



# GLIESE

Časopis o exoplanetách a astrobiologii

---



Číslo 4/2011

Ročník IV

**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/](http://www.exoplanety.cz/gliese/zasilani/)).

## **GLIESE 4/2011**

**Vydavatel:** Petr Kubala

**Web:** [www.exoplanety.cz/gliese/](http://www.exoplanety.cz/gliese/)

**E-mail:** [gliese@exoplanety.cz](mailto:gliese@exoplanety.cz)

**Šéfredaktor:** Petr Kubala

**Jaz. korektury:** Květoslav Beran

**Návrh layoutu:** Michal Hlavatý, [Scribus](#)

**Návrh Loga:** Petr Valach, Mikuláš Pätoprstý

**Uzávěrka:** 30. září 2011

**Vyšlo:** 11. října 2011

**Další číslo:** ~ 10. ledna 2012

**ISSN:** 1803-151X

---

# OBSAH

<i>Úvodník</i>	5
<b>Téma: Kepler na křižovatce</b>	6
<b>Komentář: jedna z nejslavnějších exoplanet možná</b>	10
<b>Ze světa exoplanet</b>	12
Astronomové našli tranzit falešné super-Země HD 97658 b!	12
Exoplaneta roztočila matku a spustila magnetické divadlo	13
KOI-730: šílený planetární systém není tak šílený	14
Nejtemnější z exoplanet	16
<b>Rozhovor: Stanislav Štefl o spektrografu ESPRESSO</b>	17
<b>Planetární evoluce</b>	19
Astronomové možná našli trosky exoplanety zemského typu	19
Obrovské polární záře v atmosférách horkých Jupiterů	20
Osud planetárního systému je předurčen na samém počátku	22
Některé super-Země mohou být nazí Jupiteri	23
<b>Lovci exoplanet</b>	26
Amatérský astronom objevil na snímcích z Keplera novou mlhovinu	26
Nalezneme obyvatelnou planetu díky pravidlu z 18. století?	27
Amatérští astronomové se spojili a loví exoplanety u mrtvých hvězd	29
Evropa bude hledat exoplanety tam, kde to NASA zabalila	33
Horcí Jupiteri v zorném poli HST	35
Astronomové možná kvůli špatným algoritmům přehlédli řadu exoplanet	36
<b>Astrobiologie</b>	39
Nový výpočet obyvatelné oblasti	39
Život u galaktického centra prý nemusí být tak špatný	44

---

Modrá je špatná? Už je to tak!	45
<b>Sluneční soustava</b>	49
Astronomové objevili dva nové měsíce Jupiteru	49
Hubblův dalekohled objevil nový měsíc trpasličí planety Pluto!	51
Sonda NASA našla na Marsu tekoucí vodu!	52
Může Jupiterův měsíc Io hostit extrémní formy života?	54
<b>Stelární astronomie</b>	55
Hvězdy ve vesmíru vznikaly navzdory teoriím	55
Šest hnědých trpaslíků o teplotě lidského těla	57
Extrémní bouře v atmosféře hnědého trpaslíka	60
<b>Nové exoplanety: tranzitní metoda - Kepler</b>	61
Kepler-15 b: poprvé z Texasu	61
Kepler-17 b: hvězdná skvrna	61
Kepler-19: systém s neviditelnou planetou	62
Kepler-12 b	64
Kepler-16 (AB) b: planeta z Hvězdných válek	65
Jak se z laiků stali lovci exoplanet	66
KOI-196.01 versus nejtemnější z exoplanet	67
<b>Nové exoplanety: tranzitní metoda - ostatní lovci</b>	69
Super-WASP - balík	69
WASP-50	70
TrES-5: vzdálený svět se slabou matkou	70
<b>Nové exoplanety: radiální rychlosti</b>	70
Americký balík 18 exoplanet	70
HARPS: balík jako hrom	72
HD 8512 b – je tam život?	74
HD 20794 – tři super-Země	75
HIP 57274: tři planety	77
<b>Nové exoplanety: pulsary</b>	77
Astronomové našli falešnou diamantovou planetu	77
<b>Situace na trhu</b>	80

## Úvodník

Nové číslo časopisu Gliese je nejen nabité novými objevy, ale také drobnými změnami ve struktuře. Obsah časopisu jsme pro přehlednost rozdělili na několik částí. První z nich není nová, týká se hlavního tématu. Objevu či tématu, které bylo za uplynulé tři měsíce dle našeho názoru klíčové. Bude se jednat převážně o delší text, který nevyšel na webu [exoplanety.cz](http://exoplanety.cz).

Za hlavním tématem budou následovat delší či kratší články seřazené do logických celků. Dělení se dotklo rovněž nových objevů exoplanet. Těch v poslední době přibývá a do budoucna to asi nebude jiné. Vždyť jen do konce září letošního roku bylo objeveno na 160 nových planet mimo Sluneční soustavu, což je dvojnásobek toho, co se podařilo objevit za celý rok 2009!

Určité evoluční změny budou provázet Gliese také v příštích číslech. Chceme z Gliese vytvořit kvalitní, ucelený magazín, jenž bude podrobně mapovat dění v oboru. Nedávno jsme na [exoplanety.cz](http://exoplanety.cz) udělali anketu, ve které mohli čtenáři hlasovat o vývoji časopisu. Bohužel některá přání a prosby není v našich silách možné vyslyšet. Například s nedostatkem obrazového materiálu budeme v rámci výzkumu exoplanet bojovat i nejbližších letech. Více článků o astrobiologii a životě ve vesmíru bychom sice mohli přidat, problémem ovšem je jednak nedostatek času (obsah časopisu z velké části zajišťuje jeden člověk) a potom také nechceme upustit od našeho hlavního kurzu, kterým je mapování výzkumu exoplanet.

*PK*

**Titulní stránka:** Exoplaneta HD 85512 b v představách malíře. Credit: ESO/M. Kornmesser



---

## Téma: Kepler na křižovatce

Na začátku prosince proběhne první kongres, věnovaný pouze výsledkům kosmického dalekohledu Kepler. Někdy v budoucnu bychom rádi připravili speciál našeho časopisu (dost možná i tištěný), ve kterém bychom shrnuli všechny výsledky tohoto lovce exoplanet. Na to je ale ještě dostatek času a tak se v tomto čísle alespoň podíváme na novinky okolo Keplera a výhled do budoucna, který není příliš optimistický.

### Peníze, peníze a zase peníze

Když se kosmický dalekohled Kepler vydával v březnu 2009 na lov exoplanet, měl ve vínku garantovanou primární část mise po dobu zhruba 3,5 let. Za tento čas měl splnit hlavní cíle své mise. Doba 3,5 let nebyla zvolena jen tak od oka nebo v závislosti na nějakých technických aspektech ale souvisí se snahou nalézt exoplanety o velikosti Země, které obíhají v obyvatelné oblasti okolo hvězd spektrální třídy G (tedy jako Slunce). Pokud předpokládáme, že tyto planety mají oběžnou dobu 1 rok a že potřebujeme pozorovat ideálně 3 tranzity, pak je délka primární části mise celkem logická.

Jenomže výsledky Keplera nejsou v některých ohledech tak růžové, jak se může zdát. Dalekohled sice sype stovky a tisíce kandidátů, jak se od něj očekávalo, ale z obrovského množství dat rovněž vyplynulo, že některé hvězdy jsou mnohem aktivnější, než jsme čekali. Díky tomu by tým potřeboval pozorovat vybraný vzorek hvězd po delší dobu, aby si byl jistější zejména u objevů menších kandidátů (a kvůli nim byl přece Kepler do vesmíru vyslán).

Z technického hlediska prodloužení mise nic nebrání, horší je to ovšem s finančními zdroji. Roční provoz Keplera stojí „jen“ asi 19 milionů dolarů, což jsou pro představu asi 3% jeho „pořizovací ceny“.

Lidé z týmu by si přáli prodloužení mise alespoň do roku 2016. Realita ale zatím vypadá podstatně hůře. Je veřejným tajemstvím, že velké množství lidí, kteří na projektu Keplera pracovali, již podala výpověď a další čeká propuštění pro nadbytečnost. Podle odhadů by rozpočet Keplera mohl být seškrtnán o více než 50% (hovoří se dokonce o 80%), což by zkomplikovalo už tak složitou analýzu dostupných dat.

Jedna z hlavních persón projektu, Natalia Batalha, se na jednom z nedávných kongresů nechala slyšet, že tým se snaží sehnat i peníze ze soukromých zdrojů. Toto snažení se však zatím zdá jako nepřilíš úspěšné.

## Nové astrobiologicky atraktivní cíle

V únoru letošního roku jsme provedli analýzu 1235 kandidátů a vybrali ty, na jejichž povrchu by mohly být podmínky k životu. Nutno podotknout, že se jednalo o prvotní data a všichni kandidáti jsou stále jen nepotvrzenými objevy.

Před nedávnem se objevila nová studie, která přináší další nadějně kandidáty, na jejichž povrchu se rovnovážná teplota pohybuje mezi 217 až 261 K (-56 až -12°C). Rovnovážná teplota nebere v úvahu vliv atmosféry, takže konečná teplota na povrchu možné planety bude větší. Z tohoto důvodu je nutné hledat vždy kandidáty s rovnovážnou teplotou bod bodem mrazu (například atmosféra naší Země zvyšuje teplotu na povrchu o cca 30°C).

Z únorových dat vyplývalo, že 54 kandidátů obíhá okolo své hvězdy v obyvatelné oblasti, avšak pouze hrstka z nich má reálnou šanci na existenci kamenného povrchu (zbytek jsou ledoví nebo plynní obři). V naší tehdejší analýze (viz <http://www.exoplanety.cz/2011/02/exkluzivne-obyvatelni-kandidati-od-keplera-a-astrobiologicka-sekera/>) jsme vybrali 6 z těchto kandidátů a prokázali, že největší naděje splňují KOI 854.01 a KOI 701.03.

Philip S. Muirhead a jeho kolegové nyní přicházejí s novou studií (<http://arxiv.org/abs/1109.1819>), která do problematiky vnáší čerstvý vítr. Autoři upravili údaje pro některé z mateřských hvězd, čímž se současně změnil pohled na objevené kandidáty.

Informace o nadějných kandidátech, kteří se a) nacházejí uvnitř obyvatelné oblasti a b) mají poloměr menší než 2 Země, představujeme v tabulce níže.

**Tabulka 1:** Noví obyvatelní kandidáti od Keplera

Název	Poloměr (Rz)	Oběžná doba (dny)	Rovnovážná teplota (K)
736.01	1,07	19	251
947.01	1,24	29	233
494.01	1,05	26	231
227.01	1,46	18	290
610.01	0,87	14	287
817.01	1,29	24	276
784.01	1,14	19	275
255.01	1,8	28	258
1361.01	1,58	60	228
463.01	0,93	18	194

Rz - poloměr Země

---

**V neposlední řadě uvádíme aktualizaci kandidátů, o kterých jsme už hovořili v únoru v naší analýze. V závorce jsou uvedené předešlé hodnoty.**

**Tabulka 2:** Aktualizace obyvatelných kandidátů, zveřejněných v únoru 2011.

Název	Poloměr (Rz)	Oběžná doba (dny)	Rovnovážná teplota (K)
854.01	1,15 (1,91)	56	186 (248 K)
1026.01	0,97 (1,7)	94	178 (242 K)

Muirhead provedl analýzu z dat, která byla dostupná v únoru 2011 (+ je rozšířil o některá spektroskopická měření dalekohledem Hale na Paranal). Ve vzduchu je ale dalších asi 500 kandidátů, které Kepler objevil od září do prosince 2011. Podle některých neoficiálních informací je v tomto balíčku dalších asi 150 kandidátů v obyvatelné oblasti. Na zveřejnění studie s podrobnostmi ale čekáme.

Už víme, kolik exoplanet Kepler objevil

Do dnešních dní bylo potvrzeno něco přes 20 exoplanet, které Kepler objevil. Kromě toho však známe už 1 235 kandidátů (většina jsou nepotvrzené exoplanety) a zmíněnou pětistovku, která je zatím zahalena tajemstvím.

Potvrzování existence objevených exoplanet jde pomalu. Počet spektrografů, které jsou schopné získat přesná měření radiálních rychlostí mateřských hvězd je poskromnu a pozorovacího času na nich je ještě méně. Tým Keplera si proto z dat vyzobává zajímavé kandidáty a ověřuje přednostně je.

Hlavním úkolem Keplera je ovšem získat určitého povědomí o tom, kolik exoplanet se vyskytuje v naší Galaxii u různých typů hvězd. Potvrzení jednotlivých kandidátů pro tyto účely nutné není. Stačí, když budeme znát co nejpřesněji pravděpodobnost existence těchto kandidátů. Na nedávném kongresu o Extrémních planetárních systémech se hovořilo o tom, že 90% kandidátů od Keplera má menší jak 10% pravděpodobnost falešného poplachu, 50% z tohoto počtu pak menší než 5%. Když to shrneme, Kepler podle realistických odhadů našel asi 1400 nových exoplanet. Jen zkrátka nevíme, které z nich to jsou.

### **Rozpor v datech**

V tomto čísle popisujeme objev 50 nových exoplanet spektrografem HARPS. Ženevští astronomové při té příležitosti přispěchali se statistickými odhady a navrhnou, že u 30% až 50% hvězd spektrálního typu K a G (tedy hvězd více méně podobných Slunci) se nachází alespoň jedna planeta o hmotnosti menší než 17 Zemí a dobou oběhu pod 50 dní. Pokud by to byla pravda, byla by Galaxie plná stovek miliard relativně malých ledových či dokonce terestrických světů.

Jenomže data z Keplera s těmito závěry nekorespondují. Porovnávat výsledky



---

spektrografu HARPS a Keplera není vůbec snadné. Byť se jedná o výzkum téhož, oba projekty na to jdou z opačných konců. V případě Keplera můžeme jen těžko hovořit o planetách s hmotností pod 17 Zemí, když Kepler jak známo dokáže „změřit“ pouze velikost objevených kandidátů a hmotnost nikoliv (až na výjimky).

Vědci se přesto pokusili výsledky porovnat na základě statistických postupů a odhadů. Jako hodnota srovnatelná s hmotností 17 Zemí byl zvolen poloměr 4 Země.

Musíme si uvědomit, že planety, jejíž roviny oběžných drah k nám nesměřují, Kepler nenajde. Tento handicap ale lze odstranit, neboť víme, s jakou pravděpodobností bude dráha planety směřovat k nám. U planet na dráze s oběžnou dobou do 50 dní se pohybuje od 1% do 15% (v závislosti na vzdálenosti planety od hvězdy a poloměru hvězdy).

Když to shrneme, Kepler měl dle HARPS objevit asi 3000 kandidátů o poloměru menší než 4 Země a oběžné době kratší než 50 dní. Kepler jich ale našel jen 1000, což je zkrátka příliš velký rozdíl.

Pokud jsou data od obou lovců exoplanet správná, pak musíme přijít s nějakým vysvětlením. Jedno nabízí Gregory Laughlin (Kalifornská univerzita Santa Cruz) na svém webu a v odborném článku.

Podle Laughlina existují v dané kategorii dvě protichůdné a dominantní typy exoplanet. Na jedné straně jde o malé planety s vysokou hustotou, které se skládají zejména z křemičitanů a železa, na straně druhé ledová obří o velmi malé hustotě.

### **Zdroje:**

<http://phl.upr.edu/library/notes/currentnumberofhabitableexoplanets16>

<http://arxiv.org/abs/1109.4682>

<http://arxiv.org/abs/1109.1819>

<http://oklo.org/2011/09/10/concordance/>

<http://arxiv.org/abs/1108.5842>

---

## Komentář: jedna z nejslavnějších exoplanet možná

Jestli popularizátoři exoplanet nemají něco rádi, pak jsou to dvě věci. V prvním případě žalostný nedostatek obrazového materiálu a v tom druhém studie, které popírají existenci již potvrzené exoplanety. Fomalhaut b se dotýká obou těchto oblastí. Je to jedna z mála exoplanet, která byla objevena přímým zobrazením, ale je to dost možná i další z těch, které v budoucnu zapadnou do vod nepotvrzených objevů.

Fomalhaut je nejjasnější hvězdou souhvězdí Jižní ryby, které se (jak už název napovídá) nachází na jižní obloze. Se svou jasností kolem 1,2 mag patří mezi TOP 20 nejjasnějších hvězd na obloze a je tak bez problémů viditelná pouhým okem. Aby také ne, když se nachází jen 25 světelných let od Země a je dvakrát hmotnější a 17x svítivější než naše Slunce.

Fomalhaut je velmi mladou hvězdou, její stáří se odhaduje na 100 až 200 milionů let. Není proto asi žádným překvapením, že v jejím okolí najdeme disk prachu a plynu, ze kterého mohou vznikat planety. Hubblův dalekohled u rybí tlamy, jak zní český překlad arabského názvu, našel v roce 2005 podezřelou mezeru v protoplanetárním disku. Vznik podobným mezer lze vysvětlit existencí hmotnějšího tělesa (planety), které si v disku udělalo cestičku a materiál nabalilo na sebe svou gravitací.

Paul Kalas (Kalifornská univerzita, Berkeley) v roce 2008 skutečně objev exoplanety ohlásil. Fomalhaut b byla hezky patrná jako „jasné smítko“ v disku na snímcích z Hubblova dalekohledu z let 2004 a 2006. Podle odhadů má planeta hmotnost menší než 3 Jupitery a okolo hvězdy obíhá ve vzdálenosti plných 115 AU s periodou 877 let!

### Podivná dráha

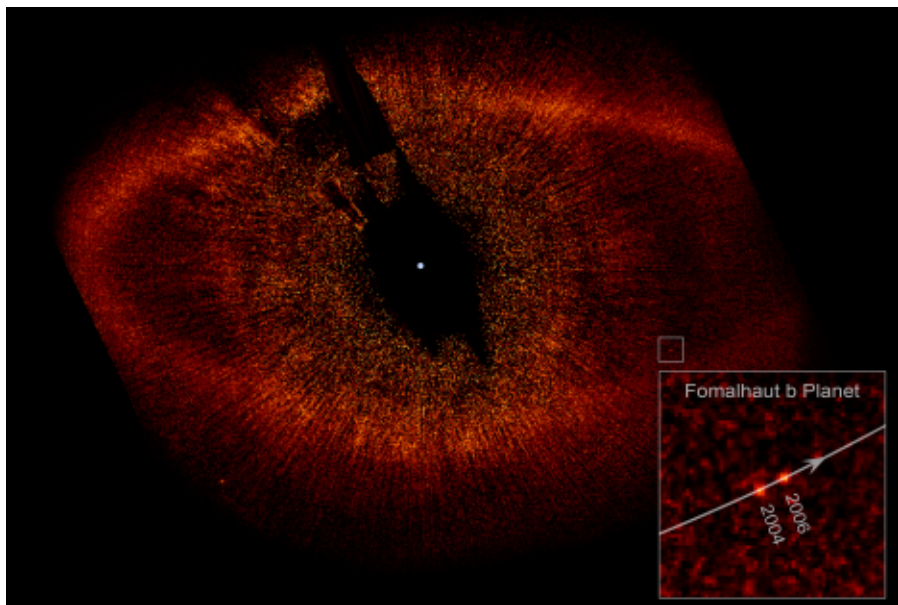
Přístroj, který snímky pořídil, v roce 2007 odešel do kosmonautického nebe (i když provoz byl později částečně obnoven) a žádný pozemský dalekohled nebyl planetu schopen detekovat. Vědci proto použili jinou z Hubblůvých kamer a na hvězdu Fomalhaut a její okolí se podívali s odstupem času.

Planeta sice na snímku nalezena byla, ale jinde než by měla být. Na tom, že se na své oběžné dráze pohnula, samozřejmě není nic neobvyklého. Problém ovšem je, že planeta se nyní nachází uvnitř disku a už nekopíruje mezeru, jak by dle teorie měla.

Nejnovější snímek samozřejmě silně nabourává původní objev. Problém však může být i v tom, že snímky byly získány dvěma rozdílnými přístroji (Advanced Camera for Surveys a Space Telescope Imaging Spectrograph), domnělá

planeta na posledním snímku může být jen hvězdou na pozadí apod.

Problémem ovšem je, že Fomalhaut b září ve viditelné části spektra až příliš mnoho. Astronomové se snažili planetu pozorovat také v infračerveném záření, což by mělo být ještě snazší (mladé planety jsou horké), ale bez úspěchu. Kalas to interpretuje tím, že planetární systém může být mnohem starší, než se předpokládá a to, co pozorujeme, je záření materiálu v okolí planety Fomalhaut b.



**Obr.1** Disk u hvězdy Fomalhaut a pozice možné planety v letech 2004 a 2006. Právě na základě těchto snímků byl objev Fomalhaut b uznán. Credit: NASA

### Mezinárodní astronomický konflikt

Současná situace navíc vyvolala nezvykle vášnivé diskuse. Do nich se zapojili Paul Kalas, Jean Schneider (provozovatel katalogu exoplanet.eu) a Ray Jayawardhana (Univerzita Toronto). Ve sporu jde hlavně o to, zda má být Fomalhaut b vyhozena z katalogu, nebo pouze doplněna o poznámku o pochybách existence či ani jedno ani druhé. Alespoň prozatím vyhrála prostřední kompromisní varianta. Ray Jayawardhana si při hodnocení věrohodnosti existence planety nebral moc servítky, což mu Kalas vrátil s tím, že když už chce vyhazovat, tak ať vyhodí z katalogu i další z exoplanet, objevených přímým zobrazením – 1RXS1609 b. Ta byla nalezena jen asi půl roku před planetou Fomalhaut b. Je-

---

jím objevitelem není nikdo jiný než Ray Jayawardhan.

Kalas a Jayawardhan se evidentně nemají rádi už řadu let. Byl to právě Kalas, který v roce 1998 stvořil termín „planetární mánie“ v narážce na studii Jayawardhana. Nadsazený termín je dnes snad ještě o deset řádů aktuálnější než v době svého vzniku.

V poslední době můžeme pozorovat jakousi bulvarizaci vědy. Řada týmu je pod nepředstavitelným tlakem svých mecenášů a snaží se proto oznámit objev dříve, než jsou si jistí v kramflecích. Zejména u tak delikátního a složitého oboru, jakým jsou exoplanety, by zdrženlivost byla namístě. To by ale nesměl existovat tlak ze strany dychtivé veřejnosti a zejména obava o to, že vám mediálně atraktivní objev někdo vyfoukne pod nosem. V neposlední řadě chtějí mnohdy až šokující objevy vidět i ti, kteří na ně dávají peníze. Obhajovat se tím, že jste sice pět let nic extra nepublikovali, ale děláte na objevu, který bude zásadní, se bohužel v dnešní době nenosí.

Pokud jde o Fomalhaut b, spor může nejdříve rozlousknout jen další snímek z Hubblova dalekohledu. Ten by se měl na hvězdu zaměřit v průběhu příštího roku. Dříve by to smysl nemělo, (pravděpodobná) planeta se vzhledem k velké oběžné době pohybuje jen pomalu, takže pořizovat snímky s kratším než dvouletým odstupem je zbytečné.

#### **Zdroje:**

<http://www.nature.com/news/2011/110923/full/news.2011.555.html#B2>

<http://arxiv.org/abs/0811.1994>

---

## **Ze světa exoplanet**

### **Astronomové našli tranzit falešné super-Země HD 97658 b!**

Američtí astronomové představili v loňském roce objev exoplanety HD 97658 b, která měla se svou hmotností (8,2 Země, dle novějších dat dokonce jen 6,4 Země) spadat do kategorie super-Zemí, tedy planet s kamenným povrchem a hmotností menší než 10 Zemí. Gregory W. Henry a jeho tým však nyní našli tranzity této planety, které na celou planetu vrhají poněkud jiné světlo.

HD 97658 b byla objevena projektem NASA-UC Eta-Earth Survey pomocí mě-

---

ření radiálních rychlostí. V rukou jsme tak měli pouze odhad hmotnosti. Okolo své mateřské hvězdy obíhá HD 97658 b ve vzdálenosti 0,08 AU s dobou oběhu 9,5 dní. Mateřská hvězda je spektrální třídy K1V o hmotnosti asi 0,8 Slunce a nachází se ve vzdálenosti 76 světelných let v souhvězdí Lva. S jasností necelých 8. mag sice není ani zdaleka viditelná pouhým okem, jedná se však o jednu z nejjasnějších hvězd, u kterých byla objevena tranzitující exoplaneta, což do budoucna nabízí mnoho příležitostí.

Na základě pozorování tranzitů se podařilo určit poloměr planety na 2,9 Země, což v kombinaci s hmotností dává velmi malou hustotu planety – jen 1400 kg/m<sup>3</sup>. Podle simulací se tak patrně jedná typově o menšího Neptuna. Planeta bude disponovat atmosférou z vodíku, hélia a vody. Jedná se o podobnou exoplanetu, jakou je GJ 1214 b.

### **Zdroj:**

<http://arxiv.org/abs/1109.2549>

.....

## **Exoplaneta roztočila matku a spustila magnetické divadlo**

Dalekohled VLT Evropské jižní observatoře spojil síly s veteránem rentgenové astronomie – kosmickým dalekohledem Chandra a společně se podívali na zoubek exoplanetě CoRoT-2 b a její mateřské hvězdě.

CoRoT-2 nalezneme ve vzdálenosti zhruba 800 světelných let směrem v souhvězdí Orla. Jedná se o hvězdu podobnou našemu Slunci, u které evropský kosmický dalekohled CoRoT objevil v roce 2007 exoplanetu CoRoT-2 b o hmotnosti 3,3 Jupiteru ale poloměru jen 1,4 Jupiteru. Planeta obíhá okolo své hvězdy asi jen 10x dál, než obíhá Měsíc kolem Země. Oběžná doba planety činí jen 1,7 dní.

Astronomové pozorovali u mateřské hvězdy velmi silné emise rentgenová záření a silné turbulentní magnetické pole. Je pravdou, že u mladých hvězd není takové chování neobvyklé, jenomže CoRoT-2 má dle odhadů 100 až 300 milionů let a v tomhle věku by už měla být výrazně klidnější.



**Obr.2** Vlevo: hvězda CoRoT-2 v oblasti viditelného a rentgenová záření, vpravo: s exoplanetou v představách malíře. Credit: Optical: NASA/NSF/IPAC-Caltech/UMass/2MASS, PROMPT; Wide field image: DSS; X-ray: NASA/CXC/Univ of Hamburg/S.Schröter et al; Illustration: CXC/M. Weiss

Příčinu můžeme podle všeho hledat v exoplanetě, která udržuje rychlou rotaci hvězdy a tím i silnější magnetické pole. Astronomové pozorovali pravděpodobného průvodce hvězdy CoRoT-2 ve vzdálenosti 1000 AU, ale žádné náznaky silnějšího magnetického pole nenalezli. Obě hvězdy by přitom měly vzniknout ve stejnou dobu.

#### **Zdroj:**

[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/chandra/multimedia/corot2a\\_photo.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/multimedia/corot2a_photo.html)

---

### **KOI-730: šílený planetární systém není tak šílený**

V americkém státě Wyoming se konal kongres, věnovaný „extrémním planetárním systémům“. Řada informací a článků v tomto čísle konec konců vychází právě z příspěvků, které na setkání světové exoplanetární špičky zazněly.

Jeden z nich se věnoval systému KOI-730, o němž jsme už dříve psali (<http://www.exoplanety.cz/2011/02/koi-730-dve-tranzitujici-exoplanety-obihaji-po-stejne-draze/>). Jedná se o systém se čtyřmi kandidáty (nepotvrzenými exoplanetami), který byl objeven dalekohledem Kepler.

---

Systém vzbudil pozdvižení vzhledem k tomu, že dvě ze čtyř planet měly mít stejnou oběžnou dráhu. KOI-730.02 a KOI-730.03 měly okolo hvězdy obíhat ve vzdálenosti 0,092 AU s dobou oběhu 9,84 dní. Poloměr obou planet se odhaduje na 2,3 a 2,5 Země. První planeta měla dle prvních výsledků předcházet svou sestru na oběžné dráze o 60°.

Jenomže novější data ukazují, že to mu tak není. Obě planety patrně obíhají po nezávislých drahách. KOI-730 ovšem nadále zůstane oceňován jako mimořádně zajímavý systém a to ze dvou důvodů. Tím prvním je fakt, že Kepler objevil tranzitní metodou u jedné hvězdy hned 4 planety. V praxi to musí znamenat, že všechny obíhají téměř v jedné rovině. Před startem Keplera se nečekal objev takto početných systémů. Rekordmanem je v tomto ohledu Kepler-11 se šesti planetami.

Druhým a hlavním bonbónkem jsou oběžné doby všech kandidátů:

KOI-730.01 (KOI-730 b): 14,79 dní

KOI-730.02 (KOI-730 c): 9,85 dní

KOI-730.03 (KOI-730 d): 19,72 dní

KOI-730.04 (KOI-730 e): 7,38 dní

Na první pohled není na oběžných dobách nic zvláštního, ale zkuste si tato čísla podělit a vyjde vám poměr 3:4:6:8. Pokud jsou oběžné doby v poměru celých kladných čísel, říkáme tomu gravitační rezonance. Takovýto poměr mezi dvěma planetami je obvyklý, mezi třemi už poněkud méně ale čtyři planety v tzv. řetězci rezonancí, to už je panečku pro planetární teoretiky hezké pozdvižení. Studovat vznik a vývoj systému KOI-730 může být pro výzkum exoplanet značně přínosné.

Je poměrně nepravděpodobné, že by si astronomové spletli takto „silnou“ rezonanci s falešným poplachem. I přesto, že chybí měření radiálních rychlostí, považuje už odborná veřejnost systém KOI-730 za potvrzený.

Poloměry jednotlivých planet (b až e) jsou 2; 2,5; 3,4 a 2,7 Země.

## Zdroj:

KOI-730 As A System Of Four Planets In A Chain Of Resonances (Extreme Solar Systems II)

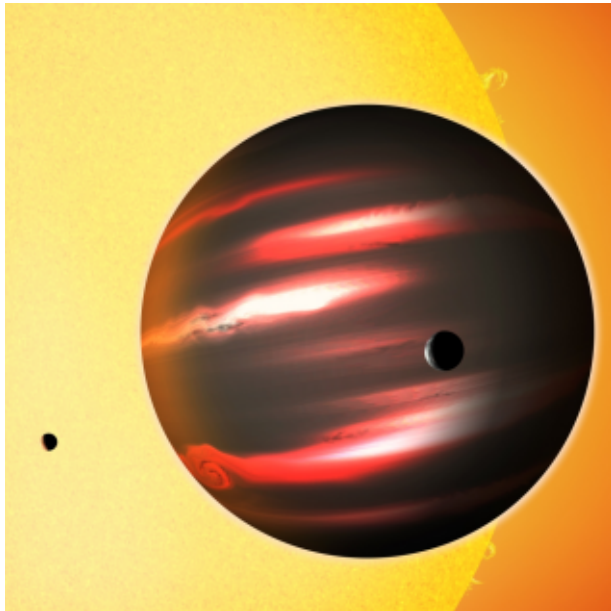
---

## Nejtemnější z exoplanet

Ve škole nás učili, že planety na rozdíl od hvězd nesvítí vlastním světlem, ale odráží světlo sluneční. Není to sice tak úplně pravda, neboť plynní obři z různých důvodů vyzařují i více záření než dostávají a to zejména v infračervené části spektra, nicméně to teď nechme spát. Je pravdou, že každé vesmírné těleso odráží určité procento záření, které přijímá. Poměr odraženého a dopadajícího záření nazýváme albedo. Zatímco Jupiter díky mrakům z amoniaku odráží až polovinu záření, exoplaneta TrES-2 b pouze 1%. Jedná se tedy o velmi temný svět, skoro jako kdyby byl z uhlí.

TrES-2 b je pro astronomy starou známou. Objevena byla už v roce 2006 tranzitní metodou. Hmotnost a poloměr planety se odhaduje na zhruba 1,2 Jupiteru. Okolo mateřské hvězdy obíhá TrES-2 b ve vzdálenosti jen 0,035 AU s periodou 2,4 dní.

Díky malé vzdálenosti od hvězdy je povrch planety rozpálen na 1 000°C a to je příliš vysoká teplota na to, aby se v atmosféře planety mohly nacházet mraky amoniaku. Lze spíše očekávat sodík, draslík apod.



**Obr.3** Exoplaneta TrES-2 b v představách malíře. Credit: David A. Aguilar (CfA)



---

Lovec exoplanet si TrES-2 b „půjčil“ v prvních týdnech své mise v roce 2009, aby si na známé exoplanetě vyzkoušel své přístroje (v katalogu Keplera je TrES-2 b označena také jako Kepler-1 b). Vzhledem k tomu, že Kepler sleduje všechny vybrané hvězdy (asi 165 000) v zorném poli současně, mohli vědci hvězdu TrES-2 zkoumat i po zahájení vědecké části mise. Díky tomu dostali velmi přesná měření jasnosti hvězdy a pozorovali na 50 tranzitů planety před diskem hvězdy. TrES-2 b obíhá tak blízko ke své hvězdě, že má vázanou rotaci. Jinými slovy je ke svému slunci natočena stále stejnou stranou. Díky tomu dochází u planety ke střídání fází, jako to můžeme pozorovat u našeho Měsíce. Pokud dokážeme získat přesná fotometrická data, měli bychom být schopni jednotlivé fáze rozlišit. Jenomže nestalo se tak, což naznačuje, že planeta je velmi tmavá. TrES-2 b vzhledem ke své vysoké teplotě září pouze v infračervené části spektra.

### Zdroje:

<http://kepler.nasa.gov/news/nasakeplernews/index.cfm?FuseAction=ShowNews&NewsID=143>

[http://www.astro.princeton.edu/~dsp/PrincetonSite/Home\\_files/darkest\\_world.pdf](http://www.astro.princeton.edu/~dsp/PrincetonSite/Home_files/darkest_world.pdf)

---

## Rozhovor: Stanislav Štefl o spektrografu ESPRESSO

Very Large Telescope (VLT) v Chile je považován za továrnu na vědu. Jedná se o nejlepší astronomickou techniku, kterou má současná pozemská astronomie k dispozici. Čtyři osmimetrové dalekohledy mohou pracovat samostatně nebo jako interferometr. Jak se pracuje na Cerro Paranal, jednom z chilských stanovišť Evropské jižní observatoře, jsme se zeptali Stanislava Štefla.

**Celý dlouhý rozhovor naleznete na našem webu:** <http://www.exoplanety.cz/2011/09/stanislav-stefl-o-tovarne-na-vedu-v-chilskych-andach/> Do časopisu Gliese jsme vybrali pouze jednu odpověď, která se týká připravovaného spektrografu ESPRESSO (viz <http://www.exoplanety.cz/2011/01/espresso-budoucnost-vyzkumu-exoplanet-s-vuni-kavy/>).

**Exoplanety.cz:** Některé země dnes připravují pro VLT přístroj ESPRESSO. Zaujalo mě, že přístroj bude schopen pracovat ve dvou režimech. Při 1-UT bude pracovat jeden ze čtyř dalekohledů VLT a dosahovaná přesnost má být u ra-

diálních rychlostí 10 cm/s. Při režimu 4-UT budou v „akci“ všechny čtyři dalekohledy a bude sice možné pozorovat i slabší hvězdy, avšak přesnost má být výrazně nižší (kolem 1 m/s). Můžete nám vysvětlit, proč je přesnost při nasazení všech dalekohledů menší?

**S. Štefl:** Přístroj bude pracovat dokonce ve třech režimech. Při spojení se čtyřmi dalekohledy jsou navrženy dva režimy. Pro slabé objekty bude Espresso kombinovat světlo ze čtyř dalekohledů se spektrálním rozlišením 40 000 [1] a bez možnosti simultánní kalibrace vlnové délky, tj. rychlosti. Velmi efektivní režim pro čtyři dalekohledy bude mít spektrální rozlišení 80 000 a bude možné zaznamenat i simultánní kalibraci. Tento režim však bude možné použít jen pro jasnější objekty.

Spektrální rozlišení určuje, jakou nejmenší změnu vlnové délky nebo rychlosti můžeme rozlišit ve spektru. Přístroje s největší přesností v radiální rychlosti vyžadují maximální stabilitu a té je možné dosáhnout vyloučením pohyblivých částí přístroje. Na tomto principu je založen i přístroj HARPS na observatoři La Silla, ze kterého Espresso vychází. HARPS je dnes nejúspěšnějším lovcem nových exoplanet.



**Obr.4** Přemísťování AT dalekohledů. Credit: Stanislav Štefl

---

Důležitým faktorem při pozorování Espressa v režimu s jedním UT dalekohledem je nepohyblivá pupila dalekohledu. Ta dovolí spektrální rozlišení 160 000 a měření radiální rychlosti s přesností na desítky centimetrů. K této fantastické přesnosti přispěje i nový systém laserové simultánní kalibrace a umístění přístroje ve vakuu s teplotou kontrolovanou na několik K. Při použití všech čtyř VLT dalekohledů sice zachytíme více fotonů a tím dohlédneme na slabší hvězdy, avšak kombinováním paprsků, které procházejí čtyřmi nezávislými pupilami, dojde k určitému rozostření systému. Polohy pupil v jednotlivých dalekohledech lze nastavit vždy jen s omezenou, i když vysokou, přesností.

Proto mají také režimy pro čtyři dalekohledy podstatně nižší spektrální rozlišení a tím i nižší přesnost v radiální rychlosti.

**Poznámka:** O spektrálním rozlišení jsme kdysi psali článek (<http://www.exoplanety.cz/2011/05/analyza-exoplanety-ir-astronomi/>)

---

## Planetární evoluce

### Astronomové možná našli trosky exoplanety zemského typu

Velkým hitem tvůrců teorií o vzniku a vývoji planetárních systémů je poslední době průzkum atmosfér bílých trpaslíků. Toto závěrečné stádium ve vývoji hvězdy je pro astronomy přitažlivé ze dvou základních důvodů. Tím prvním je fakt, že i naše Slunce se za pár miliard let stane nejdříve rudým obrem a po odhození plynné obálky pomalu chladnoucím bílým trpaslíkem, tím druhým je velikost těchto objektů, která dosahuje průměru v řádech jen tisíců kilometrů. V blízkosti bílých trpaslíků bychom tak mohli nalézt tranzitní fotometrii i velmi malé objekty.

Fázi bílého trpaslíka předchází etapa rudého obra. Hvězda ke konci života zvětšuje svůj objem, takže případné planety v její blízkosti nemají žádnou šanci.

Astronomové si přesto troufají hledat poblíž bílých trpaslíků potulující se tělesa. V okamžiku odhození plynné obálky na konci fáze rudého obra, ztrácí původní hvězda značnou část své hmotnosti. Planety, které nejsou zničeny, mění své oběžné dráhy a celý planetární systém je rozhozen. To je ideální půda pro nejrůznější gravitační hrátky, během kterých může být větší planetka vymrštěna směrem k bílému trpaslíkovi, který ji následně roztrhává slapovými silami.

---

Právě proto nacházejí astronomové v atmosférách bílých trpaslíků prvky, které by tam normálně být neměly.

**Na podobné téma jsme už dva články psali:**

Planetární hřbitov, křišťálová koule a exoplanetky: <http://www.exoplanety.cz/2010/08/planetarni-hrbitov-a-exoplanetky/>

Hledání trosk u Psí hvězdy bylo negativní: <http://www.exoplanety.cz/2011/01/hledani-trosk-u-psi-hvezdy-bylo-negativni/>

Astronomové v průběhu roku 2010 využili spektrograf HIRES na Keckově dalekohledu k výzkumu atmosféry dvou bílých trpaslíků. Zajímavé jsou zejména výsledky pozorování trpaslíka WD1653+385 (NLTT 43806), který byl pozorován v létě 2010 během dvou asi 40 minutových expozic. Dohledána byla rovněž archivní data z roku 2007, kdy dalekohled stejný objekt po dobu 50 minut.

V atmosféře bílého trpaslíka NLTT 43806 byla nalezena řada prvků těžších než hélium. Astronomové zaujalo zejména velké množství hliníku, ale naopak malé množství železa. Autoři studie provedli simulaci, v níž získaná data porovnali se složením typických objektů v planetárním systému (terestrické planety, meteoroidy, planety,..) a z atmosférami ostatních bílých trpaslíků.

Z výsledků vyplývá, že v atmosféře bílého trpaslíka NLTT 43806 byly patrně nalezeny zbytky dávné planety zemského typu, konkrétně jejich vrchních vrstev – kůry a svrchního pláště. Planeta, dost možná podobná naší Zemi, se v minulosti dostala až příliš blízko k povrchu bílého trpaslíka...

**Zdroj:**

<http://arxiv.org/abs/1107.2167>

.....

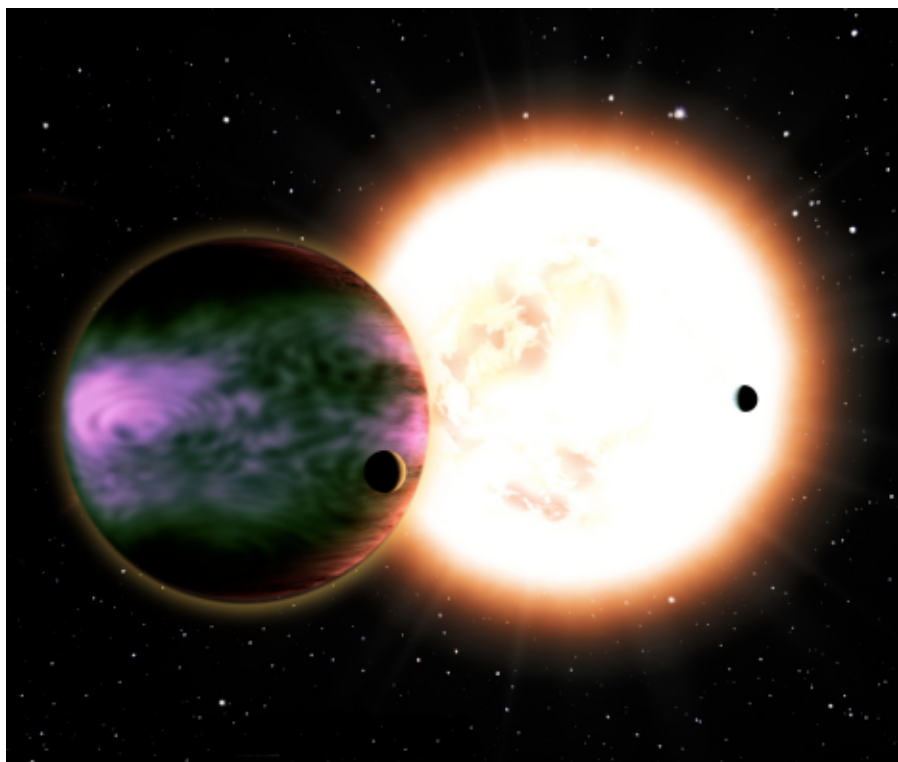
## **Obrovské polární záře v atmosférách horkých Jupiterů**

V době kdy se kocháme vskutku nadpozemskou podívanou, kterou polární záře nepochybně je, magnetické pole naší planety svádí velkou bitvu, aby nás uchránilo před škodlivým zářením, přicházejícím od hvězdy, jenž dokáže život dávat ale také brát. Jak je tomu v případě horkých Jupiterů, kteří obíhají jen miliony kilometrů od svých hvězd?

---

Naše Slunce si pro nás občas připraví spršku nabitých částic (protony, elektrony), které vychrlí do kosmického prostoru. Země se nachází od Slunce 150 milionů kilometrů a oblak energetických částic má tendenci se rozpínat. Díky tomu dorazí do blízkosti naší rodné hroudy už výrazně nižší „koncentrace“ tohoto oblaku.

Nabitě částice následně sklouzávají podél siločar zemského magnetického pole směrem k magnetickým pólům, kde se ve výšce kolem 100 km srazí s molekulami vzduchu. Elektrony v atomech přeskochí na vyšší energetickou hladinu a při návratu do původní hladiny dojde ke vzniku záření, které zejména v polárních oblastech vyrazí dech přítomným pozorovatelům.



**Obr.5** Polární záře v atmosféře horkého Jupiteru v představách malíře. Credit: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

---

Sluneční erupce jsou sice fajn, ale mnohem dramatičtějšími událostmi jsou tzv. koronální výrony hmoty (CME). Obyvatelé Kanady by mohli vyprávět, v roce 1989 jim podobná událost pořádně zdecimovala energetickou soustavu.

Horcí Jupiteri se ovšem nacházejí jen několik milionů kilometrů od své mateřské hvězdy. Vědci z CfA (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) provedli simulace, ve kterých se snažili pochopit, jaký vliv by mohly mít CME na magnetické pole horkých Jupiterů. Z výsledků vyplývá, že i magnetické pole srovnatelné s Jupiterovým splní svou funkci a dokáže planetu před vysoce energetickým zářením od blízké hvězdy ochránit. Pokud bychom se mohli pohybovat v blízkosti horkého Jupiteru, pozorovali bychom polární záře 100 až 1000x jasnější než ty, které známe ze Země. Po kontaktu magnetického pole s oblakem nabitých částic by polární záře byly pozorovatelné prakticky v celé atmosféře planety. Během několika hodin by se pak přesunuly výhradně do oblasti pólů, kde by nakonec zanikly.

#### **Zdroje:**

<http://arxiv.org/abs/1102.4125>

<http://www.cfa.harvard.edu/news/2011/pr201120.html>

---

### **Osud planetárního systému je předurčen na samém počátku**

Podíváme-li se na planety Sluneční soustavy, pak zjistíme, že obíhají okolo naší mateřské hvězdy po téměř kruhových drahách a roviny oběžných drah se jen velmi nepatrně liší od roviny rovníku Slunce. Na tom samo o sobě není nic tak zvláštního, když uvážíme, že planety vznikly z protoplanetárního disku, který obklopoval mladé rodící se Slunce. Objevy mnoha exoplanet však naznačují, že spořádané oběžné dráhy nemusí být ve vesmíru železným pravidlem.

U některých exoplanet se nám podařilo zjistit, jaký úhel svírá jejich rovina oběžné dráhy s rovinou rovníku. Mnoho z těchto exoplanet obíhá okolo svého slunce značně skloněné dráze. Některé systémy se dokonce vyznačují planetami s retrográdními drahami, kdy planeta obíhá v opačném směru, než v jakém rotuje mateřská hvězda (úhel roviny oběžné dráhy je větší než 90°).

Obecně se očekávalo, že za „rozházenými“ drahami jsou gravitační interakce mezi planetami či mezi planetou a hvězdou. Tým vědců z Německa a Velké Británie pod vedením Pavla Kroupy (University of Bonn) však přichází s ještě jedním možným vysvětlením.

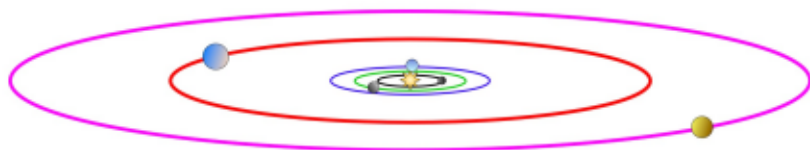


Image created by I. Thies

**Obr.6** Planetární systém jako je Sluneční soustava - planety obíhají v téměř stejné rovině jako je rovina rovníku mateřské hvězdy po kruhových či mírně eliptických drahách. Credit: Ingo Thies

Představte si rodící se planetární systém. Máme zde disk plynu s nepatrnou ale klíčovou příměsí prachu v jehož centru se k životu klube nová hvězda. V jejím okolí můžeme spatřit planetární embrya – malá tělesa, které se díky akreci rozrůstají do větších a hmotnějších objektů. Velká část hvězd vzniká v hvězdokupách, kde je to obvykle na kosmická měřítká těsné. Nelze proto vyloučit, že se k disku přiblíží další oblak plynu. Podle simulací může tento přilétající oblak materiálu změnit sklon disku a urychlit tvorbu planet. Důsledkem pak může být rozhození oběžných drah budoucích planet ale i větší pravděpodobnost existence horkých Jupiterů. Některé planety mohou být dokonce ze systému vyhozeny. Podle jedné z nových studií (<http://www.exoplanety.cz/2011/05/400-miliard-exoplanetarnich-bezdomovcu/>), může být těchto bludných planet v Galaxii více než samotných hvězd.

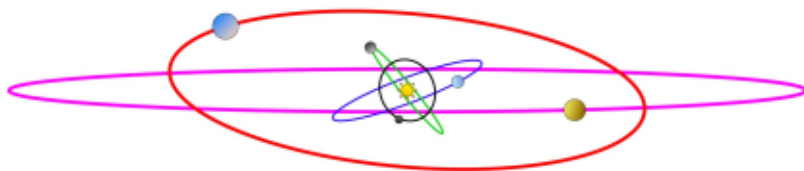


Image created by I. Thies

**Obr.7** Někdy může planetární systém skončit i takto. Credit: Ingo Thies

**Zdroje:**

<http://arxiv.org/abs/1107.2113>

[http://www.astro.uni-bonn.de/~ithies/images/Planet\\_Formation\\_Illustrated/JPG/](http://www.astro.uni-bonn.de/~ithies/images/Planet_Formation_Illustrated/JPG/)



---

## Některé super-Země mohou být nazí Jupiteri

Astronomové postupem času nacházejí stále více a více super-Zemí, což je pojem, který si každý definuje po svém, avšak obecně můžeme říci, že se jedná o planetu do hmotnosti 10 Zemí. Mnoho z těchto kamenných světů nacházíme blízko svých hvězd, jiné zase hrají roli v úvahách o životě ve vesmíru (HD 85512 b, Gliese 581 d). Podle nové studie však některé super-Země nemusí být tím, za co je považujeme.

Planety jako známo vznikají z disku prachu a plynu. Obecně platí jednoduché pravidlo. Tam kde je materiálu málo, vznikne obvykle kamenná planeta, jako je třeba naše Země. V oblastech disku, které jsou bohatší, si vznikající planeta uzurpuje stále více materiálu, až překročí hmotnost zhruba 10 Zemí a začne odšávat z okolí i lehké prvky jako je vodík nebo hélium. Tím vzniká jádro a atmosféra plynného obra.

Už první objevy exoplanet naznačily, že plynní obři mohou migrovat směrem k mateřské hvězdě a my je pak nacházíme jako tzv. horké Jupitery.

Sergei Nayakshin (University of Leicester) přichází s teorií, která je sice označována za novou, ale až tak novou rozhodně není. Vědec se domnívá, že některé horké Jupitery mohla blízká hvězda připravit o atmosféru. Část super-Zemí tak nemusí být planetami zemského typu ale svlečená jádra bývalých plynných obrů.

Astronomům by samozřejmě pomohlo, kdyby měli v rukou informace o chemickém složení co největšího počtu super-Zemí. Poslat do cizí sluneční soustavy chemika či planetologa samozřejmě nelze, ale vodítkem může být i údaj o hustotě planety. Ten vypočítáme z triviálního vzorce na základě znalosti poloměru (objemu) a hmotnosti. Jinými slovy: je nutné, aby super-Země vykonávala tranzity, ze kterých údaj o velikosti vyčteme. Hmotnost dodá měření radiálních rychlostí mateřské hvězdy.

### Zdroj:

<http://www.astrobio.net/exclusive/4220/rocky-planets-could-have-been-born-as-gas-giants>

---

## Lovci exoplanet

### Amatérský astronom objevil na snímcích z Keplera novou mlhovinu

Do nástupu CCD kamer, internetu a především automatických přehlídek oblohy, byli amatérští astronomové pro rozvoj výzkumu vesmíru zcela zásadní. Podíleli se na velkém procentu objevů nových komet, výzkumu proměnných hvězd apod. Dnes už je přínos amatérských pozorovatelů v těchto oborech spíše na ústupu. Daleko větší možnosti však nabízí internet a prohlížení tisíců a milionů fotografií z kosmických družic, případně i analýza získaných dat. Značná část astronomických objevů zůstává ukrytá nebo spatří světlo světa později ne proto, že disponujeme špatnou technikou či podmínkami, ale jen a pouze proto, že je neměl kdo vyhodnotit!

Skupina Deep Sky Hunters už v datech z Keplera objevila šest nových planetárních mlhovin. Menší rozruch vzbudil v poslední době zejména objev rakouského astronoma amatéra Matthiase Kronbergera. Tomu se podařilo v datech nalézt novou planetární mlhovinu, která dnes nese jeho jméno – Kronberger 61 nebo zkráceně 61 Kn. Mlhovina byla nedávno pozorována obřím havajským dalekohledem Gemini.



**Obr.8** Planetární mlhovina 61 Kn na snímku z dalekohledu Gemini. Credit: Gemini Observatory/AURA

---

Spojku mezi profesionály a amatéry je George Jacoby, který vloni se svými kolegy publikoval článek, ve kterém autoři popisují, jakým způsobem hledat nové planetární mlhoviny prostřednictvím Digital Sky Survey. Článek naleznete ve formátu pdf zde: <http://arxiv.org/pdf/0910.0465v1>

Pokud si chcete prohlédnout zorné pole Keplera i vy, pak můžete prostřednictvím aplikace Google Sky. Stačí si otevřít adresu <http://www.google.com/sky/> a do kolonky hledat zadat příkaz:

<http://keplergo.arc.nasa.gov/tools/KeplerFOV.kml>

### Zdroj:

<http://www.gemini.edu/node/11656>

---

## Nalezneme obyvatelnou planetu díky pravidlu z 18. století?

Německý astronom Johann D. Titius si v roce 1766 povšiml, že planety Sluneční soustavy jsou uspořádány podle jistého klíče. V roce 1772 pak tento „klíč“ publikoval ředitel berlínské observatoře Johann E. Bode.

Titius-Bodeovo pravidlo vyjadřuje vzdálenosti (velké poloosy) jednotlivých planet Sluneční soustavy podle vztahu:

$$a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n,$$

kde  $n$  nabývá hodnot (nekonečno, 0,1,2,3,...).

Například pro Venuši (0) tak máme hodnotu 0,7, což poměrně dobře odpovídá velké poloose (0,72), pro Zemi (1) máme hodnotu 1, pro Mars (2) hodnotu 1,6 (realita 1,52 AU) apod. Pravidlo však ani při nejlepší vůli nenapasujete na všechny planety Sluneční soustavy. Kupříkladu pro Neptun (30 AU) dává Titius-Bodeovo pravidlo hodnotu 38,8, která by spíše odpovídala bývalé planetě Pluto.

Zlí jazykové tvrdí, že rozdělení planet Sluneční soustavy lze popsat různými matematickými vztahy, která si upravíte tak, aby to zkrátka vyšlo. Titius-Bodeovo pravidlo tak dnes podle valné většiny astronomů nemá vědecký význam. Ne-

---

xistuje totiž věrohodný teoretický základ, který by vysvětloval důvod, proč by měly planety obíhat okolo Slunce po oběžných drahách korespondujících s takovýmto či jiným pravidlem. I když je pravdou, že v nebeské mechanice jedno pravidlo máme a to dokonce teoreticky i prakticky ověřené.

Pokud dva objekty obíhají okolo centrálního tělesa (například hvězdy) takovým způsobem, že jejich oběžné doby jsou v poměru celých kladných čísel, mluvíme o rezonanci. V rámci Sluneční soustavy můžeme rezonanci nalézt zejména u některých planetek a měsíců. V případě jiných planetárních systémů je však rezonance zcela běžná i mezi planetami. Například v systému Gliese 876 jsou v rezonanci 1:2:4 dokonce hned tři planety.

Vraťme se ale zpět k Titius-Bodeově pravidlu. Někteří astronomové se nezdávají a snaží se jeho různé varianty aplikovat na objevené exoplanety. Příkladem může být známý planetární systém 55 Cnc. Na pět objevených exoplanet se v roce 2008 pokusili Arcadio Poveda a Patricia Lara z Mexické národní autonomní univerzity vztáhnout pravidlo:

$$a = 0,0142 e^{0,9975 n}$$

Pokud by toto pravidlo platilo, existovalo by menší těleso na oběžné dráze ve vzdálenosti 2 AU a s menší pravděpodobností i planeta ve vzdálenosti 15 AU. Většina astronomů však nalezený vztah považovala za pouhý přelud. Už ve stejném roce vyšla studie (<http://arxiv.org/abs/0806.3532>), která práci mexických vědců roznesla na kopytech.

Jenomže dny a týdny plynou a v poslední době jsme se o systému 55 Cnc dozvěděli další přesnější informace. Aplikace upravené verze Titius-Bodeova pravidla na 55 Cnc je tak nadále udržována při životě.

Jestli byla studie z roku 2008 kontroverzní, pak M. Cuntz (Texaská univerzita) páchá vědeckou sebevraždu. Ve své práci tvrdí, že díky aplikaci upraveného Titius-Bodeova pravidla, zjistil možnou existenci planety na oběžné dráze ve vzdálenosti 1,5 AU. Pokud by tato hypotetická planeta existovala, obíhala by okolo své mateřské hvězdy na okraji obyvatelné oblasti, která se u 55 Cnc nachází ve vzdálenosti zhruba 0,84 až 1,67 AU.

Má to ovšem jeden háček, autor předpokládá existenci i dalších 3 dosud neobjevených planet u hvězdy 55 Cnc. V souhrnu by to muselo znamenat, že okolo hvězdy obíhá celkem 9 planet.

Přestože existenci planety na oběžné dráze kolem 1,5 AU připouští teoretické modely (taková oběžná dráha by byla stabilní) je celá studie v rovině spekulace. Teprve pozorování hvězdy 55 Cnc v dalších letech prokážou či vyvrátí tuto značně kontroverzní teorii.

**Tabulka 3:** Skutečné a hypotetické planety (HPL 1,2,3,4) u hvězdy 55 Cnc. V tabulce jsou uvedeny pozorované (observed) a vypočítané velké poloosy drah dle různých metrik. Credit: Manfred Cuntz

Planet	Observed <sup>b</sup>	Titius–Bode Rule <sup>b</sup>			
		Metric 1	Metric 2	Metric 3	Metric 4
55 Cnc e	0.016	0.016	0.016	0.016	0.015
... (HPL 1)	...	0.082	0.081	0.081	0.078
55 Cnc b	0.115	0.130	0.129	0.130	0.125
55 Cnc c	0.240	0.224	0.224	0.225	0.218
... (HPL 2)	...	0.411	0.411	0.413	0.403
55 Cnc f	0.781	0.779	0.781	0.783	0.771
... (HPL 3)	...	1.506	1.509	1.511	1.504
... (HPL 4)	...	2.940	2.945	2.945	2.965
55 Cnc d	5.77	5.770	5.774	5.768	5.872

#### Zdroj:

<http://arxiv.org/abs/1107.5038>

### Amatérští astronomové se spojili a loví exoplanety u mrtvých hvězd

Stále více do popředí zájmu se dostává hledání exoplanet v blízkosti bílých trpaslíků. Amatérský astronom Bruce Gary nedávno založil projekt PAWM (Pro-Am White Dwarf Monitoring), jehož cílem je pozorování vybraných bílých trpaslíků ve snaze nalézt planetární společníky u těchto mrtvých hvězd.

Do projektu PAWM se může zapojit každý amatérský astronom, který má doma nádobíčko, s jehož pomocí lze provádět solidní fotometrii hvězd o jasnosti 13 až 17 mag. Amatérští astronomové dnes běžně disponují poměrně kvalitním vybavením a pozorují nejen proměnné hvězdy ale i tranzity exoplanet. Zatímco amatérské pozorování tranzitů exoplanet k významným objevům nejspíše nepovede, projekt PAWM dává dobrou šanci podílet se na skutečné vědě a to navíc v oboru, který je stále v plenkách.

Hloubka tranzitu (pokles jasnosti) je závislý na velikosti mateřské hvězdy a planety. Obecně samozřejmě platí, že čím je planeta větší, tím více poklesne jasnost hvězdy v době tranzitu. Proto má většina dosud objevených tranzitujících

---

cích exoplanet velikost srovnatelnou s Jupiterem. Projekt PAWM jde ale na věc z druhého konce. Bílí trpaslíci jsou jak známo konečným stádiem ve vývoji hvězdy. Také naše Slunce se jednoho dne po fázi rudého obra a odhození plynné obálky stane bílým trpaslíkem. Obecně mají bílí trpaslíci hmotnost až 1,4 Slunce. Veškerá hmota je však vměstnána do objektu o velikosti, která je hravě srovnatelná se Zemí. A právě o velikost u tranzitní metody jde. Pokud by před bílým trpaslíkem přecházela planeta o velikosti Země, dojde k tak výraznému poklesu jasnosti, že bílý trpaslík téměř zmizí z nebe. V případě tranzitu exoplanety o velikosti Jupiteru si můžete slovo „téměř“ z předešlé věty vypustit. Kromě toho však lze teoreticky odhalit i objekty daleko menší než je naše planeta – například trosky zničené planety zemského typu nebo větší planetky.

Jak už to ve vědě někdy bývá, úspěchem projektu PAWM bude i fakt, že amatéři nic nenaleznou. V tomto případě by se ukázalo, že objekty minimálně na vnitřních drahách budou u bílých trpaslíků vzácné.

Do projektu se zapojilo téměř 40 pozorovatelů z celého světa. Z České republiky či Slovenska bohužel nikdo.

Projekt probíhal v září po dobu 1 měsíce, poté se vše vyhodnotí a rozhodne, zda má smysl pokračovat i nadále. O vhodné cíle nebude mít PAWM nouzi, celkem je dnes známo na 20 000 bílých trpaslíků. Z tohoto počtu je 168 jasnějších než 14 mag, 305 má jasnost mezi 14 a 15 mag a 742 mezi 15 až 16 mag.

**Podrobnosti o projektu na <http://brucegary.net/WDE/>**

„Dirigent projektu“ Bruce Gary poskytl ještě před začátkem zářijové kampaně rozhovor pro [exoplanety.cz](http://exoplanety.cz) a časopis Gliese:

**Exoplanety.cz:** Projekt má trvat měsíc. Bude v případě úspěchu prodloužen?

**Bruce Gary (BG):** Pokud bude úspěšný, tak doufám, že společně s AAVSO [1] provedeme v zimě další dvouměsíční pozorovací kampaň.

**Exoplanety.cz:** Máte už datum, kdy projekt oficiálně začne?

**BG:** Start projektu PAWM je oficiálně stanoven na 1. září a skončit by měl 30. září. Ale některá pozorování jsme už začali dělat před oficiálním začátkem. Je třeba „se naučit spolupracovat“, vyladit postupy, výstupní formáty apod. Původně jsme předpokládali, že provedeme pozorovatelský maratón, kdy by jeden astronom předával pozorování tomu druhému, což by umožňovalo vytvořit světelnou křivku o délce 32 hodin. Během posledních třech týdnů jsme si však uvědomili, že účinnější bude požádat pozorovatele, aby sami pozorovali jakéhokoliv bílého trpaslíka ze seznamu.

**Exoplanety.cz:** Kdy by mohly být konkrétní výsledky?

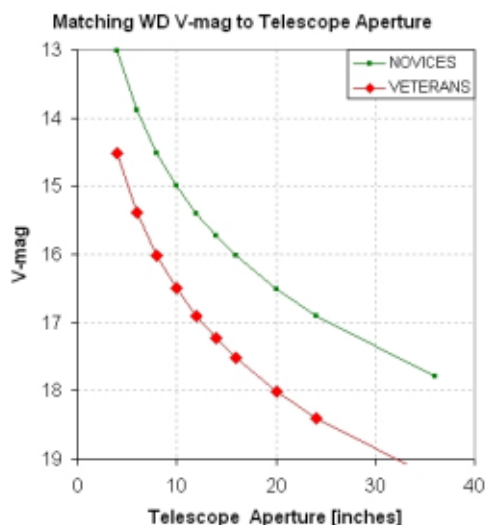
**BG:** Už teď víme, že pozorování bílých trpaslíků je možné pomoci amatérské-

ho vybavení. Například jeden z našich zkušených pozorovatelů dokázal 11palcovým [2] dalekohledem pořídit velmi kvalitní světelnou křivku bílého trpaslíka o jasnosti 14,4 mag.

Nyní už máme odhad toho, jak velké dalekohledy použít na bílé trpaslíky o různých jasnostech. Můžeme konstatovat, že 14palcový [3] dalekohled (pod vedením zkušeného pozorovatele), lze využít k pozorování všech 23 000 známých bílých trpaslíků. Výsledkem tedy je, že můžeme uvažovat o dlouhotrvajícím projektu, jako je například ETD [4] nebo AAVSO a to užitím amatérského vybavení.

**Exoplanety.cz:** Jaká je pravděpodobnost, že na vnitřní dráze u bílého trpaslíka bude obíhat nějaký objekt?

**BG:** Prof. Eric Agol [5] je asi vhodnější na zodpovězení této otázky. Ale pokusím se interpretovat jeho práci. Máme asi jen 1% pravděpodobnost, že rovina oběžné dráhy exoplanety v obyvatelné oblasti bude směřovat k nám, takže potřebujeme pozorovat 100 až 200 bílých trpaslíků, abychom byli schopni na tuto otázku odpovědět. Do té doby máme šanci objevit tranzity planetárních trosk v okolí bílých trpaslíků apod.



**Obr.9** Graf závislosti jasnosti bílého trpaslíka na velikosti dalekohledu v palcích. Zelená křivka = začínající pozorovatelé, červená = zkušení pozorovatelé. Credit: Bruce Gary

---

### Redakční poznámky:

[1] AAVSO = Americká asociace pozorovatelů proměnných hvězd.

[2] 11 palců ~ 28 cm

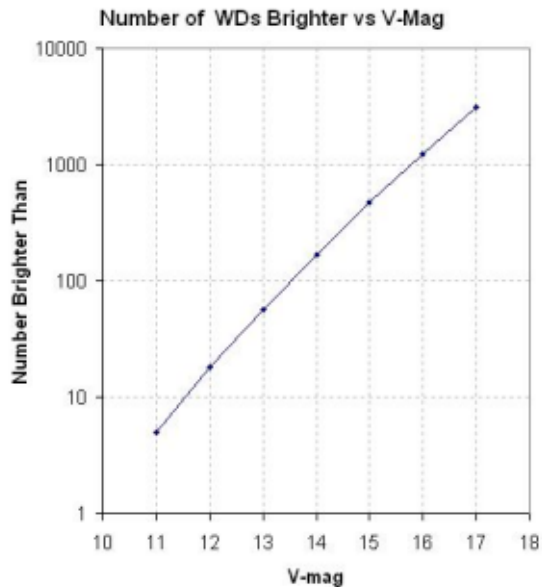
[3] 14 palců ~ 35 cm

[4] ETD = Databáze tranzitujících exoplanet

[5] O práci prof. Erica Agola jsme psali:

<http://www.exoplanety.cz/2011/03/obyvatelne-planety-u-bilych-trpasliku/>

Děkuji Jiřímu Popkovi za pomoc s přípravou rozhovoru.



**Obr.10** Graf závislosti počtu známých bílých trpaslíků na jasnosti. Credit: Bruce Gary



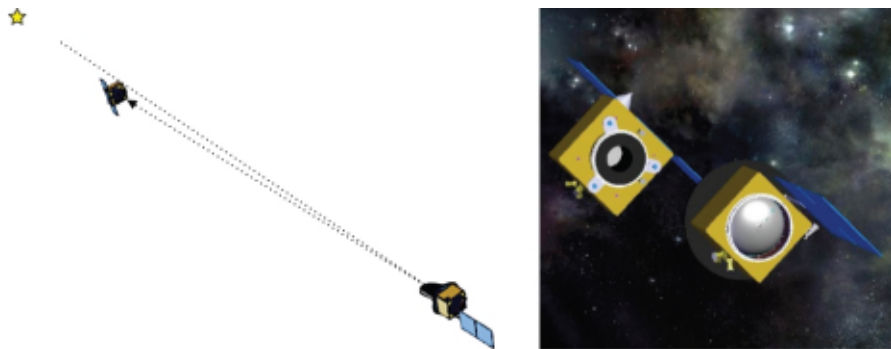
---

## Evropa bude hledat exoplanety tam, kde to NASA zabalila

Jestli v popularizaci nemáme opravdu něco rádi, tak když dvě spolu zcela nesouvisející věci mají stejný nebo velmi podobný název. Novináři si totiž potom obě věci spolu rádi prohazují, takže reportáž o systému Galileo hravě doprovází záběry Jupiteru ze stejnojmenné sondy. Podobně na tom jsme s názvem NEAT. Pod touto zkratkou si mnoho milovníků astronomie představí lovce nebezpečných planetek pod záštitou NASA. NEAT je ovšem také zkratka evropského projektu, který by v budoucnu mohl lovit blízké exoplanety.

NEAT (Nearby Earth Astrometric Telescope) připravuje mezinárodní konsorcium vědců z Evropy, USA a Brazílie. Hlavní slovo v projektu má Francie, co by jeden ze dvou tahounů Evropské kosmické agentury.

NEAT by mohl odstartovat kolem roku 2020 a po navedení do libračního centra L2, asi 1,6 milionů km od Země, zaměřit se na lov exoplanet u vybraných blízkých hvězd, do vzdálenosti zhruba 20 parseků (65 světelných let). Seznam 200 vytypovaných stálic tvoří hvězdy FGK. Pod touto zkratkou se ukrývají hvězdy spektrálních tříd F, G a K, tedy hvězdy podobné Slunci (G), nepatrně hmotnější hvězdy (F) a oranžoví trpaslíci (K).



**Obr. 11** Dalekohled NEAT. Credit: Fabien Malbet a kol.

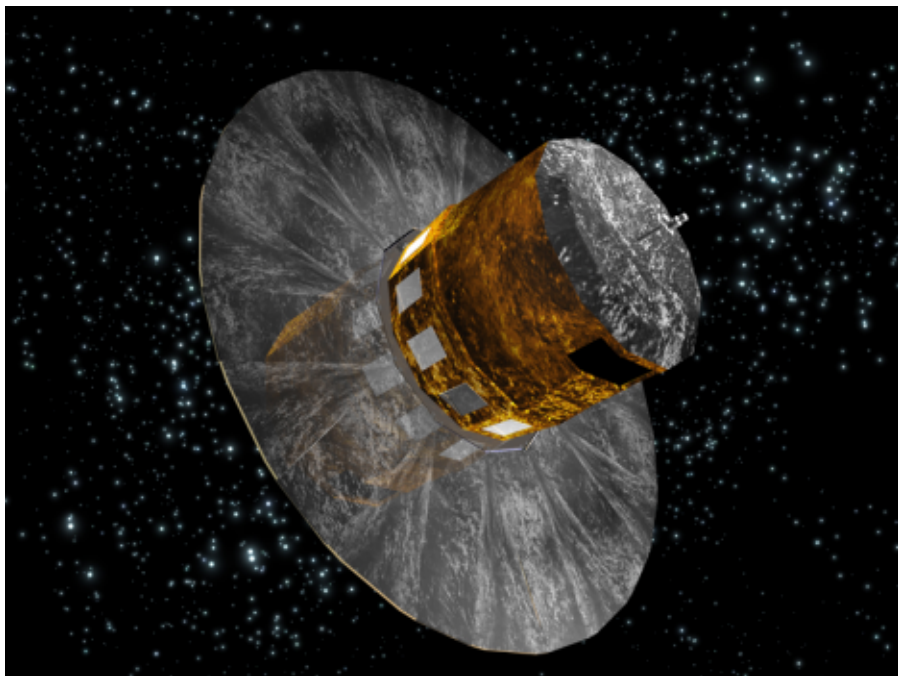
NEAT bude hledat exoplanety astrometrickou metodou, využívající vlastní pohyb hvězd. Pokud byste pozorovali některou hvězdu dostatečně dlouho, zjistili byste, že její dráha po obloze připomíná vlnovku s periodou jednoho roku. Tato perioda souvisí s oběhem Země okolo Slunce. Vyloučíme-li tento pohyb, pak by se měla hvězda po obloze pohybovat po přímce. Pokud okolo hvězdy obíhá planeta, která ji gravitačně ovlivňuje, připomíná pohyb hvězdy opět vlnovku

---

a periodou je v tomto případě oběžná doba planety.

Astrometrií měl planety u blízkých hvězd hledat i dalekohled SIM (<http://www.exoplanety.cz/2010/10/sim/>), který byl ovšem mnohokrát odložen a před nedávnem pod tíhou rozpočtových škrťů zcela zrušen. NASA tak fakticky přenechala tuto lukrativní část exoplanetárního výzkumu jiným kosmickým agenturám.

NEAT by měl disponovat zrcadlem o průměru 1 metr se značně dlouhou ohniskovou vzdáleností – plných 40 metrů. Díky tomu může být dalekohled tvořen dvěma nezávislými plavidly, které poletí kosmickým prostorem ve formaci ve vzdálenosti 40 metrů od sebe. Alternativní variantou je vyslání jedné družice s poměrně velkým tubusem.



**Obr. 12** Družice Gaia. Credits: ESA, C.Carreau

Seznam vytipovaných hvězd si můžete stáhnout zde (formát pro MS Excel - [http://neat.obs.ujf-grenoble.fr/IMG/xls/Proposal\\_targets\\_total.xls](http://neat.obs.ujf-grenoble.fr/IMG/xls/Proposal_targets_total.xls)). Hvězdy jsou v seznamu uvedeny podle katalogu Hipparcos, který naleznete na webu ZČU -

---

<http://astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/137-katalog-hipparcos> . V hledáčku dalekohledu NEAT by se měly objevit mimo jiné Epsilon Eridani (10 světelných let), u které již planeta objevena byla, Tau Ceti (11 světelných let), Gama Virginis (38 světelných let) apod.

Pokud bude mít NEAT během pětileté mise dostatek volného času, měl by se zaměřit také na zpřesnění parametrů již objevených exoplanet a to zejména těch, které uloví evropská družice Gaia.

Zatímco NEAT je pouze ve stádiu úvah, Gaia už má své místo jisté (i když co je v kosmonautice jistého, že?). S jejím startem se počítá v roce 2013.

Také Gaia se zaměří na astrometrii. Na základě jejich dat bude vytvořena trojrozměrná mapa Galaxie s více než miliardou hvězd. Gaia by měla přinést do výzkumu exoplanet svěží vítr minimálně stejně jako kosmický dalekohled Kepler a to ze dvou důvodů. Tím prvním je zpřesnění údajů o obrovském počtu hvězd, z nichž mnohé nepochybně hostí exoplanety, tím druhým jsou pak samotné objevy nových exoplanet a to nejen astrometrií ale také prostřednictvím tranzitní metody.

#### **Zdroje:**

<http://arxiv.org/abs/1107.3643>

<http://neat.obs.ujf-grenoble.fr/NEAT.html>

---

## **Horcí Jupiteri v zorném poli HST**

**Vladimír Kocour, planetary.cz**

Dnes známe 605 exoplanet a kandidátů na exoplanety a toto číslo stále roste. Horcí Jupiteri – exoplanety typu Jupiteru, ale obíhající tak blízko hvězd, že mají vázanou rotaci, povrchovou teplotu v řádu stovek kelvinů, a oběžnou dobu v řádu dnů – jsou dlouho známou kategorií exoplanet. Patří k nejčastěji objeveným. Jejich oběžné doby kolem hvězd jsou krátké a hmotnosti vzhledem k jejich hvězdám poměrně vysoké, takže jsou snadněji detekovatelné než jiné druhy exoplanet. Blízkost ke hvězdě a velká hmotnost horkých Jupiterů také slibuje pozorovatelnost jejich polárních září už v blízké budoucnosti. A to přesto, že ve sluneční soustavě žádného horkého Jupitera nemáme. Kolem horkých Jupiterů vznikla řada teorií pokoušejících se vysvětlit jejich vznik a předpovědět jejich budoucnost. Lze říci, že horcí Jupiteri přispěli i ke změně pohledu na sluneční soustavu a hledání odpovědi v ní na otázky, které by dříve nikdo nepoložil.

---

Obtížné pozorování jakékoli exoplanety, způsobené jednak velkou vzdáleností, jednak blízkostí mnohem jasnější hvězdy, kolem které exoplaneta obíhá, má za následek, že toho o exoplanetách stále víme poměrně málo. Veřejnost, zhýčkaná záplavou informací o senzačních objevech, tak jen nerada přijímá skutečnost, že většina toho, co o exoplanetách víme, je spíše výsledkem maximální efektivity využití napozorovaných dat. Práce teoretických fyziků vyba-vených výkonnými superpočítači se na výsledku podílí mnohem více, než tomu bylo v začátcích jiných, starších odvětví astronomie.

Hubbleův teleskop, pozorující hlavně ve viditelném světle, odvedl při objevování výzkumu exoplanet za svoji přes 20 let dlouhou kariéru velký kus práce. Data získaná pomocí HST umožnila zjistit složení jejich atmosfér. Přesto byly až dosud detailně spektrometricky ve viditelném světle studovány jen dvě exoplanety. To se pokusí změnit vědecká skupina vedená Davidem Singem z University v Exeteru ve Velké Británii a Gildou Barresterovou z Lunární a planetární laboratoře University v Arizoně. Jejím cílem je studovat 8 exoplanet o různých hmotnostech (od 1/5 do 1/2 Jupiteru), poloměrech (1/2 až 1 poloměr Jupiteru), a teplotách (970 až 2800 K).

Projekt zahájí svoji činnost v říjnu 2011.

#### **Zdroje:**

<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/09/110907122534.htm>

<http://www.lpl.arizona.edu/>

---

### **Astronomové možná kvůli špatným algoritmům přehlédli řadu exoplanet**

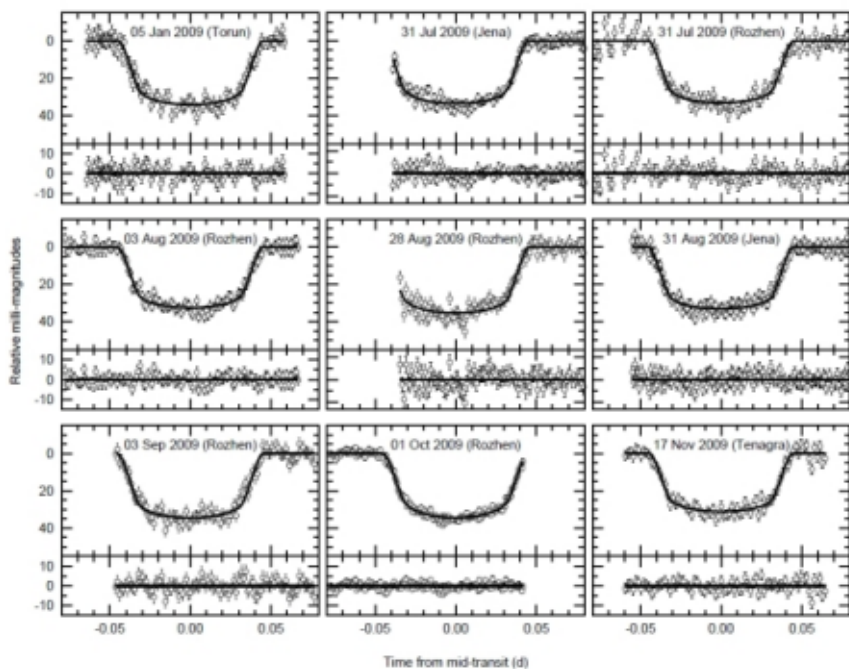
Astronomové dnes hledají exoplanety zejména dvěma metodami. Ta první (měření radiálních rychlostí) využívá dynamické efekty neboli vliv gravitace planety na mateřskou hvězdu. Druhou metodou je tranzitní fotometrie, která hledá planety mimo Sluneční soustavu na základě fotometrických veličin. Pokud planeta přechází před svou hvězdou, způsobí tím pokles jasnosti hvězdy. Do budoucna však stále častěji uslyšíme o metodě, která do jisté míry kombinuje oba výše popsané principy.

Časování tranzitů (TTV) vychází z tranzitní metody, ale bere v úvahu i dynamické efekty. Představte si tranzitující exoplanetu, která obíhá okolo hvězdy a způsobuje periodické poklesy v její jasnosti. K tranzitům exoplanety dochází se

železnou pravidelností, i když... pokud okolo hvězdy obíhá druhá planeta, dochází k vzájemným gravitačním interakcím, které se projeví ve zpoždění tranzitů a to od nepostřehnutelných okamžiků až po desítky minut.

Měřením přesné doby tranzitů tak můžeme objevit další planetu v systému. TTV však nabízí i další možnosti. Pomocí této metody lze „zvážit“ obě planety ale třeba také hledat měsíce planet.

Především díky dalekohledu Kepler, dnes máme solidní sbírku dat. Například u hvězdy Kepler-9 se nachází tři planety. U dvou z nich byly odhaleny TTV, v časech tranzitů lze pozorovat odchylky 4 a 39 minut. Ještě lepším příkladem je planetární systém u hvězdy Kepler-11, kde 5 planet obíhá velmi blízko sebe, takže dochází k odchylkám v časech tranzitů v řádu desítek minut. V září byl potom představen možný objev exoplanety Kepler-19 c díky TTV (viz objevy Keplera v tomto čísle Gliese).



**Obr.13** 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.

---

V uplynulých měsících vyšlo několik studií, které se zabývají pozorováním tranzitů známých exoplanet ve snaze nalézt pomoci TTV další planetu v systému. Přestože několik těchto pokusů bylo úspěšných, objevy zatím nejsou potvrzeny. O dvou z nich jsme psali na [exoplanety.cz](http://exoplanety.cz) i v Gliese:

WASP-3: <http://www.exoplanety.cz/2010/07/wasp-3-c-casovani-tranzitu-konecne-uspesne/>

WASP-10: <http://www.exoplanety.cz/2010/09/wasp-10/>

Počty podobných objevů jsou však velmi malé. Naproti tomu se astronomům daří objevovat exoplanety s výraznými TTV v systémech, kde tranzity vykonává více než jedna planeta (viz dva příklady od Keplera výše). To samo o sobě je poměrně divné. Pokud dvě a více planet u jedné hvězdy tranzituje, znamená to, že obíhají okolo hvězdy více méně v jedné rovině. Podobné systémy by měly být ve vesmíru vzácné. Naopak systémy s jednou tranzitující a několika dalšími netranzitujícími exoplanetami, které vykazují TTV, by měly být podstatně běžnější. Kde je problém? Podle dat z Keplera se zdá, že systémy s několika tranzitujícími exoplanetami nemusí být tak vzácné, jak se očekávalo (viz <http://www.exoplanety.cz/2011/06/kepler-vice-multi-nez-jsme-cekali/>). Druhý důvod může být čistě observační – automatické přehlídky oblohy patrně používají chybný algoritmus.

Tranzitní metoda je založena na pozorování tisíců a až stovek tisíc hvězd současně. Velké množství dat pak pročešává algoritmus, založený na několika parametrech. Jedním z nich je hledání přesného periodického jevu. A právě zde může být zakopaný pes. Pokud algoritmus zjistí, že k poklesu jasnosti nedochází periodicky, může takový jev hodit do škatulky falešných poplachů a dalších „neplanetárních“ příčin. Přitom se může jednat o exoplanetu, která je pouze zatížena TTV. Neperiodické poklesy jasnosti způsobuje existence další planety.

### Zdroj:

<http://arxiv.org/abs/1107.1666>

---

# Astrobiologie

## Nový výpočet obyvatelné oblasti

Obyvatelná oblast (HZ) se stala termínem, který někteří hltají asi stejně rychle a vášnivě, jako ke konci minulého století hltali zmínky o vodě v jakémkoliv skupenství a podobě kdekoliv ve Sluneční soustavě. Mít kamennou planetu o hmotnosti Země (plus mínus), která obíhá okolo své hvězdy v HZ, znamená, že na povrchu takovéto planety čistě teoreticky může být voda v kapalném skupenství. Zmínit se o exoplanetě v obyvatelné oblasti je sice možná dobré na upoutání pozornosti zívající mladé slečny během přednášky ale to je tak asi vše, neboť....

HZ může být určitou základní pomůckou pro orientaci v exoplanetární džungli a to zejména pro léta následující, kdy nám budou objevy exoplanet padat do klína (nebo v to aspoň doufáme). Ve skutečnosti nám však HZ nic o obyvatelnosti planety neřekne....ani nemůže, při narození nedostala do vlnku dostatečnou výbavičku. HZ vychází pouze z parametru mateřské hvězdy (konkrétně její zářivosti) a vzdálenosti planety od hvězdy. Jenomže vesmír není tak jednoduchý. Klima a teplotu na povrchu planety či exoměsíce ovlivňuje také atmosféra, o které zejména u kamenných exoplanet nevíme zhora nic a při výpočtu parametrů HZ ji tak trochu ignorujeme. Díky tomu se astronomové dostávají do trochu bizarní situace, kdy v datech hledají planetu, na jejímž povrchu bude tzv. rovnovážná teplota bod bodem mrazu nebo lehce nad ním. Ne, že by snad byli lovci exoplanet náruživí fanoušci zimním sportů, ale třeba atmosféra Země ohřívá povrch planety o 30 °C. V případě Venuše je to ale rovných 500 °C!

Kromě toho zde máme samozřejmě i filozoficko-astrobiologické úvahy o tom, zda je voda opravdu tak důležitá a mimozemské breberky nemohou vegetovat i v jiném rozpouštědle nebo zda blízkost k hvězdě nelze nahradit jiným zdrojem tepla, což může být aktuální třeba u exoměsíců. Konec konců stále a pořád hledáme život po měsících Jupiteru a Saturnu, na hony vzdálených od obyvatelné zóny okolo Slunce.

Vypočítat parametry HZ lze několika způsoby, které jsou ale obvykle principiálně stejné. Střed HZ je druhá odmocnina zářivosti hvězdy. Okolo tohoto středu si pak můžete vystavět mantinely (vnější a vnitřní okraj HZ). Obecně můžeme říci, že čím je hvězda hmotnější, tím je vzdálenost mantinelů větší. Například u chladných červených trpaslíků může být hranice v řádu setin astronomických jednotek, u hvězd hmotnějších než Slunce to jsou desetiny.

---

Samozřejmě i pro okraje HZ jsou vzorečky, kdy se zářivost ještě před od-mocněním podělí parametry pro určité typy hvězd. O těchto výpočtech jsme už psali ve dvou článcích, ve kterých se dozvíte i to, jak vypočítat zářivost hvězdy na základě její velikosti a teploty:

Obyvatelní kandidáti od Keplera a astrobiologická sekera:  
<http://www.exoplanety.cz/2011/02/exkluzivne-obyvatelni-kandidati-od-keplera-a-astrobiologicka-sekera/>

Když se řekne zóna života: <http://www.exoplanety.cz/2009/07/kdyz-se-rekne-zona-zivota/>

Pamatovat si však, kde HZ pro danou hvězdu končí a kde začíná, je docela nepraktické. Před časem se ale objevil návrh nového postupu výpočtu HZ, který jde na celou věc trochu jinak.

Odvození výpočtu najdete v odkaze (<https://sites.google.com/a/upr.edu/planetary-habitability-laboratory-upra/library/notes/habitablezonesdistancehzdahabitabilitymetricforexoplanets>) a zde:

$$r_i = \left[ r_{is} - a_i(T_{eff} - T_s) - b_i(T_{eff} - T_s)^2 \right] \sqrt{L}$$
$$r_o = \left[ r_{os} - a_o(T_{eff} - T_s) - b_o(T_{eff} - T_s)^2 \right] \sqrt{L}$$

Teff – je povrchová teplota mateřské hvězdy (v Kelvinech)

L je zářivost mateřské hvězdy (v násobcích Slunce)

r<sub>o</sub> je vnější a r<sub>i</sub> vnitřní hranice HZ

Ostatní jsou konstanty: T<sub>s</sub> = 5700 K, a<sub>i</sub> = 2,7619.10-5, b<sub>i</sub> = 3,8095.10-9, a<sub>o</sub> = 1,3786.10-4, b<sub>o</sub> = 1,4286,10-9, r<sub>is</sub> = 0,72 a r<sub>os</sub> = 1,77

Konečný vzorec pak je:

$$HZ_d = \frac{2r - r_o - r_i}{r_o - r_i}$$

kde r je vzdálenost planety od hvězdy (v AU) a Hzd je vzdálenost HZ v jednotkách HZU.

Výpočet je to samozřejmě poměrně složitý a proto nabízíme pomůcku. Stačí,



---

když si stáhnete soubor pro MS Excel (<http://www.exoplanety.cz/wp-content/uploads/2011/08/vypocet.xlsx>) a do políček doplníte L, Teff a r.

Stejný soubor nabízíme i pro volně šířitelný program OpenOffice Calc: <http://www.exoplanety.cz/wp-content/uploads/2011/08/vypocet.ods>

0 je střed obyvatelné oblasti

1 je vnější okraj obyvatelné oblasti

-1 je vnitřní okraj obyvatelné oblasti.

Obyvatelná oblast tak leží mezi hodnotami -1 a 1.

Příklady HZU pro některé známé (exo)planety:

Země = -0,5 HZU

Venuše = -1 HZU

Gliese 581 d = +0,78 HZU

Je dobré poznamenat, že tento nový způsob je v podstatě tím starým v novém balení. Ani tento výpočet nám o obyvatelnosti planety neřekne více nebo méně a také nebere v úvahu výstřednost dráhy – exoplaneta se totiž může pohybovat po eliptické dráze, kdy jen malou část jednoho oběhu stráví v HZ.

Všimněte si, že pro Zemi nevychází hodnota jako 0 ale jako -0,78, to naznačuje, že výsledky je nutné jednak brát s rezervou a potom, že i v tomto případě tak trochu platí pravidlo „ano / ne“. Pokud dráha planety leží v intervalu HZU -1,1 je v HZ, pokud leží mimo, pak v HZ samozřejmě není. Tento výpočet se tak spíše hodí pro porovnávání planet a jejich vzdálenosti od HZ.

### **Jak moc jsi, krásko, podobná Zemi?**

Abychom mohli planety lépe porovnávat, přišli někteří autoři s jiným postupem. Pod zkratkou ESI (Earth Similarity Index) se ukrývá Index podobnosti se Zemí. Pokud má planeta ESI rovný číslu 1, pak je zcela podobná naší planetě jako vejce vejci ale pouze na základě předem daných kritérií. Čím více se pak hodnota blíží k nule, tím je planeta od naší rodné hroudy co do podobnosti vzdálenější. Například pro Mars je ESI 0,697, pro Jupiter 0,338 a třeba exoplaneta Gliese 581 d má hodnotu 0,739.

### **Výpočet ESI vychází ze čtyř základních parametrů:**

Poloměru

Hustoty

Povrchové teploty

Únikové rychlosti

Všimněte si, že mezi čtyřmi parametry není údaj o vzdálenosti či oběžné době. Ten je totiž ukryt právě v parametru „povrchová teplota“. Jak ale autor došel k odhadu povrchové teploty v případě exoplanet, je mi trochu záhadou. Rovnovážnou teplotu určit můžeme, ale ta samozřejmě nebere v úvahu vliv atmosféry. Stejně tak poloměr planety v případě, že nevykonává tranzity, bude asi spíše hrubým odhadem.

ESI pak vypočítáme dle vztahu:

$$ESI = \prod_{i=1}^n \left( 1 - \frac{|x_i - x_{i0}|}{|x_i + x_{i0}|} \right)^{w_i}$$

kde  $x_i$  je parametr pro danou planetu,  $x_{i0}$  je parametr pro Zemi,  $w_i$  je tzv. váhový exponent a  $n$  je počet parametrů.

Pro jednodušší orientaci zavádí autor celkem tři ESI indexy:

ESI<sub>i</sub> je vnitřní index, který v sobě zahrnuje údaje o poloměru a hustotě planety.

ESI<sub>s</sub> je povrchový index, obsahující únikovou rychlost a povrchovou teplotu.

ESI<sub>g</sub> je globální index, který zahrnuje všechny čtyři parametry (povrchovou teplotu, poloměr, hustotu, únikovou rychlost). Dle libosti může být rozšířen o další parametry.

**Tabulka 4:** Váhové exponenty a referenční hodnoty

Parametr	Referenční hodnota	Váhový index
Poloměr	1	0,57
Hustota	1	1,07
Úniková rychlost	1	0,7
Povrchová teplota	288 (K)	5,58

**Příklad:**

Jako příklad si zvolme Mars a index ESI<sub>i</sub>. Potřebovat budeme údaje o poloměru a hustotě Marsu a to v násobcích Země:

Poloměr Marsu:  $x_i = 0,53$  Země

Hustota Marsu:  $x_i = 0,71$  Země

---

Z tabulky si vezmeme váhové exponenty. Pro poloměr je 0,57, pro hustotu 1,07. Údaje bereme vzhledem k referenční hodnotě Země (1), takže  $x_i0 = 1$ .

Parametry máme dva, takže  $n = 2$

Hodnoty dosadíme do vzorce pro každý parametr zvlášť a oba výsledky mezi sebou vynásobíme. Měl by nám vyjít  $ESI_i = 0,815$ .

Pokud si nevíte rady, tak polopaticky:

### Pro poloměr:

$(0,53 - 1) / (0,53 + 1) = -0,307189542$  (údaj je v absolutní hodnotě, takže minusové znaménku si můžeme odmyslet)

$1 - 0,307189542 = 0,692810457$

Exponent  $w_i / n = 0,57 / 2 = 0,285$

$0,692810457$  umocníme na  $0,285 = 0,900689528$

Analogicky provedeme výpočet pro hustotu, kde nám hodnota vyjde  $0,905360088$

Oba výsledky vynásobíme a dostaneme  $ESI_i = 0,815$

Pokud budete počítat globální index  $ESI_g$ , bere v potaz 4 parametry a  $n = 4$

### Tabulky:

ESI pro tělesa Sluneční soustavy:

<https://docs.google.com/document/d/1bwIPT9C6EhHkYM5667kbPtZeLoE61fZLjfc1XiazODQ/edit?hl=en&authkey=CJTO5v4E>

ESI pro exoplanety: <https://docs.google.com/document/d/1qddGGeWt05fj-6zEUOSYdlGI9YHvnaXybTEExJLVBQ4/edit?hl=en&authkey=CLqv0JME>

ESI pro kandidáty od Keplera:

<https://docs.google.com/document/d/1wRE7GKH1BAyEfK-x94CxD1J3PwdsQM6R6NsqighTKVs/edit?hl=en&authkey=CLmFq8oF>

### Zdroje:

Článek o HZd: <https://sites.google.com/a/upr.edu/planetary-habitability-laboratory-upra/library/notes/habitablezonesdistancehzdahabitabilitymetricforexoplanets>

Článek o ESI: <https://sites.google.com/a/upr.edu/planetary-habitability-laboratory-upra/projects/earth-similarity-index-esi>

---

## Život u galaktického centra prý nemusí být tak špatný

Bydlet v centru velkoměsta je na první pohled úžasné. Všude máte blízko, vaše nemovitost má vysokou hodnotu apod. Na druhou stranu musíte dýchat zaprášený vzduch z ulice, všude je strašný hluk a málo zeleně. S obyvatelnými zónami je to podobné. Tentokrát však nemáme na mysli oblast okolo hvězdy ale mnohem makroskopičtější záležitost – galaktickou obyvatelnou oblast.

Obyvatelná zóna okolo hvězdy je termín, který je v poslední době na stole téměř každý den a to zejména díky objevům nových exoplanet. Jedná se o oblast, ve které může mít případná planeta zemského typu podmínky k udržení vody v kapalném skupenství. Jinými slovy: je to vzdálenost tak akorát, ani aby vám byla zima nebo naopak příliš horko.

Jenomže hvězdy neplují ve vesmíru jen tak osamocené, ale jsou součástí galaxií. A stejně jako má své výhody i nevýhody život v městském centru či naopak na periférii, tak i pozice v rámci galaxie je velmi důležitá.

Planetolog Peter Ward a astrobiolog Donald Brownlee (mimo jiné také šéf mise Stardust) jsou považováni za jakési duchovní otce pojmu galaktická obyvatelná oblast (dále již jen GHZ). Oba vědci jsou mimochodem také autory slavné hypotézy o jedinečnosti Země (Rare Earth hypothesis - [http://en.wikipedia.org/wiki/Rare\\_Earth\\_hypothesis](http://en.wikipedia.org/wiki/Rare_Earth_hypothesis)), která fakticky říká, že naše planeta je jedinečná a vznik života byl do značné míry náhodný. Jedná se o protiváhu názorovému proudu, který se rodil ve druhé polovině minulého století zásluhou zejména Carla Sagana a Franka Drakeho. Ti se naopak domnívali, že život je ve vesmíru běžný a existují miliony obyvatelných či přímo obydlených planet. Tento názor je ostatně propleten velkou částí Saganovy tvorby (viz například film Kontakt s Jodie Foster).

Vraťme se ale zpět k GHZ. Podle některých astronomů se má jednat o poměrně tenký pás v rámci galaxie, ve kterém jsou ideální podmínky pro vznik a vývoj planety zemského typu a zejména života na jejím povrchu. Abychom si rozuměli, jde především o dosažení jistého kompromisu. Čím více se blížíte centru galaxie, tím více nacházíte kovů (prvků těžších než hélium), které byly upečeny v nitru hvězd a do vesmíru se dostaly během explozí supernov. Tyto prvky jsou samozřejmě klíčové, neboť z vodíku a hélia ani ten nejlepší šéfkuchař planety zemského typu nebo dokonce život neupláčá. Na druhou stranu musíme blízko centra čelit právě supernovám a smrtícímu záření.

Naše Slunce obíhá ve vzdálenosti 26 000 světelných let od středu Galaxie, takže máme důkaz o existenci alespoň jedné obydlené planety v těchto galaktických končinách. Kde přesně ale leží v rámci naší Galaxie GHZ se vědci neshodnou. Do nedávna panoval určitý názor, že by to mohlo být v oblasti od zhruba 22 800 do 29 300 světelných let.

---

Nová studie však tvrdí, že bydlet mnohem blíže galaktickému centru nemusí být zase tak špatné. Michael Gowanlock (NASA's Astrobiology Institute), David Patton a Sabine McConnell (Trent University) se domnívají, že vhodnou oblast můžeme nalézt jen 8 100 světelných let od centra Galaxie!

Tým zjistil, že i přes relativně časté výbuchy supernov v blízkosti galaktického centra je tato oblast až 10x příznivější pro vznik planet zemského typu. Podle vědců jsou klíčem právě kovy a jejich výskyt v tomto regionu.

Astronomové se domnívají, že ke vzplanutí supernovy dojde v Galaxii v průměru jednou za padesát let a nebezpečí jsou planety v okruhu asi 30 světelných let. Záření supernovy totiž může zlikvidovat ozonovou vrstvu a doslova tak planetu sterilizovat. Nový výzkum je založen na studiu izotopu hliníku 26, který vzniká při supernovách typu II (zhroucení masivní hvězdy) a říká, že většina planet je sice během své existence vystavena účinkům blízké supernovy, ale zhruba třetina se „sterilizací supernovou“ problém nemá. Kromě toho také záleží na tom, kdy k případnému „ozáření“ dojde. Autoři předpokládali existenci problematické zóny ve vzdálenosti 6,5 až 98 světelných let od supernovy v závislosti na jejím typu.

Ne všichni astronomové s touto teorií souhlasí. Mimo jiné se ozvali právě Ward a Brownlee, kteří poukázali na jeden z problémů těchto hypotéz, jenž bychom mohli nazvat „paradoxem klíčové dírky“. Jde o to, že studie se na celou problematiku dívá v příliš úzkém úhlu pohledu. Zabírá se pouze supernovami a množstvím kovů. Je ale známo, že blíže ke galaktickému centru je větší hustota hvězd, což může být jeden z problémů. Blízká hvězda může narušit dráhy planet u své sousedky, což může vést k vyhození některých planet ze systému apod. Že se takové věci dějí, je už téměř prokázáno.

### Zdroj:

<http://www.astrobio.net/exclusive/4231/living-in-the-galactic-danger-zone>

---

**Modrá je špatná? Už je to tak!**

**Tomáš Petrásek, vzdalenesvety.cz**

Nemějte strach, nejde o kritiku naší nejsilnější vládní strany, a tím méně Šmoulu nebo Avatara. Předmětem tohoto článku je seriózní vědecký výzkum, který dále rozšiřuje již tak bohatý výčet negativních účinků sloučeniny známé jako DHMO. Kromě mnoha dalších škodlivých účinků totiž tato sloučenina také nega-

---

tivně ovlivňuje obyvatelnost celých planet a zužuje nám obyvatelné zóny okolo hvězd!

Mo(u)dří už vědí, že pod děsivou zkratkou DHMO (<http://en.wikipedia.org/wiki/DHMO>) se skrývá obyčejná voda, která ze Země dělá modrou planetu. A že by zrovna voda mohla nějak škodit obyvatelnosti planety? Větší protimluv snad ani nelze vymyslet. Vždyť právě přítomnost kapalné vody je tím nejdůležitějším bodem samotné definice „obyvatelnosti“!

Ovšem i zde může platit, že všeho moc škodí. Třebaže tradiční úvahy o obyvatelnosti se soustředily hlavně na planety podobné Zemi, nebo dokonce zcela pokryté oceánem, který je na Zemi odjakživa považován za nejdůležitější ze všech biotů a kolébku života, v některých extrémních případech mohou planety pouštního charakteru setrvat obyvatelné i tam, kde by jakákoli „modrá planeta“ fatálně selhala. Nejnověji to ukázala skupina vědců pod vedením Kevinu J. Zahnleho (Abe a kol., 2011, <http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/ast.2010.0545>).

Představte si planetu na chladném okraji obyvatelné zóny, potýkající se s hrozbou trvalého zamrznutí. Zamrzlý oceán má vysoké albedo, takže udržuje povrch velmi chladný. Vysoká tepelná kapacita vody navíc komplikuje případné rozmrazání. Pokud už se modrá planeta jednou změní v bílou (snowball planet), rozmrazit ji může jedině opravdu drastický zásah.

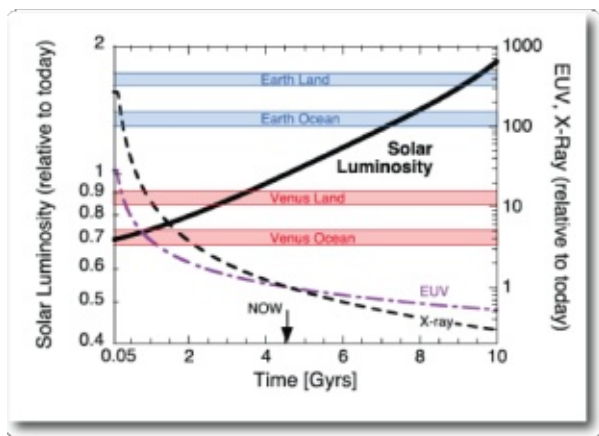
Naopak pouštní planeta je na tom o něco lépe. Skalnatý povrch je tmavší než led a sníh, lépe jímá teplo, a také se rychleji ohřívá. Proto na ní teploty na rovníku nebo na letní polokouli (u planet se skloněnou osou), zejména během dne, snadno překročí nulu, třebaže průměrná teplota může ležet hluboko pod bodem mrazu. V poušti tak mohou existovat alespoň lokální oázy rozmrazující v určitých částech denního či nočního cyklu, zatímco stejně chladná planeta pokrytá ledovým oceánem zůstane zmrzlá kompletně. Ona "pouštní" situace se vlastně týká i Marsu, kde také teploty vzácně vystupují i 20° nad nulu, ovšem existenci oáz komplikuje nízký atmosférický tlak, vedoucí k jejich rychlému zániku vypařováním.

Tuto paradoxní výhodu pouštních planet ukázali už Dressing a kolektiv (2010) ve své studii klimatu na různých typech terestrických exoplanet. Nyní Abe a kolektiv (2011) demonstrují, že obyvatelná zóna (HZ) je pro pouštní světy s minimálním množstvím vody širší než pro světy oceanické, a to jak na okraji studeném, tak rovněž horkém.

Na horkém pomezí HZ se planeta potýká s mnoha problémy. Teplotu nelze snižovat snižováním hladiny CO<sub>2</sub>, která je téměř nulová. Rostoucí teplota urychluje odpar, takže se podstatnou složkou atmosféry stává vodní pára, jež je navíc sama silným skleníkovým činidlem, což situaci dál vyostřuje. Když se tato pozi-

tivní zpětná vazba vymkne kontrole, planeta podlehne pádivému skleníkovému efektu, při němž veškerá voda rychle změní své skupenství z kapalného na plynné, a povrchová teplota stoupne na mnoho set stupňů. I když k tomu nedojde, teplá vlhká atmosféra (vlhký skleníkový efekt neboli moister greenhouse) není žádná výhra. Tropopauza se ohřívá natolik, že tam vodní pára nevyvrhá, nýbrž nerušeně stoupá do stratosféry. Tam ji může UV záření rozkládat na vodík a kyslík, přičemž vodík uniká do vesmíru, takže planeta stejně pomalu (během stovek milionů let) vysychá, až vyschne zcela.

Představte si, co se stane, když je na takové planetě vody málo – namísto oceánů jen izolovaná moře či jezera. První vyschnou oblasti kolem rovníku, kde je nejtepleji. Tropické pouště se sice poté „rozširují“ ještě víc, ale není tam už nic, co by se mohlo odpařovat. Horký skalnatý povrch vyzařuje do kosmu velké množství tepla, a vzduch s relativně nízkým obsahem vodních par není tak účinnou překážkou pro infračervenou radiaci jako vlhký vzduch nad horkým oceánem, což pouštní planetě dovoluje se chladit účinněji než její vlhčí kolegy, jež se paří ve vlhkém skleníku. Atmosféra chudá na vodní páru nedovoluje molekulám H<sub>2</sub>O ve větším množství stoupat do stratosféry (rozhodující je tu nejen celková teplota, ale i koncentrace par v ovzduší). Díky tomu by se limit pro nástup „vlhkého skleníku“ posunul ze 135% pozemské insolace (0,85 AU) až ke 170% pozemské insolace (0,77 AU).



**Obr.14** Graf ukazující vývoj zářivosti Slunce v čase a limity obyvatelnosti Venuše a Země pro oceanický, respektive pouštní podmínky na jejich povrchu.

---

Kdyby Zemi podobná planeta čelila postupnému zjasňování své centrální hvězdy, mohla by se díky postupnému úniku vody ze stratosféry zvolna měnit v pouštní planetu, aniž by upadla do stavu pádivého skleníku. Oceány by postupně mizely, ale dostatečně pomalu, takže obsah páry v atmosféře by zůstával nízký a teplota na povrchu „rozumná“. Nakonec by se vodní rezervoáry a srážková činnost uchovaly jen na pólech, které by se staly posledními útočišti života, zatímco střední a nízké šířky by byly zcela neobyvatelné. To vše ještě v době, kdy by na planetě podle tradičních modelů měl vládnout sterilizující žár a drtivý tlak. Je asi na místě podotknout, že tato úvaha není zcela nová, čeští čtenáři se s ní mohli setkat například v díle P. Warda a D. Brownleeho *Život a smrt planety Země*.

Tento scénář je aktuální hned ze dvou důvodů. Zaprvé, postupné přehřátí jednou čeká i matičku Zemi. Pokud se dokáže přeměnit v pouštní planetu, vydrží na ní život déle, než bychom se mohli domnívat. Zadruhé, její předchůdkyní na této cestě mohla být sestřička Venuše. Pokud byla pouštní planetou s vodou toliko na pólech, mohla jí zůstat dosti dlouho, až do doby před 1 miliardou let (což se mimochodem kryje s předpokládanou globální sopečnou katastrofou).

Čeká nás redefinování obyvatelné zóny? Nejspíš hned tak ne, protože jiné faktory, zejména mraky, mohou mít na šíři HZ ještě dramatičtější vliv (vesměs ovšem pozitivní!) a dosud jim úplně nerozumíme, takže je asi rozumnější definovat HZ konzervativně. Je to ale další ukázka toho, jak vynalézavá by příroda mohla být, pokud jde o obyvatelná prostředí na planetách.

Milovníci sci-fi jistě již zasněně vzdychají a pomýšlejí na Tatooine nebo Arrakis. Možná ale máme jednu takovou pouštní planetu přímo před očima: je jí Saturnův měsíc Titan. Ano, je to zvláštní typ pouště o teplotě  $-180^{\circ}\text{C}$ , a kapalinou tam není voda, ale metan, ovšem všechno ostatní je stejné – přes rovník se táhne globální písečné moře, zatímco na pólech se krčí poslední malá moře a bezpočet jezer.

### Zdroje:

- Abe Y, Abe-Ouchi A, Sleep NH, Zahnle KJ.: Habitable zone limits for dry planets. *Astrobiology*. 2011 Jun;11(5):443-60. doi: 10.1089/ast.2010.0545.: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21707386>
- Yutaka ABE: [https://www.cps-jp.org/%7Eepschool/2010-01-04/08\\_Abe/lecture1/pub/Abe-Habitable-e3\\_with\\_reference.pdf](https://www.cps-jp.org/%7Eepschool/2010-01-04/08_Abe/lecture1/pub/Abe-Habitable-e3_with_reference.pdf)
- Dressing, Courtney D.; Spiegel, David S.; Scharf, Caleb A.; Menou, Kristen; Raymond, Sean N. (2010): *Habitable Climates: The Influence of Eccentricity*.



---

The Astrophysical Journal, Volume 721, Issue 2, pp. 1295-1307.:

<http://arxiv.org/pdf/1002.4875>

Desert planets (Systemic): <http://oklo.org/2011/07/16/desert-planets/>

Ward, P. D.; Brownlee, D.: Život a smrt planety Země. Dokořán, 2004

---

## Sluneční soustava

### Astronomové objevili dva nové měsíce Jupiteru

V roce 1610 objevil Galileo Galilei čtyři největší měsíce planety Jupiter. Po více než 400 letech přidávají astronomové na seznam satelitů obra Sluneční soustavy další přírůstky. Mezinárodní astronomická unie představila dva nové měsíce, Jupiter si tak upevnil první příčku v pomyslném šampionátu.

Měsíc s označením S/2010 J1 má průměr 2 kilometry a okolo Jupiteru obíhá ve vzdálenosti 23 milionů kilometrů s periodou 723 dní. Oběžná dráha měsíce je poměrně dost protáhlá a skloněná vůči rovině rovníku mateřské planety o více než 160°. S/2010 J1 tak okolo Jupiteru obíhá v opačném směru, než v jakém planeta rotuje. Objekt byl objeven 7. září 2010 pětimetrovým dalekohledem Hale v Kalifornii.

Druhým úlovkem je kilometrový měsíc S/2010 J2, který se okolo Jupiteru pohybuje ve vzdálenosti 20 milionů kilometrů s oběžnou dobou 588 dní. Také v tomto případě se jedná o protáhlou eliptickou dráhu se sklonem 150° vůči rovině rovníku. Měsíc byl objeven 3,5 m dalekohledem Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT) na Havaji.



**Obr. 15** Dalekohled Hale na Observatoři Palomar v Kalifornii. Zdroj: Wikipedia

V budoucnu by měly oba měsíce dostat romantičtější jména. Jak už to tak bývá, zdrojem budou rozsáhlé vody bájně mytologie. Zase tak rychle to nebude, na svá jména stále čeká i tucet měsíců, které byly objeveny v roce 2003.

Existuje však i šance, že svých jmen se měsíce nikdy nedočkají. Už nějaký ten pátek bublá v astronomických kruzích diskuse, zda podobně malé „balvany“ vůbec nazývat měsíci a dávat jim jména.

Jupiter si čerstvými přírůstky upevnil své postavení mezi planetami. V tuto chvíli známe 65 jeho měsíců, na druhém místě je Saturn s 62 oběžnicemi. Celkově máme ve Sluneční soustavě na 170 měsíců.

#### **Zdroje:**

<http://www.skyandtelescope.com/community/skyblog/newsblog/124851589.html>

[http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jup\\_S2010J1](http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jup_S2010J1)

[http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jup\\_S2010J2](http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jup_S2010J2)

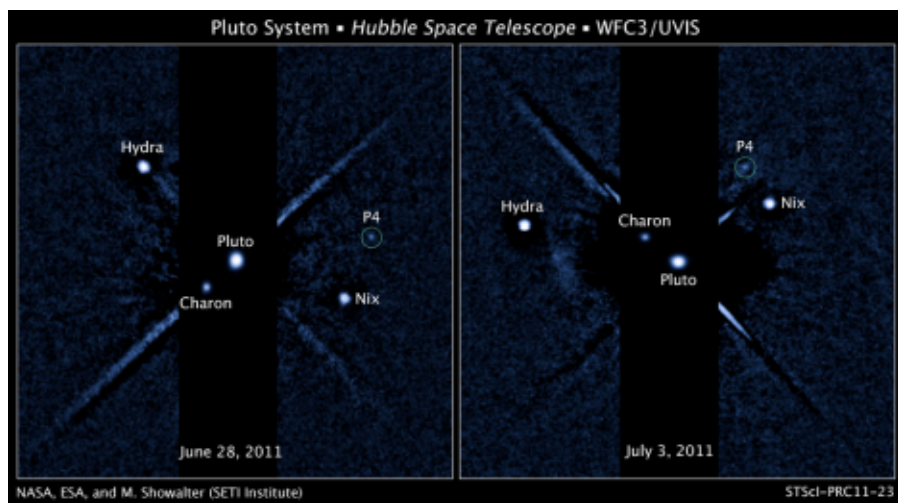
## Hubblův dalekohled objevil nový měsíc trpasličí planety Pluto!

Rodina měsíců trpasličí planety Pluto se rozrostla. NASA představila objev v pořadí čtvrté přirozené družice Pluta Hubblovým kosmickým dalekohledem. Zpráva o objevu přichází jen pár hodin před přistáním posledního raketoplánu na Zemi. Byly to právě kosmické koráby, které legendární Hubblův dalekohled vynesly do vesmíru a po dobu více než 20 let ho udržovaly v aktivní službě.

Prvním objeveným měsícem (tehdy ještě planety Pluto) byl v roce 1978 Charon. Astronomové tehdy překvapila odhadovaná velikost měsíce. Charon má mít průměr 1040 km, což je vzhledem k velikosti samotného Pluta (2300 km) poměrně hodně.

V roce 2005 objevil Hubblův dalekohled další dva měsíce Nix a Hydra o průměru řádově desítky kilometrů (uvádí se 30 až 130 km). Nyní k nim přibyl ještě jeden menší bráška s prozatímním označením P4 (P jako Pluto a 4 jako čtvrtý objevený měsíc). Průměr nového objektu se odhaduje na 13 až 34 km.

Nový měsíc byl poprvé spatřen na fotografii pořízené kamerou Hubblova dalekohledu 28. června 2011. Objev byl potvrzen následnými pozorováními 3. a 18. července.



**Obr.16** Tři známé měsíce Pluta a jeden nově objevený (P4) na snímku z Hubblova dalekohledu. Credit: NASA, ESA, and M. Showalter (SETI Institute)

---

O názvu měsíce musí rozhodnout Mezinárodní astronomická unie. Podrobnější informace o trpasličí planetě Pluto a možná i objev dalších měsíců lze očekávat v roce 2015, kdy okolo Pluta proletí americká kosmická sonda New Horizons.

**Zdroj:**

<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2011/23/image/a/>

.....

### **Sonda NASA našla na Marsu tekoucí vodu!**

Kosmická sonda MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) objevila důkazy, které naznačují existenci tekoucí vody na povrchu Marsu.

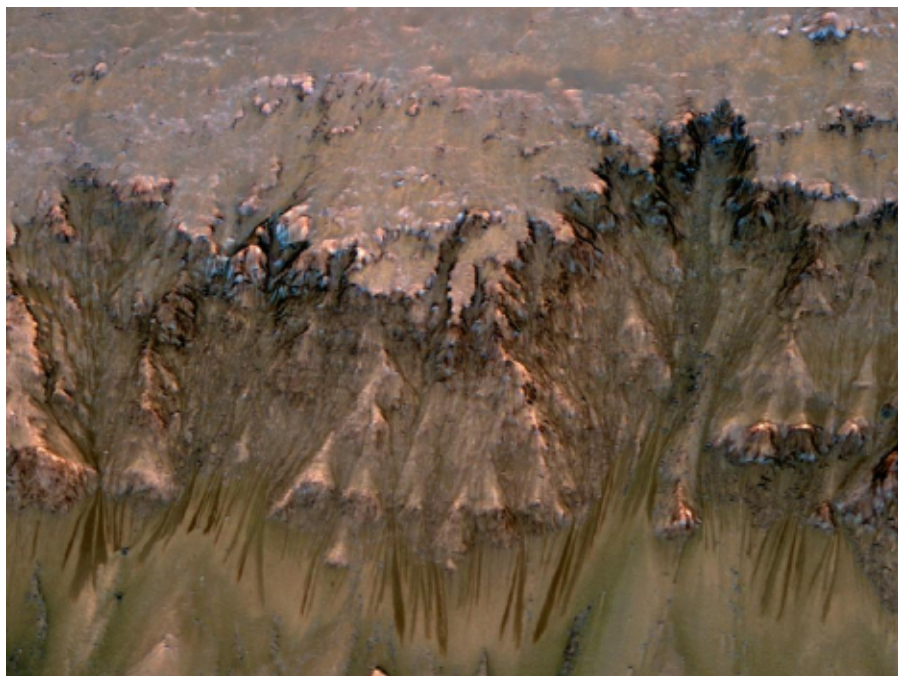
Americká sonda Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) pracuje na oběžné dráze Marsu od roku 2006. Dnes večer našeho času oznámila NASA na tiskové konferenci, že sonda pravděpodobně našla důkazy, které by naznačovaly výskyt tekoucí vody v době léta.

Objev vody na Marsu není nikterak novou zprávou. Zásoby podpovrchového ledu už prokázala řada sond nejen z oběžné dráhy ale také z povrchu. Konec konců, právě dnes slavíme 4 roky od startu sondy Phoenix, která 25. května 2008 přistála v oblasti severního pólu Marsu a během několikaměsíčního průzkumu okolí poskytla důkazy, že už pár centimetrů pod povrchem Marsu se vyskytuje vodní led.

Vrátíme se však zpět k současnému objevu. Planetologové si už hezkých pár let pohrávali s myšlenkou, že by se během léta mohla na některých místech planety nacházet voda v kapalném skupenství. Je sice pravdou, že i v době léta se teplota pohybuje hluboko pod bodem mrazu, avšak tuto nevýhodu částečně kompenzuje zejména vysoká slanost vody.

Několik snímků, které by naznačovaly existenci tekuté vody, už sondy přinesly, nikdy však nešlo o jednoznačné důkazy. Veškeré „podezřelé tmavé oblasti“ se vždy nacházely na svazích marťanských hor a kráterů a nebylo jasné, zda jde o tekoucí vodu či třeba pouhý sesuv půdy.

Sonda MRO za téměř pět let práce nahromadila dostatek materiálu, takže vědci mohou velmi podrobně pozorovat sezonní změny.



**Obr.17** Tmavé anomálie zřejmě způsobené tekoucí slanou vodou na svahu kráteru Newton. Jejich šířka se pohybuje od 0,5 do 5 metrů. Credit: NASA

Na snímcích ze sondy MRO jsou dobře patrné tmavší skvrny. Nenechte se však zmást, tyto oblasti nejsou tmavší proto, že by byly „mokřejší“. Za změnou musíme hledat jiné vysvětlení, avšak ani zkušení planetologové si neví zcela rady. Je možné, že průtok slané vody změnil drsnost povrchu nebo uspořádání zrn.

**Zdroj:**

[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/MRO/news/mro20110804.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/MRO/news/mro20110804.html)

---

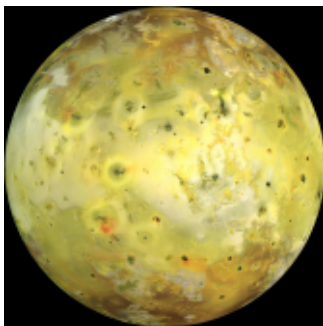
## Může Jupiterův měsíc Io hostit extrémní formy života?

Vladimír Kocour, planetary.cz

Io, nejbližší a vulkanicky nejaktivnější z velkých Jupiterových měsíců, je považován za kandidáta na na těleso obývané extrémními formami mimozemského života. Na obrázku vidíme dvě sírné erupce vyfotografované sondou Galileo, která zkoumala Jupiter a jeho měsíce v letech 1995 až 2003.

Na detailním obrázku nahoře nad okrajem měsíce Io se objevuje namodralý chochol sopečného prachu a plynu, který vystupuje asi 140 km nad vrchol vulkánu Pillan Patera. Na detailním obrázku dole, poblíž rozhraní dne a noci na měsíci vidíme kruhově ohraničený oblak kouře z vulkánu Prometheus sahající do výšky 75 km nad vrchol vulkánu. Oblak kouře z Promethea je viditelný na každém snímku této oblasti měsíce Io, který sonda Voyager pořídila při svých průletech kolem měsíce v roce 1979. Tento vulkán je patrně aktivní nepřetržitě posledních 18 let.

Extrémní podmínky na měsíci Io prakticky vylučují existenci stejného typu života, jaký známe ze Země. Na povrchu měsíce je život fakticky nemožný jednak proto, že měsíc nemá atmosféru, jednak proto, že se nachází v oblasti radiačních pásů Jupiteru. Vysokoenergetické částice z Jupiteru by zlikvidovaly jakoukoli formu vody, která by se na měsíci nacházela. Na povrchu Io také nebyly detekovány žádné organické sloučeniny.



**Obr. 18** Měsíc Io. Credit: NASA

Podle numerických modelů se měsíc Io zformoval v oblasti kolem Jupiteru, ve které se voda vyskytovala. Že na Io krátce po jeho vzniku voda byla, usuzujeme podle velkého množství vody na ostatních velkých měsících. Gravitační sla-

---

pové působení vzdálenějších měsíců Europa, Ganymedes a Callisto však zahřívá měsíc natolik, že se z něj stalo rozžhavené těleso, které je vulkanicky mnohem aktivnější, než Země. Uvnitř hornin, které nejsou roztavené, však panují podmínky, ve kterých by mohly přežít primitivní mikroorganismy živící se sloučeninami síry. Organismy nacházející příznivé prostředí ke svému životu ve vyvřelé hornině jsou známé i ze Země, například ze ztuhlých lávových proudů na Islandu. Horniny v kůře měsíce Io jsou jednak zahřívány teplem z nitra měsíce, jednak je prostředí uvnitř horniny chráněno materiálem horniny před škodlivým zářením z Jupiteru.

I tak by však případný život na Io musel být odlišný od pozemského, protože podmínky na Io, zprvu snad srovnatelné s těmi na Zemi se později podstatně změnily s tím, jak měsíc vyschl a stal se horkým. Roli vody by na Io mohl hrát vodě podobný sirovodík, který je kapalný při teplotách  $-86$  až  $-60$  °C. Ačkoli tektý sirovodík není vhodným prostředím pro tolik druhů iontů jako voda, rozpouští se v něm řada anorganických sloučenin. Jinou možností jsou kysličník siřičitý nebo kyselina sírová.

**Zdroj:**

[http://www.dailygalaxy.com/my\\_weblog/2011/09/could-jupiters-volcanic-io-harbor-extreme-life-experts-say-yes.html](http://www.dailygalaxy.com/my_weblog/2011/09/could-jupiters-volcanic-io-harbor-extreme-life-experts-say-yes.html)

---

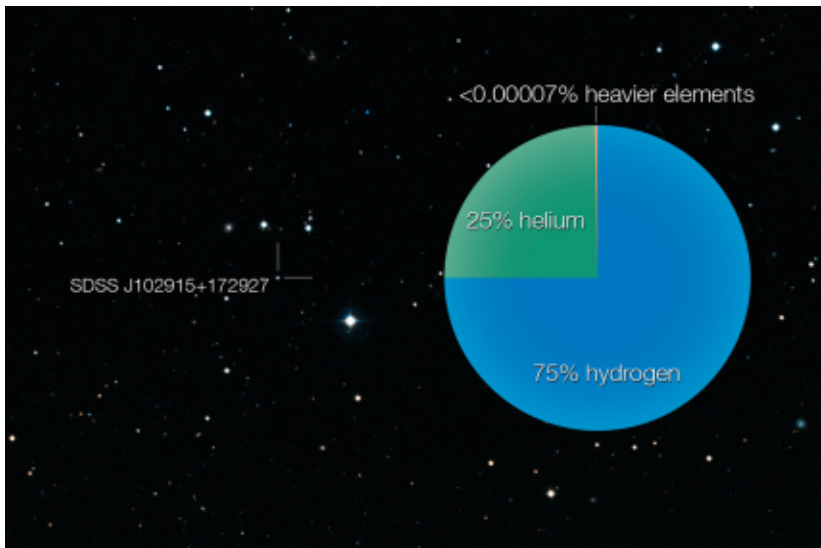
## Stelární astronomie

### Hvězdy ve vesmíru vznikaly navzdory teoriím

Mezinárodní tým astronomů pod vedením Elisabetty Caffau (Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg, Německo) objevil v souhvězdí Lva velmi zajímavou hvězdu s označením SDSS J102915+172927. Tato stálice byla korunována na hvězdu s nejmenším obsahem kovů.

Metalicita je pojem, který hýbe nejen stelární astronomií ale také výzkumem exoplanet. Znáť metalicitu znamená držet v ruce klíč ke stroji času. Díky její znalosti můžeme porozumět podmínkám, které panovaly v původní zárodečné mlhovině, ze které vznikla nejen samotná hvězda ale i její případné planety. Co to ale vůbec ta metalicita je? Pod tímto pojmem si můžeme představit obsah prvků, těžších než hélium, z nichž je hvězda tvořena. Tyto prvky astronomové označují jako kovy. Dnes se obecně předpokládá, že exoplanety vznikají u hvězd s vyšším obsahem kovů, což je konec konců logické, neboť z vodíku a hélia ani při nejlepší vůli kamennou planetu či jádro plynného obra neupláčáte.

Naše Slunce se jako každá správná hvězda skládá zejména z vodíku a hélia – dvou nejběžnějších prvků ve vesmíru. Pouhých asi 1,8% připadá na kovy. Tento zlomek je ovšem naprosto klíčový. Nebýt kovů, nebyla by Země ani člověk. Ne nadarmo se říká, že jsme „vzešli z hvězd“. Těžší prvky vznikaly v nitrech hvězd a do kosmického prostoru se dostávaly při explozích supernov.



**Obr.19** Složení hvězdy SDSS J102915+172927. Credit: ESO/Digitized Sky Survey 2

Čím mladší hvězda je (resp. čím později po velkém třesku vznikla), tím by měla být bohatší na kovy. To platí samozřejmě jen obecně, každá hvězda má jinou metalicitu. Její hodnotu můžete nalézt i v katalogích exoplanet jako údaj  $[Fe/H]$ . K číslu se dostaneme tak, že logaritmus počtu atomů železa k počtu ato-



---

mů vodíku ve hvězdě, odečteme od stejného poměru pro Slunce. Železo sice není ani zdaleka jediným kovem v nitru hvězdy, ale je dobře odhalitelné ve spektru.

Hvězda SDSS J102915+172927 je podle všeho velmi starou hvězdou, neboť v jejím spektru astronomové nenalezli téměř žádné kovy. Spektrografy X-shooter a UVES, které jsou instalovány na dalekohledu VLT Evropské jižní observatoře, našly z počátku jen nepatrné množství vápníku. Aby mohli vědci vystopovat i další kovy, museli požádat ředitele ESO o přidělení mimořádného pozorovacího času. O tom, jak se pozorovací čas na dalekohledech VLT rozděluje, budeme v brzké době dělat zajímavý rozhovor s jedním ze zaměstnanců ESO.

Z výsledků studie vyplývá, že SDSS J102915+172927 má 20 000x menší obsah kovů ve srovnání se Sluncem. Co je však možná ještě zajímavější, astronomové našli v jejím spektru 50x méně lithia, než by se na starou hvězdu slušelo. Lithium patřilo kromě vodíku a hélia k prvním prvkům v raném vesmíru.

Zajímavá je také hmotnost hvězdy – jen 0,8 Slunce. Podle teorií o vzniku hvězd by SDSS J102915+172927 neměla prakticky vůbec existovat. Hvězdy s nízkou hmotností měly vznikat až později, poté co hmotnější hvězdy obohatily vesmír o těžší prvky. Kovy totiž v zárodečném oblaku plynu působí jako „chladicí směs“, která odvádí teplo a oblak se tak může začít gravitačně hroutit, což vede ke vzniku hvězdy. Důležitými činidly jsou zejména uhlík a kyslík. Uhlíku je však v SDSS J102915+172927 méně než je dle teorie kritická mez, nutná pro dokonalé chlazení původní mlhoviny.

### Doporučený článek:

<http://www.exoplanety.cz/2009/11/mate-lithium-slecno-hvezdo/>

### Zdroj:

<http://www.eso.org/public/news/eso1132/>

---

## Šest hnědých trpaslíků o teplotě lidského těla

Vladimír Kocour, planetary.cz

Vědci z NASA zpracovávající data z Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE) objevili 6 hnědých trpaslíků o velmi nízké povrchové teplotě, dokonce tak nízké, že je srovnatelná s teplotou lidského těla. Pro tak nízkou povrchovou teplotu

---

tu je vyčleněn spektrální typ Y. Všechny 6 hnědých trpaslíků se nachází ve vzdálenosti do 40 světelných let od Slunce. Astronomové hledali taková tělesa bez úspěchu po více než 10 let. Dalekohledy pracujícími ve viditelném světle jsou tyto objekty téměř nedetekovatelné, protože maximum jejich vyzařování leží daleko v infračervené oblasti spektra.

Spektrální klasifikace hvězd dělí hvězdy podle povrchové teploty do spektrálních tříd O, B, A, F, G, K, M. Slunce patří do třídy G. Objekty s nižší povrchovou teplotou než 3000 K a menší hmotností než 0,08 hmotnosti Slunce nedokážou udržet stabilní termojadernou reakci vodíku na helium (proton-protonový řetězec). Takové objekty se nazývají hnědí trpaslíci. Název vznikl historicky. Hnědí trpaslíci ve skutečnosti vůbec nemají hnědou barvu. Maximum jejich vyzařování leží v infračervené oblasti spektra. Pro hnědé trpaslíky byly zavedeny další 3 spektrální třídy: L, T, Y. Spektrální třídě L odpovídá teplota kolem 2500 K, třídě T teplota kolem 1000 K. Třída Y zahrnuje hnědé trpaslíky o povrchové teplotě 725 K nebo nižší. Kdybychom se na ně hnědé trpaslíky tříd L nebo T dívali z malé vzdálenosti, vnímali bychom je jako červené nebo temně červené. Hnědí trpaslíci třídy Y mají tak nízkou povrchovou teplotu, že bychom jejich vlastní záření téměř neviděli. Hnědý trpaslík nemá významnější zdroje vlastní energie, a tak září jen díky teplotě, které dosáhl při svém vzniku smršťováním původní pramňoviny. Během své existence pozvolna chladne a poněkud se smršťuje. Atmosféry hnědých trpaslíků se podobají atmosféře Jupiteru. Hnědí trpaslíci jsou na jednu stranu lépe pozorovatelní, než exoplanety (pokud nejsou součástí vícenásobné hvězdné soustavy), protože jejich světlo nepřezářuje žádná blízká hvězda. Na druhou stranu jsou však pozorovatelní poměrně špatně, protože jejich vlastní záření je slabé a v infračervené oblasti spektra. Atmosféra Země nepropouští jakoukoli vlnovou délku elektromagnetického záření, ale pouze určitá pásma vlnových délek, tzv. „okna do vesmíru“. Proto je mnohem vhodnější používat k pozorování hnědých trpaslíků umělé družice na oběžné dráze.

Data ze sondy WISE obsahují 100 nových hnědých trpaslíků. Šest z nich je klasifikováno jako spektrální třída Y. Jeden z těchto 6 objektů, WISE 1828+2650 drží rekord v nízké teplotě hnědého trpaslíka. Ta je jen 25 °C.

Hnědí trpaslíci spektrální třídy Y jsou v okolí Slunce ve vzdálenostech 9 a 40 světelných let. Hnědý trpaslík WISE 1541-2250 je 9 světelných let daleko, a stal se tak 7. nejbližší „hvězdou“ ke Slunci. Až dosud jím byl objekt Ross 154 ve vzdálenosti 8 světelných let. Nejbližší hvězda – trojhvězda Alfa Centauri (je tvořena složkami A, B a Proxima) je vzdálena 4,2 světelného roku.



**Obr.20** WISE 1828+2650, nejchladnější známý hnědý trpaslík, je označen zeleným kroužkem uprostřed tohoto infračerveného snímku. Tento hnědý trpaslík má povrchovou teplotu dokonce jen 25 °C. Zdroj: NASA/JPL - Caltech.

Skutečnost, že teprve dnes objevujeme objekty v bezprostředním hvězdném sousedství naší hvězdy je fascinující. Není vyloučeno, že časem bychom se sondou WISE mohli objevit objekt ještě bližší, než Alfa Centauri.

Hnědí trpaslíci objevení pomocí WISE byly potvrzeny Spitzerovým teleskopem. Pomocí nejvýkonnějších spektrometrů byla zjištěna přítomnost molekul vody, methanu, případně amoniaku. Na hnědé trpaslíky s nejnižší teplotou byl použit Hubbleův teleskop. Spektrometricky byli rozlišeni také hnědí trpaslíci spektrální třídy Y, charakteristické nízkou povrchovou teplotou.

#### Zdroj:

[http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2011/23aug\\_coldeststars/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2011/23aug_coldeststars/)

---

## Extrémní bouře v atmosféře hnědého trpaslíka

Vladimír Kocour, planetary.cz

Astronomové z University v Torontu pozorovali extrémní změny jasnosti blízkého hnědého trpaslíka, které mohou svědčit o bouři v jeho atmosféře, která je ještě větší, než ty, které můžeme vidět na planetách typu Jupiteru. Nejznámější taková bouře je Velká rudá skvrna na Jupiteru, která už existuje přes 300 let (na snímku ze sondy Voyager 1 v nepravých barvách). Tento nález by mohl vrhnout nové světlo na atmosféry extrasolární planet, protože staří hnědí trpaslíci mají podobné atmosféry jako plynné planety.

Vědci použili k rozsáhlé přehlídce blízkých hnědých trpaslíků 2,5m Irené du Pont Telescope na observatoři Las Campanas v Chile. V krátkém časovém rozpětí zaznamenali největší variace jasnosti, jaké byly dosud pozorovány. Autorka článku, postgraduální studentka Jacqueline Radiganová uvádí, že během 8 hodin se pozorovaný objekt, hnědý trpaslík 2MASS 2139, zjasnil o 30%. Změnu jasnosti lze nejlépe vysvětlit rotací hnědého trpaslíka. K Zemi se natočila ta strana hnědého trpaslíka, na které probíhá bouře. Atmosféra má v místě bouře – oblačného víru – vyšší teplotu, protože se na viditelný povrch dostává teplejší plyn z hlubších vrstev. Proto také oblačný vír více září. Hnědí trpaslíci jsou větší, mají vyšší teplotu a více vnitřní energie, než plynní obři – navzdory názvosloví. Hnědí trpaslíci jsou trpaslíci ve srovnání s hvězdami, plynní obři jsou zase obři mezi planetami. Bouře v atmosféře hnědého trpaslíka je mnohem energetičtější jev, než Velká rudá skvrna na Jupiteru.

Pozemští pozorovatelé poprvé spatřili Velkou rudou skvrnu na Jupiteru poprvé roku 1664. Důkladně popsána a vysvětlena však byla mnohem později, až v 19. století, od kterého je pozorována pravidelně. Tato skvrna má teplotu 110 K (-163 °C) a průměr 3× větší, než Země. Podle teoretických modelů se v atmosférách hnědých trpaslíků tvoří oblaka tehdy, když kondenzují silikáty a kovy, a vytvářejí zrnka. Rozsah a charakter změn jasnosti hnědého trpaslíka 2MASS 2139 vypovídají o tom, že rozmístění a množství oblaků v jeho atmosféře se vyvíjí v čase. Měření, jak rychle tyto změny jasnosti mohou být, nám umožní odhadnout rychlosti větrů, které v atmosférách hnědých trpaslíků vanou.

### Zdroj:

[http://www.dailygalaxy.com/my\\_weblog/2011/09/beyond-jupiters-great-red-spot-astronomers-observe-extreme-weather-on-an-alien-world.html](http://www.dailygalaxy.com/my_weblog/2011/09/beyond-jupiters-great-red-spot-astronomers-observe-extreme-weather-on-an-alien-world.html)

---

# Nové exoplanety: tranzitní metoda – Kepler

## Kepler-15 b: poprvé z Texasu

Texaský dalekohled Hobby-Eberly Telescope (HET), který se nachází na McDonald Observatory, si na své konto poprvé připsal potvrzení existence exoplanety, objevené kosmickým dalekohledem Kepler. HET má průměru 9,2 m a je unikátní v tom, že hvězdu nebo jiný objekt na obloze „nesleduje“ zrcadlo (to zůstává pevně zafixováno) ale otáčí se samotné přístroje. Tato vlastnost sice omezuje pozorování jednoho objektu na zhruba 2 hodiny, ale na druhou stranu umožnila poměrně velké finanční úspory.

Novou exoplanetou je Kepler-15 b o hmotnosti 0,66 a poloměru 0,96 Jupiteru. Výsledná hustota planety se tak odhaduje na  $900 \text{ kg/m}^3$ . Planeta obíhá okolo své hvězdy s periodou 4,94 dní. Mateřská hvězda je co do hmotnosti a poloměru podobná našemu Slunci.

V katalogích exoplanetárních kandidátů od Keplera lze mateřskou hvězdu nalézt pod označením KOI-128 nebo KIC 11359879.

### Zdroj:

<http://arxiv.org/abs/1107.2596>

---

## Kepler-17 b: hvězdná skvrna

Krátce po exoplanetě Kepler-15 b byla do stavu potvrzeného objevu povýšena i Kepler-17 b (KOI-203, KIC 10619192). Také v tomto případě byla spektroskopická měření získána dalekohledem HET v Texasu.

Mateřská hvězda je co do hmotnosti, velikosti a teploty velmi podobná našemu Slunci. Ve vzdálenosti 0,026 AU obíhá planeta o hmotnosti 2,45 a poloměru 1,31 Jupiteru. Díky znalosti velikosti a hmotnosti nebylo těžké vypočítat hustotu planety, která se odhaduje na  $1350 \text{ kg/m}^3$ , což je srovnatelné s Jupiterem.

Kepler-17 b obíhá okolo svého slunce s periodou jen 1,486 dní (35,6 hodin). Mateřská hvězda je na rozdíl od Slunce poněkud aktivnější. Astronomové našli v datech periodicky se opakující deformaci světelné křivky. Kromě poklesu jasnosti hvězdy vlivem tranzitu exoplanety, ke kterému dochází každých 35,6

---

hodin, je patrná deformace světelné křivky každých 11,89 dní. Tento pokles jasnosti ovšem modelově neodpovídá přechodu planety ale existenci obří hvězdné skvrny (analogii sluneční skvrny). Tyto skvrny jsou chladnější oblasti v hvězdné fotosféře. Pokud je k nám hvězda nakloněna polokoulí, na které se nachází obří skvrna nebo skupina skvrn, přichází od ní méně světla, což se ve světelné křivce (grafu závislosti jasnosti na čase) projeví. Astronomové tak byli schopni určit periodu rotace hvězdy.

Zatímco hvězda skutečně jednu otočku kolem své osy, exoplaneta Kepler-17 b okolo ní oběhne přesně osmkrát.

### Zdroj:

<http://arxiv.org/abs/1107.5750>

---

## Kepler-19: systém s neviditelnou planetou

Média, ale i seriózní astronomické portály, v září zaplavily články o objevu neviditelné exoplanety kosmickým dalekohledem Kepler. Ne, že by se snad jednalo o další planetu nízkým albedem nebo se před lovcem cizích světů nějak schovávala, jde spíše o nepovedenou nadsázku.

Astronomové potvrdili existenci dalších planet, které objevil zvědavý fotometr dalekohledu Kepler. V prvním případě se jedná o Kepler-19 b. Planeta má sice poloměr jen 2,2 Země ale s odhadem maximální hmotnosti 20 Zemí. Pravděpodobně se jedná o planetu tvořenou s ledu a hornin, která je obklopena plynnou obálkou z vodíku a hélia, která však vzhledem k blízké vzdálenosti od hvězdy není z dlouhodobého hlediska udržitelná. Pro zajímavost: pokud by byla planeta složena čistě ze silikátů, musela by mít vzhledem k poloměru hmotnost asi 15 Zemí. V případě, že by se jednalo o čistou obří kouli ledu, byla by její hmotnost 4,5 Země. Realitou bude směsice obou možností.

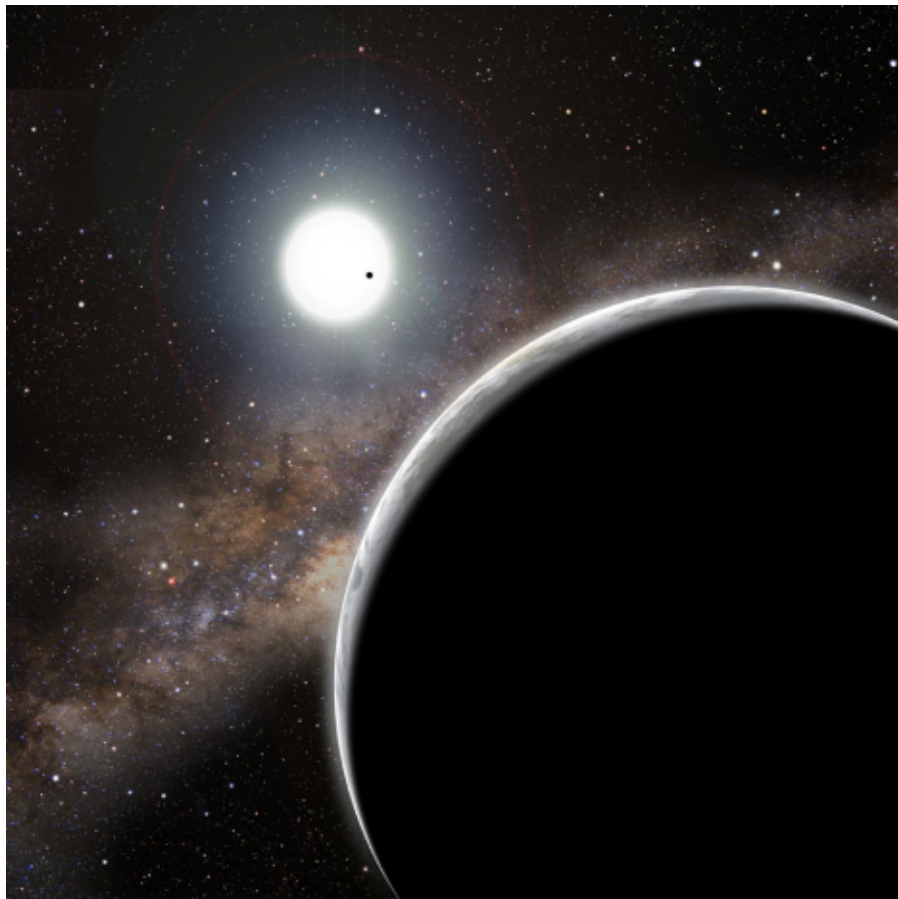
Kepler-19 b obíhá kolem chladnější a menší hvězdy než je naše Slunce s periodou 9,2 dní.

Kepler-19 b ovšem před svou hvězdou nepřechází se železnou přesností, což by mohlo znamenat existenci další planety (Kepler-19 c), jenž svou gravitací narušuje oběžnou dráhu známé exoplanety. Rozdíly v době tranzitu jsou až pět minut. Objevení nové exoplanety na základě pozorování odchylek v časech tranzitů známé exoplanety se říká metoda časování tranzitů (TTV). O hledání exoplanet se už pokoušejí i pozemské dalekohledy (viz případy u hvězd WASP-

---

3, WASP-10 aj., o kterých jsme mnohokrát psali).

Kandidát „Kepler-19 c“ byl mnohými označen v nadsázce za neviditelnou exoplanetu, což je poněkud nešťastné vzhledem k tomu, že drtivá většina exoplanet jsou pro nás fakticky neviditelnými objekty. Byly totiž nalezeny nepřímými metodami díky vlivu na mateřskou hvězdu apod. Exoplaneta má mít oběžnou dobu méně než 160 dní a hmotnost méně než 6 Jupiterů.



**Obr.21** Možná exoplaneta Kepler-19 c, která byla patrně objevena díky časování tranzitů, v představách malíře. Credit: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

---

Krátce před objevem byla zveřejněna studie, ve které její autoři simulovali možnosti odhalení TTV Keplerem. Obecně se dá říci, že nejmenší možná detekovatelná amplituda TTV závisí na mnoha parametrech jako je velikost hvězdy, hloubka tranzitu (pokles jasnosti hvězdy), délka tranzitu a počet pozorovaných tranzitů. Pro potřeby simulace si tak autoři zvolili následující zadání: máme zde červeného případně oranžového trpaslíka o hmotnosti 0,25 až 0,7 Slunce, okolo kterého obíhá planeta o hmotnosti 0,1 až 3 Jupiterů. Tato hypotetická planeta vykonává tranzity, které jsme schopni pozorovat.

Podle výsledků simulace by Kepler měl být schopen změřit amplitudy TTV okolo 20 sekund, které vyvolává existence planety o hmotnosti 3 až 10 Zemí v obyvatelné oblasti.

Ze simulace vychází jako nejlepší scénář existence hmotnější tranzitující exoplanety na vnitřní dráze a přítomnost menší netranzitující planety na dráze vnější.

Samozřejmě se nabízí otázka, zda existence takového páru je vůbec reálná. Dnešní teorie příliš nepředpokládají existenci velmi hmotné planety u méně hmotných hvězd. V úvahách tak musíme brát hmotnost tranzitující exoplanety spíše v řádu desetin Jupiteru. Taková planeta by při své migraci mohla s sebou vzít i kamennou exoplanetu. Obě planety by pak okolo svého slunce obíhaly v rezonanci (oběžné doby by byly v poměru celých čísel).

#### **Zdroje:**

<http://arxiv.org/abs/1109.1561>

<http://www.cfa.harvard.edu/news/2011/pr201124.html>

<http://arxiv.org/abs/1107.2885>

---

### **Kepler-12 b**

Jedná se o dalšího extrémně nafouknutého horkého Jupitera. Zatímco hmotnost se odhaduje na 0,4 Jupiteru, poloměr je téměř 1,7 Jupiteru. Je však zajímavé, že planeta neobíhá okolo své hvězdy zase tak blízko (ve srovnání s jinými nafouknutými horkými Jupitery). Velká poloosa dráhy je 0,056 AU a oběžná doba 4,43 dní. Kepler-12 b patří mezi temné exoplanety, odráží jen asi 14% světla, které dostává od své mateřské hvězdy.

#### **Zdroj:**

<http://arxiv.org/abs/1109.1611>

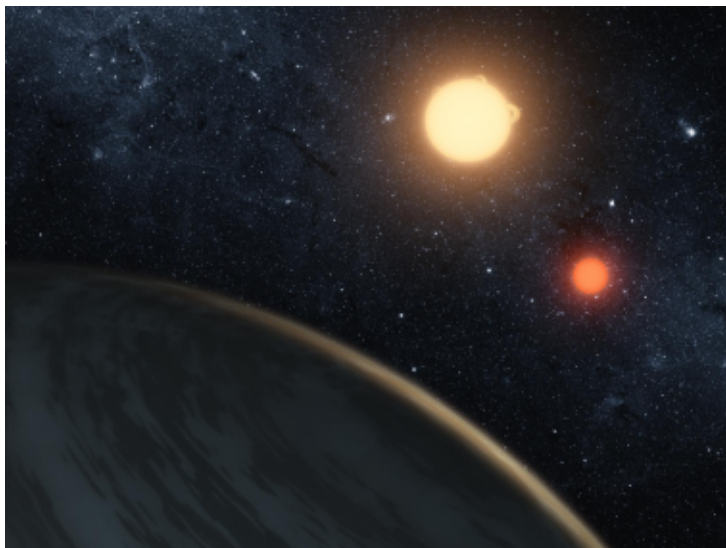


---

## Kepler-16 (AB) b: planeta z Hvězdných válek

V polovině září proběhla tisková konference týmu okolo kosmického dalekohledu Kepler. Na konferenci byl přítomen i zástupce Industrial Light & Magic, která spadá pod Lucasfilm. Dalo se proto tušit, že tým Keplera pojme propagaci nějakého zajímavého objevu skrze slavnou sérii Star Wars.

Přirovnat objev Keplera ke slavné planetě Tatooine, je však poněkud přehnané. Tatooine sice také disponovala dvěma slunci, ale měla kamenný povrch a byla obyvatelná. Kepler-16 (AB) b je naproti tomu planetou o hmotnosti třetiny Jupiteru a podobá se tak spíše Saturnu. Ani s obyvatelností to nebude moc růžové. Bystrý čtenář jistě ví, že na plynné planetě o této hmotnosti život hledat nelze. Vzhledem k oběžné době – Kepler-16 (AB) b obíhá okolo svých sluncí s periodou 228 dní, což zhruba odpovídá oběžné době Venuše, existuje jistý záblesk naděje alespoň pro případné měsíce. Trochu paradoxně se však Kepler-16 (AB) b nepohybuje na vnitřním, ale vnějším okraji obyvatelné oblasti. Obě matky jsou totiž podstatně méně hmotné a chladnější než naše Slunce. Jenomže: existence měsíce je samozřejmě jen spekulace či zbožné přání, výpočet obyvatelné oblasti pro dvojhvězdu je složitý a i tak by se zřejmě teplota na povrchu hypotetického měsíce pohybovala hluboko pod bodem mrazu.



**Obr.22** Systém Kepler-16 v představách malíře. Credit: NASA

---

Astronomové už dříve objevili exoplanety u dvojhvězd. Systém Kepler-16 je zajímavý v tom, že obě složky jsou patrně červenými nebo oranžovými trpaslíky (spektrální třídy G nebo K). V ostatních případech šlo obvykle spíše o pár, tvořený bílým trpaslíkem (viz seznam článků na konci). Druhou a chutnější lahůdkou je fakt, že obě hvězdy i planeta obíhají v jedné rovině, takže se vzájemně zakrývají.

#### **Parametry dvojhvězdy:**

Hmotnost složek: 0,68 / 0,20 Slunce

Poloměr složek: 0,64 / 0,22 Slunce

Perioda oběhu: 41 dní

Velká poloosa: 0,22 AU

#### **Parametry exoplanety:**

Oběžná doba planety: 228,7 dní

Velká poloosa planety: 0,7 AU

Hmotnost planety: 0,33 Jupiteru

Poloměr planety: 0,75 Jupiteru

#### **Zdroje:**

<http://arxiv.org/abs/1109.3432>

[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/kepler/news/kepler-16b.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/news/kepler-16b.html)

---

### **Jak se z laiků stali lovci exoplanet**

Je to jen 16 let od chvíle, co astronomové objevili s vypětím všech sil první exoplanetu. Dnes už nehme brvou, když některý tým představí balík s desítkami nových světů. S nadsázkou můžeme říci, že lovit exoplanety může dnes úplně každý. Ano, i vy! Klíčem je filozofie distribuovaných výpočtů. Pravda, ty které běží možná i nyní na vašem počítači pod záštitou BOINC asi nikdy k něčemu převratnému nepovedou (a když už, tak za hodně dlouho) ale projekt Planet Hunters dokázal svou existenci obhájit za méně než jeden rok! Jeho výsledky míří do odborného tisku.

Na rozdíl od klasických distribuovaných výpočtů, které požírají zejména elektrickou energii a výkon vašeho počítače, Planet Hunters sežere i váš čas. Musíte totiž sami prohledávat světelné křivky z kosmického dalekohledu Kepler. Právě „lidský prvek“, zastoupený vašim mozkem a očima, je tím, co v tomto

---

projektu hraje klíčovou roli. Cílem je totiž nalézt to, co algoritmy týmu Keplera přehlédly.

O projektu Planet Hunters jsme už psali a i když se některé věci od té doby drobně změnily, návod je stále použitelný – <http://www.exoplanety.cz/2011/01/planet-hunters/>

Běžní uživatelé internetu provedli už téměř 4 miliony analýz a našli 69 možných exoplanet! Dva z těchto kandidátů byli nyní zveřejnění v odborném tisku. Uživatelé, kteří našli ve změní dat tyto kandidáty jako první, jsou nyní uvedeni v odborném článku coby spoluautoři studie.

V prvním případě jde o kandidáta s označením KIC 10905746 oběžnou dobou 9,88 dní a poloměrem 2,7 Země. Pokles jasnosti mateřské hvězdy je přibližně 0,2%. Hvězda má jasnost asi 13,4 mag. Ve druhém případě pak o kandidáta KIC 6185331 s oběžnou dobou 49,77 dní a poloměrem 8 Zemí. Jedná se tedy patrně o planety o velikosti Neptunu a Saturnu. Na mateřské hvězdy obou kandidátů se už podíval i jeden z největších dalekohledů světa – havajský Keckův dalekohled.

#### **Zdroj:**

<http://arxiv.org/abs/1109.4621>

---

### **KOI-196.01 versus nejtemnější z exoplanet**

V kontextu pozorování exoplanety TrES-2 (viz toto číslo Gliese) trochu zapadl objev z opačného konce spektra. Evropským astronomům se podařilo potvrdit existenci exoplanety s poměrně netypicky vysokým albedem. I tentokrát je za vším kosmický dalekohled Kepler a jeho bystré fotometrické oko.

Každý, kdo má na dvorku alespoň několikametrový dalekohled osazený špičkovým spektrografem, se nyní intenzivně pouští do ověřování kandidátů, které objevil kosmický dalekohled Kepler. Žel podobných „dvorků“ je jen hrstka a práce hodně, i když velká část z 1235 dosud objevených kandidátů není současným spektrografům dostupná. Ověření kandidátů, kteří jsou přetaveni do potvrzené exoplanety, však postupně přibývají.

Jedním z novějších přírůstků je KOI-196.01 (KIC 9410930). Jedná se o exoplanetu z kategorie horkých Jupiterů. Tyto obří plynné světy obíhají velmi blízko svých mateřských hvězd a mají tendenci se nafukovat do téměř obludných rozměrů. Fyzikálním důsledkem je pak velmi nízká hustota těchto exoplanet. Obecně se předpokládá, že velikost planety závisí na počátečních podmínkách (metalicitě

---

hvězdy) neboli množství prvků těžších než hélium v mlhovině, ze které se planeta zformovala, dále na teplotě atmosféry, jádru (plynné planety mohou mít masivní jádro, ale také nemusí mít žádné) apod. Kromě „super řídkých“ exoplanet (například WASP-17 b má hustotu jen 0,06  $\rho_j$ , což je asi 80 kg/m<sup>3</sup>) známé i horké Jupiteru s vyšší hustotou.

Z dat Keplera se podařilo odhadnout poloměr planety na 0,841 Jupiteru. Hmotnost pak dodal spektrograf SOPHIE (nástupce legendárního ELODIE, který stál za objevem první exoplanety). KOI-196.01 má mít hmotnost 0,49 Jupiteru, což dává hustotu asi 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Velká hustota nebo chcete li malý poloměr KOI-196.01 je poměrně neobvyklý, pokud uvážíme, že okolo hvězdy podobné Slunci obíhá planeta ve vzdálenosti jen 0,029 AU s periodou 1,85 dní. V podobných regionech mají horkí Jupiteri tendenci se nafukovat. Astronomové dodnes našli kromě KOI-196.01 jen jednoho horkého Jupitera s oběžnou dobou menší než 3 dny a poloměrem menším než 1 Jupiter – jedná se o HD149026 b. Také mezi 1235 kandidáty od Keplera podobných (zatím nepotvrzených) planet moc nenajdeme – všeho všudy jen šest o poloměru 0,5 až 0,9 Jupiteru a takto krátké oběžné době (kromě KOI-196.01 jde o KOI-102.01, KOI-183.01, KOI-356.01, KOI-801.01 a KOI-883.01). V tomto případě se nemůžeme vyplouvat na observační problémy, neboť hmotné exoplanety s krátkou oběžnou dobou se hledají nejlépe.

KOI-196.01 nepatří mezi nafouknuté horké Jupiteru pravděpodobně díky svému vysokému albedu. Astronomové zjistili, že planeta odráží asi 30% záření, které dostává od své mateřské hvězdy. V případě horkých Jupiterů je albedo obvykle okolo 10%. Údaj byl změřen stejným způsobem jako tomu bylo u „nejtemnější exoplanety“ TrES-2. Jak exoplaneta obíhá okolo své hvězdy, odráží směrem k nám různé množství světla (analogie s fázemi Měsíce), takže od systému hvězda + planeta průběžně přichází různé množství záření, což se projevuje ve světelné křivce hvězdy (grafu závislosti jasnosti na čase). Problémem je, že podobný jev může způsobit i tepelná emise, avšak autoři studie se domnívají, že v tomto případě s největší pravděpodobností skutečně pozorují odražené světlo mateřské hvězdy.

Důvod vysokého albeda není přesně znám, klíčem bude patrně složení atmosféry, která dost možná postrádá sodík a draslík, kteří jsou pro tyto planety typické a stojí obvykle za nižším albedem. Pokud je údaj o albedu správný, měla by teplota exoplanety na denní straně dosahovat 1930 K.

### Zdroj:

<http://arxiv.org/abs/1108.0550>

# Nové exoplanety: tranzitní metoda – ostatní lovci

## Super-WASP - balík

Není třeba to opakovat nebo připomínat. Nejlepším lovcem tranzitujících exoplanet (aspoň mezi pozemskými projekty) je SuperWASP, se svými kamerami na Kanárských ostrovech a v JAR. Na kongresu o Extrémních planetárních systémech (Jackson Hole, Wyoming, USA) byl v polovině září představen balíček, čítající 23 nových úlovků. Ty zatím čekají na tradiční zveřejnění v odborném tisku, takže podrobnosti nejsou úplně známy. Alespoň základní údaje uvádíme v tabulce.

**Tabulka 5:** Nové objevy projektu SuperWASP

Mj - hmotnost Jupiteru, Rj - poloměr Jupiter Pozice - S = jižní obloha, N = severní obloha.

Název	Hmotnost (Mj)	Poloměr (Rj)	Oběžná doba (dny)	Pozice
WASP-20 b	0,3	0,9	4	S
WASP-42 b	0,6	1	5	S
WASP-47 b	1,1	1,2	4,1	S
WASP-49 b	0,4	1,3	2,8	S
WASP-52 b	0,5	1,3	1,7	N
WASP-53 b	2,5	1,2	3,3	S
WASP-54 b	0,6	1,4	3,7	
WASP-55 b	0,6	1,4	4,5	S
WASP-56 b	0,6	1,2	4,6	N
WASP-57 b	0,8	1,1	2,8	S,N
WASP-58 b	1,1	1,3	5	
WASP-59 b	0,7	0,9	7,9	
WASP-60 b	0,5	0,9	4,3	
WASP-61 b	1,7	1,4	3,8	
WASP-62 b	0,5	1,5	4,4	
WASP-63 b	0,3	1	4,4	
WASP-64 b	1,2	0,7	1,6	
WASP-65 b	1,6	1,3	2,3	
WASP-66 b	1,9	1,5	4,1	
WASP-67 b	0,4	1,7	4,6	
WASP-68 b	0,8	0,9	5,1	
WASP-69 b	0,3	1	3,9	
WASP-70 b	0,6	0,8	3,7	

---

## WASP-50 b

Mezi nové přírůstky od SuperWASP přibyla také WASP-50 b. Exoplaneta o hmotnosti 1,5 Jupiteru má poloměr 1,1 Jupiteru a okolo své mateřské hvězdy obíhá s periodou 1,95 dní. Mateřskou hvězdu spektrální třídy G9, která má asi 85% hmotnosti Slunce nalezneme v souhvězdí Eridanus.

### Zdroj:

[http://www.aanda.org/index.php?option=com\\_article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/aa/abs/2011/09/aa17198-11/aa17198-11.html](http://www.aanda.org/index.php?option=com_article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/aa/abs/2011/09/aa17198-11/aa17198-11.html)

---

## TrES-5: vzdálený svět se slabou matkou

Po delší době o sobě dal vědět i lovec tranzitů TrES (Trans-atlantic Exoplanet Survey), který disponuje několika desetimetrovými dalekohledy. TrES-5 má hmotnost 1,7 Jupiteru, poloměr ale jen 1,2 Jupiteru a okolo své hvězdy obíhá s periodou 1,4 dnů. Mateřskou hvězdu nalezneme ve vzdálenosti asi 1000 světelných let a její jasnost dosahuje jen 13,7 mag. Jedná se tak o jednu z nejslabších hvězd, u které byla nalezena tranzitující hvězda.

### Zdroj:

<http://arxiv.org/abs/1108.3572>

---

## Nové exoplanety: radiální rychlosti

### Americký balík 18 exoplanet

Američtí astronomové objevili pomoci havajského Keckova dalekohledu 18 nových exoplanet o hmotnosti Jupiteru. Vzhledem k tomu, že k detekci byla využita metoda měření radiálních rychlostí, o velikosti (poloměru) planet přesnější povědomí nemáme. Drtivá většina nových exoplanet byla objevena u hvězd, které jsou větší a hmotnější než naše Slunce.

Obecně se předpokládá, že exoplanety o hmotnosti minimálně Jupiteru jsou typické spíše pro hmotnější hvězdy bohaté na kovy (prvky těžší než vodík a heli-

um). V katalogích exoplanet však paradoxně máme jen málo objevů planet u hvězd o hmotnosti nad 1,5 Slunce. Jedná se do značné míry o observační problém, neboť pomoci radiálních rychlostí se nejspíše hledají planety u méně hmotných hvězd.

Týmu pod vedením Johna A. Johnsona se podařilo objevit 18 nových exoplanet u hvězd o hmotnosti 0,93 až 1,95 Slunce a velikosti 2,5 až 8,7 Slunce. Všechny nalezené planety mají hmotnost větší než 0,9 Jupiteru a okolo svých sluncí obíhají s periodami v řádu stovek dní. Jedná se o značně vydatnou porci nových přírůstků, která významně rozšíří počty známých exoplanet u hmotnějších hvězd, což je velmi důležité pro lepší pochopení vzniku a vývoje planetárních systémů.

**Tabulka 6:** nově objevené exoplanety. Period – oběžná doba (ve dnech),  $a$  – velká poloosa dráhy, Eccentricity – výstřednost dráhy,  $M_*$  - hmotnost hvězdy v násobcích Slunce,  $R_*$  - poloměr hvězdy v násobcích poloměru Slunce a  $L_*$  - zářivost hvězdy v násobcích zářivosti Slunce. Credit: John Asher Johnson a kol. (upraveno).

Planet	Period (d)	$a$ (AU)	Eccentricity	$M_*$ ( $M_\odot$ )	$R_*$ ( $R_\odot$ )	$L_*$ ( $R_\odot$ )
HD 1502 b	431.8 (3.1)	1.31 (0.03)	0.101 (0.036)	1.61 (0.11)	4.5 (0.1)	11.6 (0.5)
HD 5891 b	177.11 (0.31)	0.76 (0.02)	0.066 (0.020)	1.91 (0.13)	8.7 (0.2)	39.4 (0.8)
HD 18742 b	772 (11)	1.92 (0.05)	< 0.23	1.60 (0.11)	4.9 (0.1)	13.9 (0.5)
HD 28678 b	387.1 (4.2)	1.24 (0.03)	0.168 (0.068)	1.74 (0.12)	6.2 (0.1)	22.9 (0.6)
HD 30856 b	912 (41)	2.00 (0.08)	< 0.24	1.35 (0.094)	4.2 (0.1)	9.9 (0.5)
HD 33142 b	326.6 (3.9)	1.06 (0.03)	< 0.22	1.48 (0.10)	4.2 (0.1)	10.5 (0.5)
HD 82886 b	705 (34)	1.65 (0.06)	< 0.27	1.06 (0.074)	4.8 (0.1)	13.9 (0.5)
HD 96063 b	361.1 (9.9)	0.99 (0.03)	< 0.28	1.02 (0.072)	4.5 (0.1)	12.7 (0.5)
HD 98219 b	436.9 (4.5)	1.23 (0.03)	< 0.21	1.30 (0.091)	4.5 (0.1)	11.2 (0.5)
HD 99706 b	868 (31)	2.14 (0.08)	0.365 (0.10)	1.72 (0.12)	5.4 (0.1)	15.4 (0.5)
HD 102329 b	778.1 (7.1)	2.01 (0.05)	0.211 (0.044)	1.95 (0.14)	6.3 (0.1)	19.6 (0.5)
HD 106270 b <sup>c</sup>	2890 (390)	4.3 (0.4)	0.402 (0.054)	1.32 (0.092)	2.5 (0.1)	5.7 (0.5)
HD 108863 b	443.4 (4.2)	1.40 (0.03)	< 0.10	1.85 (0.13)	5.6 (0.1)	16.8 (0.5)
HD 116029 b	670.2 (8.3)	1.73 (0.04)	< 0.21	1.58 (0.11)	4.6 (0.1)	11.3 (0.5)
HD 131496 b	883 (29)	2.09 (0.07)	0.163 (0.073)	1.61 (0.11)	4.3 (0.1)	9.8 (0.5)
HD 142245 b	1299 (48)	2.77 (0.09)	< 0.32	1.69 (0.12)	5.2 (0.1)	13.5 (0.5)
HD 152581 b	689 (13)	1.48 (0.04)	< 0.22	0.927 (0.065)	4.8 (0.1)	14.9 (0.6)
HD 158038 b	521.0 (6.9)	1.52 (0.04)	0.291 (0.093)	1.65 (0.12)	4.8 (0.1)	11.9 (0.5)

## Zdroj:

<http://arxiv.org/abs/1108.4205>

---

## HARPS: balík jako hrom

Na již mnohokrát zmíněném kongresu o Extrémních planetárních systémech byl oficiálně představen balík 50 nových exoplanet, z nichž mnohé spadají do kategorie super-Zemí. Nové balík exoplanet byl objeven metodou měření radiálních rychlostí pomocí spektrografu HARPS, který je součástí vybavení 3,6 m dalekohledu v Chile.

**Tabulka 7:** Nové exoplanety z HARPS

Název	Hmotnost (M <sub>J</sub> )	Oběžná doba (dny)
HD 106515A b	10,5	3630
HD 114386 c	1,19	1046
HD 166724 b	4,12	8100
HD 196067 b	7,1	4100
HD 220689 b	1,19	2191
HD 27631 b	1,7	2220
HD 65216 c	2,24	5542
HD 98649 b	7	10400

**Tabulka 8 (na další stránce):** Nové exoplanety z HARPS, včetně super-Zemí



Název	Hmotnost (M <sub>z</sub> )	Oběžná doba (dny)	Velká poloosa (AU)	Výstřednost
HD 126525 b	71,19	948,12	1,81	0,13
HD 134060 b	11,16	3,27	0,04	0,4
HD 134060 c	47,9	1160,9	2,23	0,75
HD 134606 b	9,28	12,08	0,1	0,15
HD 134606 c	12,14	59,52	0,3	0,29
HD 134606 d	38,46	459,26	1,16	0,46
HD 136352 b	5,28	11,58	0,09	0,18
HD 136352 c	11,38	27,58	0,17	0,16
HD 13808 b	10,33	14,18	0,1	0,17
HD 13808 c	11,44	53,83	0,25	0,43
HD 1461 c	5,91	13,51	0,11	0
HD 150433 b	53,4	1096,2	1,93	0
Hd 154088 b	6,13	18,6	0,13	0,38
HD 157172 b	38,14	104,84	0,42	0,46
HD 189567 b	10,04	14,28	0,11	0,23
HD 20003 b	12,01	11,85	0,1	0,4
HD 20003 c	13,41	33,82	0,2	0,16
HD 204313 c	17,16	34,87	0,21	0,17
HD 20781 b	12,05	29,15	0,17	0,11
HD 20781 c	15,76	85,13	0,35	0,28
HD 215152 b	2,77	7,28	0,07	0,34
HD 215152 c	3,08	10,87	0,09	0,38
HD 215456 b	32,1	191,99	0,65	0,15
HD 215456 c	78,19	2277	3,39	0,19
HD 21693 b	10,23	22,66	0,15	0,26
HD 21693 c	20,57	53,88	0,26	0,24
HD 31527 b	11,54	16,55	0,13	0,13
HD 31527 c	15,83	51,28	0,27	0,11
HD 31527 d	16,5	274,49	0,82	0,38
HD 38858 b	30,54	407,15	1,04	0,27
HD 39194 b	3,72	5,64	0,05	0,2
HD 39194 c	5,94	14,03	0,1	0,11
HD 39194 d	5,15	33,94	0,17	0,2
HD 45184 b	12,71	5,89	0,06	0,3
HD 51608 b	13,13	14,07	0,11	0,15
HD 51608 c	17,96	95,42	0,38	0,41
HD 93385 b	8,36	13,19	0,11	0,15
HD 96700 b	9,03	8,13	0,08	0,1
HD 96700 c	12,71	103,49	0,42	0,37
HD 136352 d	9,53	106,72	0,41	0,43

---

## HD 85512 b – je tam život?

Hvězdu HD 85512 (GJ 370, HIP 48331) najdeme v souhvězdí Plachet na jižní obloze, ve vzdálenosti zhruba 36 světelných let. Jedná se o oranžového trpaslíka o hmotnosti 0,7 Slunce. Hvězda má povrchovou teplotu 4 700 K a zářivost 0,126 Slunce. HD 85512 se dostala na seznam 10. hvězd, na které se spektrograf HARPS zaměřil od roku 2009, s cílem nalézt exoplanetu o hmotnosti méně než 10 Zemí v obyvatelné oblasti. Výsledky dvouletého snažení jsou postupně publikovány.



**Obr.23** Exoplaneta HD 85512 b v představách malíře. Credit: ESO/M. Kornmesser

Hlavním úlovkem je exoplaneta HD 85512 b o hmotnosti jen  $3,6 \pm 0,5$  Zemí. Při pohledu do katalogu více než 570 známých planet mimo Sluneční soustavu bychom zjistili, že HD 85512 b je třetí nejméně hmotnou objevenou exoplanetou, pokud si odmyslíme planety u pulsarů a mikročoček.

Exoplaneta okolo svého slunce obíhá ve vzdálenosti 0,26 AU s periodou 58,4 dní po mírně eliptické dráze ( $e = 0,11$ ). Oběžná doba i velká poloosa jsou sice menší ve srovnání s Merkurem ve Sluneční soustavě, mateřská hvězda je však podstatně chladnější a vyzařuje méně záření než naše Slunce. Díky tomu se HD 85512 b nachází na vnitřním okraji obyvatelné oblasti. Pod tímto termínem as-

---

tronomové chápou oblast, ve které by planeta zemského typu měla podmínky na udržení vody v kapalném skupenství. V případě hvězdy HD 85512 se obyvatelná oblast nachází ve vzdálenosti zhruba 0,28 až 0,42 AU.

Je tedy HD 85512 b obyvatelná? To s jistotou říci nelze. Parametry obyvatelné oblasti jsou dány pouze na základě znalosti zářivosti mateřské hvězdy. Alfou a omegou tak bude především atmosféra exoplanety, o které zatím nevíme zhora nic. Podle výsledků simulace by HD 85512 b potřebovala atmosféru pokrytou z 50% oblačností, jenž by zpět do kosmického prostoru odrážela záření od mateřské hvězdy. Pokud by tento předpoklad byl splněn, odrážela by exoplaneta zpět do vesmíru 48% světla a teplota na jejím povrchu by umožňovala existenci kapalné vody.

Šestnáct let po objevu první planety mimo Sluneční soustavu tak máme v rukou dosud nejnadějnější exoplanetu. Druhou v pořadí je pak Gliese 581 d, která obíhá pro změnu na vnějším okraji obyvatelné oblasti, má podstatně větší hmotnost (7 Zemí) a byla objevena u mnohem menší hvězdy – červeného trpaslíka o hmotnosti a velikosti třetiny Slunce.

Současný objev dává naději, že i pozemské spektrografy mohou objevit kamennou exoplanetu v obyvatelné oblasti u hvězd nepatrně méně hmotných ve srovnání se Sluncem.

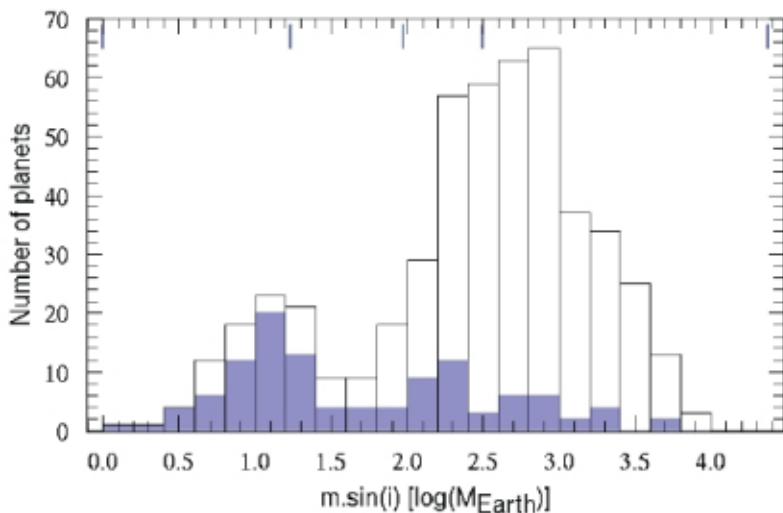
### **Zdroj:**

<http://arxiv.org/abs/1108.3561>

.....

## **HD 20794 – tři super-Země**

Mezi atraktivní systémy pro budoucí výzkumy přibude i HD 20794 (82 G. Eridani). Jedná se o hvězdu podobnou Slunci o hmotnosti 0,7 a zářivosti 0,65 Slunce. HD 20794 se nachází ve vzdálenosti asi 20 světelných let v jižním souhvězdí Eridanus. Astronomové u této hvězdy našli tři planety o hmotnosti menší než 10 Zemí. Mělo by se tak jednat o kamenné světy.



**Obr.24** Počty objevených exoplanet v závislosti na hmotnosti (násobky Země). Fialovou barvou jsou objevy spektrografu HARPS a to včetně dosud nezveřejněných objevů. Credit: F. Pepe et al.

Rovnovážná teplota na HD 20794 d sice dosahuje hodnoty 388 K, což je asi 115°C, avšak v potaz se nebere atmosféra, která ke skutečné teplotě na povrchu přihodí ještě minimálně několik desítek °C. Vnitřní okraj obyvatelné oblasti se u této hvězdy nachází ve vzdálenosti 0,65 AU.

**Tabulka 9:** Planetární systém HD 20794

Údaj	HD 20794 b	HD 20794 c	HD 20794 d
Hmotnost ( $M_z$ )	2,7	2,4	4,8
Velká poloosa (AU)	0,12	0,2	0,34
Oběžná doba (dny)	18,3	40,1	90,3
Rovnovážná teplota na povrchu (K)	660	508	388

**Zdroj:**

<http://arxiv.org/abs/1108.3447>

---

## HIP 57274: tři planety

Keckův dalekohled našel hned tři nové planety u oranžového trpaslíka HIP 57274. Planety mají hmotnost 11 Zemí, 0,4 Jupiteru a 0,5 Jupiteru a okolo hvězdy obíhají s periodami 8,1; 32 a 432 dní.

### Zdroj:

<http://arxiv.org/abs/1109.2926>

---

## Nové exoplanety: pulsary

### Astronomové našli falešnou diamantovou planetu

Při výzkumu a hledání exoplanet jsme si zvykli na občasné poněkud bizarní objevy. Mezi ně se dost možná zařadí i objev diamantové planety, která byla původně zřejmě hvězdou.

Vůbec první planety mimo Sluneční soustavu byly v roce 1992 objeveny u pulsaru, který je pozůstatkem po výbuchu supernovy. Je poměrně nepravděpodobné, že by některé planety přežily výbuch supernovy (zejména ty na vnitřních drahách). Astronomové se proto domnívají, že tyto planety vznikly až po tragickém skonání původní hvězdy.

Milisekundové pulsary nacházíme ve vesmíru v páru s normální hvězdou, které pulsar krade materiál. Tím vzniká disk plynu, jenž je velmi podobný akrečnímu disku, z něhož vznikají planety. Ve hře je také možnost zachycení planety, která vznikla u jiné hvězdy apod. Objev nejnovější „planety“ u pulsaru je ovšem z trochu jiného soudku.

Matthew Bailes (Swinburne University of Technology, Austrálie) a jeho tým použili 64 metrový radioteleskop Parkes k prozkoumání pulsaru PSR J1719-1438, který se nachází asi 4 000 světelných let směrem v souhvězdí Hada. U pulsaru se vědcům podařilo nalézt objekt o hmotnosti nepatrně větší, ve srovnání s Jupiterem.

Metoda detekce exoplanet prostřednictvím měření pulsů, které přichází od pulsaru, je založena na dynamických metodách (bere v úvahu gravitační vliv planety na pulsar) a tak za normálních okolností nemůžeme zjistit velikost ob-

jevené planety. Jenomže v tomto případě obíhá objekt planetární hmotnosti okolo pulsaru s periodou jen 2 hodiny a 10 minut ve vzdálenosti asi 600 000 kilometrů. To už je příliš blízko na to, aby klasická planeta ve zdraví přežila slapové síly blízkého pulsaru. Díky tomu mohli astronomové odhadnout poloměr „planety“ na méně než polovinu Jupiteru a hustotu na 23 000 kg/m<sup>3</sup>! Podobné proporce žádná normální planeta mít nemůže. Jediným vysvětlením tak je, že domnělou planetou je dávný průvodce – bílý trpaslík, kterého pulsar doslova svlékl „z kůže“. To co nyní pozorujeme je už pouze uhlíkové jádro bílého trpaslíka, které je ve formě podobné diamantu.

Je otázkou, zda takový objekt nazývat planetou. Žel neexistence univerzální definice planety a určitý konsenzus, že objekty o hmotnosti menší než 13 Jupiterů jsou planetami, říká, že nejspíše o planetu jde....i když ne v tom slova smyslu, v jakém si planety nejspíše představujeme.

Tento objev může být důležitý pro výzkum milisekundových pulsarů, kteří se okolo své osy otočí i několiksetkrát za sekundu (PSR J1719-1438 se za jednu sekundu otočí 175x). Obecně se předpokládá, že za urychlením rotace je přítomnost hvězdného průvodce. V praxi ovšem narážíme na problém, neboť u třetiny milisekundových pulsarů žádný společník nalezen nebyl. Je velmi pravděpodobné, že řada těchto průvodců byla pulsarem postupem času „sežrána“. PSR J1719-1438 může být jedním z příkladů hvězdného průvodce, který se jen těsně vyhnul úplnému zničení.



**Obr. 25** Schéma systému PSR J1719-1438. Oběžná dráha planety je znázorněna bílou čárkovanou čarou. Pro srovnání je na obrázku velikost našeho Slunce (žlutě). Credit: Swinburne Astronomy Productions, Swinburne University of Technology

---

**Poznámka 1:** není to první případ „diamantové planety“ – viz WASP-12 b: <http://www.exoplanety.cz/2010/12/wasp-12-b-uhlik/>

**Poznámka 2:** jak se hledají planety u pulsarů?

Z magnetických pólů pulsaru vylétávají velkou rychlostí nabitě částice. Vzhledem k tomu, že magnetické póly jsou mírně posunuty oproti rotačním pólům, vytváří šroubovitý pohyb částic kolem magnetických siločar v kosmickém prostoru kužel. Velmi to připomíná majáček sanitky, policejního auta apod. Proto se také tomuto modelu pulsaru, popsaném roku 1968 astrofyzikem Thomasem Goldem, říká majákový. Zasáhne-li nás svazek záření z pulsaru, zaznamenáváme impuls a to nejčastěji v rádiové části spektra. Po dalším pootočení pulsaru přichází další impuls a tak neustále dokola s fascinující přesností. Perioda těchto impulsů může být řádově v sekundách až tisícinách sekundy.

Pokud okolo pulsaru obíhá planeta, působí svou gravitací na pulsar a mění jeho pozici v kosmickém prostoru. Obě tělesa totiž obíhají okolo společného těžiště, které se vzhledem k nezanedbatelné hmotnosti planety nenachází v hmotném středu pulsaru, ale je mírně posunuté. Změny polohy pulsaru se projeví velmi nepatrným (ale dnes už měřitelným) zpožděním jednotlivých impulsů.

**Zdroje:**

<http://www.skyandtelescope.com/news/home/128402533.html>

<http://www.sciencemag.org/content/early/2011/08/19/science.1208890.abstract>

<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/public/pr/pr-pulsar-august2011-en.html>

---

## Situace na trhu

Celkový počet známých exoplanet k 30. září 2011: 690

Za uplynulé 3 měsíce přibylo 126 nových exoplanet.

Celkem bylo v letošním roce objeveno 167 exoplanet.

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



