

Cizí planetární soustavy u hvězd slunečního typu - přehled

Roku 1801 objevil italský astronom Giuseppe Piazzi slabé těleso obíhající za dráhou Marsu. Toto těleso, později pojmenované Ceres, bylo senzací, protože se našlo právě v oblasti, kde astronomové předpokládali existenci další planety. Ale co se nestalo; asi o rok později byla mezi Marsem a Jupiterem objevena další „planeta“, a potom hned další a další.... Objevy přibývaly tak rychle, že na začátku našeho století bylo známo přes 460 těchto nových objektů - planetek.

Vypadá to, že se historie bude opakovat, tentokrát se však jedná o opravdové planety, dokonce u cizích hvězd.

Vůbec první planetární systém u vzdálené hvězdy byl nalezen a prokázán u pulzaru PSR1257+12 v roce 1992. Minulý rok následovala senzace v podobě obří planety s hmotností kolem 0,5 Jupitera, která obíhá kolem hvězdy slunečního typu - 51Peg. Na začátku letošního roku tým vedený Geoffreym Marcym ze San Francisco State University a Paulem Butlerem z University of California oznámil objev hned dvou těles s hmotností větší, než má Jupiter, u hvězd 47UMa a 70Vir. Tento tým má nejdokonalejší přístroje na Zemi, pro vyhledávání cizích slunečních soustav. Proto se nelze divit, že v dubnu ohlásili další dva objevy. Jedná se o společníky u hvězd HR3522 a HD114762. Poslední jmenovaný byl původně klasifikován jako hnědý trpaslík (objeven roku 1989 Davidem Lathamem), ale z údajů, které naměřil jejich student Eric Williams vyplývá, že se spíše jedná o velmi hmotnou planetu podobnou 70VirB). *

Nejčerstvějšími novinkami Marcym a Butlera jsou pak planetární systémy u hvězd υ And a τ Boo. (τ Boo se již na základě pozorování Mayora a Duquennoye z roku 1991 předpokládalo, že by se u ní mohlo vyskytovat méně hmotné těleso).

Jeden z objevitelů 51PegB Michael Mayor si je jist, že v následujících letech bude nalezena řada dalších soustav. Jeho názor je podepřen faktem, že přestože je technika detekce planet teprve v začá-

cích, jsou astronomové již nyní velmi úspěšní.

Díky novým planetám budeme mít větší šanci nalézt odpovědi na otázky, jak se planety vytvářejí a jak je to s životem ve vesmíru. G. Marcy říká: „Stojíme na začátku nové éry ve vědě. Éry, kdy porovnáme devět planet v naší sluneční soustavě s jejich protějšky v cizích soustavách.“

Metody objevování

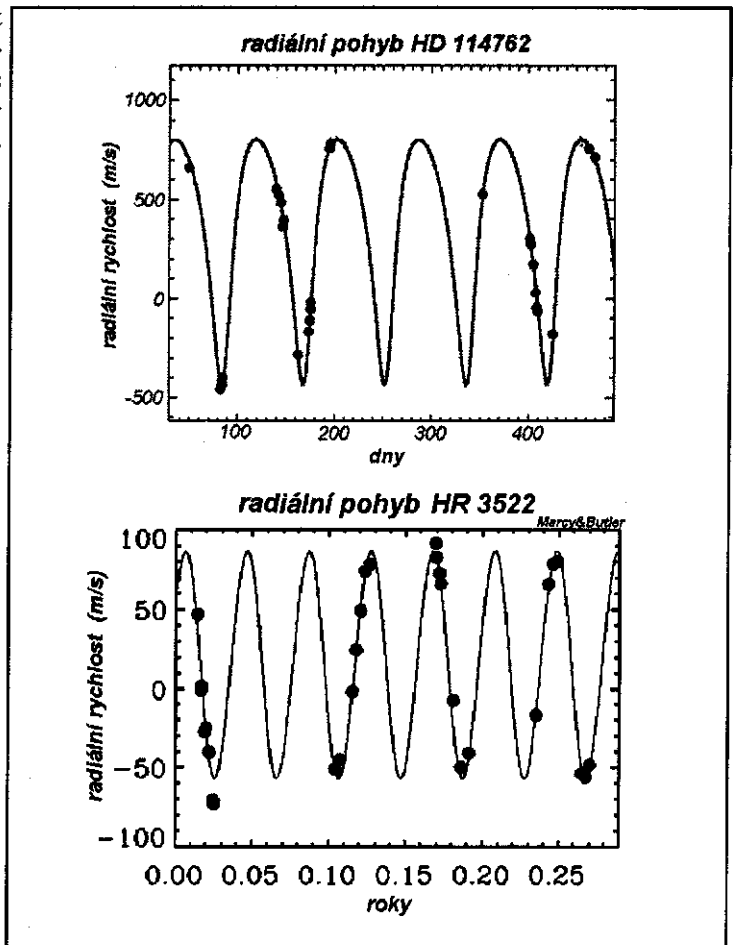
Ještě stále není možné pozorovat planety u jiných hvězd přímo. Planety jsou příliš malé a mají příliš uzavřené oběžné dráhy. Například 70VirB je maximálně pouhé 0,04 úhlové vteřiny od hvězdy. Dokonce ani HST nedokáže v oslňující záři obíhající planetu rozlišit.

Nejúspěšnější dnes používanou metodou lovců cizích slunečních soustav je vyhledávání periodických změn radiálního pohybu hvězdy.

Když se nějaká planeta nachází na oběžné dráze kolem hvězdy, tak ani sama hvězda nezůstává na místě, ale obíhá kolem společného hmotného středu soustavy. My na Zemi pak můžeme díky Dopplerovu efektu pozorovat, jak se hvězda periodicky přibližuje a vzdaluje. Dopplerův efekt znamená, že pokud se objekt k pozorovateli přibližuje, dochází k posunu spektrálních čar ke krátkovlnnému konci spektra, a naopak, jestliže se vzdaluje, dochází k posunu k dlouhovlnnému konci. Pokud tyto změny pohybu zaneseme do grafu, vznikne jakási vlna. Amplituda - výška této vlny udává, jak

silné je gravitační působení planety (ovšem s chybou, která je dána obvykle neznámým sklonem oběžné dráhy), perioda pak oběžnou dobu.

Jupiter vyvolává u Slunce pohyb o rychlosti 12,5m/s. Protože jsou nově objevené planety hmotnější a mají uza-



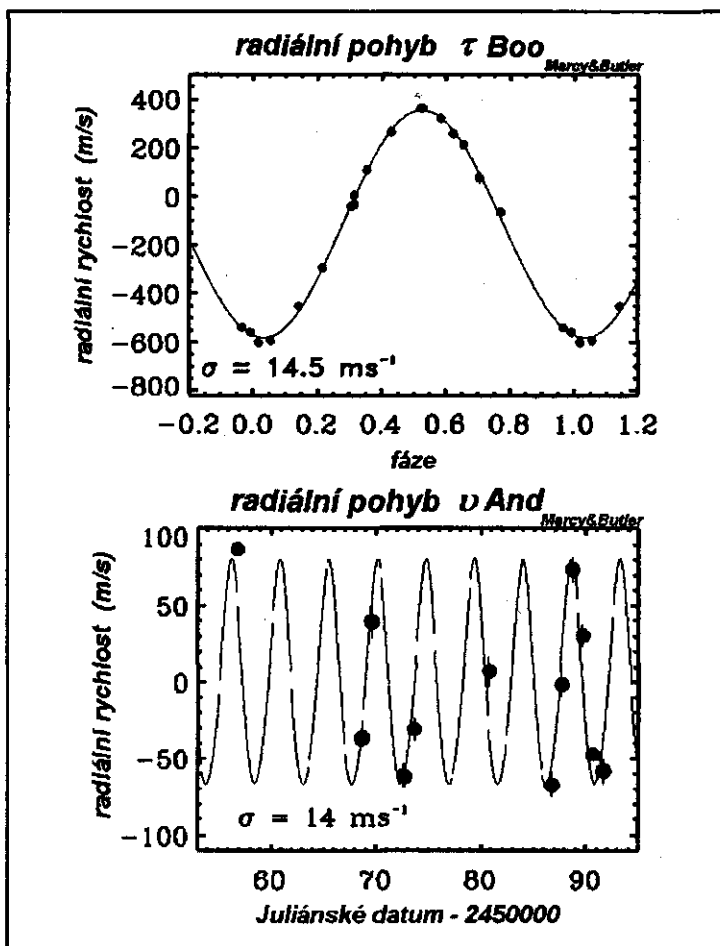
vřenější dráhy, indukují u svých hvězd rychlejší pohyby. 51Peg má radiální pohyb s amplitudou 53m/s, 47UMa pak 45m/s, planeta 70VirB vyvolává u své hvězdy pohyb o rychlosti celých 311m/s, hvězda HR3522 má amplitudu rychlosti 72m/s, HD114762, jejíž planeta je ze všech nejhmotnější, dokonce 618m/s, υ And 75m/s a τ Boo 468 m/s.

Z periody a amplitudy vlny mohou astronomové spočítat vzdálenost oběžné dráhy a hmotnost společníka hvězdy.

Nové planety

Pulsarové planety tvoří samostatnou kapitulu, ale přesto si připomeneme tu první. Soustava u pulzaru PSR1257+12

* Planety se značí tak, že se ke jménu hvězdy přidá písmeno.



Z pozorování astronomové o planetách ve skutečnosti nevědí nic jiného, než jakou mají hmotnost a jaká je jejich dráha. Pouze z těchto dvou věcí vyvozují další závěry. Domnívají se, že se jedná o plynné obry Jupiterova typu, s kameným jádrem o hmotnosti 10-20 Zemí. Nelze však vyloučit, že jsou tato tělesa ve skutečnosti kompletně kovovo-kamenná.

Butler o této planetě říká: „Je to první planeta, která by se mohla hodit do naší soustavy. Není přesnou kopií některé z našich obřích planet, ale není pravděpodobně ani příliš odlišná.“

70VirB je značně hmotnější. Hmotnost tohoto tělesa je odhadována na 8 Jupiterů. Průměrná vzdálenost planety jsou asi 4/10 AU, což znamená, že jeden oběh vykoná za 117 dní. Oběžná dráha má daleko k dokonalému kruhu, je výrazně excentrická.

Je to poutavé těleso. Teplota by měla být blízká 90 °C. Při této teplotě by se na povrchu, či v atmosféře mohla nacházet voda v kapalném skupenství. To by dávalo možnost vzniku organických molekul - základních stavebních kamenů života. Dá se předpokládat, že se jedná o bouřlivý svět s prudkými větry o rychlostech několika set kilometrů za hodinu.

Hvězda HR3522 (55 Cancri) má spektrální třídu G8. Hmotnost její planety je zhruba 0,8 Jupitera, oběžná doba necelých 15 dní. Z toho se usuzuje na průměrnou vzdálenost 0,1AU. Stejně jako u 51 Peg mohou slapové jevy udržovat jádro planety extrémně tektonicky aktivní a vytvářet tak následně četné vulkány. V závislosti na bezesporu ničivém horku a povrchovém tlaku lze předpokládat, že případný kamenný povrch může být zcela roztavený.

je naprosto nepodobná té naší. Tvoří ji tři planety o hmotnosti srovnatelné s hmotností Země. Tím však veškerá podoba pravděpodobně končí. Pulzar je zbytek hvězdy po jedné z kosmických „katastrof“ - výbuchu supernovy. Planety musely vzniknout až po této události. Proto byl mechanismus jejich vzniku zcela jiný než u našich devíti.

V další soustavě u 51Peg byla prokázána jedna planeta, ale ve spektru hvězdy lze nalézt stopy ještě dalšího tělesa. Není však zcela jasné, o jaký objekt se jedná. Přestože je 51Peg slunečního typu se spektrální klasifikací G3, je i její soustava naprosto nepodobná té naší. Planeta o hmotnosti 0,5 Jupitera obíhá po velice uzavřené dráze, pouhých 0,05 AU od hvězdy. To způsobuje, že její teplota dosahuje 1500 °C. Uzavřená dráha gigantické planety je pro astronomy záhadou.

Další dva systémy u 47UMa a 70Vir obsahují po jedné prokázané planetě. Obě planety jsou hmotnější než Jupiter. Neobíhají tak daleko jako náš plynný gigant, ale ani tak blízko jako 51PegB. Obě hvězdy jsou opět podobné Slunci, a to nejen hmotností, ale i svítivostí a teplotou.

AU. Jestliže by se nacházela v naší soustavě, obíhala by mezi Marsem a Jupiterem, v říši planetek. Jeden její rok trvá tři pozemské roky a její dráha je téměř dokonale kruhová. Teplota dosahuje -80 °C.

POROVNÁNÍ PLANET							
	Země	Jupiter	51PegB	70VirB	47UMaB	HR3522B	HD114762B
hmota	0,003	1,00	0,6	8,1	3,5	0,8	10
průměr	0,09	1,00	0,32 - 1,35	0,35 - 1,05	0,35 - 1,1	-	-
d (AU)	1,00	5,20	0,05	0,43	2,1	0,1	-
T oběhu	1 rok	11,9 let	4,2 dne	116,7 dní	3,0 roky	14,8 dní	84 dní
denní t	15	-150	1500	90	-80	-	-
v hvězdy	0,1	12,5	53	311	45	72	618
e dráhy	0,017	0,048	0,0	0,38	0,03	-	0,3

Vysvětlivky: d - vzdálenost od hvězdy v AU, T - doba oběhu, t - teplota ve (°C), v - pohyb hvězdy v m/s, e - excentricita

POROVNÁNÍ HVĚZD						
	Slunce	51Peg	70Vir	47UMa	HR3522	HD114762
průměr	1,0	1,4	1,9	1,1		
hmotnost	1,0	0,95	0,9 - 1,0	1,0 - 1,1		
teplota (°C)	5500	5430	5200	5590		
svítivost	1,0	1,8	2,9	1,4		
obsah kovů	1,0	1,2 - 1,5	0,8	1,0		
spektrální typ	G2	G3	G4	G0	G8	F9
d (sv. r.)	-	50 - 65	55 - 70	40 - 50		

Vysvětlivky: d - vzdálenost ve světelných letech

Na planetě u HD114762 trvá jeden rok 84 pozemských dní. Hmotnost je proti Jupiteru zhruba desetinasobná. Excentricita dráhy je 0,332.

Další planeta u And B se nejvíce podobá 55 Cancer B a 51 Peg B. Její dráha je kruhová, oběžná dráha má poloměr 0,054 AU, a doba jednoho objehu je blízka 4,6 dne. Ani toto těleso není žádný „drobeček“ hmotnost je odhadována na 0,6 Jupitera.

Jako poslední zbývá t Boo B. U této planety bylo napozorováno celých 150 oběhů. Je hmotnější než předchozí, i než Jupiter. Oproti Jupiteru má hmotnost větší zhruba 4-krát. Dráha je opět kruhová s poloměrem 0,046 AU, což je pouze něco málo přes 8 poloměrů samotné hvězdy.

V naší soustavě mají všichni plynní obři řadu měsíců. Je tedy možné, že se jedná o typickou vlastnost velkých planet. I kdyby objevené planety nebyly pro život vůbec vhodné, můžeme stále ještě doufat, že se nám v jejich blízkosti podaří nalézt měsíce s atmosférou, která bude uzpůsobovat klima na jejich povrchu pro nějakou, byť i nejpřimitivnější formu



života. Tato myšlenka ale ještě dlouhou dobu zůstane pouhou spekulací. Je také možné, že se jedna či více objevených soustav skládá z většího počtu planet, než zatím známe. Planety o hmotnosti Země u vzdálených hvězd dosud nedokáže zachytit žádný přístroj, který mají v současnosti astronomové k dispozici. Podle Marcyho však skutečnost, že se nové planety pohybují v pásu terestrických planet v naší soustavě, podporuje myšlenku, že

se jednou u nějaké hvězdy podaří objevit skutečnou planetu zemského typu. Marcy a Butler rozhodli soustředit především na zdokonalování své techniky. V minulých osmi letech se analyzovaly svych dat příliš nezabývali, ale zato se jim podařilo dosáhnout rozlišovací schopnosti radiální rychlosti 3m/s. Ale když Mayor s Quelozem oznámili objev 51PegB, uvědomili si, že některé planety mohli snadno zachytit. Astronomové z University of California umožnili Marcyho týmu využívat 6 výkonných počítačů. Tyto počítače pracují dnem i nocí a zpracovávají hory naměřených dat. Právě v lednu zjistili, že už 7 let mají data 70Vir. Pokud by údaje zanalyzovali dříve, mohli být vůbec prvním týmem na světě, který objevil planetu mimo náš solární systém. Před publikováním zprávy o 47UMa a 70Vir měli poněkud obavy, aby je opět nepředběhl tým Mayor-Queloz. Přestože rozlišovací schopnost přístrojů používaných tímto druhým týmem je 13m/s (tedy více než čtyřikrát horší), pohyb obou těchto těles je natolik výrazný, že ho mohli snadno zaznamenat i oni.

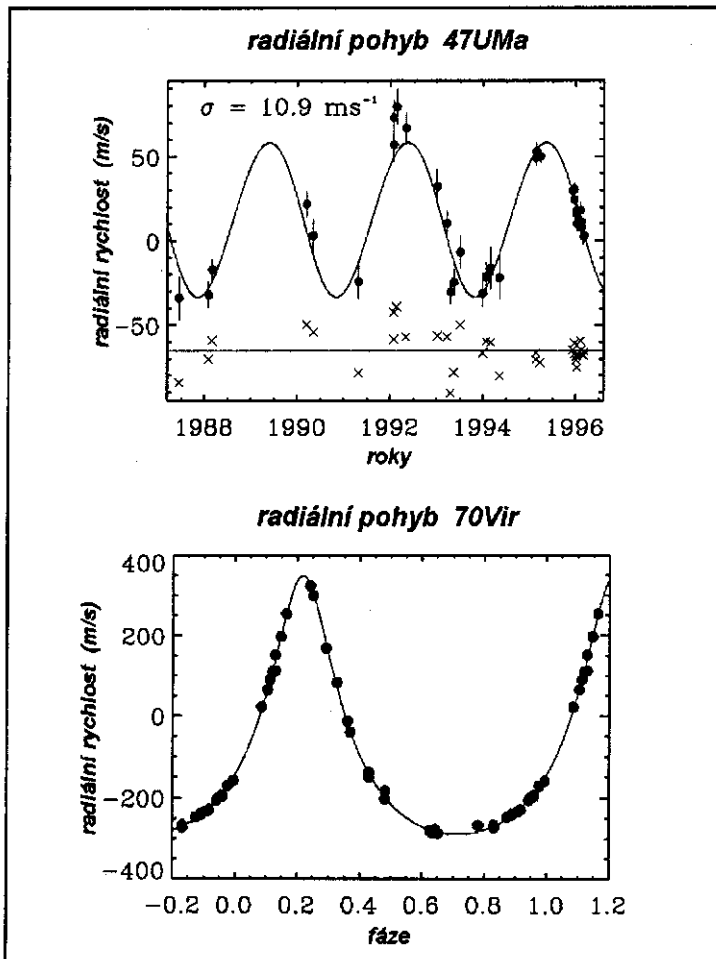
Nejúspěšnější lovcí

Marcy s Butlerem provádějí svá pozorování od roku 1987. Používají 3-metrový dalekohled na Lickově observatoři. Jejich pozorovací program zahrnuje 120 Slunci podobných hvězd. Protože se průkopníkům tohoto výzkumu Kanad'anu Brucceovi Campellovi a Geordonu Walkrovi nepodařilo objevit žádnou cizí pla-

netu, se Marcy a Butler rozhodli soustředit především na zdokonalování své techniky. V minulých osmi letech se analyzovaly svych dat příliš nezabývali, ale zato se jim podařilo dosáhnout rozlišovací schopnosti radiální rychlosti 3m/s. Ale když Mayor s Quelozem oznámili objev 51PegB, uvědomili si, že některé planety mohli snadno zachytit. Astronomové z University of California umožnili Marcyho týmu využívat 6 výkonných počítačů. Tyto počítače pracují dnem i nocí a zpracovávají hory naměřených dat. Právě v lednu zjistili, že už 7 let mají data 70Vir. Pokud by údaje zanalyzovali dříve, mohli být vůbec prvním týmem na světě, který objevil planetu mimo náš solární systém. Před publikováním zprávy o 47UMa a 70Vir měli poněkud obavy, aby je opět nepředběhl tým Mayor-Queloz. Přestože rozlišovací schopnost přístrojů používaných tímto druhým týmem je 13m/s (tedy více než čtyřikrát horší), pohyb obou těchto těles je natolik výrazný, že ho mohli snadno zaznamenat i oni.

Superplanety

Objevy se zatím váží na největší planety. Marcy s Butlerem tomu říkají „vybírání hrozinek“. Jednou však dojde k tomu, že budou všechny tyto hrozinky vybrány. Následným druhým krokem ve



výzkumu se stane hledání planet Jupiterovy velikosti v obdobné vzdálenosti, v jaké tato planeta obíhá Slunce. Tyto planety jsou mnohem obtížnější zachytitelné. Nejenže budí menší pohyb své hvězdy, ale i jejich oběh trvá déle. Pro potvrzení objevu nové planety je vhodné mít zaznamenány alespoň dva oběhy, což může prodloužit dobu výzkumu jednoho systému třeba i na více než deset let. Marcyho i Mayorův tým mají indicie, že jsou některé z hvězd, které pozorovali, obíhány planetami ve větších vzdálenostech. Protějšky Země nebude možné ještě nějakou dobu pozorovat. Avšak Butler se zmiňuje, že na každou velkou planetu pravděpodobně připadá řada menších.

Jedna z hlavních otázek, kterou si astronomové položili po objevu nových planet, je, jestli jsou naše teorie formování slunečních soustav správné. Nejvíce zářející jsou uzavřené oběžné dráhy gigantických planet. Tato skutečnost vede k myšlence, že vznik soustav může být mnohem pestřejší, než se teoretikové dosud domnívali. Marcy se o této skutečnosti vyjadřuje: „Naše teorie formování planet je přinejlepším v adolescentním věku.“ Avšak teoretici oponují tím, že je otázkou jestli nové systémy můžeme považovat za dostatečně reprezentativní. Jeden teoretik z Carnegie Institute Alan Boss se domnívá, že uzavřené dráhy velkých planet mohou poukazovat na to, že tento typ těles zkrátka občas migruje z vnějších do vnitřních oblastí soustavy.

Dalším problémem je velká hmotnost 70VirB a HD114762.. Spekulacím, že se jedná spíše o hnědého trpaslíka, přilévá do ohně výstředná dráha těchto těles. Butler s Marcyem však naopak mluví o tom, že se může jednat o zcela nový typ objektu - superplanety.

Vyhledky

Vývoj astronomické techniky jde stále dopředu. V průběhu příštího desetiletí budou možná už některé otázky spojené s mimoslunečními planetami zodpovězeny. Dokonce by mohlo být v blízké budoucnosti možné pořídit snímky těchto objektů novou infračervenou kamerou umístěnou na HST v roce 1997. Můžeme nahlédnout i do trošku vzdálenější budoucnosti. Administrátor NASA Daniel Goldin doufá v uskutečnění projektu gigantického vesmírného teleskopu, kterým by bylo možné získat snímky s rozlišením jednotlivých kontinentů a oce-

ánů na vzdálených, Zemi podobných planetách.

Zatím nám však nezbyvá než čekat na

Podle *Astronomy* April 1996, *Sky&Telescope* May 1996 a informací Lickovy observatoře na INTERNETU zpracoval Václav Procházka.

Ostravský demonstrátorský seminář (10. - 12. května 1996)

Počátkem května tohoto roku se na Hvězdárně v Ostravě - Porubě konal další ročník demonstrátorského semináře, který je již tradičně pořádán Sdružením hvězdáren a planetáří pro zvýšení kvality demonstrování a provozu na našich hvězdárnách.

Hned první večer si účastníci semináře mohli prohlédnout hvězdárnu a její zařízení. Prohlídka byla velmi kvalitní a pozitivně lze hodnotit i to, že organizátoři se nebáli ukázat účastníkům také „intimnější“ části hvězdárny, jako například klubovnu spolupracovníků. Poté jsme v planetáriu, které je součástí hvězdárny, shlédli vynikající pásmo věnované kometám. Název „Komety očima staletí“ byl skutečně velmi přiléhavý a provedení formou dialogu přispělo k lepšímu zapamatování a uvědomění si faktů v pásmu zmiňovaných. A navíc, ačkoliv je pásmo určeno skutečně nejširší veřejnosti, si jistě i mnohý z účastníků doplnil své znalosti o historii výzkumu těchto zajímavých a pozorovatelsky velmi vděčných těles.

Program druhého dne semináře zahájila přednáška profesora Hubáčka, která byla věnována mluvním dovednostem. Byla velmi zajímavá, samozřejmě výborně přednesená a rozproudila i rozsáhlou diskusi. Jedinou vadu na kráse lze spatřit v tom, že se přednášející v některých okamžicích poněkud vzdálil praxi a věnoval se spíše teoretickým stránkám problému. Nicméně vzhledem kvalitě a způsobu přednesení to lze panu profesoru snadno odpustit.

Dalším bodem programu byla přednáška „Pozorování Slunce a Měsíce“ mgr. Jaroslava Soumara z pražské hvězdárny. Byla pojata poněkud netradičním způsobem, přednášející se snažil spíše vyvolat diskusi na dané téma než pouze pohovořit o problému. To se mu také podařilo, nicméně na příspěvcích ostatních účastníků bylo znát, že si své příspěvky nemohli připravit předem. Proto by patrně nebylo nevhodné vyzvat několik dalších odborníků na dané téma, aby si předem připravili krátké diskusní přis-

pevky, a dát tak této části programu poněkud jinou, zajímavější tvář. Je také třeba objektivně připomenout, že na přednášce se podepsalo více než půlroční zpoždění v jejím přednesení, které se projevilo hlavně neplynulostí a jistou neuspořádaností výkladu.

Přestávku mezi dvěma částmi programu tvořil oběd, na který dodnes mnozí účastníci nemohou zapomenout. Přesněji řečeno, nemohou zapomenout na jeho neexistenci. Problém však nebyl zaviněn organizátory semináře a byl vyřešen vyplněním zásob bufetu umístěného na hvězdárně.

Po skončení přednášky mgr. Soumara převzala štafetu dr. Philippová, která nás stručně seznámila s problematikou ovládnutí hlasu a správné výslovnosti. Ačkoliv nás jistě seznámila s mnoha zajímavými a nám dosud neznámými poznatky, nemohli si posluchači nepovšimnout jistě přehuštnosti a neuspořádanosti celého proslovu. Ale ačkoliv její vystoupení nedosáhlo kvalit srovnatelné přednášky prof. Hubáčka, jistě bylo pro demonstrátory přínosem. Jako zpestření také zaujalo akrobatické vystoupení dr. Hollana z brněnské hvězdárny.

Přednášku doc. Stuchlíka lze pokládat za jednoznačný úspěch a vyvrcholení semináře. Ačkoliv se poněkud odchýlil od programem vytyčeného tématu, dokázal všechny posluchače zaujmout svým proslovem a zajímavostí přednesených informací. O tom svědčí také to, že i přes náročný předcházející společenský večer jen málokterý z posluchačů usnul. Lze jen doufat, že na příštím semináři (bude-li nějaký) dostane možnost svou přednášku dokončit.

Celkově lze seminář považovat za velmi zdařilý a úspěšný. Byl organizátory velmi dobře zvládnut a jeho odborná stránka byla též na výši. Zvláště lze pochválit organizaci společenského večera, který byl jednoznačným úspěchem organizátorů. Bude-li se konat další podobná akce, mělo by sdružení porušit tradici a uspořádat ji opět v Ostravě.

Martin Reháč