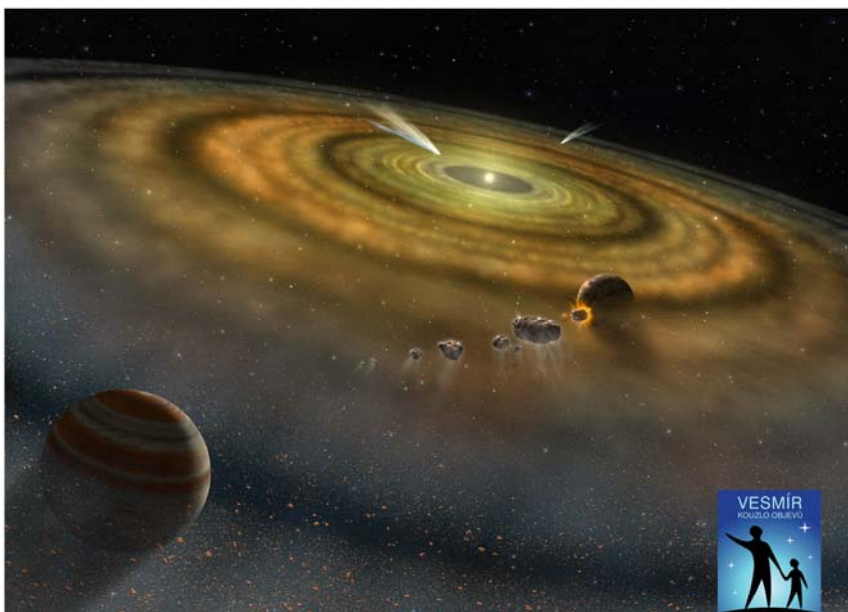




Sborník anotací

PLANETÁRNÍ SOUSTAVY VE VESMÍRU



**Mezinárodní seminář
23. - 25. října 2009
Hvězdárna Valašské Meziříčí**

SBORNÍK ANOTACÍ

Mezinárodní seminář

PLANETÁRNÍ SOUSTAVY VE VESMÍRU

v rámci Mezinárodního roku astronomie 2009

Akci pořádají

Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o. Zlínského kraje

Astronomický ústav AV ČR, v.v.i.

Česká astronomická společnost

Český organizační výbor IYA 2009

Sekce proměnných hvězd a exoplanet ČAS

**Seminář finančně podpořila
společnost CS CABOT, s. r. o. Valašské Meziříčí
a Česká astronomická společnost.**

Historie objevování exoplanet, aneb Komedie plná omylů

Jiří Grygar, Fyzikální ústav AV ČR

1. Pravěk

O hledání extrasolárních planet uvažoval C. Huygens již v r. 1698. Jeho následovníci však pochopili, že astronomie nemá pro tento účel vhodné prostředky, když zjistili v polovině XIX. stol., jak jsou od nás i nejbližší hvězdy daleko. Za předpokladu, že cizí planetární soustavy budou vypadat podobně jako Sluneční soustava, se dalo snadno ukázat, že i ve vzdálenosti alfy Centauri by tamější Jupiter byl při pozorování ze Země naprosto zalit září hvězdy, protože nepoměr jasností hvězdy slunečního typu a exoplanety s parametry Jupiteru je přinejmenším 9 řádů.

První pokus o detekci exoplanety se stal osobní tragédií holandského astronoma P. van de Kampa, jenž na Sproulově observatoři v USA po dobu 48 let sledoval 0,6m refraktorem vlastní pohyb Barnardovy hvězdy a našel v něm vlnovku s periodou 24 roků, což považoval za důkaz existence exoplanety s touto oběžnou dobou. Nicméně nezávislá pozorování v letech 1969-1998 ukázala, že vlnovku způsobily sezónní změny geometrických parametrů dalekohledu.

V r. 1975 zavedla americká astronomka J. Tarterová termín „hnědý trpaslík“ pro přechodné objekty mezi hvězdami a obřími planetami. Hnědí trpaslíci o hmotnostech v rozmezí $0,013 \div 0,08 M_{\odot}$ by měli být o něco svítivější než exoplanety díky vlastním zdrojům energie, ale G. Marcy aj. nenašli v okolí Slunce ještě v r. 1989 ani jednoho. Podobně neuspěl v letech 1982 - 1993 G. Walker aj., když hledal periodické změny radiálních rychlostí 21 červených trpaslíků s přesností 15 m/s.

2. Průlom

Ke zvratu došlo nečekaně díky radioastronomům A. Wolszczanovi a D. Frailovi, kteří v r. 1992 ohlásili objev dvou exoplanet s hmotnostmi zhruba trojnásobku M_Z u milisekundového pulsaru 1257+12. Jejich existenci spočítali z variací délky impulsní periody, což je u stabilních rychle rotujících neutronových hvězd opravdu možné. Nikdo ovšem nečekal, že zrovna neutronové hvězdy, jež jsou nutně pozůstatkem supernov, budou mít kolem sebe kamenné exoplanety.

Shodou okolností byla první exoplaneta obíhající kolem hvězdy hlavní posloupnosti (slunečního typu) objevena v říjnu 1995 prakticky současně s objevem prvního hnědého trpaslíka. Exoplanetu 51 Peg b našli metodou radiálních rychlostí M. Mayor a D. Queloz pomocí spektrografu na observatoři Haute Provence, zatímco prvního hnědého trpaslíka Gliese 229 b našli H. Nakajima aj. na Mt. Palomaru metodou obdobnou té, kterou neúspěšně zkoušel van de Kamp.

Všechny tři objevy přinesly velká překvapení: jak může přežít exoplaneta výbuch supernovy, jak může mít exoplaneta stabilní dráhu ve vzdálenosti 0,05 AU od hvězdy hlavní posloupnosti a jak se může udržet titěrný hnědý trpaslík u červeného trpaslíka ve vzdálenosti 32 AU při výstřednosti dráhy větší než 0,25?

3. Metody objevování exoplanet

V současné době je stále nejúspěšnější metodou objevování exoplanet metoda radiálních rychlostí. Ta je nejcitlivější pro exoplanety, které jsou co nejbližší k mateřské hvězdě sp. tříd $F \div M$, a takových případů je opravdu nepřeberně. Teprve delší pozorovací řady u superpřesných spektrografů, které dnes dosahují závratné přesnosti ± 5 m/s, umožňují objevit exoplanety ve vzdálenostech řádu astronomických jednotek od mateřské hvězdy.

Druhá nejúspěšnější metoda s velkým příslibem pro budoucnost využívá přechodů (transitů) relativně temných exoplanet přes jasný kotouček mateřské hvězdy. Pozemní dalekohledy dnes měří jasnosti hvězd s relativní přesností na 1 promile a dalekohled na družici CoRoT či Kepler dosahuje přesnosti ještě o řád vyšší. Transity poskytují více dat o exoplanetě i mateřské hvězdě, než lze docílit metodou radiálních rychlostí. Ideální je přirozeně kombinace obou metod. Pak se o hvězdě i exoplanetě dozvíme téměř vše, podobně jako tomu bývá u těsných dvojhvězd.

Z dalších metod je rovněž slibná metoda pozorování „záhybů“ na světelných křivkách gravitačních mikročoček, která umožňuje nalézt exoplanety i v sousedních galaxiích (VMM, MMM). Také astrometrická (van de Kampova) metoda má nejlepší léta před sebou zejména po plánovaném vypuštění astrometrické družice GAIA.

Těžkým oříškem je přirozeně stále přímé zobrazení exoplanet. Nicméně i to se už zdařilo díky HST, VLT ESO a Keckovu teleskopu v r. 2008.

4. Komedie plná omylů

V letech 1855 - 1890 se tvrdilo, že existuje exoplaneta ve dvojhvězdě 70 Oph, ale to byl naprostý omyl. V r. 1991 oznámili radioastronomové A. Lyne aj. objev exoplanety u pulsaru 1829-10 (Sct; vzdál. 9 kpc!). O rok později přišli autoři sami na to, že v programu na redukci pozorování zanedbali eliptičnost dráhy Země a tak dostali fiktivní oběžnou dobu rovnou polovině doby oběhu Země kolem Slunce.

Dlouholetý neúspěch pátrání po exoplanetách souvisel také s chybným předsudkem, že exoplanetární soustavy se budou v zásadě podobat naší Sluneční soustavě. Ve skutečnosti jsou ve vesmíru k vidění naprosto neuvěřitelné soustavy s obřími exoplanetami těsně přilepenými k mateřským hvězdám, dále též s obřími exoplanetami, které obíhají po protáhlých eliptických drahách s výstřednostmi

dlohoperiodických komet a rovněž tak s exoplanetami v soustavách těsných dvojhvězd či trojhvězd.

V počátcích výzkumu se objevitelům příliš nevěřilo, např. kolísání impulsních period u milisekundového pulsaru se alternativně vysvětlovalo precesí rotační osy neutronové hvězdy, anebo změny radiálních rychlostí mateřských hvězd jako neradiální pulsace samotné hvězdy. V r. 1998 S. Terebeyová aj. pozorovala na snímku HST údajnou exoplanetu na konci svítícího vlákna, vybihajícího z těsné dvojhvězdy, která měla být vymrštěna z dvojhvězdy v souhvězdí Býka. O dva roky později se ukázalo, že nejde o exoplanetu, ale o červeného trpaslíka, jenž se shodou okolností promítá právě na konec vlákna.

Největším překvapením je asi výrazná migrace exoplanet směrem k mateřské hvězdě, popř. též od hvězdy. To zpětně ovlivnilo i názory o migraci obřích planet Sluneční soustavy během prvních miliard let po jejím vzniku. Na příběhu exoplanet se zkrátka znovu ukázalo, že fantazie Matky Přírody je neporovnatelně bohatší než fantazie přízemních astronomů.



Kámen a led

Pavel Gabzdyl, Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně

Není pochyb o tom, že naše Sluneční soustava představuje pro astronomy zdaleka nejlépe poznaný planetární systém ve vesmíru. Dráhy jednotlivých těles jsou velmi dobře zmapovány, v mnoha případech máme představu o jejich složení a často tušíme i jejich původ a geologickou historii. Proces dalšího poznávání a průzkumu Sluneční soustavy ovšem stále postupuje kupředu a přináší nové a někdy i převratné objevy. Už dávno jsou pryč doby, kdy naši Sluneční soustavu tvořilo jen Slunce, devět (respektive osm) známých planet a jejich měsíců, pár tisíc planetek a pár stovek komet. Dnes ve Sluneční soustavě rozlišujeme celou řadu velmi početných skupin těles (např. hlavní pás planetek, Kuiperův pás, Oortův oblak) a v rámci nich desítky dalších podskupin (např. rodiny planetek, Kentauři nebo Plutina). Naše Sluneční soustava je tedy ve světle současných poznatků nesmírně komplikovaným systémem, jehož tajemství teprve začínáme poodhalovat.

Objevy nových těles a další zpřesňování našeho pohledu na Sluneční soustavu sebou ovšem přináší i stále složitější „škatulkování“ jednotlivých skupin

objektů, pomocí kterého se astronomové snaží udělat v celém systému trochu pořádek. V záplavě nových znalostí tak prakticky neustále vznikají celé množiny a podmnožiny těles lišící se svou dráhou kolem Slunce, velikostí, původem i složením. „Pořádek“ ve Sluneční soustavě ale rozhodně nepanuje, a tak není divu, že se celý systém klasifikace těles čas od času zásadně změní.

Není překvapením, že pro mnohé zájemce o astronomii, či návštěvníky hvězdáren, se stává situace v našem blízkém planetárním okolí značně nepřehledná. V rámci přednášky se proto pokusíme, především mezi tělesy s pevným povrchem, uskutečnit malou inventuru. Rozhodně ovšem nebudeme jen sčítat počet jednotlivých položek „na skladě“, ale nahlédneme i do „inventurních karet“.



Plynní a ledová obří

Jan Pišala, Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně

Zemi podobné planety ve vnitřní části Sluneční soustavy můžeme snadno považovat za více či méně vzdálené příbuzné planety Země. Vede nás k tomu jejich chemické složení, geologické uspořádání i přítomnost povrchových útvarů, jež důvěrně známe právě ze Země. Mnohem dále ve Sluneční soustavě se však nacházejí světy, které jsou zcela odlišné. Jsou to obrovské, plynné planety bez pevného povrchu – plynní a ledová obří. Ačkoliv se nacházejí na periferii Sluneční soustavy, ovlivnili její podobu a vývoj zcela zásadním způsobem.

Na první pohled jsou si planety Jupiter, Saturn, Uran a Neptun velice podobné. U všech nalezneme nesmírně dynamické atmosféry, silná magnetická pole či prstence. Pokud však začneme jednotlivé planety porovnávat o něco důkladněji, nečekaně zjistíme, že se v mnoha ohledech výrazně liší. Z jejich rozdílnosti navíc můžeme vyčíst historii vzniku samotné Sluneční soustavy.

Zatímco Jupitera a Saturna studují astronomové od samotného počátku teleskopické astronomie, Uran a Neptun po dlouhou dobu halila rouška tajemství, kterou se podařilo poodkrýt teprve až koncem osmdesátých let minulého století.

Nové poznatky, za které vdčíme především meziplanetárním sondám, do značné míry ovlivnily naše představy o těchto planetách. Cílem přednášky je seznámit posluchače s plynnými i ledovými obry takovou formou, aby získali jejich celistvý obraz z pohledu současnosti i minulosti.

Formování orbitální architektury velkých planet (nejen) Sluneční soustavy

David Vokroublický, Astronomický ústav Univerzity Karlovy

Současné představy formování planetárních soustav naznačují, že stabilní konfigurace jader plyných obrů vyžadují jejich (i) malý počet (<5 , zhruba), a (ii) seskupení do velmi kompaktní konfigurace (pravděpodobně vzájemně resonantní). Takovéto předpokládané „startovací podmínky“ v mnoha ohledech odpovídají znalostem o exoplanetárních soustavách, ale měly by také být realizovány v naší Sluneční soustavě. Malý počet plyných a ledových obrů je stopou, ale jejich neresonantní a nekompaktní konfigurace vyžaduje dodatečně dynamické mechanismy, které vedly od „startovacích podmínek“ k jejich finální architektuře.

V poslední době byly tyto procesy podrobně zkoumány v rámci tzv. Nice modelu, který rozvíjí a precizuje předchozí představy o pozdní migraci planet v residuálním disku planetesimal. Jeho základním novátorským elementem je předpoklad průchodu Jupiteru a Saturnu vzájemnou resonancí středního pohybu $2/1$, který inicioval časově omezenou globální nestabilitu systému. Její výsledek může být rozličný, od eliminace některých planet či excitaci orbitálních excentricit (exoplanetární příklady), po stabilizaci systému v značně volnější konfiguraci (případ Sluneční soustavy).

V případě Sluneční soustavy lze tento model „testovat“ pomocí pozorování vlastností populací malých těles. Ku příkladu správně vysvětluje

- vlastnosti a existenci Trojanů Jupiteru a Neptunu
- vlastnosti iregulárních satelitů velkých planet
- existenci populace těles kometárního typu ve vnější části hlavního pásu asteroidů
- orbitální struktury a malou hmotu trans-Neptunické populace těles
- pozdní bombardování terestrických planet včetně Měsíce.

Dynamika exoplanet

M. Šidlichovský, Astronomický ústav AV ČR, v.v.i.

K dynamickému popisu pohybu exoplanet se používají tzv. elementy dráhy (velká poloosa, výstřednost neboli excentricita, sklon dráhy, délka výstupného uzlu, argument periastra a střední anomálie). Většina exoplanet byla zatím objevena měřeními periodických změn radiálních rychlostí centrální hvězdy na základě Dopplerova posunu spektrálních čar. Tyto změny umožňují určování některých elementů dráhy. Řada exoplanet byla objevena studiem tranzitů exoplanety přes hvězdu na základě fotometrických měření. V této chvíli je sice metoda radiálních rychlostí skoro šestkrát úspěšnější, ale dá se čekat, že díky projektu Kepler se tento poměr bude měnit a obracet ve prospěch metody sledování tranzitů.

Tato prezentace by měla ukázat, jak se postupuje při určení elementů dráhy z radiálních měření. Dále jak je možno získat databázi dosud provedených měření a určení elementů provést. Základním prostředkem dostupným každému je program „Console.jar“ v jazyce Java (<http://oklo.org>). Výhodou tohoto programu je jeho přenositelnost na různé platformy (Windows, Linux). Umožňuje i určení časových parametrů tranzitu, pokud by byla příhodná konfigurace roviny dráhy. Sklon dráhy k zornému paprsku není metodou radiálních rychlostí určitelný (lze určit jen součin hmotnosti planety a sinu sklonu).

Z hlediska dynamiky jsou zvláště zajímavé vícenásobné (multiplanetární) systémy, kde může docházet k různě silné interakci mezi planetami. Je-li interakce významná, pak nejen střední anomálie, ale i další elementy dráhy se pomalu mění s časem a je nutno uvádět jejich hodnotu a časový okamžik (epochu), pro který byly elementy určeny. Tento dynamický přístup dává informace i o sklonu dráhy a snímá omezení na možnost určit jen součin hmotnosti a sinu sklonu. Pro praktické využití je třeba delší řady pozorovacích dat.

Při určení elementů dráhy planet vícenásobných systémů je třeba sledovat, nakolik je systém s určenými elementy stabilní. U prvních exoplanet byly občas publikovány elementy, které by během několika tisíc let vedly k těsnému přiblížení planet a tedy např. k vyvržení jedné z planet ze systému (např. pro systém u HD 128311). V každém případě by šlo o nestabilní a velmi nepravděpodobnou situaci. Takový systém by už dávno neměl existovat. Prezentace má ukázat, jak vypadá sekulární (tedy dlouhodobý) vývoj pro systém dvou planet, a co lze z takového vývoje vyvodit pro vyšetřování stability systému. Mocným nástrojem může být i numerická integrace. Pro tu není třeba nutně vytvářet nové systémy programů. Na síti je pro každého dosažitelná řada funkčních programů. Zvláště bych doporučil Chambersův program Mercury

(<http://star.arm.ac.uk/~jec/home.html>), ktorý sa snadno ovláda a má dobrý manuál. Je ovšem potreba mať kompilátor pro Fortran. Ten je pro amatéry zdarma dosažitelný na stránkách společnosti Intel (<http://software.intel.com/en-us/intel-compilers/>). Tak je možno dostať sa od radiálnych rýchlostí k elementum dráhy a odtud k predpovedi dynamického chování systému.

Velmi letmo se dotkneme i otázky časování tranzitů (tzv. „timing variations“). Pokud totiž je v systému jediná exoplaneta a ta vykazuje tranzit, pak se tranzit opakuje s železnou pravidelností. Je-li však v systému další planeta, pak dochází díky interakci planet k jistým nepravidlostem v časech tranzitů. Obrátíme-li situaci, tj. pozorujeme-li jisté nepravidlosti v časech tranzitů jediné známé planety systému, ptáme se, co můžeme říci o případné druhé planetě, která nepravidlosti způsobuje. Tento přístup může být zajímavý i pro zpracování očekávaných dat projektu Kepler.

V závěru přednášky se letmo dotkneme některých zajímavých systémů např. HD 80606 (velká excentricita), HD 60532 (rezonance 3/1) nebo Gl 581 (d-planeta v zóně života, e-planeta má dosud nejmenší hmotnost). V souvislosti s posledním systémem budeme diskutovat otázku, kdy je fyzikálně opodstatněné zpřesňovat fit radiálních rychlostí přidáváním malých planet do systému a zmíníme se o tzv. F-testu, který umožňuje tuto otázku řešit.



Atmosféry obrích extrasolárných planét

Ján Budaj, Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica

Atmosféra exoplanéty má veľmi dôležitú funkciu. Je to miesto, kde sa formuje vystupujúce spektrum, ktoré nesie informáciu o vlastnostiach planéty. Okrem toho má atmosféra ďalšie funkcie: reguluje chladnutie planéty a jej polomer, pohlcuje/odráža dopadajúce žiarenie hviezdy a rozvádza teplo po povrchu planéty.

Tranzitujúce exoplanéty sú kľúčovým zdrojom informácií. Pozorovania tranzitov, sekundárnych zákrytov a svetelných kriviek nám umožňujú študovať nielen globálne vlastnosti planéty ako hmotnosť, polomer, vnútornú štruktúru a vývoj planéty, ale aj chemické zloženie a stavbu jej atmosféry.

Stavba a štruktúra atmosféry je daná viacerými, zatiaľ nie veľmi presne určenými parametrami, no rozhodujúcim parametrom je intenzita (tok) ožarovania planéty hviezdou.

V príspevku sa pokúsím zhrnúť najnovšie poznatky v tomto novom odbore.

Tranzity exoplanet a jejich pozorování

Liboš Brát, Sekce proměnných hvězd a exoplanet ČAS

Pozorování tranzitů exoplanet nám dává jedinečnou možnost studovat geometrické rozměry exoplanet. Co se dozvíme v příspěvku? Jaké jsou parametry tranzitu, co nám tranzity umožňují zjišťovat (geometrie soustavy hvězda - planeta, hledání dalších planet v systému, sklon orbity ke směru rotace hvězdy). Podíváme se letmo i do budoucnosti, na sledování tranzitů u obřích hvězd.

Od teoretických poznatků se přesuneme k praxi. Jakým způsobem je možné provádět fotometrii tranzitů, jak optimalizovat pozorovací techniku a jak postupovat při samotném pozorování? Pozastavíme se nad rozptylem dat (bílý a červený šum). Projdeme postup, jak zpracovávat pozorování pomocí fitovací procedury TRESKA.

Dále si ukážeme pokročilou práci s křivkou tranzitu, jak je možné zvýšit přesnost dat, jak zpracovávat neúplná pozorování či eliminovat artefakty na světelné křivce.

A nakonec přijdou některá zajímavá pozorování tranzitů pořízená u nás i ve světě (a zasláná do databáze českého projektu TRESKA).



Exoplanet Transit Database

Stanislav Poddany, Astronomický ústav Univerzity Karlovy a Štefánikova hvězdárna, Praha

V posledních letech přestává být pozorování tranzitujících exoplanet doménou velkých dalekohledů. V současné době se na celém světě nachází velké množství pozorovatelů amatérů, kteří se svými dalekohledy a CCD kamerami dosahují fotometrické přesnosti v řádu jednotek procent. Tato přesnost (nedávno ještě u amatérů pozorovatelů nepředstavitelná) je již dostačující k pozorování většiny tranzitujících exoplanet (typický pokles jasnosti při tranzitu se pohybuje okolo 20 milimagnitud). Naneštěstí až do poloviny roku 2008 neexistovala žádná celosvětová databáze všech napozorovaných světelných křivek – tedy křivek jak od profesionálních pozorovatelů, tak od těch amatérských.

ETD byla pro veřejnost spuštěna začátkem října roku 2008. Databáze je navržena jako webová aplikace, která je přístupná jak pro profesionální, tak amatérské pozorovatele. Skládá se ze tří částí. Předpovědi tranzitů, dále části sloužící k nahrávání nových pozorování a části modelující tranzit. Model zákrytu hvězdy planetou je použit k určení okamžiku středu, délky trvání a hloubky měřeného tranzitu. Základem této fitovací procedury je upravený model Mandela a Agola zákrytu hvězdy planetou. Získané hodnoty (střed tranzitu, hloubka a délka trvání) jsou následně vykreslovány v připojených O-C diagramech.

V současné době se v databázi nachází více jak 1 000 záznamů světelných křivek tranzitujících exoplanet. Počtem záznamů ETD převyšuje všechny ostatní databáze a stává se tak mocným pomocníkem při hledání dalších těles v pozorovaných systémech metodou transit timing variation (ITV) ...



Detekce planet gravitačním mikročočkováním

David Heyrowský, Ústav teoretické fyziky MFF UK

Většina dnes známých exoplanet byla nalezena dopplerovským měřením pohybu mateřské hvězdy nebo pozorováním poklesu světelného toku hvězdy při tranzitu planety. Kromě těchto klasických metod lze planety nacházet také díky ohybu světla v jejich gravitačním poli při tzv. gravitačním mikročočkování. K tomuto efektu dochází při průchodu stelárního objektu v popředí před pozorovanou vzdálenou hvězdou, ležící například ve výduti Galaxie. Gravitační pole procházejícího objektu přechodně zjasní pozorovanou hvězdu, přičemž z naměřené světelné křivky lze například zjistit charakter „čočkujícího“ objektu. Většinou jde o jednoduchou hvězdu, může však jít také o dvojhvězdu nebo hvězdu s planetou či planetárním systémem.

Oproti ostatním metodám je tato unikátní tím, že je citlivá zejména na planety vzdálené několik astronomických jednotek od své hvězdy, a to i na terestrické planety hmotností srovnatelné se Zemí. Od roku 2003 takto bylo nalezeno 9 planet v 8 systémech, včetně planety o hmotnosti 5,5 Zemí obíhající 2,6 AU od své hvězdy. Nadcházející specializované projekty slibují řádové zvýšení četnosti detekce.

Exoplanety ve škole

Ota Kébar, Katedra obecné fyziky FPE ZČU

Ve svém referátu bych se chtěl v úvodu zmínit o možnostech astronomického vzdělávání na základních a středních školách. Z úvodního povídání vyplyne, že na školách není možné usilovat o prezentaci astronomie jako uceleného vědního oboru. Žáky totiž nelze zahltit poznatky encyklopedické povahy. Museli bychom žákům předat příliš mnoho informací, vysvětlovat velké množství souvislostí, a to by bylo pro průměrného žáka náročné. Je nutné vybrat pouze některá témata. Žáci by měli poznat a umět vysvětlit (na úrovni přiměřené věku) všechny astronomické jevy pozorovatelné pouhýma očima. V řadě předmětů může nastat při výuce situace, kdy je učivo vhodné vysvětlit příkladem z astronomie. Existují i tzv. základní (věčné) otázky, které se dotýkají samotné existence člověka a života obecně. Souvisejí s původem světa, ve kterém člověk žije, s jeho budoucností, s postavením člověka ve světě a ve vesmíru. Je zřejmé, že na některé neznáme přesnou a jednoznačnou odpověď.

U těchto otázek lze žákům poodhalit problematiku exoplanet a s ohledem na věk žáků podat vysvětlení týkající se jejich výzkumu. Exoplanety mohou na školách posloužit jako téma projektu např. v rámci projektového uspořádání učiva, kdy se žáci zabývají problematikou zvoleného tématu z pohledu několika předmětů, tzv. průřezové téma nebo tvorba mezipředmětových vztahů.

Cíl referátu by měl být směřován k mé hlavní aktivitě v rámci působení na Západočeské univerzitě v Plzni. Na Katedře obecné fyziky Fakulty pedagogické vznikl multimediální učební text *Astronomia*.

Stránky astronomia.zcu.cz/hvezdy/exoplanety jsou hojně využívány nejenom žáky, ale i veřejností, kde slouží zejména k popularizaci astronomie. Obsahují velké množství témat (od galaxií, hvězd až po planety Sluneční soustavy), jedno z témat se týká exoplanet. Každé téma se skládá z řady článků, např. historické povídání o prvních exoplanetách, zmíněny jsou metody objevování exoplanet (pomocí měření radiálních rychlostí, sledování zákrytů a přechodů apod.) nebo popis zajímavých exoplanetárních systémů. Nedílnou součástí je úplný katalog exoplanet, který je pravidelně automaticky aktualizovaný ze stránek exoplanet.eu na základě písemného souhlasu autora stránek.

Od eurohvězdiček k europlanetám

Zdeněk Urban, kontaktní osoba Europlanet pro ČR a SR

Evropští vědci se na přímém výzkumu těles Sluneční soustavy dlouho podíleli jako menšinová partneri misí meziplanetárních sond řízených USA a SSSR/Ruskem. Nesporně při tom dosáhli řady špičkových výsledků. Zejména u Měsíce, Marsu a obřích planet a jejich měsíců. Přesto to již tehdy neodpovídalo reálně vysoké souhrnné výzkumné kapacitě zemí EU.

Na začátku 21. století tuto situaci začaly měnit projekty dodnes aktivních sond s výrazným či většinovým podílem Evropanů. Uvést je zde třeba především sondu Cassini k soustavě planety Saturn, přičemž evropský modul Huygens přistál na měsíci Titan, Mars Express a Venus Express, ač základy kladly již sluneční mise Ulysses a SOHO z 90. let. (Niméně téměř všechny meziplanetární sondy jsou mezinárodní, liší se příspěvky jednotlivých zemí.)

Navázala na to výzkumná infrastruktura Europlanet (Europlanet Research Infrastructure, Europlanet RI). Zrodila se ještě jako koordinační aktivita EuroPlaNet během předcházejícího Šestého rámcového programu výzkumu podporovaného EÚ. Od ledna 2009 pokračuje, již v podobě Europlanet RI, jako součást rovněž čtyřletého Sedmého rámcového programu.

Na Europlanet se přímo podílejí výzkumné subjekty a jejich zastřešující instituce ze sedmnácti evropských zemí, kromě jedné vesměs členů EU. Přidružení členové jsou z dalších zemí Evropy a také z ostatního světa, jako USA, Kanada, a Japonsko. Z České republiky se zapojily Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR a Štefánikova hvězdárna v Praze.

Europlanet má především dále upevnit integraci evropských planetárních vědců. Od toho se odvíjí dvanáct hlavních aktivit. První tři rozvíjejí nadnárodní přístup k laboratornímu a jinému testovacímu vybavení (jako jsou terénní analogie planetárních povrchů), s důrazem na výzkum Marsu, Jupiterova měsíce Evropy a Saturnova měsíce Titan.

Tím vzniká základ čtyř dalších aktivit, věnovaných kultivaci společných výzkumných programů. Jedna z nich předpokládá vybudování centrální databáze s nejvýkonnějšími analytickými nástroji, která pozvolna přeroste do Virtuální planetární observatoře.

Poslední čtyři aktivity se týkají „zesíťování“ a koordinace jednak pozemních i kosmických pozorovacích prostředků, jednak vědeckých cílů a konečně efektivního šíření informací v samotné celoevropské komunitě planetárních vědců, v hospodářských a politických kruzích členských států i EU jako celku a – přímo nebo přes média – v nejširší veřejnosti.

Program semináře 23. – 25. října 2009

Pátek 23. října 2009

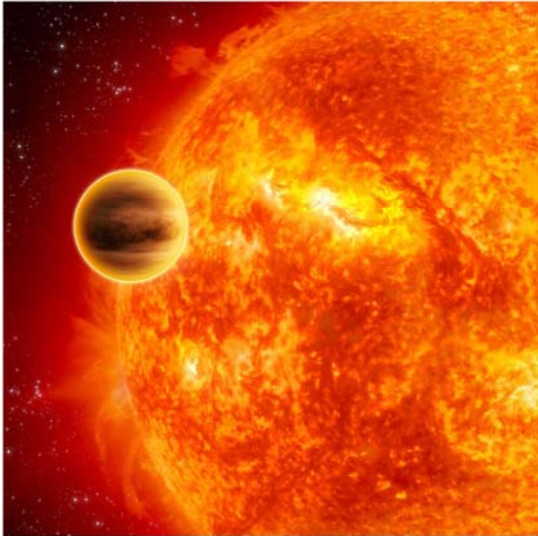
- 17:00 – 17:15 Slavnostní zahájení semináře
17:15 – 17:30 Úvodní slovo
17:30 – 18:30 **Historie objevování exoplanet** – *Jiří Grygar, Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.*
19:00 – 20:15 **Jsmo ve vesmíru sami?** – *Jiří Grygar, Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.,*
(přednáška pro veřejnost)
20:30 – 21:30 **Kámen a led** – *Pavel Gabzdyl, Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně*

Sobota 24. října 2009

- 08:30 – 09:30 **Plynní a ledoví obři** – *Jan Píšala, Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně*
09:50 – 10:40 **Formování orbitální architektury velkých planet (nejen) Sluneční soustavy** – *David Vokrouhlický, Astronomický ústav Univerzity Karlovy*
11:00 – 12:00 **Dynamika exoplanet** – *Miloš Šidlichovský, Astronomický ústav AV ČR, v.v.i.*
14:00 – 15:00 **Atmosféry obřích extrasolárních planet** – *Ján Budaj, Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica*
15:20 – 16:10 **Fotometrie tranzitů exoplanet** – *Luboš Brát, Sekce proměnných hvězd a exoplanet ČAS*
16:30 – 17:20 **ETD - Exoplanet Transit Database** – *Stanislav Poddany, Astronomický ústav Univerzity Karlovy a Štefánikova hvězdárna, Praha*
17:40 – 18:30 **Detekce planet gravitačním mikročočkováním** – *David Heyrovský, Ústav teoretické fyziky MFF UK*
20:00 – 24:00 Společenský večer

Neděle 25. října 2009

- 09:00 – 09:40 **Exoplanety ve škole** – *Ota Kébar, Katedra obecné fyziky FPE ZČU*
09:50 – 10:40 **Od eurohvězdíček k euoplanetám** - Evropský kongres o planetárních vědách 2009 a činnost výzkumné sítě Europlanet – *Zdeněk Urban, Europlanet*
10:50 – 11:40 Zvané příspěvky – bude upřesněno později
11:40 – 11:50 Slavnostní ukončení semináře



Družice NASA Spitzer objevila horkou planetu, z jejíž atmosféry se vypařuje voda. Planeta s označením HD 189733b se nachází v souhvězdí Lištičky ve vzdálenosti 63 světelných let. Byla objevena v roce 2005 díky přechodům přes disk mateřské hvězdy.

Zdroj:
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA10364> (Image Credit: ESA/C. Carreau)

Představa extrasolární planety HD 209458b v jejíž atmosféře byl objeven i kyslík a uhlík.

Credit: European Space Agency and Alfred Vidal-Madjar (Institut d'Astrophysique de Paris, CNRS, France).
www.sciencenews.org



In Transit

A planet (1-3) crosses in front of its parent star, creating a moment when that blocks a small amount of starlight from reaching Earth.

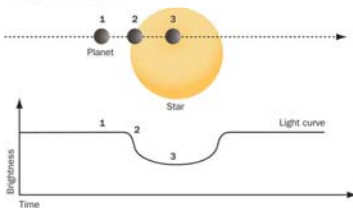
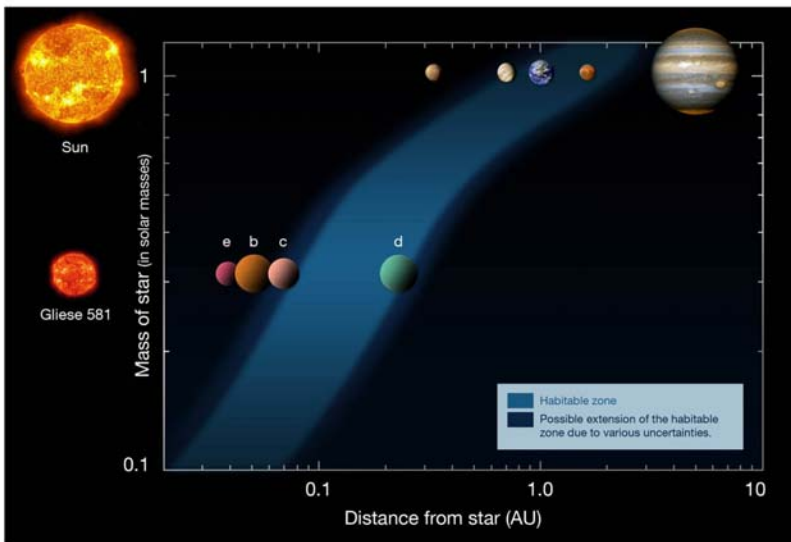
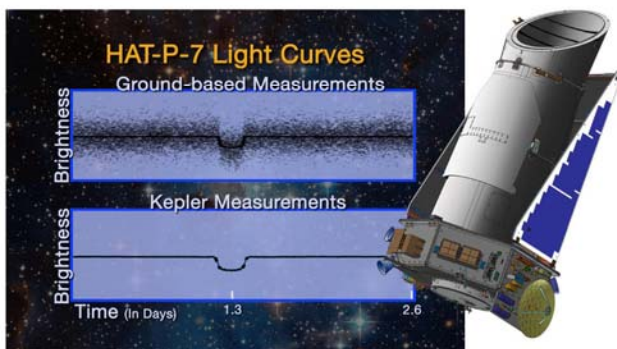


Schéma tranzitu planety přes disk své mateřské hvězdy. Dole je znázorněn průběh fotometrické křivky.

Zdroj: www.sciencenews.org/pictures/122008/



Porovnání naší Sluneční soustavy s planetární soustavou Gliese 581. Planeta označena jako Gliese 581 d se nachází na okraji zóny života (modrý pruh), tedy oblasti, kde se na povrchu těles může nacházet kapalná voda. První planeta u této hvězdy byla objevena v roce 2007. Zdroj: Franck Selsis, Univ. of Bordeaux. <http://www.eso.org/gallery/d/89991-2/phot-15b-09-fullres.jpg>



Záznam světelné křivky přechodu extrasolární planety přes disk mateřské hvězdy z družice Kepler a pozemních pozorování. http://www.nasa.gov/images/content/376599main_Borucki-GroundKepler-Final-Pg1.jpg

Obrázek na titulní straně: Umělcův pohled na disk kolem hvězdy Beta Pictoris. <http://97.74.127.8/wp-content/uploads/2008/11/betapictdisk.jpg>
 Obrázek na 4. straně obálky: Umělcova představa planety Corot-7b. <http://www.eso.org/gallery/d/139281-2/phot-33a-09-fullres.jpg>



Seminář pořádá Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

ve spolupráci
s Astronomickým ústavem AV ČR, v. v. i.,
Českou astronomickou společností,
Českým organizačním výborem IYA 2009
a Sekcí proměnných hvězd a exoplanet ČAS

v rámci Mezinárodního roku astronomie 2009



Česká astronomická společnost



Seminář podpořili:

