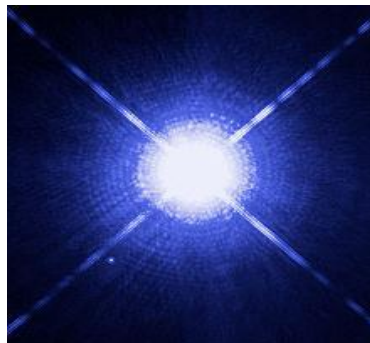


# HVIEZDY IV. A V. – DVOJHVIEZDY A HVIEZDNE SYSTÉMY

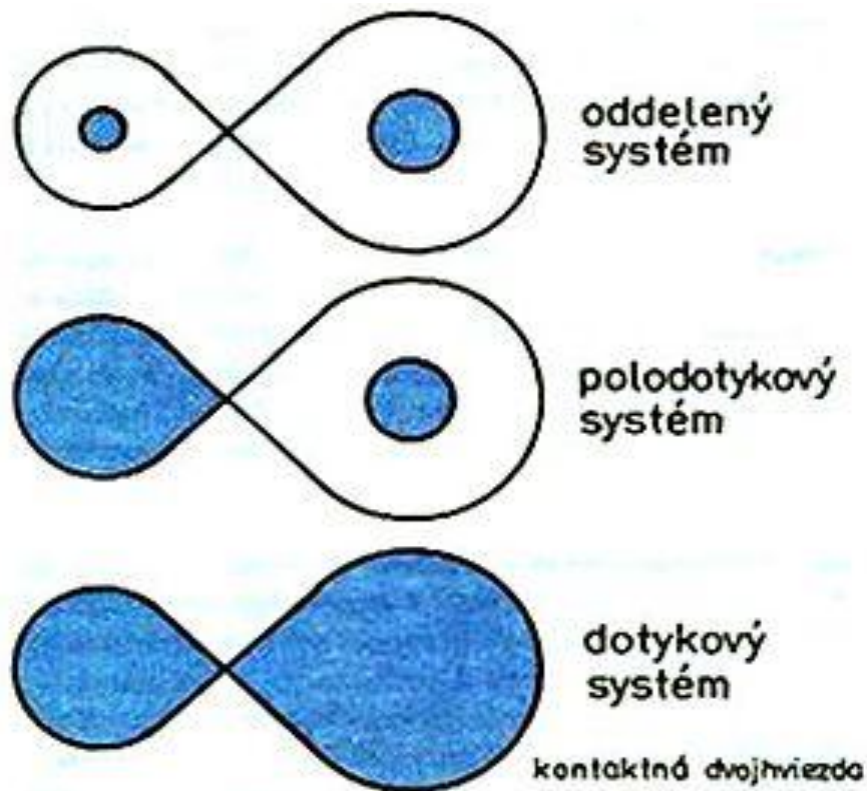
**1. Dvojhviezdy a Rocheova medza:** Najprv základné poznatky zo známej Wikipédie. **Dvojhviezda** je: a) hviezdna sústava zložená z dvoch hviezd, ktoré **sú gravitačne viazané**, alebo b) dvojica hviezd na oblohe v tesnej blízkosti pri sebe, ktoré **nie sú gravitačne viazané**. V prvom prípade ide o tzv. **fyzickú dvojhviezdu** ktorej jej zložky k sebe fyzicky patria. Fyzické dvojhviezdy delíme na **vizuálne a spektroskopické**. Vizualne dvojhviezdy dokážeme rozoznať ďalekohľadom, spektroskopické nie. Zložky dvojhviezdy zvyčajne obiehajú spoločné ťažisko, iba vo výnimočných prípadoch, keď je hmotnosť jednej hviezd ovela väčšia ako hmotnosť druhej, môže ťažisko obehu ležať pod povrchom hmotnejšej hviezd. Hoci sú zložky sústavy dvojhviezdy približne rovnako staré, **nemusia sa nachádzať na rovnakom vývojovom stupni**. Ak sa napríklad v sústave nachádza obor alebo nadobor a biely trpaslík, takáto sústava sa môže stať novou. Najjasnejšou dvojhviezdou na oblohe je sústava Sírius v súhvezdí Veľkého psa. Pokiaľ sa hviezd nachádzajú iba v **zdanlivej** blízkosti, ale v skutočnosti sú od seba ďaleko, hovoríme o **optickej dvojhviezde**. Uhlová vzdialenosť zložiek optickej dvojhviezdy býva väčšia ako uhlová vzdialenosť zložiek fyzickej dvojhviezdy. **Najznámejšou optickou dvojhviezdou**, ktorú môžeme rozoznať aj voľným okom je **Mizar a Alcor** v súhvezdí **Veľkej medvedice**. Zložky dvojhviezdy obiehajú ťažisko, ktoré spravidla leží mimo vnútra každej z nich. Pokiaľ sa dvojhviezdy z nášho pohľadu pri svojom vzájomnom obehu pravidelne zakrývajú, hovoríme o zákrytových premenných hviezdach. Medzi najznámejšie zákrytové premenné hviezd patrí **Algol**. Jeho zložky sú **takmer guľatého tvaru**. Poznáme však aj dvojhviezdy, ktoré sú svojimi slapovými silami **výrazne deformované** do tvaru **elipsoidov**, alebo dvojhviezdy, ktorých zložky sú k sebe tak blízko, že majú **spoločnú atmosféru**. Ide o **tesné dvojhviezdy**. Katalogizovaných je viac ako 78 000 dvojíc hviezd.



## Najjasnejšia dvojhviezda na oblohe – Sírirus A a B

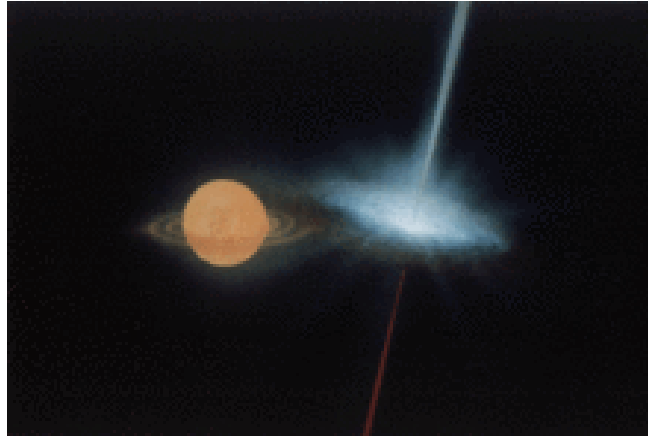
**Rocheova medza:** Tá sa formuje pri tesných dvojhviezdach. Tesná dvojhviezda je sústava **dvoch veľmi blízkych hviezd**, ktoré vzájomným gravitačným pôsobením deformujú svoj tvar. Na povrchu samostatnej hviezdy je **gravitačné pole** konštantné, t. j. ekvipotenciálna plocha je sférická. Ekvipotenciálne plochy tesnej dvojhviezdy nemôžu byť sférické, lebo gravitačný potenciál jednej hviezdy interferuje s gravitačným potenciálom druhej hviezdy. Nesférický tvar zložiek tesnej dvojhviezdy **sa nazýva elipticita tesnej dvojhviezdy**. Tvar ekvipotenciálnych plôch v rámci problému dvoch telies (priamo aplikovateľný na problém tesnej dvojhviezdy) odvodil É. Roche. Prvá ekvipotenciálna plocha sa nazýva **kritický povrch** alebo **Rocheova medza**. Ak sú obidve zložky tesnej dvojhviezdy svojimi rozmermi **pod** Rocheovou medzou, ide **o oddelenú dvojhviezdu**. V tesnej dvojhviezde sa rýchlejšie vyvíja **hmotnejšia zložka**. Zväčšuje svoj objem dovtedy, kým nevyplní celý priestor obklopený Rocheovou medzou; potom sa hmota **prenáša na menej hmotnú zložku** cez vnútorný Lagrangeov libračný bod (L1). Taká tesná dvojhviezda sa nazýva **polodotyková tesná dvojhviezda**. Plynové prúdy zo zložky strácajúcej hmotu nedopadajú na zložku prijímajúcu hmotu v spojnici stredov hviezd, ale sú vplyvom rotácie sústavy odklonené. Prúdy sa pohybujú v rovine dráhy tesnej dvojhviezdy, pričom okolo zložky prijímajúcej hmotu vytvárajú plynové disky alebo plynové prstence (podľa toho, či je hustota okolohviezdnej hmoty veľká alebo malá). Ak obidve zložky tesnej dvojhviezdy vyplňajú svoj kritický Rocheov objem, povrchové vrstvy veľmi deformovaných zložiek dvojhviezdy **sa dotýkajú** a vzniká **dotyková (kontaktná) tesná dvojhviezda**; medzi zložkami nastáva vzájomná výmena hmoty. Pri vývoji tesnej dvojhviezdy sa zložky môžu natoľko zväčšiť, že hmota začne unikať zo sústavy cez vonkajší Lagrangeov libračný bod (L2). Obidve zložky tesnej dvojhviezdy vznikajú súčasne z mračna medzi-hviezdnej hmoty. Zložky sa skladajú asi zo 60-70 vodíka a z 30-40 % hélia, ťažšie prvky tvoria len malú prímes. V jadrách obidvoch hviezd sa uskutočňuje najskôr termonukleárna premena vodíka na hélium. Úbytok vodíka v jadre sa dlhodobo prejavuje **vzrastaním polomerov obidvoch zložiek** (vnútorná stavba hviezd). Hmotnejšia zložka spaľuje vodík rýchlejšie ako menej hmotná, preto **prvá vyplní svoj kritický Rocheov objem**, čím sa začína prenos hmoty z tejto hviezdy k menej hmotnej zložke tesnej dvojhviezdy. V prvom štádiu prenosu hmoty sa rozlišujú **3 prípady prenosu hmoty** (A, B a C) podľa vývojového štádia hmotnejšej zložky v okamihu dosiahnutia Rocheovej medze. Ak prvý

prenos hmoty nastane v štádiu horenia vodíka v jadre, ide o prípad A prenosu hmoty, ktorý nastáva iba pri tesnej dvojhviezde **s veľmi krátkou obežnou periódou**. Ak nastane prvý prenos hmoty po vyčerpaní vodíka v jadre, ide o prípad B prenosu hmoty. Začiatok prenosu hmoty po vyčerpaní hélia v jadre je prípad C prenosu hmoty; taká situácia môže nastať **len pri dlhoperiodických sústavách**. Vplyvom prenosu hmoty môže hmotnejšia zložka odovzdať menej hmotnej zložke **až 80 % svojej hmoty**. Tým sa ich pomer hmotností prevráti a vývoj hviezdy, ktorá hmotu získala, **sa urýchli**. Keď táto zložka vyplní svoj kritický Rocheov objem, nastáva **druhé štádium prenosu hmoty**.



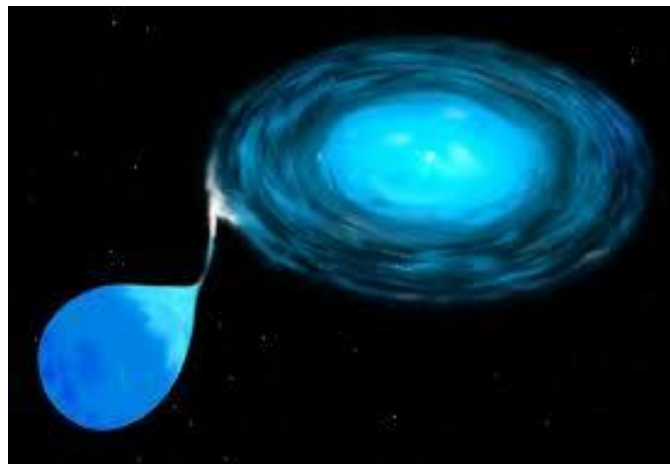
**Schéma troch základných systémov tesných dvojhviezd – oddelených, polodotkových a dotkových (kontaktných)**

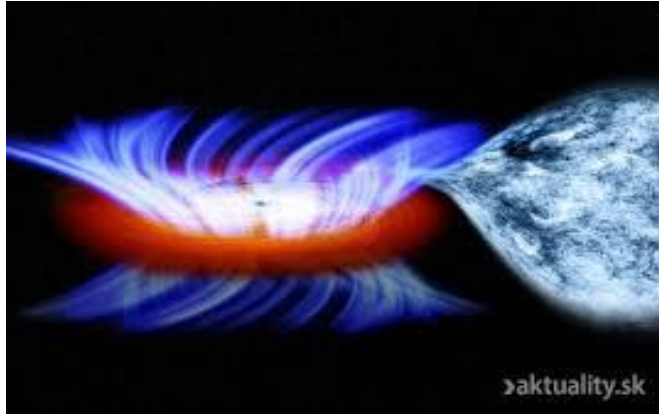
**Záverečné vývojové štádiá tesnej dvojhviezdy:** Ďalší vývoj tesnej dvojhviezdy závisí od toho, v akom štádiu je pôvodná hmotnejšia zložka. Ak sa táto hviezda dostala až do záverečných vývojových štádií, jej polomer je hlboko pod Rocheovou medzou a plynové prúdy z druhého štádia prenosu hmoty tvoria akréčný disk okolo bieleho trpaslíka, neutrónovej hviezdy alebo čiernej diery; ak ešte stále vyplní svoj Rocheov objem, vytvorí sa dotyková sústava a zložky si navzájom vymieňajú hmotu. Vývoj tesnej dvojhviezdy sa končí, keď sú obidve zložky v záverečných štádiách svojho vývoja.



**Umelcova predstava röntgenovej dvojhviezdy, v ktorej sa menšia degenerovaná hviezda s obrovským gravitačným potenciálom doslova „živí“ urýchlenými elektrónmi a iónmi z plazmovej hviezdy**

**A ešte niekoľko ďalších obrázkov krásnej interakcie dvoch tesných dvojhviezd:**





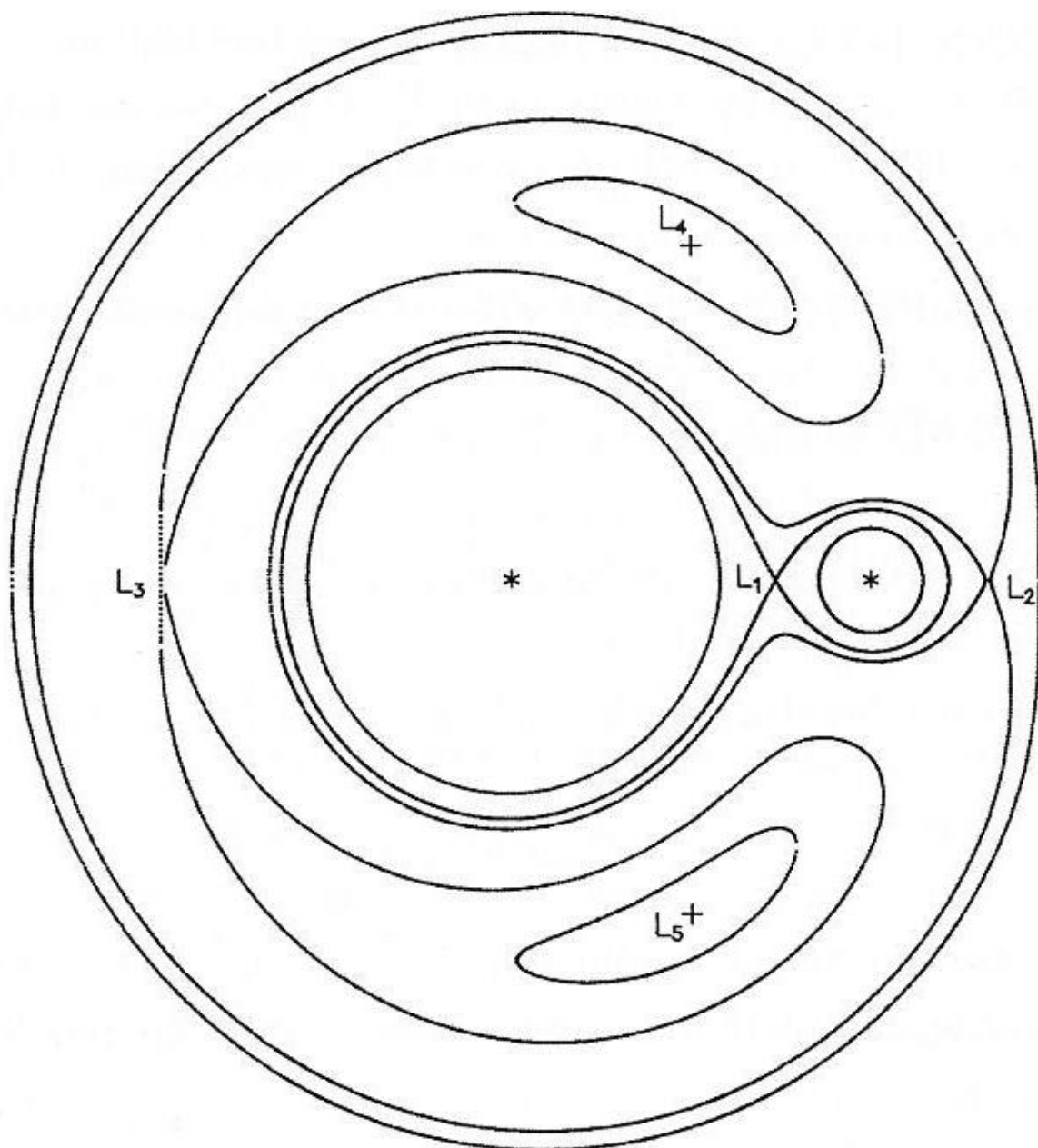
A pre ešte lepšie porozumenie Rocheovej medze uvádzam **aj citát z dizertačnej práce Ľ. Humbálka** (2010, s. 13-14): „Rocheov model je základom pochopenia procesov v tejto skupine objektov. Model popisuje gravitačný potenciál v okolí dvojhviezdy v súradnicovej sústave spoločne rotujúcej s dvojhviezdou, ak vzájomná dráha zložiek je kruhová. Lokálny gravitačný potenciál v akomkoľvek bode v okolí zložiek dvojhviezdy je potom časovo nemenný a je daný len ich gravitačným pôsobením a odstredivou silou vyvolanou obedom zložiek (a následnou rotáciou súradnicovej sústavy). Ak hmotnosti zložiek označíme  $M_1$ ,  $M_2$ , a vhodne zvolíme jednotky tak, aby  $M_1 + M_2 = 1$ , ich vzájomná vzdialenosť  $R = 1$  a gravitačná konštanta  $G = 1$ ; a súradnicovú sústavu posunieme do ťažiska dvojhviezdnej sústavy, aby oba hmotné body  $M_1$ ,  $M_2$  ležali na osi  $x$ , potom dostávame:

$$\Omega_R = \frac{M_1}{r_1} + \frac{M_2}{r_2} + \frac{1}{2}(x^2 + y^2)$$

$$r_{1,2} = \sqrt{(x \pm M_{2,1})^2 + y^2 + z^2}$$

V takejto sústave existuje v rovine dráhy päť Lagrangeových bodov nulovej sily (Andrle, 1971). Tri ležia na priamke prechádzajúcej ťažiskami oboch zložiek a dva vo vrcholoch rovnostranných trojuholníkov zostrojenými nad touto priamkou so stranou veľkosti veľkej polosi. Ekvipotenciálna plocha (**povrch s konštantnou hodnotou**) prechádzajúca bodom L1 sa nazýva vnútorným kritickým povrchom, plocha dotýkajúca sa bodu L2 (pri menej hmotnej zložke) je vonkajší kritický povrch. Ak obe zložky práve vyplnia svoje vnútorné kritické povrchy (Rocheove laloky), dôjde k ich dotyku v libračnom bode L1. Podľa Kopalovej klasifikácie (Kopal, 1959) hovoríme, že dvojhviezda je *oddelená*, ak ani jedna zo zložiek nevyplní svoj Rocheov lalok. Ak jedna zo zložiek zväčší svoj rozmer (napr. po opustení hlavnej postupnosti) a dosiahne vnútorný kritický povrch, hovoríme o *polodotykovej sústave*. Ak aj druhá zo zložiek vyplní svoj kritický povrch, dochádza ku kontaktu zložiek (*kontaktná sústava*). Ďalšie zväčšovanie zložiek vedie ku vytvoreniu spoločnej obálky, ktorá zodpovedá jednej potenciálnej hladine. Vtedy hovoríme o kontaktnej dvojhviezde. Pretože v libračných bodoch je výsledné silové pôsobenie **nulové, už malý impulz môže spôsobiť pohyb hmoty**. V prípade bodu L1 môže hmota pretekať z jednej zložky na druhú, **cez bod L2 môže sústava strácať hmotu natrvalo**.“

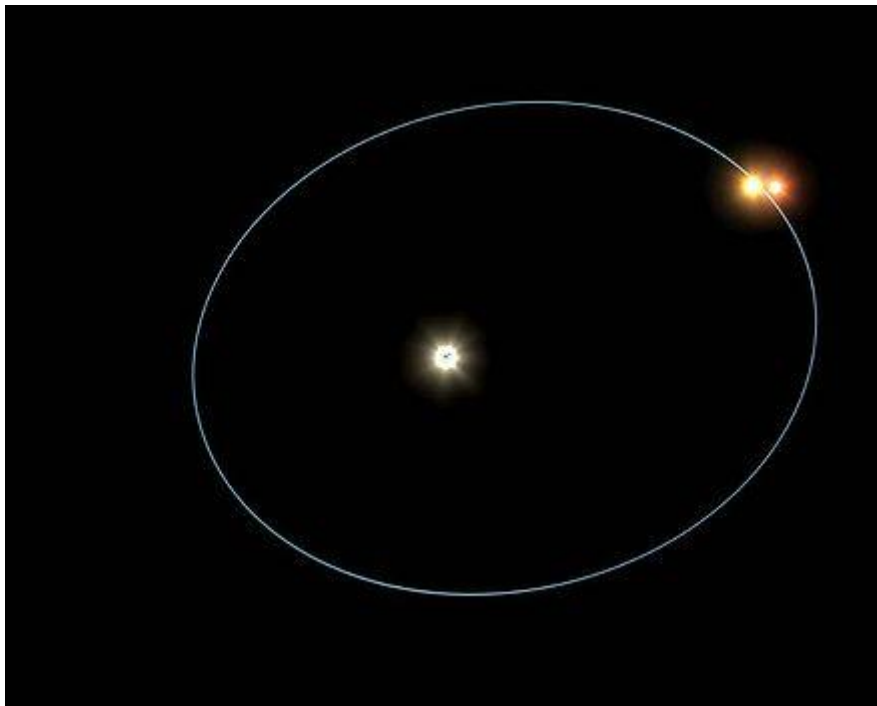




**Rocheove ekvipotenciálne hladiny a zodpovedajúce Lagrangeove libračné body pre pomer hmotností zložiek  $q = 0,08$  v rovine dráhy.**

**2. Viacnásobné hviezdne sústavy alebo hviezdy:** Viacnásobná hviezda je systém pozostávajúci z troch alebo viacerých hviezd, ktoré sa zo Zeme javia pri sebe blízko na oblohe. Toto môže byť dôsledkom fyzickej blízkosti hviezd a ich vzájomného gravitačného pôsobenia, vtedy je viacnásobná hviezda považovaná za **fyzickú**. V druhom prípade môže byť ich blízkosť iba domnelá, vtedy ide o **optický systém**. Fyzické viacnásobné hviezdy sa vo všeobecnosti nazývajú aj viacnásobnými hviezdami sústavami. Väčšina týchto systémov

sú trojhviezdy často označované ako **trinary** alebo **ternary**. Väčšie systémy ako sú štvorhviezdy, päťhviezdy, šesťhviezdy atď. sa štatisticky vyskytujú menej. Veľkosť systému viacnásobnej hviezdy sa pohybuje v strede medzi systémom dvojhviezdy, s dvoma hviezdami na stabilných obežných dráhach, a otvorenými hviezdokopami, ktoré majú komplexnejšiu dynamiku a obsahujú **od 100 do 1000 hviezd**. Môžu byť rozdelené do dvoch tried, ktoré odpovedajú týmto dvom extrémom. Väčšina viacnásobných hviezd je usporiadaná hierarchickým spôsobom s menšou obežnou dráhou umiestnenou vo vnútri väčšej obežnej dráhy. V takýchto systémoch je málo interakcií medzi obežnými dráhami, pričom podobne ako u dvojhviezd sú stabilné. Ďalšie viacnásobné hviezdy, označované ako **trapezia**, sú **veľmi mladé, nestabilné systémy**. Predpokladá sa, že vznikli **vo hviezdnych „škôlkach“** a rýchlo sa oddelili do stabilnej viacnásobnej hviezdy. Príkladom takého systému je **Trapéz v hmlovine Orión**.



**Známa trojhviezda HD 188753 (umelcova predstava)**

**Systémy trojhviezd:** Vo fyzickom systéme trojhviezd, každá hviezda obieha okolo ťažiska systému. Zvyčajne dve hviezdy vytvoria uzatvorený dvojhviezdny systém a tretia hviezda obieha tento pár vo vzdialenosti oveľa väčšej ako sú obežné dráhy prvých dvoch hviezd. Toto usporiadanie sa nazýva **hierarchické**. Dôvodom pre takéto usporiadanie je, že ak veľkosti vnútorných a vonkajších obežných dráh sú porovnateľne veľké, systém sa môže stať dynamicky



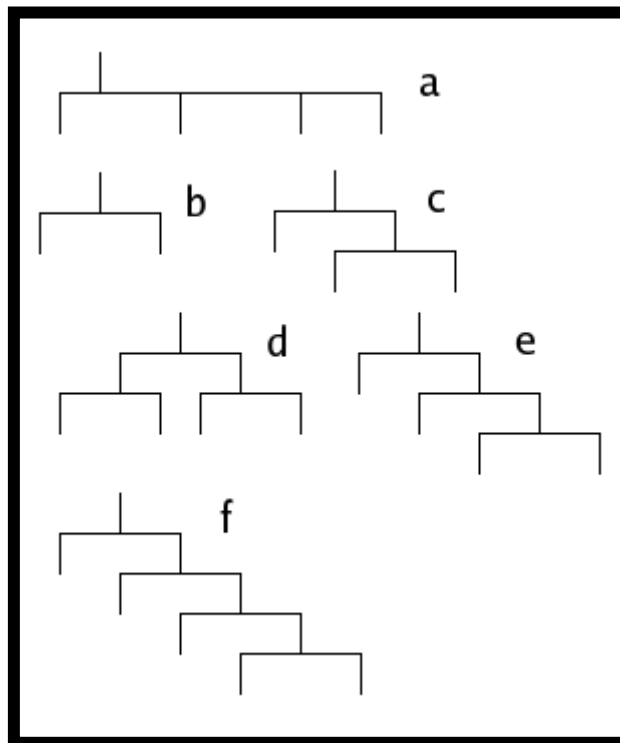
nestálym, čo vedie k vyvrhnutiu hviezdy z takejto sústavy. Trojhviezda, v ktorej nie sú všetky hviezdy gravitačne spojené, môže obsahovať fyzickú dvojhviezdu a ďalšiu optickú hviezdu (spoločníka), akou je napríklad Alfirm, ale zriedkavo sa môže vyskytnúť aj **čisto optická trojhviezda**, akou je **Gamma Serpentis**.



### **HD 98800 je štvorhviezdny systém nachádzajúci sa v TW Hydrae asociácii**

**Vyššia početnosť:** Hierarchické viacnásobné hviezdne systémy s viac ako troma hviezdami môžu vytvoriť viac komplikovaných usporiadaní, ktoré môžu byť znázornené na tzv. **mobilnom diagrame**. Na obrázku dole sú znázornené niektoré príklady. Každá úroveň diagramu znázorňuje rozklad systému na dva alebo viac systémov s menšou veľkosťou. Počet úrovní v diagrame sa nazýva **hierarchia**. Jednoduchý diagram **hierarchie 1**, ako je znázornené v **b**, popisuje systém dvojhviezdy. Jednoduchý diagram **hierarchie 2** môže popisovať systém trojhviezdy ako je **c**, alebo štvorhviezdy ako je **d**. Jednoduchý diagram **hierarchie 3** môže popisovať systémy od štyroch do ôsmich hviezd. Mobilný diagram **e** znázorňuje model štvorhviezdneho systému hierarchie 3 skladajúceho sa z jednej vzdialenej hviezdy obiehajúcej okolo blízkej dvojhviezdy, pričom jedna zložka dvojhviezdy je zároveň ešte bližšou dvojhviezdou. Skutočným príkladom systému hierarchie 3 je **Kastor**, tiež známy ako **Alpha Geminorum** alebo  **$\alpha$  Gem**. Skladá sa z viditeľnej dvojhviezdy (javí sa tak), ktorá po bližšom preskúmaní môže pozostávať z dvoch spektroskopických dvojhviezd. Môže byť aj štvorhviezdou hierarchie 2, podobne ako **d**, okolo ktorej obieha ďalšia nejasná hviezda, ktorá sa javí ako červená trpasličia dvojhviezda. Týmto spôsobom by z nej bola šesťhviezda hierarchie 3. Maximálnou hierarchiou v Tokovininovom katalógu viacnásobných hviezd z roku 1999 je 4. Napríklad, hviezdy Gliese

644A a Gliese 644B sú sformované do blízkej viditeľnej dvojhviezdy, zatiaľ čo Gliese 644B je spektroskopickou dvojhviezdou, takže ide o trojhviezdny systém. Tento systém má vzdialenú viditeľnú obiehajúcu hviezdu Gliese 643 a ešte vzdialenejšiu Gliese 644C. Tieto hviezdy na seba gravitačne pôsobia. Takto vzniká päťhviezda s hierarchiou 4 podobne ako v **f**. Vyššie hierarchie sú tiež možné. Väčšina týchto hierarchií sú buď stále systémy, alebo systémy, ktoré trpia vnútornými poruchami. Ostatné komplexné viacnásobné hviezdy sa časom teoreticky rozdrobia na menej komplexné systémy, ako sú oveľa častejšie pozorované trojhviezdy, prípadne aj štvorhviezdy.



**Mobilné diagramy: (a) mnohonásobný- multiplex, (b) simplex, dvojhviezda (c) simplex, trojhviezda (d) simplex, štvorhviezda hierarchie 2 (e) simplex, štvorhviezda hierarchie 3 (f) simplex, päťhviezda hierarchie 4**

**Trapézia:** Druhá známa trieda viacnásobných hviezd pozostáva z mladých trapézií, pomenovaných podľa viacnásobnej hviezdy **známej ako Trapéz** v srdci Hmloviny Orión. Takéto systémy nie sú vzácne, ale často sa vyskytujú v blízkosti alebo vo vnútri jasných hmlovín. Tieto hviezdy nemajú štandardné hierarchické vzťahy, ale kompletne pre stabilné obežné dráhy, kde centrum gravitácie nie je pevne fixované na jeden bod, ale pohybuje sa ako hviezdy menia svoje spoločné pozície. Tento vzťah sa nazýva **Interplay** (súhra). Takéto hviezdy sa nakoniec upokoja a vytvoria blízku dvojhviezdu so vzdialeným

spoločníkom, ďalšou hviezdou, ktorá bola kedysi súčasťou systému, ale bola vyvrhnutá svojou veľkou rýchlosťou do medzihviezdneho priestoru. Príkladom takýchto vyvrhnutých hviezd môžu byť AE Aurigae, Mu Columbae a 53 Arietis, ktoré sa dostali do Trapéza v Hmlovine Orión pred niekoľkými miliónmi rokov.

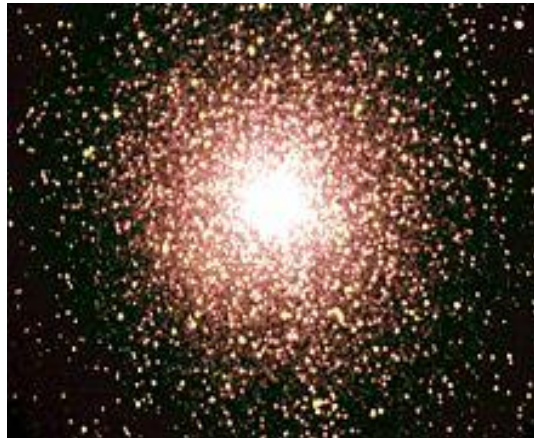


**Trapéz v Oriónovi**



**3. Guľové hviezdokopy:** Guľová hviezdokopa je guľové zoskupenie hviezd, ktoré obieha galaxiu ako satelit. Guľové hviezdokopy sú silne gravitačne viazané, vďaka čomu majú guľový tvar a relatívne veľmi husté jadro. Obsahujú **státisíce až milióny hviezd**. Koncentrujú sa okolo jadra galaxie, pričom vytvárajú galaktické halo. Guľové hviezdokopy majú guľový tvar s rozmermi 50 – 400 svetelných rokov. V strede hviezdokopy je hustota hviezd až niekoľko tisíckrát väčšia, ako v okolí Slnka. Napríklad hviezdokopa 47 Tucanae má hustotu v jadre približne 1 000 hviezd na kubický svetelný rok. Vzdialenosti medzi jednotlivými hviezdami v jadre sa počítajú na svetelné týždne. Hustota hviezd je taká veľká, že v niektorých hviezdokopách sa ani najväčšími ďalekohľadmi nepodarí rozlíšiť v jadre jednotlivé hviezdy – javí sa teda ako **jednoliata žiariaca plocha**. Smerom k okrajom hustota hviezd klesá, vo vonkajších oblastiach predstavuje len desaťnásobok hustoty hviezd v okolí Slnka. Guľové hviezdokopy neobsahujú hmloviny **a netvorí sa v nich nové hviezdy**, aj keď **aj tu existujú výnimky** – takou je napríklad **Omega Centauri**. Guľové hviezdokopy sa časom nerozpadajú, na rozdiel od otvorených hviezdokôp. Hviezdy tvoriace guľovú hviezdokopu sú až na pár výnimiek veľmi staré. Dokazuje to menší obsah spektrálnych čiar kovov v ich spektrách, ako majú hviezdy galaktického disku. Ide o hviezdy **tzv. populácie II**, ktoré vznikli na začiatku formovania Galaxie z vodíka a hélia. Vtedy ešte nebol plyn zahustený v galaktickom disku, **čo dokazuje aj ich rozloženie**. Guľové hviezdokopy rovnomerne obklopujú jadro Galaxie v guľovom priestore s polomerom 70 000 svetelných rokov. Sú koncentrované smerom k stredu Galaxie a až 60 % z nich leží k jadrú bližšie ako Slnko. Preto sú na guľové hviezdokopy bohaté súhvezdia v smere ku galaktickému stredu: Strelec, Škorpión a Hadonos. Zo 149 známych guľových hviezdokôp, 136 (91,3 %) je koncentrovaných v pologuli sústredenej okolo súhvezdia Strelec, zatiaľčo iba 13 hviezdokôp (8,7 %) je na druhej strane oblohy (medzi nimi M79). Táto zreteľná anizotropia v rozložení guľových hviezdokôp mala historický význam, pretože z toho Harlow Shapley v roku 1917 odvodil, že sa stred našej galaxie nachádza v značnej vzdialenosti v smere do súhvezdia Strelca, a nie je blízko našej slnečnej sústavy, ako sa ľudia predtým domnievali. Dnes je v Galaxii známych 135 guľových hviezdokôp a ich celkový počet sa odhaduje na 200. Medzi-hviezdne mračná prachu a plynu však zakrývajú výhľad na tie zostávajúce. Najhmotnejšia guľová hviezdokopa Galaxie je Omega Centauri. Ostatné galaxie majú samozrejme tiež guľové hviezdokopy a mnohé omnoho viac: v galaxii M87 (Virgo A) sa ich nachádza až niekoľko tisíc. Medzi guľové hviezdokopy

viditeľné na severnej oblohe patrí napríklad M13 alebo Veľká hviezdokopa v Herkulovi. Našou najbližšou guľovou hviezdokopou je M4 v súhvezdí Škorpión.



### **Guľová hviezdokopa 47 Tucanae v súhvezdí Tukan na južnej oblohe**

Osobitným druhom guľových hviezdokôp sú **modré guľové hviezdokopy** – útvary zložené z veľmi mladých hviezd. Hmlovina *Tarantula* (NGC 2070) vo Veľkom Magellanovom mračne a NGC 604 v M33 obsahujú extrémne rozsiahle difúzne hmloviny s veľkou hmotnosťou, z ktorých sa zrejme utvoria guľové hviezdokopy. Veľké množstvo, viac než 100 mladých guľových hviezdokôp, bolo nedávno detegované v M82, nepravidelnej galaxii za Miestnou skupinou. V našej galaxii sa však mladé guľové hviezdokopy očividne nevyskytujú.



### **Guľová hviezdokopa M15 v súhvezdí Pegas**



**4. Otvorené hviezdokopy:** Otvorená hviezdokopa je zoskupenie hviezd, obyčajne od desiatok po niekoľko tisíc, ktoré boli vytvorené z jedného molekulárneho mračna **a sú stále gravitačne viazané**. Nachádzajú sa **iba v špirálových a nepravidelných galaxiách**. Od guľových hviezdokôp sa otvorené hviezdokopy líšia oveľa menším počtom hviezd, malou koncentráciou hviezd, menším vekom, ale aj príslušnosťou k plochým podsystémom Galaxie. Táto príslušnosť sa prejavuje jednak koncentráciou pozorovaných otvorených hviezdokôp **v galaktickej rovine**, a jednak rozložením hviezd vo farebnom diagrame. V špirálových galaxiách sa hviezdokopy tohto typu nachádzajú **v špirálovitých ramenách**. Tvoria ich väčšinou mladé hviezdy, ich vek je zopár desiatok miliónov rokov. V hviezdokopách alebo ich okolí sa často nachádzajú zvyšky hmlovín, z ktorých vznikli, alebo ešte vznikajú hviezdy. Mladé otvorené hviezdokopy sú často ešte obklopené svojou materskou hmlovinou, v ktorej ešte stále prebieha tvorba hviezd. Proces hviezdotvorby zaberie iba veľmi krátky čas v porovnaní so životnosťou hviezdokopy, a preto majú **všetky hviezdy podobný vek**. Väčšina hviezd sa vytvorila **z rovnakej difúznej hmloviny**, a preto majú **podobné počiatkové chemické zloženie**. Hviezdy otvorenej hviezdokopy vďaka hviezdnejmu vetru neskôr úplne rozložia svoju materskú hmlovinu. Gravitačné sily medzi členmi hviezdokopy sú natoľko slabé, že samotná hviezdokopa **sa časom rozpadne**. Pri spoločnom pohybe priestorom niektorí členovia opúšťajú hviezdokopu (tzv. vyparovanie hviezdokopy), a to následkom zmeny rýchlosti pri vzájomnom priblížení, slapovými silami v gravitačnom poli Galaxie, prípadne zrážkami s hviezdami a medzihviezdnymi mračnami križujúcimi ich cestu. Priemerná otvorená hviezdokopa udržuje pohromade väčšinu svojich hviezdnych členov **po niekoľko stoviek miliónov rokov**; iba zopár hmotnejších dosahuje **vek miliárd rokov**, čiže vydrží dlhšie ako 1 – 2 obehy okolo jadra Galaxie. Jednotlivé opustené hviezdy pokračujú v samostatnom obíhaní Galaxie. Hmotnosť hviezd v otvorenej hviezdokope sa pohybuje **od 80 – 100 hmotností Slnka** (takéto hviezdy sa nachádzajú skôr mimo našej galaxie) **po 0,08 hmotností Slnka**, čo je spodná hranica hmotnosti hviezd. Rozmery otvorených hviezdokôp sa pohybujú v rozpätí 5 – 50 svetelných rokov, ale väčšinou nie viac ako 20. Hustota hviezd je oveľa väčšia ako hustota hviezd v okolí Slnka, napriek tomu **stále menšia, ako hustota hviezd v guľovej hviezdokope**. Počet známych otvorených hviezdokôp v Galaxii je asi 1 200, ich celkový počet v Galaxii sa odhaduje až na 100 000.

**Na ďalšom obrázku je otvorená hviezdokopa M11 známa ako Divá kačica**



**5. Hviezdna asociácia:** je veľmi voľná hviezdokopa, voľnejšia ako guľová aj otvorená hviezdokopa. Takéto zoskupenia objavil Viktor Ambarcumian v roku 1947. Je to priestorovo ohraničená skupina určitého typu hviezd spoločného pôvodu, úzko spojená s plynovo-prachovými hmlovinami. Hviezdne zoskupenie možno pokladať za najslabšie kompaktnú hviezdokopu. Jej rozmery sú obyčajne **oveľa väčšie ako rozmery otvorených hviezdokôp**, dosahujú priemer **100-650 ly**. Podľa zloženia sa rozoznávajú **T asociácie**, tvorené najmä nepravidelnými premennými hviezdami typu T Tauri pomerne nízkej svietivosti, a **OB asociácie** (často označované aj O asociácie), ktoré obsahujú veľmi horúce hviezdy spektrálnych typov O a B. Novšie sa zaviedol i názov **R asociácia** na označenie hviezdnych asociácií, ktoré osvetľuje reflexnú hmlovinu. Hviezdne zoskupenie sa označuje latinskou značkou súhvezdia, v ktorom sa nachádza, skráteným označením typu asociácie (OB, T alebo R) a poradovým číslom hviezdneho zoskupenia v danom súhvezdí, napr. Per OB1, Ori OB1, Sco OB4, CrA T1, Mon R2, Cen R2 atď., alebo len značkou súhvezdia a rímskou číslicou, napr. Per II. Prvú skupinu hviezd tvoriacich T asociácie objavili v rokoch 1903-1904 v oblasti Hmloviny Orióna M. Wolf a H. Leavittová. Našli v nej 70 premenných hviezd typu T Tauri. Prvý zoznam takýchto skupín v roku 1938 uverejnili C. Paynová-Gaposhkinová a S. Gapoškin v monografii o premenných hviezdach. Prvú skupinu hviezd typu OB asociácií, zloženú z B hviezd okolo Veľkej hmloviny Orióna, opísal v roku 1919 J. C. Kapteyn, prvé zoznamy takýchto skupín uverejnil (1926-1929) A. Pannekoek s uvedením ich grafického priestorového rozloženia v Galaxii. Pre tieto skupiny sa používal názov agregát, r. 1930 ich začala Paynová nazývať asociácie. V rokoch 1947-1949 prišiel V. A. Ambarcumian k záveru, že hviezdna asociácia je skupina hviezd spoločného pôvodu s rýchlym procesom rozpadu, z čoho vyplýva aj záver o veľmi mladom veku hviezdnych asociácií a o pokračujúcom procese vzniku hviezd v Galaxii.



Jeho záver o rozpade hviezdnych asociácii rýchlosťou 5-10 km/s potvrdil v roku 1952 A. Blaauw v prípade hviezdnej asociácie Per OB2. Novšími detailnými výskumami sa zistilo, že do hviezdnych asociácii patrí aj veľký počet slabších, predtým neidentifikovaných hviezd, ktoré ju robia dynamicky stabilnou. Mnohé T asociácie sa ukázali také stabilné, že ich rozpad je nemožný. Okrem toho sa zistilo, že medzi rôznymi typmi asociácií nie je podstatný rozdiel, že každá OB asociácia obsahuje aj slabé hviezdy T Tauri; T asociácie sa odlišujú od OB asociácií tým, že neobsahujú hviezdy spektrálnych typov O a B. V OB asociáciách sa dodatočne našli hviezdy všetkých spektrálnych typov, od O po M. Stredná hustota hviezdnych asociácii je preto oveľa vyššia, ako pôvodne predpokladal Ambarcumian. Navyše okolo všetkých hviezdnych asociácii sa zistili veľké množstvá neutrálneho atómového a molekulového vodíka. Objav veľkého počtu slabých hviezd vo hviezdnych asociáciách je hlavným dôvodom pochybností viacerých autorov (napr. P. N. Cholepova) o Ambarcumianovej hypotéze rýchleho rozpadu hviezdnych asociácií, keďže pozorované úniky jednotlivých hviezd z centrálnych oblastí hviezdnej asociácie sa v tomto novom chápaní nepokladajú za celkové rozpínanie hviezdnej asociácie, ktorá ako celok ostáva dynamicky stabilná, ale za únik jednotlivých hviezd vplyvom ich vzájomných stretnutí v začiatkových fázach vývoja asociácie. Hviezdu asociáciu možno považovať za vznikajúcu hviezdokopu (alebo skupinu hviezdokôp) v začiatkovej fáze vývoja v procese gravitačnej kondenzácie z difúznej medzihviezdnej hmoty. Z medzihviezdnej hmoty vznikajú hviezdy všetkých možných hmotností a svietivostí, horúce O a B hviezdy pritom tvoria iba niekoľko percent celkovej hmotnosti vzniknutej hviezdnej asociácie.



**Reflexná hmlovina Kosatec**

## Kontrolné otázky:

1. Aké hviezdne systémy, resp. sústavy poznáme?
2. Aké druhy tesných dvojhviezd poznáme?
3. Čo je to Rocheova medza alebo hranica?
4. Ako sa nazýva najjasnejšia dvojhviezda na oblohe?
5. V ktorom súhvezdí sa nachádza najznámejšia optická dvojhviezda Mizar a Alcor?
6. Čo sú to *trinary* alebo *tremary*?
7. Ako sa nazýva najznámejšia optická trojhviezda?
8. Na čo nám v astronómii slúžia tzv. mobilné diagramy?
9. Čo je to guľová hviezdokopa a kde ju nájdeme?
10. Aké veľké môžu byť guľové hviezdokopy?
11. Ako sa nazýva guľová hviezdokopa, v ktorej sa výnimočne tvoria nové hviezdy?
12. Koľko guľových hviezdokôp sme zatiaľ objavili v našej galaxii?
13. Čím sa vyznačujú modré guľové hviezdokopy?
14. Čím sa odlišujú otvorené hviezdokopy od guľových hviezdokôp?
15. V ktorom type galaxií sa nachádzajú otvorené hviezdokopy?
16. Čo je to „vyparovanie hviezdokopy“?
17. Aké veľké bývajú otvorené hviezdokopy?
18. Koľko otvorených hviezdokôp v Galaxii zatiaľ poznáme?
19. Čo je to hviezdna asociácia?
20. Aké dva druhy hviezdnych asociácií poznáme?