



Astronomska slika dneva

7. februar 2022

NGC 4651: galaksija Dežnik

Avtorstvo slike & avtorske pravice: [CFHT](#), [Coelum](#), [MegaCam](#), [J.-C. Cuillandre](#) (CFHT) & [G. A. Anselmi](#) (Coelum)

Pojasnilo: Dežujejo zvezde. Kar je videti kot ogromen kozmični dežnik zdaj vemo, da je plimski tok zvezd, odstranjenih iz majhne [satelitske galaksije](#). Glavna galaksija, spiralna galaksija [NGC 4651](#), je velika približno kot naša [Galaksija](#). Zdi se, da se njen zvezdni senčnik razprostira kakih 100 tisoč svetlobnih let nad njenim svetlim diskom. Majhno galaksijo so verjetno raztrgala [ponavljajoča se srečanja](#), ko se je premikala naprej in nazaj po [ekscentričnih orbitah](#) skozi NGC 4651. Preostale zvezde bodo zagotovo padle nazaj in v naslednjih nekaj milijonih let postale del [združene večje galaksije](#). [Prikazana slika](#) je bila [posneta](#) s [Kanadsko-Francosko-Havajskim teleskopom](#) (CFHT) na [Havajih](#), [ZDA](#). [Galaksija Dežnik](#) je oddaljena okoli 50 milijonov [svetlobnih let](#) v smeri [dobro urejenega](#) severnega ozvezdja [Berenikini kodri](#).

Začetki proučevanja Galaksije

zgodovinski pregled raziskovanja galaksij in vesolja

Rimska cesta



- čreda krav
- Herino mleko
- ptičja selitvena pot
- zimska cesta
- nebeška ali srebrna reka
- pot belega slona
- slamnata pot
- dolg kanu
- modri morski pes
- pot bojevnikov
- sled psa, ki je ukradel moko

Rimska cesta

- grščina *galactos* = *mleko*
- latinščina *Via Lactea* (*lac, lactis* = *mleko*)
- angleščina *Milky Way*
 - prvi zapis pesnik Chaucer, 14. stoletje
- slovenščina: ***Rimska cesta***

POZOR! V slovenščini se izraz Mlečna cesta/pot ne uporablja!

Definicije iz SSKJ (Slovenski slovar knjižnega jezika):

Rimska cesta medlo se svetlikajoči pas na nebu, ki ga sestavljajo številne, zelo oddaljene zvezde

galaksija samostojni zvezdni sestav, osvetje / **Galaksija** Rimska cesta

Klavdij Ptolemaj

- (ok. 90 - ok. 170)
- starogrško-egipčanski astronom in optik

Almagest - zvezdni katalog
(vsebuje 1025 objektov),
verzija Hiparhovega kataloga

Ptolemajev geocentrični sistem



Galileo Galilei



Galileo Galilei (1564 - 1642)

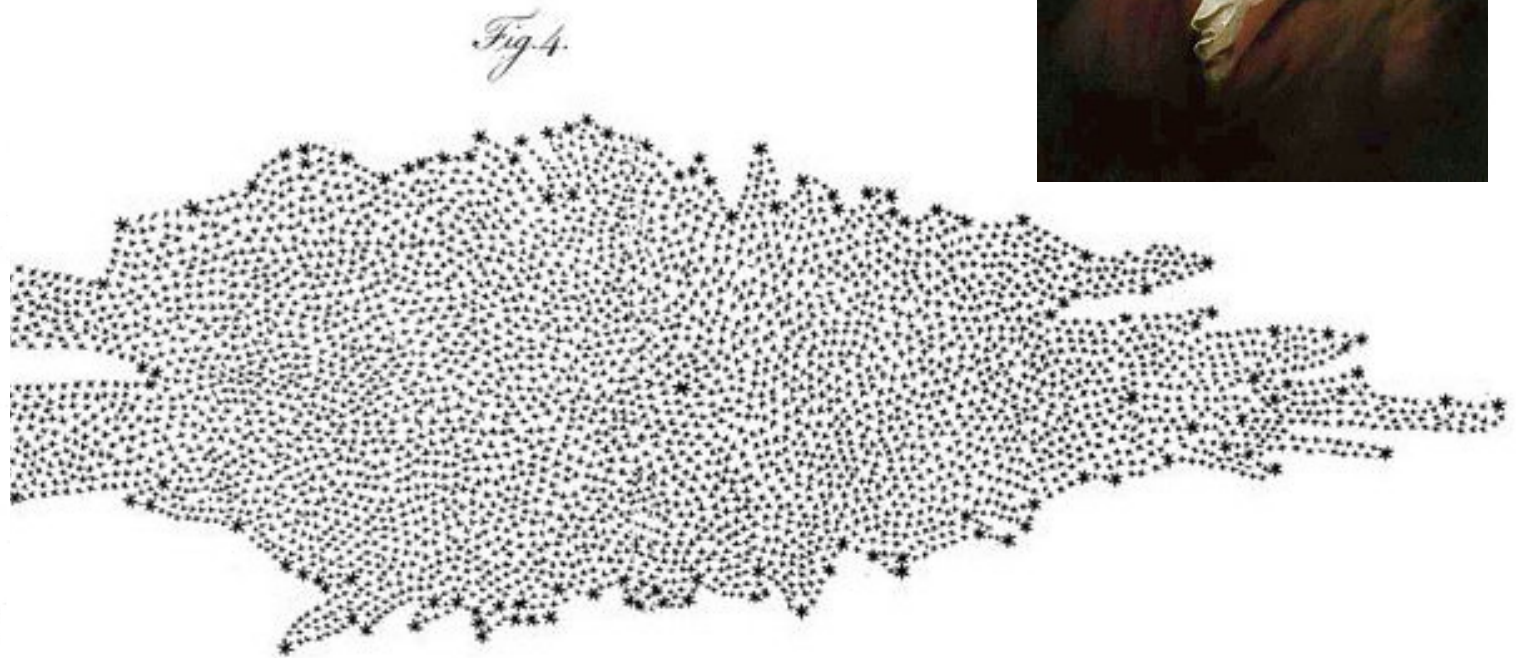
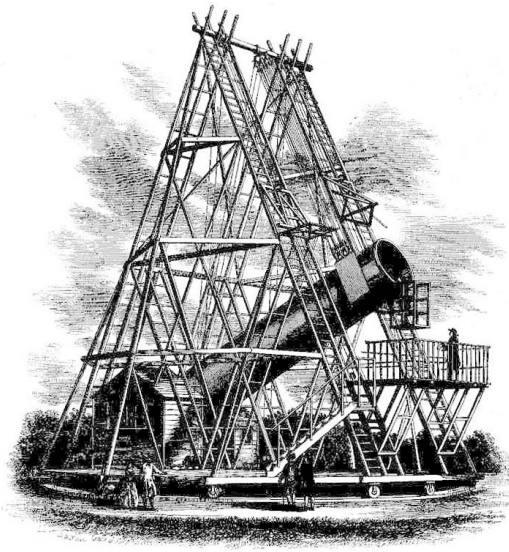
- l. 1610 s teleskopom videl posamezne zvezde v Rimski cesti
- podpornik Kopernikovega heliocentričnega sistema

Fotografski detajl posnetka slike Gulielma De Sanctisa, Galileo Galilei mostra il cannocchiale alla Signoria di Venezia, Rim (Rimski muzej). 21. avgusta leta 1609 je Galilei pokazal Beneškemu dožu daljnogled z 8kratno povečavo, zaradi česar so mu dodelili katedro na univerzi v Padovi ter dodelili plačo 1000 forintov.

Velikost in oblika Galaksije

Štetje zvezd v različnih smereh

angleško-nemški astronom **William Herschel** (1738-1822)
s pomočjo sestre **Caroline**
predpostavi da imajo vse zvezde isti izsev



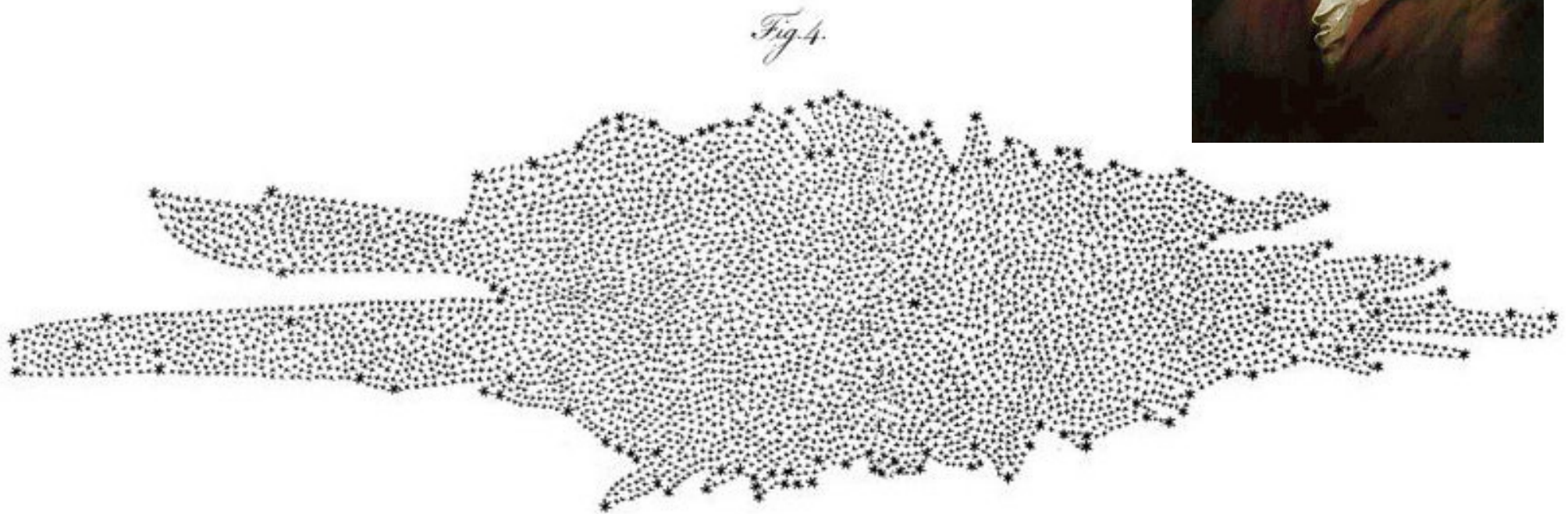
William Herschel, *On the Construction of the Heavens* (1785)

120cm reflektor dolžine 12 metrov, ki ga je
skupaj z manjšimi teleskopi Herschel uporabljal za opazovanja

Velikost in oblika Galaksije

Štetje zvezd v različnih smereh

- štel zvezde v 683 območjih
- ni znal meriti oddaljenosti
(1838 Friedrich Bessel prvi izmeri z metodo paralakse)
- elipsoid (1:5), **Sonce blizu središča**



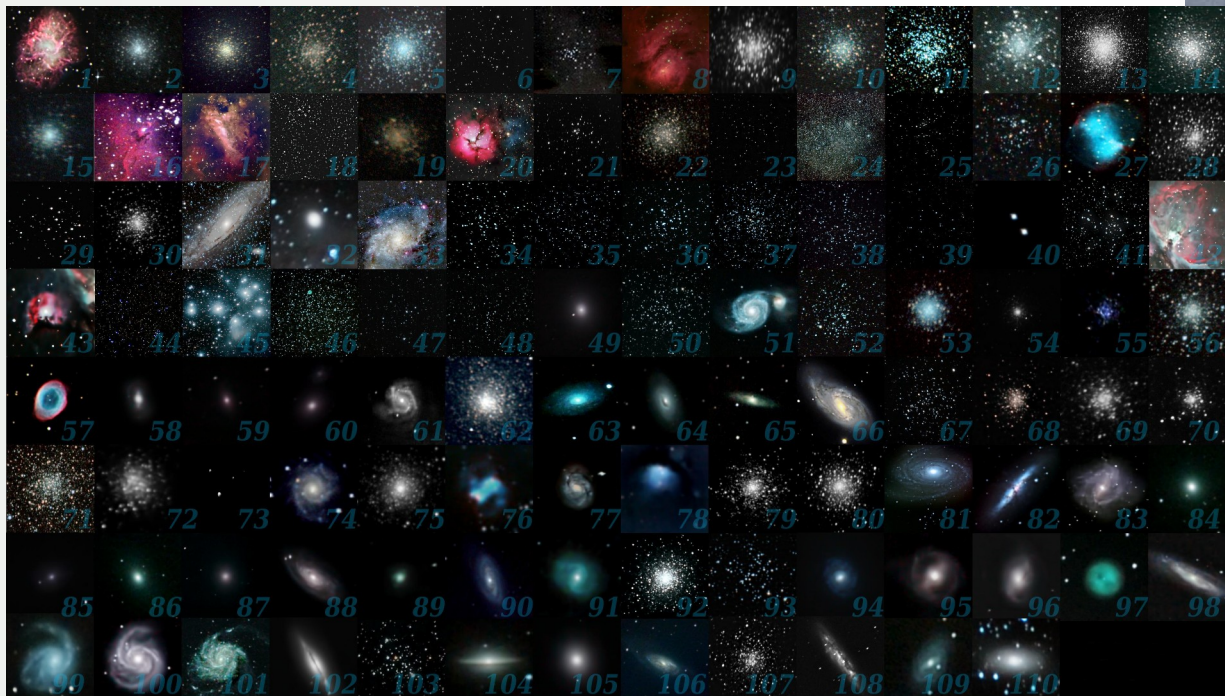
William Herschel, *On the Construction of the Heavens* (1785)

Velikost in oblika Galaksije

- Messierov katalog (1781)
 - nastane kot pripomoček pri iskanju kometov
 - (skupno) 110 objektov: zvezdne kopice, planetarne meglice, refleksijske meglice, ostanki supernov, galaksije...



Charles Messier
(1730 - 1817)



Velikost in oblika Galaksije

Štetje zvezd v različnih smereh

Friedrich Wilhelm Argelander
(1799-1875)

- meril položaje in magnitude zvezd
- 1852-1859: s sodelavci objavil katalog 324.000 zvezd *Bonner Durchmusterung*

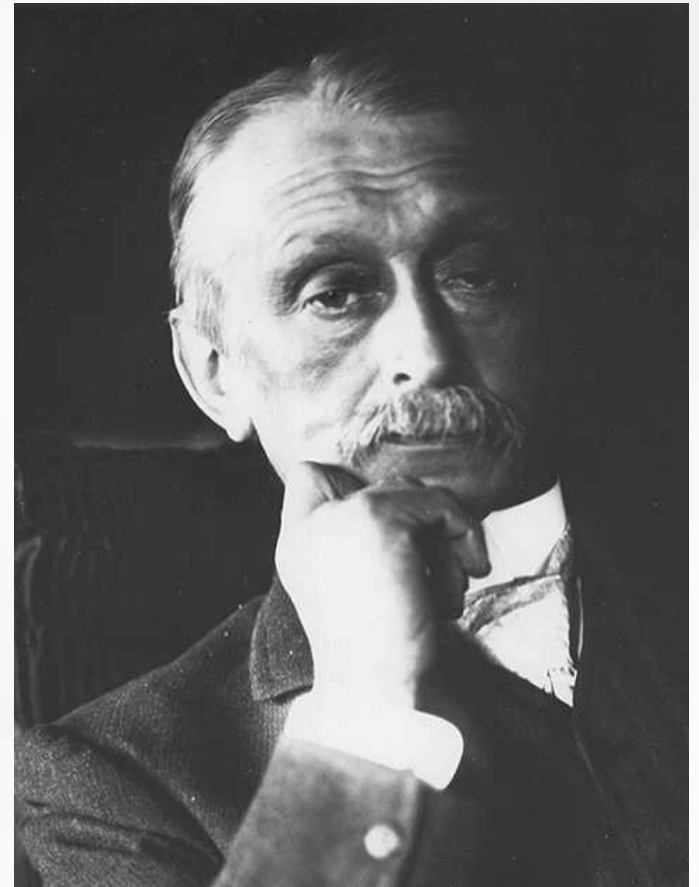


Velikost in oblika Galaksije

Zvezdni katalogi

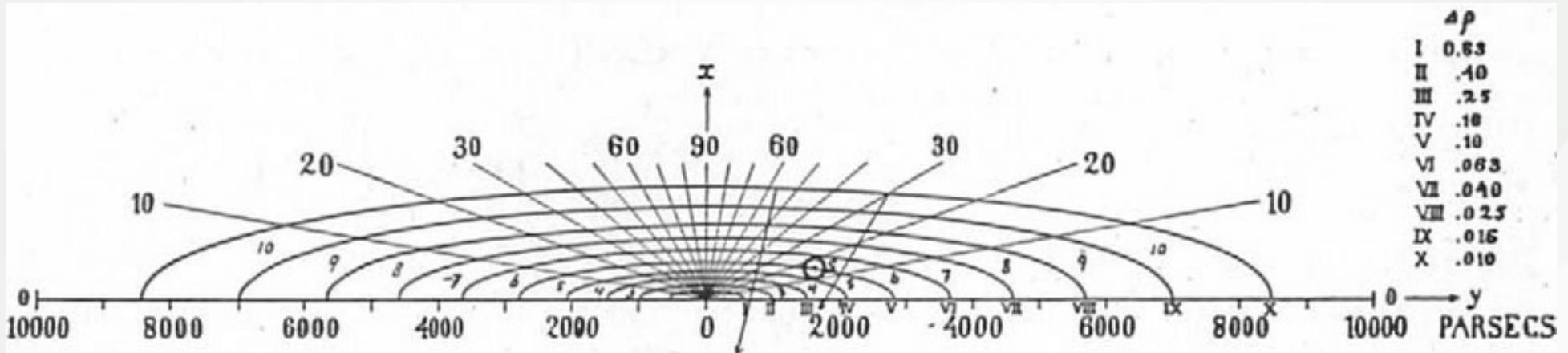
- 1896-1900 - objavil zvezdni katalog *Cape Photographic Durchmusterung* s položaji in magnitudami 454.875 zvezd na južni polobli
- 1904: odkrije, da se zvezde ne gibljejo naključno: 2 tokova zvezd, ki se gibljeta v nasprotnih smereh - prvi dokaz o vrtenju Galaksije, ki sta ga kasneje odkrila Bertil Lindblad in Jan Oort
- 1906: začne veliko študijo porazdelitve zvezd v Galaksiji: iz navideznih magnitud, spektralnih tipov, radialnih hitrosti in lastnega gibanja zvezd v 206 conah (prva koordinirana statistična študija v astronomiji, sodelovalo čez 40 observatorijev).

Jacobus Kapteyn
(1851-1922)



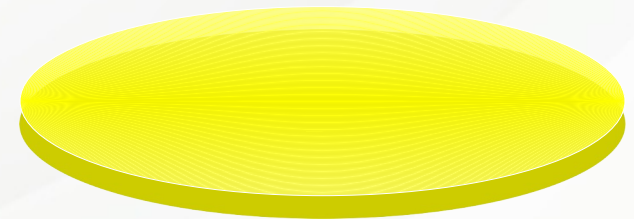
Velikost in oblika Galaksije

v začetku 20. stoletja (1922) nizozemski astronom J.C. Kapteyn iz štetja zvezd in porazdelitve njihovega izseva (za zvezde v bližini Sonca) sklepa o velikosti in obliki “vesolja”



polmer:
8500 svetlobnih let

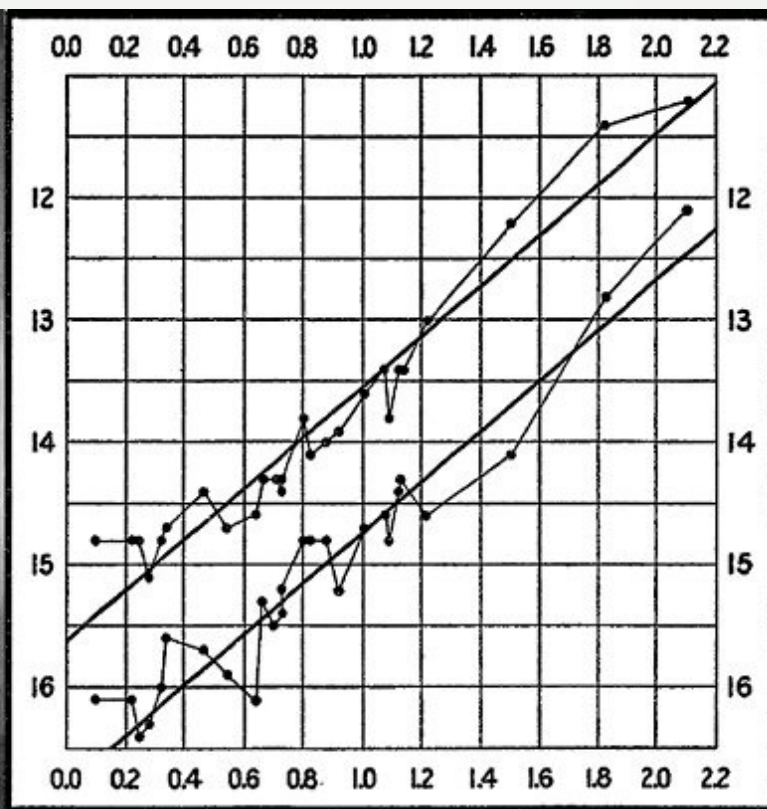
Sonce blizu središča
sploščenega zvezdnega sestava



zvezde v sploščenem sestavu

premajhno, ker ni upošteval ekstinkcije svetlobe v medzvezdnem plinu in prahu

Meritve oddaljenosti s kefeidami



fotografska magnituda

25 kefeid v Malem
Magellanovem
Oblaku (MMO)

**Henrietta
Swan Leavitt**
(1868 - 1921)

logaritem periode (v dnevih)

Henrietta Leavitt je leta 1908 pregledovala posnetke Malega Magellanovega oblaka iz let 1893 do 1906 in izpisovala katalog približno 1000 spremenljivih zvezd. Za 20 od teh je utegnila ugotoviti, da se za svetlejše spremenljivke hitrost spreminjanja sija manjša (oziroma perioda spreminjanja sija je daljša). Odkritje zapiše leta 1912.

Harlow Shapley je leta 1918 umeril zgoraj opisano relacijo na bližnjih kefeidah v kroglastih kopicah znotraj Galaksije in tako utegnil izmeriti njen premer.

Velikost in oblika Galaksije

Razporeditev kroglastih zvezdnih kopic

po letu 1917 ameriški astronom H. Shapley
meri razporeditev kroglastih zvezdnih kopic

Premier (M15)
175 sv. let

Starost (M15)
12 mld let

Oddaljenost (M15)
33600 sv. let



Harlow Shapley
(1885-1972)

M15 v ozvezdju Pegaz
Rob Gendler

Velikost in oblika Galaksije

Razporeditev kroglastih zvezdnih kopic

po letu 1917 ameriški astronom **H. Shapley** meri razporeditev kroglastih zvezdnih kopic

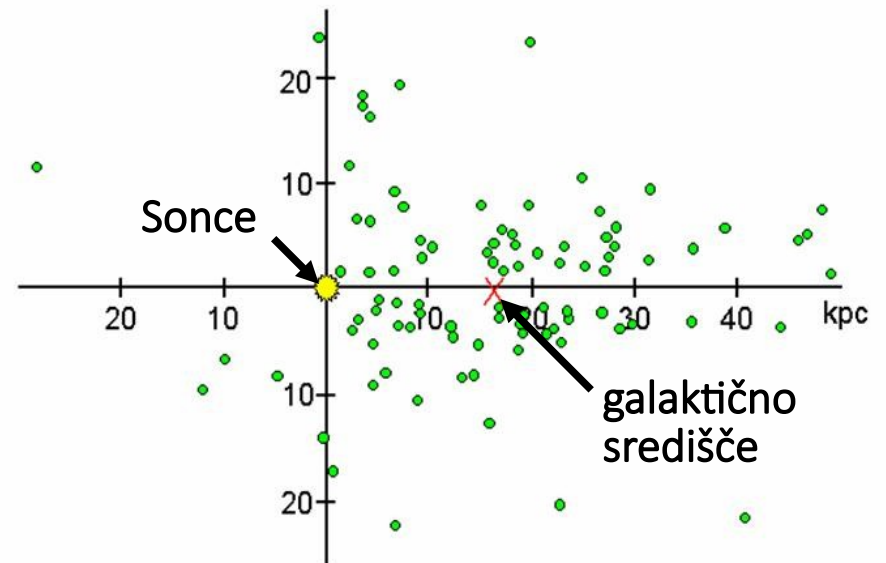
polmer:
50.000 svetlobnih let

središče Galaksije
v ozvezdju Strelca

Ugotovitve:

- niso enakomerno razporejene v vse smeri
- kjer so številnejše, so tudi manjše in temnejše
- krogelno razporejene s središčem oddaljenim 35.000 svetlobnih let v smeri Strelca
- oddaljenosti kroglastih kopic izmeri s spremenljivimi zvezdami (na podlagi Leavittinega odkritja)
- izmeri polmer Galaksije

Shapley's Globular Cluster Distribution



Velikost in oblika Galaksije

Razporeditev kroglastih zvezdnih kopic

po letu 1917 ameriški astronom **H. Shapley** meri razporeditev kroglastih zvezdnih kopic

Ugotovitve:

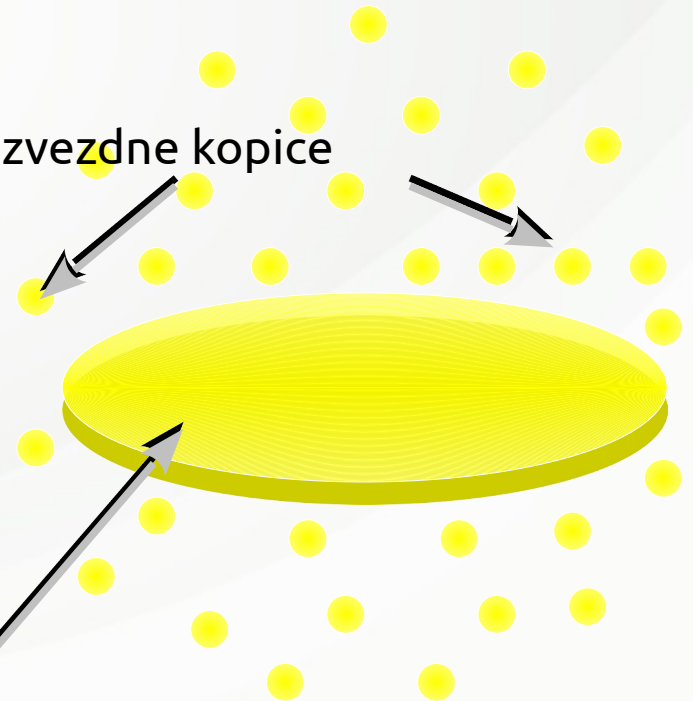
- niso enakomerno razporejene v vse smeri
- kjer so številnejše, so tudi manjše in temnejše
- krogelno razporejene s središčem oddaljenim 35.000 svetlobnih let v smeri Strelca
- oddaljenosti kroglastih kopic izmeri s spremenljivimi zvezdami (na podlagi Leavittinega odkritja)
- izmeri polmer Galaksije

polmer:
50.000 svetlobnih let

središče Galaksije
v ozvezdju Strelca

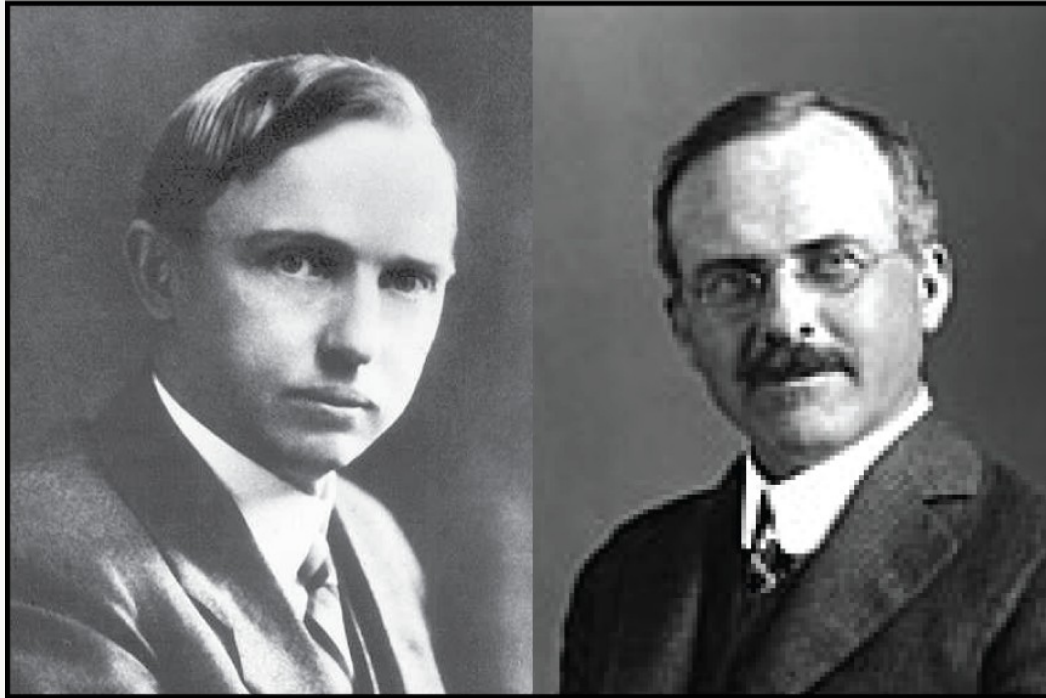
kroglaste zvezdne kopice

zvezde v sploščenem sestavu



Velika debata

1920, Washington **Debata o velikosti do takrat znanega Vesolja**



✗ Vesolje
je naša
Galaksija.

✗ "Spiralne
meglice" so
bližnji oblaki
plina.

✓ Sonce ni v
središču Galaksije.

Harlow Shapley

Heber Curtis

✓ Vesolje
je sestavljeno
iz galaksij
podobnih
naši.

✗ Sonce je v
središču naše
majhne
Galaksije.

"The Shapley-Curtis debate makes interesting reading even today. It is important, not only as a historical document, but also as a glimpse into the reasoning processes of eminent scientists engaged in a great controversy for which the evidence on both sides is fragmentary and partly faulty. This debate illustrates forcefully how tricky it is to pick one's way through the treacherous ground that characterizes research at the frontiers of science." F. Shu, The Physical Universe, 1982

Rešitev: vesolje sestavljeno iz galaksij

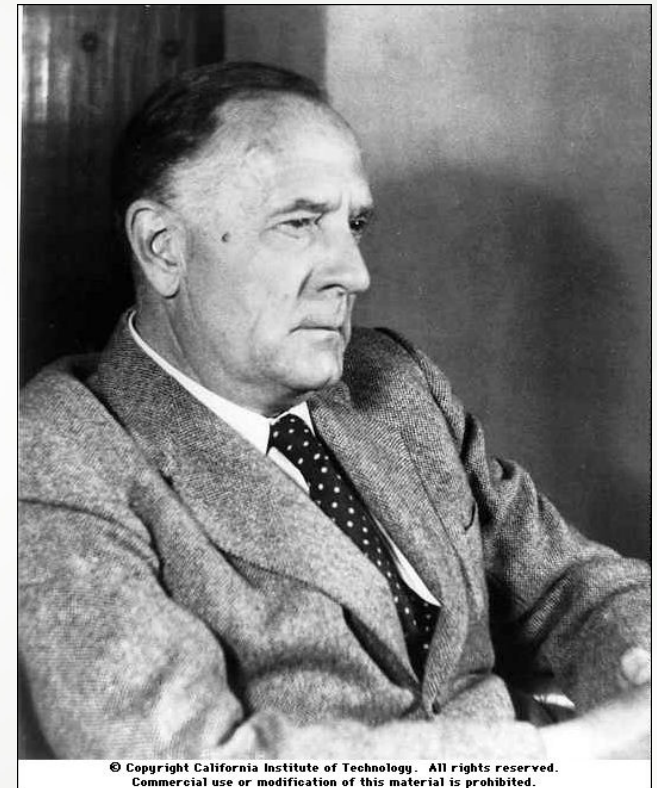
Edwin Hubble najde rešitev med leti 1924 in 1928

1924 - uporabil kefeide in določil razdaljo “meglic”

1929 - objavi članek o razdalji do M31



Andromeda M31



Edwin Powell Hubble
(1889-1953)

Hubble-Lemaitrov zakon (1929)

$$v = cz = H_0 d$$

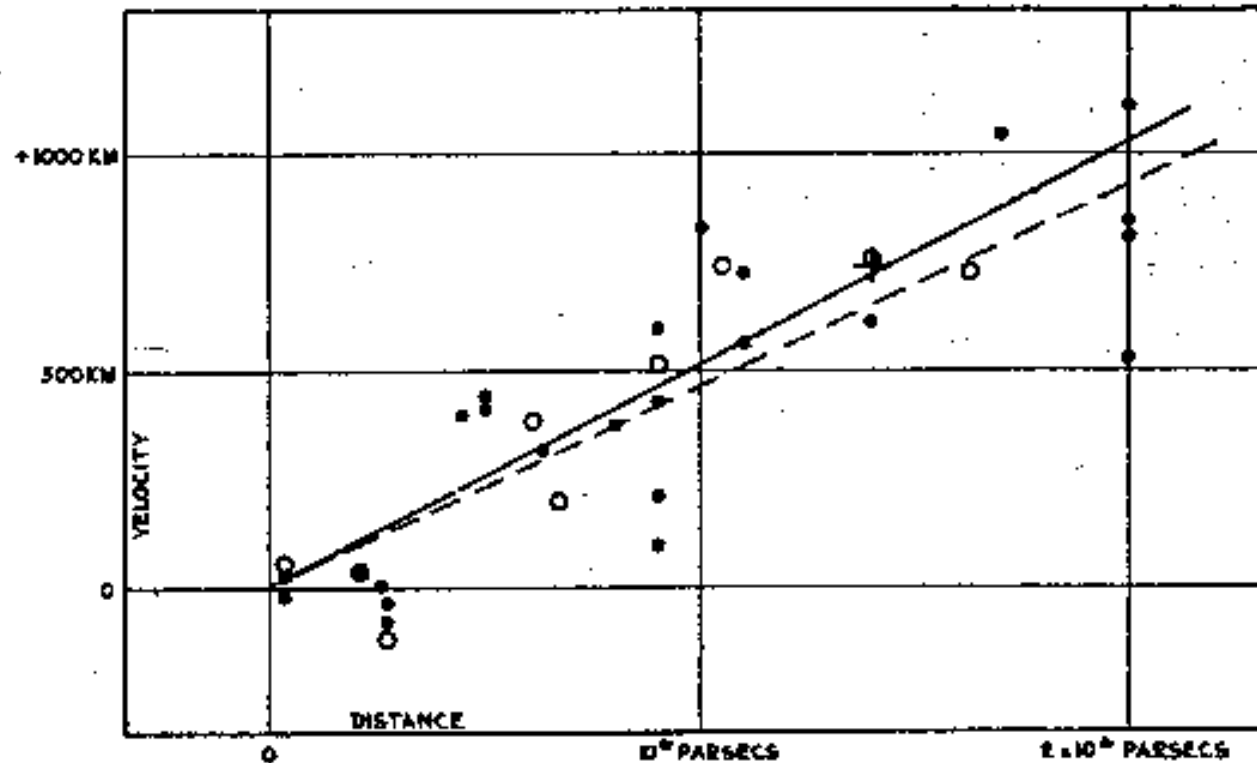


FIGURE 1

$$H_0 = 100 h \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}, h = 0.67 \quad (\text{meritve satelita Planck})$$

Velikost in oblika Galaksije

Razporeditev odprtih oz. razsutih zvezdnih kopic

leta 1930 R. Trumpler meri razporeditev
razsutih zvezdnih kopic

Premier (M45)
43 sv. let

Starost (M45)
100 mln let

Oddaljenost
(M45)
400 sv. let



Robert J. Trumpler
(1886-1956)

*M45 v ozvezdju Pegaz
Rob Gendler*

Velikost in oblika Galaksije

Razporeditev odprtih oz. razsutih zvezdnih kopic

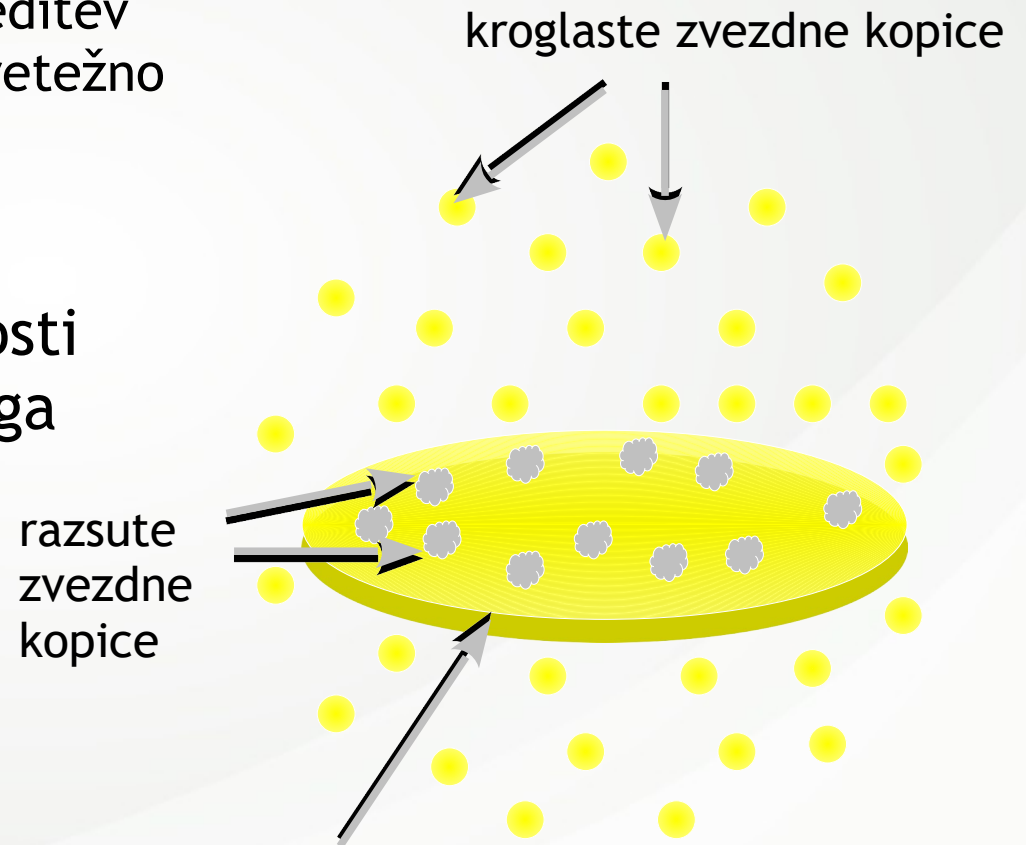
leta 1930 **R. Trumpler** meri razporeditev razsutih zvezdnih kopic, ki ležijo pretežno znotraj diska Galaksije

Ugotovitve:

- kopice manjših kotnih velikosti so temnejše od pričakovanega
- obstaja snov, ki delno prepušča svetlobo:

PRAH

neodvisno odkril tudi Boris Aleksandrovich Vorontsov-Velyaminov (1904-1994)



zvezde v sploščenem sestavu

Lastnosti zvezd v Galaksiji

2 populaciji zvezd:

- **populacija I** - zvezde v disku, krožne orbite okrog središča (mlade, modre)
- **populacija II** - v središčni odebelitvi (rdeče, stare)

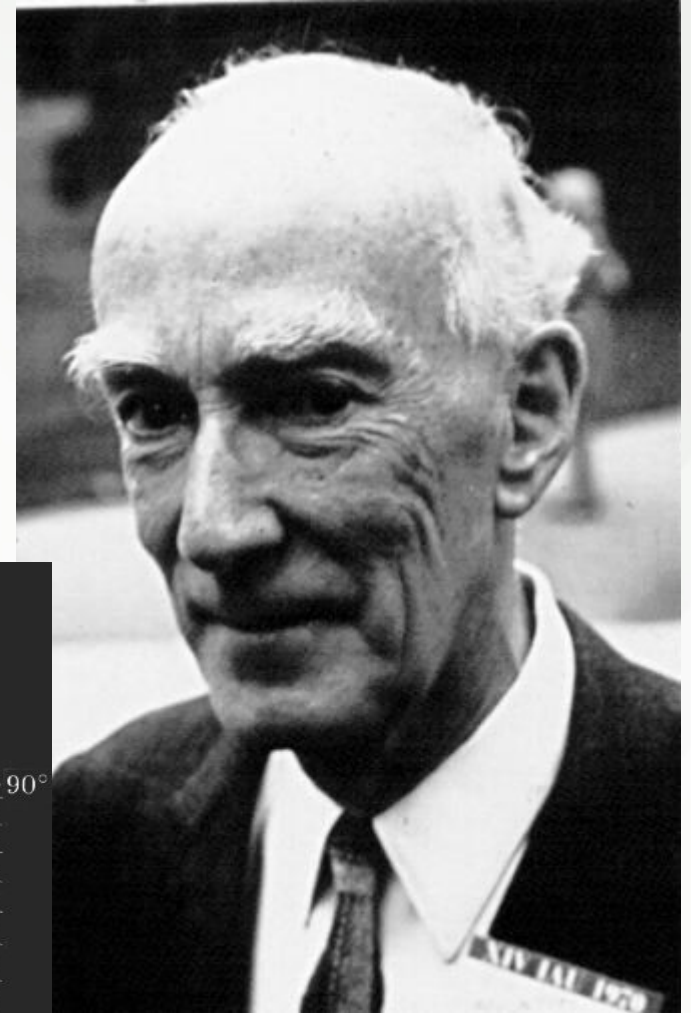
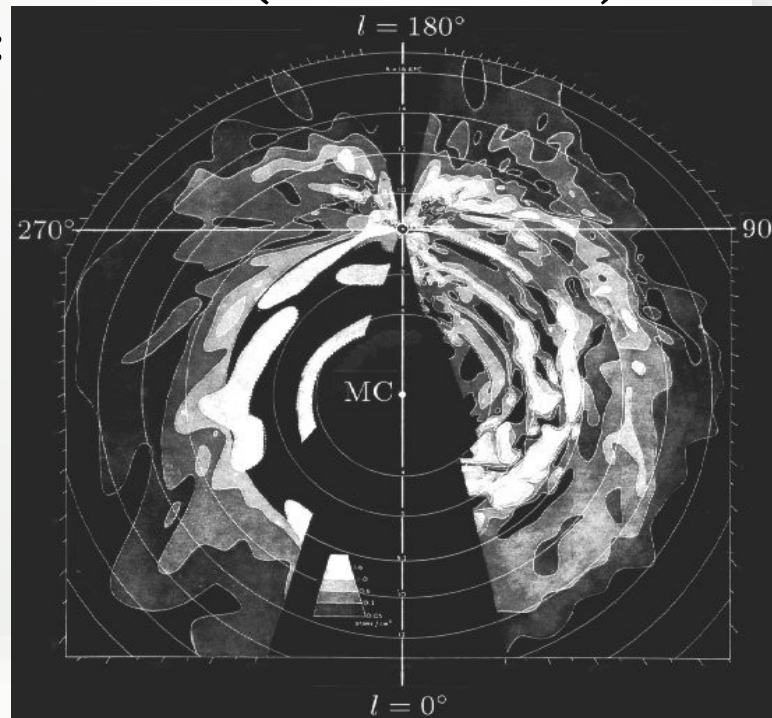
odkril prisotnost različnih vrst kefeid (tip I in II)



Walter Baade
(1893-1960)

Lastnosti zvezd v Galaksiji

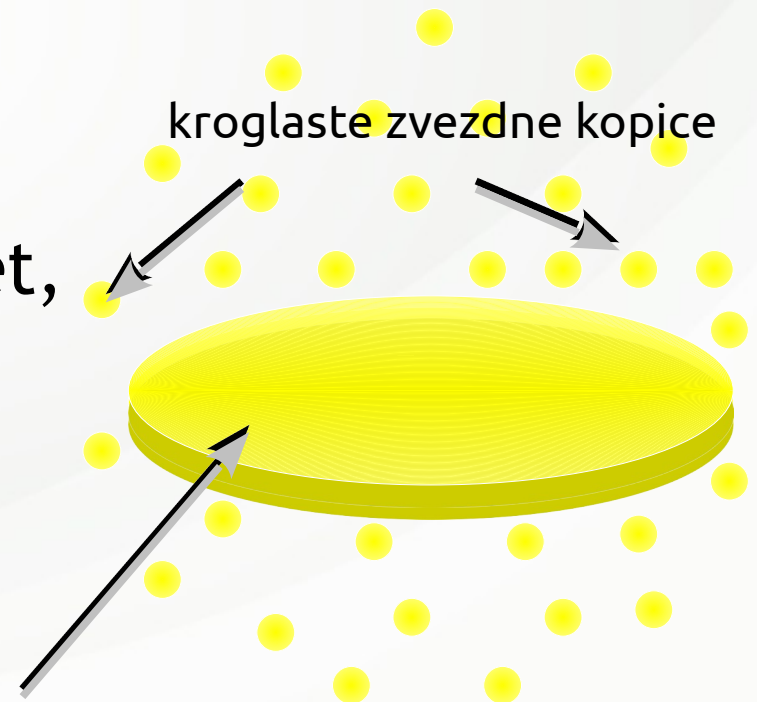
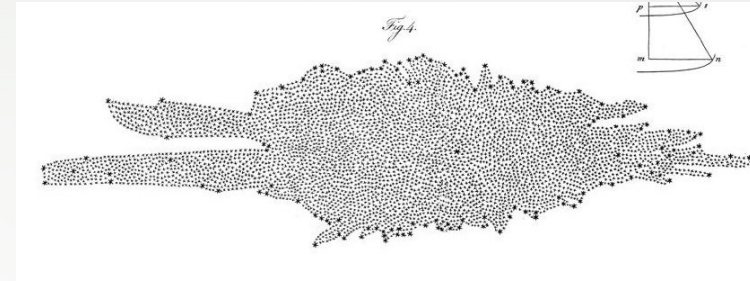
- 1927: opazuje lastno gibanje zvezd in potrdi teorijo Bertila Lindblada (1895-1965), da krožijo okrog središča Galaksije (hitrost vrtenja pada z razdaljo)
- hipoteza o obstoju Oortovega oblaka
- zvezde v galaktičnem haloju (izven diska)
- masa Galaksije ~ 100 milijard M_{Sonca}
- Sonce 19.200 sv. let od središča (v smeri Strelca)
- radijska astronomija:
21-cm vodikova črta (van de Hulst) in **spiralna struktura Galaksije**



Jan Henrik Oort
(1900-1992)

Začetki proučevanja Galaksije

- Velikost in oblika Galaksije
 - štetje zvezd v različnih smereh
 - **Herschel**: elipsoid (1:5), Sonce blizu središča
 - **Kapteyn**: polmer 8500 svetl. let, Sonce v središču sploščenega zvezdnega sestava
 - porazdelitev kroglastih kopic
 - **Shapley**: polmer 50000 svetl. let, središče Galaksije v ozvezdju Strelca



zvezde v sploščenem sestavu

Začetki proučevanja Galaksije

- **Swan Leavitt:** relacija perioda-izsev za kefeide
- **Hubble:**
 - Leta 1926:
 - meritev oddaljenosti kefeid v M31
 - “*spiralne meglice*” so v resnici galaksije
 - Leta 1929:
 - hitrost oddaljevanja galaksij premo sorazmerna z njihovo oddaljenostjo
- **Trumpler:**
 - z odprtimi kopicami odkrije prisotnost prahu v disku
- **Baade:** zvezde različnih populacij
- **Oort:** spiralni rokavi na podlagi radijskih opazovanj