

Planety cizích sluncí a život na nich

Jakub Rozehnal

Je ve vesmíru člověk sám? Existuje v tom bezpočtu galaxií nějaká planeta podobná Zemi, nebo jsme pouhou hříčkou vesmíru, jedinečnou a neopakovatelnou? Tyto a jim podobné otázky si člověk nepochybně začal klást od chvíle, kdy poprvé nahlédl pod roušku tajemství našeho světa, našeho vesmíru.

Od té doby našťěstí uplynulo dost času na to, abychom si dnes mohli říci něco víc o tom, jak vznikla naše sluneční soustava, mohla-li vzniknout i jinde a mohli-li se v ní vyvinout a udržet život, i když předesílám, že hlavní otázka zůstane nezodpovězena.

Pro přehlednost jsem článek rozdělil do tří témat. Nejdříve se budeme zabývat tématem anorganickým - budeme pátrat po původu a příčinách vzniku planetárních systémů. V druhé části se podíváme, jak to vypadá s existencí života. V poslední části bych rád nastínil několik základních problémů týkajících se případných kontaktů s jinou civilizací.

Abychom věděli, kde planety a život ve vesmíru hledat (zjistěte by nebylo vhodné pátrat nahodile), musíme mít jistotu, že se nejedná o jevy náhodné.

Tvoří-li člověk nějaké teorie, většinou staví na tom, co už zná, nebo by alespoň měl. V ideálním případě lze teorie potvrdit existencí důkazů z hned několika nezávislých zdrojů. Naše teorie o okolním vesmíru sem bohužel v tomto případě zatím nepatří. Jediným, přesněji řečeno zdaleka největším zdrojem informací o planetárních soustavách je jen a pouze soustava naše. O to více budeme muset věnovat pozornost tomu, co známe, abychom mohli společně vykročit do neznáma.

Našťěstí pro nás není totiž příroda

zlomyslná, ale pouze rafinovaná, jak s oblibou tvrdil Albert Einstein.

Budeme-li tedy mít správný model vzniku naší soustavy, budeme moci říci, za jakých předpokladů se může ve vesmíru vyskytovat jiná taková planetární soustava, popřípadě život a dokážeme, že vznik planety resp. života nemusí být čistě náhodný a že jej ovlivňuje hned několik faktorů.

Jak tedy neše planetární soustava vznikla?

První teorie o vzniku sluneční soustavy vytvořili nezávisle na sobě roku 1755 I. Kant a roku 1796 P.S. Laplace. Podle tohoto modelu, známého dnes jako Kantova-Laplaceova nebulární teorie, vznikla naše soustava z původní rotující plynné mlhoviny, která se postupně smršťovala v dnešní Slunce, a zanechávala za sebou oddělené prstence plynu, které se pak dále zhustily do podoby dnešních planet. Tato teorie velmi dobře vysvětlovala shodný smysl rotace u všech planet a několik dalších jevů spjatých s mechanikou, ale přesto byla již v 19. století zcela opuštěna. Nedokázala totiž vysvětlit rychlost sluneční rotace.

Lze vypočítat, že v případě, že naše Slunce vzniklo postupným smršťováním rotujícího plynného oblaku, jehož okraj se původně dotýkal drah planet v naší soustavě, muselo by dnes Slunce na rovníku rotovat rychlostí asi 600 km/s.* Rychlost rotace na slunečním rovníku

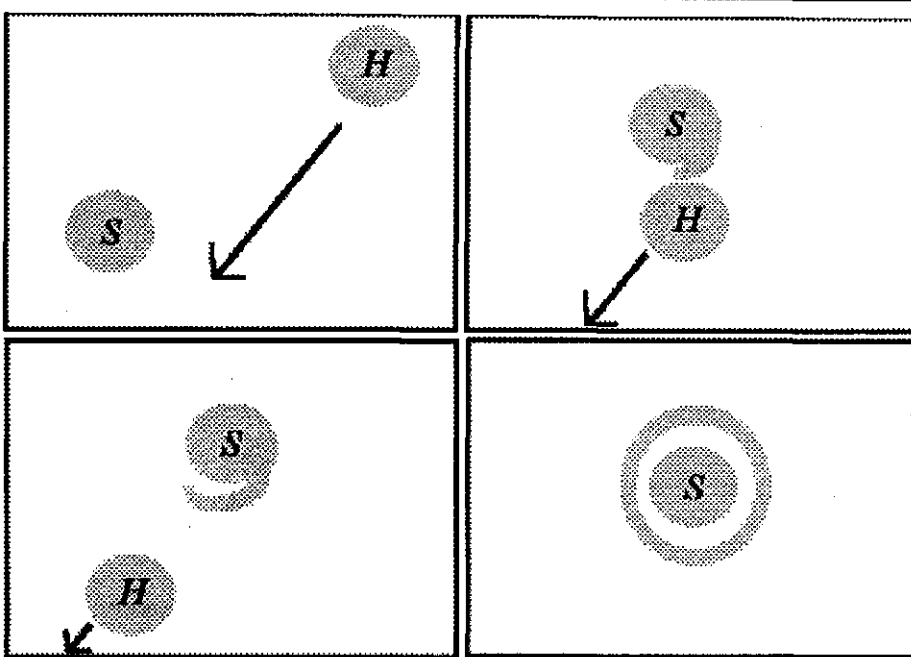
však dosahuje necelých 2 km/s.

Jinou slabinou této teorie je fakt, že zhuštění planet z původních plynných prstenců je z ryze fyzikálního hlediska nemožné. A tak byla tato teorie již v druhé polovině 19. století zcela opuštěna.

19. století bylo pro fyziku, potažmo tedy i pro astronomii obdobím velkých revolucí. Jinými slovy - přestávalo platit staré a začínalo platit nové. Bohužel ne vždy to byl krok kupředu. A tak tuto oblast astronomie až do 40. let našeho století ovládla takzvaná Jeansova-Jeffreysova katastrofická domněnka. Ta předpokládala, že Slunce se na své pouti vesmírem střetlo s nějakou jinou hvězdou. Při této kolizi měla procházející hvězda na Slunci vytvořit ohromnou slapovou vlnu, která se od Slunce později zcela odtrhla, a z jejích rotujících zbytků se pak utvořily planety. Tato domněnka se však při bližším zkoumání ukázala naprosto neudržitelnou. Kdyby se hvězda se Sluncem přímo střetla, vytvořila by se sice dostatečně velká vlna, ale její hmota by rotovala příliš blízko. Aby rotovala ve vzdálenosti dnešních planet, musely by se obě hvězdy míjet v daleko větší vzdálenosti. To by ovšem zase nestačilo k tomu, aby se slapová vlna zcela oddělila od slunečního povrchu (viz. obr. 1 - 4).

Tak se z této teorie vyvinula další, neméně atraktivní (viz. obr. 5-8). Podle ní bylo naše Slunce zpočátku dvojhvězdou dvou hvězd. Složka S bylo Slunce a složka H₁, která později zanikla, se střetla s další hvězdou. Uvolnilo se tak jakési vlákno, které bylo později zachyceno složkou S. Z hlediska mechaniky nelze nic namítat, ale samotná podstata stavby hvězd tuto teorii staví do nepříliš příznivého světla. Látka na povrchu hvězdy je totiž velmi řídká a nemá hustotu dostatečnou k tomu, aby se z ní později vytvořily zárodky budoucích planet. Látka by tedy musela být vyvržená přímo z nitra hvězdy, což při přímé kolizi je principiálně možné, ale musíme si uvědomit, že látka v nitru hvězdy je doslova "napěchována" energií, která se v ní "drží" mimo jiné díky ohromnému tlaku, který v nitru hvězd panuje. Vyvržením této hmoty do prostoru by vnější tlak poklesl na nulu, takže energie ve formě záření by celý vyvržený útvar během několika málo

* Z každodenního (nebo alespoň téměř každodenního) života známe několik jevů, které souvisí s rychlostí rotace. Například kroužíme-li nad hlavou letadýlkem uvázaným na provázku a ten postupně zkracujeme, rychlost letadýlka se nám zvyšuje. Nebo když sledujeme krasobruslaře, všimneme si, že chce-li udělat piruetu, pomalu se rotočí a stáhne ruce k sobě. Rychlost jeho rotace se podstatně zvýší. Ve fyzice tomuto jevu říkáme zákon zachování momentu hybnosti.



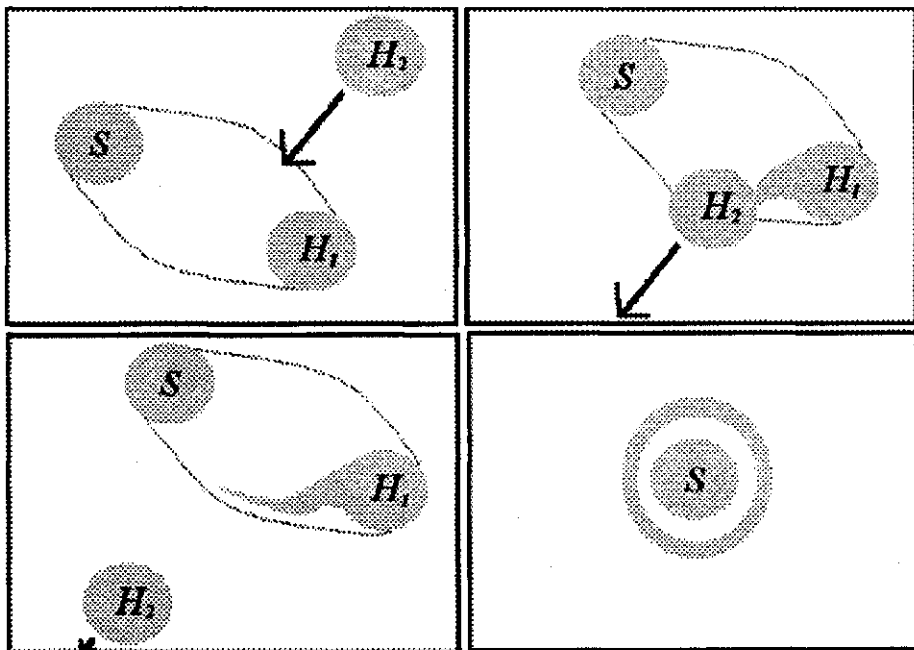
okamžiků roztrhala.

Proti takovým katastrofickým teoriím lze mít i námitky filozofické. Těsné setkání, nebo dokonce kolize dvou hvězd, jsou vzhledem k ohromným vzdálenostem ve vesmíru událostí nesmírně vzácnou a výjimečnou.

A tak se astrofyzika vrátila k teorii pramlhoviny. Podle dnešních názorů se naše Slunce spolu s mnoha dalšími hvězdami zrodilo ze zárodečného prachoplynného oblaku (99,99 % vodíku), který měl průměr cca 480

ského hlediska je tedy takovýto oblak dokonalé vakuum. Díky ohromným rozměrům měl však i takto řídký oblak hmotnost několika tisíc Sluncí. (Budeme-li se držet původních předpokladů o hustotě a velikosti, vychází nám hmotnost na $9 \times 10^{13} \text{kg}$!) Teplota tohoto oblaku dosahovala ztěžší $-230 \text{ }^\circ\text{C}$. Zajisté tušíte, že se tento oblak začal smršťovat. Jaká ovšem byla příčina?

Je jasné, že pokud ke smršťování musela dát nějaká rázová vlna, která vytvořila v oblaku četná zhuštění.



bilionů km, tedy asi 50 světelných let. V každém krychlovém centimetru tohoto oblaku se nacházelo asi 1000 atomů. Pro srovnání - vzduch, který dýcháme, obsahuje ve stejném objemu asi 30 miliard atomů. Z pozem-

Další smršťování pak už způsobila vlastní gravitace. Jakého původu ale byla zmíněná vlna?

V Galaxii známe relativně málo jevů, při kterých vznikají silné rázové vlny. Zdaleka nejsilnější rázy vznikají

při výbuších supernov, kdy je látka z hvězdy vyvržena rychlostí několika tisíc kilometrů za sekundu. Není těžké si představit, co taková rázová vlna s klidným mračnem udělá - vzniknou v něm četné nehomogenity a zhuštění. Nutno dodat, že k výbuchu supernovy v naší Galaxii dojde jednou za cca 50 let a jediná supernova může iniciovat smršťování hned několika oblaků. Nejedná se tedy o jev natolik řídký, aby nebyl pravděpodobný.

Někdo by se ovšem mohl zeptat - existuje vůbec nějaký důkaz o tom, že popud ke smršťování daly skutečně supernovy? Naštěstí existují hned dva.

Existence prvků těžších než železo, které mohou vzniknout jedině při výbuchu supernovy, a které se na Zemi vyskytují, nám nadevší pochybnost dokazuje, že naše pramlhovina musela být v minulosti výbuchem supernovy zasažena.

Takových "injekcí" dostal náš mezihvězdný oblak od supernov hned několik a to zhruba 5 miliard, 2 miliardy, 500, 100 milionů a asi 200 tisíc let před vznikem naší soustavy. Data těchto výbuchů nám pomohlo odhalit složení meteoritu Allende, který spadl roku 1969 v Mexiku, a jehož stáří vědci určili na 4,7 miliardy let. Poměr radioaktivních izotopů, přítomných v tomto meteoritu, nám tak dává přibližná data zmíněných výbuchů.

V původním oblaku se tak vytvořily zhuštění, kterým říkáme globule. Jejich teplota vzrostla na $-205 \text{ }^\circ\text{C}$. Předchůdcem našeho Slunce byla globule střední velikosti s průměrem větším než 100 slunečních soustav a hmotností cca 3 Sluncí.

Jak už jsme si řekli, smrštění oblaku mělo za následek i zrychlení rotace. Odstředivá síla zdeformovala globuli do tvaru disku, kde se poprvé začala projevovat diferenciace - hustší jádro se smršťovalo rychleji, kdežto z okolního disku se vytvořil tenký prstenec prachových zrněk o teplotě asi $-180 \text{ }^\circ\text{C}$. Tato vývojová fáze trvala řádově milióny let.

Za několik tisíc let se jádro globule smrštilo do průměru menšího, než je dnešní dráha Marsu (cca 300 mil. km). Teplota v centru narostla asi na 60 tisíc K, na povrchu pak na 1500 K. Takovému útvaru říkáme protohvězda. Ačkoli díky povrchové teplotě zářila protohvězda ve viditelném oboru více než dnešní Slunce, teplo

Planety u cizích sluncí a život na nich

mělo stále původ v gravitačním smršťování.

Simulace na počítačích ukazují, že již za 1000 let po vzniku prachového disku se vlivem srážek vytvořila prachová zrnka o velikosti 1 cm, a během několika dalších stovek až tisíců let kolem protoslunce obíhaly balvany o rozměrech řádově 100 km.

Za dalších cca 50 000 let se pak vytvořily tzv. planetezimály II. generace s rozměry 500 - 1000 km a hmotnostmi cca 10^{21} kg. Ty už byly dostatečně velké na to, aby k sobě přitáhly zbytky plynů z protoplanetárního disku a vytvořily si tak prvotní atmosféru.

Mezitím se protoslunce dále smršťovalo. Asi za 200 000 let vzrostla teplota v centru na 1 mil. K, což iniciovalo zapálení termojaderných reakcí. Zrodila se tak nová hvězda - naše Slunce. Produkce energie byla však zpočátku velmi nerovnoměrná, stejně tak nestálé byly i sluneční rozměry. Do rovnovážného stavu se Slunce dostalo až za dalších 25 - 30 milionů let.

Velice mladé Slunce v té době produkovalo značné množství energie a doslova "sopilo" - vyvrhovalo množství značně energetických částic. K takovému jevu dochází i dnes a my jej nazýváme slunečním větrem. Tehdy to ovšem byla spíše sluneční vichřice, která způsobila, že prvotní atmosféra blízkých planet byla doslova odfouknuta. Pouze vzdálenější planety - Jupiter, Saturn ... si svou prvotní atmosféru zachovaly. Planety bližší, Merkurem počínaje a Marsem konče, o svou prvotní atmosféru přišly. Merkur si už pak nikdy druhou atmosféru nevytvořil. Atmosféry tří zbývajících planet pak vznikly hlavně odplyněním vlastních jader. Vznikla tak jedna planetární soustava.

Opusťme teď na chvíli naši sluneční soustavu a podívejme se do okolního vesmíru. Od počátku smršťování oblaku ke vzniku sluneční soustavy uplynulo několik desítek milionů let, což je z astronomického hlediska velice krátká doba. Pokud je tedy v Galaxii přítomno dostatečně mnoho prachoplynných mračen pramlhovinového charakteru, zajisté se nám podaří pozorovat vznik planetárních soustav v nejrůznějších fázích.

Původní mračna temné hmoty se nám podaří pozorovat pouze ve

dvou případech: buď takový oblak leží mezi námi a světly pozadím, kterým může být například Mléčná dráha. Pak mlhovinu vidíme jako temný oblak, neboť je její hmota pro viditelné záření neprostupná. Ve druhém případě může být oblak v blízkosti nějaké hvězdy. Její světlo se pak na daném oblaku buď rozptyluje, nebo absorbuje a zpětně vyzařuje na jiných vlnových délkách.

Představitelů máme v obou případech více než dostatek. Ale přece - co když je mezihvězdná hmota někde, kde ji zkrátka nemůžeme vidět (tedy když není splněna ani jedna z předešlých podmínek)? Neocenitelné služby nám v tomto případě poskytuje radioastronomie. Hned na začátku jsme si řekli, že oblak je tvořen z 99 % vodíkem. Je-li hustota oblaku relativně malá, nacházejí se všechny atomy v základním stavu - elektrony obíhají kolem jádra po nejnižší možné dráze - mají nejnižší možnou energii. V takovém stavu atom vodíku nevyzařuje žádnou energii a my nemáme možnost jeho přítomnost zjistit pokud - pokud není všechno trochu komplikovanější. (A ono je.) Atom vodíku v základním stavu má totiž dvě možné spinové orientace elektronu a jádra. Buďto elektron rotuje ve stejném směru jako jádro - tedy paralelně, nebo rotuje ve směru opačném - antiparalelně. V případě paralelní orientace je energie elektronu o něco vyšší než v případě orientace antiparalelní. Nicméně ve stavu s vyšší energií může elektron zůstat až 10^{14} sekund (cca 3 mil. let), než samovolně přejde do orientace antiparalelní. Při tomto přechodu ve jménu zákona zachování energie elektron vyzáří energetické kvantum, které odpovídá vlně o délce 21,1 cm a frekvenci 1,42 GHz. A toto záření je velmi dobře detekovatelné našimi radioteleskopy. První radioteleskopická pozorování oblohy na vlně 21 cm roku 1951 opravdu potvrdila tuto

v Galaktické rovině - je ho tam opravdu dost, a je opravdu všude. A je-li tam vodík, proč by tam nemohl být i prach?

Další fází planetárního vývoje je, jak už jsme si řekli, vznik globulí. Takové objekty máme možnost pozorovat v difuzních mlhovinách, neboť narozdíl od vlastní mlhoviny pohlcují značné množství světla. Příkladem takových globulí jsou například globule v mlhovině Trifid (M20) v souhvězdí Štřelce.

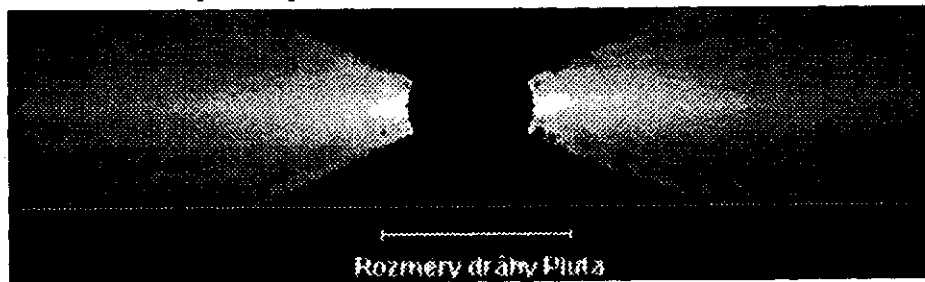
Poměrně klasickým zástupcem následující fáze - protohvězdy je systém éta Carinae, která je ve stavu přechodu mezi protohvězdou a hvězdou.

Až doposud jsme při odhalování důkazů správnosti naší teorie neměli větších obtíží - mlhoviny a globule jsou velké, protohvězdy svítí (v optickém oboru dokonce více než naše Slunce, jak jsme si již řekli). Ale co takové protoplanety?

Ty jsou příliš malé na to, abychom je mohli na takovou vzdálenost pozorovat - a to musíme navíc počítat s tím, že prostor kolem protoplanet je stále ještě plný nejrůznějšího "smetí", které nám výhled ještě zhoršuje.

Zajisté je celkem správný předpoklad, že protoplanetární disk bude při svojí teplotě kolem 100 K maximálně vyzařovat v infračervené části spektra - jenže jak to zjistíme, když naše atmosféra, resp. vodní pára, infračervené záření zcela pohlcuje? Nic naplat - museli jsme si počkat na zhotovení družice, která by měření v IR části spektra uskutečnila. To se stalo v roce 1983 po vypuštění družice IRAS. A výsledek? Měření družice prokázala prachový disk kolem Vegy a dokázala přítomnost protoplanetárního disku u hvězdy Beta Pictoris.

Podobné problémy nastávají při detekci "hotových" planet. Jedná se o tělesa malá a chladná. Prostor mezi nimi je již vyklizen, takže ani v IR oboru je už nemůžeme pozorovat. Navíc je třeba podotknout, že se



Beta Pictoris v souhvězdí Malíře

hypotézu a ukázala rozmístění vodíku

zvětšující se vlnovou délkou detekovaného záření se snižuje rozlišovací schopnost detekční aparatury. A i ve

viditelném oboru jsou úhlové rozměry planet v takové dálce hluboko pod rozlišovacími schopnostmi našich dalekohledů.

Jak tedy dál? Poučení si vezmeme z historie. Roku 1821 uveřejnil A. Bouvard pozorování odchylek v pohybu Urana - poslední tehdy známé planety. V létě 1846 pak uveřejnil J. J. Leverrier své výpočty, ve kterých ukázal, že pohyb Urana je rušen další planetou, a spočítal i její hmotnost a předpověděl její polohu. A již 23. září 1846 byla planeta skutečně nalezena necelý 1 stupeň od vypočtené polohy. Podobně tak tomu bylo i v případě Pluta.

Zajisté nás tedy napadne - nemůžeme tedy přítomnost planet u vzdálených hvězd také spočítat? Stručně řečeno - můžeme. Ale abychom vůbec mohli začít počítat, musíme mít nejdřív řadu velice přesných měření pozic hvězd v relativně dlouhých časových intervalech. Výchytky, které způsobí případné planety, rotující kolem pozorované hvězdy, jsou nepatrné a bohužel zatím srovnatelné s chybami našich dosavadních přístrojů.

Nicméně již roku 1844 si F. W. Bessel všiml nepatrného pohybu hvězd Sírius a Prokyon. U Síria činila odchylka asi 3" a její perioda 49 let, u Prokyona 1" s periodou 40 let. Bessel již tehdy ze svých pozorování usoudil, že hvězdy obíhají spolu s neviditelnými průvodci po eliptických drahách kolem společného těžiště. Oba tito tehdy ještě neznámí průvodci byli nalezeni o několik let později - Sírius B roku 1862 a Prokyon B roku 1896.

Ross 614

Pozorovací technika se stále zlepšovala, a tak byla v letech 1927 až 1937 vystopována další hvězda s neviditelným průvodcem. Jednalo se o hvězdu Ross 614. Existenci jeho průvodce se podařilo prokázat až roku 1955 pomocí 5 metrového reflektoru na Mount Palomaru. Průvodce, označený jako Ross 614 B patří se svojí hmotností 0,08 Slunce k těm nejmenším hvězdám. Je jen asi 80x hmotnější než náš Jupiter a velká poloosa jeho dráhy je asi 4x větší než střední vzdálenost Země od Slunce. Nemohlo by se tedy jednat o planetu?

Bohužel ne. Výpočty ukazují, že měla-li by tato planeta pouze odrážet Planety u cizích hvězd a život na nich

světlo od své hvězdy, bylo by její pozorování dnešními prostředky ztěžitelné (tehdy zdaleka nedosažitelné). Ross 614 B tedy svítí vlastním světlem, takže se zcela jistě jedná o hvězdu, i když velmi malou.

61 Cyg

Poměrně zajímavým objektem je v tomto směru hvězda 61 Cygni v souhvězdí Labutě. Ve skutečnosti se jedná o soustavu dvou hvězd s hmotností 0,6 Slunce, které okolo sebe obíhají s periodou asi 720 let a jsou nyní od sebe vzdáleny asi 110 AU (astronomických jednotek, 1 AU = 150 mil. km). Kolem jedné z těchto složek možná obíhá neviditelný průvodce po silně eliptické dráze ($e=0,63$) s periodou asi 5 let. Hmotnost byla zatím spočtena na přibližně desetinásobek Jupitera.

Barnard

Roku 1962 ohlásil holandský astronom Van de Kamp objev planety obíhající kolem Barnardovy hvězdy. Její hmotnost spočítal na 1,5 hmotnosti Jupitera. Dnes se však zdá, že při pozorování došlo k nějaké systematické chybě - nikomu se totiž už nepodařilo nějaké nepravidelnosti v pohybu Barnardovy hvězdy prokázat.

VB 8

Velkou pozornost vzbudil objekt, který byl objeven v prosinci roku 1984 analýzou 30 000 infrasmímků, pořízených dvěma Arizonskými teleskopy. Jednalo se o objekt obíhající kolem hvězdy VB 8 v souhvězdí Hadonoše, která je od nás vzdálena 21 ly. Další rozbor ukázal, že se jedná o těleso s průměrem 0,9 Jupitera, ale s teplotou 1100 °C a hmotností 0,01 hmotnosti Slunce, obíhající ve vzdálenosti asi 6,5 AU od hvězdy. Svým rozměrem se tedy podobá planetě, ale svojí teplotou a hmotností má blíž ke hvězdě. Arizonský tým vytvořil pro toto těleso novou kategorii - tzv. hnědého trpaslíka, což je vlastně jakýsi přechodný útvar mezi planetou a hvězdou.

Vidíme, že ačkoli nebyla žádná planeta prokazatelně detekována, stále se zmenšují rozměry a hmotnosti objevených neviditelných průvod-

ců. A je tedy pravděpodobně již jen otázkou času, kdy nějakou planetu skutečně objevíme.

Na závěr první části tohoto článku by možná bylo zajímavé říci, jak se na nás dívají Oni?

Takže, dívá-li se někdo na naše Slunce ze vzdálenosti asi 30 ly, bude ve slunečním pohybu muset pozorovat úchytky o velikosti 0,0005", nebo pokles sluneční jasnosti o 0,01 mag po dobu asi 1,2 dne s periodou 10 let...

