

Sistemi i yjeve

Mr. Sahudin Hysenaj

12 prill 2008

Përmbledhje

Nga të gjitha yjet që ne i shohim gjatë netëve të kthjellëta, vetëm 30% prej tyre janë yje të njëfishta, d.m.th. janë të ngjashme me Diellin, ndërsa 47% janë yje të dyfishta, çka do të thotë se janë çifte yjesh të cilat rrotullohen rreth qendrës së përbashkët (qendrës së masës) nën veprimin e forcës tërheqëse, kurse pjesa tjetër e mbetur përbën sisteme të yjeve.

Vrojtimet tregojnë se të gjitha yjet nuk janë të vetme në hapësirë, faktikisht nuk janë të njëfishta, siç është Dielli ynë. Madje, në galaktikën tonë 85 % të yjeve janë të dyfishta (ose sistem të yjeve të përbëra nga tri e më tepër yje). Në këto sisteme yjet janë të lidhura me forcat gravitacionale dhe rrotullohen rreth qendrës së përbashkët. Prania e yjeve të dyfishta dhe e sistemeve të yjeve nuk është për të na çuditur, sepse, sikur do ta shohim në të ardhmen, yjet kryesisht lindin në grupe. Sipas statistikave, në çdo 100 sisteme të yjeve llogariten mesatarisht 200 yje nga të cilët vetëm 30 janë të njëfishta, ndërsa 90 janë yje të dyfishta. Pjesa tjetër e mbetur përbën sistemin nga tri e më shumë yje.

1 Yjet e dyfishta

Në çdo dy yje, të cilat janë afër njëri-tjetrit, janë të lidhura fizikisht në një sistem. Ndonjëri nga ata rastësisht projektohet në sferën qiellore afër njëri-tjetrit, mirëpo dyfishësia e tyre është vetëm e dukshme. Po sikur të orientohemi në qiell dhe ta gjejmë figurën më karakteristike, Arushën e Madhe, e cila dallon me shtatë yjet e saj, më të ndritshme, ky është edhe orientimi më themelor në qiellin verior. Nga ky orientim mund t'i gjejmë të gjitha yjësitë që shihen nga territori i Kosovës. Faktikisht, në atë pjesë të qiellit ku shihet Arusha e Madhe, ka mbi 125 yje, por shtatë më të shndritshmit nga α gjer tek η formojnë «makinen». Nëse i shikojmë tri yjet e para nga bishti, do të vërejmë se njëri nga ata është ylli i dyfishtë. Madje me dylbi apo me teleskop shkollor të dy yjet shihen shumë mirë, siç janë Micari dhe Alkori. Ylli i parë, Micari (Micar, fjalë arabe, që në gjuhën tonë do të thotë Kupë dhe Alkor = kali i zi) është më i ndritshëm dhe vetëm në 12" (sekonda këndor) nga ai shihet edhe ylli më pak i ndritshëm, Alkori. Dikur arabët, duke vrojtuar yllin e dyfishtë, përkatësisht Micarin dhe Alkorin, i kanë rekrutuar ushtarët e vet në këtë mënyrë: ata të cilët kanë qenë në gjendje t'i shohin këto dy yje të ndara,

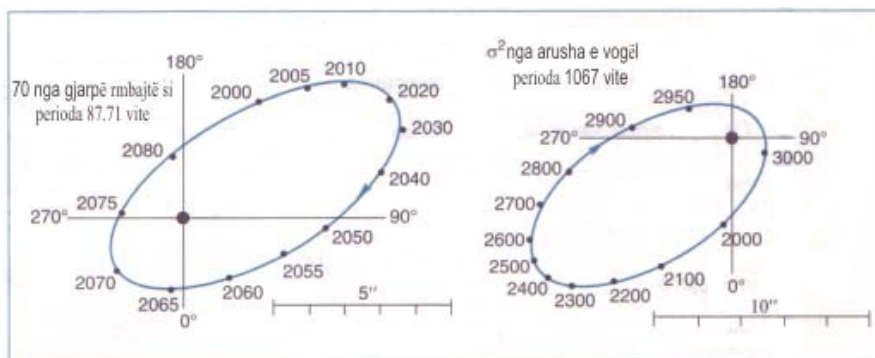


Figura 1: Te yjet vizuale të dyfishta mund ta përshkruajmë (ta përcjellim) lëvizjen e dukshme të satelitit rreth yllit kryesor. Në figurë majtas është treguar orbita e yllit tipik vizual të dyfishtë 70 i yjesisë, Gjarpërmbajtësi, i cili nga Shqipëria dhe Kosova shihet gjatë muajve maj-tetor. Sateliti rrotullohet rreth yllit kryesor, përafërsisht për 90 vite. Djathtas në figurë është treguar sistemi i dyfishtë $\sigma 2$ i yjesisë, Arusha e Madhe, ku sateliti rrotullohet për një kohë shumë të gjatë rreth 1070 vite.

janë pranuar në ushtri, të tjerët që nuk e kanë pasur këtë aftësi nuk janë pranuar në këtë ushtri. Nga këndvështrimi i vrojtimit, yjet e dyfishta të vërteta paraqesin pamje shumë të ndryshme, por ne do t'i trajtojmë këtu, në këtë trajtesë, vetëm ato më kryesoret.

2 Yjet vizuale të dyfishta

Disa nga yjet e dyfishta janë mjaft afër me tokën dhe mu për këtë ato mund të dallohen si të ndara, kur të vrojtohen me teleskop. Yjet nga dyshja quhen Komponentët A dhe B në sistemin e dyfishtë. Komponenta më masive njihet si ylli më kryesor, ndërsa tjetra njihet si satelit. Për shembull, ylli polar i yjesisë, Arusha e Vogël, është i këtij lloji. I njohur nga të gjithë. Por të paktë janë ata njerëz që e dinë se ky është vizual, i dyfishtë në distancë mes komponentëve për 18" (sekonda këndor).

Është konstatuar se edhe Micari i Arushës së Madhe është vizual, me largësi këndore mes komponentëve për 14". Aktualisht janë të njohur rreth 2000 yje të tillë. Periodat e rrotullimit T të komponentëve rreth qendrës së përbashkët (qendrës së masës) janë nga disa vite gjer në mijëra vite. Në fig. 1, janë treguar orbitat e dy yjeve tipike vizuale të dyfishta. Orbitat në vizatim janë orbitat e shkaktuara ndaj yllit kryesor, jo ndaj qendrës së masave.

Si na e japin mundësinë yjet e dyfishta që t'i llogarisim direkt masat e yjeve? Do t'i gjejmë masat m_1 dhe m_2 të komponentëve të sistemit të dyfishtë, të cilat rrotullohen rreth qendrës së përbashkët të masave C në distancë që i përgjigjen a_1 dhe a_2 fig. 2, megjithëse komponentët lëvizin me shpejtësi të ndryshme lineare v_1 dhe v_2 , shpejtësitë këndore ω_1 dhe ω_2 dhe periodat e rrotullimit T_1 dhe T_2 janë të ngjashme, përkatësisht $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ dhe $T_1 = T_2 = T$. Përgjatë lëvizjes rreth qendrës së masave mbi sistemin e



Figura 2: Qendra e masave

yjeve veprojnë forcat centripetale F_1 dhe F_2 të cilat janë të barabarta sipas madhësisë, por me drejtime të kundërta. Pra, $F_1 = F_2 = F$. Atëherë $m_1 a_1 \omega^2 = m_2 a_2 \omega^2$

Ose

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1} \quad (1)$$

Forca centripetale faktikisht është forca gravitacionale, që vepron në mes të dy yjeve në sistem. Kjo është e barabartë me:

$$\frac{Gm_1 m_2}{(a_1 + a_2)^2} = m_1 a_1 \omega^2 = m_2 a_2 \omega^2 \quad (2)$$

Ku G është konstanta gravitacionale. Nga (1) rrjedh se $a_2 = a_1 \frac{m_1}{m_2}$, atëherë shuma e largësive gjer tek qendra e masave është:

$$a_1 + a_2 = a_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) \quad (3)$$

nga këtu rrjedh

$$a_1 = (a_2 + a_1) \frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad (4)$$

në barazimin

$$m_1 a_1 \omega^2 = \frac{Gm_1 m_2}{(a_1 + a_2)^2} \quad (5)$$

zëvendësojmë a_1 në shprehjen (4) dhe fitojmë

$$\frac{m_1 m_2 (a_1 + a_2) \omega^2}{m_1 + m_2} = \frac{G m_1 m_2}{(a_1 + a_2)^2} \quad (6)$$

ose

$$(a_1 + a_2)^3 \omega^2 = G(m_1 + m_2) \quad (7)$$

e dimë se $\omega = 2\pi/T$ pas transformimit do të arrijmë gjer tek shprehja:

$$\frac{T^2}{4\pi^2 (a_1 + a_2)^3} = \frac{1}{G(m_1 + m_2)} \quad (8)$$

Ekuacioni (8) faktikisht është ligji i tretë i J. Keplerit, përgjithësuar për dy masa. Nëse gjatë vrojtimit mund ta gjejmë periodën T dhe distancën $(a_1 + a_2)$ mes komponentëve, nga ekuacioni (8), mund ta gjejmë masën e përgjithshme të sistemit: $m_1 + m_2$. Nëse arrijmë të gjejmë edhe gjendjen e qendrës së masave, atëherë nga (1) do të fitojmë edhe vlerën e raportit m_1/m_2 . Tani na mbetet vetëm të gjejmë një sistem nga dy ekuacionet, i kyçur $m_1 + m_2$ dhe m_1/m_2 që t'i gjejmë edhe vetë masat m_1 dhe m_2 , p.sh. për komponentët e yllit të dyfishtë, Siriusit, yllit më të ndritshëm të qiellit. E dimë nga vrojtimi se $T = 49.9$ vite, $(a_1 + a_2) = 7.62''$ dhe $a_2/a_1 = 2.3$ kur t'i zëvendësojmë këto vlera në formulën (1) dhe (8) do të gjejmë

$$m_1 + m_2 = 3.23 \quad (9)$$

dhe

$$m_1/m_2 = 2.3 \quad (10)$$

pasi ta zgjedhim sistemin nga dy ekuacionet, gjejmë :

$$m_1 = 2.25 M_{\odot} \quad dhe \quad m_2 = 0.98 M_{\odot} \quad (M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg} - \text{masa e diellit})$$

3 Yjet spektrale të dyfishta

Kjo është klasë e yjeve të dyfishta, komponentët e të cilave janë shumë afër mes vete dhe nuk mund të shihen si të ndara gjatë vrojtimit me teleskop. Kjo klasë e yjeve të dyfishta nuk është e madhe për nga numri. Astronomët i njohin rreth 2500 yje të tilla. Dyfishësia e tyre mund të zbulohet duke e analizuar spektrin e tyre përgjatë intervaleve kohore. Tek ata vrojtohet një zhvendosje periodike ose linjat spektrale degëzohen, ndahen në dysh fig. 3.

Ndryshimi i spektrave të këtyre yjeve i detyrohet efektit të Doplerit. Secila nga komponentët rrotullohet rreth qendrës së përbashkët të masave. Afrimi dhe largimi i komponentëve shkakton zhvendosjen e linjave të spektrit, përkatësisht të vijave spektrale, respektivisht afrimi dhe largimi i yjeve ndaj vrojtuesit shkakton zhvendosjen e linjave spektrale, ashtu që kur afrohen yjet vijat zhvendosen kah pjesa e kaltër e spektrit, ndërsa

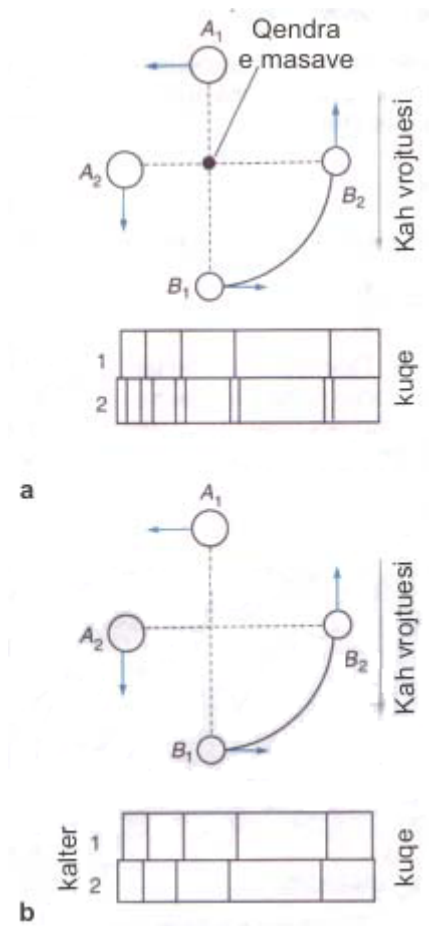


Figura 3: Ndryshimi i spektrave të yjet spektrale të dyfishta. (a) kur të dy nga komponentët janë të afërta për nga shkëlqimi, vrojtojmë vijat, linjat e spektrit të ndara në dysh dhe të bashkuara në mënyrë periodike. (b) Kur njëra ndër komponentët është shumë me e ndritshme se tjetra dhe shihet vetëm spektri i saj, atëherë vrojtohen lëkundjet periodike të linjave rreth ndonjë gjendje mesatare.

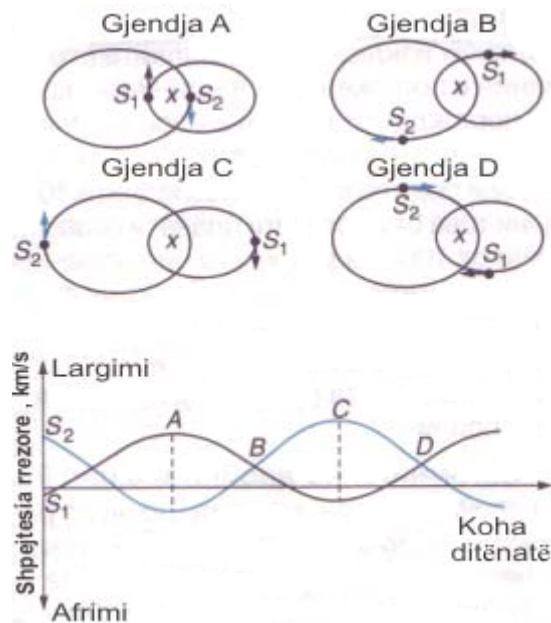


Figura 4: Ndryshimet e shpejtësive rrezore të komponentëve S_1 dhe S_2 në një sistem spektral të dyfishtë. Me simbolin X është paraqitur qendra e masave të sistemit. Është paraqitur konfiguracioni i sistemit në katër gjendje të fundit.

kur largohen, kah pjesa e kuqe. Varësisht nga shkëlqimi i dy yjeve do t'i vrojtojmë linjat spektrale periodike të ndara në dysh ose zhvendosjen periodike të linjave spektrale ndaj ndonjë gjendjeje mesatare. Për t'i llogaritur shpejtësitë rrezore të yjeve të dyfishta v_r mund ta shfrytëzojmë efektin e Doplerit: $\lambda/\lambda_0 = 1 + v_r/c$.

Nëse ju kujtohet analiza spektrale, metoda më themelore në astronomi, e cila astronominë e ka kthyer në një shkencë të saktë dhe moderne, v_r — është shpejtësia rrezore e yllit e në rastin tonë shpejtësia rrezore e ndonjëres nga komponentët që do të thotë është shpejtësia ndaj rrezes së shikimit, përkatësisht shpejtësia e afrimit ose e largimit të yjeve, përkatësisht komponentëve ndaj tokës, përkatësisht ndaj vrojtuesit. Gjatë vrojtimit të ndryshimit të spektrave të yjeve spektrale të dyfishta përcaktojmë se si këto shpejtësi rrezore ndryshojnë me kohën fig. 4.

Nga kjo lakore që ndërtuam nuk është vështirë t'i llogarisim shpejtësitë orbitale v_1 dhe v_2 të komponentëve në sistem, sikurse edhe periodën T të rrotullimit rreth qendrës së masave.

Kur dimë v_1 dhe v_2 , si t'i gjejmë masat e komponentëve të një sistemi të dyfishtë? Ta shikojmë për thjeshtësi orbitën rrethore. Rrotullimi nëpër rreth është $2\pi a_1 = v_1 T$ dhe më pastaj

$$a_1 = \frac{v_1 T}{2\pi} \quad (11)$$



Figura 5: Këtu mund ta shihni se si do të mund të shihej sistemi planetar në yllin HD70642 i cili ngjan në diellin tonë. Ky gjendet në distancë 90 ly nga planeti ynë, përkatësisht nga ne. Me dylbi mund të shihet në yjësinë Bashi. Rreth këtij ylli është zbuluar planeti me masën dy herë më të madhe sesa e Jupiterit. Planeti rrotullohet rreth yllit në distancë aq sa është Marsi me Diellin. Orbita e planetit pothuajse është rrethore, gjë që lejon ekzistimin e planetëve të banueshme, respektivisht lejon ekzistimin e planetëve të tipit të tokës sonë. Kjo mundësi është e përjashtueshme për sistemet ekzotike të zbuluara deri më sot, ku planetët e mëdha sa Jupiteri, madje edhe më të mëdha se Jupiteri rrotullohen furishëm nëpër orbitat eliptike. Kjo i destabilizon orbitat e planetëve të vegjël dhe këto sisteme mezi përmbajnë planete me kushte të përshtatshme për t'u zhvilluar jeta sikur që zhvillohet në planetin tonë.

dhe

$$a_2 = \frac{v_2 T}{2\pi} \quad (12)$$

atëherë nga barazimi për qendrën e masave 1 shkruajmë

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad (13)$$

kështu që llogarisim raportin m_1/m_2 , nën këto rrethana gjatë vrojtimit mund ta llogarisim edhe shumë $a_1 + a_2$ (por jo gjithmonë!) ku nga ligji i tretë i J. Keplerit (8) gjejmë shumë e masave $m_1 + m_2$. Kjo mjafton që t'i llogarisim edhe masat e komponentëve të ndara. Metoda e njëjtë vrojtuese – gjurmon zhvendosjen periodike të linjave spektrale, zbatimi i saj do të ishte shumë frytdhënëse për kërkimin e planetëve rreth sistemeve të tjera diellore. Aparatura e avancuar bashkëkohore mund t'i vërë re edhe zhvendosjet e linjave spektrale të cilat shkaktohen nga masat e vogla të planetëve në raport me masat e yjeve të tyre familjare. Në dhjetëvjeçarin e fundit kjo ka bërë të mundur zbulimin e shumë planetëve, mbi 100 yje, të cila ne i quajmë ekzoplanete për të mos i ngatërruar me planetët e sistemit tonë diellor.

Ndonjëra nga sistemet ekzoplanetare ngjajnë në sistemin tonë planetar, por më shumë edhe nuk ngjajnë në sistemin tonë planetar dhe në planetin tonë fig. 5

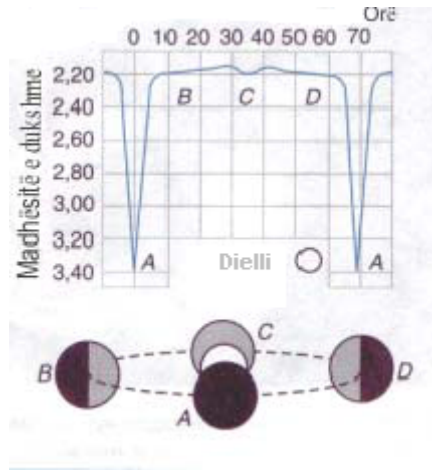


Figura 6: Lakorja që paraqet ndryshimin e ndriçimit të Algolit (β i yjesisë Persej) përgjatë një intervali kohor. Kur ylli më i shndritshëm i sistemit zihet (eklipsohet), intensiteti i dritës që vjen nga Algoli, përkatësisht shkëlqimi i Algolit, zvogëlohet furishëm (Pika A). Kur ylli më pak i ndritshëm është pas atij më të ndritshmit (pika C), intensiteti i dritës përsëri dobësohet, por jo edhe aq shumë dhe ne shohim minimumin e dytë të shkëlqimit. Kur nuk ka zënie (eklips), shkëlqimi i sistemit i përgjigjet pozitës B dhe D, madje këtë pozitë e kemi definuar mirë edhe në lakore. Për krahasim është treguar madhësia e diellit tonë në shkallë të njëjtë.

4 Yjet eklipso të dyfishta

Këto janë yje të cilat gjithashtu nuk mund të shihen të ndarë përgjatë vrojtimit me teleskop. Këto yje e fshehin në mënyrë të veçantë shkëlqimin e vet të përgjithshëm, i cili ndryshon periodikisht, ndryshim i cili shkaktohet si rezultat i zënies (eklipsit) të njërit yll nga ylli tjetër përgjatë lëvizjes orbitale, që e përbëjnë sistemin e dyfishtë. Ylli më i njohur eklipso i dyfishtë është β i yjesisë Persej që quhet Algol dhe nga Shqipëria e Kosova mund të vrojtohet gjatë muajve gusht–maj. Në fig. 6 është paraqitur lakorja e cila paraqet ndryshimin e ndriçimit të Algolit përgjatë një intervali kohor bashkërisht me modelin e sistemit. Sipas lakores që paraqet ndryshimin e ndriçimit të yllit eklipso të dyfishtë mund të llogariten direkt rrezet e tyre, si edhe disa nga parametrat në atmosferë. Gjithashtu, është e mundur të llogariten edhe masat e yjeve në sistem, por metodika në mënyrë të veçantë është më e ndërlikuar. Aktualisht janë të njohur rreth 4000 yje eklipso – të ndryshueshëm në sistem të dyfishtë.

5 Kupat yjore

Në qiell mund të shihen madje edhe me sy të lirë zona në të cilat yjet janë të grumbulluara në një vend. Sistemin nga shumë yje, të lidhura me forcat gravitacionale mes vete,

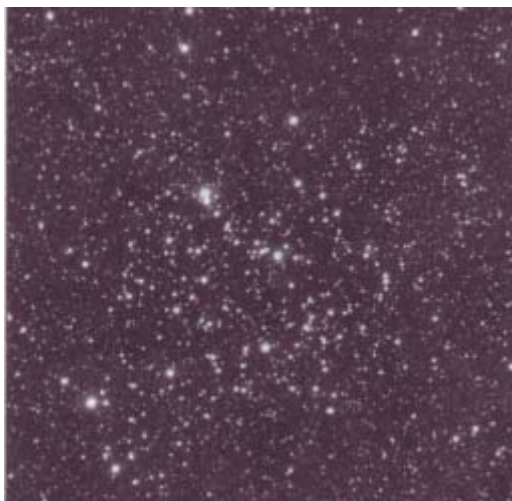


Figura 7: Kupa yjore e hapur M35 në yjësinë binjakët. Gjendet relativisht afër nga ne. Distanca gjer tek ajo është 2800 ly dhe është relativisht e re. Mosha e saj është 150 milion vite. Është sferë më diametër 30 ly dhe përmban rreth 2500 yje.

astronomët e quajnë kupa yjore. (Si do ta shohim më vonë – me prejardhje të njëjtë). Sipas pamjes së jashtme, kupat yjore ndahen në kupa të hapura dhe kupa sferike. Kupat yjore të hapura duhet të jenë më afër dhe më larg, më të reja dhe më të vjetra, të përqendruara dhe jo veçanërisht të koncentruara. Këto përmbajnë kryesisht nga 100 deri në 10 000 yje të formuara në të njëjtën kohë fig. (7).

Këto kupa vrojtohen afër brezit të Rrugës së Qumështit dhe në vetë këtë. Madhësitë e tyre rrallë i kalojnë $30ly$ — $40ly$. Këto përmbajnë edhe pjesë të yjeve të tipit I.

Kupat yjore sferike kanë formë sferike dhe përmbajnë qindra, mijëra dhe në disa raste edhe miliona yje, ku përqendrimi i yjeve rritet kah qendra e kupave (8). Për dallim nga kupat yjore të hapura, kupat yjore sferike përmbajnë në vete yje më të vjetra të tipit II dhe vrojtohen jo vetëm në rrafshin e Rrugës së Qumështit, por edhe në të gjitha drejtimet. Madhësitë janë të rendit 150 ly. Dikur kur Rrugja e Qumështit ka qenë më e re, kupat yjore sferike kanë qenë me mijëra e mijëra. Por, momentalisht kanë mbetur diku vetëm 200 për nga numri.

Shumë nga këto kupa shuhën si rezultat i veprimit të njërit me tjetrin, përkatësisht si rezultat i koncentrimit të yjeve me dendësi të madhe në qendër të Rrugës së Qumështit. Për nga mosha vlerësohen ndër më të moshuarit, madje sipas tyre është vlerësuar edhe mosha e vet gjithësisë. Në diagramin «spektër–dritësi», në kupat e hapura ndërtohet mirë vargu kryesor fig. (9.a). Por, për kupat sferike është më i ndryshëm nga ai i kupave të hapura, fig. (9.b). Në ata vrojtohet vetëm pjesa e poshtme e vargut kryesor dhe shumë gjigantë të kuq. Ndryshimi në diagrame i përgjigjet moshës së ndryshme dhe evoluimit të ndryshëm në të cilën gjenden yjet që janë anëtare të kupave. Yjet në kupat e hapura janë kryesisht të reja, ndërsa kupat sferike, sikur që thamë në fillim, përmbajnë yjet më të vjetra dhe me evoluim më të gjatë në Rrugën e Qumështit.



Figura 8: Kupa yjore sferike ω nga Yjësia e Kentaurit. Kjo është njëra ndër kupat më masive në galaktikën tonë, përmban rreth 10 milionë yje, të përqendruara në sferë me diametër prej 150 ly. Distanca gjer tek ai është rreth 17 000 ly. Kupa është njëra ndër të paktat që shihet me sy të lirë si një yll me pak shkëlqim. Distanca mesatare në mes të yjeve në qendër është 0.1 ly, krahasuar me rajonin në Rrugën e Qumështit, ku gjendet dielli ynë, aty distanca mesatare në mes të yjeve është 50 herë më e madhe.

Yjet në kupa janë të formuar në të njëjtën kohë dhe fillimisht të gjitha kanë qenë të shpërndarë përgjatë vargut kryesor të yjeve në diagramin «spektër-dritësi», varësisht nga masa e tyre. Kjo mund të shihet nëpër diagram në kupat e hapura të cilat janë më të reja.

Gjatë intervaleve kohore yjet më masive që evoluojnë më shpejt, e lëshojnë vargun kryesor të yjeve dhe zënë vend në gjigantet e kuq. Kjo tashmë u ka ndodhur kupave yjore sferike të cilat janë shumë më të moshuara nga kupat yjore të hapura. Vendi në harkun e vargut kryesor të yjeve kah dega e gjigantëve të kuq në diagram flet për moshën e kupës yjore.

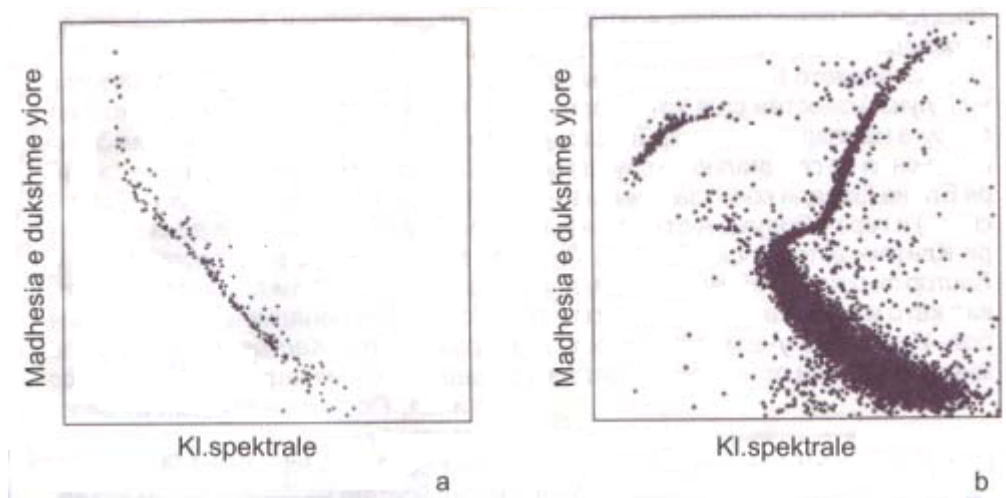


Figura 9: Diagrami Hertzsprung-Russell,H-R (spektër-dritësi) për kupat yjore të hapura (a) dhe për kupat yjore sferike (b).