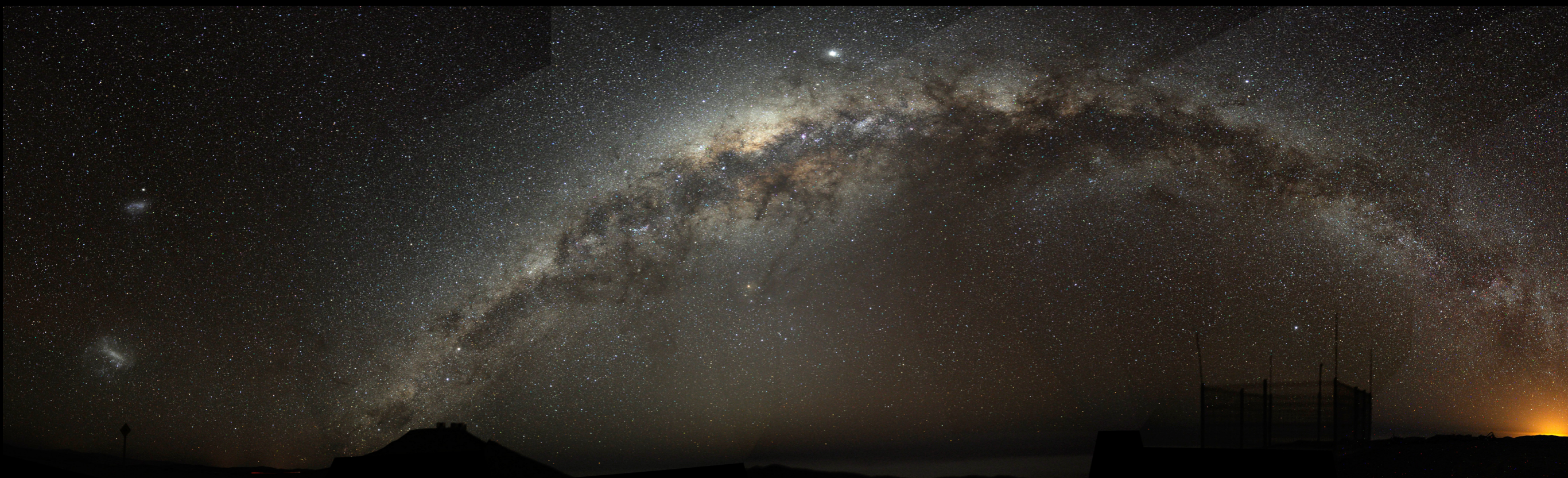


A Tejútrendszer felfedezése: a
sztori és a gömbhalmazok

Bevezetés a csillagászatba IV.



ESO

- Tejútrendszer: galaxis
görög: kiklos galaxias (γαλαξίας)
latin: via lactea

Angol: galaxy, Galaxy
Milky Way

- 1610: Galileo Galilei: távcsővel csillagokra bontotta a Tejút fényes sávját
- 1750: Thomas Wright (filozófus), “An Original Theory or New Hypothesis of the Universe”

AN
ORIGINAL THEORY
OR
NEW HYPOTHESIS
OF THE
UNIVERSE,

Founded upon the
LAWS of NATURE,
AND SOLVING BY
MATHEMATICAL PRINCIPLES

THE
General PHÆNOMENA of the VISIBLE CREATION;

AND PARTICULARLY

The VIA LACTEA.

Compris'd in Nine Familiar LETTERS from the AUTHOR to his FRIEND.
And Illustrated with upwards of Thirty Graven and Mezzotinto Plates,
By the Best MASTERS.

By **THOMAS WRIGHT,** of DURHAM.

*One Sun by Day, by Night ten Thousand shine,
And light us deep into the DEITY.*

Dr. YOUNG.

LONDON:

Printed for the AUTHOR, and sold by H. CHAPPELLE, in Grosvenor-Street.

MDCCL.

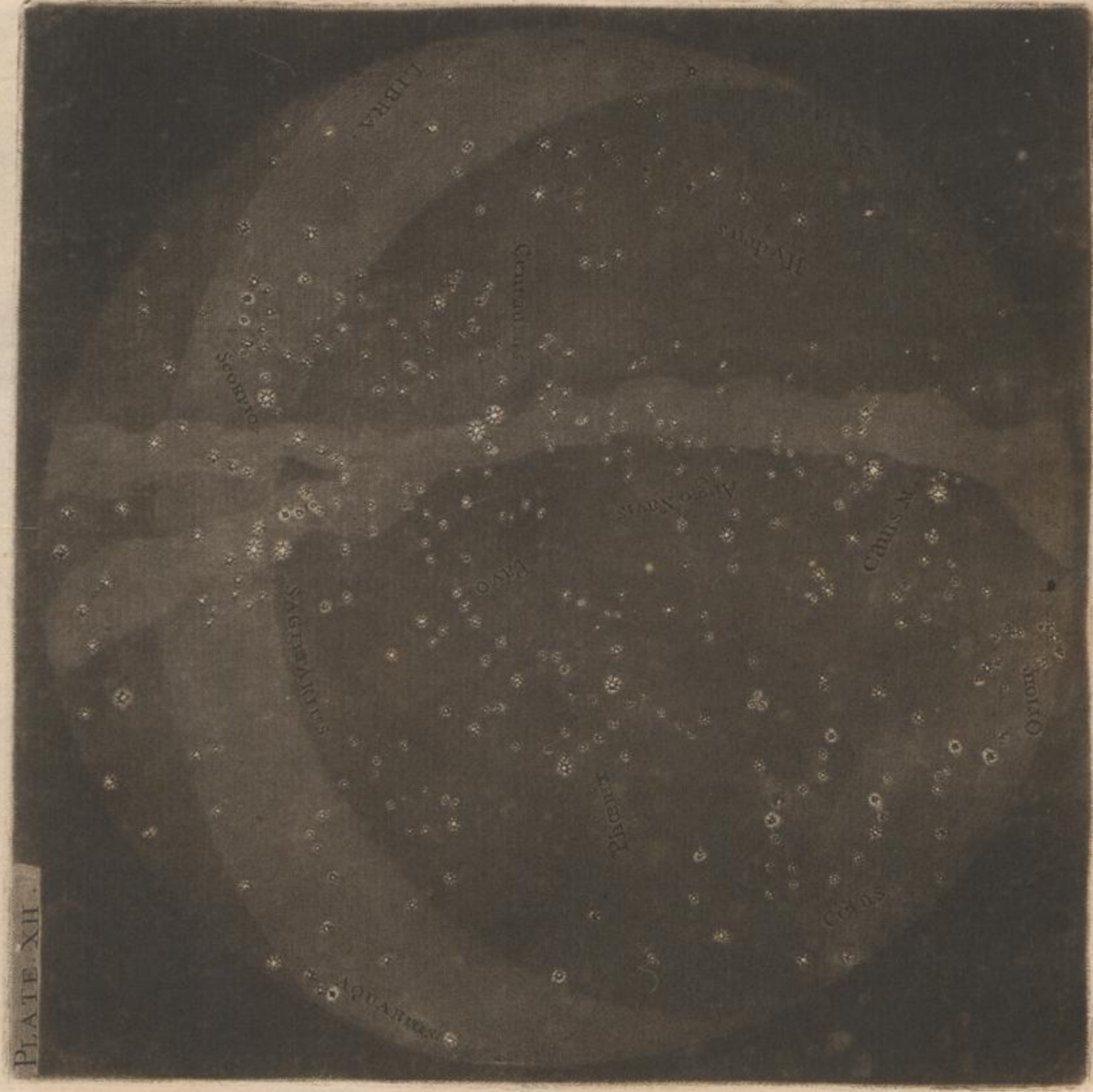
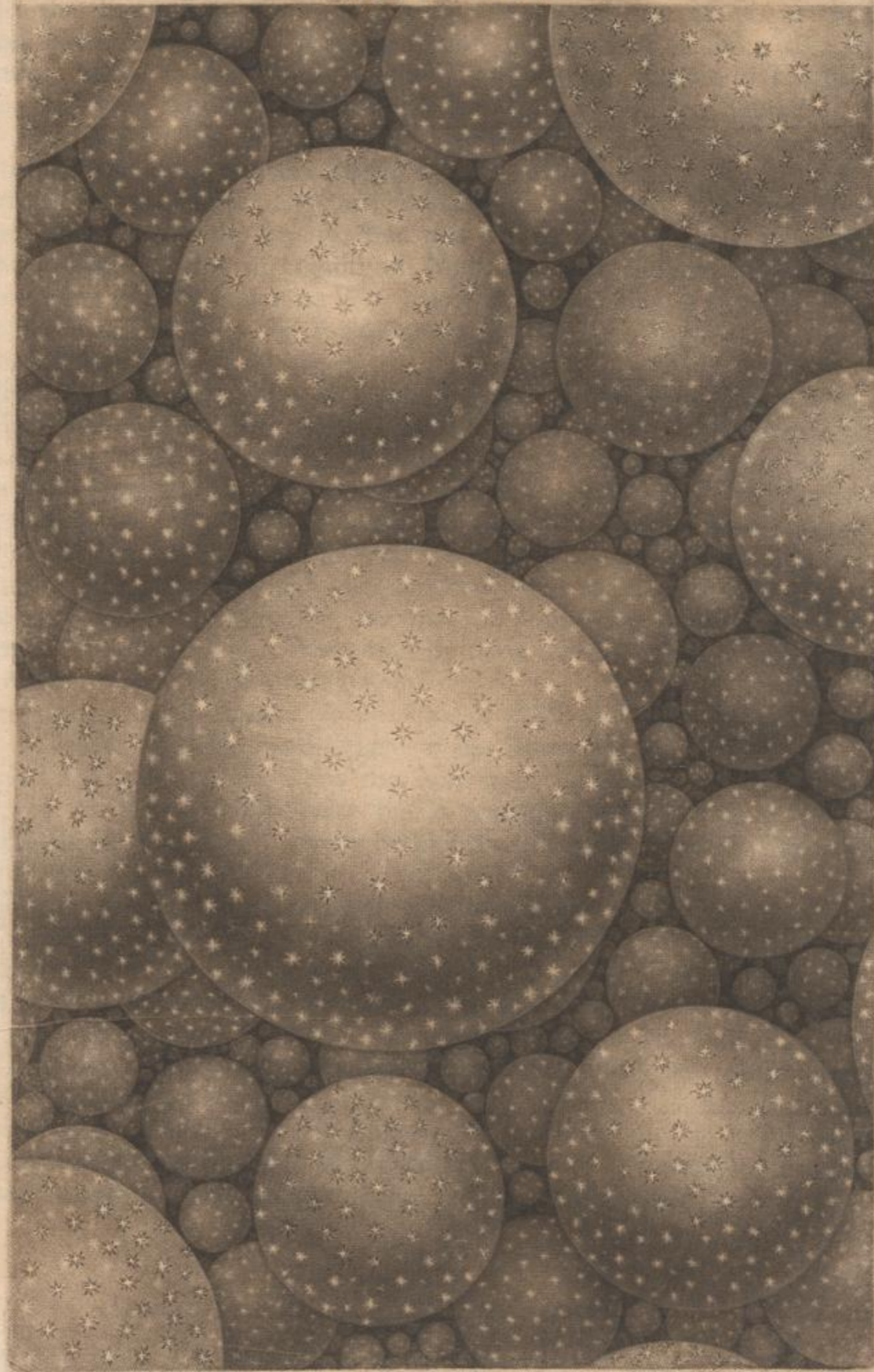


PLATE. XII.

PLATE. XXXI.



- Immanuel Kant (1755, “Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels”): a csillagok nem egyenletes töltik ki a teret, hanem egy lapos korong alakját veszi fel az eloszlásuk.

De mekkora a rendszer? Probléma: **benne vagyunk.**

- William Herschel (Uránusz, IR sugárzás, kettőscsillagok, halvány ködök): csillagszámlálás.

- Herschel 3 feltevése:
 1. a csillagok térbeli sűrűsége állandó
 2. a csillagok abszolút fényessége állandó
 3. távcsöveivel ellát a rendszer széléig
- 1784-1785: 683+400 mező (negyed telihold), csillagok száma és fényessége

Tfh. $D(r, t)$ a csillagok tértelési sűrűsége, tfh. állandó.

r - távolság az ércsüléktől

l, b : galaktikus szélesség és hosszúság

Halmazsűrűség Ω sferadicián egyenletet (itt a térfogat ; $1 \text{ ar} = 3283 \text{ nepesett}$)



$$A = \Omega r^2$$

$$dV = \Omega r^2 dr \text{ kétfajta } r, r+dr \text{ távolság között}$$

$$n(r) = D dV = \Omega D r^2 dr \text{ csillagmennyiség}$$

$N(r)$: az összes csillag száma r távolságig.

$$N(r) = \int_0^r n(r) dr = \Omega D \int_0^r r^2 dr = \frac{1}{3} \Omega D r^3$$

Herschel er talens' frekvensfordelning på talens' størrelser:

$$\left[d = 10^{(m-M+5)/5} \right]$$

$$r = 10^{0.2m + \xi} \quad \xi = \text{konst. (M = g'ld)}$$

betragt en interval, med logaritmalter:

$$\log N(m) = 0.6m + K$$

altså $K = \text{konst (M, D, } \sigma) \text{ - del f'j}$

⇓

$m, m+1$ magnituder betragtes $10^{0.6} = 3.98$ - nær 40% antallet væk.

Al. 2 magnituder antallet Herschel beregner 3.4 nær 40% væk, hvilket 1 magnitud

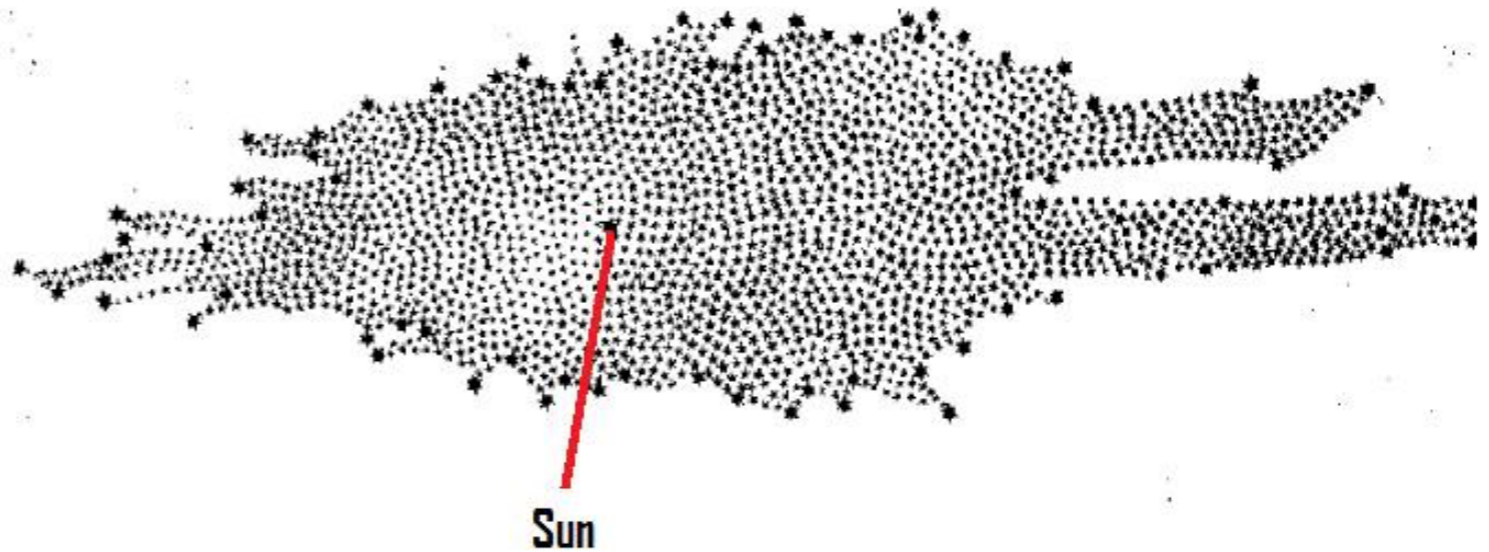
antallet

Készel meg az éjszakai felhőket (600 x vs. 1 x)

Szinte is olyan elmosódott a világ, mint a Tejút minden részén keresztül, a Nap valahol az elmosódott közepén lehet.

Készel meg a Tejút hosszúságát azáltal, hogy a távolság 800-éves, a vastagság pedig kb. 150-éves szélesség.

Ez a pálya nem hirtelen, de vette Newton Sirius-kezelését.



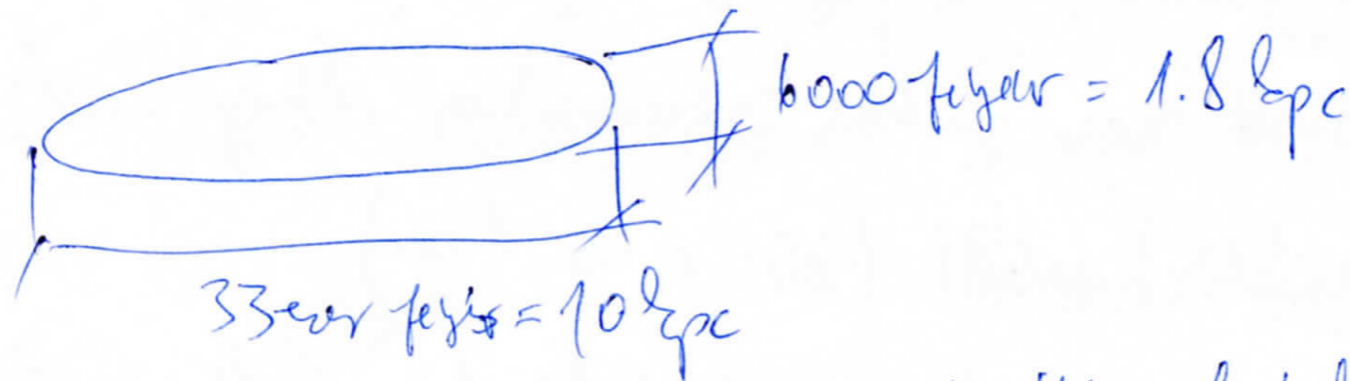
- Hugo von Seeliger (1849-1924)
Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922)

Sztellárstatisztika igazi kidolgozása a Bonner
Durchmusterung (BD) alapján

457.848 db csillag pozíció és fényesség (F.W.
Argelander kezdeményezésére)

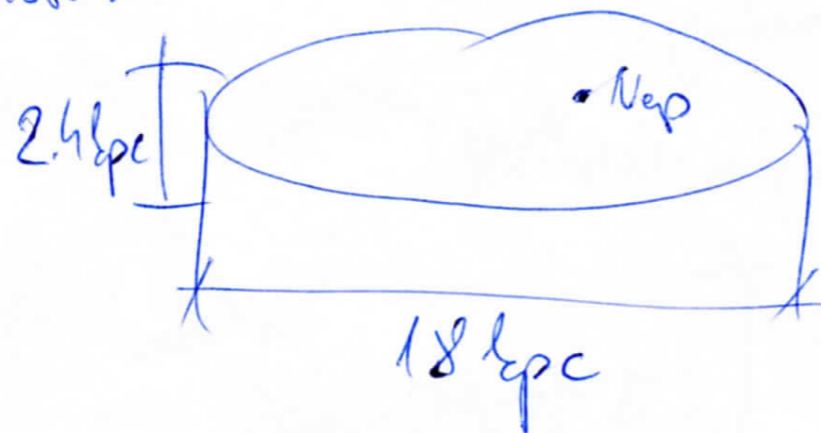
Seeliger funktion: nem a cutlyg absolute fýsage allandi, hvern er
 absolute fýsage allandi minna teygattan.

→ a cutlyg $\phi(M)$ luminanta fýsage leustans. Er þetta jafn og
 Seeliger modell (1920) Er þetta jafn og
 fýsage leustans er
 marga $D(r, l, b)$
 fýsage.



Seeliger reuett naturolur, nemet fýsage allandi \Rightarrow leustans er
 Jacobus Kapteyn 2'ntan 1920-tan allt er a modeljafn:

Kapteyn-universum



Er heldur að þetta sé rétt, þess Kapteyn reuett er rétt an eysu vilgumindar.

Peridur-vezsegy reláció:

Hannetta Swan leant (1907): Kés Magellan-felkés ceferdit vezsegy
fotóvezsegy.

16 cefide vezsegy = Latus vezsegy leantit = vezsegy.
Modem vezsegy

$$\langle M_v \rangle = a + b \log P$$

1912: P-L reláció publikáció, 25 cefide SMC-ku.

Mick is leant a reláció?

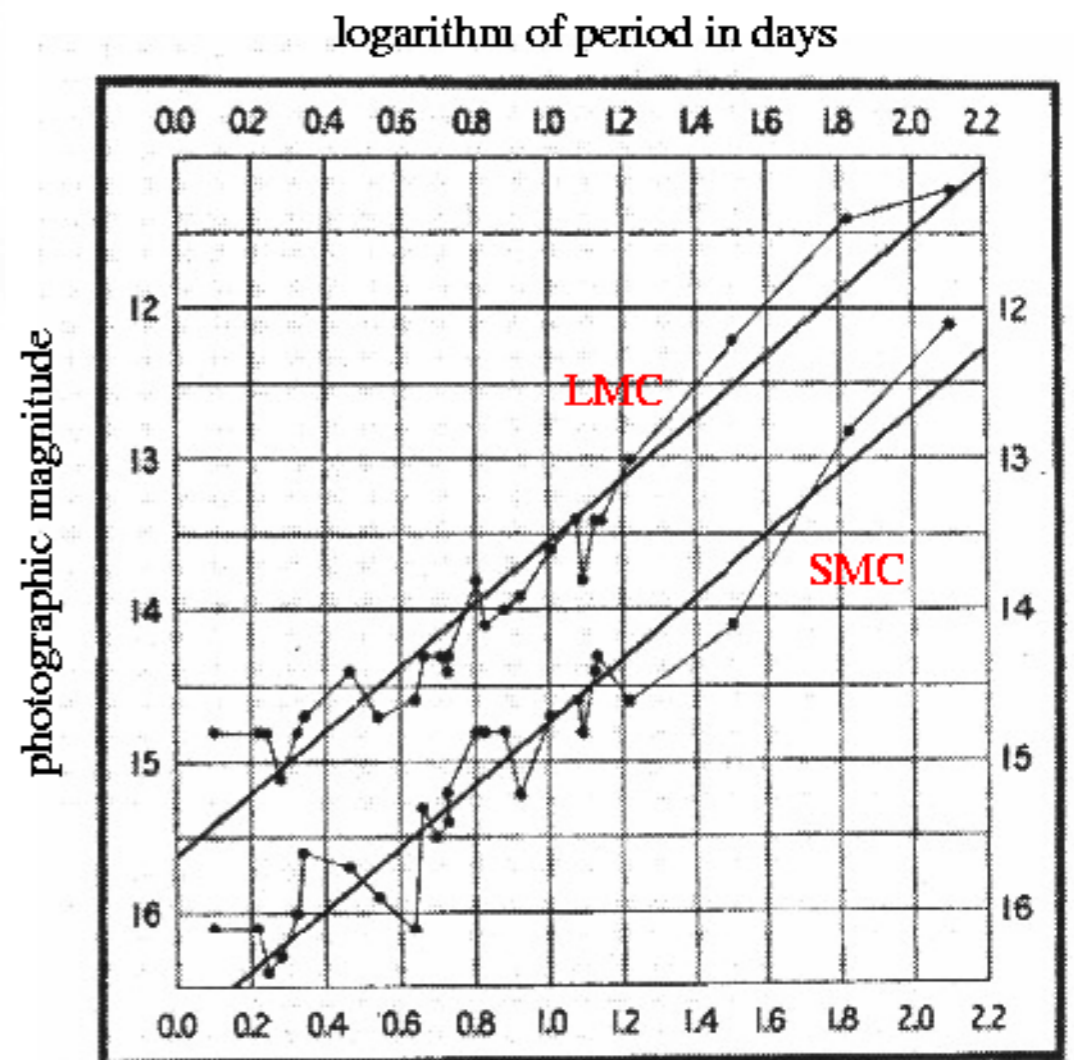


FIG. 2.

Miért is létezik a relatív?

Matematikai inga: $P = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

Ha a relatív időt tekintjük a függőleges irányban: ha az inga a víz felületén mozog, akkor a vízszintes irányban a gravitáció.

$$\left. \begin{array}{l} l \rightarrow R \\ g \rightarrow GM/R^2 \end{array} \right\} \rightarrow P = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

Átlagos sűrűség: $\bar{\rho} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3M}{4\pi R^3}$

Ábránd: $P\sqrt{\bar{\rho}} = Q = \text{állandó}$ pulzálás egyenlet
 Q : pulzálás állandósága a függőleges irányban.

periódus-állandó relatív: az inga hossza állandó.

$$P \sim R^{1.5}$$

$$L = 4\pi R^2 G T^3$$

$$\rightarrow L \sim R^2 \left. \vphantom{L} \right\} P \sim L^\alpha$$

instabilitás: $T \sim \text{állandó}$ ef.

$$P \sim \log L \sim \log P$$

Elsőként volt felismerve valamilyen egyszerűen megnevezhető paraméterrel a pulzálás (szűk) abszolút-férfajlagosság-egyenlettel!

Hertzsprung (1912): statisztikus parallaxisokkal kalibrálta a zónaspektrót.
($P = 6.6 \text{ mag} \rightarrow M_v = -2.3$), 13 csillag alapján. Pontatlan kalibráció.

Harlow Shapley (1885-1972)

(Uni. of Missouri, archeológus + astronom)

Ápródiakulcsa a PL-változókat, majd egyből a galaktika is a Tejútrendszer belső részére.

Kulcsoktípusok: gömbgalaktika

- Shapley (1917): 69 gömbhalmaz (GH) távolságainak publikálása
 1. omega Cen, M3, M5: cefeidákat tartalmaznak, **PL-reláció**
 2. A három GH alapján kalibrálta bennünk az **RR Lyrae** csillagok abszolút fényességét (kb. konstans). +4 GH távolsága
 3. A 7 GH-ból a **30 legfényesebb csillag** átlagos abszolút fényessége (-5 előtt). +21 GH távolsága
 4. A 28 GH-ból tényleges átmérő, majd ezt **standard méterrúdként** használta. +41 GH távolsága

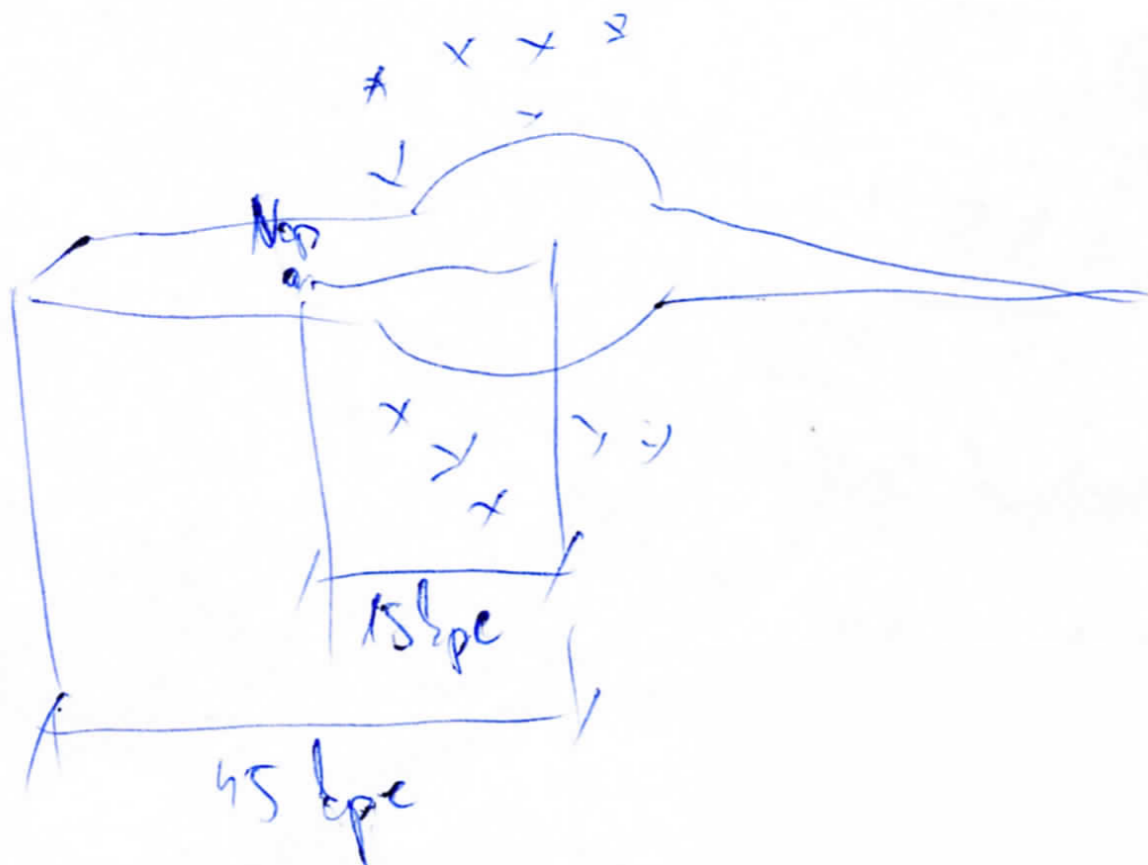
Shapley (1917): 69 FH talajszelvény publikálva.

Tízben 15 kope-re van (50000 fejt) → ugyanannyi, mint a Kopton-vidék
vidéke.

Shapley postolta, hogy FH-é géométriájában ez az a Tízben
magga szél. Mivel a FH-é 40%-a az egész 3%-át éteri gőzök
szél, ez azért van, mert megszűnt látni őket →

a Nap és a Tr.
széppontja!

Shapley nevint (1920)



- Robert Trümpler (1930): a csillagközi térben jelentős fényelnyelés van

80 nyílthalmazra távolságok meghatározása két módszerrel

1. standard méterrúd: a nyílthalmazok mérete közel azonos

2. fősorozatillesztés

1929-ig: 80 nyílt csillag kétszázalékos megfigyelése.

A két csillag közötti közepes távolság elterjedt feladatok.

Pl. M33 + M103

M33: 400' átmérő } $\rightarrow \frac{400}{7} = 57$ -szer messzebb
M103: 7' átmérő

M33: 46 pc \rightarrow M103 2.6 kpc

Észlelési távolság: M103 észlelési távolság 10.5 magnitúdóval halványabb.

$10^{10.5/5} \approx 125$ kétszázalékos \rightarrow M103 5.75 kpc

A észlelési távolság minimális megfigyelés kétszázalékos adatok.

Magdalen: a collection of stars following the same. Tripler count. 0.7 mag/1 pc

11. $2.6 \text{ pc} \rightarrow 0.7 \times 2.6 = 1.8 \text{ mag}$

$10.5 - 1.8 = 8.7 \text{ mag}$ $10^{8.7/5} = \underline{\underline{55}}$

$d(\text{pc}) = 10^{(m-M+5-A_\lambda)/5}$ *conversion table*

(analysis: $m-M = -5 + 5 \log d + A_\lambda$)

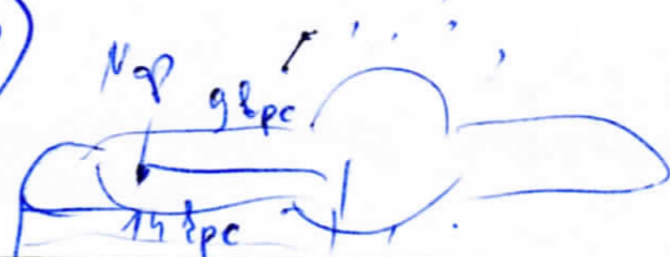
A_λ : m vs M nullambrosia

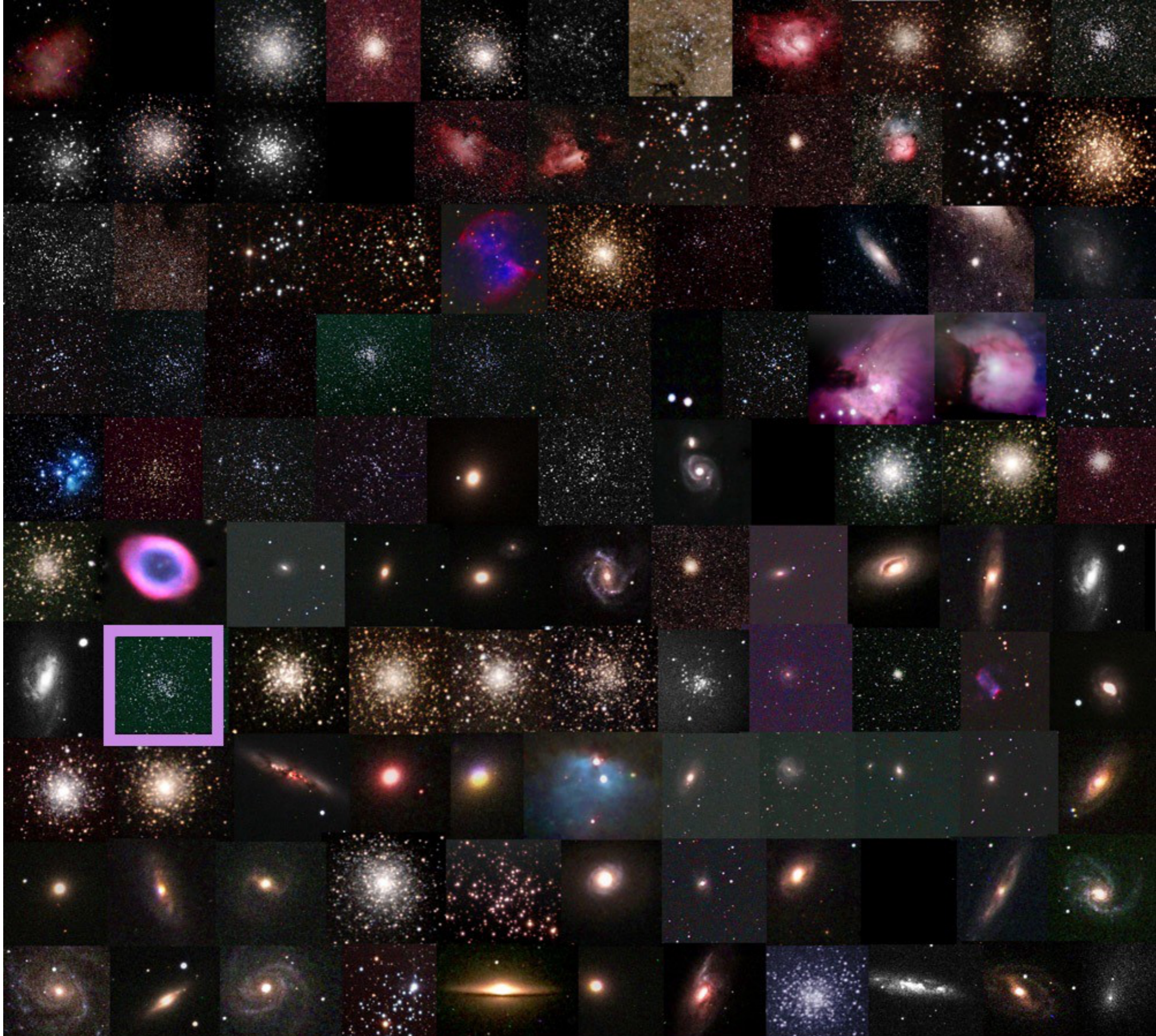
↓ extinction

$E(B-V) = B-V - (B-V)_0$

↑ reddening (relative extinction) factor: $\frac{A_V}{E(B-V)} \approx \text{all} \approx 3.$

hundred figures were per Stollens (1933)





Nyílthalmazok: fiatal, (10^6 - 10^9 év), gyengén kötött csoportosulások, jellemzően több száz halmaztaggal. Fémgazdag populáció, egyedi csillagok széles tömegtartományban.



© Éder Iván 2006



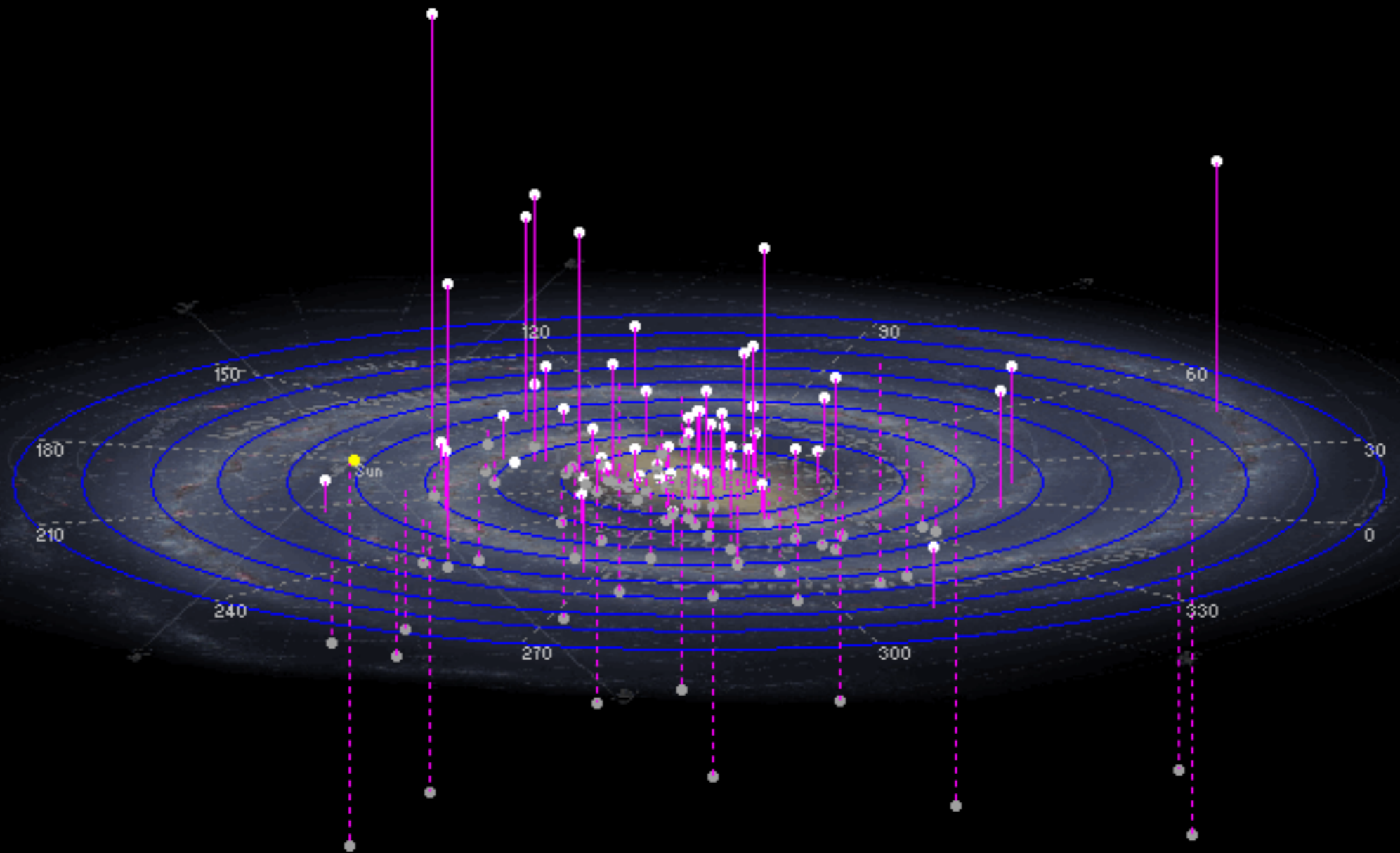
© A*P*O Székely - Éder 2008

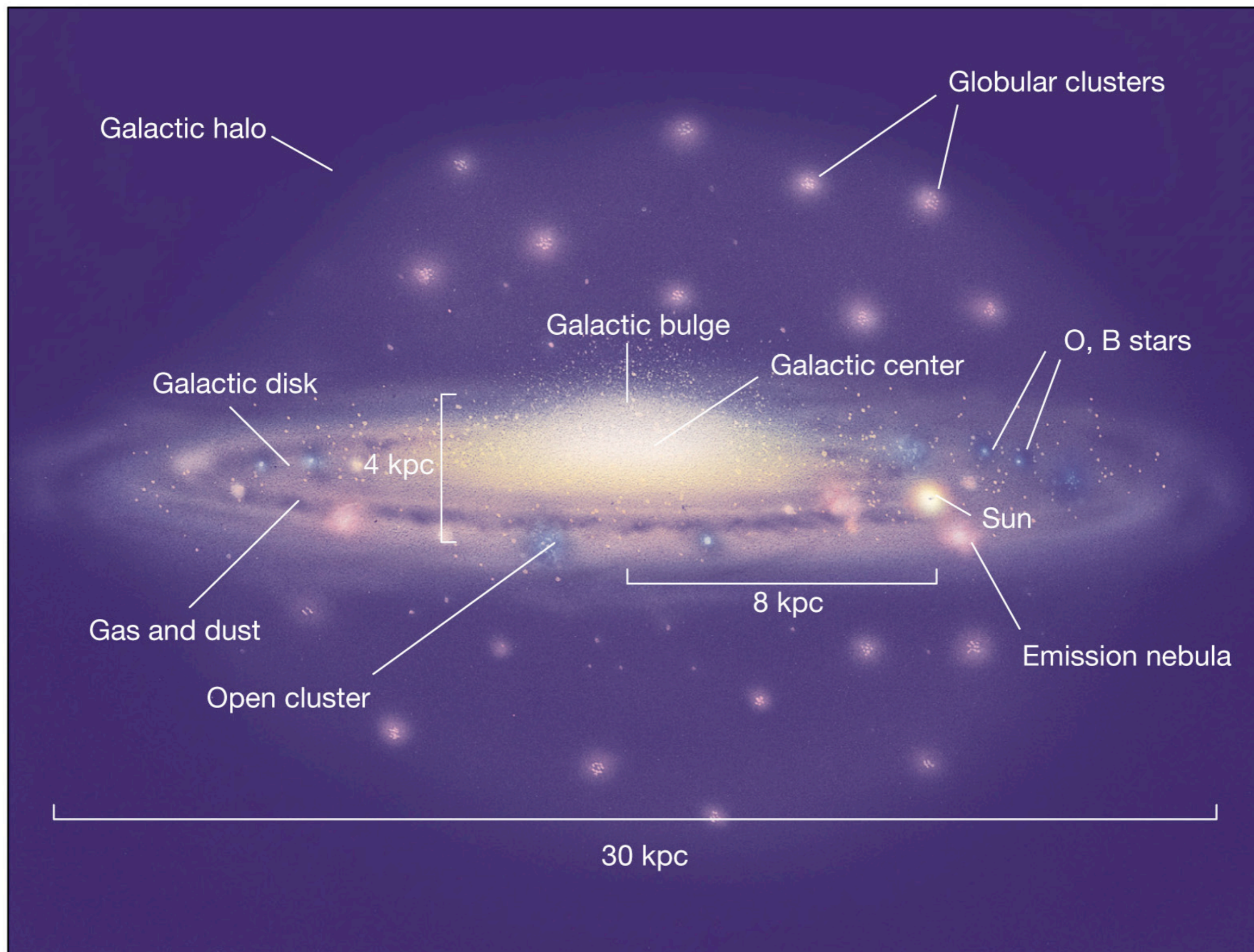
Gömbhalmazok: a Tejútrendszer legidősebb építőkövei (10^{10} év), akár 1 millió halmaztaggal. Fémszegény populáció, a galaktikus fejlődés kistömegű túlélői, sok csillagfejlődési végállapot (fehér törpék, neutroncsillagok, fekete lyukak?).

The 119 globular clusters within 50,000 LY of the galactic centre

Galactic centric (galactic longitude and latitude)

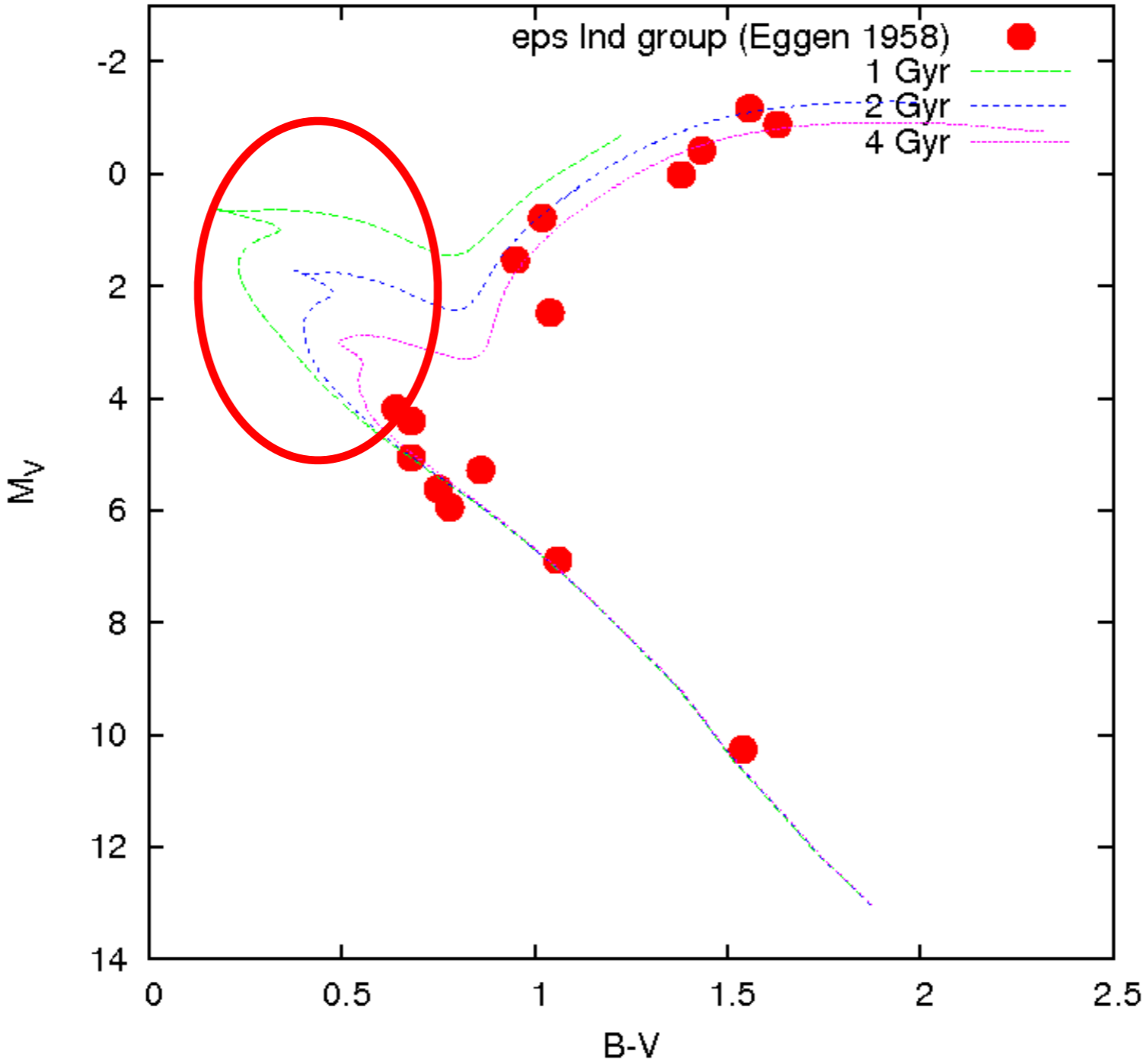
5,000 LY



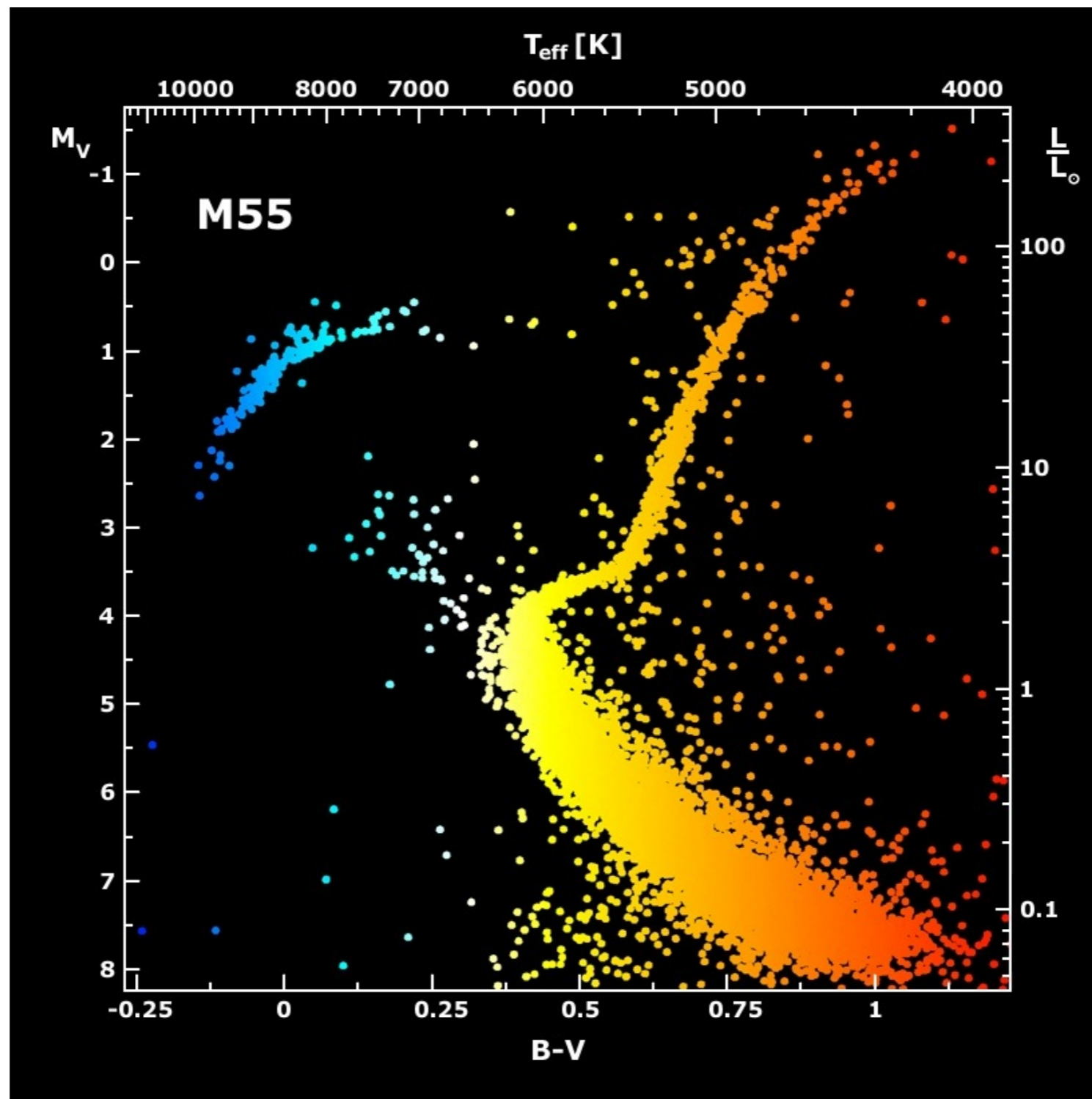


(Penn State Uni.)

Csillaghalmazok kronometriája: a szín-fényesség-diagram



Csillaghalmazok kronometriája: a szín-fényesség-diagram



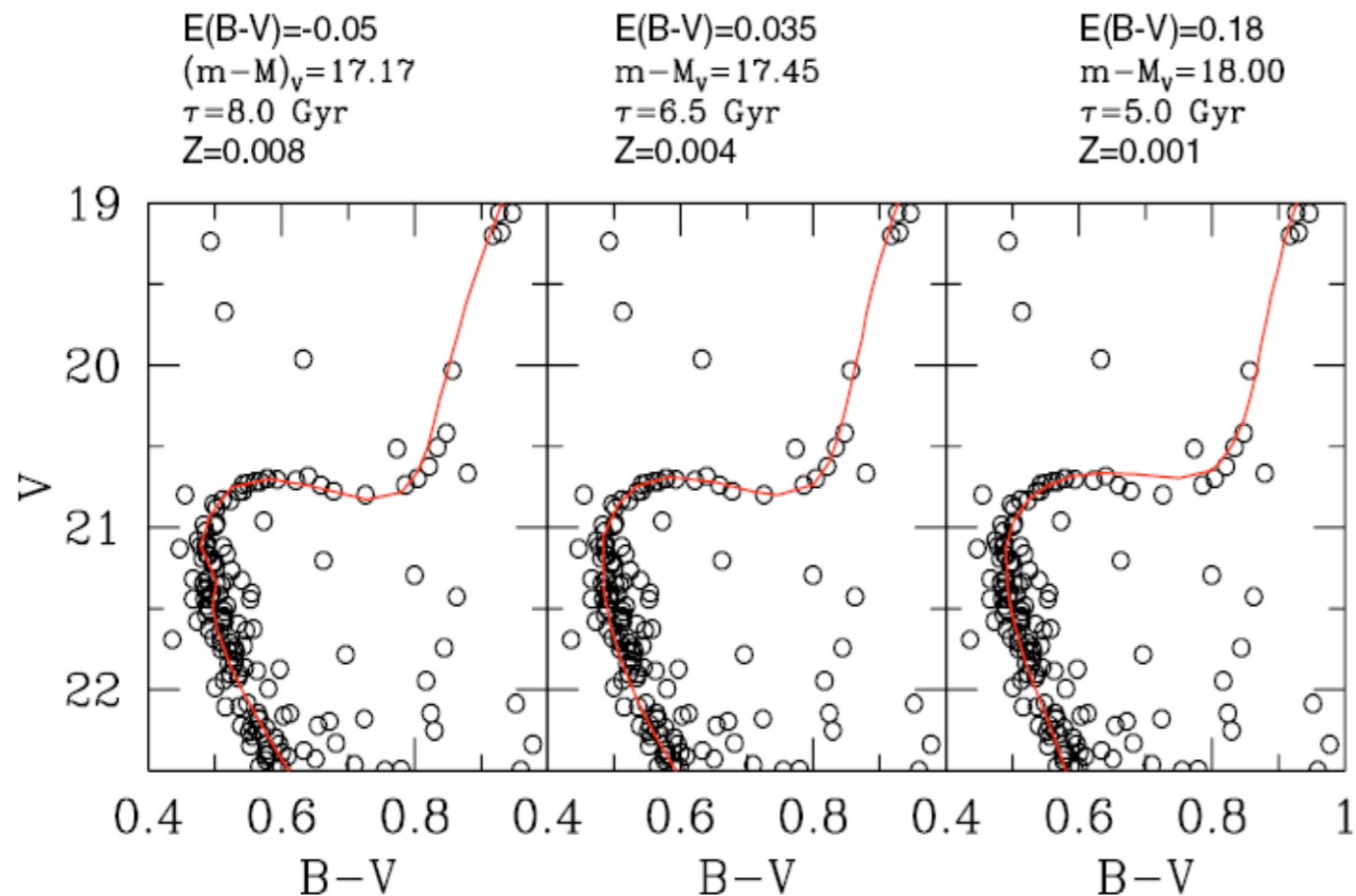
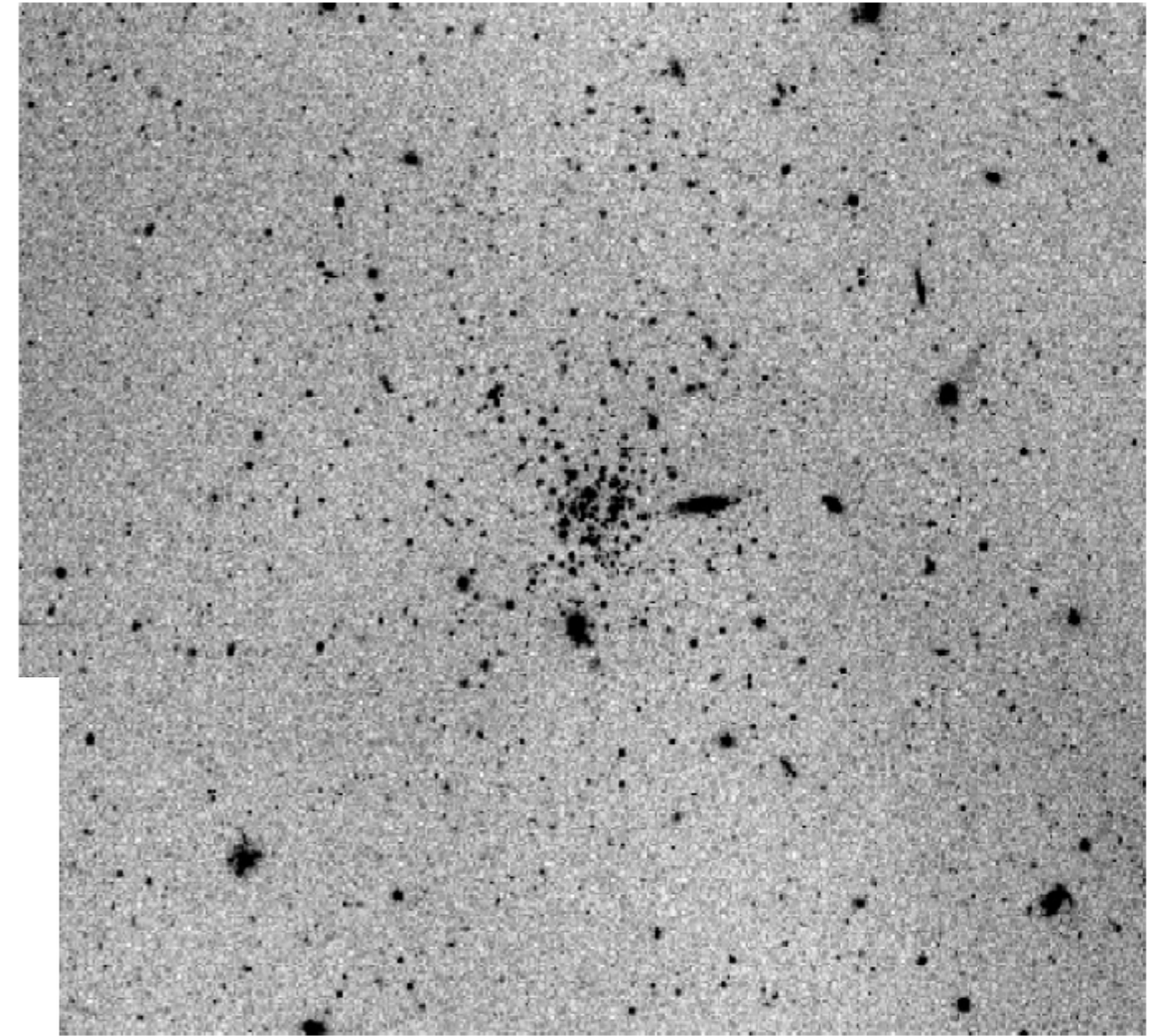
(B.J. Mochejska et al.)

A gömbhalmazok “általános tulajdonságai”:

- nagyon idős csillaghalmazok ($t > 10$ Gév);
- a galaktikus dudorban és a halóban találhatóak (kb. összesen ~ 150);
- a halmaztagok kora és kémiai összetétele megegyezik...
- ...dinamikai állapotuk pedig beállt nyugalmi helyzetbe réges rég;
- a csillagfejlődési elméletek kitűnő asztrofizikai laboratóriumai

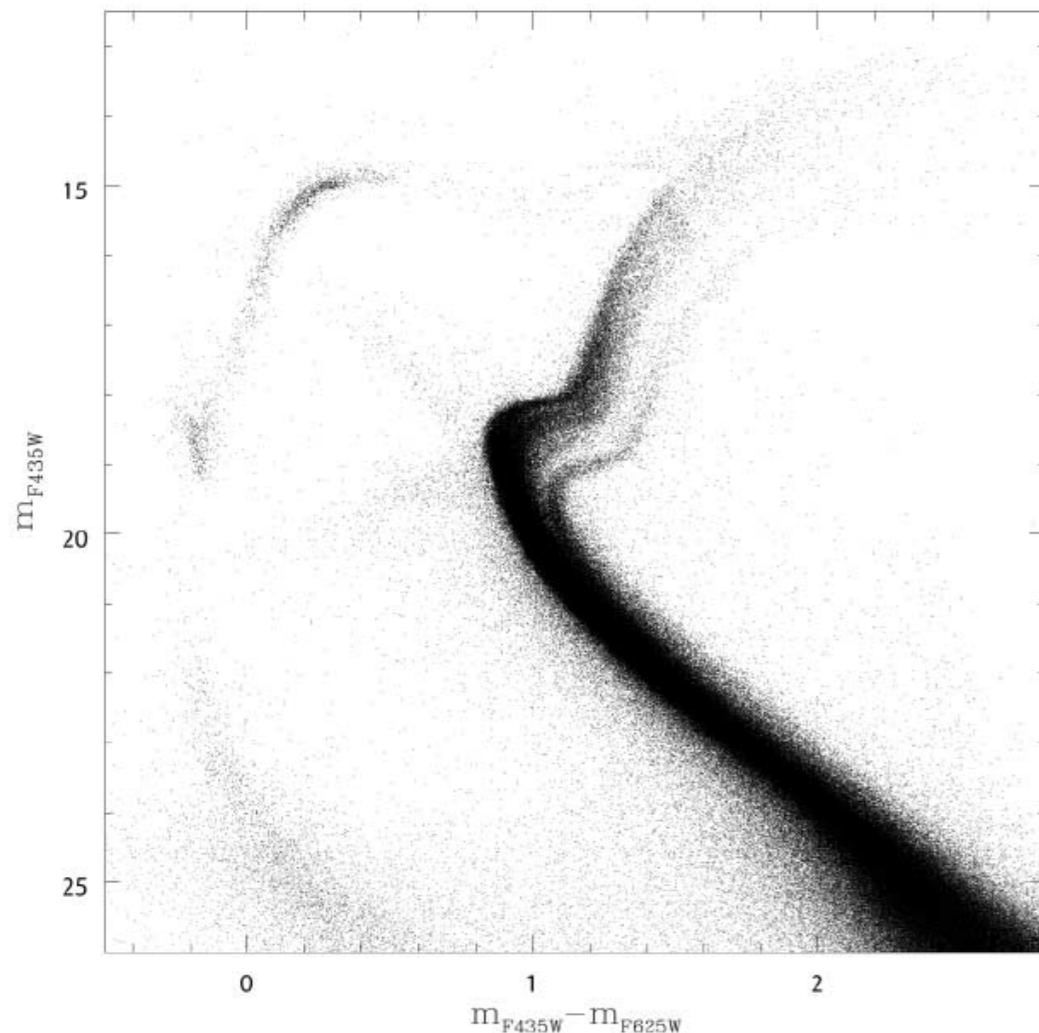
Léteznek “fiatal” gömbhalmazok

Pl. Whiting I a Sgr dSph-ban: $t \sim 6,5$ Gév
(Carraro et al. 2007, A&A, 466, 181)
Segue 3 a galaktikus halóban: $t \sim 3,2$ Gév
(Ortolani et al. 2013, MNRAS, 433, 1966)



Többszörös populációk gömbhalmazokban

omega Cen: régóta ismert többszörösség
pl. Norris et al. (1996), ApJ, 462, 241
Lee et al. (1999), Nature, 402, 55
Pancino et al. (2003), MNRAS, 345, 683



HST fotometria >1 millió csillagra
(Villanova et al. 2007, ApJ, 663, 296)

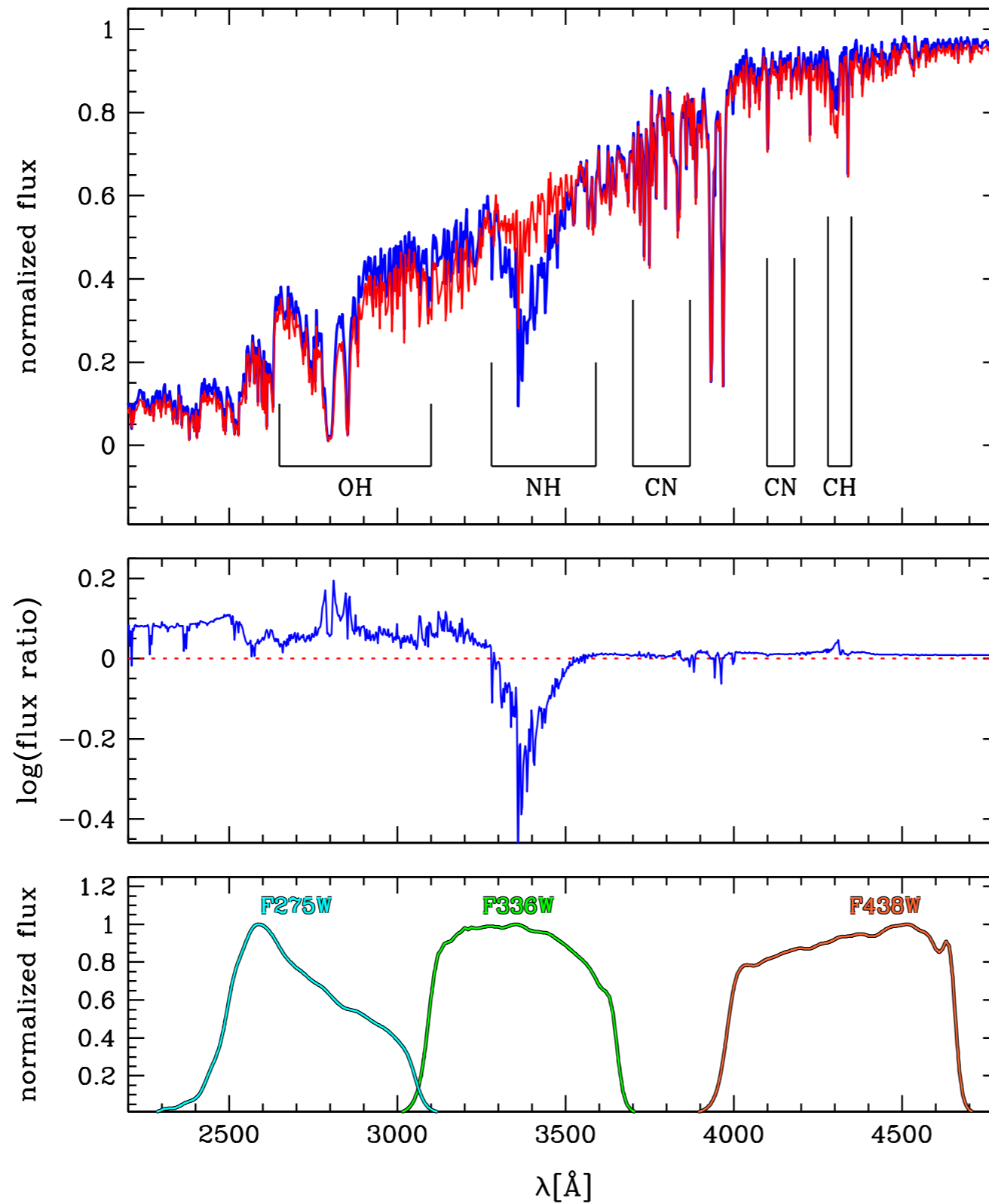


Figure 1. Upper panel: in red the simulated spectrum of a star of the first stellar generation (N-poor) RGBa in NGC 6752; in blue the simulated spectrum of a third generation, N-rich, RGBc star (Milone et al. 2010). Middle panel: flux ratio of the two spectra reproduced in the upper panel. Lower panel: bandpasses of WFC3/UVIS with F275W, F336W, and F438W.

(Piotto et al. 2015)

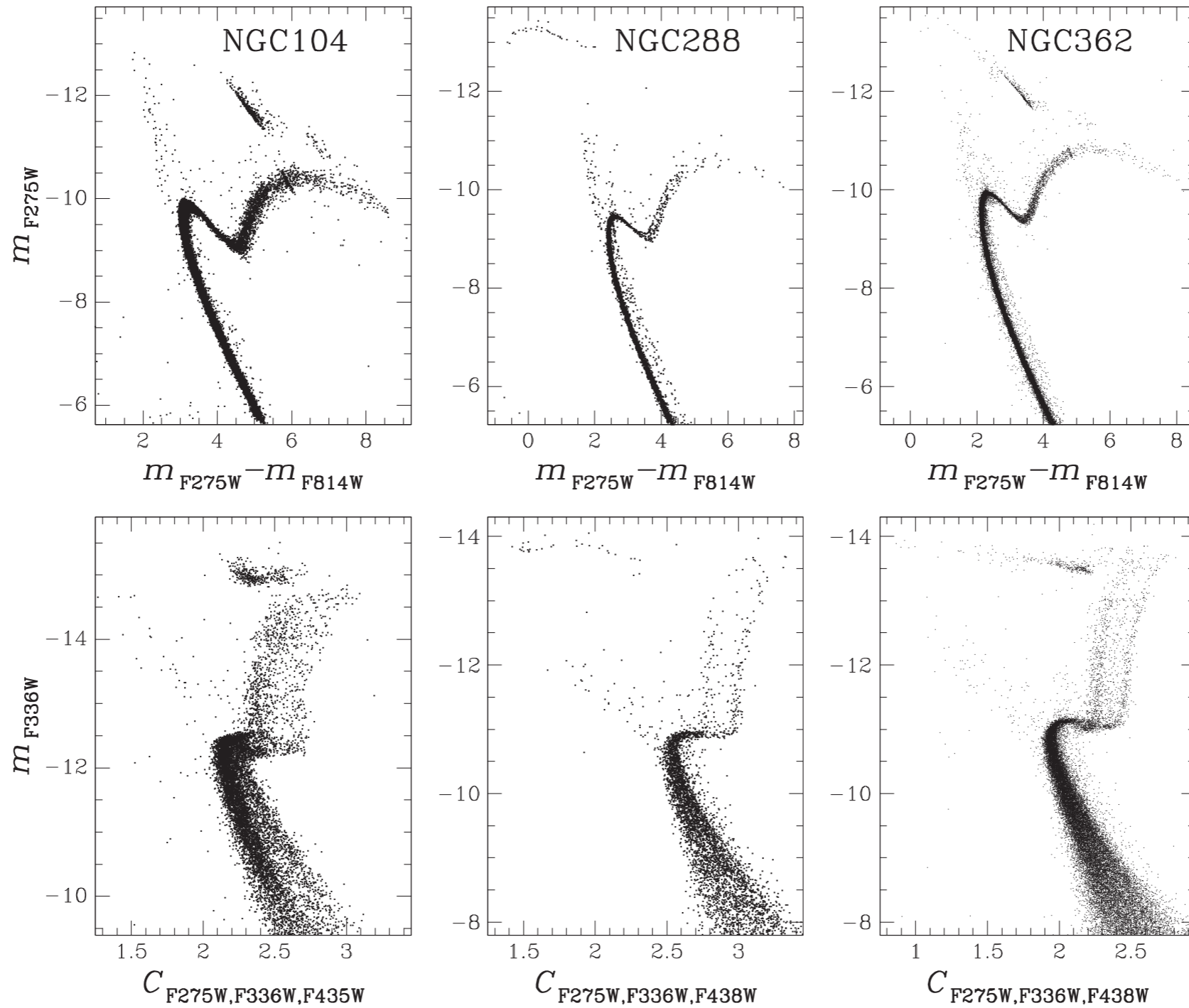


Figure 4. Upper panel: m_{F275W} vs. $m_{F275W} - m_{F814W}$ CMDs of NGC 104, NGC 288, and NGC 362. Lower panel: m_{F336W} vs. $C_{F275W,F336W,F438W}$ index for the same clusters as the upper panel. Magnitudes and colors are in the instrumental system described in the text.

(Piotto et al. 2015)

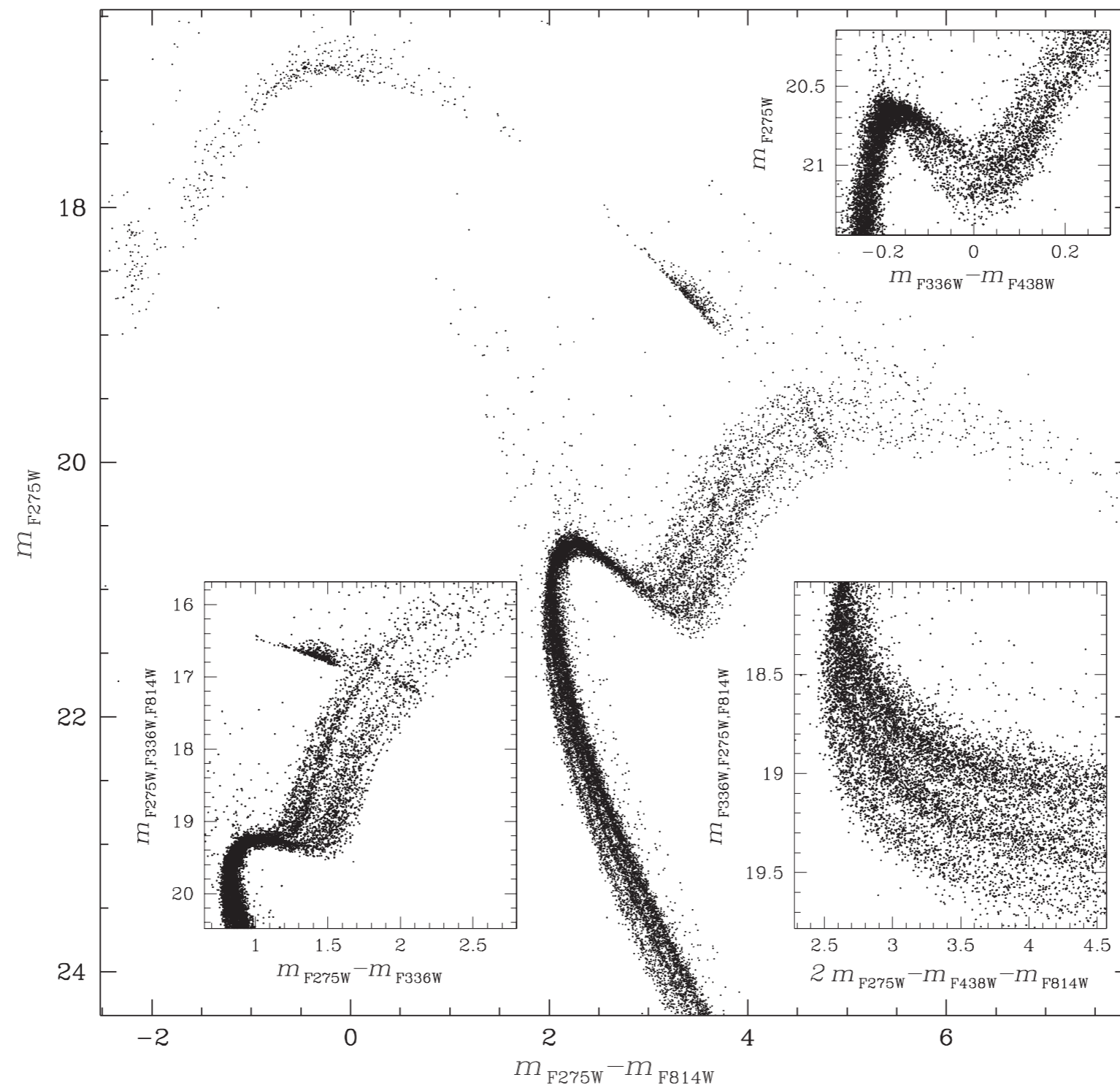
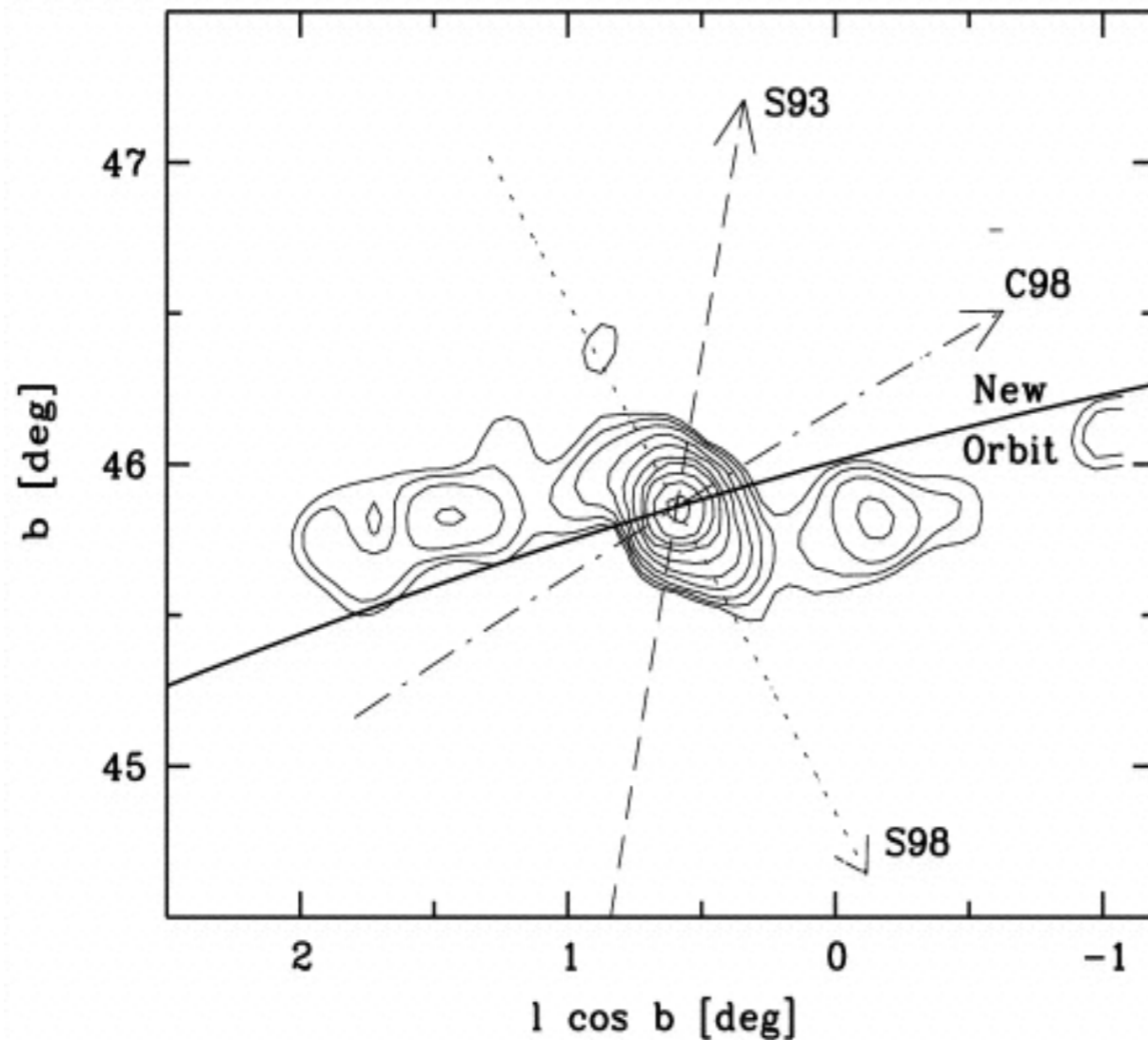


Figure 1. m_{F275W} vs. $m_{F275W} - m_{F814W}$ CMD of NGC 2808. The $m_{F275W, F336W, F814W}$ against $m_{F275W} - m_{F336W}$ (bottom-left inset), $m_{F336W, F275W, F814W}$ against $2 m_{F275W} - m_{F438W} - m_{F814W}$ (bottom-right inset), and m_{F275W} vs. $m_{F336W} - m_{F438W}$ (upper-right inset) diagrams highlight multiple sequences along the RGB, the MS, and the SGB, respectively.

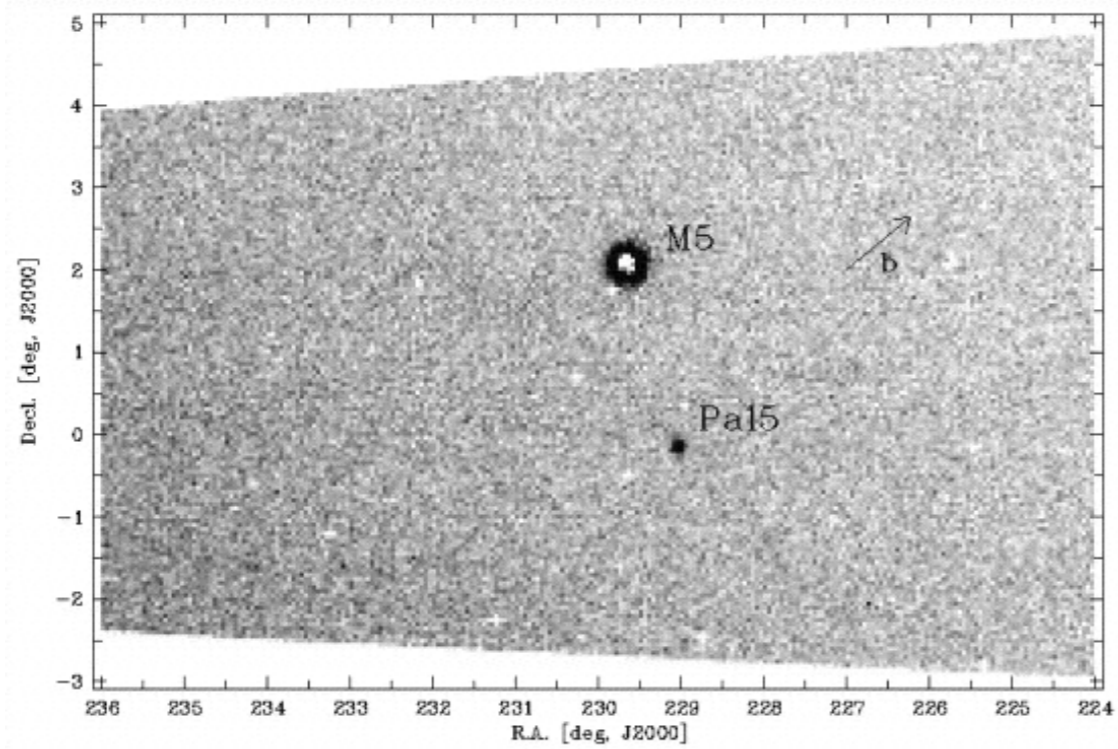
(Milone et al. 2015)

Léteznek gömbhalmazok jelenleg is zajló dinamikai bomlással (“árapály-párologás”)

Legjobb példák: Palomar 5, NGC 5466

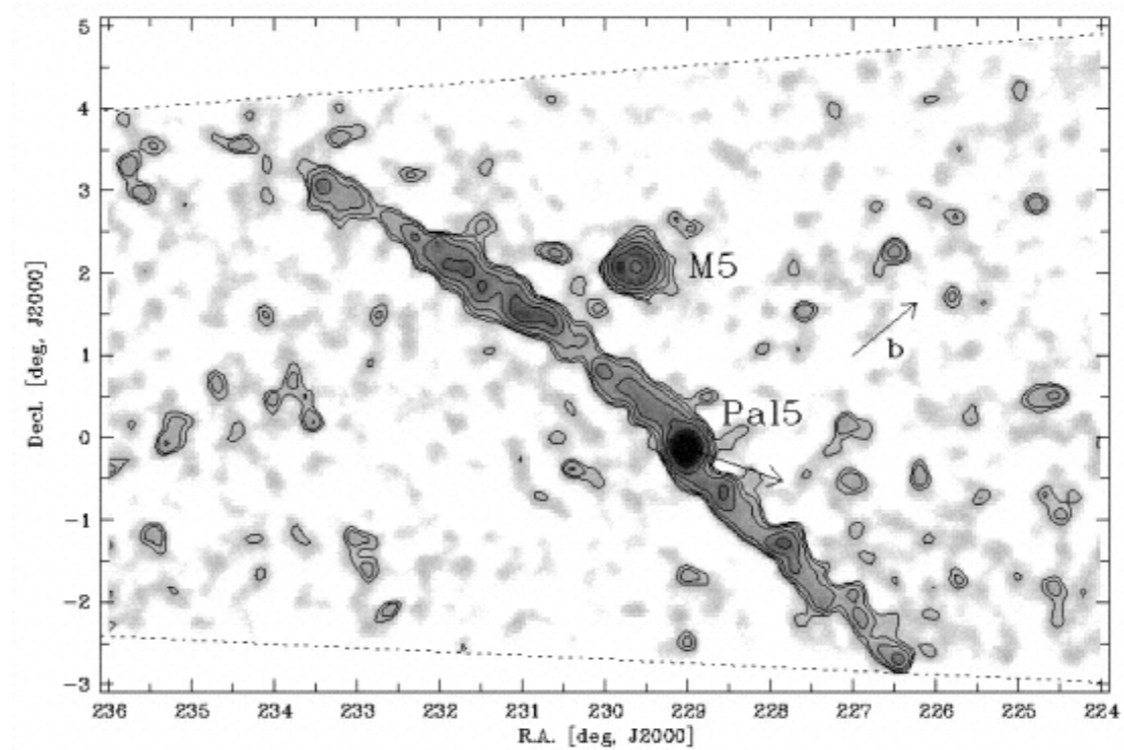


Odenkirchen et al. (2001)

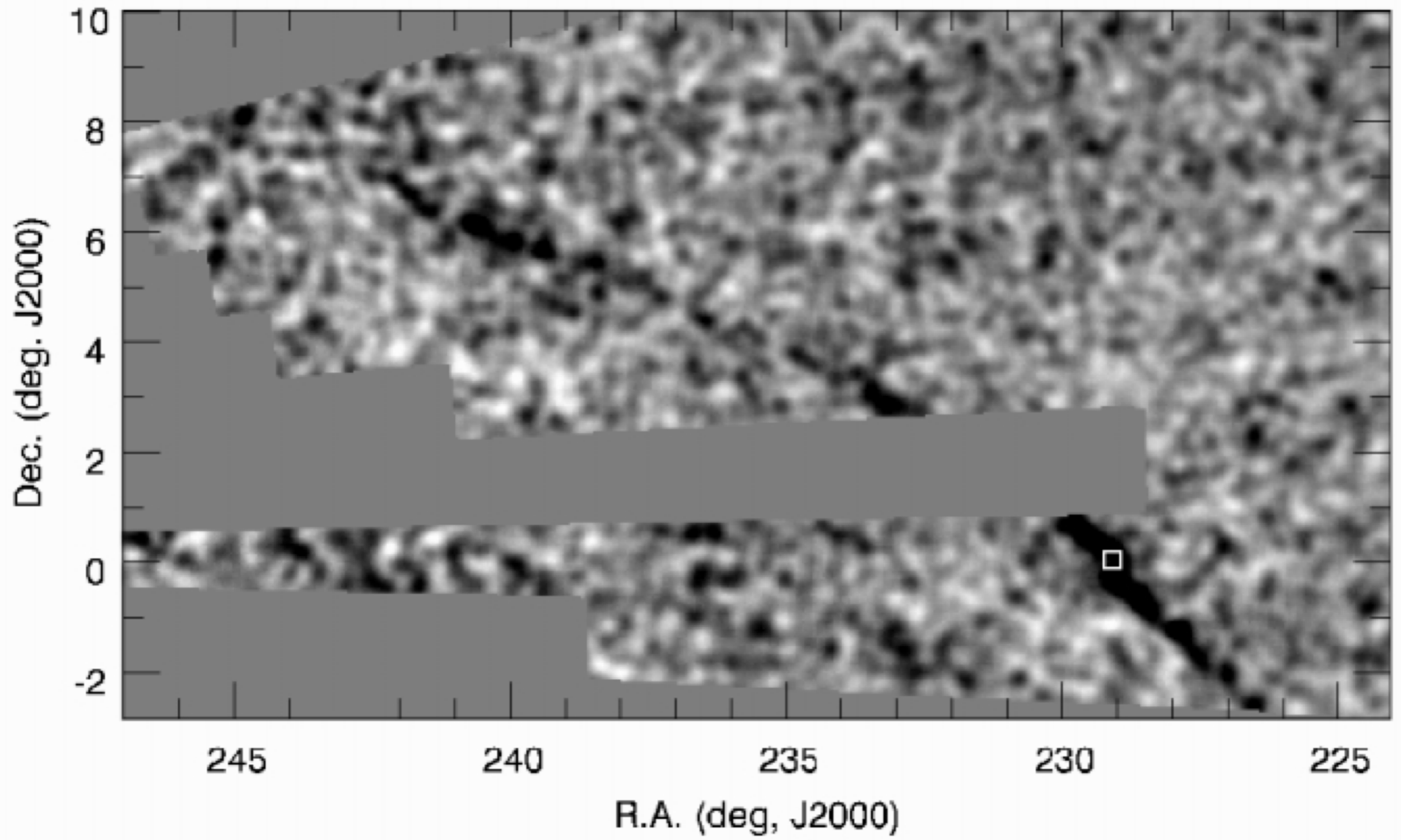


Minden SDSS-
csillag...

Odenkirchen et al. (2003)



...és a Pal 5 szín-
fényesség-diagramjára
illeszkedők



Grillmair & Dionatos 2006

Halmazokon belül finom kémiai változások

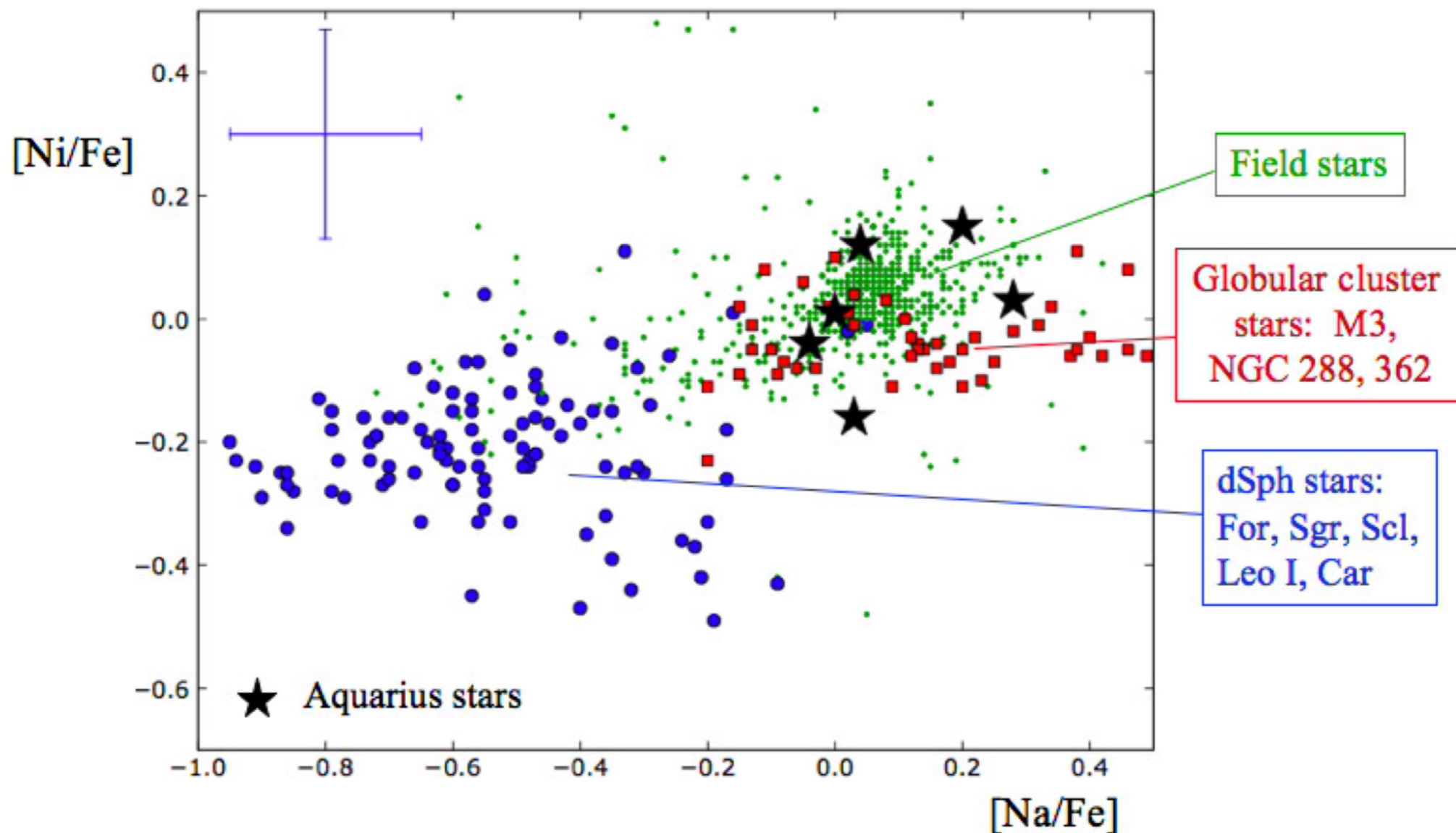
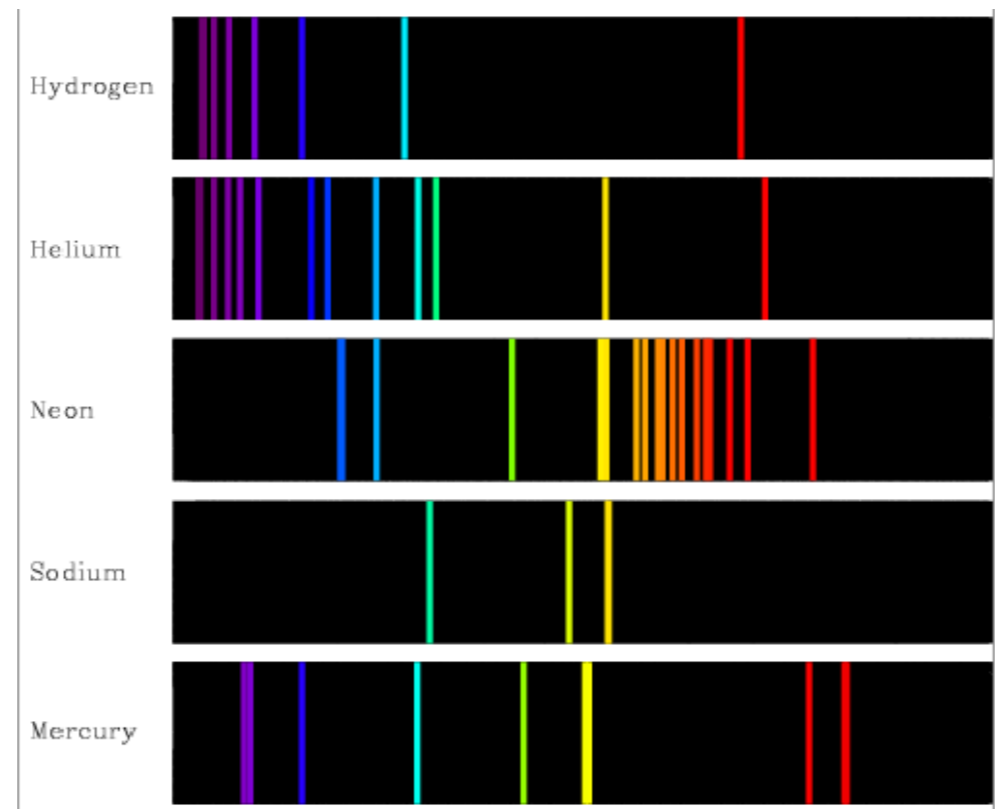


Figure 4: The Na-Ni distribution for globular cluster stars, dwarf spheroidal galaxy stars, field halo stars and stars of the Aquarius stream (black star symbols) (Wylie de Boer et al. 2012). The stars of the Aquarius stream are in the same part of the distribution as the globular cluster stars.

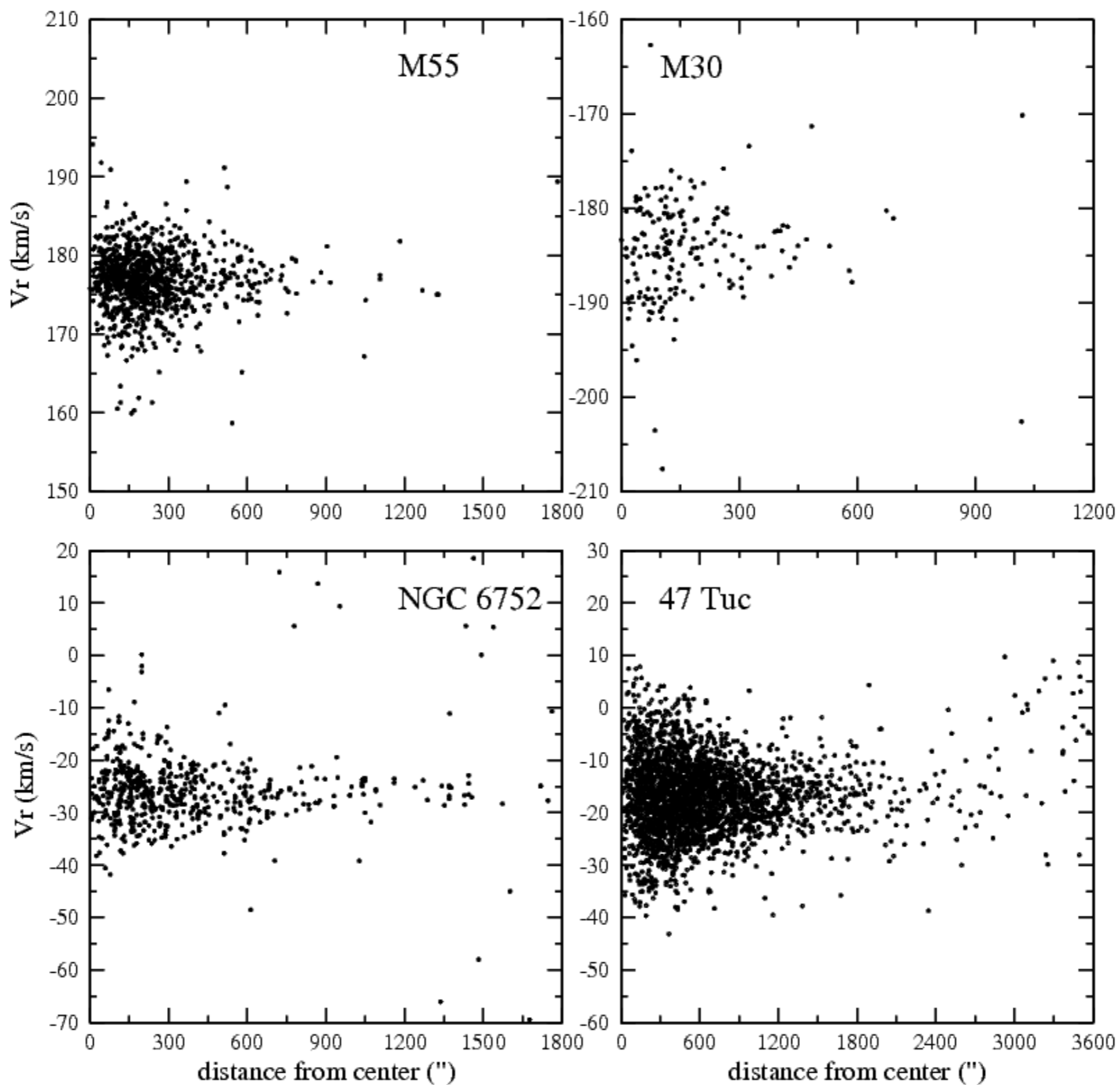
galaxies. The distribution of their stars in the $[X/Fe]$ – $[Fe/H]$ plane is well defined for an individual galaxy but differs in structure from galaxy to galaxy depending on their star formation history

H																			He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne		
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra																		
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

- Big Bang
- Supernovae
- Large Stars
- Small Stars
- Cosmic Rays



Sebességdiszperziós profil: a radiális sebességek szórása a távolság függvényében



Kinematika és módosított newtoni dinamika

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 270:365–370, 1983 July 15

© 1983. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in U.S.A.

A MODIFICATION OF THE NEWTONIAN DYNAMICS AS A POSSIBLE ALTERNATIVE TO THE HIDDEN MASS HYPOTHESIS¹

M. MILGROM

Department of Physics, The Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel; and
The Institute for Advanced Study

Received 1982 February 4; accepted 1982 December 28

ABSTRACT

I consider the possibility that there is not, in fact, much hidden mass in galaxies and galaxy systems. If a certain modified version of the Newtonian dynamics is used to describe the motion of bodies in a gravitational field (of a galaxy, say), the observational results are reproduced with no need to assume hidden mass in appreciable quantities. Various characteristics of galaxies result with no further assumptions.

In the basis of the modification is the assumption that in the limit of small acceleration $a \ll a_0$, the acceleration of a particle at distance r from a mass M satisfies approximately $a^2/a_0 \approx MGr^{-2}$, where a_0 is a constant of the dimensions of an acceleration.

A success of this modified dynamics in explaining the data may be interpreted as implying a need to change the law of inertia in the limit of small accelerations or a more limited change of gravity alone.

I discuss various observational constraints on possible theories for the modified dynamics from data which exist already and suggest other systems which may provide useful constraints.

Subject headings: cosmology — galaxies: internal motions — stars: stellar dynamics

Scarpa és mtsai. (2007): néhány GH sebességszperziós profilja hasonlít a sötét anyag által dominált törpegalaxisokéra

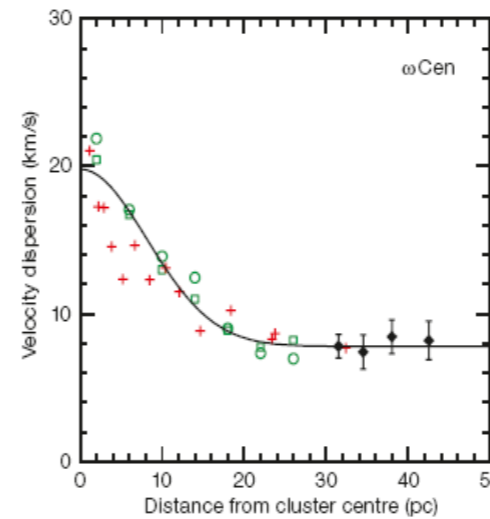
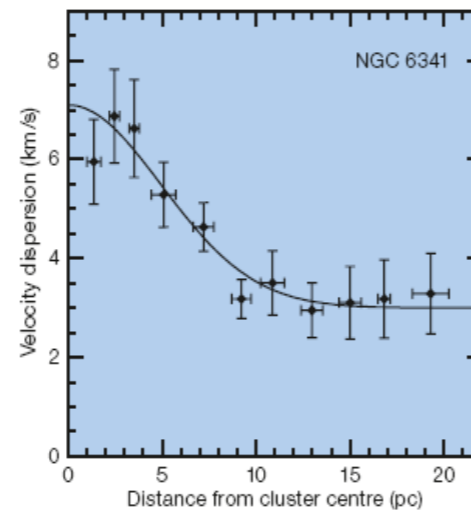
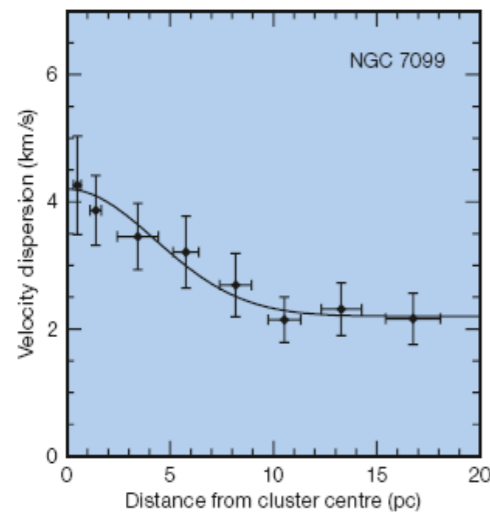
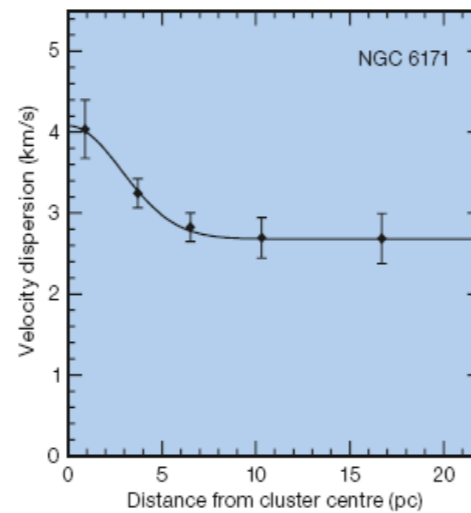
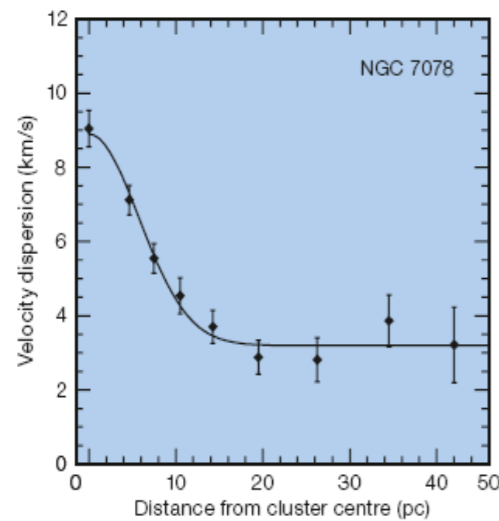


Figure 1: The velocity dispersion profile of ω Centauri. Circles and squares represent the dispersion as derived from proper motion data. Crosses are radial velocity dispersions from the literature, to which we added data for 75 stars (the four last points with error bars). The solid line is not a fit to the data. It is a Gaussian plus a constant drawn to emphasise the flattening of the dispersion at large radii.



Cluster Name	M_V	R (pc)	a (cm s^{-2})
NGC 5139 (ω Centauri)	-10.29	27 ± 3	$2.1 \pm 0.5 \times 10^{-8}$
NGC 6171 (M107)	-7.13	8 ± 2	$1.3 \pm 0.6 \times 10^{-8}$
NGC 6341 (M92)	-8.20	12 ± 2	$1.5 \pm 0.6 \times 10^{-8}$
NGC 7078 (M15)	-9.17	20 ± 2	$1.4 \pm 0.4 \times 10^{-8}$
NGC 7099 (M30)	-7.43	10 ± 2	$1.1 \pm 0.4 \times 10^{-8}$

