



Zvezdana jata



Zvezdano jato

- je skup zvezda čija su međusobna rastojanja mnogo manja od srednjeg rastojanja među zvezdama u galaksiji, koje se na okupu drže uzajamnim gravitacionim silama i zajedno kreću kroz galaktički prostor
- Kondenzacije zvezda i gasa
- Zvezde jata imaju zajedničko poreklo – Iste su starosti i istog hemijskog sastava

Različitih su masa! – Zvezde jata se nalaze u različitim evolutivnim fazama – značajno za proveru teorije zvezdane evolucije

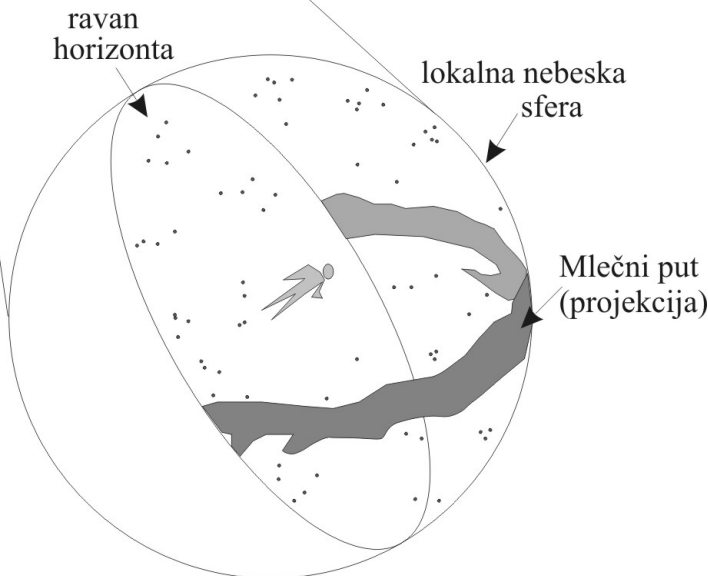
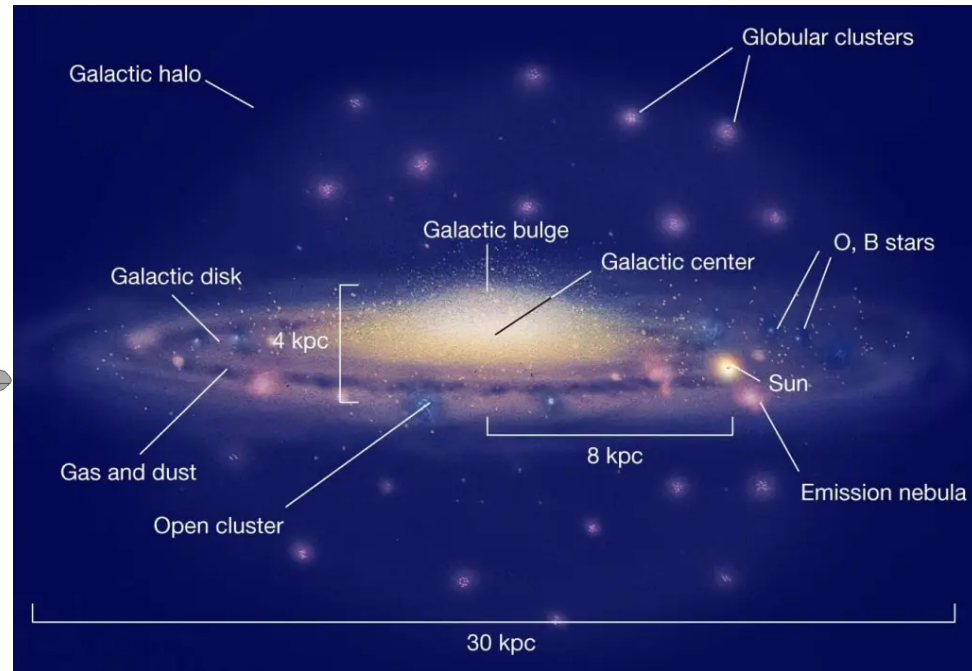
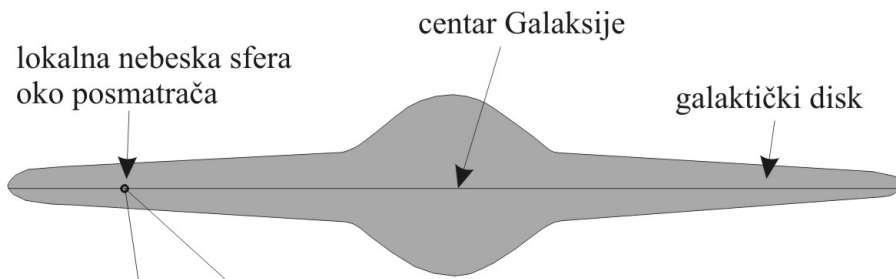
Svaka zvezda jata nastala iz istog oblaka MZM – isti hemijski sastav i starost

Ako se zanemare efekti rotacije, magnetnog polja, pripadnosti TDSu – razlike u evolutivnom stadijumu zavise samo od početne mase

Dva osnovna tipa zvezdanih jata

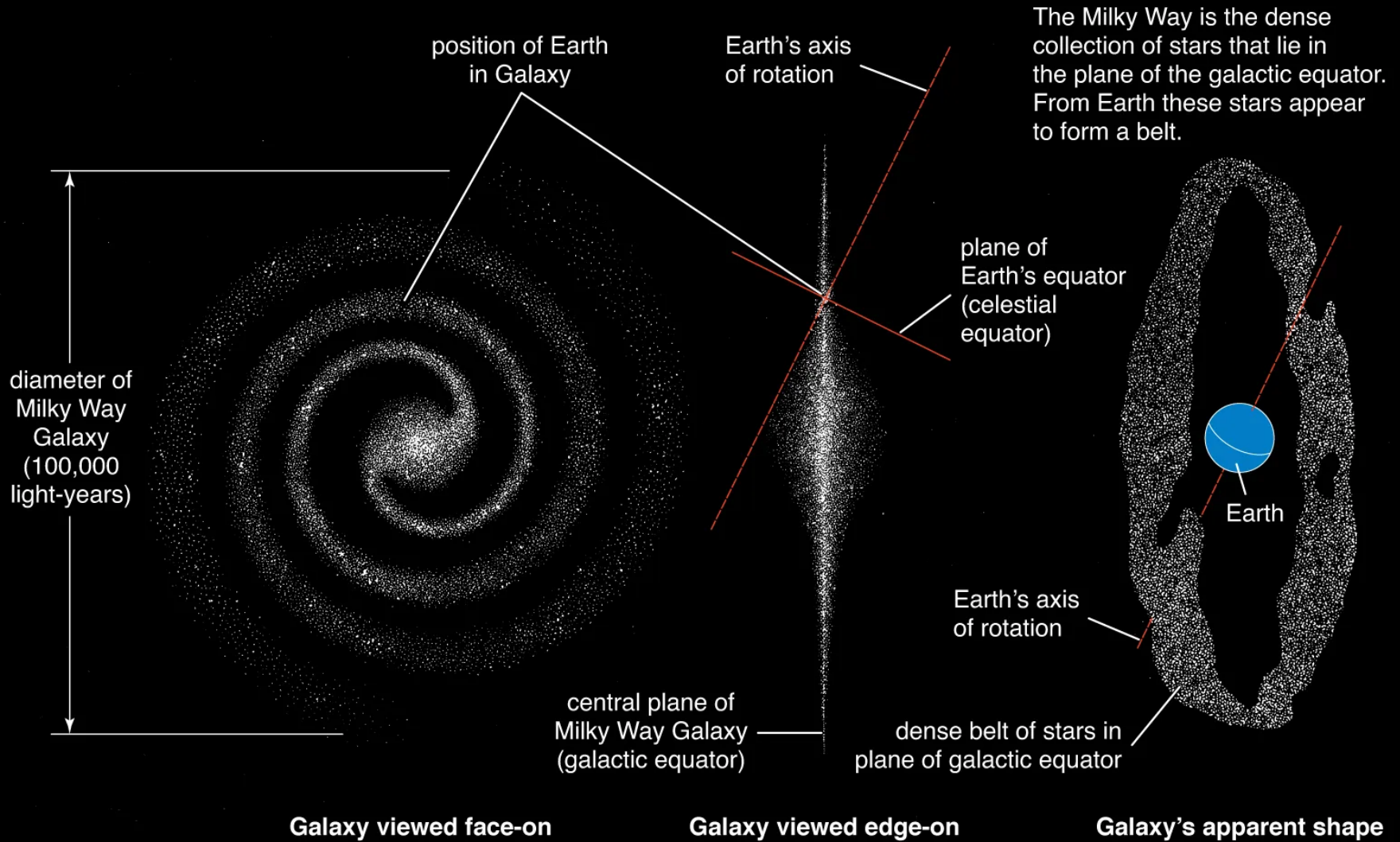
- Rasejana ili otvorena
- Globularna ili zbijena

Razlike u izgledu, dimenzijama, broju i koncentraciji zvezda, stabilnosti, rasporedu u prostoru, zvezdanom sastavu i starosti



Mlečni put je projekcija gustih oblasti naše galaksije (diska) na nebesku sferu, ali i naziv za našu galaksiju

The Milky Way Galaxy



Zvezdane populacije

W. Baade (1944) je izvršio klasifikaciju objekata prema njihovoj starosti, pripadnosti podsistemima (položaju u Galaksiji) i hemijskom sastavu.

Objekti populacije I su mlade, sjajne zvezde koje se nalaze u disku u spiralnim granama, kao i rasejana zvezdana jata. Plave zvezde. Simetrično su raspoređeni u odnosu na galaktičku ravan i sadrže veći procenat metala u atmosferama.

Objekti populacije II su stare, manje sjajne zvezde i globularna zvezdana jata. Crveni džinovi. Koncentrisani su u galaktičkom jezgru i halou (sferno simetrično u odnosu na galaktički centar) i sadrže mali procenat metala u atmosferama.

Objekti populacije III su prve, hipotetičke zvezde nakon Velikog praska – bez metala



Walter Baade (1893-1960)

Originalna klasifikacija i proširenja

Rasejana

- Nepravilnog oblika
- Nekoliko desetina do nekoliko stotina zvezda
- Koncentracija ~ 20 zvezda po pc^3
- Nalaze se u blizini galaktičke ravni – disku, blizu ili unutar spiralnih grana ($b = \pm 15^\circ$)
- Kreću se po skoro kružnim orbitama oko galaktičkog centra sa malom disperzijom brzina – Pop I
- U njima preovlađuju **mlade zvezde**
- Nestabilna su, vreme raspada je oko 10^9 godina
- Najbliža jata su: Hijade (47pc) i Plejade (118pc)

Globularna

- Pravilnog sferoidnog oblika
- Nekoliko desetina hiljada do nekoliko stotina hiljada zvezda
- Koncentracija ~ 200 zvezda po pc^3
- Obrazuju sferni podsistem sa koncentracijom ka centru Galaksije (ima ih na svim b)
- Kreću se po eliptičnim orbitama oko galaktičkog centra uz veliku disperziju brzina – Pop II
- U njima preovlađuju **stare zvezde**
- Stabilna su, vreme raspada je 10^{12} - 10^{13} godina
- Najbliža su: ω Centauri (5kpc) i M13 u Herkulu (10kpc)
- Izuzetno visokog sjaja ($M=-10$), vide se i u drugim galaksijama

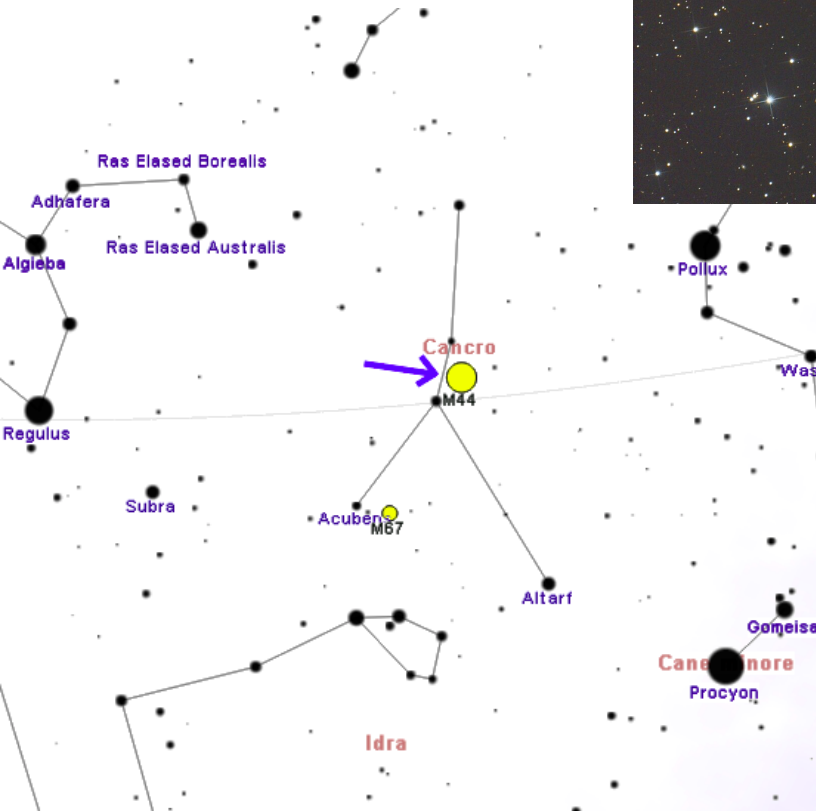


Jato Plejade



Globularno jato M13

Jasle – Praesepe – M44



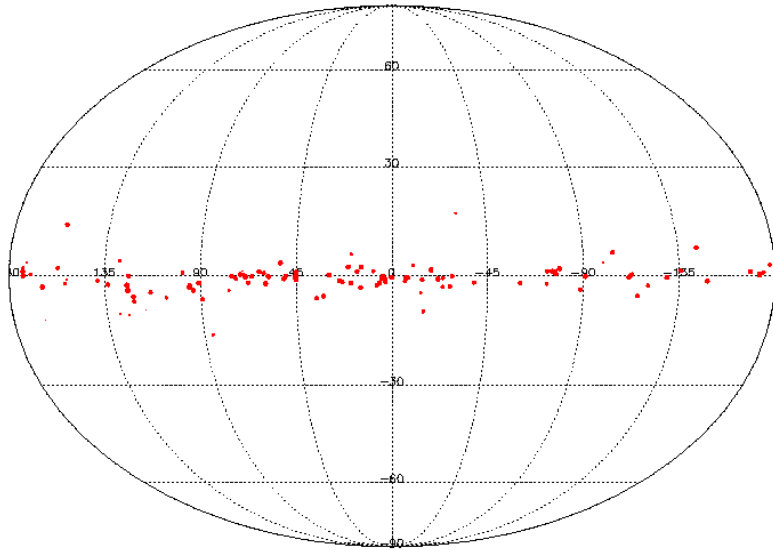
h / χ Persei

NGC 869 / 884

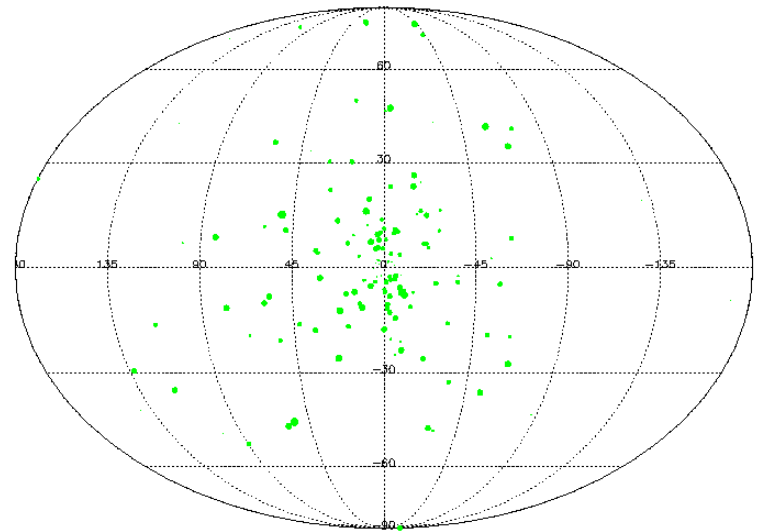


Deo Perseus-OB1 asocijacije

Raspored rasejanih (a) i globularnih jata (b) u Galaksiji

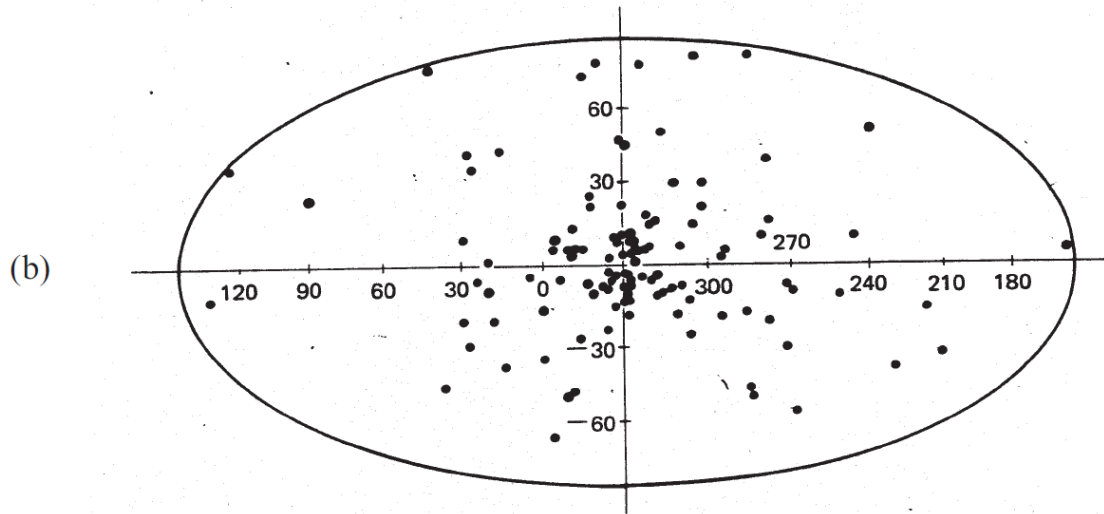
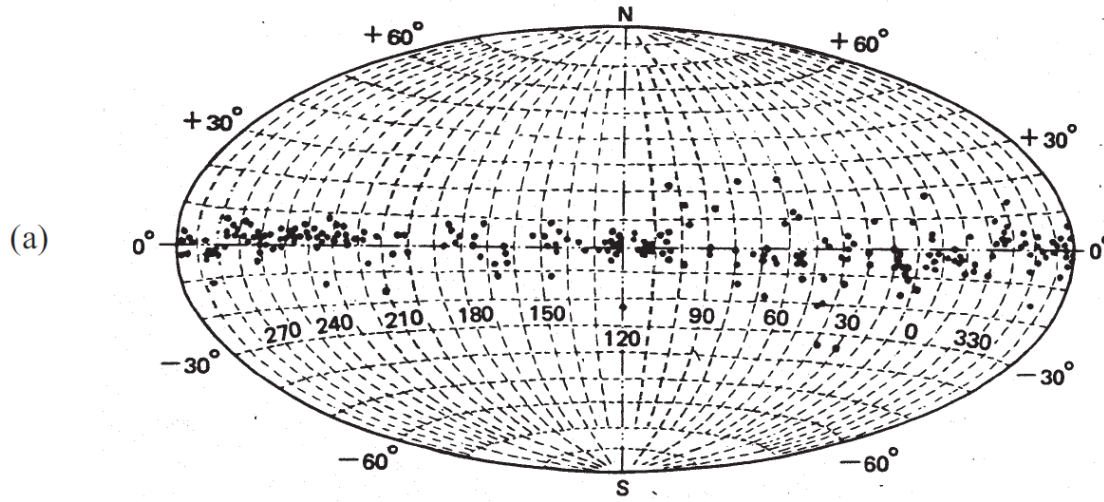


(a)



(b)

Raspored rasejanih (a) i globularnih jata (b) u Galaksiji



Stabilnost zvezdanih jata

- Jato je stabilno ako je koncentracija zvezda u njemu veća od tzv. kritične koncentracije, potrebne da jato svojim unutrašnjim silama uravnoteži destruktivno (plimsko) dejstvo okolnih masa
- Vreme raspada rasejanih zvezdanih jata je reda 10^9 godina
- Vreme raspada globularnih zvezdanih jata je reda 10^{12} do 10^{13} godina

Rasejana jata

Kondenzacije zvezda i gasa nepravilnog oblika – od okoline se izdvajaju kao oblasti sa oko 10 puta prividno većom zvezdanom koncentracijom

Procena da ih u Galaksiji ima i više od 20000 (ekstinkcija pravi problem jer su u $|b| < 15^\circ$) – detektovano oko 1200

Globularna jata

Ima ih verovatno oko 200 – detektovano oko 150

Trumpler Classification System

Degree of concentration

- I. Detached clusters with strong central concentration.
- II. Detached clusters with little central concentration.
- III. Detached clusters with no noticeable concentration.
- IV. Not well detached from surrounding star field.

Range of brightness

1. Most of the cluster stars are nearly the same apparent brightness.
2. Moderate range in brightness.
3. Cluster is composed of bright and faint stars.

Number of stars in cluster

p = Poor (less than 50 stars).

m = Medium rich (50-100 stars).

r = Rich (more than 100 stars).

M 45

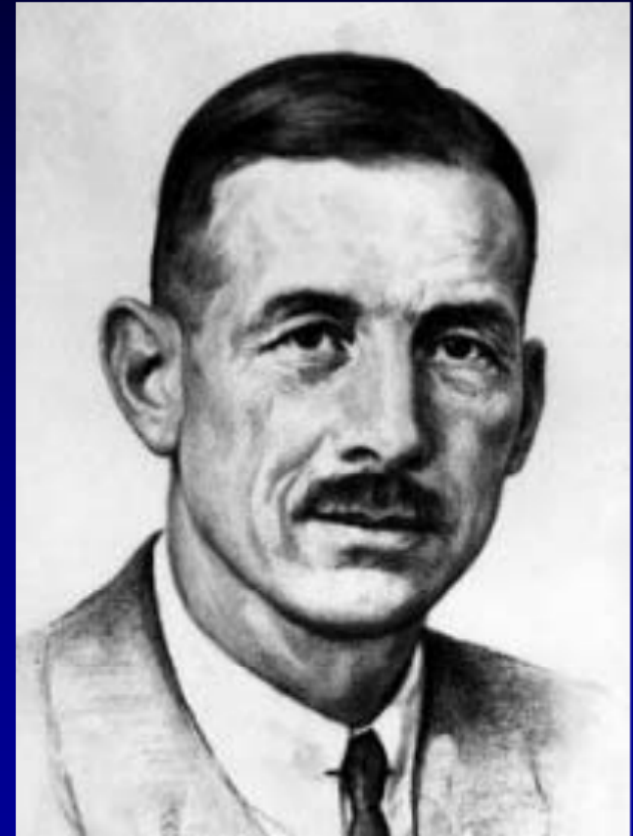
I 3 r n

The letter 'n' following the Trumpler type means that there is nebulosity associated with the cluster.



Robert Julius Trumpler

- 1886-1956
- Swiss born, American Astronomer
- Allegheny Obs -> Lick Obs. -> Berkeley
- Independently discovered the absorption of light by interstellar dust (Boris Vorontsov-Velyaminov independently also found this).
- Introduced term *Galactic Clusters* in 1925.
- Elected to the National Academy of Sciences in 1932.
- His classification system is the most commonly used means of identifying OCs today.
- In 1930, he created a table of 37 Open Clusters that are now known as the Trumpler Catalog.

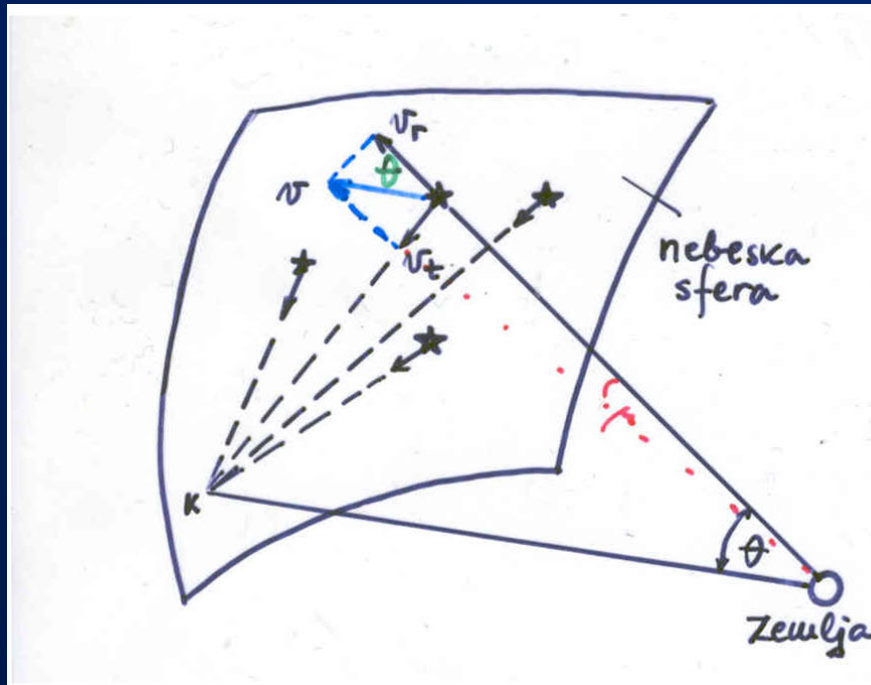
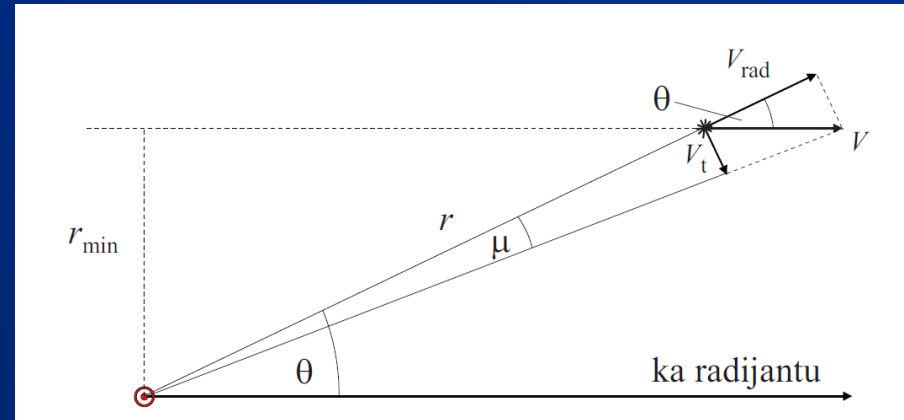


Određivanje rastojanja do rasejanih jata

- Za najbliža jata - jata sa radijantom (Hijade), koristi se tzv. **metod pokretnog jata**

Zvezde u jatu imaju male haotične brzine, pa im je brzina približno jednaka brzini centra masa celog sistema

Grupna paralaksa



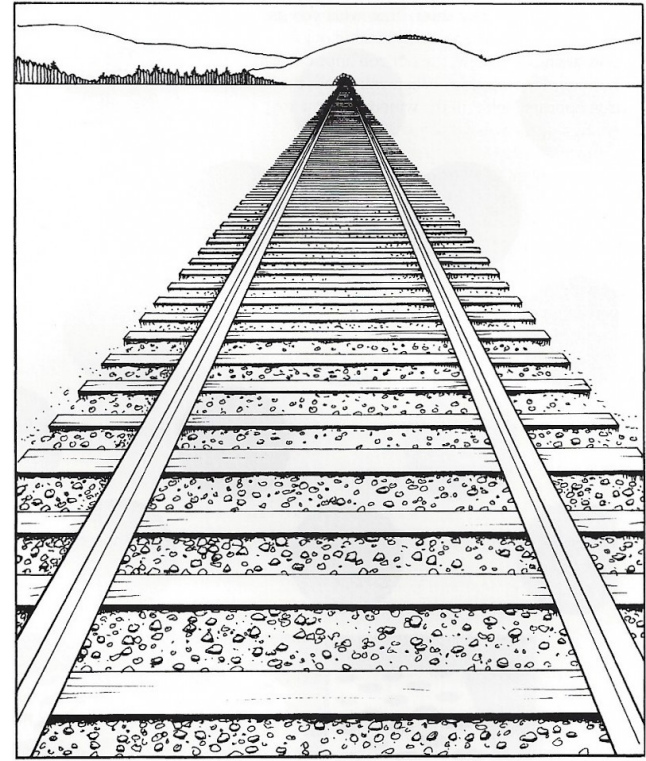
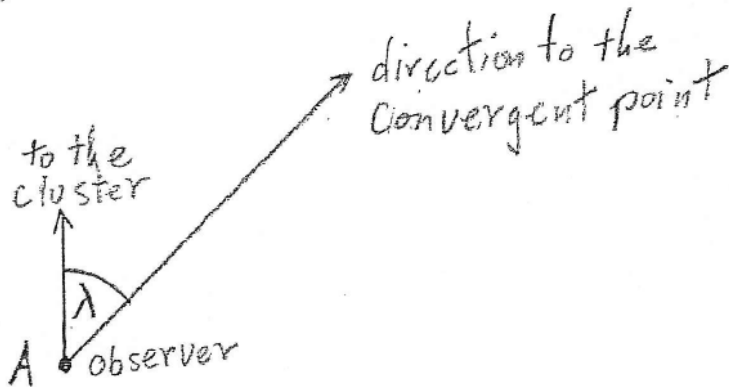
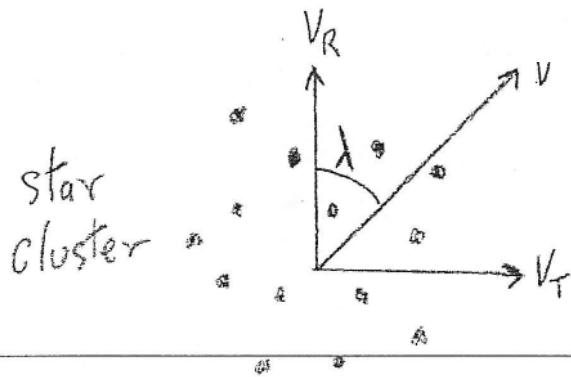
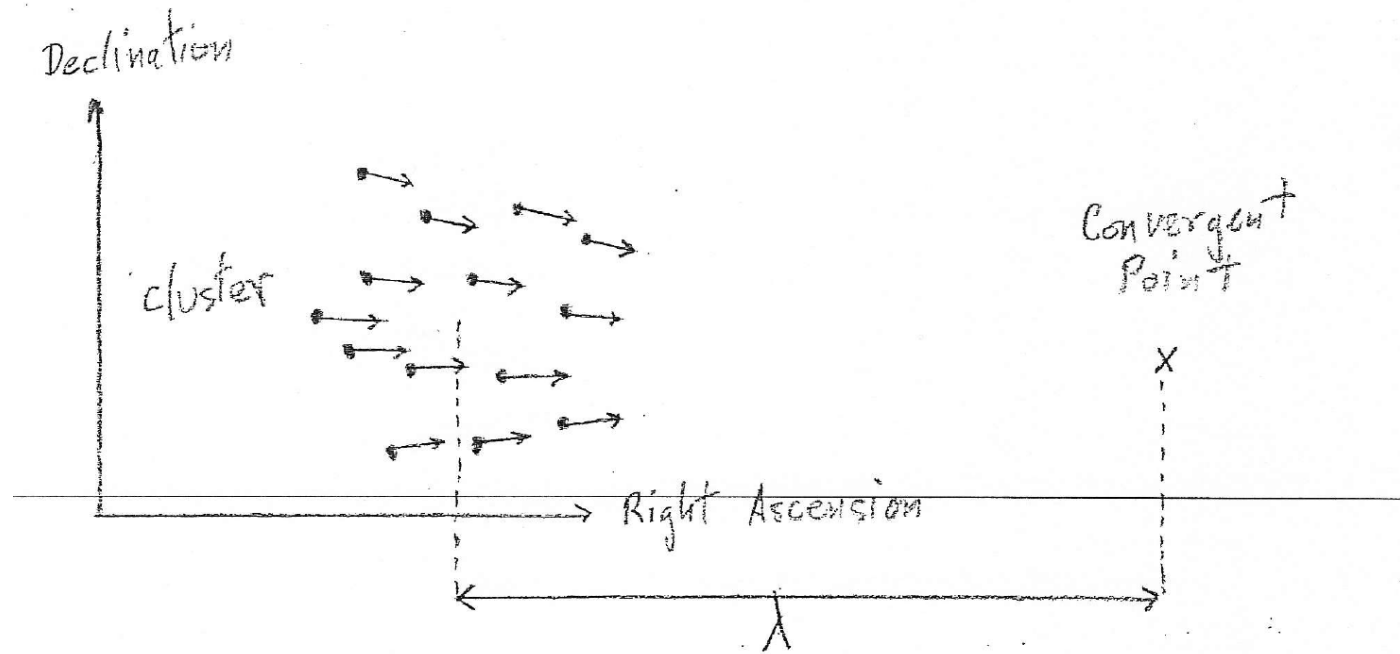
$$v = \frac{v_r}{\cos \theta}$$

$$v_t = v \sin \theta = v_r \tan \theta$$

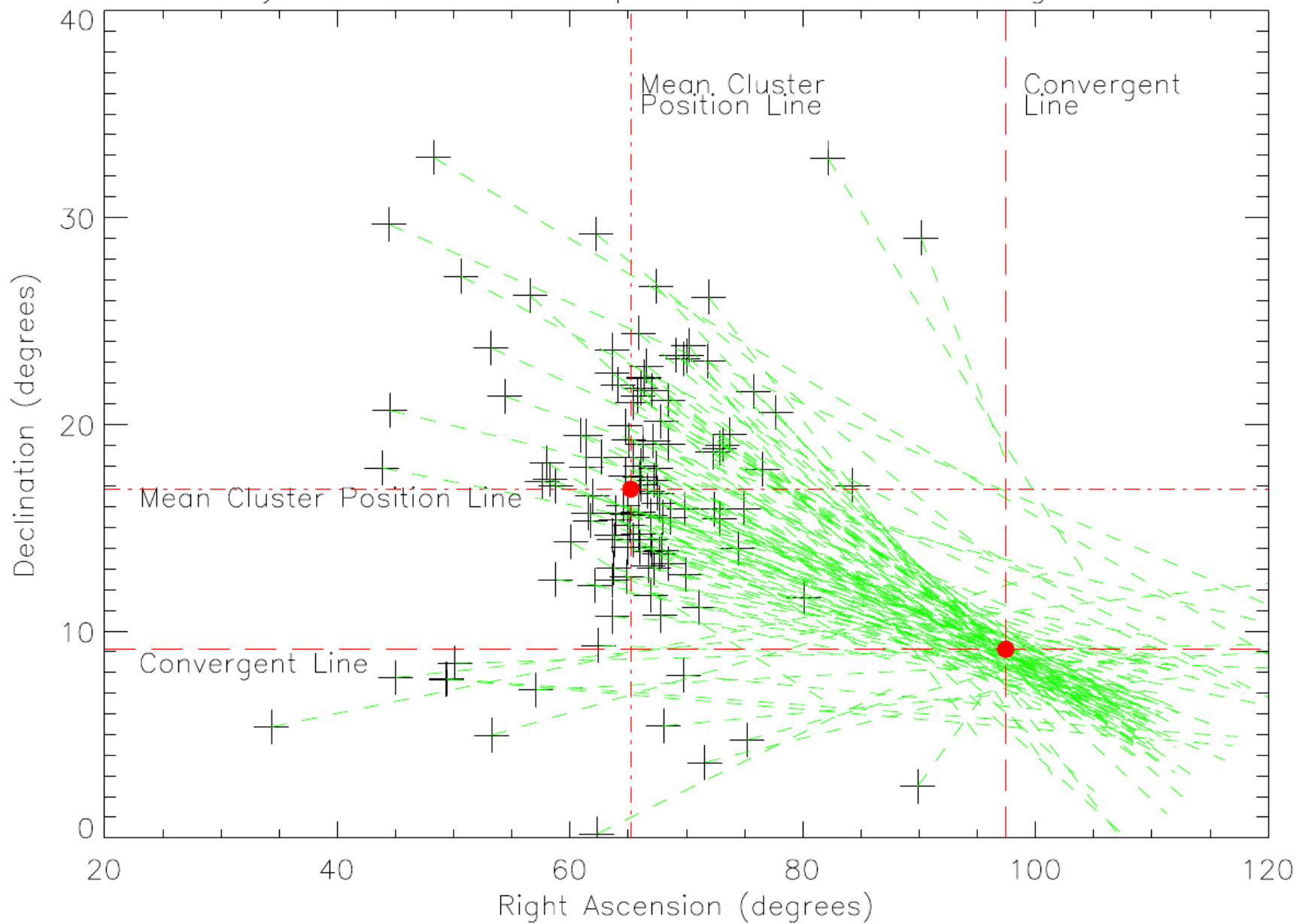
$$v_t = 4.74 \frac{\mu}{\text{Jl}} = 4.74 \mu \cdot r$$

$$r = \frac{v_r \tan \theta}{4.74 \mu}$$

Samo bliska
jata koja
pokrivaju veću
oblast neba



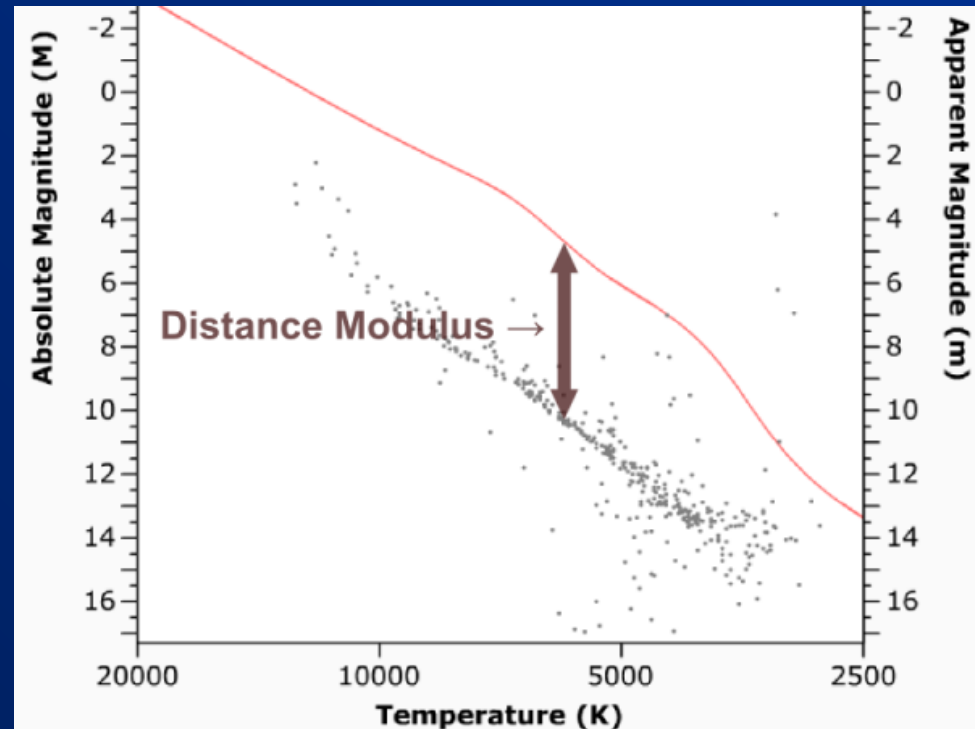
The Hyades Cluster : Proper Motion and Convergent Point



Određivanje rastojanja do rasejanih jata

Fotometrijske daljine

- Rastojanje do daljih rasejanih zvezdanih jata se određuje tzv. **metodom fitovanja glavnog niza**
- Poklapa se leva ivica glavnog niza dijagrama *index boje – prividna zvezdana veličina* jata čije rastojanje tražimo, sa početnim glavnim nizom H-R dijagrama (*index boje – apsolutna zvezdana veličina – za kalibraciona jata sa poznatim r*)
- Razlika ordinata ($m-M$) ova dva dijagrama daje modul rastojanja, tj. rastojanje r do jata

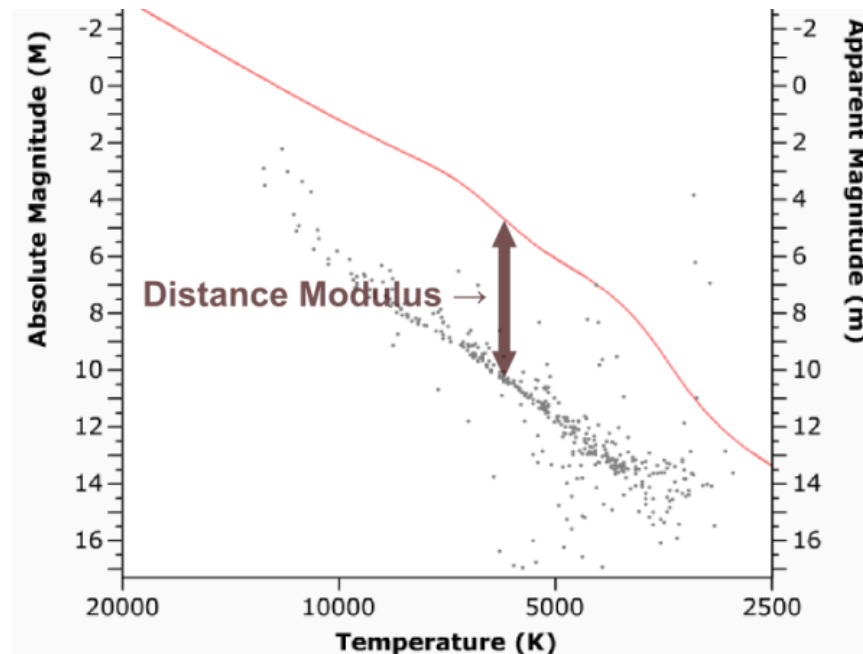


Fitovanje glavnog niza

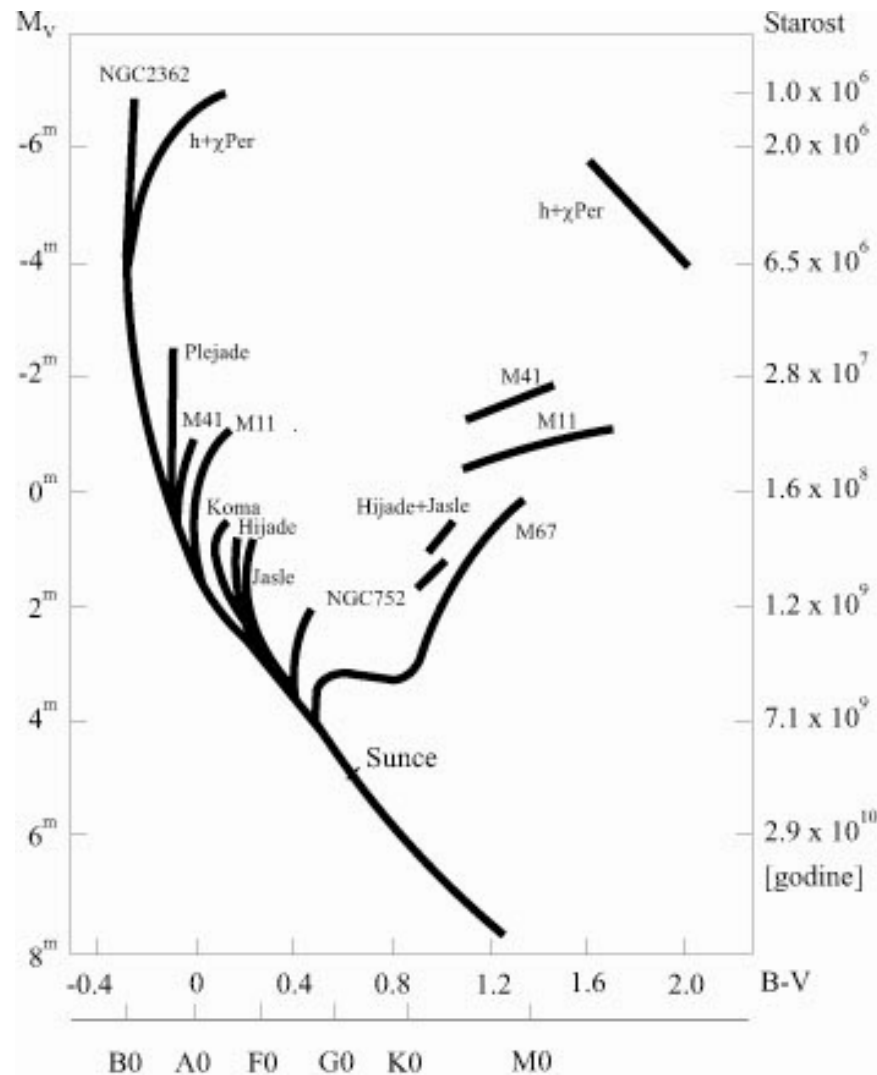
H-R dijagrami jata

Dimenzije jata su obično male prema udaljenosti od Zemlje – mala se greška pravi pri pretpostavci da svaka zvezda jata ima podjednaku udaljenost

Kada se crta grafik prividna zvezdana veličina – boja, onda razlika u odnosu na H-R dijagram je samo u vertikalnom pomeraju – poređenjem sa kalibrisanim H-R dijagramom



H-R dijagrami rasejanih zvezdanih jata

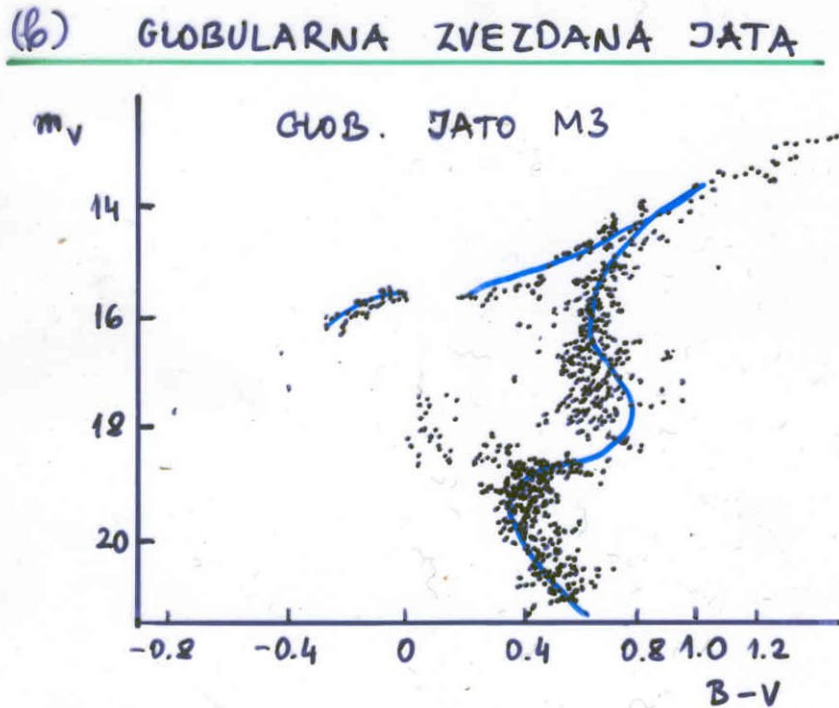


Najveći broj zvezda rasejanih jata leži duž glavnog niza

Mesto odvajanja od glavnog niza određeno je starošću jata

Što je jato mlađe tačka odvajanja je bliža ranim spektralnim klasama

H-R dijagram globularnog zvezdanog jata



Najveći broj zvezda leži u oblastima van glavnog niza (džinovi i subdžinovi) i u donjem delu glavnog niza (zvezde male mase klasa F i G koje sporo evoluiraju; crveni patuljci se ne vide zbog velike udaljenosti jata)

Globularna zvezdana jata čine stare zvezde

Najstarija su nastala verovatno pre oko 13 milijardi godina

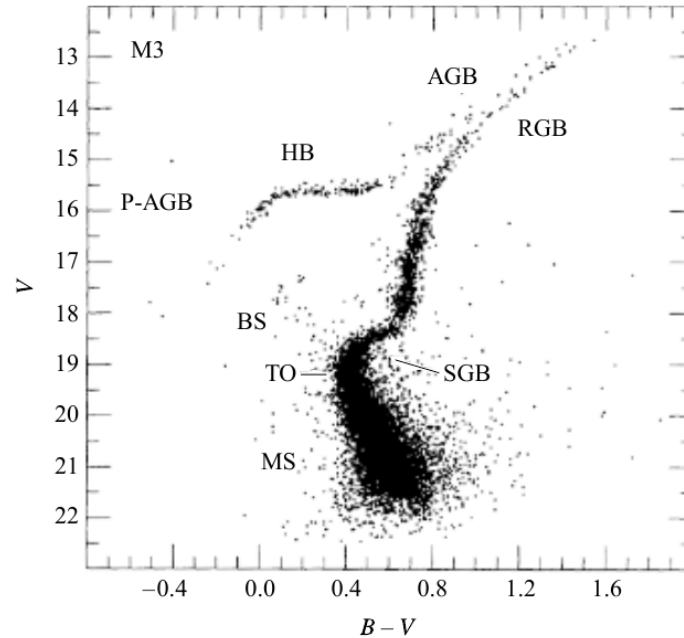


FIGURE 13.17 A color–magnitude diagram for M3, an old globular cluster. The major phases of stellar evolution are indicated: main sequence (MS); blue stragglers (BS); the main-sequence turn-off point (TO); the subgiant branch of hydrogen shell burning (SGB); the red giant branch along the Hayashi track, prior to helium core burning (RGB); the horizontal branch during helium core burning (HB); the asymptotic giant branch during hydrogen and helium shell burning (AGB); post-AGB evolution proceeding to the white dwarf phase (P-AGB). (Figure adapted from Renzini and Fusi Pecci, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 26, 199, 1988. Reproduced with permission from the *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* volume 26, ©1988 by Annual Reviews Inc.)

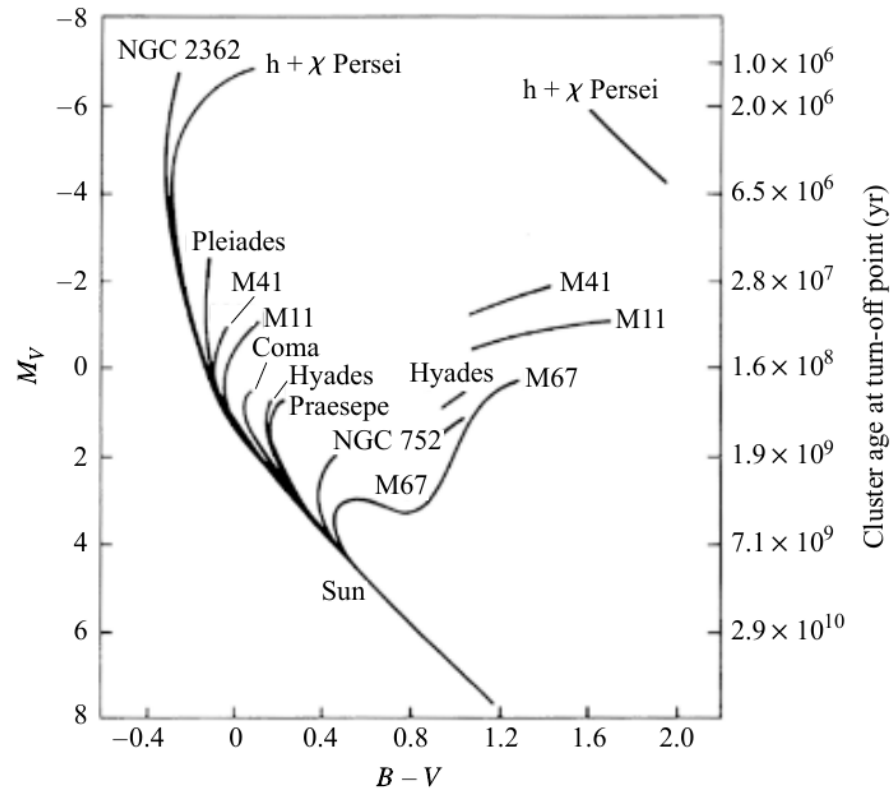


FIGURE 13.19 A composite color–magnitude diagram for a set of Population I galactic clusters. The absolute visual magnitude is indicated on the left-hand vertical axis, and the age of the cluster, based on the location of its turn-off point, is labeled on the right-hand side. (Figure adapted from an original diagram by A. Sandage.)

Vide se npr. crveni džinovi, kao i nedostatak zvezda između džinova i onih što tek napuštaju GN

Veoma brza evolucija nakon napuštanja glavnog niza za zvezde masa većih od oko 1.5 masa Sunca – Hercšprungova praznina – posledica evolucije zvezda

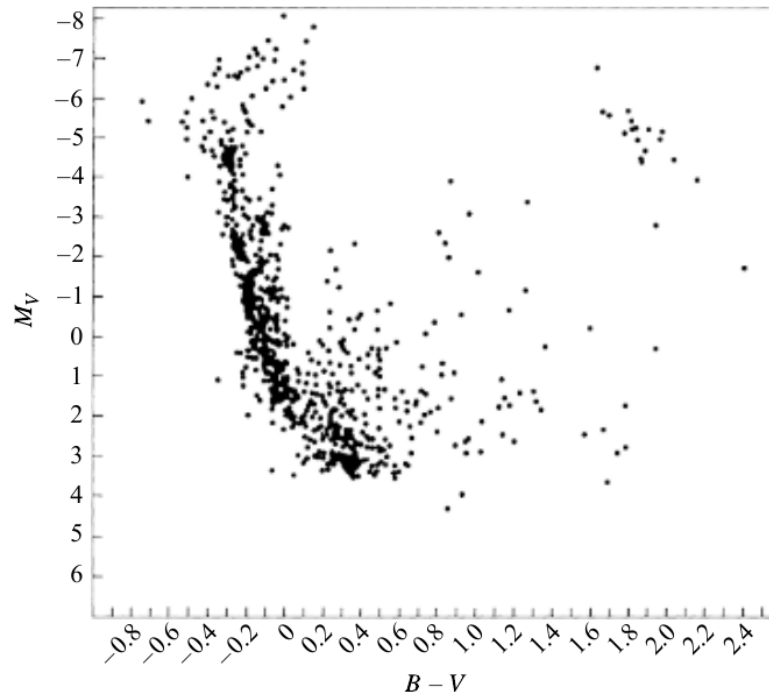
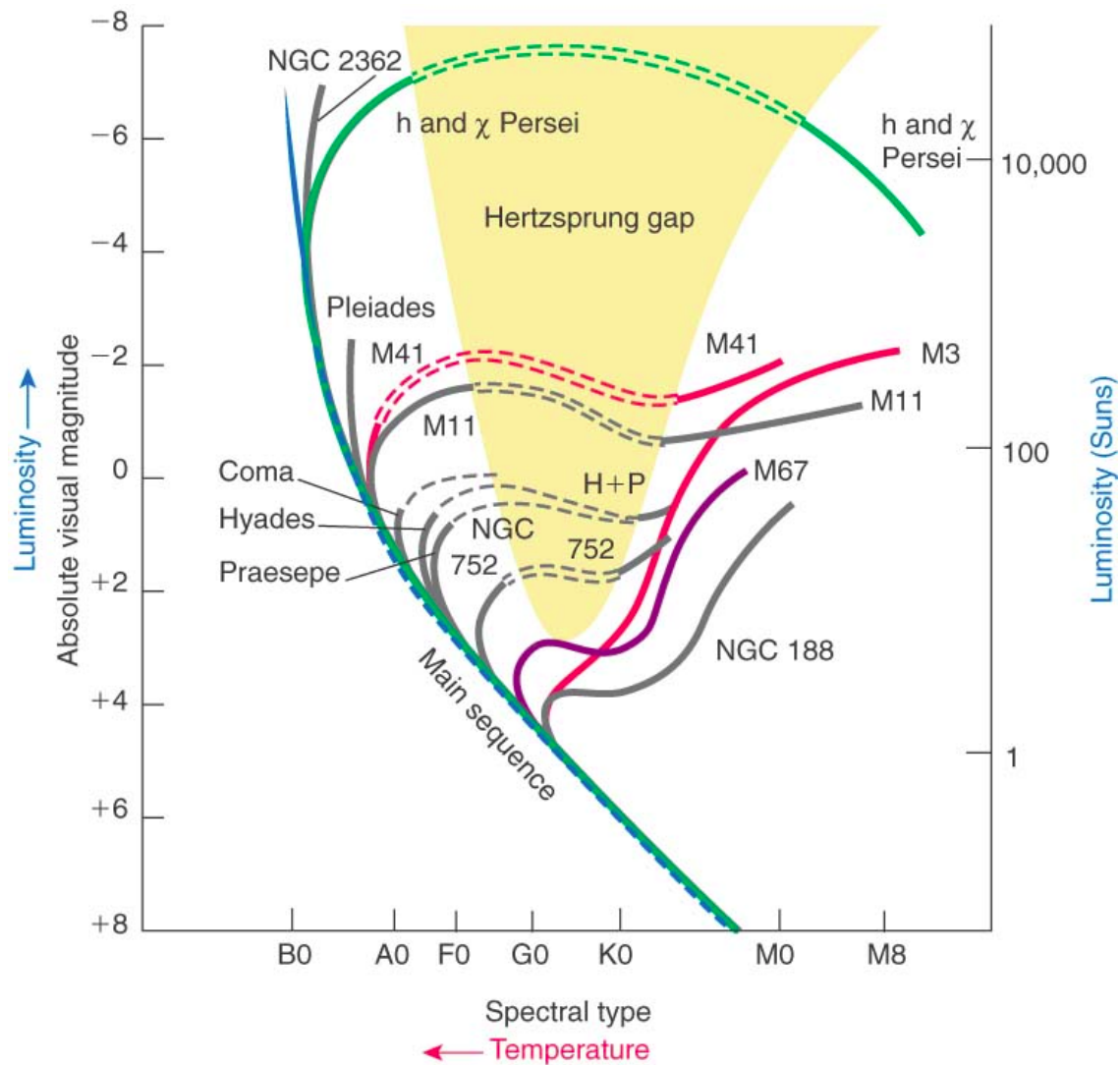


FIGURE 13.18 A color–magnitude diagram for the young double galactic cluster, η and χ Persei. Note that the most massive stars are pulling away from the main sequence while the low-mass stars in the middle of the diagram are still contracting onto the main sequence. Red giants are present in the upper right-hand corner of the diagram. (Figure adapted from Wildey, *Ap. J. Suppl.*, 8, 439, 1964.)



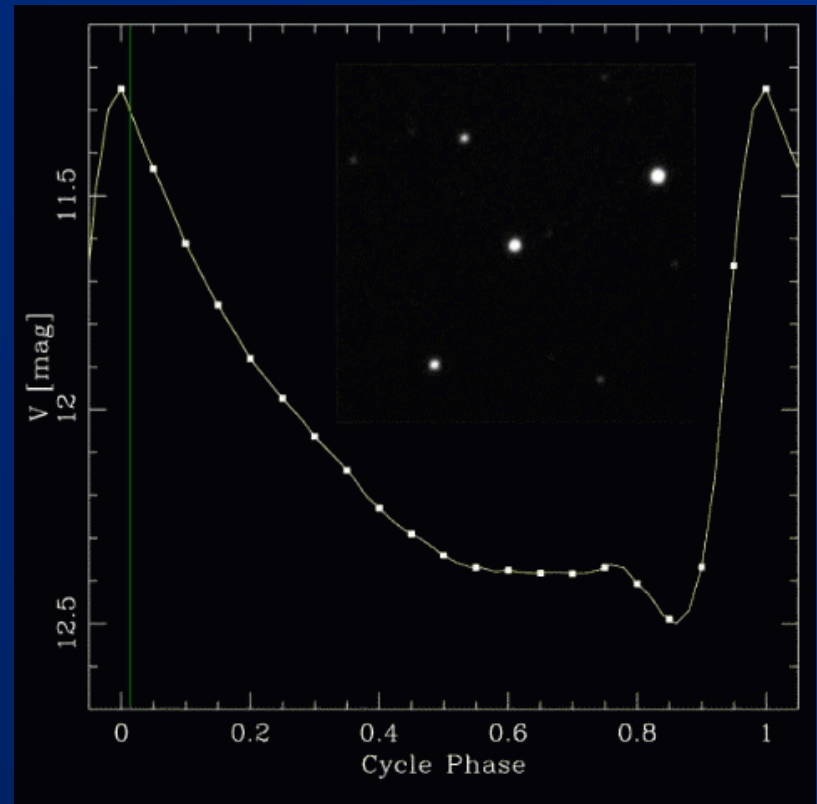
© 2004 Thomson/Brooks Cole

Kod starijih jata, gde je tačka odvajanja bliža oblasti masa rerda ili manjih od Sunčeve, se ne vidi praznina

Određivanje rastojanja do globularnih jata

- Određuje se merenjem srednjih prividnih magnituda promenljivih zvezda tipa RR Lyrae, čija je srednja apsolutna magnituda $M = +0.5$

Primenjuje se relacija:
 $M = m + 5 - 5 \log r$



Kriva promene sjaja zvezde tipa RR Lyrae

Zvezdane asocijacije – oblasti sa povećanom koncentracijom zvezda nekog tipa

Sadrže otvorena jata (4pc) i višestruke zvezde

- Zvezde klasa O i B imaju tendenciju da se javljaju u grupama koje su manje kompaktne od jata (O i B asocijacije) – Sastoje se od nekoliko desetina (najčešće oko 30) zvezda
- Vreme njihovog raspada je oko 10^6 – 10^7 godina, što znači da su posmatrane asocijacije vrlo mlade
- T Tau asocijacije (mlade, pre glavnog niza, protozvezde)

Asocijacije (80pc), Agregati (250pc), Superasocijacije (600pc), Kompleksi (600pc), Regioni (1500pc)