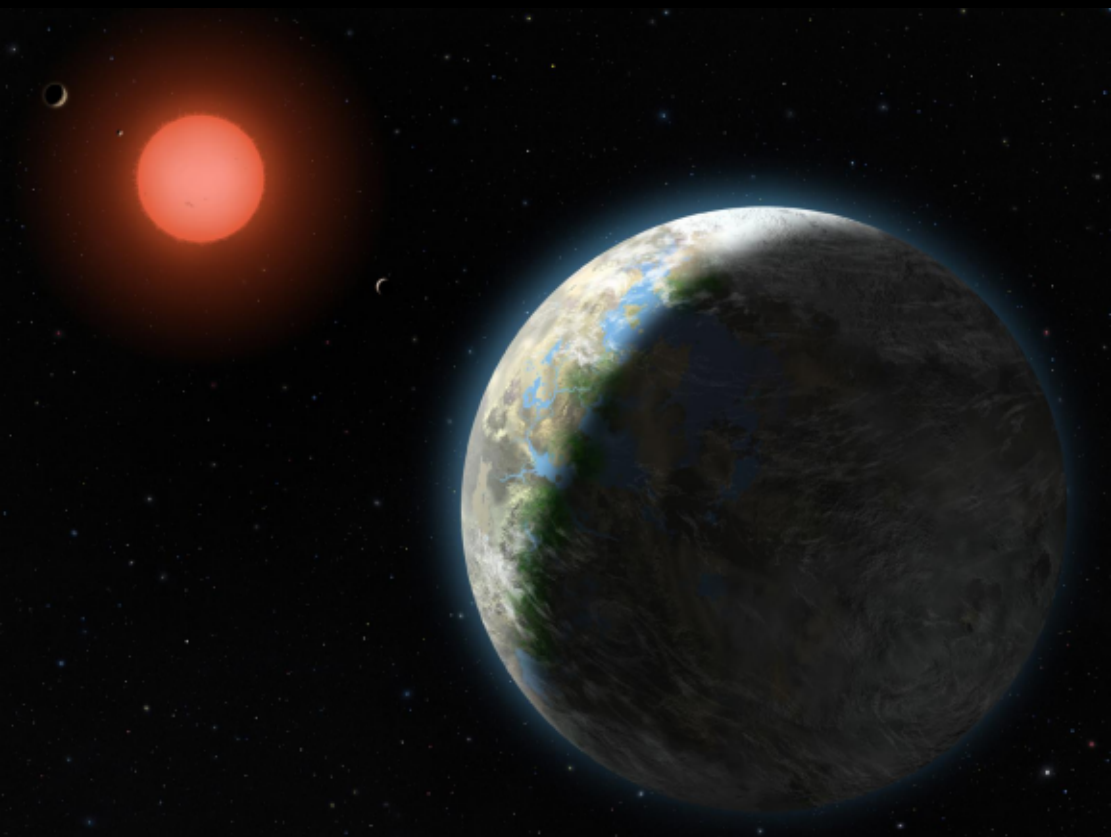




GLIESE

Časopis o exoplanetách a astrobiologii



Číslo 4/2010

Ročník III

Časopis Gliese přináší 4krát ročně ucelené informace z oblasti výzkumu exoplanet, protoplanetárních disků, hnědých trpaslíků a astrobiologie.

Gliese si můžete stáhnout ze stránek časopisu, nebo si ho nechat zasílat emailem (více na www.exoplanety.cz/gliese/zasilani/).

GLIESE 4/2010

Vydavatel: Petr Kubala

Web: www.exoplanety.cz/gliese/

E-mail: gliese@exoplanety.cz

Šéfredaktor: Petr Kubala

Jaz. korektury: Květoslav Beran

Návrh layoutu: Michal Hlavatý, *Scribus*

Návrh Loga: Petr Valach

Uzávěrka: 30. září 2010

Vyšlo: 5. října 2010

Další číslo: 13. ledna 2011

ISSN: 1803-151X

OBSAH

<i>Úvodník</i>	5
Téma: Gliese 581 g: první obyvatelná exoplaneta?	6
Téma: Systém se sedmi planetami?	11
Komentáře	15
Život na Marsu pohledem Vikingů: víme stále více, že nic nevíme	15
NASA hasila skandál, který se nestal	16
Exoplanety	19
Rozhovor: David Kipping (University of London) o exoměsících	19
Pandoru u horkých Jupiterů nehledejme	21
Obyvatelné měsíce	23
Sen o přímém spektru exoplanety se rozplývá	45
Planetožravá hvězda aneb babička s dudlíkem	48
Exoplanety z druhého břehu I.: 83 900 Zemí a příliš vysoká teplota	49
Exoplaneta s kometárními manýry a žárlivý Hubblův dalekohled	51
Planetární hřbitov, křišťálová koule a exoplanetky	53
Výzkum exoplanet, jednou z priorit americké astronomie?	55
Dvě slunce a kosmické karamboly	58
Zatmění Měsíce a hledání obyvatelných exoplanet	58
Nafouknuté exoplanety, které se vysmály teoriím	61
Budeme objevovat sopky na planetách u cizích hvězd?	65
Metanová záhada exoplanety Gliese 436 b vyřešena?	67
47 Tuc: horcí Jupiteři byli zmasakrování	68
Dvě slunce a kosmické karamboly	70
Největší dalekohled světa a exoplanety s draslíkem	70
Nová kniha o atmosférách exoplanet	72

Astrobiologie	72
Život v celém vesmíru může mít stejné základy: levé aminokyseliny	72
Továrna na vodu v souhvězdí Lva	75
Astrobiologie - Sluneční soustava	76
Šrámy obra Jupitera	76
Nové exoplanety	78
Planetární systémy: HD 200964, 24 Sex	78
WASP-31 b, WASP-36 b, WASP-37 b	80
Nové exoplanety z HATNet	81
Kepler objevil další dvě exoplanety	83
WASP-3 c: časování tranzitů konečně úspěšné?	86
A ještě jednou časování tranzitů: WASP-10 c	89
Třetí exoplaneta u hvězdy CoRoT-7?	91
Situace na trhu	92

Úvodník

Uplynulé tři měsíce, byly jako obvykle velmi bohaté na události ve světě exoplanet. Dočkali jsme se objevu dvou velmi početných multiplanetárních systémů, o kterých píšeme v úvodu tohoto čísla. Velký rozruch vzbudil krátce před vydáním Gliese 4/2010, objev exoplanety Gliese 581 g, na jejímž povrchu se mohou nacházet podmínky k životu.

Jedním z velkých témat tohoto čísla jsou exoměsíce. Tématika měsíců u exoplanet, zpropracovaná zejména kasovním trhákem Avatar, se postupně přesouvá z oblasti sci-fi, do teoretické roviny astronomického výzkumu. Podle předpokladů bychom první exoměsíce, mohli objevit už v nejbližších letech.

Konec letošního roku, bude ve znamení přípravy první, tištěné Exoplanetární ročenky. Brožura, o nejméně 140 stranách, nabídne ucelený přehled nejvýznamnějších objevů a událostí v oblasti výzkumu exoplanet za poslední rok.

Podrobnější informace o ročence, nepochybně zveřejníme v dalším čísle a najdete je také průběžně na adrese <http://www.exoplanety.cz/exoplanetarni-rocenka/>. Na zmíněných stránkách, budou minimálně do 15. října 2010 v provozu ankety. Hlasováním v těchto anketách, nám významně pomůžete v přípravě ročenky a můžete dokonce rozhodnout o její podobě.

Vzhledem k tomu, že další číslo časopisu Gliese vyjde až po Novém roce, přeji vám za sebe i za své spolupracovníky v předstihu Veselé vánoce a úspěšný rok 2011.

PK



Téma: Gliese 581 g: první obyvatelná exoplaneta?

Celosvětový poprask vzbudil letošní, zřejmě největší objev. Američtí astronomové představili další exoplanetu u červeného trpaslíka, Gliese 581. Tentokrát se ovšem nejedná o ledajaký přírůstek, Gliese 581 g je kamenným světem, jenž okolo své hvězdy obíhá v obyvatelné zóně.

Hmotnost, poloměr

Gliese 581 g totiž není „druhou Zemí“ dle našeho gusta. Bohužel se jí podařilo objevit metodou měření radiálních rychlostí. Ne, že bychom snad nosili týmové tričko s logem Keplera a klukům z amerických univerzit objev Gliese 581 g nepřáli. Metoda měření radiálních rychlostí nám však poskytne pouze spodní odhad hmotnosti exoplanety. V případě Gliese 581 g, se tento údaj pohybuje okolo 3,1 Zemí, reálná hmotnost však může být o něco větší (až 4,3 Země). Sekundárním problémem je neznalost poloměru planety, který nám poskytne pouze tranzitní metoda. Už dnes je však jisté, že Gliese 581 g před svou hvězdou z našeho pohledu nepřečází.

Díky těmto dvěma komplikacím, jsou do budoucna považovány za mírně věrohodnější objevy exoplanet zemského typu tranzitní metodou.

V různých článcích se přesto můžete s odhadem velikosti Gliese 581 g setkat. Jak je to možné? Citované údaje vychází z teoretických modelů, které však nemáme šanci konfrontovat s realitou. Pokud má Gliese 581 g podobné chemické složení jako Země (křemík, kyslík, hořčík,...), mohl by se její poloměr pohybovat okolo 1,3 až 1,5 poloměrů Země. V případě, že se jedná o těleso složené převážně z vodního ledu, byl by poloměr této exoplanety okolo 1,7 až 2. Zemí.

Dobrou zprávou pro astrobiologické úvahy je fakt, že Gliese 581 g, okolo své mateřské hvězdy obíhá, po téměř kruhové dráze, s periodou 36,6 dní.

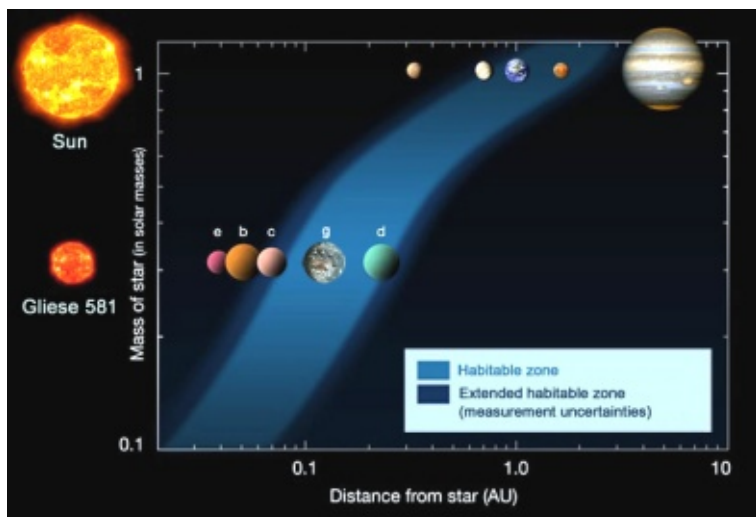
Přestože exoplaneta obíhá okolo hvězdy 7x blíže, než obíhá Země okolo Slunce, vešla se téměř přesně do tzv. obyvatelné oblasti. Mateřskou hvězdou je totiž chladný červený trpaslík, s hmotností a velikostí asi třetiny Slunce.

Šest exoplanet, dvě rekordmanky

Hvězdu Gliese 581 nalezneme v souhvězdí Vah, ve vzdálenosti přibližně 20 světelných let. Příznivcům exoplanet určitě není neznámá. Astronomové u tohoto červeného trpaslíka objevili v letech 2005, 2007 a 2009, celkem 5 exoplanet. Představme si ve stručnosti celý planetární systém u hvězdy Gliese 581 v pořadí, směrem od hvězdy:

Gliese 581 e

Nejméně hmotná exoplaneta u hvězdy Gliese 581 a k dnešnímu dni i nejméně hmotně známá exoplaneta, u hvězdy hlavní posloupnosti. Hmotnost planety se odhaduje minimálně na 1,94 hmotnosti Země. Okolo červeného trpaslíka obíhá ve vzdálenosti 0,028 AU, s dobou oběhu 3,1 dní. O objev se v dubnu 2009 postaral tým, pod vedením Michela Mayora, který pracoval ze spektrografem HARPS, na dalekohledu Evropské jižní observatoře. Gliese 581 e, bude mít s největší pravděpodobností kamenný povrch, avšak vzhledem k malé vzdálenosti od hvězdy, nelze na jejím povrchu očekávat podmínky k životu.



Obr.1 Srovnání Sluneční soustavy a planetárního systému u hvězdy Gliese 581.

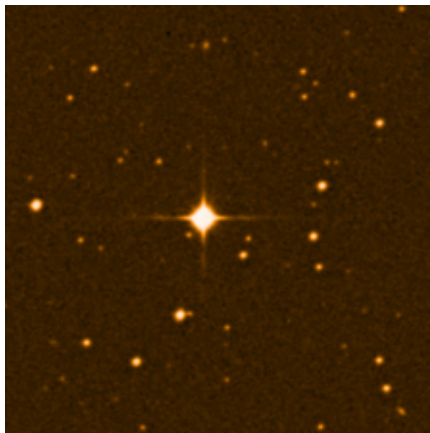
Gliese 581 b

Je nejhmotnější planetou v systému. Okolo hvězdy obíhá s periodou 5,3 dní a se svou hmotností 15,6 Země, je srovnatelná s naším Neptunem. Písmeno „b“ v jejím názvu dává tušit, že byla objevena jako první a to už v roce 2005, opět spektrografem HARPS.

Gliese 581 c

Jedná se o další kamennou planetu v systému, o dolním odhadu hmotnosti 5,6 Země. Okolo hvězdy obíhá Gliese 581 c ve vzdálenosti 0,07 AU, s dobou oběhu 12,9 dní, což je patrně mimo obyvatelnou oblast. Žádná z exoplanet u hvězdy

Gliese 581 nevykonává tranzity, takže poloměry planet můžeme pouze odhadovat na základě teoretických modelů. V případě Gliese 581 c, se tento odhad pohybuje v rozmezí od 1,5 po 2,4 Země. Podle odhadů, by na povrchu mohly panovat teploty okolo 400 až 700°C.



Obr.2 Hvězda Gliese 581. Credit: ESO

Gliese 581 d

Exoplaneta Gl 581 d, má hmotnost asi 7 Zemí a okolo červeného trpaslíka obíhá s periodou 67 dní, ve vzdálenosti 0,22 AU. Planetární svět Gl 581 d vzbudil smíšené pocity. Parametry oběžné dráhy dávají určitou naději, na existenci života, neboť planeta se pohybuje na hranici obyvatelné oblasti.

Gl 581 d se svou hmotností 7 Zemí, nespadá ale do představy ideální a fešné exoplanety vhodné k životu. Mnozí astronomové, se proto dívali na tento planetární svět trochu pesimisticky a nepovažovali ho za ideální astrobiologický cíl. Podle simulací, které byly zveřejněny letos v květnu, mohou být na povrchu Gliese 581 d, přece jen podmínky k životu.

Vstupními parametry simulací byly povrchová gravitace, oblačnost a albedo (poměr odraženého a dopadajícího záření). Výstupním parametrem bylo chemické složení atmosféry. Podle závěrů se zdá, že by planeta musela obsahovat atmosféru, s významným podílem oxidu uhličitého, o tlaku asi 10 barů, což je 10 000 hPa, tedy asi 10x větší tlak, ve srovnání s normálním atmosférickým tlakem na Zemi.

Studie se zabývala i nejpesimističtější kombinací vstupních parametrů,

příčemž v takové situaci by musel být tlak k udržení vody v kapalném skupenství, na úrovni asi 30 barů.

Oba údaje vypadají mírně optimisticky. Výsledky simulací pochopitelně vypovídají pouze o podmínkách a nikoliv o reálné přítomnosti vody na povrchu. Exoplanetu Gliese 581d objevil Stéphane Udry, z Ženevské observatoře a jeho tým v roce 2007, pomocí spektrografu HARPS, který je součástí 3,6 m velkého dalekohledu v Chile.

Do současného objevu exoplanety Gliese 581 g, byla její kolegyně jedním z největších favoritů na obyvatelnou exoplanetu, i když s podmínkami k životu na jejím povrchu, to bude přece jen hodně nahnuté.

V roce 2009 uspořádali australští astronomové zajímavou popularizační kampaň. Kterýkoliv uživatel internetu mohl napsat krátkou zprávu, o maximálně 160 znacích. Sesbírané pozdravy z planety Země, byly zakódovány a odeslány radioteleskopem k exoplanetě Gliese 581 d. Během kampaně bylo napsáno na 26 000 zpráv a není bez zajímavosti, že Češi se v ní neztratili. Co do počtu zpráv, obsadila naše země vynikající 8. místo, před Německem a Kanadou.

Gliese 581 g

Exoplaneta o hmotnosti minimálně 3,1 Země a dobou oběhu 36,6 dní, se nachází uvnitř obyvatelné oblasti.

Gliese 581 f

Společně s Gliese 581 g, byl prezentován objev další exoplanety. Gliese 581 f má hmotnost nejméně 7 Zemí a okolo hvězdy obíhá ve vzdálenosti 0,758 AU, s dobou oběhu 433 dní. Zatímco oběžná doba je delší, ve srovnání se Zemí, vzdálenost 0,758 AU, od červeného trpaslíka, přibližně odpovídá vzdálenosti Venuše od Slunce. Celý planetární systém u hvězdy Gliese 581, čítající nyní 6 exoplanet, je tak vměstnán po oběžnou dráhu Venuše, v naší Sluneční soustavě.

Hvězda Gliese 581 se nyní může pyšnit, společně s hvězdou HD 10180, nejpočetnějším známých planetárním systémem, po Sluneční soustavě. HD 10180 má však k dobru dosud nepotvrzenou existenci 7. exoplanety.

Podmínky k životu na Gliese 581 g

Exoplaneta 581 g, obíhá okolo své hvězdy v obyvatelné oblasti, takže na jejím povrchu mohou být teoreticky podmínky k životu. O skutečné realitě na povrchu tohoto světa, však máme jen velmi omezenou představu. Na základě hmotnosti a odhadu velikosti můžeme říci, že gravitace na povrchu bude obdobná (resp. nepatrně větší) jako na Zemi. Pokud bychom na povrchu Gliese 581 g přistáli,

lidské tělo by gravitační účinky zvládlo bez větších problémů.

Neznámou veličinou zůstává teplota na povrchu. V tomto případě nezáleží pouze na vzdálenosti od mateřské hvězdy, ale také například na složení atmosféry. Skleníkové plyny v atmosféře Země, přidávají naší planetě asi 33°C.

Díky neznalosti složení atmosféry, lze teplotu na povrchu Gliese 581 g pouze odhadovat na průměrných -33 až - 15°C.

Exoplaneta obíhá poměrně blízko od červeného trpaslíka a tak má vázanou rotaci. V praxi to znamená, že je ke svému slunci nakloněna stále stejnou stranou. Nejpříjemnější podmínky proto budou v okolí terminátoru – tedy přechodu mezi denní a noční stranou.



Obr.3 Povrch exoplanety Gliese 581 g v představách malíře. Autor: David Hardy

Důležitým parametrem bude také magnetické pole. Červení trpaslíci totiž prožívají bouřlivé mládí a v raných počátcích své existence „obdarují“ planety ve svém okolí sprškou krátkovlnného záření, což pro případný, vznikající život není úplně dobré. Silnější magnetické pole, by povrch planety mohlo ochránit. Exoplanety s vázanou rotací sice nejsou dle teorií schopné generovat silnější magnetické pole. Problém vázané (a tedy pomalé) rotace, však lze zřejmě kompenzovat větší hmotností tělesa. Díky tomu, může být hmotnost 3. až 4. Zemí, v případě Gliese 581 g výhodou.

Už jsme zmínili, že Gliese 581 g nevykonává tranzity, což pro nás v nejbližších letech znamená, že nebudeme schopni prozkoumat atmosféru toho, více než zajímavého světa, na jehož povrchu může být život...

Zdroje:

<http://arxiv.org/abs/0906.2780>

http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1009/1009.5733v1.pdf

.....

Téma: Systém se sedmi planetami?

Konec srpna byl ve znamení konference o výzkumu exoplanet, zejména metodou tranzitní fotometrie. Sešlost se uskutečnila možná trochu paradoxně na observatoři Haute Provence, ve Francii, která je jednou ze světových bašt výzkumu planet u cizích hvězd, metodou měření radiálních rychlostí. Právě zde byla před 15 lety objevena první exoplanety, u hvězdy hlavní posloupnosti – 51 Peg b. Tehdejší spektrograf ELODIE je už sice v důchodu, jeho nástupce SOPHIE však na stejném dalekohledu pokračuje v objevování planet u cizích hvězd.

První exoplanetu u hvězdy hlavní posloupnosti, objevili M. Mayor a D. Queloz ze Ženevské observatoře, kteří na stejném místě o 15 let později představili společně se svými kolegy, další zajímavý objev. U hvězdy HD 10180, se podařilo objevit 5 exoplanet a existence dalších dvou čeká na potvrzení. Objev si však tentokrát na své konto nepřipsal „místní“ spektrograf SOPHIE, ale jeho kolega HARPS, nacházející se ve vzdálené Chile. HARPS je v provozu od roku 2003, na 3,6 m velkém dalekohledu Evropské jižní observatoře.

HD 10180

Pokud okolo jedné hvězdy obíhají dvě a více exoplanet, dostane takový systém nálepku multiplanetární. Počet multiplanetárních systémů dnes přesahuje hranici 40.

Hvězda HD 10180 se nachází ve vzdálenosti 127 světelných let, směrem v souhvězdí Malého vodního hada. Na základě metody měření radiálních rychlostí, se podařilo objevit 5 exoplanet a existence dalších dvou čeká na potvrzení.

Při pojmenovávání exoplanet se astronomové drží jednoduchého pravidla: k názvu hvězdy se přidá malé tiskací písmeno. Začíná se „b“ neboť „a“ je rezervováno pro samotnou hvězdu, ačkoliv se nepíše. Pořadí jednotlivých písmen odpovídá pořadí, ve kterém byly exoplanety objeveny. V případě HD 10180 se

Další pozorování musí ještě potvrdit existenci HD 10180 h a zejména exoplanety HD 10180 b. Druhá jmenovaná je přitom nejzajímavější kořistí. Pokud se její existence potvrdí, bude se jednat o exoplanetu s nejmenší hmotností. Dosavadní rekord „nejlehčí“ exoplanety u hvězdy hlavní posloupnosti, drží Gl 581 e (1,94 hmotnosti Země). Její sokyně HD 10180 b, má mít hmotnost jen 1,4 Země.



Obr.4 Planetární systém u hvězdy HD 10180 v představách malíře. Autor: ESO

Sedm exoplanet u jedné hvězdy by byl absolutní rekord, který do teď držela hvězda 55 Cancri se svými 5 planetárními průvodci.

Pět z exoplanet má hmotnost srovnatelnou s Neptunem (17 Zemí). HD 10180 b bude spadat do kategorie super-Zemí. Pokud vás při pohledu na její hmotnost napadají úvahy o podmínkách k životu, můžete si s klidem dát vychlazené pivo a na podobné myšlenky zapomenout. Exoplaneta obíhá okolo své hvězdy s periodou jen 28 hodin. Mateřská hvězda je srovnatelná s naším Sluncem, takže exoplaneta bude pořádně rozpálena.

Astronomové si trochu pohráli se simulacemi a snažili se zjistit, zda by planetární systém nemohl ukrývat ještě dalšího člena, kterého se zatím nepodařilo nalézt. Z výsledku vyplývá, že planetární systém poskytuje stabilitu pro

přítomnost exoplanety, ve vzdálenosti asi 1 AU, což odpovídá vzdálenosti Země od Slunce a oběžné době, asi 300 až 350 dní. Pokud vezmeme v potaz schopnosti spektrografu HARPS, můžeme prakticky vyloučit existenci dosud neobjevené exoplanety o hmotnosti... na této dráze. Co ovšem vyloučit nemůžeme, je objekt o hmotnosti nepatrně menší, ve srovnání s naší Zemí. Existence podobné planety je spíše nepravděpodobná, avšak pokus o její nalezení bychom neměli předem vzdávat. Hypotetická exoplaneta s kamenným povrchem, by se totiž zřejmě pohybovala v obyvatelné oblasti, která se dle našeho výpočtu, v případě hvězdy HD 10180, nachází ve vzdálenosti asi 1 až 1,4 AU.

Druhou stabilní oblastí pro existenci planety, najdeme ve vzdálenosti 6 AU, tedy přibližně mezi oběžnými drahami planet „f“ a „g“.

Tabulka 1 Planetární systém u hvězdy HD 10180

Název exoplanety	Hmotnost (M _Z)	Velká poloosa (AU)	Oběžná doba (dny)	Výstřednost dráhy (-)
HD 10180 b	1,4	0,022	1,2	-
HD 10180 c	13,1	0,064	5,8	0,05
HD 10180 d	11,8	0,129	16,4	0,088
HD 10180 e	25,1	0,270	49,8	0,026
HD 10180 f	23,9	0,493	122,8	-
HD 10180 g	21,4	1,422	601,2	0,19
HD 10180 h	64,4	3,400	2222	0,8

Multiplanetární systémy

Doslova do roka a do dne, se začal rodit objev prvního multiplanetárního systému. V létě roku 1996, oznámili astronomové objev exoplanety ups And b. Jednalo se o jednu z prvních známých exoplanet. Na první multiplanetární systém, jsme si však přece jen museli ještě počkat tři roky. V roce 1999, byl ohlášen objev dvou dalších exoplanet, u hvězdy ups And.

Ups And je ve skutečnosti dvojhvězdou, nacházející se necelých 44 světelných let daleko. Hlavní složkou je hvězda ups And A, která má hmotnost 1,3 Slunce a poloměr 1,6 Slunce. Díky své jasnosti, asi 4 mag, je poměrně dobře viditelná i pouhým okem. V roce 2002 byl objeven její průvodce, kterým je červený trpaslík, ups And B, nacházející se ve vzdálenosti 750 AU.

Okolo hvězdy ups And A obíhají tři obří exoplanety. Pro astronomy jsou nejza-

jíímavější zejména dva vnější planetární světy. Podle teorie, vznikají planety akrecí prachoplynného disku. Díky tomu, by měly obíhat okolo své mateřské hvězdy, téměř ve stejné rovině. Ve Sluneční soustavě je toto pravidlo dodrženo. V případě exoplanet ups And c a ups And d, je situace opačná. Už v roce 2001, se podařilo odhadnout úhel, mezi rovinami oběžných drah na 35°. Studie amerických astronomů z letošního května, upřesňuje hodnotu na 30,4°.

Vědci se domnívají, že k „rozhození“ oběžných drah, muselo dojít krátce po jejich vzniku, před 3 až 4 miliardami let. Studie pracuje se dvěma scénáři. Podle prvního došlo k vzájemné gravitační interakci mezi oběma planetami. Alternativní model předpokládá interakci mezi hvězdou ups And A, jednou z planet a červeným trpaslíkem ups And B. Který ze scénářů je pravdivý, ukáží až další studie.

Dosavadním multiplanetárním rekordmanem, byla již zmíněná hvězda 55 Cnc, u které bylo v letech 1996, 2002, 2004 a 2007, postupně objeveno 5 exoplanet, s hmotnosti od 0,02 až 3,8 Jupiterů.

Většina multiplanetárních systémů, byla objevena metodou měření radiálních rychlostí. Objev prvního tranzitujícího, multiplanetárního systému, je horký jako čerstvě upečený chleba a datuje se ke konci léta letošního roku, kdy tým okolo Keplera, oznámil objev dvou exoplanet, u hvězdy Kepler-9. Více se dočtete v příslušném článku v tomto čísle.

Kromě systému u hvězdy Kepler-9, známe dalších 5 multiplanetárních systémů, kde tranzity vykonává jedna exoplaneta.

Celkový počet známých multiplanetárních systémů: 49

Multiplanetární systémy se 7 exoplanetami:

HD 10180 (?)

Multiplanetární systémy s 5. exoplanetami:

55 Cnc

Multiplanetární systémy s 4. exoplanetami:

Gliese 876

Gl 581

HD 160691

Zdroje:

www.eso.org/public/news/eso1035/

www.eso.org/public/archives/releases/sciencepapers/eso1035/eso1035.pdf

Komentáře

Život na Marsu pohledem Vikingů: víme stále více, že nic nevíme

Na přelomu srpna a září, jsme si připoměli 35. výročí, startu dvou kosmických sond Viking, které měly na povrchu rudé planety hledat stopy života. Výsledky legendárního projektu budí i po mnoha letech vášnivé diskuse. Malý, ale významný kousíček skládky, nyní přidal mexický astrobiolog Rafael Navarro-González.



Obr.5 Panorama Marsu na snímku ze sondy Viking.

O slavném odborníkovi na Mars, z Mexické národní autonomní univerzity (UNAM), jsme psali na webu [exoplanety.cz](http://www.exoplanety.cz):

<http://www.exoplanety.cz/2009/02/nenapadny-vedec-z-mexika/>

González nyní vedl tým, kterému se podařilo poodkrýt jedno z tajemství kosmických sond Viking. Vědci byli v polovině 70. let velmi překvapení, že sondy na povrchu nenalezly organické sloučeniny. Existovalo totiž všeobecné přesvědčení, že i kdyby se na povrchu Marsu nikdy žádný život nenacházel, organické sloučeniny by se tam vyskytovat měly, neboť je na povrch planety dopravily meteority. Přistávací moduly sond Viking, sice našly ve vzorcích půdy metylchlorid a dichlormetan, avšak vědci je záhy označili za znečištění, dopravené patrně ze Země.

González je znám tím, že poměrně hodně času tráví v poušti Atacama. Slavná

chilská poušť je nejen sídlem Evropské jižní observatoře (ESO), ale také jedním z nejsušších míst planety. Déšť v Atacamě viděli tak maximálně na obálce National Geographicu a tamní půda se relativně podobá Marsu. Vzhledem k tomu, že Gonzálezovi mexická vláda výlet na Mars nezaplatí, musel své experimenty přesunout do Chile.

González a jeho kolegové, zkoušeli přidat k půdě z pouště Atacama, která obsahuje organické sloučeniny, trochu chloristanu. A jaké bylo jejich překvapení, když se najednou objevily stopy metylchloridu a dichlormetanu, tedy přesně těch sloučenin, které před více než 30 lety našly sondy Viking na Marsu!

Stopy chloristanu, přítom v marsovské půdě, našla v roce 2008, kosmická sonda Phoenix. Nejnovější studie nám sice příliš neříká o existenci života na Marsu, ale poměrně dobře nás ujišťuje v tom, co víme už delší dobu: sondy Viking život na Marsu nepotvrdily, ale ani ho nevyvrátily.

Další informace o výskytu organických sloučenin na povrchu Marsu by mělo přinést vozítko Curiosity, jehož přistání na planetě se očekává v srpnu 2012.

Zdroj:

<http://www.universetoday.com/72811/viking-experiment-may-have-found-life%E2%80%99s-building-blocks-on-mars-after-all/>

NASA hasila skandál, který se nestal

Koncem července se internetem šířily zvěsti, že kosmický dalekohled Kepler objevil 100 nebo dokonce 140 exoplanet zemského typu. Tyto informace se však nezakládají na pravdě. Šíření dezinformační epidemie, spustila trochu nepovedená přednáška vědce z Harvardu.

V našem příběhu se musíme vrátit na úplný začátek. Píše se 15. červen letošního roku a tým okolo Keplera uvolňuje informace o 306 exoplanetárních kandidátech. Společně s tím se svět dozvídá, že dalekohled odhalil, za první zhruba měsíc vědeckého pozorování, asi 700 exoplanetárních kandidátů.

Kepler sleduje na 150 000 vybraných hvězd v souhvězdí Labutě. Pokud z našeho pohledu přechází exoplaneta před svou hvězdou, dochází k pravidelnému poklesu jasnosti hvězdy. NASA tedy vzala data za období od 13. května 2009 do 15. června 2009 a provedla jejich analýzu. Prvním sítím neprošlo asi 150 tranzitních událostí, jako pravděpodobné falešné poplachy. Ve výsledku tak zůstalo 706 kandidátů na exoplanety, z nichž 306 bylo prezentováno v červnu, zbytek bude představen příští rok.

Ono slovíčko „kandidát“ je v tomto případě naprosto klíčové. Není totiž pravdou, že by Kepler za první měsíc objevil na 700 exoplanet. Praxe je taková, že dalekohled musí pozorovat alespoň tři tranzity. Následně je získáno spektrum mateřské hvězdy, některým z obřích pozemských dalekohledů. Ze spektra lze odhadnout hmotnost exoplanety a potvrdit její existenci nezávislou metodou.

Prakticky u většiny prezentovaných exoplanetárních kandidátů, byl pozorován pouze jeden tranzit, o nějakém ověřování pozemskými dalekohledy, nemůže být ani řeč. Důkladná analýza i následná pozorování, jsou nyní v čirém běhu. Kepler tak má na svém kontě stále „jen“ pět potvrzených exoplanet, které byly představeny letos v lednu.

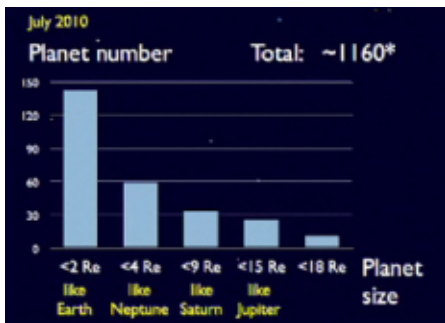
Velké procento z exoplanetárních kandidátů, bude postupně vyřazeno jako falešné poplachy. Pokles jasnosti hvězdy, nemusí totiž nutně znamenat přítomnost exoplanety, ale může mít celou řadu dalších příčin. Otázkou samozřejmě zůstává, kolik skutečných exoplanet se v balíku ukrývá? To v tuto chvíli neví nikdo, avšak velmi hrubý odhad hovoří o 50%. V dosud utajeném balíku 400. exoplanetárních kandidátů, bude počet skutečných planet procentuálně vyšší, v uveřejněném balíku 306 kandidátů naopak nižší. NASA totiž předhodila veřejnosti ohlodaanou kost, v podobě spíše méně nadějných kandidátů.

Pokud tedy napíšeme, že Kepler objevil za první měsíc své vědecké mise asi 300 až 400 exoplanet, nebudeme patrně daleko od pravdy.

Tým okolo Keplera, ve svém článku z 15. června 2010, podrobil exoplanetární kandidáty nejrůznějším statistickým analýzám a to včetně jejich rozdělení dle velikosti.

V červenci proběhla tradiční konference TED (více např. na Wikipedii). Jedním z hostů byl Dimitar Sasselov, který pracuje na Harvardu a podílí se rovněž na projektu kosmického dalekohledu Kepler. Ve svém populárně vědeckém příspěvku, hovořil o hledání exoplanet i výsledcích Keplera. Mimo jiné se zmínil o exoplanetárních kandidátech. Žádná nová myšlenka více méně nezazněla, část přednášky se opírala o výše zmíněný článek z 15. června.

Velmi zajímavý je jeden ze snímků, z přednášky, na kterém se můžete dozvědět, že do dnešních dní jsme objevili 1 160 exoplanet. Jak k tomuto číslu Sasselov dospěl? Jednoduše: sečetl do té doby potvrzené exoplanety (460), s exoplanetárními kandidáty dalekohledu Kepler (700). Podobně vytvořený graf je mimořádně nešťastný, neboť sčítat potvrzené exoplanety s exoplanetárními kandidáty, dost dobře nelze. Kepler není jediný, kdo planety u cizích hvězd hledá. K číslu 1160 bychom tak mohli hravě přičíst desítky dalších kandidátů, od jiných lovců exoplanet.



Kepler space telescope -
the first 700 planet candidates:

The Galaxy is rich in small,
Earth-like planets.

Větší rozpaký vzbudil ovšem druhý údaj. V grafu je uvedeno, že Kepler objevil 140 exoplanet o velikosti do dvou poloměrů Země, které Sasselov označuje termínem „jako Země“ (Earth – like). V grafu jsou analogicky uvedeni i další kandidáti, kteří jsou přirovnávaní svou velikostí k Neptunu, Saturnu a Jupiteru.

Novináři si vyzobli pouze údaj o 140 exoplanet jako je Země a senzace byla na světě. Realita je ovšem taková, že se jedná stále jen a pouze o ony exoplanetární kandidáty, o nichž byla řeč a kteří byli prezentováni 15. června letošního roku. Velké procento z nich tak jsou falešné popluchy. Nejedná se také o žádnou novou informaci, jak někteří poukazovali, vše totiž vychází z onoho červnového článku.

Kromě neúplně šťastného grafu, je druhým viníkem neexistující oficiální terminologie. Pojmy jako „druhá Země“, „exoplaneta jako Země“ apod. si každý vytvoří po svém. Sasselov totiž v tomto případě myslel označením „jako Země“ pouze velikost exoplanetárních kandidátů (do 2 poloměrů Země). V žádném případě to tedy neznamená, že by na těchto exoplanetách mohly být podmínky k životu. Ze 140. exoplanetárních kandidátů, bude nakonec potvrzeno, dle odhadu 60 až 80 a bude se jednat o planety, které obíhají příliš blízko svých mateřských hvězd. Ačkoliv nelze úplně vyloučit, že mezi nimi budou i planety, obíhající okolo červených trpaslíků. U těchto menších a chladnějších hvězd, se nachází obyvatelná oblast v menší vzdálenosti, takže i exoplaneta s dobou oběhu cca v desítkách dní, může mít za určitých okolností na svém povrchu vodu, v kapalném skupenství. Ani možnost přítomnosti vody však rozhodně nezaručuje, že zde život dostal šanci....

Exoplanety

Rozhovor: David Kipping (University of London) o exoměsících

Zatím jsme žádného nenašli, vlastně se o nich v astronomické literatuře ani moc nedočtete. Měsíce planet u cizích hvězd se dostaly plnohodnotně na scénu až v loňském roce, díky slavné Pandoře z filmu Avatar a startu kosmického dalekohledu Kepler. Na hledání exoměsíců, jsme se zeptali snad nejpopovolanějšího člověka na světě. David Kipping je autorem simulací a výzkumů, podle kterých je objevení exoměsíců dalekohledem Kepler na spadnutí.



Kdy by mohl Kepler nalézt první exoměsíce?

„Náš nedávný výzkum exoplanety TrES-2 b¹ prokázal, že Kepler může exoměsíce objevit již dnes. Jenomže TrES-2 b je horký Jupiter a obíhá velmi blízko od své mateřské hvězdy. Případný měsíc by tak okolo exoplanety neobíhal příliš dlouho po stabilní dráze.

Naším cílem je najít exoplanety s delší oběžnou dobou, řekněme několika měsíci a více, kolem kterých by mohly obíhat měsíce, po stabilní dráze. Abychom měsíc našli, potřebujeme pozorovat alespoň šest tranzitů exoplanety. K tomu je nutné ještě přičíst dobu, nutnou k analýze dat a ověření objevu. Můj optimistický odhad je, že bychom mohli první exoměsíce objevit asi dva roky po startu Keplera, tedy v polovině roku 2011“.

Jakým způsobem exoměsíce hledáte?

„Pokud exoplaneta vykonává tranzity, pak i případný měsíc, by měl způsobit pokles jasnosti hvězdy. Je ale velmi obtížné takový pokles rozlišit od běžného šumu.

Preferovanou metodou je proto hledání „výkyvů planety“². Planeta a případný měsíc obíhají kolem společného těžiště, takže to vypadá, jako by se planeta v prostoru kymácela. Například Měsíc způsobuje kolísání Země v prostoru asi o 4 700 km.

Toto kolísání ovlivňuje parametry oběžné dráhy planety. Naším cílem je kombinace obou zmíněných metod“.

Na čem nyní pracujete?

„V současné době působím na Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) v Cambridge. Při svém výzkumu se snažím skloubit teorii a pozorování. Pokud jde o pozorování, pracoval jsem na projektu Hungarian Automated Telescope (HAT)³, který vede Gáspár Bakos, na misi dalekohledu Kepler apod. V oblasti teorie pracuji na exoměsících a snažím se zdokonalit naše techniky“.

Jak bychom měli vůbec exoměsíce pojmenovávat?⁴ Jak by se například jmenoval případný měsíc exoplanety TrES-2 b?

„To je velmi dobrá otázka! Mezinárodní astronomická unie (IAU) zatím nerozhodla o nějakém postupu při pojmenování exoměsíců. Je velmi pravděpodobné, že touto problematikou se bude zabývat až v okamžiku, kdy dojde k jejich prvním objevům. Můj návrh je, abychom přidávali římské číslice za název exoplanety – například TrES-2 bi, TrES-2 bii atd. Pokud bychom našli exoměsíc v systému Alfa Centauri, pak jméno Pandora by bylo myslím velmi vhodné“!

Už jste zmínil kosmický dalekohled Kepler. Spolupracujete tedy s jeho týmem?

„Ano. Mnoho vědců z mise Keplera pracuje tady na CfA a velmi často s nimi diskutujeme o naší práci. Hlavním cílem mise dalekohledu Kepler je nalezení exoplanet zemského typu, takže exoměsíce jdou trochu stranou. Doufáme, že i díky naší nedávné práci můžeme hledání exoměsíců v příštích letech trochu rozšířit“.

Odkaz:

Stránka Davida Kippinga: www.homepages.ucl.ac.uk/~ucapdki/

Redakční poznámky:

- ¹ Viz článek Pandoře na stopě v tomto čísle Gliese
- ² Viz článek Najde Kepler obyvatelné měsíce? (Gliese 3/2009)
- ³ Hungarian Automated Telescope Network (HATNet) disponuje šesti automatickými kamerami o průměru 11 cm v Arizoně a na Havaji. Projekt provozuje Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. V názvu figuruje Maďarsko, neboť přístroj byl vyvinut malou skupinou astronomů v rámci Maďarské astronomické společnosti. Duchovním otcem projektu je Bohdan Paczyński, který chtěl sít původně využít pro sledování proměnných hvězd. První přístroj byl uveden do provozu v roce 2003 a do dnešních dní má projekt na svém kontě 15 objevených exoplanet. Dalších asi 6 až 7 kandidátů čeká na své prověření.
- ⁴ Pokud okolo společného těžiště obíhají dvě a více hvězdy, jsou od sebe v názvu odlišeny jednotlivé složky dvojhvězdy velkými tiskacími písmeny (např. Sirius A, Sirius B). V případě exoplanety se používají malá písmena. Například okolo hvězdy 51 Peg obíhá exoplaneta 51 Peg b. Další případná exoplaneta v systému by automaticky dostala název 51 Peg c atd. Jak ale pojmenovat exomésíce?
-

Pandoru u horkých Jupiterů nehledejme

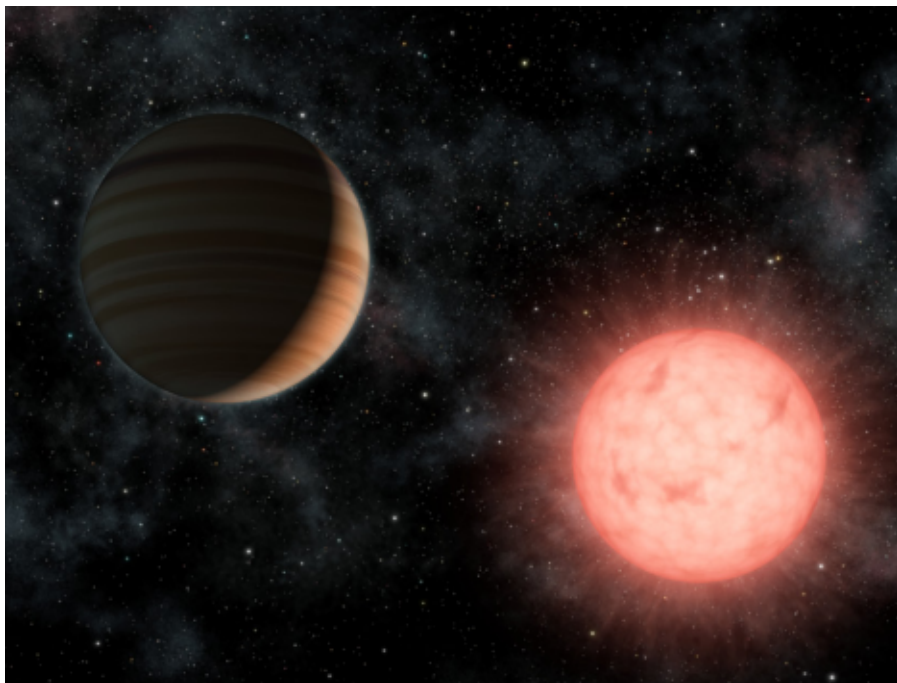
Počet známých planet u cizích hvězd se už pomalu blíží k číslu 500. V poslední době začínají astronomové nahlas uvažovat také o možných objevech měsíců exoplanet. Zřejmě největším průkopníkem a zastáncem hledávání exoměsíců, je David Kipping z University College London, podle jehož simulací by mohl první exomésíce objevit už kosmický dalekohled Kepler, který je ve vesmíru od loňského roku a jehož primárním úkolem, je hledání exoplanet zemského typu.

David Kipping v našem rozhovoru uvádí, že by Kepler mohl exomésíce objevit už příští rok. Debaty o měsících planet mimo Sluneční soustavu, částečně rozproudil i nedávný film Avatar, jehož děj se odehrává na fiktivním měsíci Pandora, obíhající okolo taktéž fiktivní planety, která se nachází u jedné z hvězd, v systému Alfa Centauri.

Určitý nádech pesimismus vnesla do diskuse studie, jejímž autorem je Fathi Namouni, z Universitě de Nice ve Francii. Podle simulací se zdá, že exomésíce bychom neměli hledat v okolí horkých Jupiterů.

Tato zvláštní skupina exoplanet, zamotala hlavy astronomů už v roce 1995,

neboť do ní spadá i první objevená exoplaneta 51 Peg b. Horkými Jupitery označujeme hmotné, obří exoplanety, které obíhají okolo svých hvězd velmi blízko s periodou desítek hodin, až několika dní. Existence podobných těles na první pohled odporuje teoriím o vzniku planetárních systémů, neboť se předpokládalo, že plynní obří jako Jupiter, vznikají ve větších vzdálenostech od hvězd. Astronomové tento nesoulad už dávno vysvětlili. Horcí Jupiteri vznikají skutečně velmi daleko od svých sluncí, poté však začnou migrovat směrem ke hvězdě.



Obr.8 Horký Jupiter a jeho mateřská hvězda v představách malíře. Credit: NASA/JPL-Caltech

Podle nových simulací tuto migraci, nemají případné exoměsíce šanci přežít. Gravitační interakce mezi hvězdou a planetou případný měsíc „vyhodí“ nebo rozdrtí.

Horcí Jupiteri přitom tvoří velkou část z dosud objevených exoplanet. Podle Kippinga však není důvod ke skepsi, neboť horcí Jupiteri nikdy nepatřili mezi favorizované exoplanety, u kterých bychom chtěli exoměsíce hledat. Cílem as-

tronomů jsou spíše exoměsíce u plynných obrů, které obíhají okolo hvězdy v obyvatelné oblasti. Pokud by měl exoměsíc hmotnost srovnatelnou ze Zemí, mohly by se na jeho povrchu nacházet podmínky k životu.

Jestli je však objevení příbuzných filmové Pandory otázkou příštích let, jejich detailnější výzkum astronomickými dalekohledy, je spíše hudbou vzdálené budoucnosti.

Zdroj:

<http://news.discovery.com/space/hot-jupiter-planets-moon.html>

.....

Obyvatelné měsíce

(Tomáš Petrásek, vzdalenesvety.cz)

Když jsem psal o obyvatelných měsících naposledy, musel jsem si postesknout nad zažitými předsudky. Když se hovořilo o životě ve vesmíru, stále se omílal termín „obyvatelná planeta“ – měsíce byly prakticky ignorovány, třebaže pro to neexistoval sebemenší důvod.

V tomto případě se však antropocentrická dogmata zbořila rychleji, než bych se odvažoval doufat. Bez přehánění se dá říct, že lví podíl na této změně, má kasovní úspěch Avatara, jehož děj se právě na takovém obyvatelném měsíci odehrává, což pozornost laiků i vědců, upřelo právě tímto směrem. Před Pandorou byl jedinou „vlajkovou lodí“ této skupiny těles Endor, z VI. epizody Hvězdných válek, „chlupatí“ ale bohužel nebyli v popularizaci svého domovského světa zdaleka tak úspěšní jako „modří“, takže jméno Endor dnes už málo komu něco řekne (i když kdoví, jak to bude s Pandorou za 20 let...).

Navíc se na obzoru rýsuje možnost detekce prvních exoměsíců (ač zatím jen neobyvatelných), takže toto téma nabývá na ožehavosti.

Otroci přílivu

Alfou a omegou, v životě měsíců, jsou slapové síly podobné těm, které vytvářejí příliv a odliv v našem oceánu. Změny gravitačního pole, v němž se měsíc pohybuje, jej totiž deformují. Jak se během svého oběhu natahuje a zase smršťuje, dochází ke tření, které generuje velké množství tepla, které se projevuje roztavením nitra měsíce a vulkanickou aktivitou. Uvolňování energie vnitřním třením, v důsledku dmutí povrchu, říkáme také slapový rozptyl.



Slapové síly vesměs úzce souvisejí s výstředností dráhy měsíce. Pokud je dráha kruhová a měsíc má rotaci vázanou, slapové síly jej sice udržují v protáhlém tvaru (jde o elipsoid, protáhlý ve směru k planetě a od planety), ale tento tvar se nemění, protože se nemění ani směr ani velikost gravitační síly. Na povrchu takového "ideálního" měsíce, bychom proto nepozorovali žádný příliv ani odliv (gravitaci jiných těles, jako je Slunce nebo další měsíce, prozatím zanedbejme). Měsíc, který obíhá po dráze eliptické (což je právě případ Io), je na tom ovšem jinak. Zaprvé se k planetě přibližuje a vzdaluje, takže se mění velikost vzdutí jeho povrchu (jak kolísá velikost slapové síly), zadruhé je jeho oběžný pohyb nerovnoměrný (podle Keplerových zákonů), zatímco rotace je rovnoměrná. Díky tomu se „boule“ na jeho povrchu mírně pohybují dopředu a dozadu a kolísá

i jejich výška. Takový měsíc dostává přísun slapového tepla a může být geologicky aktivní. Míra ohřevu bohužel nejde jednoduše odhadnout, protože závisí i na vlastnostech nitra měsíce (dokonale pevné nedeformovatelné těleso nebo naopak, dokonale tekuté těleso bez vnitřního tření, nelze touto cestou ohřát). Protože tyto vlastnosti jsou ovlivňovány mj. i samotným ohřevem, dochází ke vzniku složitých a ne zcela pochopených, pozitivních i negativních zpětných vazeb.

Výstřednost dráhy měsíce není daný parametr. Tepelná energie, uvolněná slapovým ohřevem, se musí někde brát, nejde o *perpetuum mobile* – a háček je tentokrát v tom, že tento proces výstřednost měsíce postupně snižuje. Bez dalších vlivů by nakonec klesla k nule, dráha by se zakulatila a ohřev by ustal. Vidíme-li tedy měsíc na výstředné dráze, buď jde o měsíc, který nemůže být slapově ohříván, díky vlastnostem svého nitra a uchoval si původní výstřednost nebo byla jeho výstřednost zvýšena nějakou vnější silou a jde o přechodný jev. Vnější silou může být gravitační vliv sousedních měsíců, který je zvláště významný, nacházejí-li se v orbitální rezonanci (doby jejich oběhu jsou ve vzájemném poměru např. 1:2). Dalším možným vlivem, je také gravitační síla mateřské hvězdy.

Společným rysem většiny velkých satelitů je vázaná rotace – takový měsíc nastavuje stále stejnou tvář, směrem k mateřské planetě, podobně jako Měsíc k Zemi. Délka slunečního dne na takovém měsíci, je potom přibližně rovná době jeho oběhu, kolem mateřské planety. Za to jsou také odpovědné slapy. Už jsme si řekli, že gravitace planety vytváří na tělese měsíce dvě „boule“ – jednu na straně přivrácené a druhou na straně odvrácené. Pokud měsíc vzhledem k planetě rotuje, tyto boule putují po jeho povrchu (úplně stejně putuje po povrchu Země vzdutí moří, vyvolávané Měsícem v podobě dvou vln, jedné na straně přikloněné k Měsíci, druhé na straně od něj odvrácené). Pohyb vzdutí litosférou měsíce (ledovci nebo horninami) vyvolává opět tření, které nakonec rotaci měsíce zafixuje tak, že se doba otočky srovná s dobou oběhu a pohyb „boule“ se zastaví. I tento proces přispívá k slapovému ohřevu, je však jen krátkodobý a jednorázový - měsíc již nemůže být znovu roztočen (zanedbáme-li velké impaktní události). Slapové zabrzdění rotace je pravděpodobně nevyhnutelné pro drtivou většinu velkých, přirozeně vzniklých satelitů, včetně měsíců obyvatelných. Williams a kol. například uvádějí, že velký satelit Jupiteru by musel mít oběžnou dobu větší než 116 dní, aby si mohl udržet „vlastní“ rotaci. Existence velkého satelitu, na tak vzdálené orbitě, je však z více důvodů značně nepravděpodobná.

Jak už jsme naznačili, a jak vědí obyvatelé mořského pobřeží z vlastní zkušenosti i Měsíc vyvolává slapové vlny na povrchu planety. Vzhledem k poměru

hmotností, jde samozřejmě o vliv slabší než v případě opačném, nicméně je významný. V tomto případě je důsledkem to, že se část rotační energie planety přenáší do orbitální energie měsíce. Měsíc například zpomaluje rotaci Země a Země na oplátku urychluje pohyb Měsíce a tím způsobuje jeho vzdalování. Mars se naopak otáčí pomaleji, než obíhá jeho satelit Phobos. Ten samozřejmě nemá šanci Mars významně roztočit, je však slapovými silami postupně brzděn, díky tomu se stále přibližuje k Marsu a nakonec se s ním srazí. V případě Pluta a Charonu, došlo ke vzájemnému „svázání“, takže Charon nastavuje stále stejnou stranu k Plutu, a Pluto na oplátku k Charonu.

Slapové síly ve všech svých aspektech, budou kriticky důležité pro porozumění obyvatelným (i všem ostatním) měsícům, proto tato malá odbočka.

Lekce ze Sluneční soustavy

V naší Sluneční soustavě máme hned čtyři plynné obry. Každý z nich disponuje rázovitou soustavou satelitů. Nás budou zajímat hlavně satelity velkých rozměrů (nad 300 km). Kromě nich má každý z plynných obrů, ještě velké množství malých měsíců. Někdy jde o trosky a ledové úlomky jiných satelitů nebo pozůstatky z dob formace planety. Častější jsou tělesa, která původně obíhala Slunce, coby asteroidy či komety a byla druhotně zachycena gravitací planety. Takové satelity jsou často retrográdní (obíhají v opačném směru, než rotuje planeta) a leží vesměs ve velké vzdálenosti. Z exobiologického hlediska nás příliš zajímat nebudou, protože jsou příliš malé.

Jupiter má čtyři velké Galileovy měsíce. Nejvnitřnější Io je o něco hmotnější než Měsíc, je tvořen horninami a jde o vulkanicky, velmi aktivní těleso. Ano, právě zde se nejdramatičtěji projevuje vliv slapového ohřevu, a to díky tomu, že Io, Europa a Ganymed, jsou ve vzájemné orbitální rezonanci 4:2:1 (během každého oběhu Ganymedu, oběhne Io přesně 4x a Europa 2x). Jejich periodické gravitační působení, výrazně zvyšuje výstřednost orbit všech zúčastněných.

Europa je menší než Io i než náš Měsíc, ale na rozdíl od nich je pokryta ledovou kůrou. Protože je geologicky aktivní, ač méně než Io, je voda pod ledem udržována v kapalném stavu (viz také [Vzdálené světy I-Bezdné nebe a oceány bez oblohy](#)).

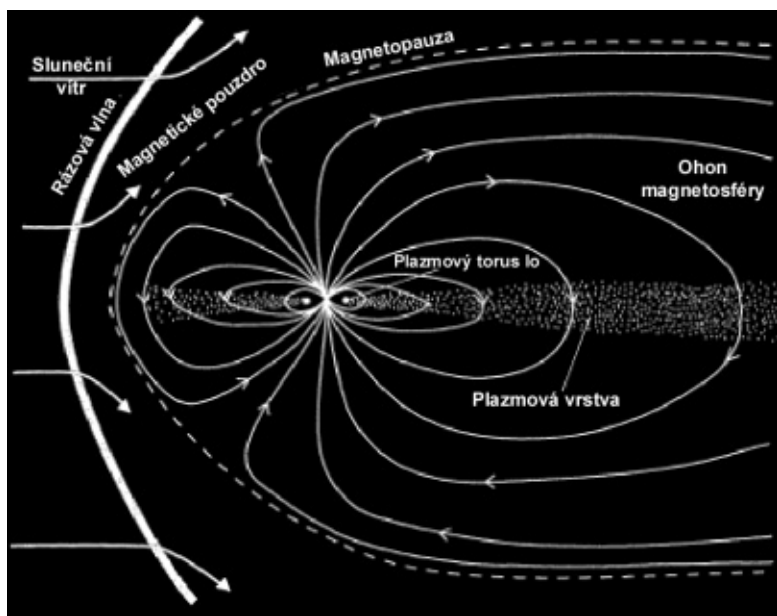
Ganymed je podstatně větší (3x hmotnější než Europa) a obsahuje víc vodního ledu. Jeho povrch svědčí o menší geologické aktivitě než na Europě, zato disponuje vlastním magnetickým polem, které ukazuje na to, že tento měsíc má uvnitř železné jádro, které je v roztaveném stavu. Poslední z Galileových světů, Callisto je zřejmě velmi chladný, bez geologické aktivity.

Saturn má celou řadu středně velkých měsíců (Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Iapetus) a jeden velký (Titan). Překvapující je Enceladus, který je přes

svou nepatrnou velikostí (jen 500 km!), silně slapově ohříván a zřejmě je zevnitř natavený. Jako prototyp obyvatelného měsíce je však zajímavější Titan – jen o něco menší než Ganymed, navíc se silnou dusíko-metanovou atmosférou a moři kapalného metanu.

Uran má satelity podstatně menší (srovnatelné se středně velkými měsíci Saturnu).

Neptun je sice Uranu v lecčems podobný, nikoli však co se týče měsíců - má pouze jeden velký satelit, Triton, v mnoha ohledech srovnatelný s Europou. Ten je ale tak podivný, že si zaslouží rozsáhlejší pojednání. Jde o těleso jen 2x lehčí než Europa, a hmotnější než Pluto. Obíhá retrográdně (v protisměru) a mimo rovinu rovníku své planety, čímž se ostře odlišuje, od všech ostatních jmenovaných satelitů. Podobá se pravdě, že jde o zachycené těleso podobné Plutu, které původně obíhalo kolem Slunce jako trpasličí planeta.



Obr.10 Magnetosféra Jupiteru

Obři na obzoru

Okolo jiných hvězd jsme zachytili už celé stovky obřích planet, podobných těmto čtyřem, které obíhají okolo různých hvězd, v různých vzdálenostech od nich a po různě výstředných drahách. Veškerá logika ukazuje, že tyto planety

musejí mít také nějaké oběžnice, které mohou být podobně exobiologicky zajímavé jako právě ty jmenované nebo v některých případech ještě zajímavější.

Měsíce podobné Europě, Ganymedu a Enceladu, můžeme předpokládat u prakticky kterékoli obří planety, pokud je dost chladná, aby se na povrchu jejich oběžnic stabilně udržel led. Takových planet je mezi známými exoplanetami 15-20%, (Scharf, 2006) ve skutečnosti jich bude podstatně víc, protože naše detekční metody se k odhalování chladných světů příliš nehodí. Zmrzlá H₂O na povrchu malých satelitů je stabilní proti sublimaci, pokud teplota nepřekročí 170 K (-100°C) (Scharf, 2006), což ve Sluneční soustavě odpovídá vzdálenosti 1,5 – 2 AU od Slunce. Co si ale budeme povídat, Europa a Ganymed sice mohou být obyvatelné pro bakterie nebo snad i jednoduché mikroskopické organismy, ale za pravděpodobné útočiště inteligentních mimozemšťanů, je nemůžeme považovat ani omylem. Pokud vyloučíme skutečně exotické formy rozumného života, měli bychom se zaměřit hlavně na měsíce poněkud podobnější Zemi: větší, teplejší, s hustou atmosférou a oceány, s alespoň částečně nezamrzlou hladinou. Právě ty zde budeme označovat jako obyvatelné měsíce – případní Europeané prominou.

Mnohé exoplanety obíhají v obyvatelné zóně své hvězdy – oblasti, kde panují teploty příznivé pro výskyt kapalné vody (nejnadějnější z nich naleznete v [tabulce](#)). Pokud se na jejich oběžné dráze nacházejí měsíce, splňující všechna potřebná kritéria, mohly by se více nebo méně podobat naší matičce Zemi. Neexistuje důvod, proč by se na některém z těchto těles, nemohl objevit vyspělý život.

Je dokonce možné, že počet obyvatelných měsíců v Galaxii, převyšuje počet obyvatelných planet. Klasická planeta může být v obyvatelné zóně jen jedna, možná dvě nebo v extrémním případě tři. Každá obří planeta v obyvatelné zóně, by však teoreticky mohla mít hned několik obyvatelných měsíců (v extrémním případě snad i 4 nebo 5) a je víc než jisté, že v obyvatelné zóně mohou být zároveň dvě obří planety (příkladem jsou exoplanetární systémy HD 45364, HD 202206, HD 108874 a Gliese 876 - více viz [tabulka](#)). Protože zatím neznáme reálnou četnost obyvatelných planet a tím méně obyvatelných měsíců, musíme brát obě skupiny těles stejně vážně (i když z praktického hlediska nesmíme opominout fakt, že klasické planety bude patrně trochu snazší objevit než měsíce plynných obrů).

Stabilita oběžných drah

Ne každá planeta může mít měsíc v libovolné vzdálenosti a o libovolné hmotnosti. Čím blíže je planeta k mateřské hvězdě, a také čím je méně hmotná a čím je její slunce naopak hmotnější, tím menší má sféru gravitačního vlivu,

uvnitř které mohou měsíce stabilně obíhat.

Jak jsme si řekli, měsíce navíc migrují v důsledku slapových sil, takže se od své planety buď vzdalují nebo se k ní naopak přibližují. Čím je sféra gravitačního vlivu menší, tím dříve takový měsíc dospěje k jejím hranicím, což se rovná buď „úletu“ do prostoru nebo srážce s planetou - v obou případech to znamená brutální konec, jakýchkoli aspirací na obyvatelný svět.

Do hry vstupují i slapové síly mateřské hvězdy, zejména v případě, kdy se soustava planeta-měsíc, nachází blízko u této hvězdy. Čím je měsíc hmotnější, tím rychleji se mění jeho orbita, a tím je obecně nestabilnější.

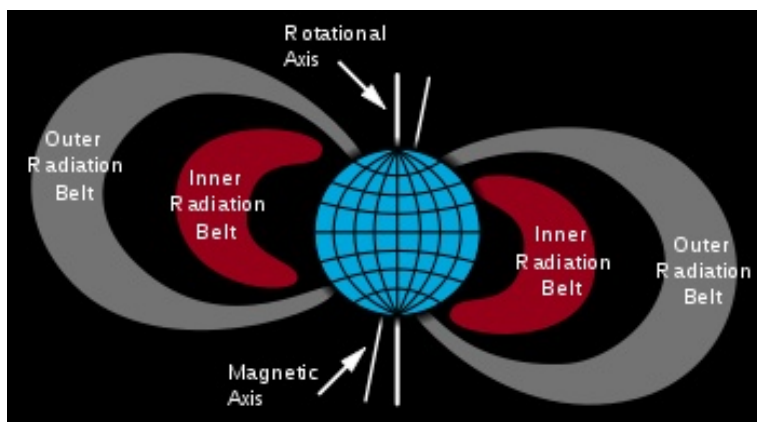
Celkově tedy planety, ležící blíže ke svým hvězdám, poskytují mnohem menší naději pro existenci měsíců, a to zejména velkých měsíců. Barnes a O'Brien (2002) se pokusili definovat hranice stability nebo naopak nestability planetárních satelitů. Dospěli k závěru, že plynné planety, vzdálené více než 0,6 AU od své hvězdy, mohou mít měsíce libovolné velikosti. To znamená, že u hvězd podobných Slunci (hmotnějších než 0,8 Msol, jejichž obyvatelná zóna leží dál než 0,6 AU), neexistuje pro přípustnou hmotnost planetárních satelitů žádná omezení, plynoucí z jejich orbitální nestability. Také obyvatelná zóna hvězd o hmotnosti 0,5-0,8 Msol, by měla umožňovat existenci dlouhodobě stabilních měsíců obyvatelné velikosti (nad 0,15 Me, tj. o něco hmotnějších než Mars). U červených trpaslíků (pod 0,5 Msol), leží obyvatelná zóna velmi blízko, takže pokud tam nějaké obří planety jsou, může být existence obyvatelných měsíců vyloučena. Smutným příkladem je třeba jinak extrémně zajímavá planeta Gliese 876c, ležící u červeného trpaslíka ($M=0,334$ Msol). Leží sice v obyvatelné zóně, ale není jí to mnoho platné. Obíhá totiž blízko (0,13 AU) a její hmotnost je poměrně malá (0,7 Mjup), a proto její největší ještě přípustné satelity, mohou být jen zhruba tak hmotné jako Mars nebo lehčí. Její sousedka Gliese 876b má větší štěstí: Je sice jen o málo dál (0,21 AU), ale je navíc těžší (2,3 Mj), díky čemuž se (teoreticky) může chlubit i měsíci několikanásobně hmotnějšími, než je naše modrá planeta. Navíc se stále, byť „s odřenýma ušima“ vejde do hranic obyvatelné zóny.

Ve světle tohoto příkladu je logické, že tzv. horcí Jupiteri, kteří obíhají ještě blíže u hmotnějších hvězd, měsíce mít nemohou nebo jen extrémně malé („balvan“), a proto nemá smysl po nich pátrat.

Tyto závěry však závisejí i na předpokladech, týkajících se nitra obřích planet. Cassidy a kol. (2009), výše zmíněná tvrzení zpochybňují. Jimi zvolené parametry, slapového rozptylu v nitru planet (určující rychlost migrace satelitů a tím jejich stabilitu), dovolují existenci hmotných měsíců, dokonce i u horkých Jupiterů! Takové měsíce, by však musely ležet velmi blízko k planetě (blíže než Io) a díky intenzivním slapům, by byly zcela roztavené. Když se připočte výheň blízké hvězdy (teploty kolem 1000°C), reálně by jim hrozilo úplné vypaření! Příjem-

nější satelity včetně obyvatelných, autoři této práce nezkoumali, jejich stabilita by ovšem za takových podmínek byla zřejmě neomezená. Musíme podotknout, že většina astronomů se kloní spíše k pesimističtější verzi, v podání Barnese a O'Briena – ale exoplanety už překvapily mockrát, takže možné je všechno.

Asi by se slušelo podotknout, že satelity terestrických planet, jsou ještě méně stabilní než satelity obrů. Existence dlouhodobě stabilních měsíců Merkuru (0,4 AU) a Venuše (0,72 AU), je považována za prakticky vyloučenou (Cassidy a kol., 2009), (Ward a Reid, 1973), takže stabilní měsíce mohou mít jen kamenné planety ležící zhruba ve vzdálenosti Země nebo dál. Jak je to s měsíci „ledových obrů“, typu Uranu a Neptunu, zatím nikdo nezkoumal, ale pravděpodobně bude situace „někde mezi“ jovianskými a terestrickými planetami.



Obr.11 Schéma radiačních (Van Allenových) pásů Země

Hmotnostní limit

Není to ale jen nestabilita drah, která může omezovat velikost měsíců u exoplanet. Canup a Ward (Canup a Ward, 2006) si například povšimli, že hmotnost soustavy satelitů, je u všech obrů ve Sluneční soustavě zhruba 10 000x menší než hmotnost jejich planety. Konkrétně satelity Jupiteru, mají $2 \cdot 10^{-4}$ (1/5000) hmotnosti své mateřské planety, satelity Saturnu $2,5 \cdot 10^{-4}$ (1/4000) a satelity Uranu $1 \cdot 10^{-4}$ (1/10 000). Náš vzorek tří obřích planet je ovšem příliš malý, pro smysluplnou statistiku, takže v případě stanoveného hmotnostního poměru, může jít o zákonitost, ale stejně dobře i o náhodu. Autoři však svá tvrzení podávají i počítačovými simulacemi formování měsíců. Ty navíc generovaly soustavy oběžnic velmi podobné těm, které opravdu pozorujeme, co do rozměrů, rozmístění a počtu satelitů. Typický počet významných přirozených sateli-

tů u obří planety vyšel 7 (což odpovídá poměru u Saturnu), v případě opravdu velkých satelitů, potom 4 (což je případ Jupiteru).

Kdybychom uvažovali optimističtější, hmotnostní poměr 1:4000, jaký nalézáme u Saturnu a předpokládali, že veškerá hmota bude soustředěna v jediném velkém měsíci, zjistíme, že teprve planety hmotnější než 1,25 Mjup, mohou mít oběžnice těžší než Mars, a jen plynní obří nad 12,6 Mjup (což jsou již skoro hnědí trpaslíci), si mohou dovolit soupevníky o hmotnosti Země. I ty nejmenší myslitelné obyvatelné měsíce, by vyžadovaly planetu o hmotnosti alespoň 0,9 Mjup.

Pokud tento vztah opravdu lze zobecnit i na planety mimo naši Sluneční soustavu (což bohužel nevíme), znamenalo by to pro možnost obyvatelných měsíců velké omezení – planety lehčí než Jupiter, bychom museli pustit ze zřetele úplně a největší naděje bychom museli upřít k monstrům nad 5 Mjup, nebo přímo hnědým trpaslíkům! Hmotnost satelitu či planety, je totiž pro obyvatelnost skutečně klíčová, jak se dále dozvíme.

Uchování atmosféry

Obyvatelná planeta (i měsíc) musí mít určitou minimální velikost. Těleso, které je příliš malé, trpí dvěma problémy: zaprvé, nemá dostatečnou gravitaci, aby dokázalo dlouhodobě udržet atmosféru, zadruhé, záhy vychladne a jeho geologická aktivita se zastaví. Geologicky mrtvé těleso nemůže doplňovat atmosféru sopečnými plyny, nemůže mít vlastní magnetické pole a navíc na něm nemohou probíhat geochemické cykly, které zajišťují dlouhodobou obyvatelnost planety (například silikátový-karbonátový cyklus). Mars je příkladem planety, která si leží v obyvatelné zóně, ale její nedostatečná velikost jí znemožnila stát se „druhou Zemí“. Do hry v tomto případě vstoupily oba zmíněné faktory: Mars je moc malý, než aby si udržel atmosféru, kterou původně měl, a příliš málo geologicky aktivní, než aby mohl ztráty nahrazovat vulkanickým odplyňováním. Přesto se zdá, že alespoň nějakou dobu dokázal se svojí větší sousedkou držet krok a udržoval si jak atmosféru, tak kapalnou vodu na povrchu.

Williams a kol. (1997) předpokládají, že dlouhodobá geologická činnost, by se mohla objevit až u planet hmotnějších než 0,23 Me (Mars má 0,1 Me). Jedním dechem však dodávají, že na satelity plynných obrů se tento limit vztáhnout nedá, protože u nich vstupuje do hry slapový ohřev, coby dodatečný zdroj vnitřního tepla. Díky tomu, může mít vlastní geologickou činnost i titěrný Enceladus (0,000018 Me!).

Jediným přirozeným limitem, pro velikost obyvatelného měsíce, tak zůstává schopnost udržet si hustou atmosféru. Pokud bychom uvažovali atmosféru tvořenou dusíkem a termální pohyb molekul (Jeansův mechanismus úniku atmosféry), byl by tento limit 0,07 Me. Nontermální mechanismus úniku, například

disociativní rekombinace molekul dusíku, která hraje významnou úlohu na Marsu, je nebezpečnější a přestává se projevovat až u těles nad 0,12 Me. Za příznivých okolností (silná vulkanická činnost, vlastní magnetické pole, nízká teplota), nejsou ovšem zcela vyloučeny atmosféry ani u méně hmotných obyvatelných těles (0,07-0,12 Me). Extrémně nízké teploty spolu s dalšími faktory, dovolují udržení atmosféry i Titanu (0,023 Me).

Důležité je také uchování vody. U horkých planet (např. Venuše) vodní pára vystupuje do stratosféry, kde je rozbita UV paprsky na vodík a kyslík a ani tak hmotná planeta, jako je Země, nemůže svou gravitací vodík udržet, na to je příliš lehký a těkavý. Také mladý Mars mohl ztratit množství vody, zejména pokud neměl ozónovou vrstvu a k jejímu štěpení mohlo docházet i na samotném povrchu. Země má ovšem specifický mechanismus, tzv. chladnou past, která úniku vody efektivně brání. Na dolní hranici stratosféry panuje takový mráz, že vodní pára vymrzne do podoby ledových krystalů a nemůže stoupat do vyšších vrstev. Ozónová vrstva zase brání UV paprskům, aby pronikly do dolních vrstev atmosféry a štěpily vodu v troposféře. Voda je na Zemi proto v bezpečí. Zato planety, které jsou výrazně teplejší, nebo nemají ozónovou vrstvu (v nejhorším případě obojí), mohou během miliard let „vyschnout“.

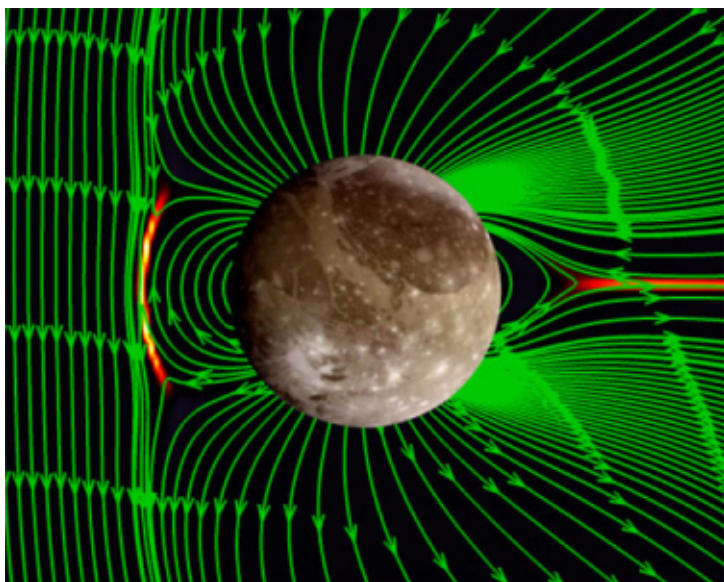
Důležitou ochranou před únikem atmosféry, je vnitřní magnetické pole, generované činností „dynamo“, v kovovém jádře planety. To sice neovlivňuje neutrální plyny, ale má rozhodující vliv na pohyb nabitých částic (iontů, elektronů). Zprvė, brání protonům a elektronům ze slunečního větru (nebo radiačních pá-sů, viz dále) v tom, aby se přibližovaly k planetě, srážely se s molekulami její atmosféry a tak jim vydatně napomáhaly v nontermálním úniku, zadruhé, pokud je nějaká molekula atmosféry ionizována, magnetické pole ji udrží poblíž planety a nedovolí jí uniknout. S magnetickým polem je zkrátka všechno různovější. Kupříkladu Mars, magnetické pole zřejmě zprvu měl, jak ale jeho nitro chladlo, přestalo vnitřní dynamo fungovat a jím generované pole zaniklo. Zbyla jenom lokální magnetická pole nad zmagnetizovanými oblastmi kůry, která nejenže atmosféru nijak nechrání, ale dokonce její únik spíše urychlují. Inu, Mars měl zkrátka smůlu...

Měsíce to nemají snadné!

Jestli je problém udržení atmosféry komplikovaný, pak v případě planetárních satelitů, se stává ještě mnohem zamotanějším.

Plynný obr, který měsíc hostí, má totiž prakticky jistě vlastní magnetosféru – alespoň všichni obři Sluneční soustavy ji mají. Většina velkých satelitů se pohybuje uvnitř magnetické sféry, vlivu mateřské planety, zcela mimo ni leží pouze nečetné výjimky, jako je Saturnův Iapetus.

Nejnebezpečnějším projevem planetárních magnetosfér, jsou radiační pásy. Je to rozsáhlá oblast v okolí planety, kde jsou magnetickým polem lapeny nabitě částice. Ty jednak obíhají kolem siločar, jednak podle nich kloužou od jihu k severu, kde se odrazí a putují zase zpět. Tak jsou poměrně účinně uvězněny a nemohou uniknout. Původ těchto částic je různý. V magnetosféře Země jde o protony a elektrony, pocházející ze slunečního větru, pomineme-li ojedinělý umělý přírůstek v podobě plasmatu, vytvořeného experimentální jadernou explozí. Jupiteru dodává ionty vulkanická činnost měsíce Io, Saturnu zase gejzíry na Enceladu.



Obr. 12 Ganymedovo magnetické pole si "razí cestu" magnetosférou Jupiteru (NASA/ESA)

S radiačními pásy není žádná legrace. Kmitající elektrony a ionty, velkou rychlostí dopadají na vše, co se jim postaví do cesty a dokážou nadělat spoustu škody. Ve vnitřní části magnetosféry Jupitera je tato „radiace“ tak intenzivní, že si nezadá ani se zářením, nestíněného jaderného reaktoru. Astronaut na povrchu Io nebo Europy, by nasbíral smrtelnou dávku záření již během pár minut. Pokud se taková rychle letící částice srazí s molekulou plynu, rozbije ji na kusy – nejpravděpodobněji na nabitě ionty. Ty se díky svému elektrickému náboji ocitnou v moci magnetického pole obří planety a posílí řady zajatců v radi-

ačním pásu. Radiační pásy Jupitera, velice rychle a efektivně ničí atmosféry jeho měsíců. Jedině Io, má podstatněji plynný obal, ovšem velice tenký a i ten musí stále doplňovat bouřlivá, vulkanická činnost. Jedinou obranou před radiačními pásy tohoto ražení, by byla silná magnetosféra generovaná v jádře měsíce, která by dokázala proud vřezdných částic zadržet a odvrátit (Williams a kol.,1997).

Ne všechny radiační pásy, jsou ale tak nebezpečné jako Jupiterovy. V okolí Země sice nějaké ty nabitě částice také létají, krátký průlet touto oblastí (např. při letu na Měsíc) však člověka podstatněji neohroží, i když dlouhodobější aktivity (např. kosmické stanice), jsou přeci jen situovány mimo tuto zónu. Dobrá zpráva je, že podobně neškodný radiační pás, má také Jupiterův bratranec Saturn – právě tomu vděčí za uchování své unikátní atmosféry Titan. Proč je vlastně Saturn k Titanu tak „přátelský“? Stojí za tím řada faktorů, jmenovitě slabší magnetické pole, magnetická osa, shodná s osou rotace („vyvážená“ magnetosféra neprodukuje tak energetické nabitě částice jako Jupiterova „kolísající“), mnohem menší dodávka iontů (Enceladus v této úloze za Io daleko zaostává) a mohutné prstence, které nabitě částice vychytávají (Nordley, 1996).

Saturn nejenomže Titanu neškodí, nýbrž mu dokonce přímo pomáhá. Jeho magnetosféra je neškodná, ale na druhou stranu dost silná na to, aby Titan po většinu jeho oběžné doby, ochránila proti solárnímu větru. Kromě toho, dokonce ani atomy a molekuly, které Titan jednou opustí, nejsou zcela ztraceny. Řada z nich zůstane v Saturnově systému, v podobě extrémně řídkého prstence, odkud se mohou do atmosféry satelitu částečně vracet (Nordley, 1996).

Těžko říci, zda jsou takové „hodné“ obří planety, jako je Saturn, ve vesmíru běžné nebo zda dominují krutovládci s agresivními magnetosférami, jako je Jupiter. V případě té horší alternativy by měly naději jen poměrně velké měsíce, s vlastním intenzivním magnetickým polem nebo obíhající velmi daleko od své planety, mimo hlavní radiační pásy (to je případ Callisto). Tady je ale jeden háček – někteří autoři se domnívají, že vnitřní dynamo generující vlastní magnetické pole, se může objevit jen u rychle rotujícího tělesa. Rotace satelitů je ovšem vázaná, a tudíž zpravidla pomalá. Dobrou zprávou však představuje další Jupiterův souputník, Ganymed. Ačkoli jeho doba rotace činí celý týden, magnetické pole má, a to poměrně silné (silnější než třeba Merkur!). Podle některých předstev, vnější magnetické pole obra pomáhá nastartovat dynamo v nitru měsíce, a tak umožní vznik vlastní magnetosféry i tam, kde by sama od sebe nevznikla (Sarson a kol, 1997, viz také [popularizační článek ve Sky and Telescope](#)). Tento proces však nesmíme zaměňovat s fenoménem indukovaného (druhotného) magnetického pole, jaké nalezneme na Europě – tam jde jen o pasivní projev indukovaných proudů ve vodivém oceánu, nikoli o aktivní „dynamo“ a indukované

pole také nemá potřebnou sílu, aby poskytlo ochranu před radiačními pásy.

Dá se předpokládat, že obyvatelné měsíce, rotující podobně rychle jako Gany-med, ale navíc podstatně hmotnější a se žhavějším nitrem, by měly mít magnetosféry ještě výrazně silnější – takže alespoň část z nich by měla mít zajištěnou ochranu, před destrukcí atmosféry.

Aby atmosféra mohla existovat, musí se ovšem nejprve vytvořit. Měsíc nebo planeta musejí získat dostatečné množství těkavých látek (uhlík, dusík, voda...), pokud chybějí, atmosféra vzniknout nemůže. Zdrojem těchto prvků, jsou hlavně komety a některé asteroidy, obsahující led a zmrzlé plyny. Ale pozor – nezáleží jen na tom, co na dané těleso dopadá, ale i jak to dopadá. Pokud je průměrná rychlost dopadajících těles spíše malá, mají plyny tendenci do atmosféry spíše přidávat. Naopak vysokorychlostní impakt atmosféru spíše ochudí (vymrští do kosmu část přítomných plynů) než obohatí. Titan nebo Země měly štěstí – pohybují se v oblastech, kde je průměrná rychlost impaktorů nízká. Mars už je na tom o něco hůře a vysloveně špatně pochodily Galileovy měsíce – komety a asteroidy, řítící se do Jupiterovy gravitační jámy, nabírají vysokou rychlost a dopadají na jejich povrchy s mimořádnou silou, což by atmosférám moc nepřálo. Podobný problém asi bude mít celá řada satelitů, velkých plyných obrů (Williams a kol., 1997).

Nesmíme to ale chápat tak, že by měsíce atmosféry mít nemohly. Řada z nich to má o něco komplikovanější, než klasické planety, ale jiné satelity mohou mít naopak zjevné výhody (viz případ Titanu). Hodně také záleží na jejich složení. Pokud jsou satelity planet v obyvatelné zóně bohatší na těkavé prvky, než běžné terestrické planety, mohly by si uchovat silné atmosféry i navzdory těžkým ztrátám.

Složení měsíců

Chceme-li hodnotit astrobiologický potenciál měsíců, je velice důležitá nejen jejich velikost, ale i složení a vnitřní stavba. O těchto parametrech zatím nevíme prakticky nic.

Hlavní nejistota je v tom, z jakého materiálu se měsíce budou formovat. Obří planety v obyvatelné zóně, hostitelky potenciálních obyvatelných měsíců, se podle dnešních představ rodí poměrně daleko od své hvězdy a teprve později migrují směrem dovnitř. Nikdo neví, jestli jejich měsíce vznikají již před touto migrací (a tedy připomínají měsíce obrů naší Sluneční soustavy) nebo, zda se rodí až z materiálu, nahromaděného během vlastní migrace (v tom případě by vznikaly z podobné hmoty jako terestrické planety).

Kdyby satelity vznikaly na stejném místě jako obří planeta, nejspíše by ob-

sahovaly velký podíl vody, podobně jako Ganymed nebo Titan. Kdyby se větší těleso takového složení dostalo do obyvatelné zóny, stalo by se oceanickou planetou (Léger a kol., 2004). Takový vodní svět, by byl tvořen nekonečným oceánem, hlubokým i přes sto km. Jeho dno by tvořily vrstvy vysokotlakých ledů (které jsou těžší než voda a pevné i nad nulou) a teprve pod ledovým pláštěm, by začínaly silikátové horniny. Nikdo neví, zda je taková oceanická planeta příznivá pro vznik a rozvoj života nebo ne – otázkou jsou hlavně biogeochemické cykly, regulující klima a dostupnost biogenních prvků. Nespornou výhodou je ale vysoká odolnost, proti ztrátě atmosféry (plyny se mohou doplňovat odpařováním oceánu). Takový svět by „ustál“ i dost velké ztráty vody a plynů po velmi dlouhou dobu, než by úplně vyschl.

Přinejmenším větší plynné planety, během své formace, samy produkují velké množství tepla a tím se starají o to, aby jejich bližší měsíce, byly o led ochuzeny. Například Europa je již spíše terestrická planeta. I ona by po roztátí ledu byla kompletně zaplavena, ale oceán by byl příliš mělký, pro vznik vysokotlakého ledu, připomínal by oceán na Zemi. Io je potom pravá terestrická planeta, navíc totálně vysušená. Proto se i mezi původními měsíci obrů mohou najít takové, které obsahují zhruba tolik vody jako naše planeta, takže mají oceány i souše.

O satelitech z materiálu, nasbíraného během migrace se toho dá říci méně, snad jen to, že by mezi nimi nemělo být tolik oceanických světů. Je dokonce možné, že migrující obři, by mohli zachytit již hotové terestrické planety a uvěznit je na svých orbitách. Záchyt by se mohl dít rozdělením dvojplanety, jejíž jedna složka by se s obrem srazila, druhá se stala jeho měsícem, což je ovšem nepravděpodobné. Snad uvěřitelnější by bylo zachycení planety hmotou, v prachoplynném akrečním disku, obklopujícím obra (Williams, 2003). Tímto způsobem by mohly vznikat měsíce výrazně větší, než ty, jenž se formují přirozeným způsobem a snad i odlišného složení. Pohybovaly by se patrně na retrográdních orbitách, podobně jako Neptunův Triton.

Složení terestrických těles není ale dáno jen obsahem vody. Některé kamenné planety, nemusejí vůbec obsahovat kovové železo, takže, i když jsou plně diferencovány, nemohou mít železné jádro ani magnetické pole (Elkins-Tanton a Seager, 2008). Tento zádrhel by měl být běžnější u planet, vznikajících pozdě a z materiálu, bohatého na vodu, což by se dalo aplikovat, přinejmenším na část exoměsíců. Světlem naděje je opět Ganymed, asi nejlepší model velkého satelitu jaký máme, který kovové jádro má.

Různé hvězdy se také liší v poměrech základních prvků, takže jejich planety se mohou chemicky značně lišit od Země. Extrémním případem jsou uhlíkové planety (Kuchner a Seager, 2005, Bond a kol., 2010a, b). Musíme zdůraznit, že různé extrémy v chemickém složení, potenciálně omezující obyvatelnost, jsou

(dle dnešního stavu vědění, resp. nevědění) zhruba stejně pravděpodobně u planet i u měsíců.

Život na obřím měsíci

Jaké by to bylo, žít na obyvatelném satelitu plynného obra? Podmínky by v zásadě mohly být podobné jako na kterékoli obyvatelné planetě, s několika málo odlišnostmi.



Asi tou nejpodstatnější by byla pomalá doba rotace. Nelze sice vyloučit, že blízké měsíce hmotných obrů, mohou obíhat poměrně rychle a denní cyklus se tam může blížit 24. hodinám i při vázané rotaci, takový měsíc by však musel čelit mnoha protivenstvím, zejména by byl situován v nejintenzivnější zóně radičních pásů a navíc by mohl být díky průměře slapového tepla ještě vulkaničtější než Io. Většina obyvatelných měsíců, bude patrně zažívat střídání dne a noci, v podstatně pomalejším rytmu. Pro představu, z významných měsíců Sluneční soustavy, rotuje nejrychleji Mimas (0,94 dne), v kategorii opravdu velkých, potom Io (1,77 dne). Na našem oblíbeném modelovém světě Ganymedu, trvá den celý týden a na Callisto potom téměř 17 dnů. Pokud by takto pomalu rotoval obyvatelný svět, mohlo by to znamenat velké výkyvy teplot mezi dnem a nocí, pokud by je nemírnila hustá atmosféra nebo blízkost oceánu. Biosféra by se na tuto periodicitu musela adaptovat.

Měsíce mají v jednom ohledu výhodu oproti planetám – protože mají vázanou rotaci, vzhledem k planetě, nikdy nemohou mít vázanou rotaci, vzhledem ke hvězdě. Zatímco planety v obyvatelné zóně, málo hmotných hvězd, mohou skončit s jednou polokoulí trvale osvětlenou a druhou temnou a chladnou, měsíce tento osud potkat nemůže. Existence obyvatelných měsíců je sice u červených trpaslíků někdy komplikována problémy se stabilitou jejich drah, v dalších případech je však možná.

Z dlouhodobého hlediska, by obyvatelné měsíce, mohly více trpět dopady komet a asteroidů než osamocené planety, i když ne všichni astronomové s tím souhlasí (viz článek v [Astrobiology Magazine](#)). Není ani zcela jasné, do jaké míry jsou takové impakty (a s nimi spojená velká vymírání) škodlivé a do jaké urychlují průběh evoluce, takže to nemusí být vysloveně negativní věc.

Jak už bylo řečeno, některé měsíce (zejména ty ležící blízko k planetě a/nebo v rezonanci se sousedy) by mohly mít vysokou míru vulkanické a seismické činnosti, někdy i mnohonásobně vyšší než stejně velké těleso, na samostatné dráze kolem Slunce. Navíc orbitální rezonance nejsou stálé, ale mohou se vytvářet a zanikat nebo dokonce oscilovat. Zatímco geologická činnost na Zemi má charakter velice pomalého, monotónního poklesu, od kdysi žhavého světa ke světu chladnému a geologicky mrtvému, satelity mohou zažívat mnohem pestřejší vývoj, s epizodami dramaticky zvýšeného i sníženého vulkanismu. To by samozřejmě doprovázely i odpovídající změny v atmosféře, klimatu a biosféře.

Měsíc obra, by oproti jakékoli planetě, nabízel nepřekonatelný výhled na oblohu. Měsíc na naší obloze skýtá krásný, fascinující a inspirující pohled, třebaže měří jen 0,5°. Plynný obr na obloze obyvatelného měsíce, by byl ve srovnání s ním skutečně gigantický a jen těžko si můžeme být jen představit úžas, jaký by pohled na něj musel vzbudit.

Jenom na ukázkou: Saturn, při pohledu z Mimasu, nejnvnitřnějšího většího měsíce, zabírá 38,6 úhlových stupňů, dokonce i při pohledu z Iapetu, který obíhá (alespoň na přirozeně vzniklý měsíc) extrémně daleko, má alespoň 1,9°. Měsíc nám ukazuje stále stejnou tvář, jen fáze se střídají, podle momentálního osvětlení. Obr při pohledu ze svého satelitu, by nejen střídal fáze, v průběhu každého místního dne, ale navíc by rychle rotoval (Jupiter a Saturn se otočí jednou za cca 10 hodin) a měnily by se na něm pestré obrazce pásů, vírů a bouří. Úplněk by nastával v okamžiku, kdy by na přivrácené straně satelitu panovala noc. Jeho jas by byl mnohonásobně větší než jas měsíčního úplňku, jednak proto, že by byl mnohonásobně větší (zaujímal by desetkrát až několikatisíckrát větší plochu na obloze), jednak proto, že plynné planety mají vyšší odrazivost než kamenná tělesa.

A co teprve, kdyby takový obr měl prstence! To by byla teprve nádhera...

Vlastně možná ne. Všechno totiž záleží na úhlu pohledu. Největší měsíce Sluneční soustavy, obíhají v rovině rovníku své planety. Z povrchu takového měsíce, je prstenec viditelný výhradně „z boku“, takže vypadá jako tenká, nenápadná čára, protínající kotouč planety v půli. Existují dvě výjimky z tohoto pravidla. Jednou z nich je Iapetus, podivný měsíc Saturnu. Zřejmě byl kdysi vypuzen ostatními měsíci na orbitu, velmi vzdálenou od své mateřské planety a navíc skloněnou o 15,47°, oproti jejímu rovníku. Díky tomu, je z povrchu tohoto měsíce nádherný výhled, na soustavu Saturnových prstenců.

Druhou výjimkou je Neptunův Triton, který, jak jsme si už řekli, je vlastně druhotně zachycenou trpasličí planetou. Jeho dráha je skloněna o celých 23°, Neptun však bohužel nemá tak krásné prstence, takže obyvatelé Tritonu, žádnou výraznou ozdobu oblohy nemají.

Z toho plyne, že úchvatný pohled na prstence mateřské planety, je možný jen u malého procenta měsíců, které obíhají po „atypické“ dráze – buď jde o zachycené retrogradní měsíce nebo normální prográdní oběžnice, vytěsněné orbitálními interakcemi.

Navíc musíme vzít v úvahu, že jsme poněkud „zmlsaní“ prstenci Saturnu, které jsou jednak netypicky mohutné, jednak jsou tvořeny ledem, a proto jsou extrémně jasné. V teplejším prostředí, by takový prstenec rychle vysublimoval. Obr v obyvatelné zóně, by mohl mít prstence jen z kamení, prachu nebo organického „mouru“, což jsou všechno tmavé látky, takže jeho prstenec by zdaleka nebyl tak působivý, ani kdyby byl rozsáhlý a dívali jsme se na něj pod správným úhlem.

Vzhledem k vázané rotaci, by se pohled na obra nenaskýtal všem obyvatelům jeho satelitu, ale jen těm, kteří by žili na přivrácené polokouli. „Nešťastníci“ z polokoule odvrácené, by měli mnohem chudší pohled na oblohu a jen velmi malou šanci porozumět tomu, jak to vlastně ve vesmíru funguje. Kdyby se první z nich vypravili k protinožcům, čekalo by je na nebi „malé“ překvapení.

Polokoule přivrácená k obří planetě, by kromě klasického dne a noci, zažívala také „malou noc“ v okamžiku, kdy by nastalo zatmění Slunce obrem. Tato situace by představovala 0,1-12% denního cyklu, doba zatmění by mohla činit 20 minut až 5 hodin (Scharf, 2006). Mohlo by to mít zajímavé důsledky na biorytmy obyvatel. Kdyby ale byla oběžná dráha měsíce výrazně skloněná, oproti rovině oběhu obra, docházelo by k zatměním jen v určitých částech roku. Zatmění by byla delší a výraznější, kdyby měl obr soustavu prstenců – potom by dokonce mohla významně ovlivnit i přísun slunečního svitu, na povrch přivrácené polokoule měsíce. Nutno ale podotknout, že existence takového prstence u obra v obyvatelné zóně, není moc pravděpodobná.

Při úplňku by mohl stín měsíce dopadat na kotouč planety, kde by byl vidi-

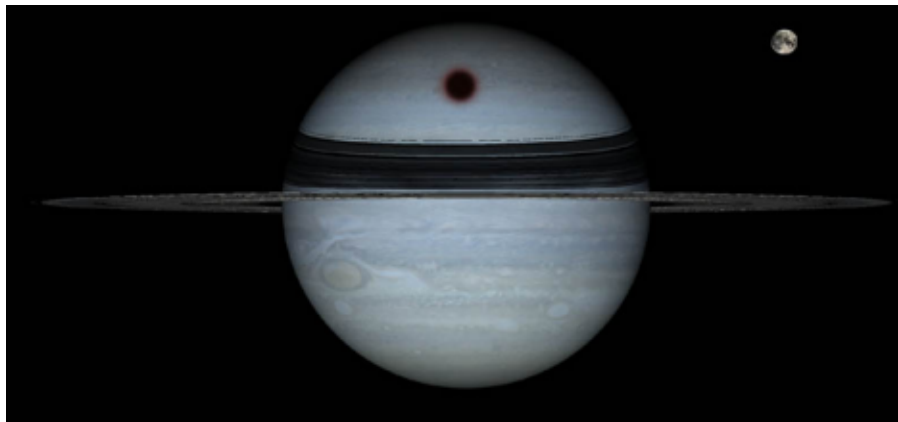
telný jako velká černá skvrna. Pokud by rovina oběhu měsíce byla výrazně skloněná, nastával by tento úkaz jen po část roku, rozhodně by však byl hojnější než zatmění měsíce na Zemi, protože obr je větší a poskytuje vrhanému stínu mnohem větší „terč“.

Pozoruhodným zjevem noční (i denní) oblohy obyvatelného satelitu, by byli jeho sousedé – ostatní měsíce. Podle analogie se soustavami Jupiteru a Saturnu, by mohly být na obloze i výraznější než Měsíc na té naší. Alespoň pokud by obyvatelný měsíc, nebyl jediným významnějším tělesem v soustavě, jako je tomu třeba u Tritonu. Pohled na tato tělesa by mohl být tím zajímavější, že některá z nich by mohla mít vlastní atmosféru, s jasně viditelnými oblačnými systémy!

Dalším oživením nebe, by jistě byly polární záře. Nabitě částice z radiačních pásů obra, usměrňované magnetosférou měsíce, by ve vyšších zeměpisných šířkách mohly narážet do vysoké atmosféry a vytvářet tam aurorální světla. Byla by bez pochyby jasnější než na Zemi a možná i častější, nebo dokonce trvalá.

Naopak, s hvězdami by to měli obyvatelé obřích měsíců dost obtížné – velmi často by je přezářovalo světlo obra, jeho velkých satelitů nebo zmíněných polárních září. Ostatně i na Zemi si astronomové často nařikají na přesvětlené nebe či měsíční úplněk. Plně nasvětlený kotouč gigantické plynné planety, by musel svým jasnem hvězdy doslova „utopit“, takže hvězdné nebe by bylo podobně chudé, jako při pohledu z centra moderního velkoměsta. Zejména na přivrácené polokouli, by obloha zcela ztemněla jen v okamžiku zatmění Slunce obrem, tj. paradoxně během dne!

Nebeská podívaná by rozhodně nebyla jen potěchou oka a srdce nadšeného astronoma, ale měla by i mnohem hlubší dopady. Pohyb okolních satelitů, by společně s oběhem kolem obra, řídil rytmy přílivu a odlivu v oceánech, které by mohly být dramaticky výraznější (a komplikovanější) než slapy na Zemi. Hladina oceánu na Europě musí kolísat o 30 metrů, zatímco příliv na Zemi je obvykle 10x nižší (2-3 metry). Výška přílivu může ale být výrazně ovlivněna tvarem pobřeží – v zálivu Fundy činí až 16 m, protože díky tvaru jeho břehů, se v něm přílivová vlna amplifikuje. Na některých místech pobřeží obyvatelného měsíce, by proto výška přílivu, snadno mohla překročit stovku metrů. Tak výrazné změny hladiny, by velmi silně zasahovaly do života mořských živočichů. Biorytmy by mohly být řízeny hlavními i vedlejšími periodami přílivů tak, aby umožňovaly optimální načasování migrace, sběru potravy nebo rozmnožování. Extrémní dmутí by však civilizacím z takových světů, muselo silně komplikovat mořeplavbu, zejména stavbu přístavů.



Obr. 14 Tak nějak by mohl vypadat přechod stínu obyvatelného měsíce přes kotouč plynného obra. Stín je načervenalý a rozostřený díky lomu světla v atmosféře, podobně jako stín Země při zatmění Měsíce. Vpravo nahoře měsíční úplňk udává měřítko úhlové velikosti (zdánlivý rozměr na obloze).

Není zcela jasné, jakou barvu by měla obří planeta v obyvatelné zóně. Mnozí autoři se domnívají, že by byla namodralá s bílými oblaky vodních kapiček. Nelze však vyloučit, že i při vyšších teplotách okolo obyvatelné zóny by se v ovzduší tvořily podobné organické a sírné pigmenty jako v oblacích Jupiteru, potom by mohla být i podstatně barevnější než na této ilustraci.

Nikdo nemůže pochybovat o tom, že Měsíc výrazně přispěl lidskému druhu nejen jako synchronizátor estrálního cyklu žen a inspirace básníků, ale také jako výzva, která urychlila nebo možná přímo podnítila rozvoj astronomie a později snahy o průnik do kosmu. Pokud by nějaká civilizace vznikla na satelitu obří planety, hrály by její sousední oběžnice tutéž roli. Domorodí obyvatelé by měli ne jedno, ale hned několik těles, na nichž by mohli prostým okem nebo malým dalekohledem, rozlišit terénní útvary. Sousední satelity by se také přímo nabízely jako cíl letů do kosmu. Pomyslete, jaké by to bylo, mít k dispozici hned několik kosmických těles, třeba včetně dalšího obyvatelného světa, v pohodlném dosahu krátkého kosmického letu, podobně jako máme náš Měsíc? Ideálnější podmínky k dobytí kosmu, by si snad žádná civilizace nemohla přát!

Trojanské planety

Ale nemusí to být jen měsíce. Zajímavou možností, je existence planet (měsíčů?) v libračních (Lagrangeových) bodech svých obřích průvodců. V bodech L4 a L5 (tzv. trojanské body), by se vlastně pohybovaly po stejné oběžné dráze jako plynný obr, ovšem v závěsu/předstihu šedesát stupňů. V bodě L1, by ležely mezi planetou a Sluncem, v L2 naopak za planetou, tyto dva posledně jmenované librační body, jsou však nestabilní, takže je tam existence přirozeně vzniklých kosmických těles vyloučena.

Ve Sluneční soustavě známe mnohá tělesa umístěná v bodech L4 a L5 obřích planet (zejména Jupiteru a Neptunu), kde se jedná o roje asteroidů, zvané trojanské asteroidy nebo Trojané. Tyto asteroidy jsou jakoby polapeny v místě, kde je gravitace obří planety a Slunce v rovnováze. V tomto bodě ale nespočívají nehybně, nýbrž okolo něj krouží po dosti složité dráze, na níž se od vlastního libračního centra, mohou poměrně značně vzdálit, aniž by se jejich pozice stala nestabilní. Teprve výrazné vychýlení, vede k opuštění trojanského bodu, což je poukázka na brzkou kolizi s nějakou planetou nebo gravitační vypuzení se soustavy.

Mnozí autoři (Schwarz a kol., 2005, Dvorak a kol., 2004) se zabývali možností existence obyvatelných Trojanů u extrasolárních obřů. Zjistili, že taková tělesa by mohla být i velmi hmotná (hmotnější než Země!) a jejich stabilní oblast je poměrně rozsáhlá, zejména u takových obřích planet, jejichž dráha je jen málo výstředná. U excentrických obřů je zóna stability mnohem menší a úměrně tomu klesá i šance, pro existenci obyvatelných Trojanů. Situace se také komplikuje v případě, že v daném systému existuje další hmotná planeta, obíhající v blízkosti obyvatelné zóny, která může svou gravitací Trojaný destabilizovat (Schwarz a kol, 2007).

Lyra a kol. (2009) se zabývali formováním těchto obřích Trojanů. Zjistili, že v libračních centrech obřích planet mohou běžně vznikat tělesa i několikanásobně těžší než Země. Jejich absenci v naší Sluneční soustavě lze vysvětlit její pohnutou minulostí. V období před více než 4 miliardami let se Saturn a Jupiter dostaly do orbitální rezonance 1:2, což způsobilo ve Sluneční soustavě rozvrat. Mnoho menších těles bylo destabilizováno, výsledkem bylo tzv. Velké bombardování, při němž narušené roje komet a asteroidů vtrhly do vnitřní Sluneční soustavy a zasypaly povrchy kamenných planet doslova kobercovým náletem, jehož stopy lze dodnes vidět na Měsíci. Tato věřba musela zcela vyčistit i librační body Jupitera, asteroidy, které tam vidíme dnes, se tam dostaly až později. Lyra a kol. (2009) dokonce naznačuje, že v libračních bodech Jupiteru se mohlo zrodit embryo, z něhož se později stala planeta Saturn!

V soustavách, kde je jenom jedna obří planeta, nebo kde jsou dráhy obřů od

sebe dostatečně vzdáleny, mohla velká trojanská tělesa zůstat na svých místech a v některých případech dorůst do rozměrů, umožňujících obyvatelnost.

Podmínky na Trojanech, by se měly podobat těm panujícím na normálních planetách, s možnou výjimkou jejich složení, které by mohlo být odlišné. Vzhledem k tomu, že trojanská planeta by byla od "svého" obra velmi vzdálena (stejná vzdálenost jako od centrální hvězdy), neměla by vázanou rotaci a obr by byl i na její obloze poměrně nenápadný.

Závěr

Obyvatelné měsíce a trojanská tělesa, by mohla být v kosmu poměrně častým zjevem, i když zatím nevíme, jaké jsou jejich počty v porovnání s „typickými“ planetami na samostatné orbitě. Tato tělesa se mohou podobat Zemi, a to zejména v případě, že jsou hmotnější než 0,12 Me, mají silné vlastní magnetické pole a složení, odpovídající terestrické planetě. Obyvatelnost měsíců, může být komplikována dalšími faktory, zejména je to nestabilita oběžných drah, v případě blízkosti centrální hvězdy, možná existence horního limitu jejich hmotnosti a ohrožení jejich atmosfér radiačními pásy. Tyto vlivy se neuplatňují všude, proto v žádném případě nevyklučují existenci, Zemi podobných měsíců, mohou ale významně snižovat jejich četnost.

Dostatečně velký satelit, lokalizovaný v obyvatelné zóně, by mohl mít podmínky velmi podobné Zemi nebo obyvatelné planetě obecně, snad jen s výjimkou delšího denního cyklu, a mohl by být příznivým místem pro život.

Zdroje:

- Scharf, C. A.(2006): **The Potential for Tidally Heated Icy and Temperate Moons around Exoplanets**. The Astrophysical Journal, Volume 648, Issue 2, pp. 1196-1205.
- Barnes, J. W.; O'Brien, D. P.(2002): **Stability of Satellites around Close-in Extrasolar Giant Planets**. The Astrophysical Journal, Volume 575, Issue 2, pp. 1087-1093. (ApJ Homepage)
- Cassidy, Timothy A.; Mendez, Rolando; Arras, Phil; Johnson, Robert E.; Skrutskie, Michael F. (2009): **Massive Satellites of Close-In Gas Giant Exoplanets**. The Astrophysical Journal, Volume 704, Issue 2, pp. 1341-1348 (2009).
- Ward, William R.; Reid, Mark J.(1973): **Solar tidal friction and satellite loss**. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 164, p. 21 (1973)
- Canup, Robin M.; Ward, William R. (2006): **A common mass scaling for satellite systems of gaseous planets**. Nature, Volume 441, Issue 7095, pp. 834-839 (2006).

-
- Williams, D. M.; Kasting, J. F.; Wade, R. A.(1997): **Habitable Moons Around Extrasolar Giant Planets**. *Nature*. 1997 Jan 16;385(6613):234-6.
- Nordley, G. D.: **Surface Gravity and Interstellar Settlement**. Proceedings of Contact XII, Feb 1996.
- Léger, A.; Selsis, F.; Sotin, C.; Guillot, T.; Despois, D.; Mawet, D.; Ollivier, M.; Labèque, A.; Valette, C.; Brachet, F.; Chazelas, B.; Lammer, H. (2004): **A new family of planets? ``Ocean-Planets"**. *Icarus*, Volume 169, Issue 2, p. 499-504.
- Williams, D. M. (2003): Simulating the Gas-Assisted Capture of Earth-sized Moons around Extrasolar Giant Planets. American Astronomical Society, DPS meeting #35, #27.10; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 35, p.966
- Linda T. Elkins-Tanton, Sara Seager (2008): **Coreless Terrestrial Exoplanets**. *The Astrophysical Journal*, Volume 688, Issue 1, pp. 628-635.
- Kuchner, Marc J.; Seager, S. (2005): **Extrasolar Carbon Planets**. eprint arXiv:astro-ph/0504214.
- Jade C. Bond, Dante S. Laretta, David P. O'Brien (2010a): **The Diversity of Extrasolar Terrestrial Planets**. *Chemical Abundances in the Universe: Connecting First Stars to Planets*, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 265, p. 399-402.
- Bond, Jade C.; O'Brien, David P.; Laretta, Dante S. (2010b): **The Compositional Diversity of Extrasolar Terrestrial Planets. I. In Situ Simulations**. *The Astrophysical Journal*, Volume 715, Issue 2, pp. 1050-1070 (2010). (ApJ Homepage)
- Leslie Mullen: **Extrasolar Planets with Earth-like Orbits**. *Astrobiology Magazine*.
- Schwarz, Richard; Pilat-Lohinger, Elke; Dvorak, Rudolf; Érdi, Balint; Sándor, Zsolt (2005): **Trojans in Habitable Zones**. *Astrobiology*, Volume 5, Issue 5, pp. 579-586.
- Dvorak, R.; Pilat-Lohinger, E.; Schwarz, R.; Freistetter, F. (2004): **Extrasolar Trojan planets close to habitable zones**. *Astronomy and Astrophysics*, v.426, p.L37-L40 (2004)
- Schwarz, R.; Dvorak, R.; Pilat Lohinger, E.; Süli, Á.; Érdi, B. (2007): **Trojan planets in HD 108874?** *Astronomy and Astrophysics*, Volume 462, Issue 3, February II 2007, pp.1165-1170
- Lyra, W.; Johansen, A.; Klahr, H.; Piskunov, N. (2009): **Standing on the shoulders of giants. Trojan Earths and vortex trapping in low mass self-gravitating protoplanetary disks of gas and solids**. *Astronomy and Astrophysics*, Volume 493, Issue 3, 2009, pp.1125-1139 (A&A Homepage)

Robert Roy Britt: Shadow Moons: [The Unknown Sub-Worlds that Might Harbor Life](#). Space.com

Andrew J. LePage: [Habitable Moons. What does it take for a moon — or any world — to support life?](#) skyandtelescope.com

.....

Sen o přímém spektru exoplanety se rozplývá

Rozlité šampaňské z novoročních oslav ještě nestihlo pořádně zaschnout, když letos astronomové z Evropské jižní observatoře (ESO) hrdě oznamovali, že získali spektrum exoplanety HR 8799 c. Na tom by samo o sobě nebylo nic zvláštního, neboť za poslední léta se podařilo spektrálně "očenichat" už nejednu oběžnici cizí hvězdy. Až do ledna letošního roku, však úspěchy v této oblasti držela tranzitní fotometrie. Jinými slovy, spektrum exoplanet se dařilo pozorovat pouze nepřímo. Astronomům z ESO, se však povedlo pozorovat spektrum exoplanety přímo a tak alespoň na okamžik, v jednom případě, zabrnkali na struny libezné hudby budoucnosti.

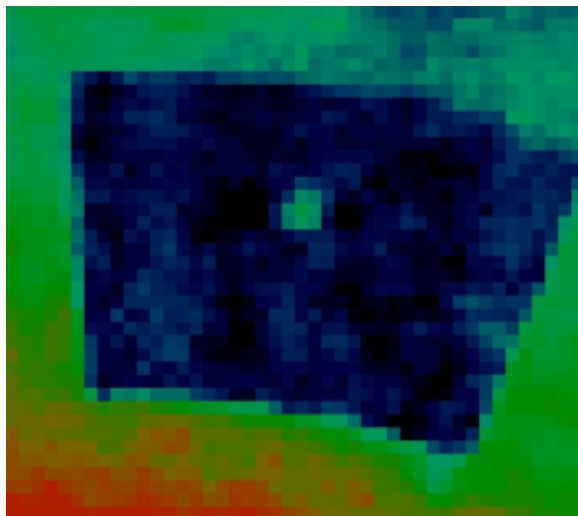
Tehdejším úlovkem byla exoplaneta HR 8799 c, která byla objevena společně se dvěma bráškami, přímým zobrazením v roce 2008.

Mateřská hvězda HR 8799 má hmotnost asi 1,5 Slunce. Její stáří se odhaduje na 60 milionů let a je obklopena prachovým diskem. Hvězda HR 8799 se nachází ve vzdálenosti 130 světelných let, v souhvězdí Pegase a na obloze ji uvidíte už menším dalekohledem.

Okolo hvězdy obíhají tři exoplanety o hmotnosti asi 7., 10. a 10. Jupiterů. Zatímco evropští astronomové prozkoumali exoplanetu HR 8799 c, američtí kolegové si nyní vzali na paškál méně hmotnou HR 8799 b.

Jednou z velkých nevýhod přímého zobrazení je fakt, že touto metodou lze zatím jen odhadnout klíčové, fyzikální parametry exoplanety. Hmotnost exoplanety HR 8799 b, se tak pohybuje mezi 5. až 11. Jupitery. Na exoplanetu se nyní zaměřil desetimetrový, havajský dalekohled Keck. Během poměrně dlouhých pozorovacích seancí, byla v plném provozu adaptivní optika, která teleskopu pomáhá minimalizovat vliv atmosféry. Spektrograf OSIRIS, který je ve výzbroji tohoto dalekohledu, získal spektrum exoplanety HR 8799 b. Podle výsledků se zdá, že atmosféra je poměrně bohatá na oblačnost a naopak chudá na metan. Teplota atmosféry byla odhadnuta, na přibližně 1 000°C. Na podobné

hodnoty, v případě exoplanet, jsme si sice v poslední době zvykli, ale vždy spíše u horkých Jupiterů, kteří jsou rozpálení, díky malé vzdálenosti od mateřské hvězdy. HR 8799 b, není ale rozhodně horkým Jupiterem, vždyť okolo svého slunce, obíhá ve vzdálenosti 68 AU, s oběžnou dobou 466 let!

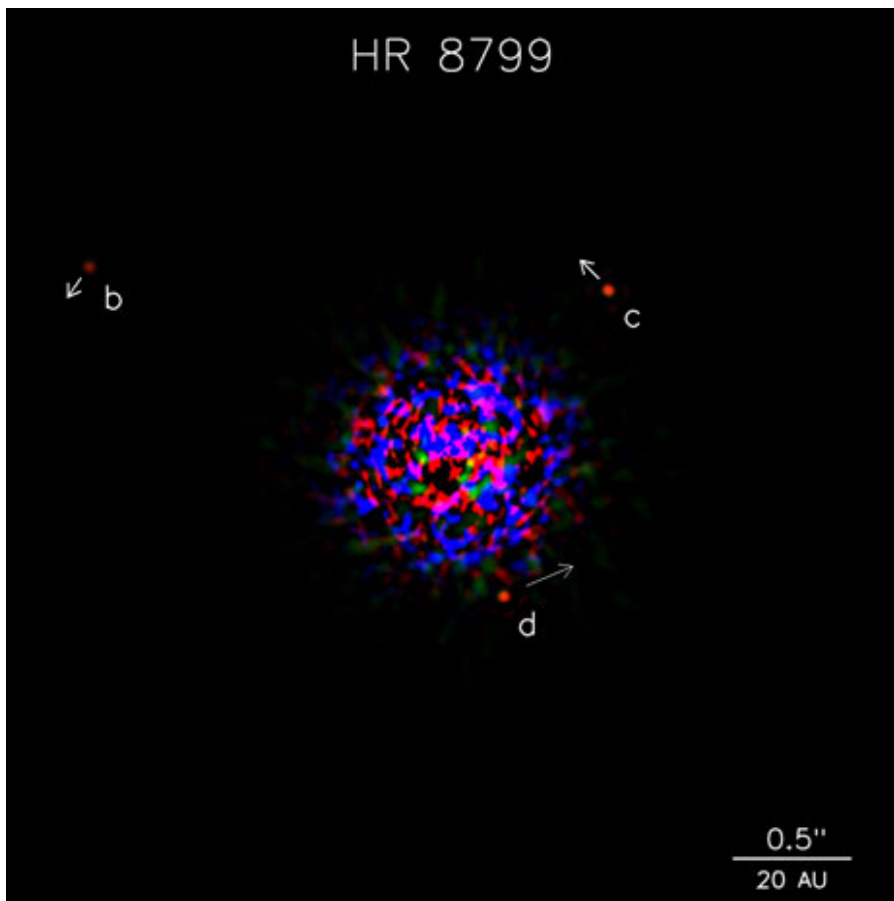


Obr. 15 Exoplaneta (?) HR 8799 b na snímku z Keckova dalekohledu na Havaji. Credit: Brendan Bowler and Michael Liu, IfA/Hawaii

Astronomové přiznávají, že HR 8799 b příliš nezapadá do běžných teoretických modelů, pro obří plynné planety. Dle teorie, by se měla teplota atmosféry pohybovat okolo 600°C.

Tak trochu potichu, vyšel koncem srpna článek, pohrávající si s myšlenkou, že HR 8799 nemusí být exoplanetou ale hnědým trpaslíkem. Tato možnost musela nutně napadnout každého, už v době objevu „planetární soustavy“, při pohledu na hmotnosti všech třech „objektů“, které až příliš vášnivě koketují s hranicí 13. Jupiterů, obecně považovanou za předěl, mezi planetami a hnědými trpaslíky.

Stejně jako HR 8799 b, vykazovala nesrovnalosti ve spektru i její kolegyně HR 8799 c, při pozorování dalekohledem VLT, Evropské jižní observatoře. Zůstává tak otázkou, zda máme před sebou zajímavý planetární systém nebo hvězdu se třemi „zamaskovanými“ hnědými trpaslíky.



Obr.16 Tři možné exoplanety u hvězdy HR 8799. Šipky udávají, o kolik se exoplanety pohnou na své dráze za 4 roky.

Zdroje:

http://keckobservatory.org/news/spectrum_of_young_extrasolar_planet_yields_surprising_results1/

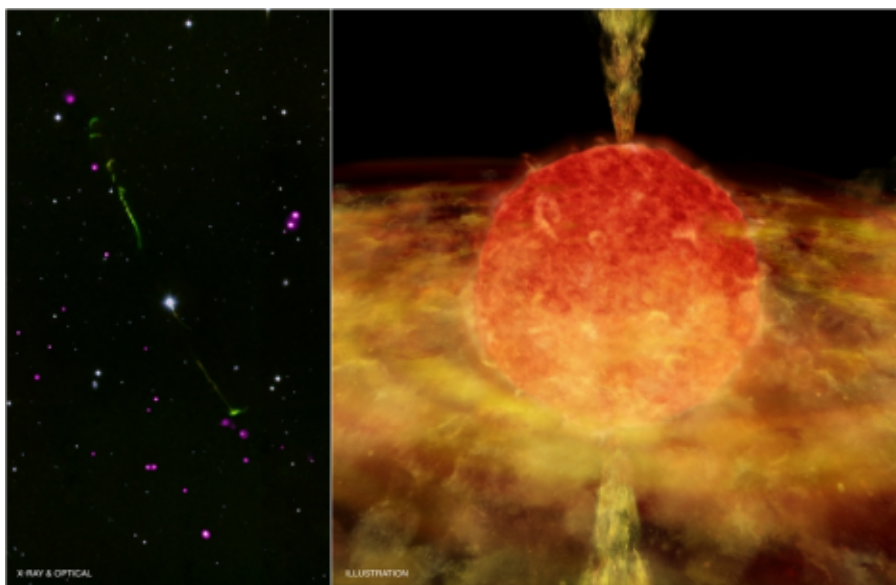
<http://arxiv.org/abs/1008.5021>

<http://arxiv.org/abs/1008.4582>

Planetožravá hvězda aneb babička s dudlíkem

Astronomové mají už nějaký ten pátek v hledáčku velmi zajímavou hvězdu, v souhvězdí Ryb. BP Psc se tváří jako mladá hvězda. V jejím okolí byl nalezen prachový disk a zaznamenány byly i jety, což jsou vlastnosti typické pro mladou hvězdu, u které se zrovna rodí planetární systém. Ženy si často ubírají léta ze svého věku, avšak BP Psc to opravdu přehnala.

BP Psc není žádnou mladou hvězdou, ale právě naopak! Jedná se o jedno ze závěrečných stádií ve vývoji hvězdy, o hmotnosti Slunce. Také naše mateřská hvězda, se jednoho dne stane rudým obrem. Zatímco hmotnost zůstane stejná, poloměr se zvětší mnohonásobně. Ohnivou náruč Slunce, tak nebudou mít šanci přežít vnitřní planety.



Obr.17 Vlevo: hvězda BP Psc a její okolí v rentgenové části spektra (purpurová barva) z kosmického dalekohledu Chandra a ve viditelné části spektra z 3 m dalekohledu na Lick Observatory (modrá, oranžová a zelená barva). Velmi pěkně jsou vidět zelené jety, jinak typické pro mladé hvězdy. Vpravo: hvězda BP Psc v souhvězdí Ryb v představách malíře. Credit: X-ray (NASA/CXC/RIT/J.Kastner et al), Optical (UCO/Lick/STScI/M.Perrin et al); Illustration: NASA/CXC/M.Weiss

Na to, že BP Psc není mladou hvězdou, ale rudým obrem, ukázaly některé indicie. V jejím okolí nebyly nalezeny žádné jiné hvězdné omladiny a ani žádný oblak, ze kterého nové hvězdy vznikají. V atmosféře hvězdy bylo objeveno jen nepatrné množství lithia, což je typické pro starší hvězdy. Definitivní ortel nyní vyřkl kosmický dalekohled Chandra.

Jedna ze tří velkých kosmických observatoří NASA (Hubblův dalekohled, Spitzer, Chandra), pracuje ve vesmíru už 11 let. Chandra se zabývá výzkumem vesmíru, v oblasti rentgenového záření. Mladé hvězdy obvykle vyzařují poměrně velké množství rentgenového záření, což ovšem podle Chandry není případ hvězdy BP Psc.

Kde se však vzal zmíněný disk prachu? Možná vás to už napadlo a máte pravdu. Jedná se zřejmě o trosky bývalých planet. Hvězda bude ve stádiu rudého obra ještě nějakou tu miliardu let, než odhodí plynnou obálku a stane se bílým trpaslíkem. Na svět se proto dere zálučná otázka. Nemohly by se z prachového disku zformovat nové exoplanety? Odpověď zní ano a kosmický dalekohled Spitzer možná nedávno našel důkazy o existenci takové exoplanety „druhé generace“, u hvězdy BP Psc.

Zdroje:

<http://www.spaceref.com/news/viewpr.html?pid=31608>

<http://chandra.harvard.edu/photo/2010/bppsc/>

.....

Exoplanety z druhého břehu I.: 83 900 Zemí a příliš vysoká teplota

V časopise Gliese obvykle píšeme o nově objevených exoplanetách, případně velmi nadějných kandidátech, jejichž potvrzení je pouze otázkou času. V astronomických kuloárech a vědeckých člancích, určených spíše odborné veřejnosti, se však potulují exoplanetární duchové. Objekty, které by mohly být exoplanetami, ale na své potvrzení už hodně dlouhou čekají a dost možná se ho nedočkají nikdy. Kromě toho, zde máme velmi zajímavé příběhy z objevů těles, které se postupem času ukázaly jako falešné exoplanety. Rozhodli jsme se čas od času, po vzoru Foxe Muldera, otevřít zaprášené archívy a povyprávět příběhy nepotvrzených kandidátů na exoplanety...

Možná si na to ještě pamatujete. V lednu letošního roku zveřejnil tým Keple-

ra objev prvních 5. exoplanet a dvou zvláštních objektů, které sice měly poloměr srovnatelný s ostatními exoplanetami, avšak jejich povrchová teplota byla příliš vysoká, dokonce vyšší než teplota samotných mateřských hvězd!

Tým Keplera si na seznam potenciálních exoplanet napíše každý případ, kdy pokles jasnosti hvězdy může odpovídat přítomnosti objektu, do poloměru asi 2. Jupiterů. Taková situace (resp. hvězda či případný tranzitující objekt) je označen jako „Objekt Keplerova zájmu“ neboli hezky zkráceně a anglicky „KOI“. Počátkem ledna, vzbudily pozdvižení dva velmi horké objekty „planetární velikosti“. Jedním z těch dvou byl KOI-74 b.

Poloměr objektu byl odhadnut na 0,4 Jupiteru, což ho zcela logicky zařadilo na seznam Objektů Keplerova zájmu. Astronomové ovšem překvapila příliš vysoká teplota tělesa, která byla odhadnuta na 12 500 K, což je pro představu asi dvojnásobek povrchové teploty Slunce. Tato teplota je dokonce vyšší, než povrchová teplota samotné mateřské hvězdy (9 400 K). Je pravdou, že „kandidát na exoplanetu“, obíhá poměrně blízko svému slunci, s dobou oběhu jen 5,1 dne. U horkých Jupiterů jsme si na poněkud vyšší teploty zvykli, ale 12 500 K je moc i na otrlé lovce cizích světů. Dle propočtu, by malá vzdálenost od hvězdy mohla případnou exoplanetu v těchto končinách, rozpálit na maximálně 2 300 K, což je o více než 10 000 K méně, než je pozorovaná realita.

Na základě pozorování Keplera, se podařilo odhadnout hmotnost tělesa na 20 až 100 Jupiterů, což by ho přesunulo z katalogu exoplanet spíše na seznam hnědých trpaslíků, kteří mají obvykle hmotnost v desítkách násobku Jupiteru. Jenomže vysoká povrchová teplota rozhodně pro hnědé trpaslíky není typická, spíše naopak.

Uvažovat se proto začalo o bílém trpaslíkovi. Také naše Slunce se po odhození plynové obálky, stane za miliardy let bílým trpaslíkem – hmotnou, ale velmi malou hvězdou. Bílí trpaslíci mají hmotnost až 1,4 Sluncí, ale poloměr v řádu spíše tisíců kilometrů. KOI-74 b má podle pozorování Keplera poloměr asi 0,4 Jupiteru neboli 4,5 Země, což je na bílého trpaslíka přece jen hodně.

Spektroskopická pozorování ze spektrografu SOPHIE, který je instalován na 1,93 m velkém dalekohledu, francouzské observatoře Haute-Provence naznačují, že KOI-74 b, bude přece jen bílým trpaslíkem. Původní odhady hmotnosti, získané tranzitní metodou z dalekohledu Kepler, se ukázaly jako příliš optimistické. Spektrograf SOPHIE ukázal, že KOI-74 b, má hmotnost asi 0,2 Slunce neboli 264 Jupiterů či 83 900 Zemí.

Mateřskou hvězdou nebo v tomto případě spíše hlavní složkou, je hvězda spektrální třídy A1V, o hmotnosti 2,2 a poloměru 1,9 Sluncí. Hvězdu najdeme v souhvězdí Labutě, ve vzdálenosti asi 1 000 pc (3 200 světelných let). Je velmi pravděpodobné, že bílý trpaslík „krade“ materiál svému většímu společníkovi,

čímž postupně narůstá hmotnost bílého trpaslíka. Podobné extravagantní hvězdné páry, nejsou pro astronomy ničím překvapujícím. Bílému trpaslíku jen přejme, aby při svém kradení, nepřekročil kritickou mez 1,44 Slunce...v tom případě by v souhvězdí Labutě vzplála supernova.

KOI-74 b základní údaje:

Hmotnost: 0,2 Slunce
Poloměr: 0,4 Jupiteru
Oběžná doba: 5,18 dní
Velká poloosa: 0,074 AU

Zdroje:

<http://arxiv.org/abs/1009.1873>
<http://arxiv.org/abs/1001.3420>
<http://exoplanet.eu/planet.php?p1=KOI-74&p2=b>

Exoplaneta s kometárními manýry a žárlivý Hubblův dalekohled

V minulém čísle jsme vás informovali o novém výzkumu, slavné exoplanety HD 209458 b. Dalekohled VLT, Evropské jižní observatoře, si na své konto připsal hned několik historických milníků, když se mu podařilo odhadnout rychlost proudění v atmosféře planety, až na 10 000 km/h a také upřesnit hmotnost exoplanety i mateřské hvězdy, na základě znalosti oběžné rychlosti. Legendární Hubblův kosmický dalekohled trochu zažárlil a bratru rychle srovnal skóre.

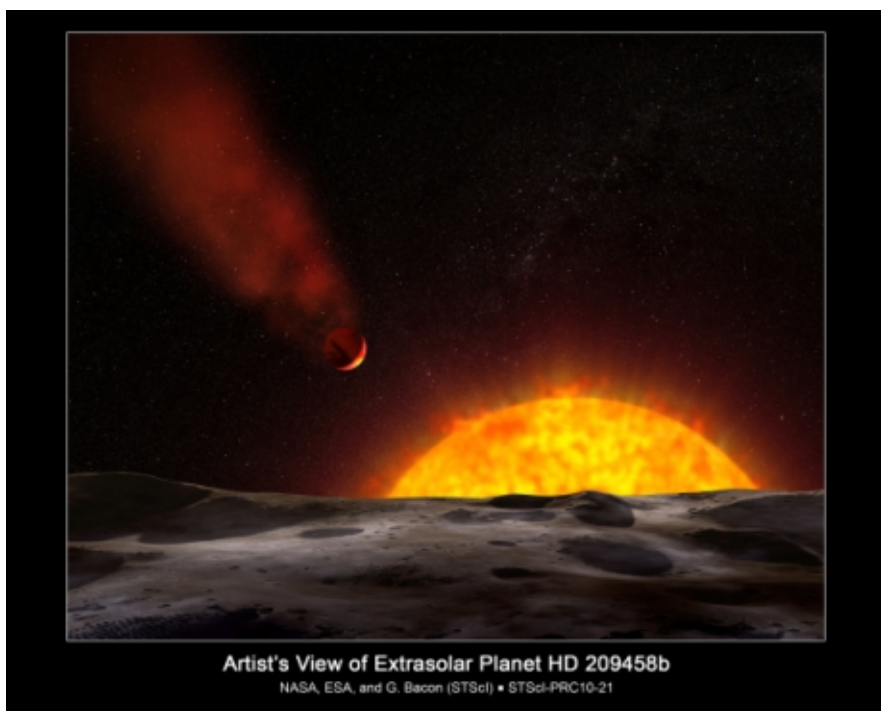
Exoplaneta HD 209458 b, si upevňuje neoficiální statut nejprozkoumanější planety, mimo Sluneční soustavu. V roce 1999, se zapsala do dějin astronomie jako první exoplaneta, u které byly pozorovány tranzity. Od té doby vyšlo o tomto bizarním světě více než 360 vědeckých prací. Exoplanetu HD 209458 b od roku 2003, již několikrát prozkoumal Hubblův kosmický dalekohled i jeho největší pozemští kolegové.

HD 209458 b, dosahuje hmotnosti asi 65% Jupitera, její průměr je však o 35% větší. Za nafouknutím exoplanety, je blízka vzdálenost od mateřské hvězdy. Exoplaneta okolo svého slunce obíhá s periodou jen 3,5 dne.

Podle dřívějších výzkumů, má HD 209458 b, naordinovanou přísnou dietu.

Její atmosféra se postupně vypařuje, takže exoplaneta ztrácí každou sekundu tisíce tun materiálu. Kromě toho má vázanou rotaci a je tedy ke své mateřské hvězdě nakloněna stále stejnou stranou. Zatímco na „denní“ straně je atmosféra rozžhavená na teplotu až 1 000°C, na „noční“ straně je výrazně nižší. Velký teplotní rozdíl mezi denní a noční stranou, se planeta snaží vykompenzovat velmi silným větrem. Podle nedávné studie, fouká vítr rychlostí až 10 000 km/h.

Spektrograf COS, na Hubblově kosmickém dalekohledu, nyní zjistil další, zajímavý údaj. Podařilo se mu odhadnout, že plyny z exoplanety, unikají rychlostí až 35 000 km/h! Za planetou se tvoří obří chvost unikajícího materiálu, takže HD 209458 b, připomíná spíše přerostlou kometu. Kdybychom se mohli na tento zajímavý svět podívat z blízka, byl by to nepochybně úchvatný pohled.



Obr.18 HD 209458 b v představách malíře.

Přístroj COS také zjistil, že unikající materiál, je z velké části tvořen uhlíkem a křemíkem. Díky vysoké teplotě atmosféry, tak planeta doslova krvácí a do kosmického prostoru se dostávají prvky, které jsou jinak hlouběji než lehčí vodík.

Spektrograf COS (Cosmic Origins Spectrograph) byl na Hubbleův kosmický dalekohled instalován v květnu 2009, během definitivně poslední servisní mise raketoplánu Atlantis (STS-125). Přístroj pracuje v oblasti ultrafialového záření. Na svém kontě má už i výzkum exoplanety WASP-12 b (viz článek).

Zdroj:

<http://www.universetoday.com/2010/07/15/hubble-confirms-comet-like-tail-on-vaporizing-planet/>

.....

Planetární hřbitov, křišťálová koule a exoplanety

Jedním ze současných fenoménů exoplanetárního výzkumu, je tranzitní fotometrie. Přejechy planet před hvězdou, pozorují amatérští astronomové i kosmické dalekohledy Corot a Kepler. Tranzitní fotometrie, nám má v nejbližších letech naservírovat objevy exoplanet o velikosti Země, na jejichž povrchu se může nacházet život. V nepříliš vzdálené budoucnosti, nám stejná metoda umožní studium atmosfér, těchto možných ostrovů života. Britsko-americký tým si ale položil otázku přesně opačnou. Může nám tranzitní metoda pomoci nahlédnout pod pokličku planetárních hřbitovů?

Pokles jasnosti hvězdy (hloubka tranzitu) během tranzitu exoplanety závisí na poloměru hvězdy (R^*) a planety (R_p) dle vztahu:

$$(R_p / R^*)^2$$

Pokud bychom z nějaké vzdálené exoplanety, pozorovali tranzity planet Sluneční soustavy, pak by Jupiter způsobil pokles jasnosti Slunce asi o 1%, Země jen o 0,0084%. Díky výše popsanému vztahu, se tranzitní fotometrií zatím daří objevovat především velké exoplanety u menších hvězd (červení trpaslíci). Nejmenší známou tranzitující exoplanetou, která byla objevena ze Země, je GJ 1214 b, jejíž poloměr je 0,24 Jupiteru. Mateřskou hvězdou, je v tomto případě červený trpaslík o velikosti 0,21 Slunce.

Čistě teoreticky by mělo být nejsnadnější objevení objektů, které obíhají okolo bílých trpaslíků. Tyto hvězdy mají standardně hmotnost srovnatelnou se Sluncem, ale velikost jako Země. V okolí bílých trpaslíků, však rozhodně žádné exoplanety, s podmínkami k životu hledat nemůžeme.

Čas běží neúprosně vpřed a nic netrvá věčně – lidský život, tento web a ani

Sluneční soustava. Za nějakých 4 až 5 miliard let, se naše Slunce začne zvětšovat. V ohnivě náručí rudého obra zanikne Merkur, Venuše i Země. Jakmile Slunce odhodí svou plynnou obálku, zůstane na jeho místě pomalu chladnoucí bílý trpaslík.

Podobné planetární hřbitovy, jsme již dříve našli v okolním vesmíru. Vnitřní planety jsou vždy sežehnuty a rozdraceny rudým obrem, avšak ani vnější planety nečeká růžová budoucnost. Hmota mateřské hvězdy, v důsledku odhození plynné obálky, poklesne řádově o polovinu, což má na dynamiku planetárního systému zásadní vliv. Jaký? To je dobrá otázka, na kterou však zatím astronomie nezná odpověď. Podle určitých simulací, by některé vnější planety mohly být „odsunuty“ ještě dál, od své umírající mateřské hvězdy nebo dokonce ze systému úplně vyhozeny. Na druhou stranu, by minimálně jedna planeta mohla být vymrštna, směrem k bílému trpaslíku. Pokud by se tato planeta (či větší planetka) dostala příliš blízko, mohly by ji rozdrtit slapové síly bílého trpaslíka. Tato teorie už byla částečně potvrzena praxí, neboť se v okolí některých bílých trpaslíků podařilo objevit prachový disk.

Dobrým příkladem je bílý trpaslík GD 362, který nalezneme ve vzdálenosti 150 světelných let od Země. Už v roce 2004 odhalila spektroskopická pozorování v okolí této hvězdy, neobvykle vysokou koncentraci těžkých prvků. Podle teorie je jejich původcem planetka o velikosti asi 200 kilometrů, kterou kdysi bílý trpaslík rozdrtil slapovými silami. Je docela možné, že onou planetkou bylo sežehnuté jádro dávné planety, o velikosti Země.

Vraťme se zpět k matematickému vztahu ze začátku článku a doplníme jej o informaci, že poloměr bílého trpaslíka, je srovnatelný se Zemí. Pokud by okolo bílého trpaslíka obíhala planeta o velikosti Jupiteru, zastínila by ho úplně (pokles jasnosti 100%). Existence plynné obří planety je však značně nepravděpodobná, s ohledem na minulost planetárního systému.

Americko-britský tým si však položil jinou otázku: mohli bychom nalézt v okolí bílého trpaslíka planetky (tělesa o velikosti řádově v desítkách kilometrů)? Mohli bychom nalézt těleso, jehož trosky byly objeveny v atmosféře bílého trpaslíka GD 362? Odpověď zní ano. Tým sestavil simulace pro projekt SuperWASP, který hledá exoplanety tranzitní metodou. Projekt SuperWASP (Wide Angle Search for Planets) disponuje 8. automatickými kamerami, které jsou umístěny na Roque de los Muchachos (Kanárské ostrovy) a na South African Astronomical Observatory (JAR). Z výsledků sice žádná „exoplanetka“ nevypadla, ale dostali jsme alespoň konstatování, že některé jiné projekty by mohly být úspěšné. Pozornost vědců se uchyluje k dalekohledu Kepler, který poskytne velký objem značně kvalitních dat.

V nejbližší době bychom tak mohli nalézt v okolí cizích hvězd tělesa o ve-

likosti jen několika desítek kilometrů. Tato tělesa by mohla mít dva základní původy: buď by se jednalo o planetku, která byla po odhození plynné obálky rudého obra, vymrštěná směrem do vnitřních částí planetárního systému, nebo by se mohlo jednat o sežehnutý pozůstatek, kdysi majestátné planety.

Zdroj:

http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1008/1008.1089v1.pdf

.....

Výzkum exoplanet, jednou z priorit americké astronomie?

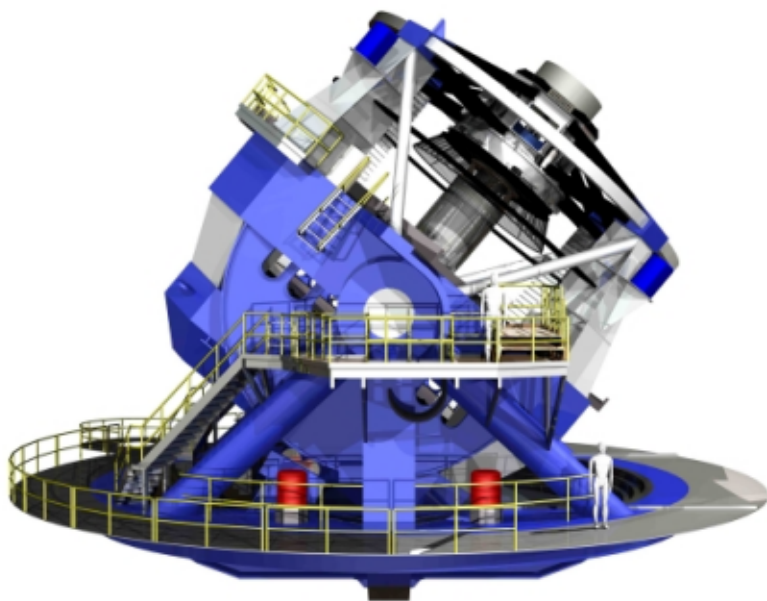
Národní vědecká nadace (NSF) stanovila priority americké astronomie a kosmického výzkumu pro nadcházející dekádu. Na první pohled bychom měli mít radost, kromě temné energie, jsou hlavní prioritou exoplanety. Při druhém pohledu je však situace už horší.

Temná energie a exoplanety. To by měly být hlavní priority amerického výzkumu vesmíru v příštích letech. Realita je však v případě exoplanet spíše pochmurná. NASA hodlá postavit kosmický dalekohled WFIRST (Wide Field Infrared Survey Telescope), který by měl pracovat v libračním centru L2, mít průměr zrcadla 1,5 m a stát až 1,6 miliard dolarů. Jeho úkolem bude výzkum vesmíru v infračervené části spektra. Pokud sledujete dění v kosmonautice podrobněji, možná vám prolétla hlavou myšlenka, že zde něco nehraje. Stejně zadání i podobné parametry má mít dalekohled JWST, jehož start se očekává někdy okolo roku 2014. Ano, máte pravdu. JWST se však zaměří především na výzkum vzdáleného vesmíru a konkrétních objektů, zatímco WFIRST má poskytnout více „širokouhlý“ pohled na oblohu. Jeho úkolem bude hledání projevů skryté energie. Zaměřit se má hlavně na slabé gravitační čočky, jejichž existenci předpověděla obecná teorie relativity. Světlo vzdálených galaxií, je podle předpokladů deformováno skrytou energií. Pozorovat tzv. slabé čočkování, je ale velmi náročné na přesnost a množství dat. Astronomové potřebují pozorovat po dlouhou dobu velké množství galaxií, širokouhlým infračerveným dalekohledem.

Podobný princip (jen s jinými herci) se dnes využívá k objevování exoplanet. Světlo vzdálené hvězdy je zesíleno průchodem v těsné blízkosti bližší hvězdy, která působí svou gravitací a zakřivuje okolní prostor. Pokud okolo bližší hvězdy obíhá planeta, projeví se to na změně jasnosti vzdálené hvězdy, jako sekundární krátkodobé zjasnění, vyvolané gravitací planety. Největší úspěchy v této oblasti, dosahuje polský projekt OGLE.

Jedním z produktů výzkumu dalekohledu WFIRST, mají být právě objevy exoplanet pomocí mikroček. Pokud se však těšíte na desítky exoplanet zemského typu, se kterými pak budeme moci dále pracovat, musíme vás zklamat. Postavení všech zúčastněných těles při „mikročočkové události“, trvá maximálně dny a je prakticky neopakovatelné. Budeme tak moci objevit i velmi malé exoplanety, které se nacházejí i stovky světelných let od nás, avšak uvidíme je poprvé a asi i naposled. Jediným a poměrně důležitým aspektem podobného výzkumu je statistika. Kvalitní sběr dat a pozorování mnoha gravitačních mikroček, nám může pomoci odhadnout počet různých typů exoplanet v Galaxii.

Myšlenka skloubit výzkum skryté energie a exoplanet není nová. Na stejném principu má být postavena mise dalekohledu Euclid, o kterém jsme psali v Gliese 1/2010.



Obr.19 Dalekohled LSST. Credit: LSST Corporation

Euclid je evropský projekt a vědci ze starého kontinentu, očekávali nějaký podíl svých amerických kolegů. Národní vědecká nadace však vyzývá, aby Spo-

jené státy hrály v projektu vedoucí úlohu. Jinými slovy si USA postavily hlavu a připravují téměř shodný, ale „vlastní“ projekt. Očekává se spolupráce mezi oběma dalekohledy, jejichž start je naplánován na období okolo roku 2020.

Hledání exoplanet, pomoci gravitačních mikročoček, má nepochybně smysl. Osobně bych však viděl raději konkrétní a stabilní plán, na stavbu kosmického dalekohledu, který by hledal exoplanety například tranzitní metodou jako Kepler a na jehož práci by navázal kolega, s cílem zkoumat atmosféry objevených exoplanet. Podobné projekty samozřejmě existují, jsou ale neustále odkládány, slučovány a rušeny. Trend současné a zřejmě i budoucí kosmonautiky udává dva směry: stavbu velkých kosmických dalekohledů, které mají obecnější zaměření nebo naopak malé, levné a efektivní projekty. Otázkou pak zůstává, jakou roli v “obecném rozvržení” projektu mají exoplanety a s čím jsou kombinovány. Současný dalekohled Kepler, vypadá na první pohled jako projekt, zaměřený pouze na hledání exoplanet. Realita je však taková, že data z Keplera se využívají ke studiu hvězdné seismologie, zákrytových dvojhvězd apod.

Další prioritou americké astronomie má být dalekohled LSST (Large Synoptic Survey Telescope) v Chile. Dalekohled o průměru primárního zrcadla 8,4 m, bude schopen prozkoumat celou oblohu za pouhé tři noci. LSST bude po dokončení, okolo roku 2015, chrlit TB dat každou noc.

Spojené státy také nutně reagují na plány Evropy, která buduje dalekohled EELT o průměru 42 metrů. Jeho americká konkurence, má vyrůst na Havaji nebo v Chile. V prvním případě by se jednalo o dalekohled Thirty-Meter Telescope, v hodnotě 1,4 miliard dolarů, ve druhém případě o Giant Magellan Telescope, za 1,1 miliard dolarů. Který z projektů dostane zelenou, ukáže až čas.

Zdroje:

<http://www.nature.com/news/2010/100813/full/news.2010.410.html>

http://www.msnbc.msn.com/id/38692359/ns/technology_and_science-space/

Dvě slunce a kosmické karamboly

Jedním z velkých témat v exoplanetárních kuloárech, jsou dvojhvězdy. Mohou existovat exoplanety u dvou sluncí? A jak se takové planetární soustavy chovají? Na první otázku dnes už dokáže astronomie odpovědět kladně, nad tou druhou se však vznášejí otazníky.

Kosmický dalekohled Spitzer, už má sice sucho v hrdle, tedy přesněji řečeno v nádrži s chladicí kapalinou, stále však může provádět obstojná pozorování, ve vybraných vlnových délkách. Jeremy Drake a jeho tým, využili veterána infračervené astronomie k průzkumu dvojhvězdy RS CVns. Dvě složky obíhají okolo společného těžiště, ve vzdálenosti pouhých 3,2 milionů kilometrů, což je pro představu asi 8x vzdálenost Měsíce od Země.

Astronomové se již delší dobou zabývají otázkou dynamiky případných planetárních soustav u dvojhvězd. To, že se nejedná pouze o sci-fi, dnes již bezpečně víme. V roce 2008 se podařilo u dvojhvězdy HW Vir objevit dvě exoplanety (respektive exoplanetu a zřejmého hnědého trpaslíka) o hmotnosti 8,8 a 19,2 Jupiterů.

Exoplanety u dvojhvězdy RS CVns takové štěstí neměly. Spitzer našel v okolí dvojhvězdy velké množství prachu. Vzhledem ke stáří dvojhvězdy (řádově miliardy let) je vyloučeno, že by se zde horký prach nacházel od počátku. Mladé hvězdy, krátce po svém vzniku, odfouknou materiál ze svého okolí, takže prach u RS CVns, musel vzniknout mnohem později. Pravděpodobně se jedná o trosky dávných planet, které se srazily. Zdejší planetární systém tak příliš stabilní nebyl.

Zdroj:

<http://www.universetoday.com/71934/tight-binaries-are-%E2%80%98death-stars%E2%80%99-for-planets/>

.....

Zatmění Měsíce a hledání obyvatelných exoplanet

V roce 2001 se astronomům podařilo vůbec poprvé v historii prozkoumat atmosféru planety mimo Sluneční soustavu. V atmosféře již legendární HD 209458 b, která se nachází ve vzdálenosti 150 světelných let od nás, byly odhaleny molekuly sodíku. Na tento úspěch navázaly později i další pozemské a kosmické dalekohledy. Vytouženou metou je pochopitelně výzkum atmosfér exoplanet, na jejichž povrchu se může nacházet život. Co přesně však máme hledat? Klíčem může být zatmění Měsíce.

V případě několika exoplanet, se již podařilo zjistit chemické složení jejich atmosfér. Tato možnost se nabízí u tranzitujících exoplanet. Astronomové využívají dva základní způsoby:

Získá se spektrum hvězdy v okamžiku, kdy se exoplaneta nachází před hvězdou a následně ve chvíli, kdy je ukrytá za svým sluncem. Obě spektra se „odečtou“, čímž obdržíme spektrum samotné exoplanety.

Spektrum se získá okolo začátku nebo konce tranzitu, kdy světlo hvězdy prochází atmosférou planety. Ve spektru hvězdy nalezneme „otisky prstů“ atmosféry planetárního světa.

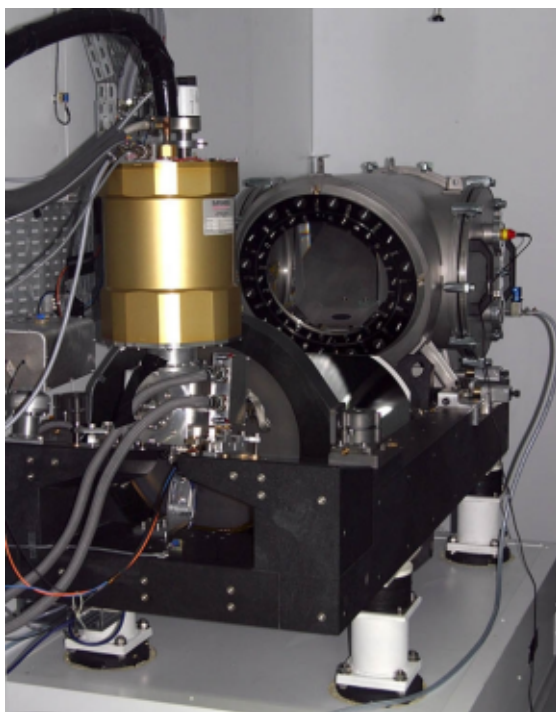


Obr. 20 1,93 m velký dalekohled na Observatoři Haute Provence, pomoci kterého se v roce 1995 podařilo objevit první exoplanetu u hvězdy hlavní posloupnosti. Dnes je na něm instalován spektrograf SOPHIE. Credit: Observatoire de Haute Provence

Třetí možností je získání spektra exoplanety, kterou pozorujeme přímým zobrazením.

Vytouženým cílem je pochopitelně prozkoumat atmosféru exoplanety zemského typu, na jejímž povrchu se může nacházet život. Problémem číslo jedna je fakt, že podobné exoplanety jsme dosud nenašli, ačkoliv kosmický dalekohled Kepler i jeho pozemští kolegové se o to intenzivně snaží. Všechny exoplanety, u kterých se dosud podařilo atmosféru zkoumat, jsou obří plynné světy. „Prohledat“ atmosféru exoplanety jako je Země bude nesmírně obtížné, nejen díky malým rozměrům samotného tělesa, ale především díky malé tloušťce atmosféry, v řádu několika desítek kilometrů.

Když už nemohou astronomové pátrat po molekulách v atmosférách vzdálených příbuzných naší Země, hodlají se na budoucí příležitosti alespoň dobře připravit. Klíčovou otázkou zůstává, co přesně máme ve spektru exoplanet zemského typu hledat. Vodítkem může být naše Země, neboť na jejím povrchu se podmínky k životu prokazatelně nacházejí.



Obr.21 Spektrograf SOPHIE, Credit: Observatoire de Haute Provence

V roce 2009 zveřejnili vědci z Kanárského astrofyzikálního institutu, výsledky pozorování úplného zatmění Měsíce, pomoci dalekohledů William Herschel Telescope (WHT) a Nordic Optical Telescope (NOT). Astronomové získali spektrum zemské atmosféry, při úplném zatmění Měsíce. Pokud jste někdy tento úkaz pozorovali, mohli jste si povšimnout, že Měsíc z oblohy nezmizí, ale dostává načervenalou až nahnědlou barvu. Za vším je atmosféra Země, která rozptyluje sluneční paprsky. Pozorováním těchto rozptýlených paprsků, které se odrážejí na povrchu Měsíce, můžeme zkoumat zemskou atmosféru.

Podobný kousek si během částečného zatmění Měsíce v roce 2008 vyzkoušeli také francouzští astronomové. Těm se podařilo pomoci spektrografu SOPHIE odhalit stopy ozónu, kyslíku, dusíku a sodíku a to dokonce navzdory poměrně špatným pozorovacím podmínkám. Výsledky, představené nyní v časopise *Astronomy & Astrophysics*, mohou v budoucnu pomoci při výzkumu atmosfér exoplanet zemského typu.

Spektrogram SOPHIE je mimochodem instalován na 1,93. m dalekohledu observatoře ve francouzské Haute Provence. Stejným dalekohledem, objevili v roce 1995 Michel Mayor a Didier Queloz, první exoplanetu u hvězdy hlavní posloupnosti (51 Peg b). V té době byl na dalekohledu spektrograf ELODIE, kterého po 13 letech nahradil v srpnu 2006 zmíněný přístroj SOPHIE.

Zdroj:

<http://www.obs-hp.fr/guide/t193.shtml>

.....

Nafouknuté exoplanety, které se vysmály teoriím

Teorie o vzniku a vývoji planet byly do 90. let minulého století založeny téměř výhradně na znalostech Sluneční soustavy. Vesmír je však mnohem pestřejší a vynalézavější. Objevy prvních exoplanet nám přichystaly mnohá překvapení. Zajímavým plodem posledních let v oboru, jsou exoplanety o poněkud neobvyklých velikostech...

Do dnešních dní jsme objevili na 500 planet mimo Sluneční soustavu. Necelá pětina z nich přechází z našeho pohledu před diskem mateřské hvězdy. Z periodických poklesů jasnosti hvězdy můžeme určit poloměr exoplanety. Když pak světlo hvězdy proženeme spektrografem, dostaneme do rukou i odhad hmotnosti planetárního světa.

V odborných časopisech nalezneme velké množství studií, zabývající se teoretickými modely a vztahy mezi hmotností exoplanety a jejím poloměrem. Zajímavou práci zveřejnili Peter Bodenheimer, Gregory Laughlin a Douglas N. C. Lin v roce 2003.

Ve studii nalezneme pěknou tabulku, která řeší vztah mezi povrchovou teplotou (v Kelvinech), poloměrem exoplanety (v násobcích poloměru Jupiteru) a hmotností exoplanety (v násobcích hmotnosti Jupiteru). Plynní obři, o hmotnosti 0,11 až 3 Jupiteru, jsou ještě rozdělení na planety s kamenných jádrem (core) a bez něj (no core).

T_{eq} (K)	$0.11M_J$		$0.23M_J$		$0.69M_J$		$1.0M_J$		$3.0M_J$	
	Core	No Core	Core	No Core	Core	No Core	Core	No Core	Core	No Core
2000...	0.87	1.75	1.07	1.31	1.10	1.22	1.14	1.20	1.18	1.19
1500...	0.74	1.20	0.95	1.14	1.03	1.13	1.08	1.13	1.12	1.13
1000...	0.69	1.09	0.90	1.07	1.01	1.10	1.06	1.11	1.11	1.11
500...	0.66	1.01	0.88	1.03	1.00	1.09	1.05	1.10	1.10	1.11
113...	0.61	0.89	0.82	0.95	0.95	1.03	1.01	1.05	1.07	1.07

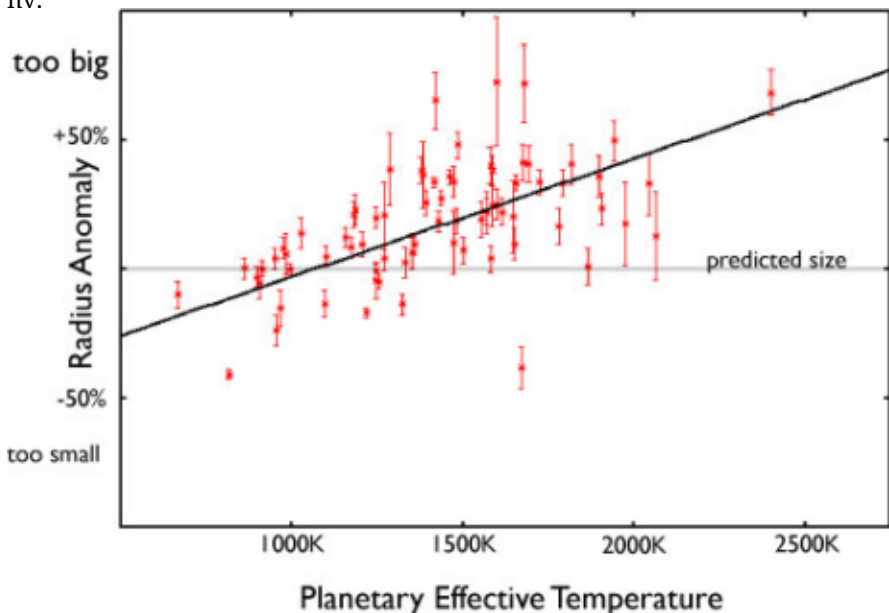
Obr.22 Credit: Gregory Laughlin

Tato tabulka je zjednodušenou výchozí pomůckou pro lovce exoplanet. Některá z automatických přehlídek oblohy jako SuperWASP, HAT Network, MEarth, OGLE, Tres atd. objeví tranzitující exoplanetu. Ze světelné křivky (graf závislosti jasnosti hvězdy na čase) se vyčte poloměr exoplanety. Mateřská hvězda je následně pozorována spektrografem některého z větších astronomických dalekohledů. Ze spektra se získá hmotnost planety a oba údaje se konfrontují s tabulkou.

Velké množství exoplanet, tabulku zdá se nečetlo a jejich parametry údajům v ní nesouhlasí. Astronomové proto zavedli pojem „Radius Anomalies“, což bychom do češtiny mohli přeložit jako poloměrová odchylka. Jedná se o rozdíl mezi tabulkovou hodnotou a reálným poloměrem. Poloměrová odchylka může být kladná (skutečný poloměr exoplanety je větší než by měl být) nebo záporná.

S poloměrovou odchylkou můžeme dále pracovat. Gregory Laughlin uvádí na svém webu zajímavý graf závislosti poloměrové odchylky, na efektivní teplotě planety. Z grafu je patrné, že tato odchylka, roste lineárně s teplotou. Jinými slovy: čím je teplota exoplanety větší, tím větší je i poloměr exoplanety. Tento

předpoklad poměrně dobře koresponduje s objevy, kdy exoplanety s kladnou poloměrovou odchylkou obíhají blízko svých hvězd a jsou tedy značně zahřívány.



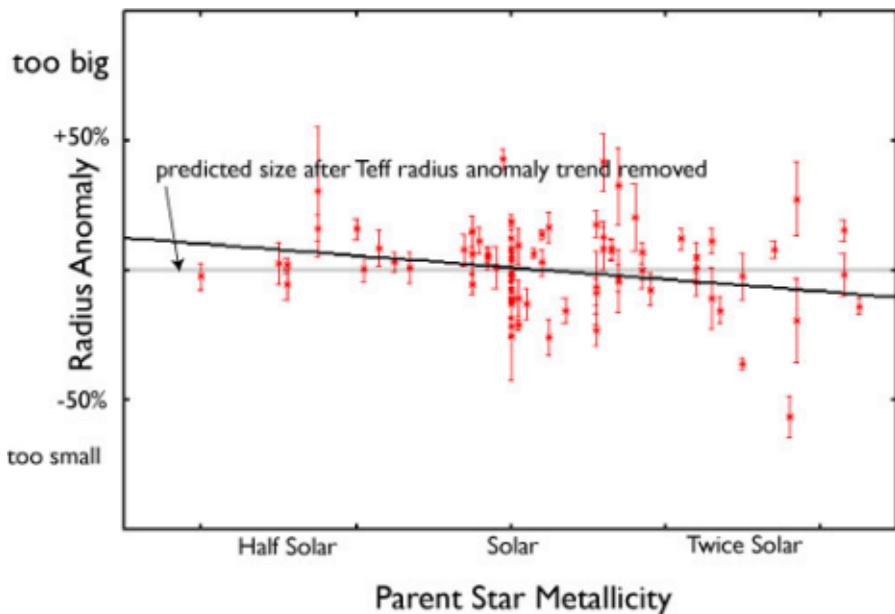
Obr.23 Graf závislosti poloměrové odchylky na efektivní teplotě exoplanety. Credit: Gregory Laughlin

Příkladem exoplanety s kladnou poloměrovou odchylkou je slavná HD 209458 b, o které jsme už mnohokrát psali. Exoplaneta má hmotnost 0,7 Jupiteru, ale poloměr 1,35 Jupiteru. Efektivní teplota exoplanety se odhaduje na 1 200 K.

Jednou z exoplanet se zápornou poloměrovou odchylkou je HD 149026 b s hmotností 0,36 Jupiteru a poloměrem 0,73 Jupiteru.

Na webu nalezneme ještě jeden velmi zajímavý graf, který představuje závislost poloměrové odchylky na metalicitě mateřské hvězdy. Pod pojmem metalicita vyjadřují astronomové poměr prvků těžších, než vodík a hélium, kterým se v astronomickém žargonu říká obecně „kovy“.

Z grafu vyplývá, že exoplanety s kladnou poloměrovou odchylkou nacházejí se okolo hvězd, které jsou bohaté na kovy a naopak exoplanety se zápornou odchylkou, obíhají okolo hvězd s menší metalickou než má Slunce. Například mateřská hvězda zmíněné exoplanety HD 149026 b má nejméně dvakrát větší



Obr. 24 Graf závislosti poloměrové odchytky na metalicitě mateřské hvězdy. Half Solar - poloviční metalicita ve srovnání se Sluncem; Twice Solar - dvojnásobná metalicita ve srovnání se Sluncem. Credit: Gregory Laughlin

Oba grafy (teplota exoplanety a metalicita hvězdy) však nedokážou vysvětlit velikost mnoha exoplanet. Menší část z objevených tranzitujících exoplanet, má poloměr větší nebo naopak menší, než jaký můžeme vyčíst z obou grafů.

Je tedy docela možné, že velikost exoplanet ovlivňuje další faktor, který dosud nebyl objeven. Možné je také to, že funkce na grafu 1 není lineární. V případě některých exoplanet může být na vině i chyba měření.

Před pár dny byl oznámen objev dvou nových tranzitujících exoplanet. HAT-P-18 b a HAT-P-19 b. Oba nové přírůstky jsou relativně chladnými světy s malou hmotností a obíhají okolo hvězd, které jsou bohaté na kovy. Podle výše uvedených předpokladů, by tedy měly mít zápornou poloměrovou odchytku. Jenomže opak je pravdou, jak můžete posoudit sami z tabulky na další straně.

Tabulka: Exoplanety HAT-P-18 b a HAT-P-19 b

Název exoplanety	Hmotnost	Poloměr
HAT-P-18 b	0,197 Mj	0,995 Rj
HAT-P-19 b	0,292 Mj	1,132 Rj

Zdroje:

<http://oklo.org/2010/07/31/radius-anomalies-2/>

.....

Budeme objevovat sopky na planetách u cizích hvězd?

Z historického hlediska, je výzkum planet u cizích hvězd stále mladým oborem. Přesto v něm dnes dosahují astronomové významných úspěchů a před námi se pomalu otevírají dveře, vzrušující budoucnosti. Čekají nás objevy exoplanet zemského typu, rozvoj přímého zobrazení a výzkumu atmosfér exoplanet. Novou vášní následujících let, jsou objevy měsíců exoplanet. Podle nové studie, od vědců z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, bychom se mohli dočkat i objevů „exosopek“.

Díky nástupu kosmických sond, mohli zvědaví planetologové prozkoumat vzdálenější končiny Sluneční soustavy a objevit projevy sopečné činnosti, mimo naši planetu. Vulkanickým králem je nepochybně Jupiterův měsíc Io.

Podle nové studie, bychom však brzy mohli objevovat projevy vulkanické činnosti také na exoplanetách. Umožnit by nám to měl infračervený kosmický dalekohled Jamese Webba (JWST), který se do vesmíru vydá někdy okolo roku 2014.

Kosmický dalekohled by se měl mimo jiné, zaměřit na výzkum protoplanetárních disků a exoplanet. Vědci se domnívají, že JWST dokáže odhalit v atmosférách exoplanet stopy vulkanické činnosti. Samotný postup nebude nikterak nový, už dnes ho používá například kosmický dalekohled Spitzer. Astronomové získají spektrum mateřské hvězdy těsně před začátkem a koncem

přechodu exoplanety před hvězdou. Ve spektru hvězdy se objeví „otisky prstů“ atmosféry exoplanety.

JWST by měl ve spektrech hledat možné stopy sopečné činnosti. Jako dobrý kandidát na tuto roli se jeví oxid siřičitý.



Obr.25 Erupce sopky Pinatubo v roce 1991. Credit: USGS

Vulkanologové označují sílu výbuchu sopky stupnicí VEI (Volcanic Explosivity Index). Výbuch filipínské sopky Pinatubo, v roce 1991, byl klasifikován stupněm 6. Do stratosféry se tehdy dostalo až 17 milionů tun oxidu siřičitého. Nedávný výbuch sopky Eyjafjallajökull, který poškodil zejména letové dopravy, byl klasifikován stupněm 4. Rekordmanem moderní doby je indonéska sopka Tambora, jejíž výbuch v dubnu 1815 dosáhl až na stupeň 7. Erupce byla tehdy 10x větší, ve srovnání se sopkou Pinatubo. V dávné historii Země však nalezneme důkazy o mnohem silnějších erupcích.

JWST by mohl odhalit erupce, srovnatelné s výbuchem sopky Tambora a silnější. Nejvhodnějšími cíli jsou super-Země, tedy kamenné exoplanety o hmotnosti do 10. Zemí. Podle simulace by mohl JWST najít stopy vulkanické činnosti na exoplanetách, do vzdálenosti až 30 světelných let.

Zdroj:

<http://www.universetoday.com/73103/extrasolar-volcanoes-may-soon-be-detectable/>

Metanová záhada exoplanety Gliese 436 b vyřešena?

Vlastně není tak slavná, v médiích o ní neuslyšíte, na mnohých astronomických webech se o ní nedočtete... V astronomických kruzích se proslavila jako věrná kopie našeho Neptunu...tedy kopie pouze co do hmotnosti a velikosti. Gliese 436 b se stala mementem a připomínkou nedokonalosti naší techniky a ementálových děr v planetárních teoriích.

Planeta obíhá okolo hvězdy o hmotnosti i velikosti asi poloviny Slunce, kterou nalezneme ve vzdálenosti 33 světelných let, směrem v souhvězdí Lva. Informace o samotné exoplanetě nabízíme v tabulce, kde ji srovnáváme s Neptunem:

Tabulka 2: Neptun a Gliese 436 b

Parametr	GJ 436 b	Neptun
Hmotnost	22 Mz	17,1 Mz
Poloměr	4,3 Rz	3,8 Rz
Oběžná doba	2,64 dne	164,79 let

V dubnu letošního roku, byly zveřejněny výsledky průzkumu atmosféry exoplanety, kosmickým dalekohledem Spitzer. Podle teoretických modelů se předpokládalo, že atmosféra Gliese 436 b bude poměrně bohatá na metan a chudá na oxid uhelnatý. Spitzer ovšem prokázal pravý opak. Více se dočtete v článku, v čísle 3/2010.

Joseph Harrington z University of Florida, představil na konferenci v Exeteru, jedno z možných vysvětlení nesouhry teoretických předpokladů, s pozorovanou realitou. Gliese 436 b, obíhá okolo své hvězdy s periodou jen 2,6 dní. Asi nikoho proto nepřekvapí, že exoplaneta má vázanou rotaci, takže je ke svému slunci natočena stále stejnou stranou. Ačkoliv...abychom byli přesní, v případě Gliese 436 b, je nutné hovořit o tzv. "falešné vázané rotaci". Exoplaneta totiž oběhne okolo své hvězdy za 2,6 dní, ale jedna otočka okolo osy ji zabere přibližně o 7 hodin méně.

Vraťme se ale zpět k malému výskytu metanu v atmosféře. Harrington se domnívá, že metan je v atmosféře obsažen poměrně hojně, avšak pouze na noční (odvrácené) straně. Jakmile se metan dostane silným prouděním na denní stranu, je „zničen“ ultrafialovým zářením blízké hvězdy.

Spitzer přitom dokáže prozkoumat atmosféru na přechodu mezi denní a noční stranou, takže metan neměl šanci detekovat.

Zda je tato hypotéza pravdivá, se ukáže nejspíše až po výzkumu dalších podobných exoplanet.

Zdroj:

<http://www.astronomynow.com/news/n1009/08gliese/>

.....

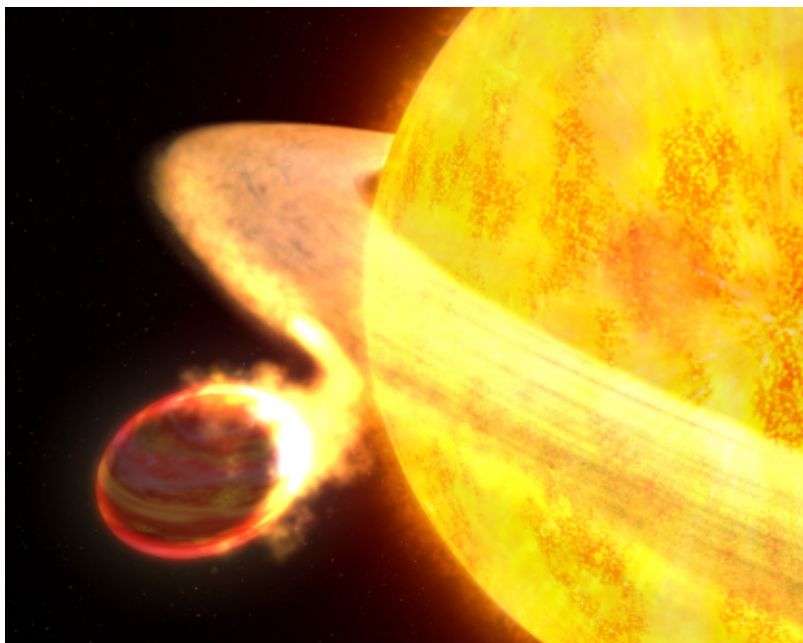
47 Tuc: horcí Jupiteri byli zmasakrováni

Horcí Jupiteri to nemají ve vesmíru lehké. Vznikají obvykle ve vzdálenějších končinách planetárního systému, následně však migrují, směrem k mateřské hvězdě a podle nejnovější studie je nečeká příliš optimistická budoucnost.

John Debes a Brian Jackson, z Goddard Space Flight Center v Greenbeltu, si vzali do hledáčku hvězdokupu 47 Tuc, která se nachází v souhvězdí Tukana, ve vzdálenosti asi 17 000 světelných let. Kulové hvězdokupy jsou shlukem velmi starých hvězd. Případné planety u těchto hvězd to mají docela těžké, neboť velká koncentrace hvězd v relativně malém prostoru, není pro jejich oběžné dráhy to pravé ořechové. Nežřídko kdy se může stát, že planeta je gravitací blízkých hvězd vyštouchnuta ze své oběžné dráhy.

Vědci se v uplynulých letech zaměřili na hvězdokupu 47 Tuc a hledali horké Jupitery u 37 000 hvězd. Sklizeň měla podle očekávání, přinést objev asi 12 až 17 těchto planet. Tuto zvláštní kategorii exoplanet definuje každý jinak, obecně však můžeme říci, že se jedná o exoplanety o hmotnosti a velikosti Jupiteru (případně větší) a oběžnou dobou do cca 20. dní.

Průzkumy kulové hvězdokupy 47 Tuc, ale žádný objev nepřinesly. Podle nové studie, byla drtivá většina horkých Jupiterů dávno zničena. Exoplaneta vytváří svou gravitací na povrchu hvězdy „bouli“, která paradoxně v konečném důsledku postupně ještě více zkracuje oběžnou dobu planety. Nebohý horký Jupiter je odsouzen, k velkolepému konci v ohnivé náruči hvězdy. Podle odhadu, byla během miliardy let, zničena asi třetina horkých Jupiterů. Stáří hvězdokupy 47 Tuc se přitom odhaduje na 11 miliard let, což podle autorů studie znamená, že svůj život už položilo na 96% exoplanet.



Obr.26 Exoplaneta WASP-12 b se svou mateřskou hvězdou v představách malíře (NASA, ESA, and C. Haswell (The Open University, UK)

Kosmický dalekohled Kepler, má ve svém zorném poli čtyři otevřené hvězdokupy, které nejsou tak husté jako kulové hvězdokupy. Stáří jednotlivých hvězdných uskupení, se pohybuje od 0,5 do 8 miliard let. Pokud současná studie platí, měl by Kepler v nejmladší hvězdokupě nalézt až 3x více horkých Jupiterů, než v té nejstarší. Přesné počty však musí být ještě korigovány v závislosti na jasnosti hvězdy apod.

Autoři studie, při této příležitosti, zmínili také slavného horkého Jupitera WASP-12 b, který okolo svého slunce obíhá velmi blízko. Je docela možné, že planeta to má již za sebou a my pozorujeme pouze jejího ducha...exoplanetu před asi 900. lety, právě tolik světelných let totiž dělí tento tragický svět a naší Zemi.

Zdroj:

<http://www.spaceref.com/news/viewpr.html?pid=31595>

Dvě slunce a kosmické karamboly

Jedním z velkých témat v exoplanetárních kuloárech jsou dvojhvězdy. Mohou existovat exoplanety u dvou sluncí? A jak se takové planetární soustavy chovají? Na první otázku dnes už dokáže astronomie odpovědět kladně, nad tou druhou se však vznášejí otazníky.

Kosmický dalekohled Spitzer už má sice sucho v hrdle, tedy přesněji řečeno v nádrži s chladicí kapalinou, stále však může provádět obstojná pozorování ve vybraných vlnových délkách. Jeremy Drake a jeho tým, využili veterána infračervené astronomie k průzkumu dvojhvězdy RS CVns. Dvě složky obíhají okolo společného těžiště, ve vzdálenosti pouhých 3,2 milionů kilometrů, což je pro představu asi 8x vzdálenost Měsíce od Země.

Astronomové se již delší dobou zabývají otázkou dynamiky, případných planetárních soustav u dvojhvězd. To, že se nejedná pouze o sci-fi, dnes již bezpečně víme. V roce 2008, se podařilo u dvojhvězdy HW Vir objevit dvě exoplanety (respektive exoplanetu a zřejmého hnědého trpaslíka), o hmotnosti 8,8 a 19,2 Jupiterů.

Exoplanety u dvojhvězdy RS CVns, takové štěstí neměly. Spitzer našel v okolí dvojhvězdy velké množství prachu. Vzhledem ke stáří dvojhvězdy (řádově miliardy let) je vyloučeno, že by se zde horký prach nacházel od počátku. Mladé hvězdy krátce po svém vzniku, odfouknou materiál ze svého okolí, takže prach u RS CVns musel vzniknout mnohem později. Pravděpodobně se jedná o trosky dávných planet, které se srazily. Zdejší planetární systém tak příliš stabilní nebyl.

Zdroj:

<http://www.universetoday.com/71934/tight-binaries-are-%E2%80%98death-stars%E2%80%99-for-planets/>

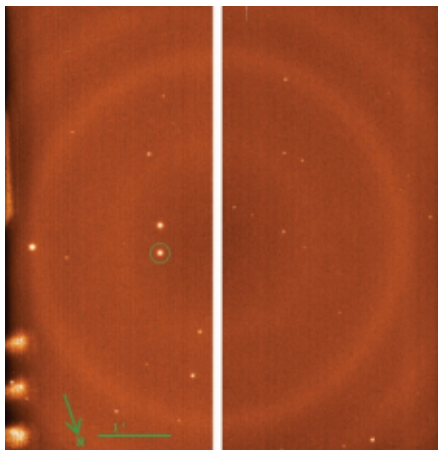
.....

Největší dalekohled světa a exoplanety s draslíkem

Je to něco málo přes rok, co byl na Kanárských ostrovech uveden do oficiálního provozu, největší dalekohled světa. Gran Telescopio Canarias (GTC). Je se svým primárním zrcadlem o průměru 10,4 m, největším „celistvým dalekohledem“ planety. Vzhledem k plánům světových astronomických velmocí, mu tato výsada sice dlouho nevydrží, i tak ale o něm v nejbližších letech určitě hodně uslyšíme. Jednou z oblastí zájmu GTC budou i exoplanety. Dva týmy vědců, nyní

zveřejnily výsledky průzkumu atmosfér horkých Jupiterů XO-2 b a HD 80606 b.

David Sing, z University of Exeter, vedl mezinárodní tým, který se pomocí přístroje OSIRIS na GTC, podíval na zoubek exoplanetě XO-2 b. Horký Jupiter o velikosti 1 R_J a hmotnost 0,57 M_J je poměrně známým světem. Nalezneme ho ve vzdálenosti 500 světelných let v souhvězdí Rysa.



Obr.27 Část souhvězdí Rysa na dvou CCD čípech dalekohledu GTC. Hvězda XO-2 je vidět na levém snímku v kroužku. Credit: Sing et al.

Sing a jeho tým, pozorovali tři tranzity exoplanety před svou hvězdou. Atmosféra plynného obra, zanechala ve spektru hvězdy „otisky“, ve kterých se podařilo objevit stopy draslíku. Přítomnost tohoto prvku v atmosférách podobných exoplanet, se v souladu s teoretickými modely očekávala, takže nebyla žádným velkým překvapením.

Jiný tým z Floridské univerzity, využil GTC k obdobnému průzkumu exoplanety HD 80606 b, která se nachází ve vzdálenosti 190 světelných let, v souhvězdí Velké medvědice. Také v tomto případě se jedná o plynného obra, s poloměrem nepatrně menším, ve srovnání s Jupiterem, ale hmotnosti naopak 4x větší. Rovněž v atmosféře HD 80606 b, se podařilo nalézt stopy draslíku.

Zdroje:

http://www.exeter.ac.uk/news/featurednews/title,97575,en.html?utm_source=twitterfeed&utm_medium=twitter

<http://arxiv.org/abs/1008.4795>

Nová kniha o atmosférách exoplanet

Nakladatelství Princeton University Press vydalo novou knihu *Exoplanet Atmospheres: Physical Processes*, která se podrobně věnuje výzkumu atmosfér planet u cizích hvězd. Autorkou knihy je Sara Seager z Massachusetts Institute of Technology.

Děkuji Vladimíru Linhartovi za upozornění na vydání knihy.

Podrobnosti o knize lze nalézt na press.princeton.edu.

.....

Astrobiologie

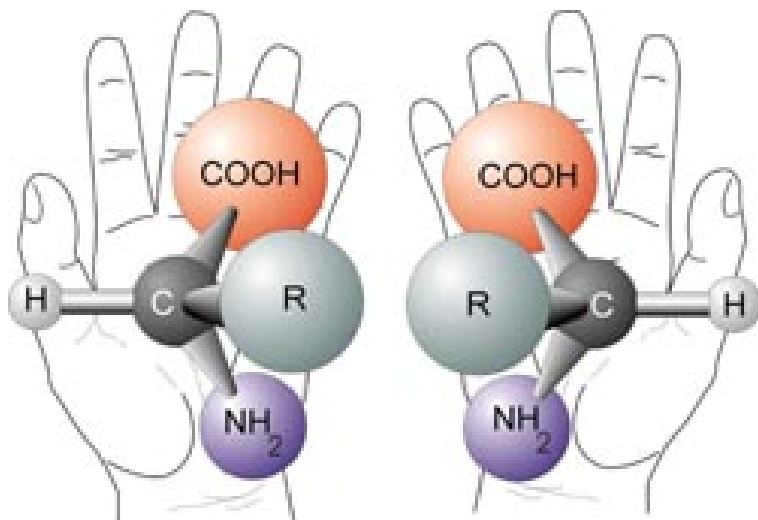
Život v celém vesmíru může mít stejné základy: levé aminokyseliny

Aminokyseliny jsou základními stavebními kameny života. Není proto divu, že jsou velmi často středem zájmů astrobiologů. Pokud chceme pochopit, jak život ve vesmíru vzniká, musíme se často vydat hluboko do jeho možných počátků.

Jednou ze zajímavých vlastností organických molekul je fakt, že jsou chirální. To znamená, že mohou existovat dvě molekuly, kdy jedna je zrcadlovým obrazem druhé. Je to asi stejné, jako v případě lidských rukou. Odtud konec konců pramení označení „chirální“, odvozené z řeckého *chiro* – ruka.

V přírodě nalezneme běžně levé i pravé molekuly. Chirální jsou rovněž aminokyseliny (snad kromě nejjednoduššího glycinu). V jejich případě je však situace horší, neboť na Zemi se nacházejí pouze „levé“ aminokyseliny, což byla pro biologii dlouho téměř neřešitelná záhada.

Také ve slavném meteoritu Murchison (viz článek *Astronomové mají v ruce pamětníka vzniku Sluneční soustavy v Gliese 2/2010*) byly nalezeny pouze levé aminokyseliny.



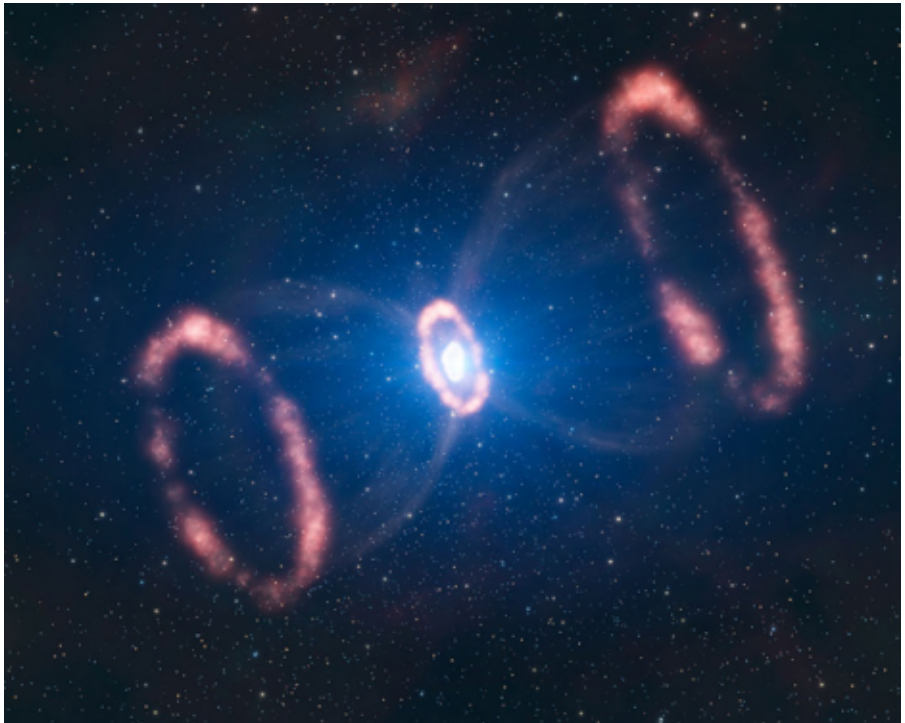
Obr.28 Chirální molekuly. Credit: NASA

Richard Boyd a jeho kolegové, z Lawrence Livermore National Laboratory, přicházejí s velmi zajímavou teorií. Podle nich mohou za existenci levých aminokyselin supernovy!

Již delší dobu se ví, že supernovy hrají při vzniku a vývoji života bizarní roli. Na jedné straně mohou život brát: případné planety v okolí umírající hvězdy jsou nemilosrdně zničeny. Výbuch supernovy může být nebezpečný i pro planetární soustavy v okolí, do vzdálenosti až 30. světelných let. Dostat spršku záření, není totiž pro život na planetě zrovna ideální.

Na druhou stranu dokážou supernovy zahrát i na pozitivní notu. Právě při výbuchu supernov se do vesmíru dostávají těžší prvky, ze kterých jsou uplácány kamenné planety i život. Výbuch blízké supernovy byl klíčovým impulsem, díky kterému se začalo mračno z prachu a plynu, před 4,5 miliardami let smršťovat. Z tohoto dávného mračna nakonec vznikla naše Sluneční soustava.

Další roli supernov nyní nastíní Richard Boyd a jeho tým. Za vším je sprška elektronových antineutrín, kterou do okolí vyše umírající hvězda, ještě před vzplanutím supernovy. Elektronová antineutrína podle studie, preferují interakci s pravými aminokyselinami. Ve všech aminokyselinách je obsažen dusík, který je při interakci s elektronovými antineutriny přeměněn na uhlík. Předehra před velkolepým výbuchem hvězdy, tak „odděluje“ většinu pravých aminokyselin ve svém okolí.



Obr.29 Na fotografii z dalekohledu VLT je pozůstatek po výbuchu supernovy SN 1987 A. Credit: ESO

Pokud by se výsledky studie potvrdily, mělo by to dva poměrně velké důsledky pro astrobiologii. Jednak by se prokázalo, že aminokyseliny mají svůj původ ve vesmíru a také by to naznačovalo, že život kdekoliv ve vesmíru je postaven na stejných základech.

Zdroj:

<http://www.astrobio.net/exclusive/3582/supernova%E2%80%99s-spin-on-life>

Továrna na vodu v souhvězdí Lva

Hvězda CW Leonis, která je ve vědeckých kruzích známá spíše pod označením IRC +10216, se do historie zapsala jako poměrně zajímavá, uhlíková hvězda. Přestože se nachází jen asi 500 světelných let od Země a je mnohem větší a hmotnější než naše Slunce, na obloze bychom ji v souhvězdí Lva hledali stěží. Pokud by však naše oči šly přepnout do infračervených vlnových délek, byla by CW Leonis jednou z nejjasnějších hvězd na obloze.

Za tento paradox je odpovědný prachový oblak, který hvězdu obklopuje. IRC +10216 je rudým obrem, s hmotností minimálně o 50% větší, ve srovnání se Sluncem. Oproti naší mateřské hvězdě je ovšem mnohonásobně větší, její okraj by v naší Sluneční soustavě, sahal až někam k oběžné dráze Marsu.

V roce 2001, objevila družice SWAS (Submillimeter Wave Astronomy Satellite) v okolí hvězdy, poměrně velké množství vodní páry. Astronomové to tehdy vysvětlovali tím, že rudý obr ohřívá až miliardy komet ve svém okolí, ze kterých se odpařuje vodní pára.

Evropský infračervený kosmický dalekohled Herschel, nyní potvrdil existenci vodní páry v okolí hvězdy IRC +10216, ale v oblastech, kde by to nikdo nečekal. Zatímco SWAS hlásil před léty vodu v poměrně vzdálených regionech, kde teplota klesá k 60 Kelvinům, Herschel našel stopy vody mnohem blíže k hvězdě, v oblastech s teplotou až 1 000 Kelvinů! Původ „horké vodní páry“, rozhodně nelze hodit na nebohé vypařující se komety. Leen Decin, z Katholieke Universiteit Leuven v Belgii a jeho tým, museli přijít s jiným vysvětlením vzniku vodní páry.

Hlavním viníkem je ultrafialové záření z mezihvězdného prostoru (z ostatních hvězd), které může rozbít molekuly např. oxidu uhelnatého v prachové obálce, obklopující hvězdu IRC +10216. Díky tomu vzniká kyslík, který se spojí s vodíkem a vzniká vodní pára.

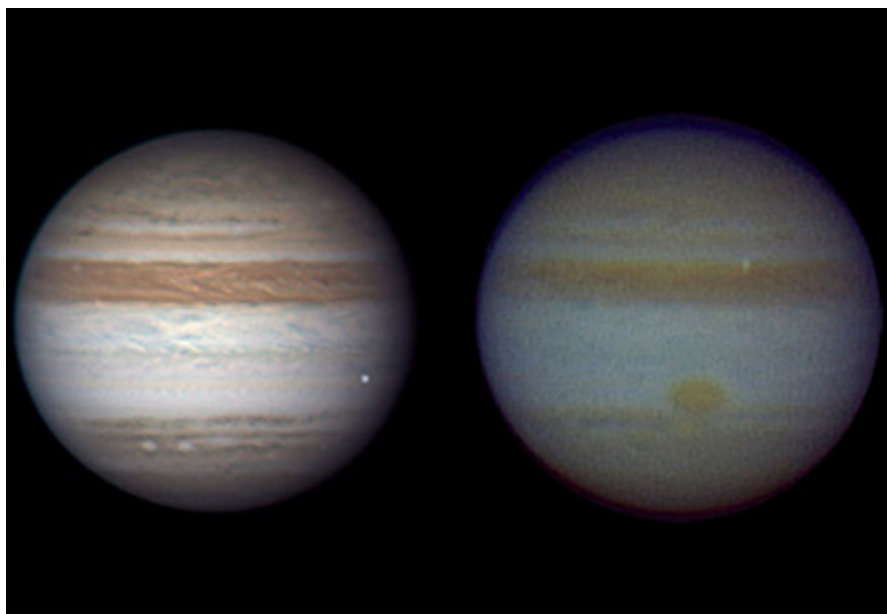
Zdroj:

<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/09/100902073639.htm>

Astrobiologie - Sluneční soustava

Šrámy obra Jupitera

Mnoho lidí se domnívá, že pozorování planet Sluneční soustavy pozemskými dalekohledy, je v době kosmických sond naprostou ztrátou času. Opak je ovšem pravdou! Kosmické dalekohledy, internet a CCD kamery, společně s výzkumem „z blízka“, daly astronomům do rukou mocnou zbraň, díky které lze rozlousknout další tajemství, ukrytá v rozličných koutech našeho planetárního systému. Před pár dny vyšla studie, zabývající se letním dopadem planetek, do atmosféry Jupiteru. Chvála směrem k astronomům amatérům prostupuje celým příběhem, jako neuvěřitelná a fascinující nit.



Obr. 30 Dopady kosmických vetřelců do atmosféry Jupiteru. Vlevo: Anthony Wesley, Austrálie, 3. června 2010. Vpravo: Masayuki Tachikawa, Japonsko, 20. srpna 2010

Je to jako z pera hollywoodského scenáristy. Astronom amatér sedí u dalekohledu a pozoruje obra Sluneční soustavy. Někteří jeho kolegové se mu za zády smějí a ťukají si na čelo, že vědecké pozorování planet, je v 21. století naprosto zbytečné. Co se ale nestane, na jednom ze snímků objeví vytrvalý amatér záblesk v atmosféře Jupiteru. Prostřednictvím internetu se spojuje s kolegou, který pokračuje v pozorování. O několik hodin později, už díky těmto dvěma amatérským nadšencům, sledují Jupiter největší pozemské dalekohledy (Keck, Gemini na Havaji, VLT v Chile) i legenda mezi legendami – Hubblův dalekohled.

Tento příběh jsme si nevymysleli, on se skutečně stal. Dne 3. června 2010, objevili „jízvu“ v atmosféře Jupiteru, dva amatérští astronomové (Christopher Go z Filipín a Anthony Wesley z Austrálie). Druhý jmenovaný, si přitom odbyl už svůj druhý podobný objev.

Před pár dny byla zveřejněna studie o této červnové události. Pod vědeckým článkem jsou ruku v ruce podepsáni profesionální i amatérští astronomové. Tým vedl Ricardo Hueso, z Universidad del País Vasco (Bilbao, Španělsko).

Podle výsledku studie se zdá, že do atmosféry Jupiteru, dopadl poměrně malý, kosmický vetřelec. Jeho hmotnost byla odhadnuta na 500 až 2 000 tun a velikost na 8 až 13 metrů. Podobně velká planetka s označením 2010 RF12, prolétla 8. září, ve vzdálenosti necelých 80 000 km od Země. Pokud by se podobný objekt rozhodl skoncovat svou pouť vesmírem kolizí z naší planetou, nepředstavovalo by to pro nás žádné větší nebezpečí. Planetka by explodovala v atmosféře. Energie, která by se přitom uvolnila, by byla asi 5x až 10x menší než ta, která v roce 1908, „pokosila“ na 2 000 km² sibiřského lesa. Exploze planetky (nebo jádra komety) tehdy vešla do historie jako Tunguzská katastrofa.

Astronomové se donedávna domnívali, že podobné srážky kosmických těles s Jupiterem, jsou velmi vzácné. Historie moderní astronomie však podobných událostí dokáže sledovat stále více a více. Nejznámější případ dopadu tělesa do atmosféry Jupiteru se datuje do poloviny 90. let. V březnu 1993, byla na Mount Palomar Observatory, objevena kometa Shoemaker-Levy 9. Brzy po objevu si astronomové všimli, že se nejedná o normální kometu. Těleso bylo vlivem silných slapových sil roztrháno na více než 20 kusů, které v období od 16. do 22. července 1994, dopadly rychlostí asi 60 km/s do atmosféry Jupiteru. Na masové pozorovací kampani, se tehdy podílela řada observatoří i Hubblův kosmický dalekohled. V historii astronomie to bylo vůbec poprvé, co se podařilo téměř v přímém přenosu pozorovat dopad komety na některou z planet.

Na stole však máme i podstatně čerstvější události. Dne 19. července 2009, byla v atmosféře Jupiteru objevena tmavá skvrna, ukazující na další srážku s kosmickým projektilem. I tehdy stál za objevem astronom Anthony Wesley. Podle odhadů, bylo těleso z června 2009 asi 100 000x hmotnější než to z června 2010.

Dne 20. srpna 2010, objevil slabý a velmi krátký záblesk v atmosféře Jupiteru, jeden japonský astronom amatér. Analýzy obou událostí stále pokračují.

Jupiter, díky své velké gravitaci, odsává mnoho menších těles, které následně dopadají do jeho atmosféry. Mnoho astronomů proto Jupiteru přisuzuje důležitou astrobiologickou roli. Díky němu se do vnitřních částí Sluneční soustavy, dostává méně nebezpečných těles, které by mohly ohrozit život na Zemi. Existují však i zcela protichůdné studie, hovořící o tom, že Jupiter nám v historii Sluneční soustavy svou gravitací, poslal už několik zákeřných dárečků.

Astronomové však nyní řeší jiný problém. Na světě je znovu otázka, jak často dochází ke kolizím Jupiteru, s menšími či většími, kosmickými projektily. Tvrzení, že tyto události jsou spíše vzácné, už odpočívá v odpadkovém koši, nejedné z astronomických observatoří. Rozlousknout tuto otázku mohou podle autorů nejnovější studie, jen a pouze s pomocí astronomů amatérů...

Zdroj:

<http://www.astrobio.net/pressrelease/3616/watching-fireballs-bombard-jupiter>

.....

Nové exoplanety

Planetární systémy: HD 200964, 24 Sex

Havajská dvojka Keckových dalekohledů (průměr primárního zrcadla 10 metrů), si na své konto připsala další úspěch. V rámci programu Keck Subgiants Planet Survey, který je zaměřen na hledání exoplanet u hvězd o hmotnosti 1,4 až 2 Sluncí, byly odhaleny hned dva páry nových přírůstků.

HD 200964

Hvězda HD 200964, se nachází ve vzdálenosti 223 světelných let od Země a má hmotnost 1,4 Slunce a velikost dokonce 4x větší, ve srovnání s naší mateřskou hvězdou. Astronomům se pomocí metody měření radiálních rychlostí podařilo objevit dvě exoplanety o hmotnosti 0,9 a 1,8 Jupiteru. Hmotnější z planet obíhá ve vzdálenosti 1,6 AU, s dobou oběhu 614 dní, méně hmotný kolega pak ve vzdálenosti 1,95 AU, s periodou 825 dní. Obě exoplanety dělí vzdálenost

pouhých 0,35 AU, což je poměrně netypické. V přepočtu se jedná o vzdálenost zhruba 52,4 milionů kilometrů. Vzájemné gravitační účinky obou planet, budou rozhodně nezanedbatelné. Pro srovnání: Jupiter a Saturn dělí ve Sluneční soustavě vzdálenost asi 4,3 AU.

24 Sex

Hvězda 24 Sextanis, se nachází ve vzdálenosti 244 světelných let od Země, má hmotnost 1,5 a velikost 5 Sluncí. Také okolo ní obíhají dvě obří planety (2 Mj a 0,86 Mj), které dělí vzdálenost jen 0,75 AU.

Název exoplanety	Hmotnost	Velká poloosa	Oběžná doba
HD 200964 b	1,85 Mj	1,60 AU	614 dní
HD 200964 c	0,9 Mj	1,95 AU	825 dní
24 Sex b	1,99 Mj	1,33 AU	453 dní
24 Sex c	0,86 Mj	2,08 AU	883 dní

Oba zmíněné planetární systémy, fungují v jakési „harmonii“, kterou označujeme termínem orbitální rezonance. Jedná se o vlastnost pohybu dvou těles, které obíhají kolem centrálního tělesa (hvězdy). Oběžné doby jsou v případě orbitální rezonance v poměru malých celých čísel. Orbitální rezonanci můžeme vidět i u nás ve Sluneční soustavě a to např. mezi Jupiterem a Saturnem (2:5), některými měsíci Jupiteru apod.

Planetární systém u hvězdy HD 200964, je v rezonanci 4:3, v případě kolegyně 24 Sextanis, pak v rezonanci 2:1.

Obě hvězdy jsou velmi starými matkami. Za několik desítek milionů let se z nich stanou rudí obří, což opět změní dynamiku planetárního systému.

Zdroje:

<http://www.astronomynow.com/news/n1007/28subgiant/>

<http://exoplanet.eu/star.php?st=HD+200964>

<http://exoplanet.eu/star.php?st=24+Sex>

WASP-31 b, WASP-36 b, WASP-37 b

Projekt SuperWASP se pomalu stává legendárním lovcem tranzitujících exoplanet. Na své konto si patrně nepřipíše tolik úlovek, jako kosmický dalekohled Kepler, mezi pozemskými přehlídkami, však bude minimálně v nejbližších letech kralovat.

WASP-31 b

WASP-31 b, má hmotnost asi 0,5 Jupiteru, ale poloměr je 1,6x větší. Jedná se tedy o dalšího nafouklého, horkého Jupitera. Na objevy podobných exoplanet jsme si v poslední době zvykli, slavným prototypem je WASP-12 b (viz odkaz), kterou objevil také projekt SuperWASP. Zatím nemáme k dispozici podrobnější informace o WASP-31 b, avšak oběžná doba 3,5 dne, poměrně dobře ukazuje, že i tentokrát bude za „nafouknutím“ planetárního světa poměrně malá vzdálenost od mateřské hvězdy.

WASP-36 b

Exoplaneta WASP-36 b, má hmotnost 2,4 Jupiterů a poloměr 1,4 Jupiterů. Okolo své mateřské hvězdy obíhá s periodou 1,4 dne.

Projekt SuperWASP (Wide Angle Search for Planets) disponuje 8. automatickými kamerami, které jsou umístěny na Roque de los Muchachos (Kanárské ostrovy) a na South African Astronomical Observatory (JAR).

WASP-37 b

Nová tranzitující exoplaneta WASP-37b, má hmotnost 1,7 Jupiteru a okolo své hvězdy obíhá s periodou 3,57 dne. Zajímavá je i samotná hvězda, vykazující se poměrně nízkou metalicitou, což v astronomickém žargonu znamená, že obsahuje malé množství prvků, těžších než helium.

Nová exoplaneta byla objevena na základě pozorování projektu SuperWASP, v letech 2008 a 2009. Pokud bychom chtěli být konkrétnější, pak „severní observatoř“, na ostrově La Palma, získávala fotometrická data mateřské hvězdy, v průběhu března až června, v letech 2008 a 2009 a kolegyně v JAR, od června do července 2008 a od března do července roku 2009. Celkem se podařilo získat na 22 600 měření.

Mateřská hvězda WASP-37, je nepatrně menší a chladnější než naše Slunce a nalezneme ji v souhvězdí Panny. Exoplaneta obíhá okolo hvězdy s periodou 3,57 dne, přičemž samotný tranzit před diskem hvězdy, trvá něco málo přes 3 hodiny.

Na základě pozorování tranzitů exoplanety, se podařilo odhadnout její polo-

měr na 1,14 Jupiterů. Spektrum hvězdy, ze kterého byla určena její hmotnost, bylo získáno spektrografem SOPHIE, na 1,93 m velkém dalekohledu Observatoře Haute-Provence ve Francii.

Zdroje:

<http://nexsci.caltech.edu/workshop/2010/pops/pop-anderson.pdf>
http://nexsci.caltech.edu/workshop/2010/pops/SmithAlexis_POP.pdf
<http://exoplanet.eu/planet.php?p1=WASP-31&p2=b>
<http://exoplanet.eu/planet.php?p1=WASP-36&p2=b>
http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1008/1008.3096v1.pdf

.....

Nové exoplanety z HATNet

Koncem srpna představil projekt HATNetwork, objev 7. více než zajímavých, tranzitujících exoplanet.

HAT-P-17 b, HAT-P-17 c

Nepochybně nejzajímavějšími členy současného balíčku nových objevů, projektu HATNet, jsou dvě exoplanety, obíhající okolo hvězdy HAT-P-17. Vnitřní planeta HAT-P-17 b, má hmotnost 0,53 Mj a poloměr srovnatelný s Jupiterem. Okolo svého slunce obíhá s periodou 10,3 dní, přičemž samotný tranzit před kotoučem hvězdy, trvá 4 hodiny. Zajímavá je poměrně velká výstřednost 0,346, což znamená, že planeta se pohybuje po docela protáhlé eliptické dráze. Teplota exoplanety se odhaduje na 780 až 927 K.

Sourozenec HAT-P-17 c, je velmi zajímavým přírůstkem. Zatím nejsou příliš známé jeho fyzikální vlastnosti, hmotnost se odhaduje na 1 až 2,5 Jupiteru. Exoplaneta okolo své hvězdy obíhá s periodou téměř 1 800 dní, tedy asi 5 let!

Mateřská hvězda HAT-P-17, má 80% hmotnost a velikost, v porovnání se Sluncem a povrchovou teplotu okolo 5 240 K.

HAT-P-20 b

Při pohledu na údaje o exoplanetě HAT-P-20 b člověka napadne, zda se nejedná o překlep. Se svou oběžnou dobou 2,8 dní, se sice nevymyká z fádního průměru, avšak hmotnost 7,2 Mj a poloměr 0,87 Rj dávají tušit, že zde něco nehraje. Hustota exoplanety se odhaduje na 13,78 g/cm³. Tato hodnota katapultuje HAT-P-20 b na seznam exoplanet, s největší známou hustotou.

HAT-P-21 b

Také HAT-P-21 b, patří mezi husté exoplanety. Hmotnost tělesa se odhaduje na 4 Jupitery a poloměr na 1,02 R_J. Okolo své mateřské hvězdy obíhá exoplaneta s periodou 4,12 dní, po dosti protáhlé eliptické dráze.



Obr.31 Kamery projektu HATNet v Arizoně.

HAT-P-22 b

Dalším kouskem je exoplaneta HAT-P-22 b, o hmotnosti 2,1 M_J a poloměru o velikosti Jupiteru. Okolo své mateřské hvězdy obíhá planeta s periodou 3,21 dní.

HAT-P-23b

Exoplaneta má hmotnost 2,1 M_J a poloměr 1,3 R_J. Okolo své hvězdy obíhá s periodou jen 1,2 dne.

HAT-P-24 b

Exoplaneta o hmotnosti 0,68 a poloměru 1,2 Jupiteru, obíhá okolo svého slunce s periodou 3,36 dní.

HAT-P-25b

Poslední exoplaneta z produkce HATNet, kterou si dnes představíme, je HAT-P-25 b. Hvězda jako Slunce, hostí ve své blízkosti exoplanetu o hmotnosti 0,56 a poloměru 1,2 Jupiterů. Oběžná doba exoplanety je 3,65 dní.

Hungarian Automated Telescope Network (HATNet), disponuje šesti automatickými kamerami o průměru 11 cm, v Arizoně a na Havaji. Projekt provozuje Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. V názvu figuruje Maďarsko, neboť přístroj byl vyvinut malou skupinou astronomů, v rámci Maďarské astronomické společnosti. Duchovním otcem projektu je Bohdan Paczyński, který chtěl síť původně využít pro sledování proměnných hvězd.

Zdroje:

<http://arxiv.org/abs/1008.3096>

<http://arxiv.org/abs/1008.3388>

<http://arxiv.org/abs/1008.3565>

<http://exoplanet.eu/catalog-transit.php>

.....

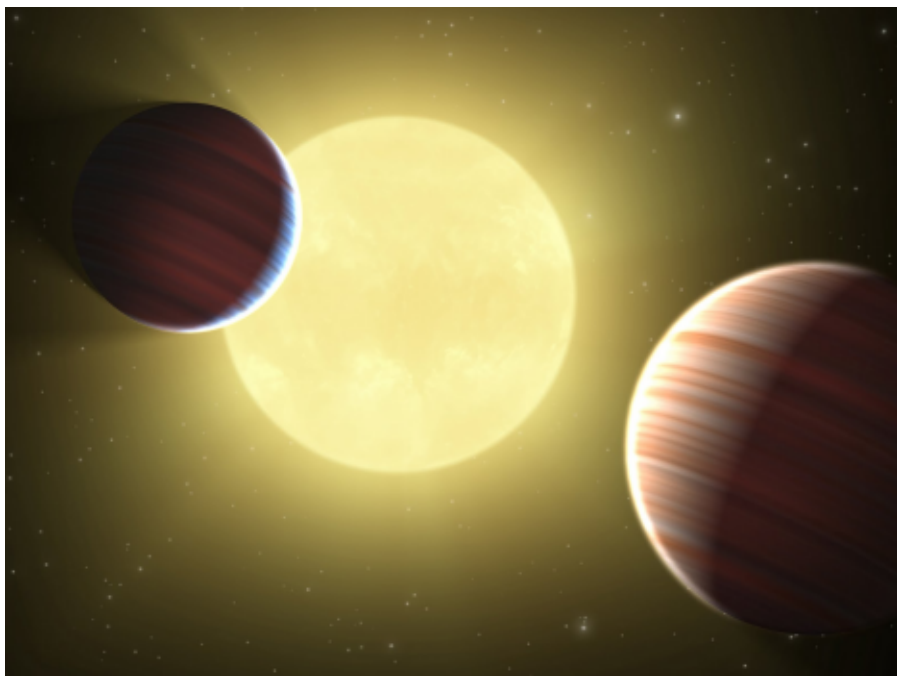
Kepler objevil další dvě exoplanety

Seznam exoplanet, z produkce kosmického dalekohledu Kepler, se rozrostl o další dva přírůstky, které obíhají okolo jedné hvězdy. V systému se však možná vyskytuje i třetí exoplaneta, jejíž poloměr se odhaduje na 1,5 Země.

V minulém čísle jsme vás informovali o seznamu 700. exoplanetárních kandidátů, které za první, přibližně měsíc vědecké části, objevil kosmický dalekohled Kepler. Součástí seznamu byla i horká pětka hvězd, u kterých existuje podezření, na existenci více než jedné, tranzitující exoplanety. Ve čtvrtek 26. srpna, představila NASA na tiskové konferenci, první potvrzený planetární systém z toho balíku.

Okolo hvězdy Kepler-9, obíhají dvě tranzitující exoplanety. Kepler-9 b má hmotnost 0,25 Jupiteru (80 Zemí) a oběžnou dobu 19,2 dní. Její kolegyně, s ozna-

čením Kepler-9 c, má hmotnost 0,17 Jupiteru (54 Zemí) a okolo hvězdy obíhá s periodou 38,9 dní. Kepler pozoroval několik tranzitů, takže si snadno povšiml, že doba mezi jednotlivými přechody planet před diskem hvězdy není konstantní, ale roste o 4, respektive klesá o 39 minut. To souvisí s tím, že oběžné doby exoplanet jsou v rezonanci. Tímto pojmem označují astronomové situaci, kdy jsou oběžné doby těles v poměru celých čísel. V tomto případě se jedná o rezonanci 2:1.



Obr.32 Planetární soustava u hvězdy Kepler-9 v představách malíře. Credit: NASA/Ames/JPL-Caltech

Díky tomu se podařilo poměrně dobře odhadnout hmotnost obou těles a potvrdit, že se skutečně jedná o exoplanety. Mateřská hvězda byla přesto podrobena spektroskopickým pozorováním, na jednom z největších dalekohledů světa – Keckova teleskopu na Havaji.

Podle týmu Keplera je velmi pravděpodobné, že se v systému nachází ještě jedna planeta. Její existence však zatím nebyla potvrzena, takže dostala nálepku

pouhého exoplanetárního kandidáta. Z dosavadních výsledků vyplývá, že Kepler-9 d, má poloměr jen 1,5 Země a oběžnou dobu 1,6 dní. Jednalo by se tedy o kamennou planetu, která je asi o 50% větší než naše rodná hrouda.

Mateřská hvězda:

Název: Kepler-9

Hmotnost: 1 Ms (hmotnosti Slunce)

Poloměr: 1,1 Rs (poloměru Slunce)

Povrchová teplota: 5722 K

Význam objevu

Současný objev je významný, především ve dvou rovinách. Jedná se o pokorenění malého milníku. Kepler-9 je totiž první hvězdou, u které byly objeveny dvě tranzitující exoplanety. Při pohledu do katalogu si lze všimnout číslice „5“ (nyní už 6), v kolonce multiplanetární systémy u tranzitujících exoplanet. V těchto případech však tranzity vykonává pouze jedna exoplaneta a další nikoliv. Jen tak mimochodem, celkový počet známých tranzitujících exoplanet se překulil přes číslo 100.

Druhou zprávou je potvrzení dobré kondice, kosmického dalekohledu Kepler.

Tabulka 4: Nové objevy Keplera

Exoplaneta	Kepler-9 b	Kepler-9 c	Kepler-9 d (KOI - 377, kandidát)
Hmotnost	0,252 Mj / 80 Mz	0,171 / 54,4	?
Poloměr	0,842 Rj / 9 Rz	0,842 Rj / 9 Rz	1,4 Rz
Oběžná doba (dny)	19,2	38,9	1,6
Velká poloosa (AU)	0,14	0,23	?
Povrchová teplota (K)	740	540	?

Hnědý trpaslík

Ve zveřejněných datech z Keplera, se podařilo nalézt nového hnědého trpaslíka. Ten obíhá okolo hvězdy LHS6343 A, která je součástí binárního systému. Dvojhvězdu v tomto případě, tvoří červení trpaslíci o hmotnosti 0,45 a 0,36 Slunce. Povrchová teplota obou trpaslíků se pohybuje okolo 3 800 K.

Nově objevený hnědý trpaslík, s označením LHS6343 C, obíhá okolo hmotnější hvězdy (LHS6343 A), s periodou 12,7 dní.

Hnědý trpaslík má hmotnost 61,6 +/- 2,2 Jupiteru a poloměr přibližně 1,21 Rj.

Kosmický dalekohled Kepler, pozoroval celkem 4 tranzity hnědého trpaslíka. O následná pozorování se postaral Keckův dalekohled a také kamera PHARO, která je instalovaná na pětimetrovém dalekohledu Palomar Hale Telescope. Zmíněný přístroj, pořídil fotografii dvojhvězdy koncem června. Hnědý trpaslík na snímku samozřejmě není, astronomům však i tato fotografie pomohla při výzkumu zmíněné soustavy.

Zdroje:

http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1008/1008.4141v1.pdf

<http://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2010/10-73AR.html>

<http://kepler.nasa.gov/Mission/discoveries/>

<http://arxiv.org/abs/1008.4393>

.....

WASP-3 c: časování tranzitů konečně úspěšné?

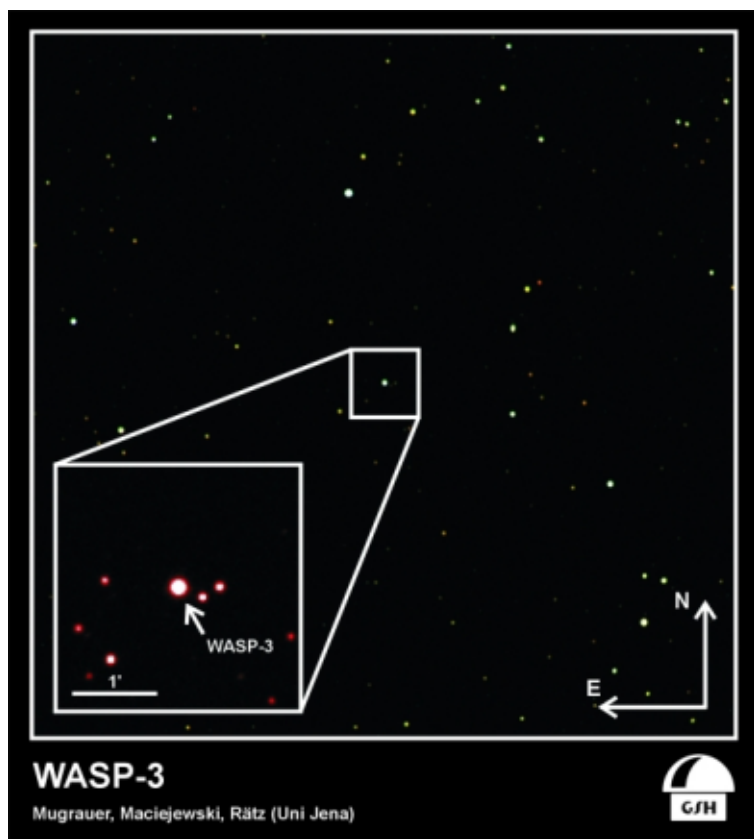
Tranzitní fotometrie je grálem výzkumu exoplanet. Při pohledu do statistik si ce jako vítěz vyjde spektrální metoda neboli měření radiálních rychlostí, tranzity exoplanet nám však připravují budoucnost snů. Tranzitní metoda už dnes umožňuje studovat atmosféry exoplanet, v nejbližších letech by měla přinést objevy exoměsíců (viz náš rozhovor s Davidem Kippingem). Už delší dobu se hovoří o nové metodě tzv. časování tranzitů, teprve nyní se však podařilo teorii přenést do praxe. Je exoplaneta WASP-3 c prvním dítětem nové metody?

Časování tranzitů (anglicky Transit Timing Variation – TTV) ve skutečnosti není novou metodou, ale jakési rozšíření tranzitní fotometrie o dynamické efekty. Pokud exoplaneta přechází z našeho pohledu před svou hvězdou, dochází k periodickým změnám jasnosti mateřské hvězdy. Této metodě se říká tranzitní fotometrie a na svém kontě má už na 90 exoplanet. K tranzitům exoplanet před hvězdou dochází obvykle se železnou přesností. Důležité je však slovo „obvykle“. Představme si situaci, kdy okolo hvězdy obíhá ještě jedna planeta. Obě planety na sebe vzájemně působí, což vyvolává drobné odchylky v oběžných drahách. To se následně projeví v časech tranzitů.

Astronomům proto stačí objevit u dané hvězdy jednu tranzitující exoplanetu. Pokud v časech jejích tranzitů naleznou nepravidelnosti, může to znamenat existenci další exoplanety.

Právě to se vůbec poprvé v historii zřejmě povedlo týmu astronomů z Ně-

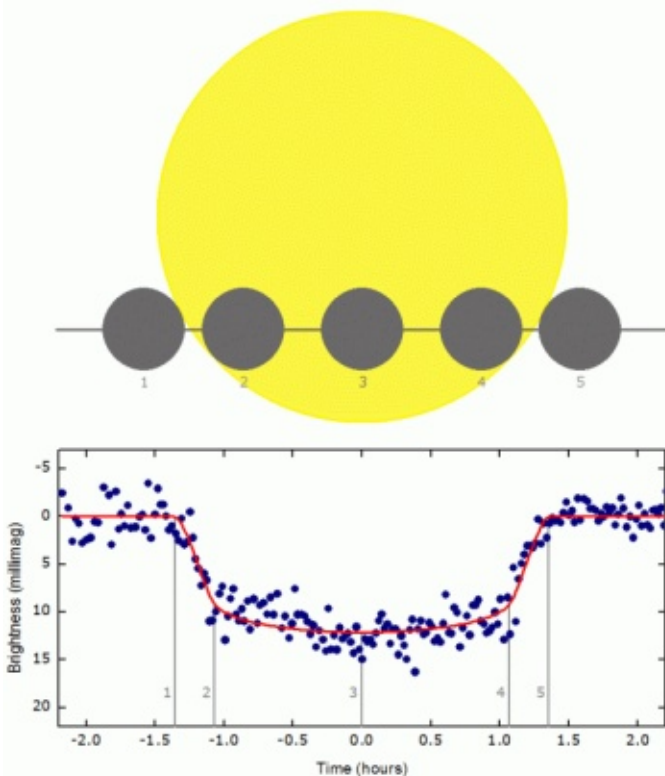
mecka, Bulharska a Polska. Gracjan Maciejewski a jeho kolegové využili k pozorování 90 cm velký dalekohled, na univerzitě v Jeně a 60 cm velký dalekohled, na Národní observatoři v Bulharsku.



Obr.33 Snímek hvězdy WASP-3 v souhvězdí Lyry.

Na paškál si vzali tranzitující exoplanetu WASP-3 b, kterou v roce 2007 objevili astronomové z projektu SuperWASP. Exoplaneta má hmotnost 2. Jupiterů a okolo své hvězdy obíhá s periodou 1,8 dne. V tranzitech exoplanety WASP-3 b byly nalezeny odchylky, které ukazují na existenci exoplanety o hmotnosti 15. Zemí, což přibližně odpovídá Uranu. Nová exoplaneta dostala označení WASP-3 c a okolo hvězdy má obíhat s periodou 3,7 dne.

Objev musí ještě potvrdit nezávislá spektrální pozorování mateřské hvězdy, kterou najdeme ve vzdálenosti 700 světelných let, v souhvězdí Lyry.



Obr.34 Nahoře: schéma tranzitu exoplanety před hvězdou. Dole: nejkvalitnější světelná křivka (graf závislosti jasnosti hvězdy na čase), kterou tým získal 18. dubna 2010 dalekohledem univerzitní observatoře v Jeně.

Zdroje:

- <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/07/100708192842.htm>
- <http://www.astro.uni-jena.de/wasp-3/>

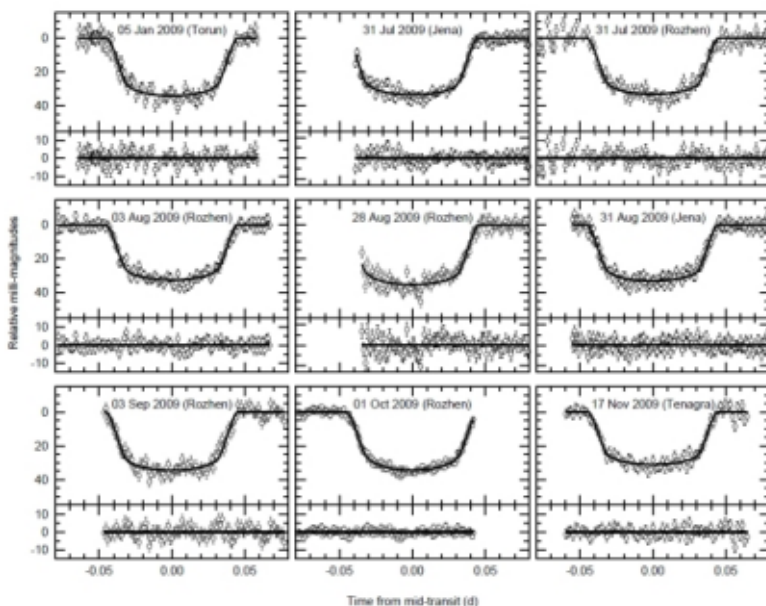
A ještě jednou časování tranzitů: WASP-10 c

Jádro týmu, který oznámil možný objev exoplanety WASP-3 c, se rozšířilo o astronomy z dalších zemí a představilo možný objev druhé exoplanety, u hvězdy WASP-10. Na objevu se podíleli i čeští a slovenští astronomové.

Gracjan Maciejewski a jeho kolegové, se tentokrát zaměřili na hvězdu WASP-10, která má asi 70% velikost a hmotnost, ve srovnání se Sluncem. WASP-10 najdeme v souhvězdí Pegase, ve vzdálenosti asi 300 světelných let.

V roce 2008, oznámili astronomové z projektu SuperWASP, objev exoplanety WASP-10 b. Jedná se o poměrně těžkého, horkého Jupitera. Hmotnost planety byla odhadnuta na 3 Jupitery, poloměr je však jen o chloupek větší, ve srovnání s obrem Sluneční soustavy. WASP-10 b obíhá okolo mateřské hvězdy ve vzdálenosti asi 0,03 AU, s dobou oběhu 3 dny.

WASP-10 b, byla nalezena tranzitní metodou, kdy se přítomnost planetárního průvodce, projeví periodickými poklesy jasnosti hvězdy. Astronomové už delší dobu přemýšleli v teoretické rovině, nad využitím jakési „odnože“ tranzitní metody.



Obr.35 Světelné křivky hvězdy WASP-10 zachycují tranzity exoplanety WASP-10 b a byly získány v průběhu roku 2009 dalekohledy v Německu (Jena), Bulharsku (Rozhen), Polsku (Torun), USA (Tenagra). Credit: Maciejewski a spol.

K přechodům exoplanet před hvězdou, dochází obvykle se železnou přesností. Důležité je však slovo „obvykle“. Představme si situaci, kdy okolo hvězdy obíhá ještě jedna planeta. Obě planety na sebe vzájemně působí, což vyvolává drobné odchylky v oběžných drahách. To se následně projeví v časech tranzitů. Pokud tedy pozorujeme tranzity exoplanety po delší dobu s dobrou přesností, můžeme v odchylkách její oběžné doby, nalézt náznaky existence další exoplanety. Této metodě se říká časování tranzitů a díky dostatku objevených exoplanet tranzitní metodou, vylepšeným postupům a mezinárodní koordinaci, se postupně daří přenést tuto metodu, z teoretických úvah do praxe.

Mezinárodní tým získal v loňském roce 9 světelných křivek a pozoroval 8 tranzitů exoplanety WASP-10 b, před mateřskou hvězdou. Využity byly dalekohledy v Polsku, Německu, Bulharsku, USA a Japonsku, o velikosti od 0,6 do 2 metrů.

Na základě odchylek v tranzitech exoplanety, usuzuje mezinárodní tým na existenci druhé exoplanety, o hmotnosti asi 0,1 Jupiteru, s dobou oběhu 5,23 dní. Objekt ovšem teprve čeká na potvrzení, což může být nová výzva pro astronomy. Pokud by domnělá exoplaneta rovněž vykonávala tranzity, způsobovala by pokles jasnosti hvězdy asi o 0,3%.

Exoplanety WASP-10 b a nepotvrzená WASP-10 c, obíhají okolo své hvězdy v rezonanci, což je situace, kdy jsou oběžné doby těles v poměru celých čísel. V případě planetární soustavy u hvězdy WASP-10, by se jednalo o rezonanci 5:3.

Sekundárním výsledkem pozorování hvězdy WASP-10, je poměrně přesné určení jejího stáří. Astronomové využili novou a relativně přesnou metodu, které se říká gyrochronologie. Stáří hvězdy lze v tomto případě určit na základě měření její rotace. Stáří WASP-10, bylo odhadnuto na 270 ± 80 milionů let, což je výrazně méně, než se původně očekávalo. Připomeňme, že stáří našeho Slunce je asi 4,7 miliardy let.

V mezinárodním týmu, který stojí za současným objevem, jsou astronomové z Bulharska, Německa, Polska, Tchaj-wanu, Ukrajiny, Japonska, České republiky a Slovenska. Za Českou republiku, je v týmu Tereza Krejčová, z Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, za Slovensko pak Ján Budaj, z Astronomického ústavu Slovenské akademie věd.

Autoři v odborném článku uvádějí, že při objevu hrála klíčovou roli dřívější pozorování. Čerpáno bylo zejména z Databáze tranzitujících exoplanet, kterou provozují čeští astronomové amatéři – odkaz.

Zdroj:

http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1009/1009.4567v1.pdf

Třetí exoplaneta u hvězdy CoRoT-7?

V létě prolétla astronomickými kuloáry zpráva o objevu třetí exoplanety u hvězdy CoRoT-7. Exoplaneta zatím levituje v oblasti horkého kandidáta a na potvrzení její existence se netrpělivě čeká. Situace je okořeněna zejména tím, že u hvězdy CoRoT-7 se podařilo objevit již dvě kamenné exoplanety, o hmotnosti 4,7 a 8,4 Zemí.

Celý příběh se začal psát v únoru 2009, kdy kosmický dalekohled CoRoT objevil dosud nejmenší exoplanetu u hvězdy hlavní posloupnosti. CoRoT-7 b má hmotnost 4,7 Mz a poloměr 1,6 Rz.

Exoplaneta obíhá okolo svého slunce, ve vzdálenosti jen 0,017 AU s dobou oběhu 20 hodin, 29 minut a 10 sekund

V září loňského roku, oznámili vědci objev druhé exoplanety. Úspěch si tentokrát na své konto připsal slavný spektrograf HARPS, který je umístěn na 3,6 m dalekohledu Evropské jižní observatoře. CoRoT-7 c má hmotnost 8,4 Mz a okolo hvězdy obíhá ve vzdálenosti 0,04 AU, s periodou 3,7 dne.

Třetí exoplaneta?

Mezinárodní tým astronomů z Německa, Rakouska, Francie a Nizozemska analyzoval data ze spektrografu HARPS a upřesnil hmotnost exoplanety CoRoT-7 b, na $6,9 \pm 1,4$ Země, což je o něco více, než činí předešlé odhady. Kromě toho, se podařilo nalézt třetí exoplanetu u dané hvězdy. CoRoT-7 d, má mít hmotnost asi 19,5 Země a obíhat okolo svého slunce, s periodou 9. dní. K potvrzení existence planety, jsou však potřeba další spektroskopická pozorování. Pokud by se existence třetího planetárního průvodce potvrdila, měli bychom u hvězdy CoRoT-7 poměrně pěknou rodinku, skládající se ze dvou kamenných exoplanet typu super-Země a jednoho plynného obra o hmotnosti nepatrně větší, ve srovnání s Neptunem.

Zdroje:

<http://exoplanet.eu/star.php?st=CoRoT-7>

<http://exoplanet.eu/papers/corot7RV.pdf>

Situace na trhu

Metoda	Počet exoplanet	Počet planetárních systémů	Počet multiplanetárních systémů
Měření radiální rychlosti a astrometrie	459	386	45
Tranzitní fotometrie	101	100	7
Pulsary	8	5	2
Mikročochky	10	9	1
Přímé zobrazení	13	11	1

Celkový počet známých exoplanet k 30. září 2010: 490

Za uplynulé 3 měsíce přibylo 26 nových exoplanet.

Poznámka: Tabulka udává počty detekovaných exoplanet jednotlivými metodami. Jedna exoplaneta může být postupně detekována dvěma a více metodami, např. všechny exoplanety, objevené metodou tranzitní fotometrie byly pozorovány také metodou měření radiálních rychlostí. Kombinací metod se o exoplanetě zjistí více informací.

Zdroj: <http://www.exoplanet.eu/catalog.php>

