

PLANETA U 51 PEGASI

O objevu první planety, která obíhá hvězdu podobnou Slunci.

Již po staletí je jednou z největších astronomických hádanek existence planetárních systémů u cizích hvězd. Generace učebnic vysvětlovaly, proč je hledání planet i u těch nejbližších hvězd nemožné. Planety se nacházejí příliš blízko u své hvězdy, a tak jsou jí při přímém pozorování přezářeny.

V poslední době se však k hledání planet používá nepřímá metoda. Jestliže se dostatečně hmotná planeta nachází u nějaké hvězdy, tak tato hvězda nezůstává stabilně na jednom místě, ale obě tělesa obíhají kolem společného hmotného středu s rychlostmi a oběžnými drahami úměrnými svým hmotnostem.

Pohyb hvězdy se zjišťuje buď přímým zaznamenáváním její polohy na obloze, nebo vyhledáváním nepatrných změn radiální rychlosti. Druhá metoda je založena na tom, že oběh hvězdy kolem hmotného středu se může projevit jejím pravidelným přibližováním a vzdalováním od Země.

Například Jupiter má tisícinu sluneční hmotnosti a jeho oběžná rychlost činí 13 000 m/s. Odpovídající rychlost pohybu Slunce je pak 13 m/s.

Kolem půl tuctu skupin astronomů postavilo vysoce specializované spektrografy, které mohou měřit radiální rychlosti o velikosti několika desítek, nebo i jen několika metrů za sekundu. Přístroje vyhledávají extrémě malý Dopplerův jev - posunutí spektrálních čar. Tato metoda je vhodná pro masivní planety a planety s těsnými drahami kolem své hvězdy, protože takové planety způsobují největší pohyb hvězdy.

Jeden ambiciózní program měření radiálních rychlostí je uskutečňován Michele Mayorem a studentem Didierem Quelozem (Ženevská observatoř). Od dubna 1994 sledují radiální rychlosti 142 vybraných, Slunci podobných hvězd. U těchto hvězd je zjištěno, že jsou samostatné, a proto by mohly být kolébkou planet. (Planety se teoreticky mohou vyskytovat i u dvojhvězd, ale jejich dráhy jsou podle výpočtů složité a nestabilní.)

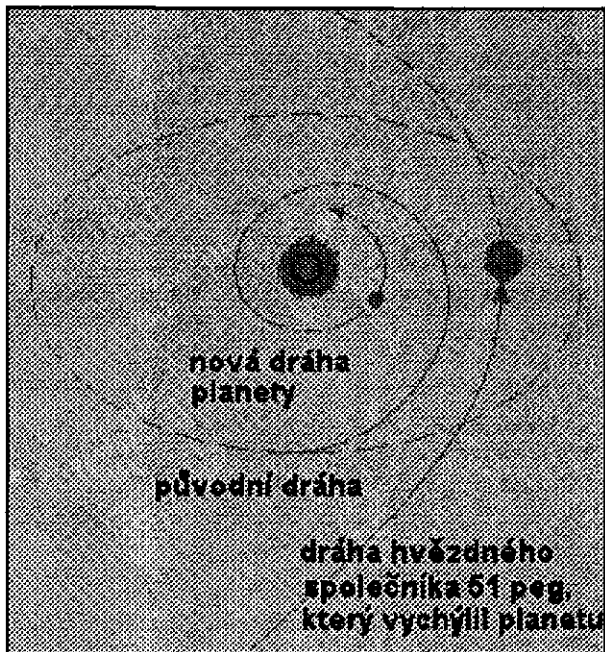
S použitím spektrografu na 1,9 metrovém dalekohledu observatoře v Haute-Provence ve Francii mohou rozlišit radiální rychlost i pouhých 12 m/s. To by již mělo dostačovat k identifikování hvězd s planetami několikrát hmotnějšími než je Jupiter.

Na začátku října ohlásili, že planeta s hmotností kolem poloviny Jupitera obíhá hvězdu 51 Pegasi, jejíž spektrální typ je G 2-3. Oběžná doba byla stanovena na pouhých $4,229 \pm 0,001$ dne. Radiální rychlost hvězdy oscillovala s amplitudou 60 m/s a zůstala stabilní déle než rok.

51 Peg má jasnost 5,5 magnitudy a je vzdálena od Země 40 světelných let. Stejně jako Slunce rotuje pomalu a je alespoň několik miliard let stará. Rychlá oběžná dráha planety znamená, že musí obíhat ve vzdálenosti pouhých 7 milionů kilometrů od hvězdy. To je 8-krát těsněji než obíhá Merkur kolem Slunce. Proto by planeta měla být teplejší než 1000 °C a disk hvězdy zabírat na její obloze 10°.

Mezi astronomy, kteří se snažili tento objev ověřit, byl i Geoffrey Marcy (San Francisco State University) a Paul Butler (University of California, Berkeley). Tito dva pozorovatelé provádějí pravděpodobně nejpřesnější program měření radiálních rychlostí hvězd na světě. Jejich spektrograf na Lickově observatoři u 3 metrového Shanova dalekohledu může měřit hvězdný Dopplerův posun dokonce již pouhé 3 m/s. Ironií je, že Marcy a Butler vyloučili 51 Peg ze svého vlastního programu, protože Yalský katalog jasnosti hvězd chybně identifikuje tuto hvězdu jako podoba. Po uveřejnění zprávy švýcarského týmu objevitelů neztráceli čas a věnovali čtyři noci (což je téměř rok pro novou planetu) k získání 27 měření s vysokým rozlišením. Tato měření

ukázala, že se hvězda skutečně pohybuje. Marcy a Butler naměřili amplitudu rychlosti 51 ± 2 m/s. Mimoto změny radiální rychlosti vytvářejí perfektní sinusovou křivku. Z toho můžeme usoudit, že oběžná dráha planety je kruhová, přesně tak, jak si astronomové představovali, že by měla být. Slapové efekty mohou



zkruhovatět oběžnou dráhu planety, která se pohybuje tak těsně u své hvězdy.

Alternativní vysvětlení

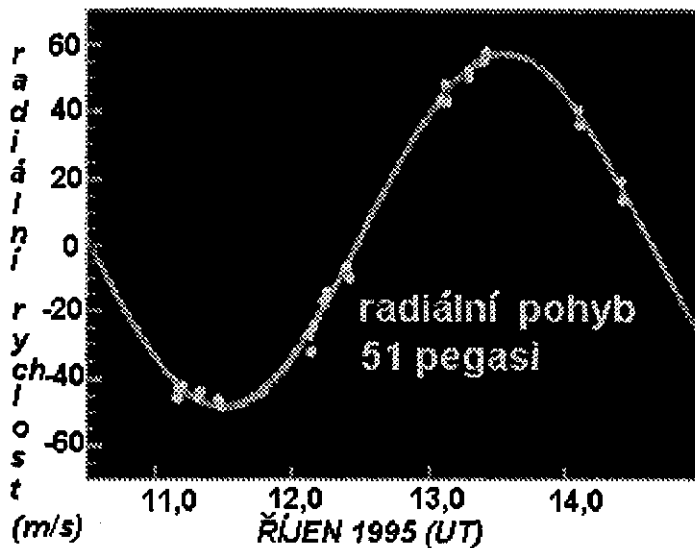
Jsou ale změny rychlosti hvězdy skutečně stopou nějaké planety, která tuto hvězdu obíhá?

Zpočátku byli Mayor s Quelozem opatrní. Domnívali se, že se na změnách rychlosti podílí něco jiného než planeta. Poslední dvě desetiletí bylo pozorováno mnoho údajných planet, avšak během kratší či delší doby se zjistilo, že šlo o omyly.

Ale postupně přibývalo důvodů myslet si, že u 51 Peg planeta opravdu existuje.

Proti tvrzení, že jde pouze o pulzace hvězdy, stojí řada faktů:

Žádné pulzace by u hvězdy typu Slunce neměly mít periodu blízkou 4 dnům. Základní sluneční perioda je 5 minut a nejdelší možné periody sluneční seizmologie jsou nejvýše několik hodin. Změny radiální rychlosti pak zůstávaly přesné jako hodinový stroj déle než rok, tedy ne tak, jako je tomu u mnoha druhů vnitřních změn hvězd. Kromě toho, ani hvězdné pulzace, ani další efekty, jako třeba modulace profilu spe-



králních čar magnetickým polem nebo aktivitou hvězdných skvrn by nemohly mít tak přesný sinusovitý průběh.

Na konci října pracovníci z Ženevské observatoře oznámili, že intenzivní pozorování hvězdné jasnosti 51 Peg, které bylo provedeno na ESO ukázalo, že lze vyloučit změny jasnosti s 4,2 denní periodou větší než 0,002 magnitudy. Pokud by docházelo k takovým jevům jako je smršťování nebo rozpínání hvězdy rychlostí 50 m/s, byly by změny jasnosti téměř desetkrát větší než tato hodnota.

Ze získaných údajů také vyplývá, že v systému nedochází k zákrytům. Přejít planety Jupiterovy velikosti přes kotouč hvězdy by se projevil změnou jasnosti asi o 0,01 magnitudy. Z toho astronomové vyvozují, že oběžná dráha planety je skloněna vůči spojnici Země - 51 Peg pod úhlem nejméně 5°. Úhel, pod kterým pozorujeme oběžnou dráhu, je rozhodující neznámou pro odhadnutí hmotnosti planety. Často citovaná hodnota 0,5 - 1,5 hmotnosti Jupitera platí pouze tehdy, jestliže má oběžná dráha planety sklon zhruba do 20°. Vidíme-li systém téměř z pólu, tak radiální rychlost, kterou měříme, je pouze zlomkem z celkové radiální rychlosti hvězdy. Planetární hmota by potom mohla být mnohem větší a mohlo by se mohlo i o hnědého trpaslíka (viz. Astropis č. 4/1995) s hmotností mnohokrát větší než jakou má Jupiter.

Existují však důkazy pod jejichž tíhou se zdá, že se astronomové v odhadu hmotnosti nemýlí.

Planeta u 51 Pegasi

Spektrální čáry 51 Peg jsou rozšířeny Dopplerovým posunem 2 km/s přiměřeně k rotaci hvězdy kolem její osy. To by však mohl být ovšem opět jen zlomek z celkové rotační rychlosti, protože se možná nenacházíme v rovině rovníku hvězdy. Ve spektru je ale pozorována i nepříliš jasná vápníková čára, a to nám říká, že hvězda má nízkou povrchovou aktivitu, což je znak pomalu rotující hvězdy. Hodnota 2 km/s pak může docela přesně vyjadřovat celkovou rotační rychlost hvězdy. Z toho lze usuzovat, že hvězdu přece jen vidíme nedaleko jejího rovníku.

Teorie říká, že se planety vytvářejí blízko roviny rovníku hvězdy, tak jak se to stalo v naší sluneční soustavě. A tak je velká pravděpodobnost, že hmotnost planety se pohybuje právě v rozmezí 0,5 až 1,5 hmotnosti Jupitera.

O planetě

Otázka původu planety je velmi zajímavá. Astronomové již pozorovali řadu mladých hvězd, v jejichž okolí našli prachoplynné disky. Domnívají se proto, že se planety v naší sluneční soustavě zformovaly z chladoucích těles v tomto disku. Počítačové simulace tvorby planet téměř vždy končí v systému uspořádaném podobně jako je ten náš. Malé kamenné planety obíhají blízko mateřské hvězdy a gigantické plynné jsou naopak vzdálenější. Ale bohužel neznáme dostatečně žádný jiný planetární systém, abychom mohli posoudit přesnost těchto modelů.

Pravda je, že nám příroda stále připravuje nějaká překvapení. První

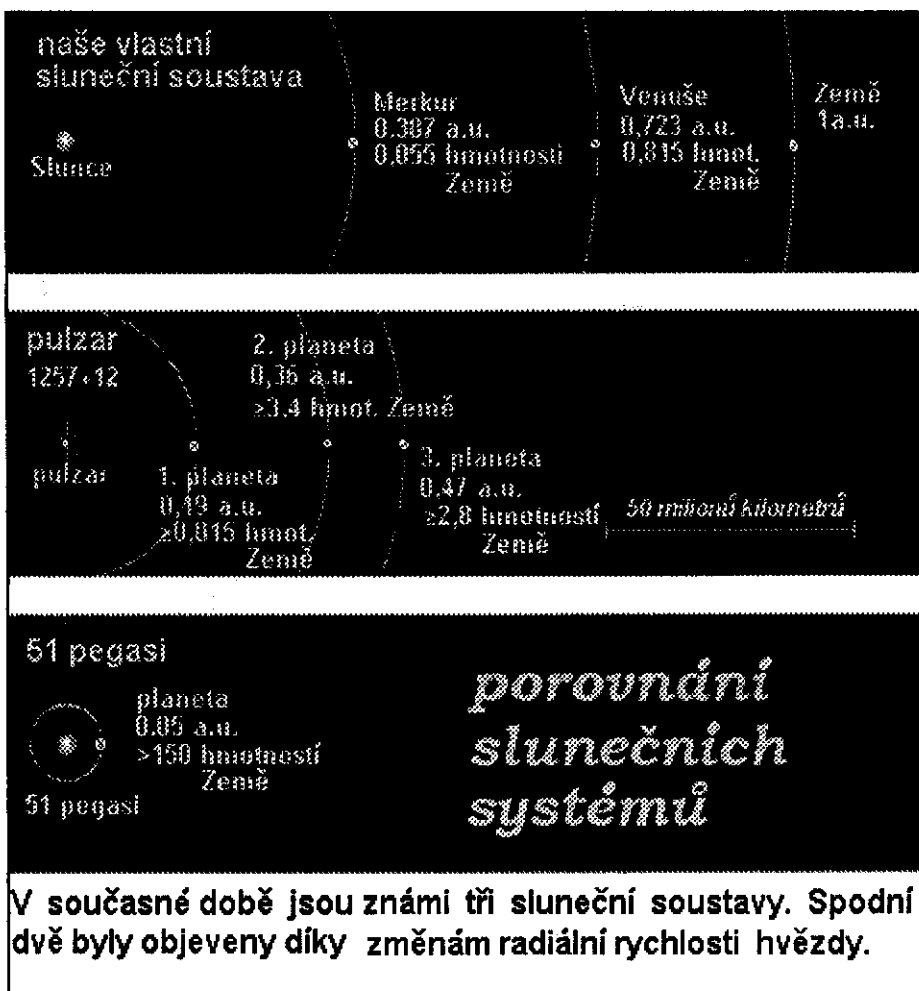
potvrzená planeta mimo sluneční soustavu byla objevena u pulzaru. V roce 1994 Aleksander Wolszczan z Penn State University předložil nezvratný důkaz, že tři tělesa zemské hmotnosti skutečně obíhají pulzar PSR 1257+12 vzdálený 1600 světelných let v souhvězdí Panny. Pulzary vznikají po katastrofickém výbuchu supernovy a tyto planety se pravděpodobně zformovaly až po této události odlišným procesem než ty v naší sluneční soustavě.

Objev planety u 51 Peg nepřispěl k vysvětlení problému vytváření planet, jak by se dalo očekávat, právě naopak. Říci, že je planeta bizarní, je příliš slabé slovo.

Studie Adama Burrowse z University of Arizona ukazují, že oběžná dráha planety je velmi stabilní a planeta může po stejné dráze kroužit už několik miliard let. Stáří hvězdy se odhaduje na 8 miliard let a hmotnost je zhruba stejná jako hmotnost Slunce. Vzhledem k tomu, že tato hvězda je vyvnutější, je svítivější, větší a na kovy bohatší o 20 až 50%.

Podle Mayorových pozorování kolem 51 Peg obíhá ještě jeden objekt. Ale není jasné, o jaké těleso se vlastně jedná.

Podle standardních modelů formování planet dochází u mladých hvězd k tomu, že z vnitřních částí prachoplynného disku, kterým jsou obklopeny, vymetou svým silným hvězdným větrem všechny plyny. Tato vnitřní část je poměrně malá, a tak se tam nenachází dostatek materiálu ke zrodu obřích planet. Naopak ve vnější části disku je dost materiálu a je tam i dostatečně nízká teplota k vytvoření velkých ledových jader. Jestliže je takovéto jádro 10 až 20 krát hmotnější než Země, je jeho gravitace schopná přitáhnout dost plynu z okolí ke vzniku obří planety. Tento model krásně vysvětluje současné uspořádání naší sluneční soustavy. Vzhledem k tomu, že hvězda vyfoukala z vnitřní části disku všechny plyny, měla by být nově objevená planeta kovovo-kamenná. Avšak Merkur, který je nejvnitřnější planetou v naší sluneční soustavě, má hmotnost jen 1/18 hmotnosti Země. K vytvoření planety několikrát hmotnější než je naše Země by bylo zapotřebí, aby



byl protoplanetární disk u mateřské hvězdy asi 1000-krát hmotnější než ten, co se kdysi nacházel u Slunce. Astronomové však nikdy tak mohutný disk u žádné hvězdy nepozorovali.

Planeta také může být plynný obr stejně jako Jupiter nebo Saturn. Potom ovšem musela vzniknout nejméně ve 100-krát větší vzdálenosti než se nachází nyní. Existují dva scénáře, jak mohlo dojít k přemístění planety na dnešní tak těsnou oběžnou dráhu.

Podle prvního scénáře mohl před miliardami let kolem planety těsně prolétnout hvězdný průvodce 51 Peg. Gravitační prak tohoto společníka planetu vymrštil na nynější oběžnou dráhu. Tento sled událostí je velmi nepravděpodobný, ale ne nemožný. Pokud by se prokázalo, že druhý společník pozorovaný ve spektru 51 Peg je hvězda, zvětšilo by to pravděpodobnost této hypotézy.

Druhý scénář navrhuje, že pohyb planety byl brzděn protoplanetárním diskem, ve kterém bylo více prachu než je obvyklé a obsahoval velké množství kovu z hvězdy. Planeta se ke hvězdě spirálovitě přibližovala dokud se uplatňoval brzdící

efekt disku.

Další možností je i to, že se planeta nemusela formovat typickým způsobem a může se jednat o zbytek hnědého trpaslíka. Dnes jsou známy stovky dvojhvězd, které obíhají kolem sebe stejně těsně, jako 51 Peg se svou planetou. Možná byla planeta původně hvězdou nebo hnědým trpaslíkem, ale v časných vývojových stádiích 51 Peg svým mohutným hvězdným větrem odfoukla vnější atmosféru tohoto tělesa.

Poznat, která z možností vzniku planety je správná bude velmi obtížné. Budeme potřebovat ještě mnoho informací. Planetu od 51 Peg nerozliší ani HST.

Přístroje používané k vyhledávání cizích planet jsou schopny zachytit planetu o hmotnosti 2-3 krát větší než Jupiter. Dosud se to však příliš nedaří, a proto je možné se domnívat, že tento typ těles je u hvězd zastoupen zřídka. Zřejmě jen malý počet hvězd má ve svém protoplanetárním disku dostatek hmoty k vytvoření obřích planet.

Koncem desetiletí by měla adaptabilní optika umožnit to, co se zdálo dosud nemožné, přímo pozorovat

planety u jiných hvězd, zatím do vzdálenosti 30 světelných let.

Dalším krokem bude použití interferometrů. Skupina vedená Mikem Shaonem z Jet Propulsion Laboratory dokočila stavbu interferometru na Mt. Palomaru. Interferometr se skládá ze dvou 0,4 metrových infračervených dalekohledů vzdálených od sebe 100 metrů. Společně s počítačem simulují dalekohled se 100 metrovým průměrem.

Varování

U tohoto vzrušujícího objevu je na místě připomenout případy "planet", které byly objeveny u jiných hvězd, a nakonec se ukázalo, že šlo o omyly. Například

Barnardova hvězda, 61 Cyg, Lalande 21185 a několik dalších červených trpaslíků ukazovaly vibrace, které podle objevitelů měli být způsobovány planetami. VB8B podhvězdný společník Van Biesbroeck 8, domněle viděný v infračerveném světle....

Podle Sky & Telescope, Jan. 1996
a Astronomy, March 1996
připravil Václav Procházka

Pozorování povrchu Betelgeuse

Vědci z týmu, který používá HST nedávno oznámili, že se jim podařilo pozorovat detaily na povrchu Betelgeuse neboli a Ori. Kromě atmosféry, která září v ultrafialovém oboru spektra, se jim podařilo nalézt i horkou skvrnu o průměru asi deseti Zemí. Ta je asi o 2000 Kelvinů teplejší, než okolní povrch. Protože tato fotografie jako obvykle přinesla více otázek než odpovědí, bude výzkum samozřejmě pokračovat.

Podle STScI/NASA
AE

