

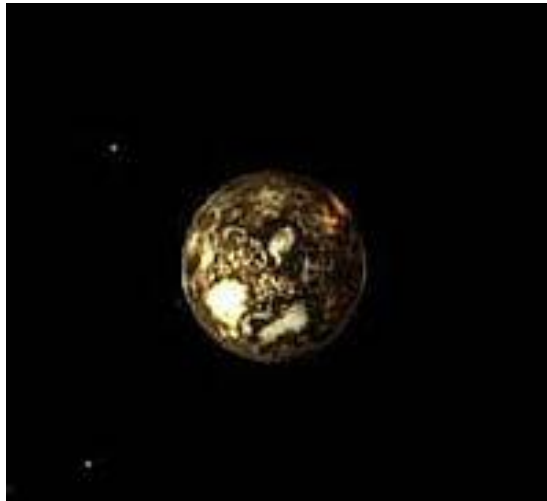
EXOPLANÉTY II. – KLASIFIKÁCIA EXOPLANÉT PODĽA ICH VLASTNOSTÍ

1. J. S. Šklovskij a jeho hypotézy o existencii exoplanét: Zdá sa, že s prvými vierohodnými, ale nepriamymi dôkazmi o existencii exoplanét prišiel už v roku 1962 J. S. Šklovskij, ktorý poukázal na veľmi rozdielne rotačné rýchlosti hviezd v slnečnom okolí. Podľa neho je rovníková rotačná rýchlosť Slnka len 2 km/s., zatiaľ čo niektoré masívnejšie hviezdy sa otáčajú oveľa rýchlejšie. Šklovskij dokonca poukázal na zjavnú zákonitosť, podľa ktorej platí, že najrýchlejšie sa otáčajú **veľmi hmotné** hviezdy tried O a B, prakticky nerotujú žltí a červení trpaslíci, zatiaľ čo blízko spektrálnej triedy F5 (pozri Šklovskij, 1962/1987, s. 121) sa rýchlosť rotácie hviezdy výrazne, fakticky skokovo mení a klesá do intervalu 0-50 km/s. Ruský astronóm ďalej podotýka, že zatiaľ čo všetky ostatné vlastnosti hviezd sa menia **postupne, hladko** alebo **kontinuálne**, len pri rýchlosti rotácie nastáva takýto výrazný skok, z čoho vyplýva, že hviezdy s nízkymi rotačnými rýchlosťami sú de facto brzdené svojimi planetárnymi sústavami, ktoré im v podstate „ubrali“ na ich rotačnej rýchlosti. Dnes je už astronómia na takom vývinovom stupni, že Šklovského hypotézu môžeme priamo overiť jej falzifikáciou pri masívnych hviezdach tried O až A, kde nesmú existovať žiadne primárne generované, t. j. spolu so svojou materskou hviezdou vznikajúce exoplanéty; aj keď ani tu nemôžeme vylúčiť existenciu náhodne zachytených či neskôr vznikajúcich exoplanét, ako je tomu očividne pri neutrónových hviezdach, resp. pulzaroch.



Umelcova predstava o podobe prvých dvoch objavených exoplanét, a to nie pri Slnku podobnej hviezde, ale pri pulzare PSR B1257+12 v roku 1992

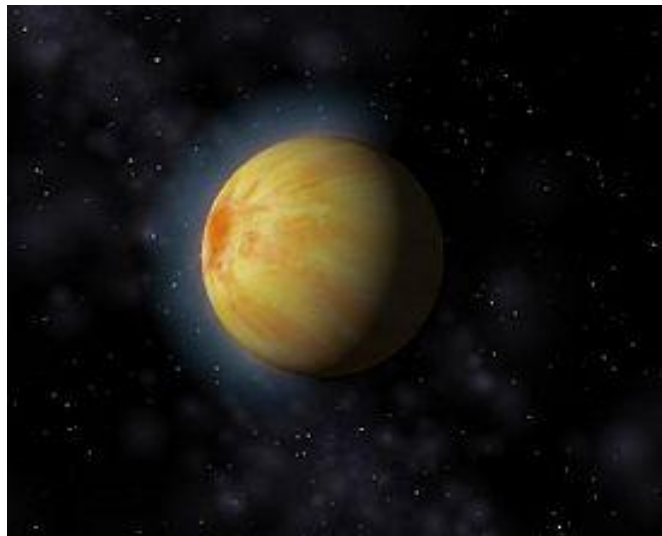
2. A. Wolszan, D. Frail a prvé objavené exoplanéty: Astronómia je veľmi zvláštna vedecká disciplína v tom zmysle, že objavy sú v nej niekedy potvrdzované aj s 15-ročným oneskorením. To je presne prípad T. Campbella, G. A. H. Walkera a S. Yanga, ktorí v roku 1988 na základe meraní radiálnych rýchlostí hviezdy Gamma Cephei zistili, že by mal mať vlastnú exoplanétu. Bohužiaľ, vďaka tomu, že ich pozorovania boli na hranici presnosti vtedy dostupnej techniky, ostatní astronómovia zostávali skeptickí voči ich objavu, a tak až v roku 2003 bola s pomocou oveľa dokonalejšej aparatury existencia planéty pri γ Cephei definitívne potvrdená. Až dovtedy boli preto považovaní za objaviteľov prvej exoplanéty A. Wolszan a D. Frail, ktorí v roku 1992 využili extrémnu citlivosť rádioteleskopu v Arecibe a spoločne publikovali článok o detegovaní planéty pri pulzare PSR B1257+12. Neskôr boli pri tomto pulzare objavené ešte tri ďalšie planéty, pričom sa predpokladá, že sa sformovali zo zvyškov hmoty, ktoré zostali po explózii supernovy, resp. z kamenných jadier joviálnych planét, ktoré prežili výbuch supernovy a nejakým záhadným spôsobom sa dostali na svoje súčasné orbity.



Umelcova predstava o podobe planéty PSR B1257+12 b (pôvodne PSR B1257+12 A), ktorá sa tak ako ostatné planéty pri tomto pulzare nachádza vo vzdialenosti 980 svetelných rokov v súhvezdí Panny

3. M. Mayor a D. Queloz, prví veľmi úspešní lovci exoplanét: O tri roky, 6. októbra 1995 oznámili M. Mayor a D. Queloz prvý jednoznačný objav exoplanéty pri Slnku podobnej hviezde **51 Pegasi a**. Týmto objavom, ktorý sa realizoval na observatóriu v Haute-Provence, sa začala moderná éra v objavovaní exoplanét, pretože na rozdiel od Wolszana a Fraila použili títo bádatelia metódu merania radiálnych rýchlostí hviezdy, t. j. spektroskopickú

metódu, ktorá v prvej fáze tejto éry slávila najväčšie úspechy. Planéta, ktorú pritom objavili, však podľa dovedy prevládajúcich kozmogonických teórií vôbec nemala existovať. 51 Pegasi b (á-čkom sa označuje materská hviezda) sa totiž nachádza len necelých **8 miliónov kilometrov** od materskej hviezdy a obehne ju raz za **4,23 dňa** po kruhovej trajektórii. Podľa dnes platných kozmogonických teórií by sa však na tomto mieste nemala vôbec nachádzať, pretože, ako tvrdí Z. Pokorný (2007, s. 43), mohutný hviezdny vietor, ktorý je sprievodným znakom vývoja všetkých hviezd v počiatkoch ich existencie, by musel zabrániť jej vzniku. Zostávajú tak len dve nerovnako pravdepodobné vysvetlenia jej súčasnej pozície, a to presun tohto horúceho Jupitera (hot Jupiter) s hmotnosťou $0,47 M_J$ do blízkosti materskej hviezdy až potom, keď už žiarila viac-menej bez výkyvov, alebo oveľa menej pravdepodobný záchyt planéty pri tesnom prelete okolo hviezdy 51 Pegasi a. Dodajme ešte, že pri teplote viac ako 1000°C sa musí za planétou 51 Pegasi b tiahnuť nádherný plynový chvost, a tiež, čo je oveľa dôležitejšie, že sa táto planéta stala akýmsi prototypom pre veľa ďalších horúcich Jupiterov objavovaných nielen M. Mayorom a D. Quelozom, ale aj G. Marcom a P. Butlerom v ďalších rokoch.



51 Pegasi b, rozžhavená materskou hviezdou na privrátenej strane

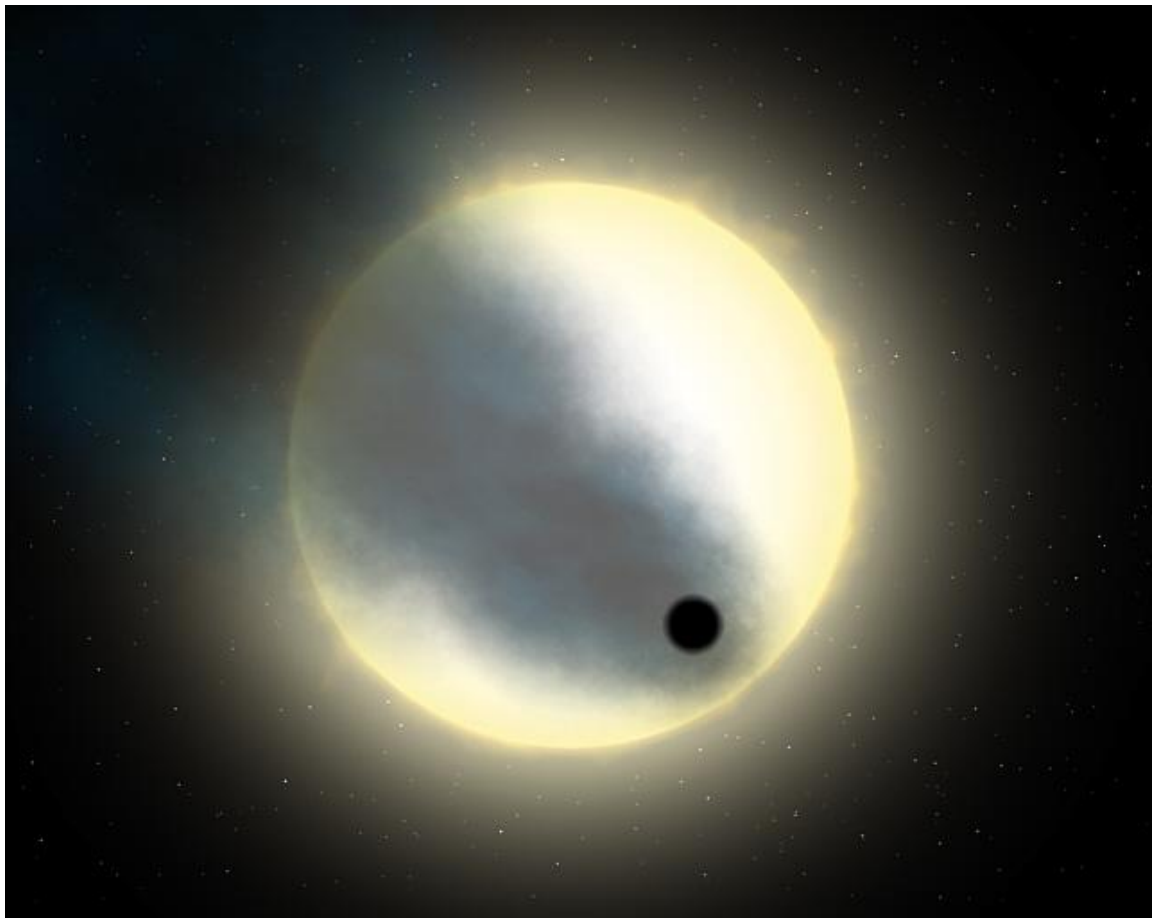
- 4. Moderná éra v objavovaní exoplanét; najzaujímavejšie a možno aj najmenej očakávané exoplanéty:** Ako uvádza Wikipédia vo svojej anglickej verzii, k 1. februáru 2014 bolo objavených **1075 planét v 813 planetárnych sústavách**, čo sú vskutku úžasné čísla. Najmä pri porovnaní s nesmelými Šklovského počiatočnými úvahami. Ešte úžasnejšie sú posledné odhady celkového počtu planét v Galaxii, ktorých by mohlo byť **až 400**

miliárd, t. j. planéty by sa mohli nachádzať **v podstate pri takmer každej hviezde**. Z týchto okolností je zrejmé, že akékoľvek pokusy o jednoznačné klasifikovanie planét a planetárnych sústav sú už z čisto štatistického hľadiska krajne predčasné. Preto si ďalej budeme všímať najzaujímavejšie nedávno objavené exoplanéty, vychádzajúc pritom najmä z publikácie Z. Pokorného (2007, s. 40 a n.). Najprv si všimneme planétu **2 M 1207 b**, ktorá sa nachádza vo hviezdnej asociácii TW Hydrae a je od nás vzdialená asi 230 svetelných rokov. Planéta je sprievodcom hnedého trpaslíka 2 M 1207, ktorý má hmotnosť len $25 M_J$, zatiaľ čo samotná planéta je od neho vzdialená 46 AU a má hmotnosť $5 M_J$. Planéta je známa najmä preto, že ide **o prvú planétu**, ktorá bola **priamo odfotená alebo nasnímaná**, a to v roku 2004 Gaelom Chauvinom pomocou 8,2 metrového ďalekohľadu Yepun v Cerro Paranal v Chile. Až vo februári a marci 2005 sa však podarilo definitívne dokázať, že hnedý trpaslík a jeho sprievodca tvoria jednu gravitačne viazanú sústavu.



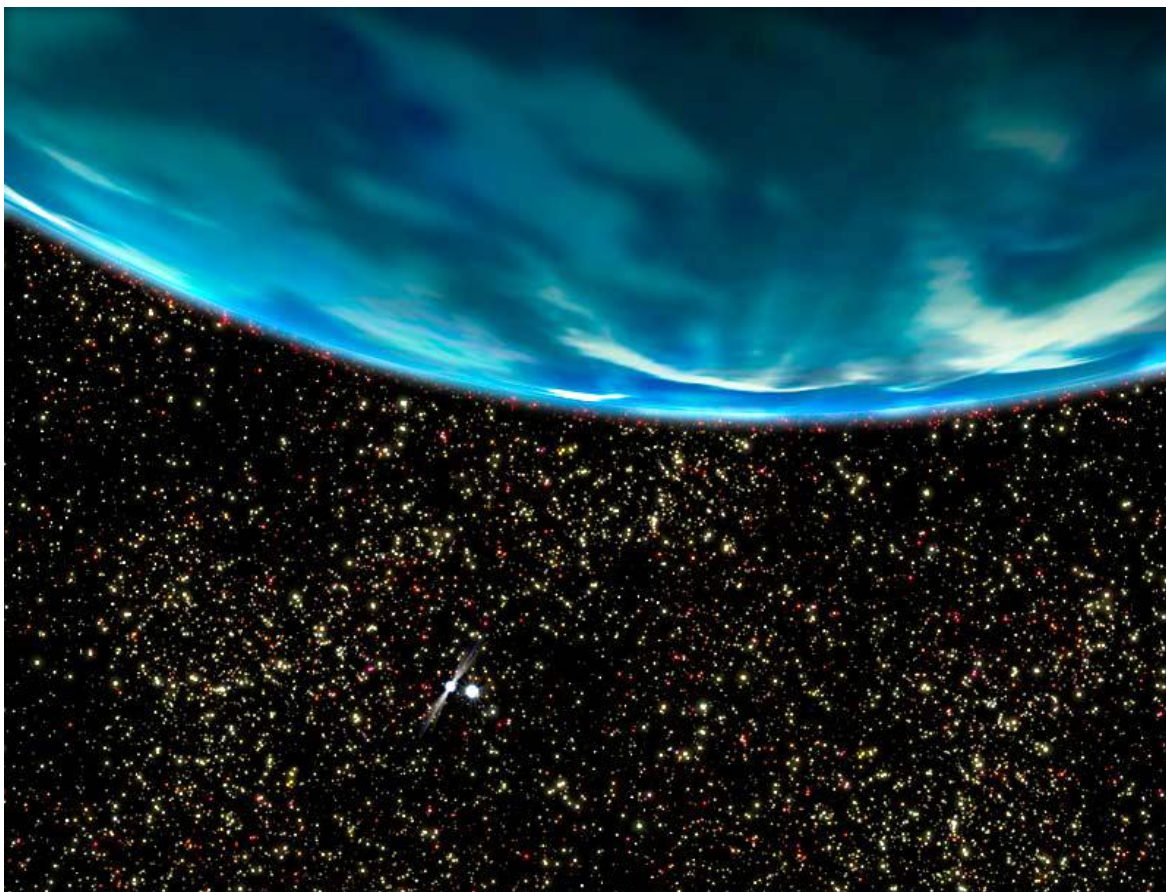
Ako vidieť, 2M1207 b zdobí niekoľko krásnych prstencov; na hornej snímke je pritom nasnímaná v infračervenom svetle

Prvá planéta, ktorá bola pozorovaná počas svojho prechodu popred disk centrálnej hviezdy, t. j. zákrytovou metódou, je zase HD 209458 b, ktorá je podľa Z. Pokorného výnimočná aj tým, že pri danom prechode bola odvodená jej veľkosť, ktorá je asi 1,42-násobok veľkosti Jupitera, hmotnosť, ktorá je asi $0,69 M_J$, čo dáva priemernú hustotu len asi $270 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (z čoho vyplýva, že planéta Saturn s najnižšou hustotou v Slnecnej sústave je dvakrát hustejšia). **HD 209458 b** okrem toho patrí do kategórie horúcich Jupiterov, pretože obieha centrálnu hviezdu vo vzdialenosti 7 miliónov km v perióde 3,5 dňa. Koncom novembra 2001 bola navyše Hubblovým teleskopom prvý raz v histórii detegovaná atmosféra exoplanéty a bola v nej potvrdená prítomnosť sodíka, o dva roky neskôr aj vodíka, uhlíka a kyslíka, pričom sa zistilo, že táto exoplanéta tak musí každú sekundu strácať 1 až $5 \cdot 10^{-8}$ vodíka. Vodíkový chvost tiahnuci sa za HD 209458 b tak môže dosahovať dĺžku až 200 000 km. Z toho možno vyvodíť, že všetky horúce Jupitery nachádzajúce sa v takejto vzdialenosti od centrálnej hviezdy strácajú svoju hmotu podobným spôsobom, aj keď sa určite celkom nevyparia, pretože pri tejto plynnej exoplanéte by sa pri danom tempe odparovania stratilo 7 % jej hmotnosti za 5 miliárd rokov.



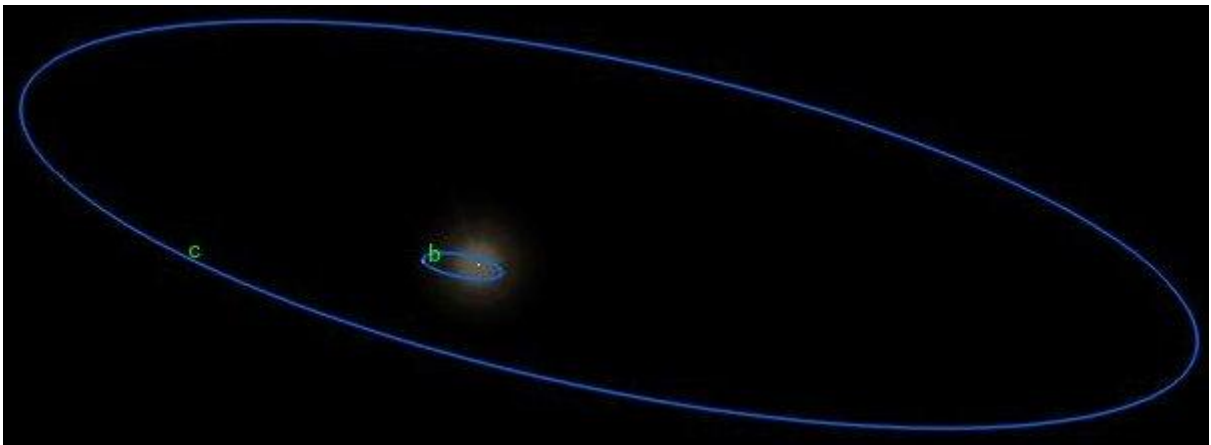
Dost' netradičná, ale impozantná parná sauna pri HD 209458 a

Veľmi bizarná je určite aj planéta **PSR B1620-26 c** s krycím menom **Matuzalém**, ktorá obieha okolo pulzaru (zrútenej neutrónovej hviezdy) a bieleho trpaslíka vo vzdialenosti 23 AU po takmer kruhovej obežnej dráhe s obežnou dobou asi 100 rokov, pričom sa nachádza neďaleko jadra pomerne blízkej guľovej hviezdokopy M 4 v súhvezdí Strelca, ktorej vek sa odhaduje na 12,7 miliardy rokov, a tak by aj samotná planéta mala mať **najmenej 12 miliárd rokov** a byť tak **najstaršou známou exoplanétou**. PSR B1620-26 c má pritom hmotnosť $2,5 M_J$ a na jej možnú existenciu prvý raz upozornil S. Thorsett so svojimi spolupracovníkmi už v roku 1993. Odvtedy si všetci planétológovia lámu hlavu nad tým, ako takáto zvláštna hviezdno-planetárna sústava mohla vôbec vzniknúť. Všetko nasvedčuje tomu, že najprv musela vybuchnúť supernova, tá po sebe zanechala pulzar (resp. rýchlo rotujúcu neutrónovú hviezdu), ktorý následne zachytil bieleho trpaslíka aj s jeho planétou, čo je v blízkosti jadier guľových hviezdokôp dosť pravdepodobné.



Pohľad z PSR B1620-26 c smerom k rýchlo rotujúcej neutrónovej hviezde PSR B1620-26 a a bielemu trpaslíkovi PSR B1620-26 b

Epsilon Eridani b je pre zmenu známa tým, že sa nachádza v planetárnej sústave, ktorá je k nám najbližšie, a navyše práve pri nej sa podarilo prvý raz dokázať, že ide o planétu, ktorá je súčasťou prachového disku hviezdy. Samotná planéta sa teda nachádza pri hviezde, ktorá je od nás vzdialená 10,5 svetelného roka a svoju materskú hviezdu obieha vo vzdialenosti 3,4 AU po značne výstrednej obežnej dráhe ($e = 0,7$). Materskú hviezdu obehne za 6,85 roka a má hmotnosť $1,6 M_J$. Vek jej materskej hviezdy sa odhaduje na asi 800 miliónov rokov a oveľa mladšia nebude ani samotná Epsilon Eridani b.



Hviezdno-planetárny systém ϵ Eridani a, b a c; na nasledujúcom obrázku pekne vidieť prachový oblak (alebo pás) okolo materskej hviezdy



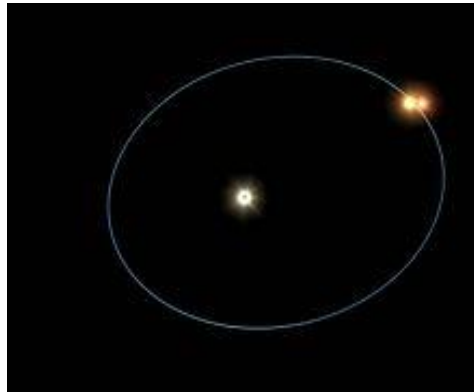
Kométy vlietajú do centrálnej oblasti ϵ Eridani a, b a c a zásobujú ju nielen vodou, ale aj životne dôležitými organickými látkami

SWEEPS-10 je zaujímavá tým, že jeden svoj obeh okolo materskej hviezdy uskutoční **za púhych 10 hodín**. Od svojej hviezdy je pritom vzdialená **1,2 milióna km**, čo je len trojnásobok vzdialenosti od Zeme k Mesiacu. Veľmi vysoké preto musia byť teploty na jej povrchu – odhaduje sa, že dosahujú až 1650°C . Planéta bola objavená zákrytovou alebo fotometrickou metódou pomocou Hubblovho teleskopu v roku 2006 v rámci projektu SWEEPS (Sagittarius Window Eclipsing Extrasolar Planet Search) a pôvodné dáta boli neskôr doplnené aj meraniami zmien radiálnych rýchlostí jej materskej hviezdy. SWEEPS-10 sa od nachádza vo vzdialenosti 22 000 svetelných rokov v tzv. galaktickej výduti a podľa slov vedúceho tímu, ktorý ju objavil, K. Sahu, mala by mať hmotnosť **najmenej $1,6 M_J$** , aby ju slapové sily neroztrhali, a obiehať drobného červeného trpaslíka s nízkou povrchovou teplotou, pretože pri väčšej a svietivejšej hviezde by nemohla existovať.



HD 188753 Ab sa vyznačuje tým, že je prvou známou exoplanétou, ktorá **sa nachádza v trojhviezdnej sústave**. Planétu objavil M. Konacki v roku 2005 a ide o vcelku bežného horúceho Jupitera, ktorý obieha materskú hviezdu za 3,3 dňa a nachádza sa od nej vo vzdialenosti zhruba 20-krát menšej ako Zem od Slnka. Ostatné dve hviezdy tvoria pomerne tesný pár a centrálnne teleso

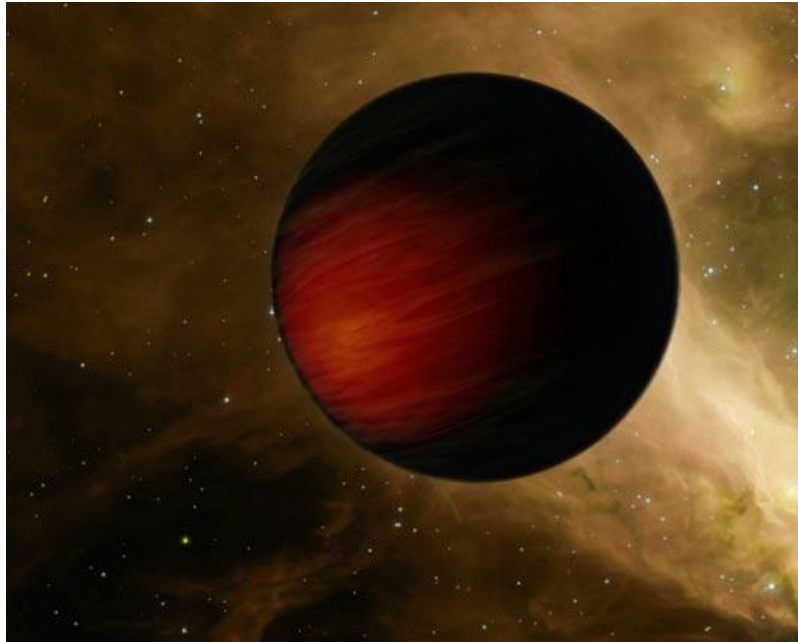
s touto planétou obehnú za 25,7 roka po výstrednej eliptickej dráhe ($e = 0,5$) s veľkou poloosou $a = 12,3$ AU. Oveľa zaujímavejšia je však samotná existencia HD 188753 Ab v tejto trojhviezdnej sústave, pretože, ako uvádza Z. Pokorný, podľa dnes prevládajúcich predstáv vznikajú horúce Jupitery vo väčších vzdialenostiach od materskej hviezdy a potom migrujú smerom ku hviezde, čo je ale v danej sústave vylúčené, pretože vonkajší hviezdny pár by rozbíjal svojím gravitačným vplyvom zárodoky planét a tie by sa nemohli zväčšiť do požadovanej veľkosti. Nečudo preto, že odvážni teoretici ponúkli viacero zaujímavých hypotéz o možnom vzniku tejto sústavy, vrátane hypotézy S. P. Zwarta a S. McMillana z roku 2005, podľa ktorej tieto telesá vznikli v otvorenej hviezdokope, pričom najprv sa utvorila sústava hviezda-planéta a neskôr sa k nej pridali zostávajúce dve hviezdy, k čomu by údaje malo dochádzať v otvorených hviezdokopách pomerne často alebo bežne.



Na youtube je možné pozrieť si aj simuláciu postupného vychádzania slnka na HD 188753 Ab

Skutočným exotom je aj **HD 149026 b**, pretože, ako zdôrazňuje Z. Pokorný, narúša všeobecne platnú predstavu, že všetky veľké planéty musia byť plynými objektmi, tak ako sú nimi Jupiter alebo Saturn. Parametre tejto planéty sú skutočne pozoruhodné: dosahuje 72 % Jupiterovej veľkosti, je

o 20 % hmotnejšia ako Saturn (a 110-krát hmotnejšia ako Zem), materskú hviezdu obieha za 2,9 dňa, ale vďaka tomu, že je 1,7-krát hustejšia ako Saturn, mala by pozostávať z polovice až dvoch tretín z prvkov ťažších ako vodík a hélium a disponovať železato-kamenným jadrom s hmotnosťou až 70 Zemí. Podľa Z. Pokorného musí byť táto planéta z polovice až dvoch tretín tvorená horninami, kovmi a roztaveným ľadom, pričom podľa modelu predloženého P. Bodenheimerom môže byť na relatívne husté jadro nabalená vrstva vysoko stlačenej tekutej vody, po ktorej nasleduje vrstva tekutého vodíka a hélia, zatiaľ čo vrchný obal tvoria plynný vodík a hélium; čo znie síce pekne, ale v rámci dnešných kozmogonických teórií nevierohodne, pretože podľa nich by sa na tak hmotné jadro musel nabalit' skoro všetok počiatočný plyn a museli by vzniknúť akési obrie verzie Jupitera či Saturna.



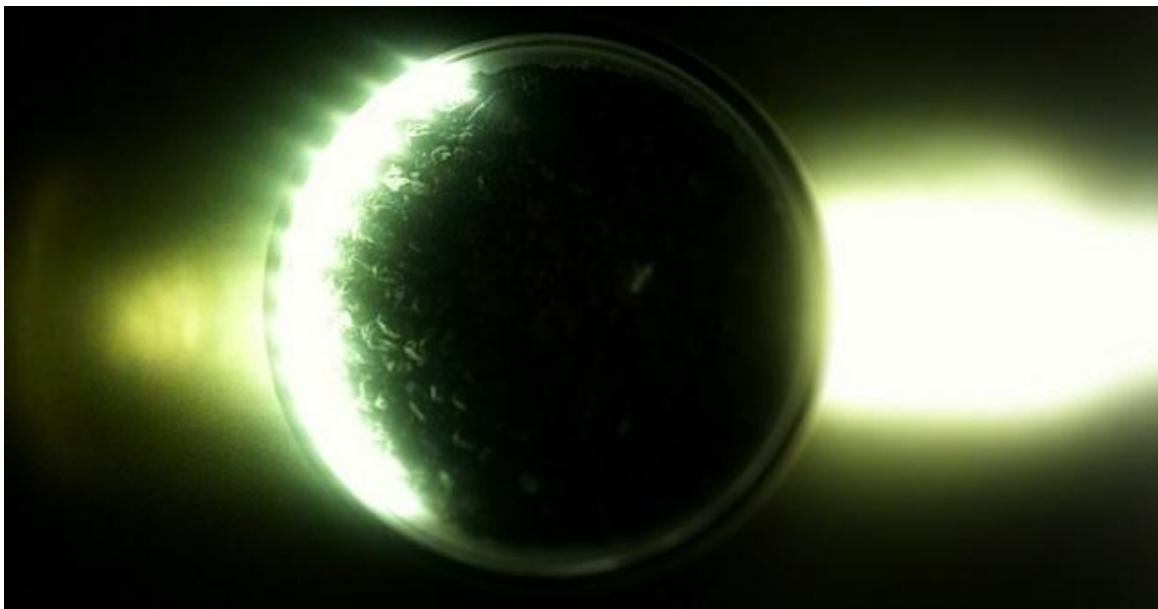
HD 149026 b sa nachádza vo vzdialenosti 256 svetelných rokov v súhvezdí Herkules a hovorí sa jej aj Čierna planéta; v dôsledku svojho nízkeho albeda a tesnej obežnej dráhy je zároveň na povrchu extrémne horúca – podľa údajov zo stránky NASA jej povrchová teplota dosahuje až 2040 stupňov Celzia, čo je zhruba 3-krát viac ako na Venuši

5. Priebežná klasifikácia exoplanét podľa ich hlavných vlastností:

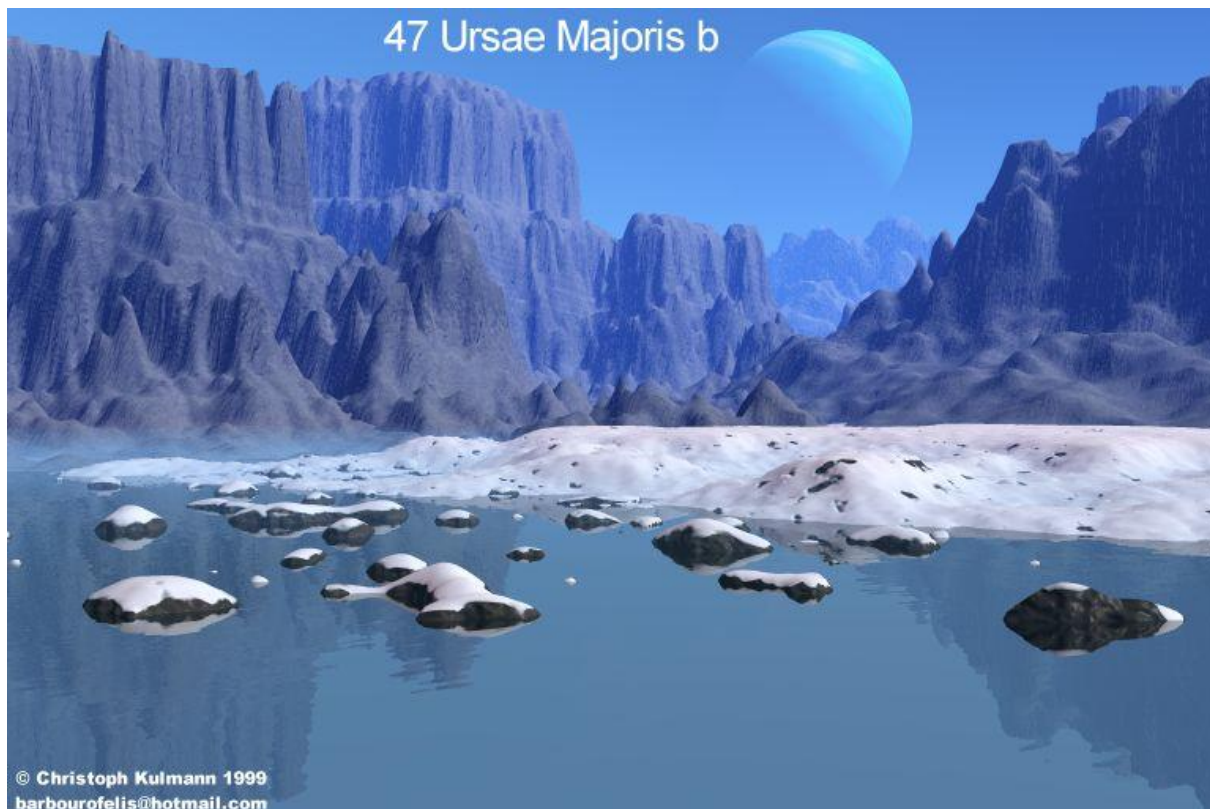
Aj keď som už spomínal, že podľa niektorých odhadov by mohlo byť v našej galaxii až 400 miliárd planét a ich klasifikácia je preto v tejto chvíli určite predčasná, predsa len sa pokúsim na základe aktuálnej astronomickej literatúry o ich aspoň priebežnú klasifikáciu, zameriavajúc sa pritom aj na

porovnanie jednotlivých planetárnych sústav. Vychádzať pritom budem z populárno-náučnej publikácie **Chrisa Kitchina** s názvom Exoplanéty, ktorá vyšla v roku 2012 a zachytáva prehľadne stav výskumu exoplanét **koncom roku 2011**. Kitchin vyčleňuje niekoľko tried a typov exoplanét, a to horúce Jupitery, horúce Neptúny, studené Jupitery, Superjupitery, Superzeme, Malé modré bodky (resp. Dvojičky Zeme) a Voľne blúdiace exoplanéty. Ako ďalej uvádza, **až tri štvrtiny exoplanét** má hmotnosti **od polovice M_J do $13 M_J$** . Až 40 % z nich sa pritom nachádza bližšie k ich materskej hviezde ako Zem k Slnku. Podľa Kitchina to však **vôbec neznamená**, že vo vesmíre prevažujú horúce Jupitery, pretože pri súčasnej pozorovacej technike sú to **práve takéto** planéty, ktoré sa dajú najrýchlejšie alebo najpravdepodobnejšie nájsť v našom hviezdnom okolí. Horúcich **Neptúnov** zatiaľ bolo pozorovaných oveľa menej ako horúcich Jupiterov a aj keď sú pochybnosti o presnom stanovení hranice medzi nimi a horúcimi Jupitermi, astronómovia sa zatiaľ zhodujú v názore, že by mala byť totožná s jednou pätinou M_J . Asi tretina dodnes objavených masívnych planét sa nachádza vo vzdialenosti najmenej dvakrát tak veľkej ako je vzdialenosť Zeme od Slnka, čo tiež nie je náhoda, ale očividne dôsledok pozorovacieho výberového efektu, pretože sa práve vďaka takýmto vlastnostiam ľahšie objavujú ako iné planéty. Keďže sa veľmi podobajú na náš Jupiter, zvykne sa im hovoriť aj **Dvojičky Jupitera**. Pre planéty, ktoré sú 5-krát a viac hmotnejšie ako Jupiter, sa zase zaužíva názov **Superjupitery**. Horná hranica je v tomto prípade stanovená **na $13 M_J$** , hoci sa občas stáva, že do tejto skupiny sú začleňované aj hmotnejšie exoplanéty, ktoré by mohli byť dokonca aj hnedými trpaslíkmi. Ďalšou veľmi zaujímavou, ale doteraz nie príliš často zastúpenou skupinou sú **Superzeme**, t. j. exoplanéty, ktorých hmotnosť sa pohybuje od **$1,5 M_Z$ po $10 M_Z$** . Najznámejšou Superzemou so zatiaľ najnižšou hmotnosťou je **Gliese 581 e**, ktorej hmotnosť je trochu menej ako $2 M_Z$. To, či majú Superzeme atmosféry, bude napokon závisieť od ich vývoja a blízkosti k materskej hviezde, pričom hrozí, že ak budú príliš blízko k materskej hviezde, tak sa ich atmosféra vyparí. Astronómovia, ale aj exobiológovia sa však najviac zaujímajú o **Dvojičky Zeme**, t. j. o exoplanéty, ktorých hmotnosť sa pohybuje od $1 M_Z$ do **$1,5 M_Z$** . Ak ponecháme bokom hneď prvú objavenú exoplanétu PSR B1257+12 b, ktorá má len o 2 % väčšiu hmotnosť ako Zem, ale nachádza sa pri slabo žiariacom pulzare, tak najbližšie k týmto parametrom by mohla mať KOI (t. j. Kepler Object of Interest) 326.01 s hmotnosťou asi 80 % M_Z , ktorá by sa síce mala nachádzať len asi 7 až 8 miliónov kilometrov od svojej materskej hviezdy, ale keďže tou je slabý

červený trpaslík, teplota na jej povrchu by sa mal blížiť 60°C , čo by ju mohlo začleňovať do tzv. obývateľnej zóny. Nakoniec, niekoľko tuctov objavených exoplanét patrí medzi **Volne blúdiace** (alebo putujúce) **exoplanéty**, ktoré sa však svojimi hmotnosťami veľmi blížia hnedým trpaslíkom a nachádzajú sa najmä v Hmlovine Orióna, slávnej M42. Za zmienku tiež stojí spoločná štúdia A. Howarda a G. Marcyho, ktorý na základe údajov z Keckovho ďalekohľadu tvrdia, že 13 % Slnku podobných hviezd tried G a K má exoplanétu, pričom 1-2 % spomedzi nich má planétu vo veľkosti Jupitera, 6 % Neptúna, 12 % Superzeme, zatiaľ čo **až 23 % by malo mať planéty podobné Zemi**. Keďže pritom vychádzali zo vzorky 166 exoplanét, domnievajú sa, že v galaxii by mohlo byť až 40 miliónov Zemi podobných exoplanét. S tým sú však zatiaľ v rozpore údaje **o doteraz pozorovaných planetárnych sústavách**, pretože ako uvádza sám Kitchin, doteraz sa nám nepodarilo objaviť planetárnu sústavu, ktorá by sa svojimi parametrami výrazne približovala Slnčnej sústave. **Najbližšie k tomu** má zatiaľ planetárna sústava **pri 47 UMa** (t. j. vo Veľkej Medvedici) s tromi exoplanétami vo veľkostiach od 0,5 po 2,5 M_J a vo vzdialenostiach od 2 do 11 AU. To už ale prechádzame k veľmi zložitej otázke distribúcie obývateľných planetárnych sústav v našej galaxii, ktorej sa budeme detailnejšie venovať v nasledujúcej prednáške tohto cyklu.



KOI 326.01 sa nachádza na ľavej strane Keplerovej snímky a v závislosti od veku jej materskej hviezdy by teoreticky mohla hostiť mimozemskú civilizáciu o miliardy rokov dlhšie existujúcu a vyvíjajúcu sa ako naša, pozemská civilizácia



**Umelcova predstava o výzore 47 UMa b, ktorá by sa mala nachádzať
neďaleko obývateľnej zóny svojej materskej hviezdy, podľa všetkého
však veľmi vzdialená realite**

Kontrolné otázky:

- 1. Na základe čoho sa J. S. Šklovskij odvážil tvrdiť, že planéty sú v našej galaxii bežné?**
- 2. Pri akom type hviezdy a kým boli objavené prvé exoplanéty?**
- 3. Akú detekčnú metódu využili M. Mayor a D. Queloz, keď v roku 1995 objavili prvú exoplanétu pri Slnku podobnej hviezde 51 Pegasi a?**
- 4. V čom spočíva rozdiel medzi kozmologickými a kozmogonickými teóriami?**
- 5. V ktorom súhvezdí sa nachádza planéta 2 M 1207 b, ktorá bola ako prvá priamo nasnímaná a odfotografovaná?**
- 6. Do akej vzdialenosti sa môže tiahnuť vodíkový chvost za exoplanétou HD 209458 b, ktorá bola ako prvá pozorovaná počas svojho prechodu popred disk centrálnej hviezdy?**
- 7. Prečo dostala planéta PSR B1620-26 c meno Matuzalém?**
- 8. Ktoré dve vlastnosti robia z Epsilon Eridani b jedinečnú exoplanétu?**

- 9. Za koľko hodín obehne svoju materskú hviezdu SWEEPS-10?**
- 10. Koľkokrát vychádza slnko pri hviezde HD 188753 Ab?**
- 11. Prečo alebo čím narúša HD 149026 b súčasné teórie o formovaní exoplanét?**
- 12. Aké veľké železnato-kamenné jadro by mala mať táto exoplanéta?**
- 13. Koľko miliárd exoplanét by mohlo byť teoreticky v našej galaxii?**
- 14. Uveď hlavné triedy alebo typy exoplanét, ktoré uvádza Ch. Kitchin vo svojej knihe Exoplanéty!**
- 15. Ktoré planéty z doteraz pozorovaných sa vo vesmíre vyskytujú najčastejšie?**
- 16. Prečo však z čisto štatistického hľadiska musíme brať údaje o ich výskyte s rezervou?**
- 17. Aké hmotné môžu byť Superjupitery?**
- 18. Aké hmotné môžu byť Superzeme a aké hmotné môžu byť Dvojičky Zeme?**
- 19. V ktorej hmlovine nájdeme najviac Voľne blúdiacich exoplanét?**
- 20. Pri ktorej hviezde sa nachádza planetárna sústava zatiaľ najviac podobná našej planetárnej sústave?**