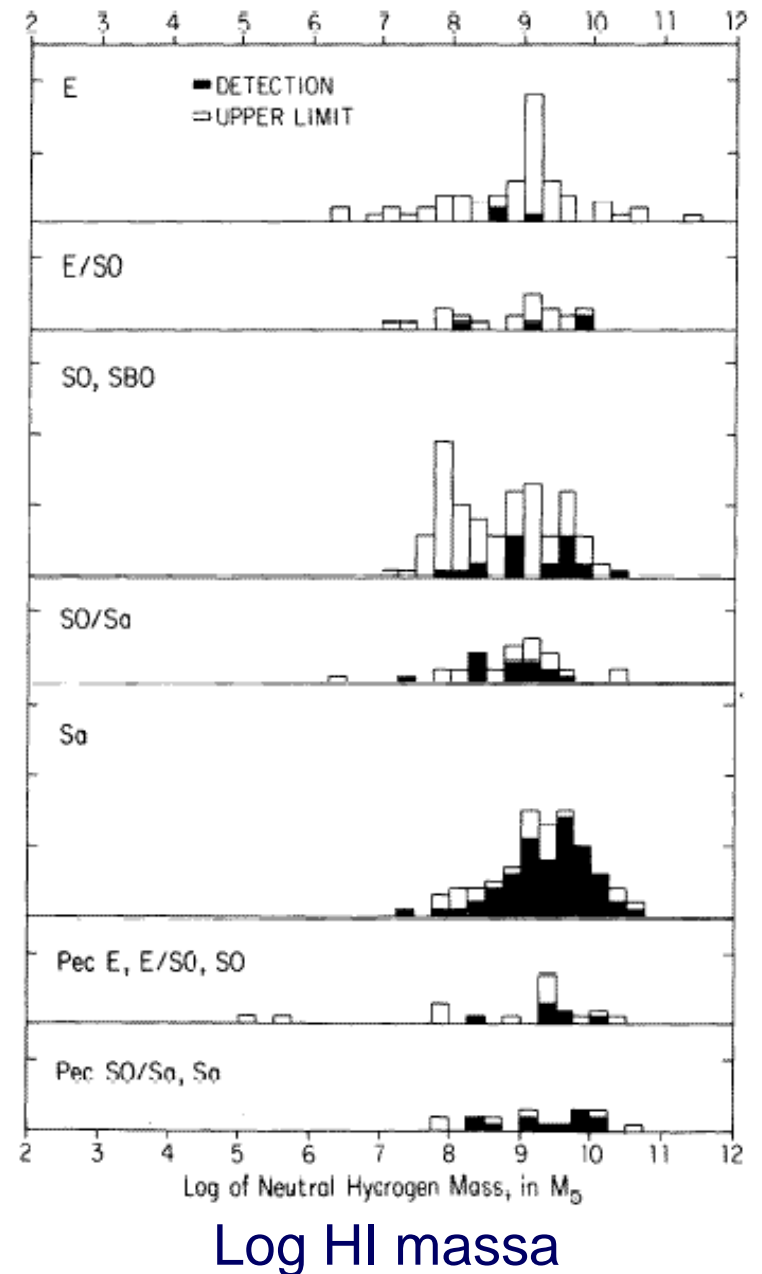
HI massa van E – S0 stelsels

De meeste E stelsels worden niet in HI gedetecteerd.

E/S0 stelsels die gedetecteerd worden blijken vaak optische structuur te vertonen meestal opgevat als een teken van interactie en merging.

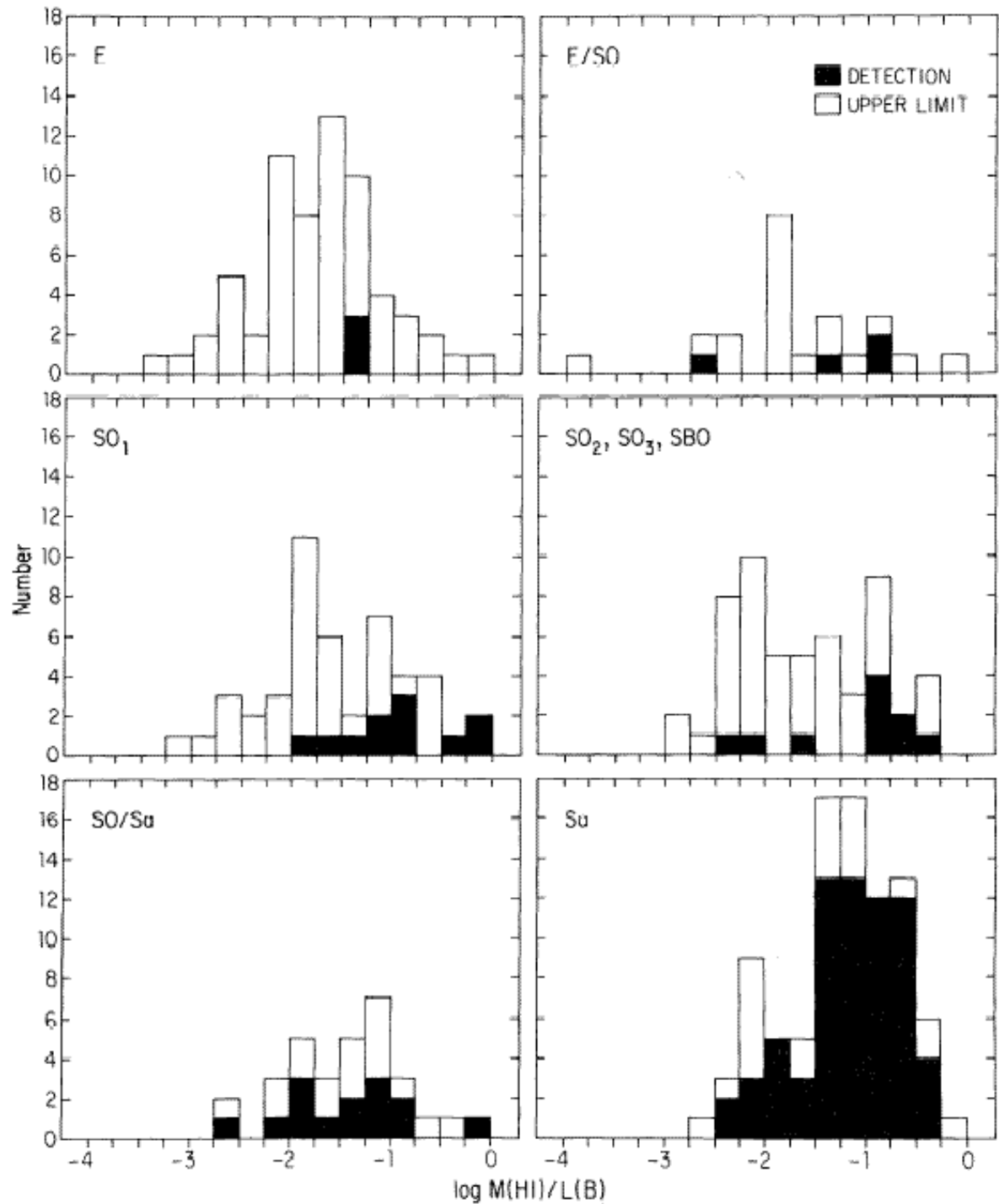


HI in NGC 5128 (Centaurus A)



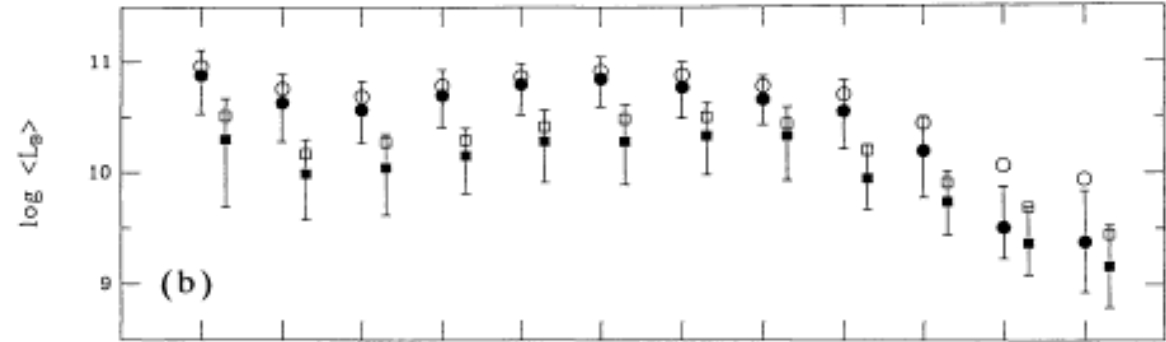
M_{HI}/L_B

HI massa – lichtkracht
verhouding van
E – Sa stelsels

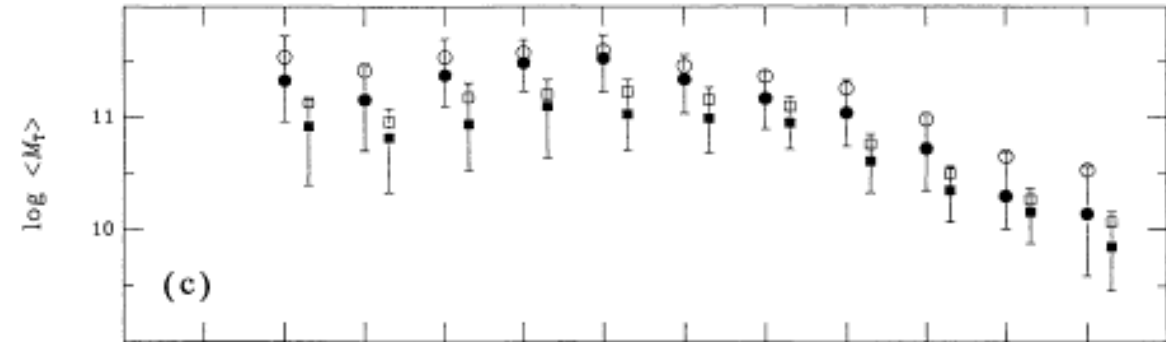


Variatie van eigenschappen
Met morfologisch type

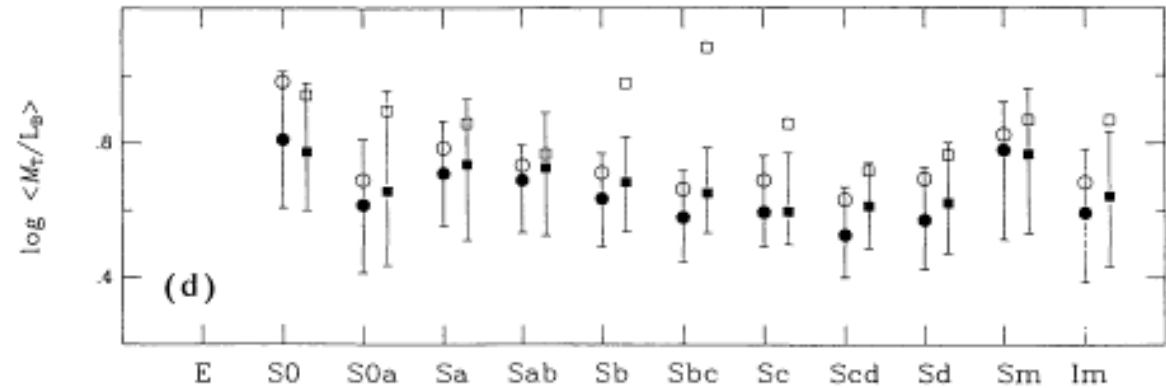
L_B



M_T



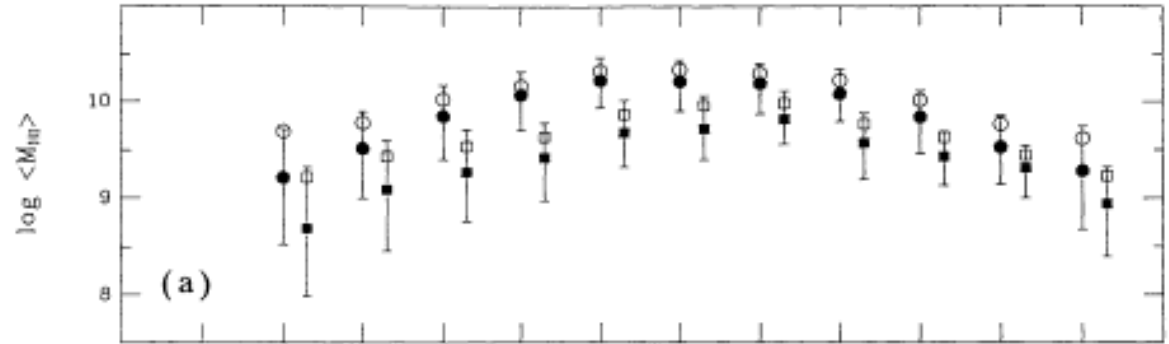
L_B/M_T



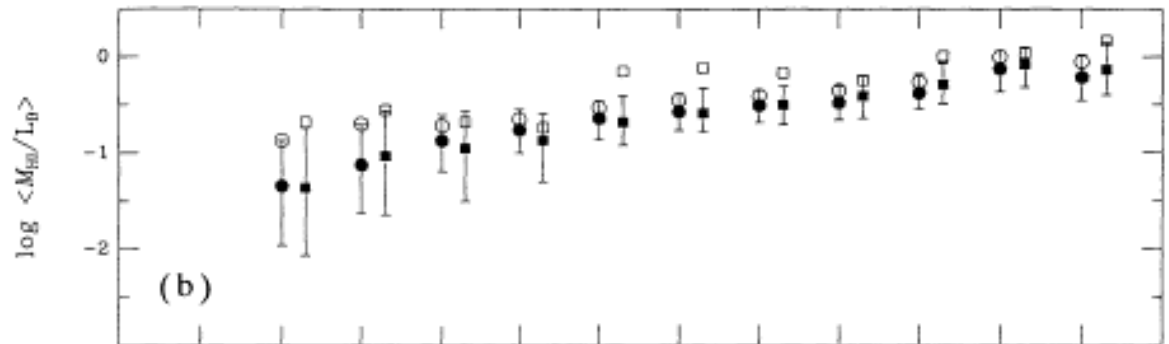
Morfologisch type

Variatie van eigenschappen
Met morfologisch type

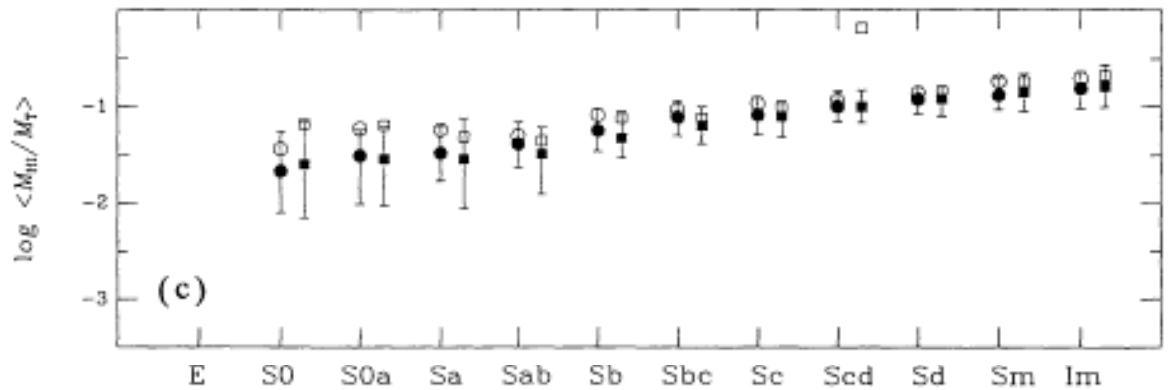
M_{HI}



$M_{\text{HI}}/L_{\text{B}}$



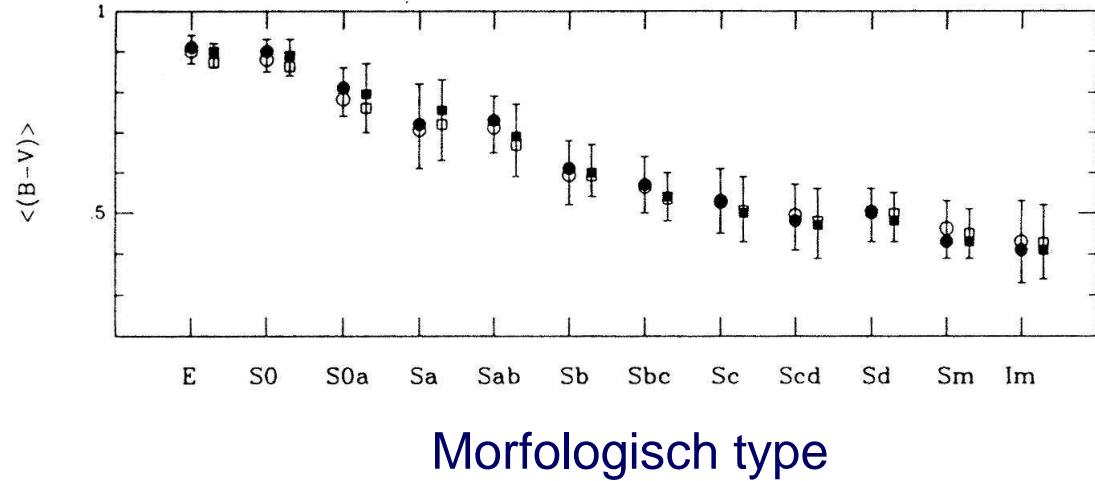
$M_{\text{HI}}/M_{\text{T}}$



Morfologisch type

Variatie van eigenschappen
Met morfologisch type

$\langle B - V \rangle$ kleur



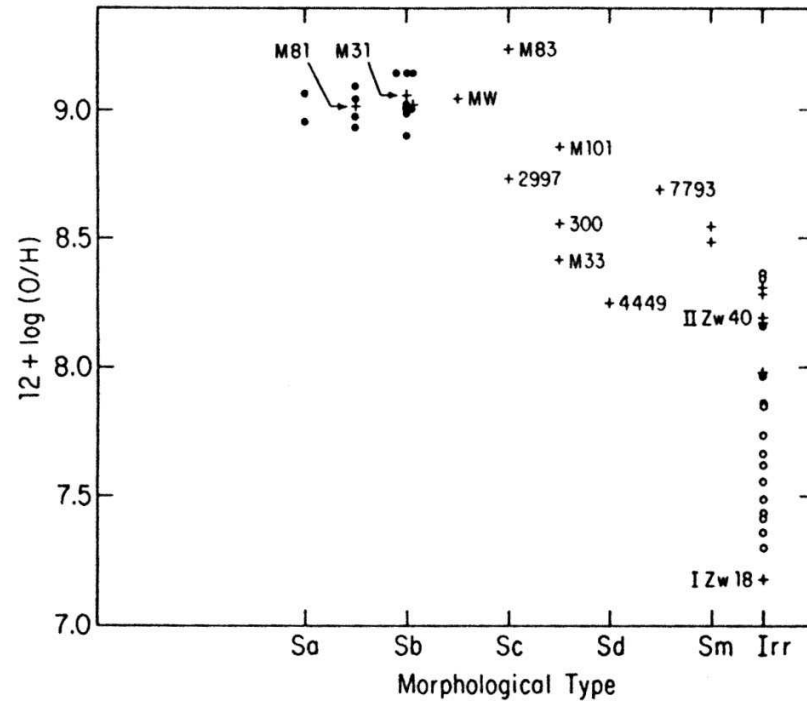
E (vroeg type stelsels)

gasarm
rode kleur
helder en massief

Sm/I (laat type stelsels)

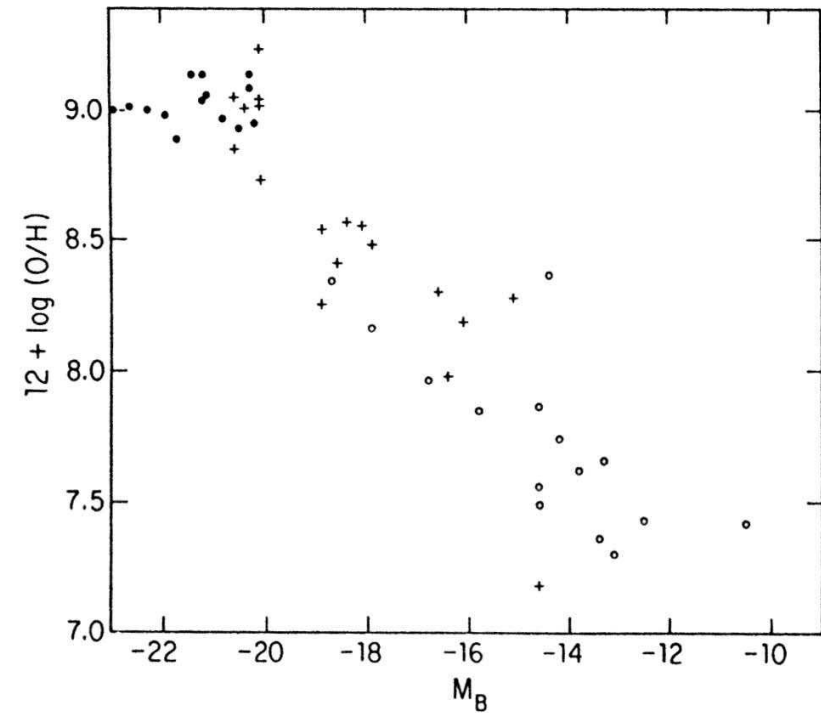
gasrijk
blauwe kleur
lichtzwak en klein

Variatie van eigenschappen Met morfologisch type



Morfologisch type

Abondantie van O als maat voor chemische verrijking van het ISM



Absolute magnitude

Fundamentele Karakteristieken van Sterrenstelsels

	Elliptische Stelsel		Spiraalstelsels			Onregelmatig (I)
	E	Sa	Sb	Sc,Sd	I	
Massa (M_{\odot})	$10^5 \rightarrow 10^{13}$		$10^9 - 4 \times 10^{11}$			$10^8 \rightarrow 3 \times 10^{10}$
Absolute Mag.	-9 \rightarrow -23		-15 \rightarrow -21			-13 \rightarrow -18
Helderheid (L_{\odot})	$3 \times 10^5 \rightarrow 10^{11}$		$10^8 \rightarrow 2 \times 10^{10}$			$10^7 \rightarrow 10^9$
M/L ($M_{\odot}/L_{\odot}=1$)	100		2 \rightarrow 20			1
Diameter (kpc)	1 \rightarrow 200		5 \rightarrow 50			1 \rightarrow 10
Sterpopulatie	II en oude I		armen I; II en oude I			overal I, soms II
Stof	bijna niets		ja			ja
Kleurindex (B-V)	+1.0	+0.9	+0.4 \rightarrow +0.8	+0.4 \rightarrow +0.6	+0.3 \rightarrow +0.4	
M_{HI}/M_T (%)	~ 0	2 +/- 2	5 +/- 2	10 +/- 2	22 +/- 4	
Spectraaltype	K	K	F \rightarrow K	A \rightarrow F	A \rightarrow F	

De lichtverdeling van melkwegstelsels

Elliptische stelsels hebben een *radiële lichtverdeling* (de geprojecteerde lichtverdeling gemiddeld op vaste afstanden van de kern van het stelsel) volgens een z.g. “de Vaucouleurs” wet:

$$\log I(r) = \text{Constante} \times r^{1/4}$$

het licht neemt af als r tot de $1/4^e$ macht met toenemende r

Als we de instensiteit uitdrukken in magnituden ($\sim \log I$) dan wordt dit:

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

Waarbij μ de oppervlaktehelderheid is in magnituden per vierkante boogseconde

μ_e is de oppervlaktehelderheid op straal r_e

r_e is de straal waarbinnen de helft van het licht wordt uitgezonden

De lichtverdeling van melkwegstelsels

Spiraalstelsels hebben een *radiële lichtverdeling* die zich gedraagt als een z.g. “exponentiële schijf”, een als e-macht met toenemende straal afnemende helderheidsverdeling:

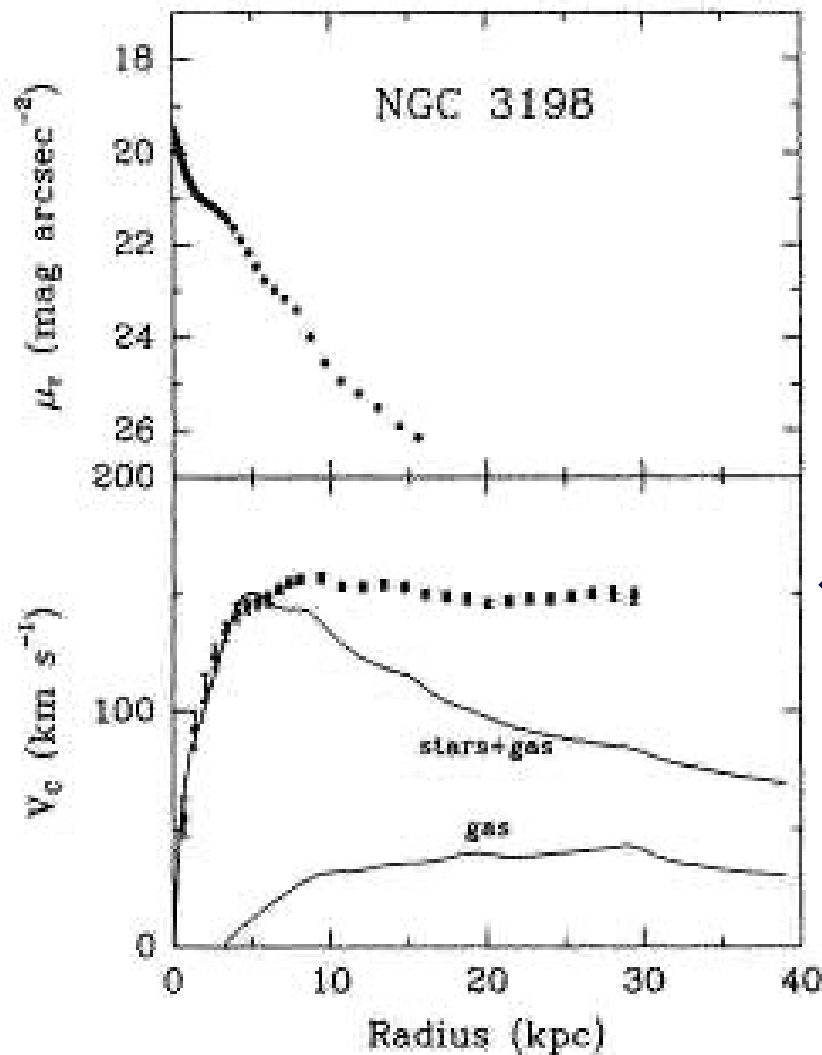
$$\mu(r) = \mu_0 + 1.09 \left(\frac{r}{h} \right)$$

Waarbij de oppervlaktehelderheid $\mu(r)$ in magnituden per vierkante boogseconde wordt uitgedrukt; h is de schaallengte.

geschreven als intensiteit geeft dit de exponentiële schijf: $I(r) = I_0 e^{-r/h}$

Massabepaling:

Spiraalstelsels: aan de hand van de rotatiekromme → massaverdeling
→ donkere materie



← lichtverdeling van de sterren

← gemeten rotatie (via de 21- cm HI lijn)
te hoog → donkere materie

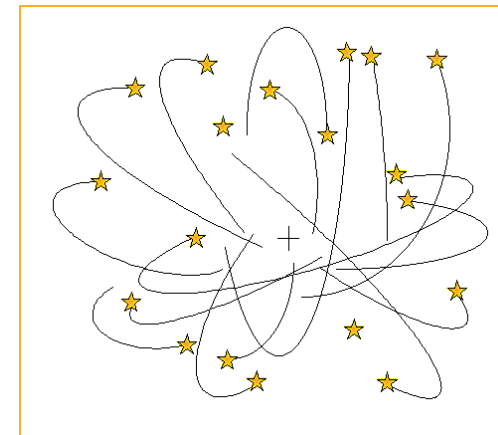
← berekende rotatie voor de massa in
de vorm van gas en sterren

Massabepaling:

Elliptische stelsels: door het meten van snelheidsdispersies → massa

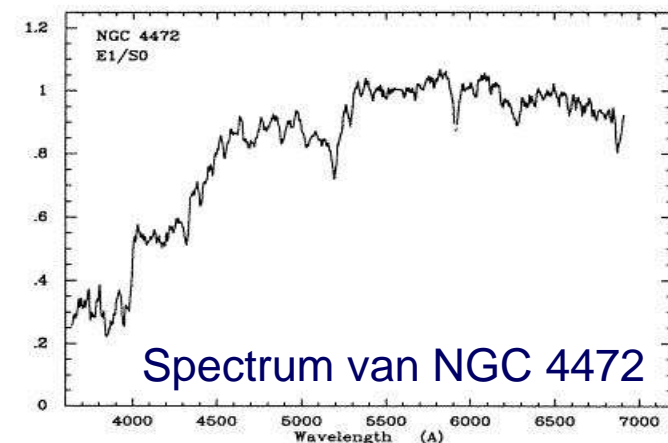
Principe van het viriaaltheorema: $2 E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = 0$

Random orbits geven evenwicht tussen gravitatiekracht en bewegingen van individuele sterren: grotere massa geeft grotere variatie in baansnelheden en dus een grotere spreiding (*dispersie*) in snelheden.



sterbanen in een E stelsel

Snelheidsdispersies zijn te meten uit spectra: geven verbreding van stellaire absorptielijnen.



Viriaal Theorema: $2 E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = 0$

$$E_{\text{kin}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i v_i^2 \quad \text{Voor een bol met } N \text{ sterren met elk massa } m \text{ geldt: } \rightarrow 2E_{\text{kin}} = m \sum_{i=1}^N v_i^2 = \frac{M}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2$$

Als de bewegingen random en isotroop zijn geldt voor de gemiddelde snelheden in de drie coördinaten r , θ en ϕ :

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2 = \langle v^2 \rangle = \langle v_r^2 \rangle + \langle v_\theta^2 \rangle + \langle v_\phi^2 \rangle = 3 \langle v_r^2 \rangle = 3\sigma_r^2$$

Verder geldt voor een bol met constante dichtheid:

$$E_{\text{pot}} = -\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R}$$

Toepassen van het Viriaal Theorema geeft dan:

$$M_{\text{virial}} \approx \frac{5R\sigma_r^2}{G}$$