

PERSEUS



Věstník Sekce proměnných hvězd a exoplanet ČAS

Ročník 19

2/2009



OD NAŠEHO ZAHRANIČNÍHO ZPRAVODAJE:
LARGE BINOCULAR TELESCOPE

Čtenářům:

To readers:

Vážení čtenáři,

toto číslo Persea je věnováno víceméně dvojhvězdám. Cílem následujících článků je upoutat pozornost na zajímavé systémy, které vyžadují dlouhodobé sledování. První článek se věnuje zákrytovým dvojhvězdám typu W UMa s krátkoperiodickými magnetickými cykly, což může být jedním z vysvětlení změn v O-C diagramech. Druhý článek je z pera našeho zahraničního zpravodaje Ondřeje Pejchy o jeho činnosti u Large Binocular Telescope. 19. dubna 2009 se sešel výbor Sekce proměnných hvězd a exoplanet v Jihlavě. Co se projednávalo se dočtete na dalších třech stranách. Další část věstníku se vrací k tématu zajímavých dvojhvězd. Je připraven na základě poznatků ze Žní objevů Jiřího Grygara a doplněn obrázky O-C diagramů k jednotlivým případům. Poslední článek se věnuje práci S. Ručínského a kol. a pozorování kontaktních dvojhvězd a přímou detekcí třetích složek pomocí dalekohledu s adaptivní optikou.

Přeji Vám trpělivost při vyčkávání delších podzimních nocí

Ladislav Šmelcer

PERSEUS



**časopis pro pozorovatele
proměnných hvězd**

Vydává Sekce proměnných hvězd a exoplanet České astronomické společnosti

Na přední a zadní stránce jsou snímky Large Binocular Telescope (viz článek Ondřeje Pejchy).

Obrázek je převzat ze stránek <http://lbtwww.arcetri.astro.it/>. Snímky v článku jsou z vlastního archivu autora.

obsah

Nepřímý důkaz krátkoperiodických magnetických cyklů u hvězd typu W UMa	4
<i>Ladislav Šmelcer</i>	
Pozorování s Large Binocular Telescope	16
<i>Ondřej Pejcha</i>	
Zápis z jednání výboru Sekce proměnných hvězd a exoplanet	19
Žně objevů a zajímavé zákrytové dvojhvězdy	21
<i>Jiří Grygar</i>	
Kontaktní dvojhvězdy s další složkouhledání pomocí adaptivní optiky	30

Nepřímý důkaz krátkoperiodických magnetických cyklů u hvězd typu W UMa.

Analýza period pěti kontaktních systémů.

L. Šmelcer dle práce T. Borkovits a kol. (arXiv:astro-ph/0507228)

K překladu článku a jeho předložení jeho zkrácené verze pro čtenáře Persea mě vedl zájem o některé zákrytové dvojhvězdy, které jsem dříve zařadil do svého pozorovacího programu. V literatuře postupně dohledávám nové informace a teoretická řešení systémů, které vykazují nějaké zvláštnosti. V následujícím textu je uvedena pětice dvojhvězd, které vykazují jak dlouhodobé, tak krátkodobé změny v O-C diagramu. Pro ostatní pozorovatele budiž tento text i případným návodem, kam upřít svoji pozornost.

První část článku je věnována teoretickému popisu, co může způsobit změny v O-C diagramu, v další části jsou podrobně popsány studované dvojhvězdy a odkazy na další podobné případy. Úplné znění práce naleznete na výše uvedeném odkazu.

Abstract:

Complex period variations of five W UMa type binaries (AB And, OO Aql, DK Cyg, V566 Oph, U Peg) were investigated by analyzing their O–C diagrams, and several common features were found. Four of the five systems show secular period variations at a constant rate on the order of $|\dot{P}_{\text{sec}}/P| \sim 10^{-7} \text{ yr}^{-1}$. In the case of AB And, OO Aql, and U Peg a highamplitude, nearly one-century long quasi-sinusoidal pattern was also found. It might be explained as light-time effect, or by some magnetic phenomena, although the mathematical, and consequently the physical, parameters of these fits are very problematic, as the obtained periods are very close to the length of the total data range. The most interesting feature of the studied O–C diagrams is a low amplitude ($\sim 2 - 4 \times 10^{-3} \text{ d}$) modulation with a period around 18–20 yr in four of the five cases. This phenomenon might be indirect evidence of some magnetic cycle in late-type overcontact binaries as an analog to the observed activity cycles in RS CVn systems.

Úvod

V této práci byl studován soubor dat pěti zákrytových hvězd typu W UMa (AB And, OO Aql, DK Cyg, V 566 Oph a U Peg), jejichž základní data jsou uvedena v tabulce 1. Při analýze O-C diagra-

mů těchto hvězd byly nalezeny společné rysy. Čtyři z pěti systémů vykazují dlouhodobé změny periody konstantní rychlostí $|\dot{P}_{\text{sec}}/P| \sim 10^{-7}$ / rok. V případě AB And, OO Aql a U Peg pozorujeme

téměř jedno století dlouhou změnu s velkou amplitudou s téměř sinusovým profilem. To je možné vysvětlit přítomností třetího tělesa (LITE) nebo vlivem změn magnetického pole. Nicméně matematický popis a fyzikální interpretace jsou velmi problematické, neboť získané periody jsou velmi blízké celkové délce pozorování. Nejzajímavějším rysem ve studovaných O-C diagramech je přítomnost modulace s malou amplitudou ($2-4 \times 10^{-3}$ d) s periodou kolem 18-20 let ve čtyřech z pěti případů. Tento jev by mohl být nepřímým důkazem nějakého magnetického cyklu dotykové dvojhvězdy pozdního typu, který je analogický s pozorovaným cyklem aktivity u hvězd typu RS CVn.

Těchto pět zkoumaných dvojhvězd má rozmezí efektivních povrchových teplot od $T_{\text{eff}} = 7400$ do $T_{\text{eff}} = 5400$. U hvězd s nižšími teplotami se objevuje konvektivní zóna. Zkoumáním O-C diagramů se u čtyř případů odhalily periodické změny, které se vyskytují na škále změn dlouhodobějších.

Name	Sp	P	T	M_1	M_2	R_1	R_2	T_1	T_2	A
		d		$M_{\odot}$	$M_{\odot}$	$R_{\odot}$	$R_{\odot}$	K	K	$R_{\odot}$
AB And	G5IV ^o	0.33	W	0.60	1.04	0.78	1.03	5450	5798	2.37
OO Aql	G5V	0.51	A	1.04	0.88	1.39	1.29	5700	5560	3.33
DK Cyg	A6V	0.47	A	1.74	0.53	1.71	0.99	7351	7200	3.34
V566 Oph	F4V	0.41	A	1.56	0.41	1.51	0.86	6700	6618	2.91
U Peg	G2V	0.37	W	1.15	0.38	1.22	0.74	5860	5785	2.52

Tabulka 1: Hlavní parametry zkoumaných hvězd. Spektrální typy byla převzata z databáze SIMBAD.

Table 1. Main parameters of the investigated stars. The spectral types are taken from SIMBAD Database2.

Dlouhodobé změny

Čtyři z pěti O-C křivek svědčí o dlouhodobé změně orbitální periody, která se mění konstantní rychlostí v celém období pozorování. Jedinou výjimkou je hvězda OO Aql, kde jedna nebo dvě skokové změny periody mohly toto chování zakrýt. Obvyklým vysvětlením tohoto druhu změn je výměna hmoty v systému. Za předpokladu konstantní celkové hmotnosti i zachování celkového úhlového momentu byla spočtena rychlost výměny hmoty mezi složkami. Spolu s rychlostí dlouhodobých změn je uvedena v tabulce 2.

Dlouhodobé cycklické změny

Ve třech případech byly určeny hodnoty dlouhodobých změn (přibližně 62, 75 a 85 let), které by mohly být vysvětleny tzv. light-time efektem neboli přítomností třetího tělesa. Uvedené hodnoty periody a řešení pomocí LITE je nutné považovat za předběžné. Pro zjištění skutečné podstaty změn bude třeba ještě další důkladná analýza. Zvláště je třeba zdůraznit, že uvedené periody odpovídají celkové délce pozorovacích řad a rozlišení různých efektů v analýze je nejisté.

Krátkodobé variace - projevy cyklů magnetické aktivity ?

Je zajímavé, že 4 z našich 5 systémů vykazují malé amplitudy cycklických změn s velmi podobnými

Name	$\dot{P}_{\text{sec}}/P$	$ m $	P_{mod}	A_{mod}
	$\times 10^{-7} \text{ (y}^{-1}\text{)}$	$\times 10^{-7} \text{ (M}_{\odot} \text{ y}^{-1}\text{)}$	(d)	(d)
AB And	2.65	1.25	6 695	0.0020
OO Aql	—	—	7 467	0.0036
DK Cyg	1.93	0.49	—	—
V566 Oph	6.76	1.25	7 250	0.0035
U Peg	−1.88	0.36	6 544	0.0016

Tabulka 2. Hodnoty periodických variací pro zkoumané hvězdy.
Table 2. Derived parameters from the period variations

periodami (viz sloupce 4-5 v tabulce 2). Jedinou výjimkou je DK Cyg, nejteplejší hvězda z celé skupiny, se složkami spektrální třídy A8, zatímco další čtyři jsou pozdních spektrálních tříd F0 - G5. Tyto modulační periody jsou v rozsahu 6500 - 7500 dne (18 - 20 let) a jsou v podstatě shodné s pozorovanými periodami u hvězd s magnetickou aktivitou. Na rozdíl od dlouhodobých cyklů, kde pozorování nepokrývají ani celý jeden cyklus, v případě kratších variací se podařilo pokrýt pozorováními 2 - 4 cykly.

Překvapující podobnost změn orbitálních period u těchto více méně podobných systémů naznačuje určitou podobnost jejich vzniku, který by mohl být vysvětlitelný běžným fyzikálním mechanismem. Lanza a Rodono (1999) objevili vztah mezi orbitální periodou dvojhvězdy a cyklem magnetické aktivity za předpokladu synchronizace mezi orbitálním pohybem a rotací hvězd

$$\log P_{\text{mod}} [\text{yr}] = 0.018 - 0.36(\pm 0.10) \log \frac{2\pi}{P_{\text{orb}}} [\text{sec}].$$

Pro studované hvězdy tento vztah udává hodnoty $P_{\text{mod}} \approx 7\,900, 9\,200, 8\,500$ a $8\,200$ dní, což jsou hodnoty velmi blízké magnetickému cyklu Slunce. Vypočtené hodnoty řádově odpovídají pozorovaným hodnotám příslušných hvězd. To ještě více podporuje naši domněnku, že cykly magnetické aktivity by mohly vysvětlit pozorované krátkodobé změny orbitální periody. Awadalla a kol. (2004) informovali o podobné periodicitě P_{mod} kolem 6500 dní v O-C grafu u dvojhvězdy typu W UMa AK Her pozdního spektrálního typu F8.

Rychlost variací periody může být snadno vyjádřena vztahem (viz. Applegate, 1992) jako

$$\frac{\Delta P}{P} = 2\pi \frac{A_{\text{O-C}}}{P_{\text{mod}}}$$

kde $\Delta P/P$ je relativní změna periody, $A_{\text{O-C}}$ je poloviční amplituda změn hodnot O-C a P_{mod} je délka cyklu magnetické aktivity. V případě AB And, kdy je $P_{\text{mod}} = 6700$ dní a $A = 0,002$ dne, dostaneme $\Delta P/P = 1.9 \times 10^{-6} \text{ d/d}$. Změna gravitačního kvadrupólového momentu je vyjádřena vztahem (Applegate 1992)

$$\Delta Q = -\frac{1}{9}MR^2(R/a)^{-2}\frac{\Delta P}{P}$$

kde M je hmotnost aktivní hvězdy, R je poloměr aktivní hvězdy, $a = 2A$ je vzdálenost mezi složkami, A je velká poloosa, přičemž u kontaktní dvojhvězdy je dráha kruhová. Výpočet parametrů primární a sekundární složky (viz tabulka 1) dává hodnoty $\Delta Q_1 = 4.02 \times 10^{42} \text{ kg m}^2$ a $\Delta Q_2 = 6.97 \times 10^{42} \text{ kg m}^2$. Tyto hodnoty odpovídají typickým hodnotám v aktivních dvojhvězdách (Lanza a Rodono, 1999). Další zkoumané dvojhvězdy mají podobným absolutní rozměry a stejné výpočty tak dávají i pro ně fyzikálně realistické výsledky.

Nicméně, musíme zdůraznit, že v nedávné studii Qian (2003) nenašel jasný důkaz změn period na desetileté časové škále pro podobné systémy. Byly zkoumány změny periody u pěti kontaktních dvojhvězd (GW Cep (G3), VY Cet (G5V), V700 Cyg (G2V), EM Lac (G8V), AW Vir (G0V)) a nalezeny pouze dlouhodobé změny. Pouze u dvou hvězd byly nalezeny kratší variace - VY Cet ($P_3 = 7.3$ let) a V700 Cyg ($P_3 = 39.8$ let). Je zajímavé, že 40 % z těchto hvězd spektrálního typu G má cyklické změny periody, přestože se očekával jejich výskyt ve všech případech.. Ačkoliv vzorky zkoumaných hvězd v obou pracích jsou malé, nereprezentativní, měl by být tento rozpor prozkoumán. Naše vysvětlení je následující. O-C diagramy tří zbývajících soustav (GW Cep, EM Lac a AW Vir) mají málo bodů a velké mezery mezi daty, protože byly v minulosti pozorovány jen zřídka. Současná data stačí jen na detekci sekulárních změn periody, i když se použijí všechna dostupná minima. Mezery v datech a pozorování s velkým rozptylem (vizuální a fotografická) pak neumožňují zjistit projevy kratších periodických dějů.

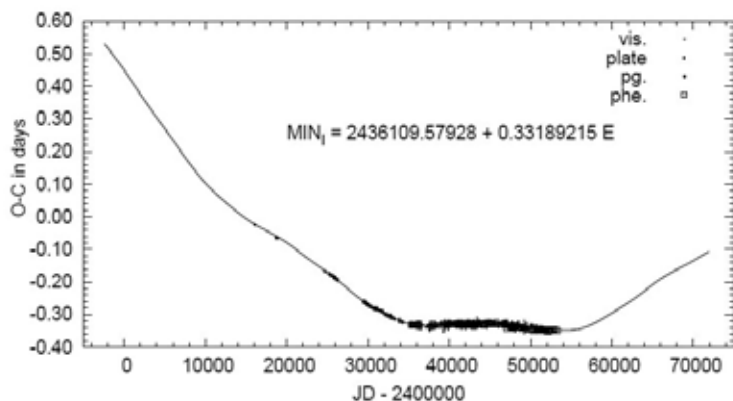
Jak již bylo uvedeno, krátkoperiodické variace periody v O-C diagramech byly nalezeny u hvězd pozdějších spektrálních tříd než F0, zatímco u ranější hvězdy DK Cyg nebyl tento projev zaznamenán. Takové chování je dost podobné tomu, které je pozorováno u algolid typu RS CVn (Hall 1989), kde magnetická aktivita byla zjištěna u systémů spektrální tříd pozdějších než F5. Teorie magnetického dynamu jsou založeny na přítomnosti konvektivní oblasti ve vnější obálce hvězdy. Jelikož se konvektivní zóna objevuje u méně hmotných hvězd hlavní posloupnosti a chladnějších hvězd, je zřejmé, že takový typ vztahu představuje triviální podmínku. Je však také zřejmé, že přesné hranice mezi magneticky aktivními hvězdami s konvektivními obálkami a neaktivními hvězdami bez nich se mohou lišit. Ačkoliv náš vzorek zkoumaných hvězd není systematický, ukazuje na existenci hranice kolem spektrální třídy F0.

AB Andromedae

Tato dvojhvězda podtřídy W je pozorována od doby jejího objevu před 80 lety. Komplexní analýza fotometrických dat získaných v letech 1968 až 1995 byla nedávno publikována v práci Djurašević a kol. (2000), kteří tvrdí, že zjištěné variace světelné křivky mohou být vysvětleny skvrnami na povrchu složek. Detailní studie periody byly uvedeny v posledním desetiletí v dalších dvou pracích (Kalimeris a kol., 1994 a Borkovits a Hegedus, 1996). Přestože byly použity rozdílné metody, obě práce odhalily kombinaci sekulárních a cyklických změn periody s periodou blízkou celkové délce pozorování.

Analyzovaná O-C data nyní pokrývají 37 181 dnů (HJD 2 416 103- 2 453 284) (viz obr. 1). Fotografická a fotoelektrická data dobře pokrývala celý interval (kromě počátečních 6000 dnů), vizuální data byla vyřazena. Při řešení bylo využito váhované metody nejmenších čtverců (MNC). Po odečtení nejlepšího fitu se objevila druhá, kvazi-periodická modulace O-C s periodou $P_{\text{mod}} \approx 7000$ dní s malou amplitudou (viz obr. 2). Výpočet s pomocí MNC byl zopakován s dvěma základními frekvencemi a výsledný fit je uveden na obrázku 1. Za předpokladu, že dlouhodobé periodické změny jsou důsledkem LITE, je možné spočítat parametry příslušného třetího tělesa (viz tabulka 3). Nicméně vypočtená minimální hmotnost hypotetického třetího tělesa znamená, že pokud není degenerovaným objektem, musí produkovat tolik třetího světla, že by mělo být pozorovatelné. Nicméně žádné z dosud známých řešení světelné křivky s třetím světlem nepočítá. Na druhé straně často vyhovují obě možnosti, tedy řešení s třetím světlem i bez něj. Navíc, lze důkaz pro pohyb dvojhvězdy v trojhvězdném systému získat srovnáním rychlosti systému V0 z posledních dvou přehlídek radiálních rychlostí. Zatímco Hrivnak (1988) dostal hodnoty $V_0 = -24.6 \pm 0.9 \text{ km s}^{-1}$ v období JD 2 445 886 – 2 446 285, Pych a kol. (2004) kolem JD 2 452 500 naměřil $V_0 = -27.5 \pm 0.7 \text{ km s}^{-1}$.

Na obrázku 3 jsou vykresleny vypočítané změny radiální rychlosti systému vzhledem k hmotnému středu trojhvězdné soustavy. Naše řešení se změnou $\Delta V_0 \approx -1 \text{ km s}^{-1}$ zhruba odpovídá výše uvedenému rozdílu dvou sad měření. Jinou možností je vysvětlit cyklickou změnu pomocí magnetické aktivity.

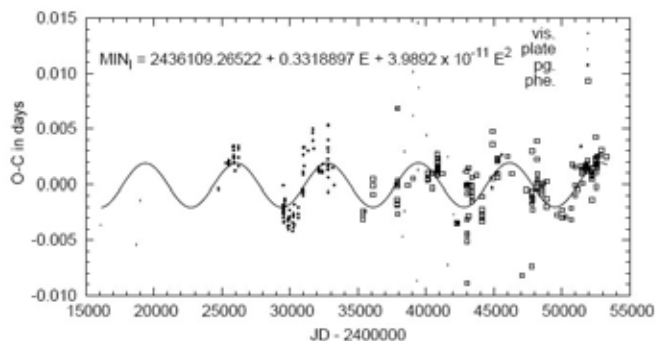
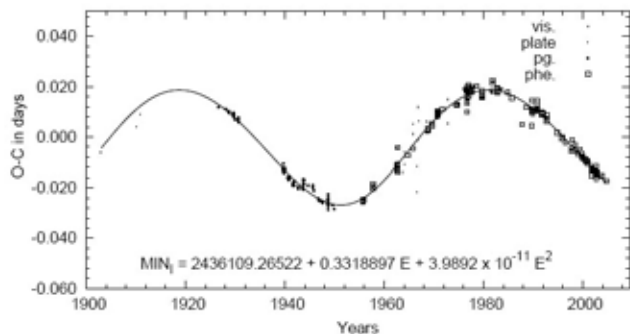


Obrázek 1. O-C diagram zákrytové dvojhvězdy AB And s lineárními efemeridami (Kholopov a kolektiv. 1998, GCVS) se současným proložením dvěma základními frekvencemi.

Fig. 1. The O-C curve of the eclipsing binary AB And, with the linear ephemeris taken from the GCVS (Kholopov et al. 1998) and the simultaneous fit with two fundamental frequencies

$\text{MIN}_1 = 2436109.265216(2) + 0.3318897(25)E + 3.99(1) \times 10^{-11} E^2$		
P'	(day)	22 742
e'		0.10(1)
ω'	(°)	315(7)
τ'	(HJD)	2 436 358(448)
$a_{12} \sin i'$	AU	3.93(4)
$f(m_3)$	$M_\odot$	0.0158(5)
K_{12}	kms^{-1}	1.90
$m_3(M_\odot)$	$i' = 90^\circ$	0.40
	$i' = 60^\circ$	0.48
	$i' = 30^\circ$	0.95

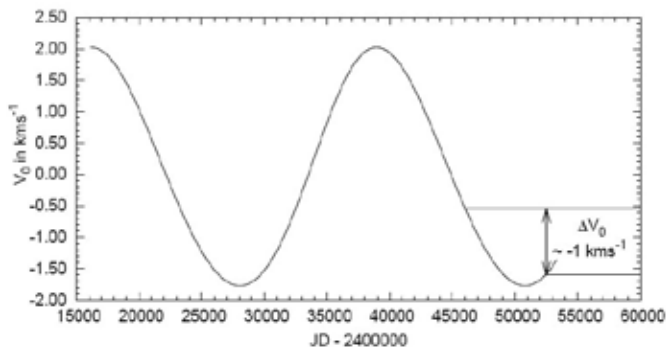
Tabulka 3. Parametry třetího tělesa u AB And
Table 3. LITE solution for AB And



Obrázek 2. Nahoře – křivka s periodou třetího tělesa $P_3 = 22\,742$ dní. Pro lepší názornost byl odstraněn parabolický trend, stejně jako kratší sinusoidální složka.

Dole – Krátkoperiodické variace $P_{\text{mod}} = 6\,695$ dní modulované v O-C diagramu pro hvězdu AB And

Fig. 2. Top: The LITE fit with the period $P = 22\,742$ days. In order to see it better we removed the parabolic term, as well as the shorter period sinusoidal component. Bottom: The short term ($P_{\text{mod}} = 6\,695$ days) modulation on the O-C curve.



Obrázek 3. Na obrázku jsou vykresleny vypočítané změny radiálních rychlostí vzhledem k hmotnému středu trojhvězdného systému. Toto řešení odpovídá naměřenému rozdílu $\Delta V_0 \approx -1 \text{ km s}^{-1}$.

Fig. 3. The calculated systemic radial velocity (V_0) variation of AB And according to the LITE solution listed in Table 3. We marked the positions of the radial velocity measurements of Hrivnak (1988) and Pych et al. (2004). See text for details.

00 Aquilae

Tuto dvojhvězdu podtypu A s vysokým poměrem hmotností objevila Hoffleitová v roce 1932. Patří k malé skupině kontaktních dvojhvězd s delší periodou, které se dostaly do kontaktní fáze z astronomického pohledu teprve nedávno (např. Hrivnak a kol., 2001). Spektroskopická studie (Hrivnak a kol., 2001) odhalila silné, v čase proměnné h a k emisní čáry Mg II. To bývá jasný důkaz chromosférické aktivity, ačkoliv autoři poukázali na to, že OO Aql je méně aktivní než jiné systémy W UMa. Nejpodrobnější studii publikovali Demircan a Gürol (1996), kteří uvádějí dva možné scénáře pro vysvětlení pozorovaných změn periody – buď skokovou změnu periody $\Delta P \approx -0.6$ s kolem roku 1963 nebo sinusoidální variace s periodou $P' \approx 90$ let, i když druhá varianta je nejasná, protože na křivce O-C je zachyceno jen jedno maximum a žádné minimum. Zmíněna je i možnost kvadratického průběhu. Nicméně u dvojhvězd v této fázi vývoje se očekává, že se poměr hmotností bude zmenšovat, což by mělo znamenat prodlužování period a to je ve zřejmém rozporu se skutečností roku 1995. Demircan a Gürol také hledali přítomnost kratších fluktuací s malou amplitudou, ale neuspěli.

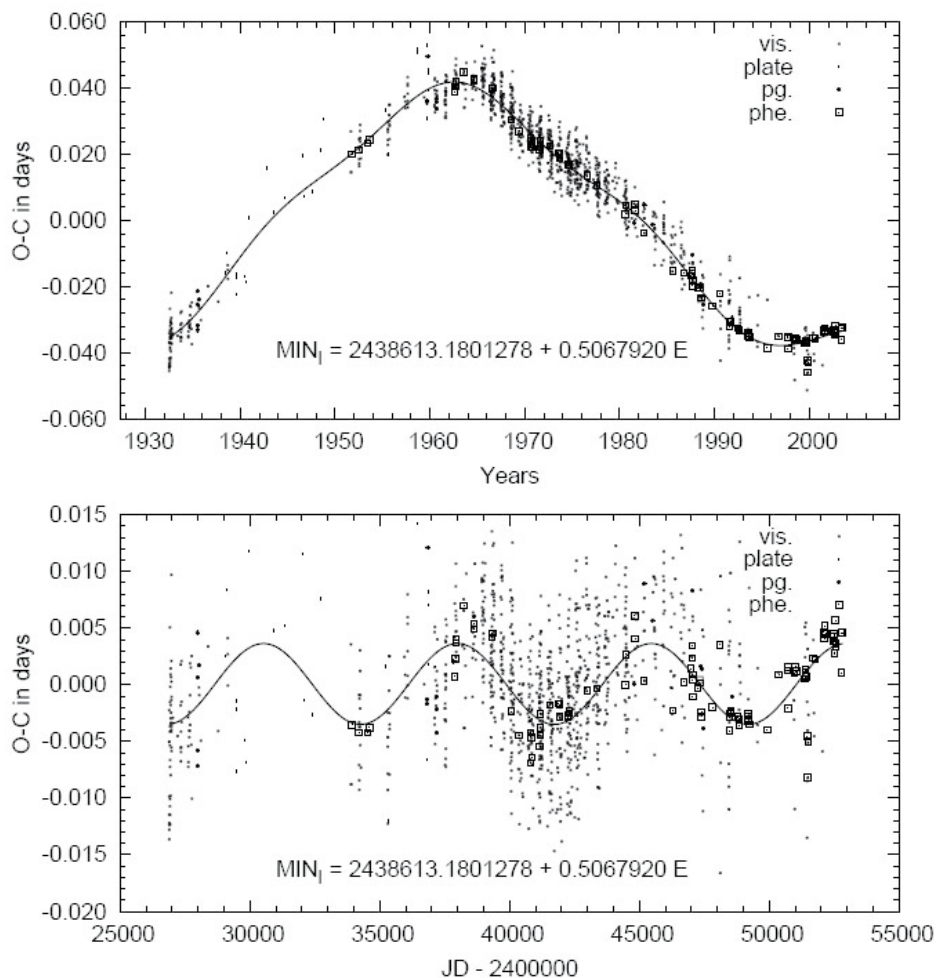
Pak ale nastala významná změna. Kolem roku 1996 se perioda soustavy také změnila (viz horní část obrázku 4). Naše data nyní pokrývají interval 25 919 dní v rozmezí od HJD 2 426 892 do 2 452 811. I když není možné vyloučit, že jde o druhou náhlou změnu periody, je zde také možnost, že sinusoidální změny velké amplitudy dosáhly minima. Opět jsme použili fit s dvěma základními periodami: první pro dlouhoperiodické sinusoidální variace a druhou pro nyní již zřetelné kratkoperiodické variace. Výsledný fit je v horní části obrázku 4, zatímco v dolní části je průběh změn O-C po odečtení dlouhodobých změn. Za předpokladu, že změny s periodou $P' \approx 75$ let jsou důsledkem přítomnosti třetího tělesa, dostaneme parametry soustavy uvedené v tabulce 3. Jak je vidět, minimální hmotnost třetí hvězdy je opět natolik velká (pokud se nejedná o degenerovaný objekt), že jeho přítomnost by se projevila fotometricky (třetím světlem) nebo spektroskopicky (spektrálními čarami). Nicméně předchozí práce dávají jasný nepřímý důkaz proti přítomnosti jakéhokoli významného třetího světla v systému; zejména bez předpokladu třetího světla je inklinace systému skoro 90° (Hrivnak, 1989; Djurašević a Erkačič, 1999). Protože třetí světlo snižuje hloubku minim jasnosti, dané hloubky mohou být za jeho přítomnosti modelovány větší inklinací než v případě bez třetího světla, a to je fyzikálně nereálné pro tuto hvězdu. Proto, je třeba hledat jiné vysvětlení, i když je 75letá perioda reálná.

$$\text{MIN}_1 = 24438613.18013(1) + 0.5067920(14)E$$

P'	(day)	27 273
e'		0.06(1)
ω'	($^\circ$)	23(13)
τ'	(HJD)	2 432 894(970)
$a_{12} \sin i'$	AU	6.56(5)
$f(m_3)$	$M_\odot$	0.05078(11)
K_{12}	kms^{-1}	2.62

Tabulka 4. Parametry třetího tělesa u 00 Aql
Table 4. LITE solution for 00 Aql

$m_3(M_\odot)$	$i' = 90^\circ$	0.70
	$i' = 60^\circ$	0.84
	$i' = 30^\circ$	1.77



Obrázek 4. O-C diagram pro zákrytovou dvojhvězdu 00 Aql s vypočtenou lineární eferidou pro dvě základní frekvence (horní obrázek) a pro krátkoperiodické variace po odečtení dlouhodobých změn (dolní obrázek).

Fig. 4. The O-C curve of the eclipsing binary 00 Aql with the calculated linear epheris and the simultaneous fit with two fundamental frequencies (above), and the smaller period fluctuations after the subtraction of the longer period curve.

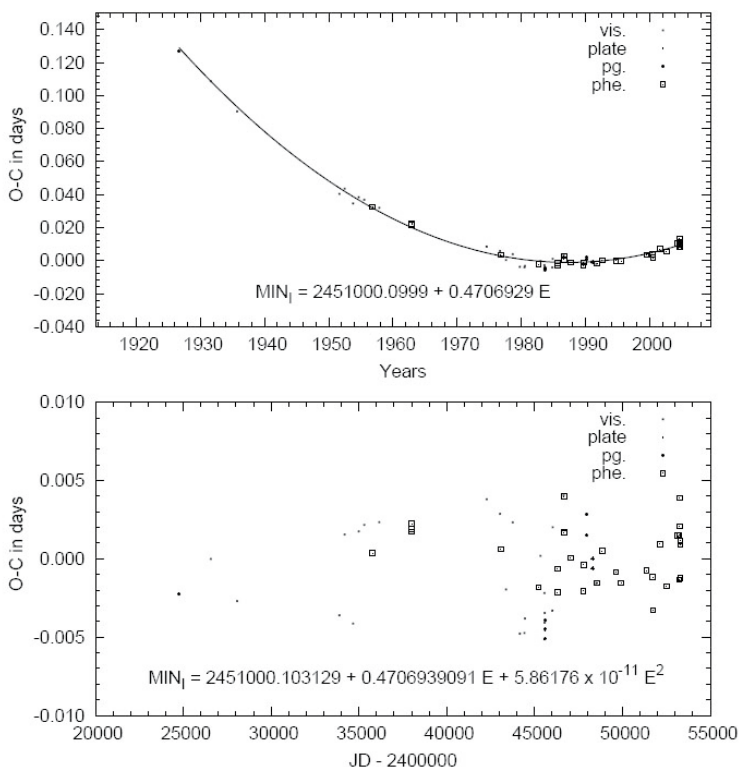
DK Cygni

Ačkoliv byl objev této dvojhvězdy typu A oznámen ve stejné práci jako výše uvedená AB And (Guthnick a Prager, 1927) a jejich jasnosti jsou podobné, nebyla DK Cyg mezi pozorovateli tak populární. Paparó a kol. (1985) zjistili u systému pokračující prodlužování periody, které potvrdili Wolf a kol. (2000). V literatuře nebyla nalezena žádná zmínka o skvrnové aktivitě této dvojhvězdy.

Analyzovaná minima pokrývají interval 28 542 dní (HJD 2 424 760 - 2 453 302). Pro váhovanou MNČ opět nebyla použita vizuální minima. Byly spočteny kvadratické světelné elementy (viz obrázek 5)

$$\min I = 2\,451\,000.1031 + 0.470693909E + 5.862 \times 10^{-11}E^2,$$

kteří jsou v dobré shodě s předchozími výsledky. I přesto je zajímavé provádět analýzu O-C diagramu každých 5-10 let s novými daty. Za prvé proto, že nemusí být kvůli mezerám v datech zřejmé, zda jde o náhlou změnu periody nebo o spojitou změnu. Ale více či méně průběžné monitorování by mohlo brzy odhalit, zda se děje něco zajímavého a mohlo by vést pozorovatele (v dnešní době i zkušenější amatérské CCD pozorovatele), aby systém pozorovali častěji. Druhým důvodem je (pokud se vrátíme k tomuto konkrétnímu systému) stálost změny periody přinejmenším v posledních 80 letech. Zpravidla bývají změny O-C kontaktní soustav komplexnější, ale tady žádné další rysy nenajdeme, a to si zasluhuje vysvětlení.



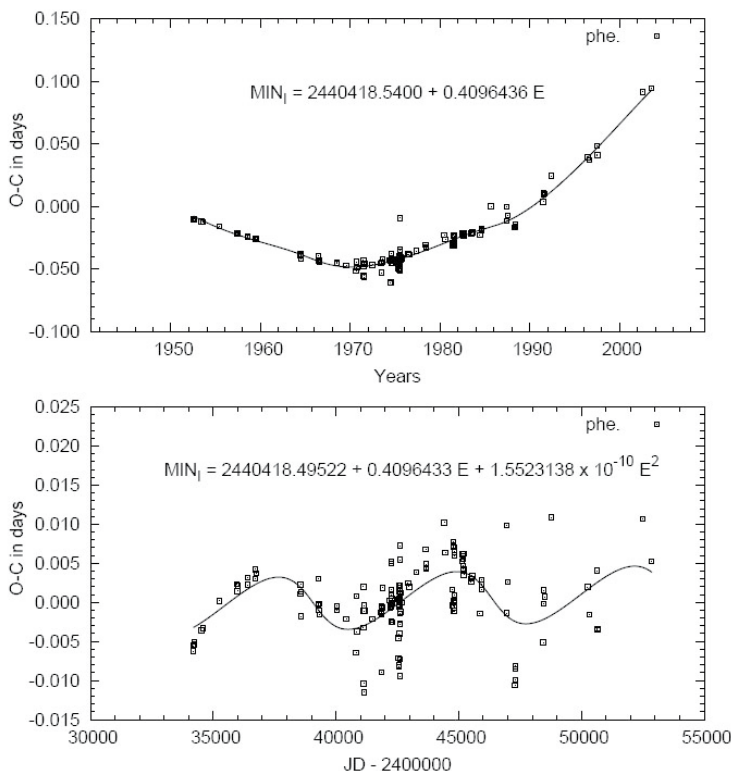
Obrázek 5. O-C diagram zákrutové dvojhvězdy DK Cyg s lineární efemeridou převzatou z práce Kiss a kol. (1999) (nahore) a rezidua křivky po odečtení parabolického trendu (dole).

Fig. 5. The O-C curve of the eclipsing binary DK Cyg, with the linear ephemeris taken from Kiss et al. (1999) (above), and the residual curve after subtracting the parabola.

V556 Oph

Tuto kontaktní dvojhvězdu typu A objevil v roce 1935 Hoffmeister. Zatímco prvních 60 let je poměrně dost pozorovacích dat, totéž se nedá říct o poslední dekádu. V556 Oph měla v minulosti stálou světelnou křivku a konstantní periodu (Bookmyer, 1976; Eaton, 2001). Po roce 1983 se hloubka minim zvětšila (Lafta a Grainger 1985). Tento jev nebyl zatím objasněn a vyžaduje další studium. Vzhledem k těmto změnám světelné křivky, se jedná o dost aktivní dvojhvězdu.

Poslední periodovou analýzu prováděl Qian (2001), který nejprve proložil daty metodou nejmenších čtverců parabolou a po odečtení tohoto fitu získal jasnou sinusovou křivku s amplitudou 0,0037 dne a periodou 20,4 roku. Tyto změny interpretoval přítomností třetího tělesa. V naší analýze jsou použiti opět simultánního fitování a samozřejmě jsme měli k dispozici i nová minima z intervalu HJD 2 434 179 – 2 452 854. Nicméně za posledních 7 let (k roku 2005) jsme našli v literatuře jen dvě minima. Z analýzy byla vyřazena vizuální pozorování, protože zkoumaný interval byl dobře pokryt fotoelektrickými minimy. Výsledky analýzy jsou znázorněny na obrázku 6, parametry případného třetího tělesa jsou popsány v tabulce 5. Naše výsledky jsou ve shodě s prací Qiana (2001). Přestože uvádíme jako řešení krátkodobých změn přítomnost třetího tělesa (viz parametry v tabulce 5), možný magnetický původ změn je také uvažován.



Obrázek 6. O-C diagram zákrytové dvojhvězdy V556 Oph s lineárními světelnými elementy (Kholopov a kol., 1998, GCVS) (nahore) a LITE po odečtení parabolického trendu proložený nejlepším Fourierovým fitem.

Fig. 6. The O-C curve of the eclipsing binary V556 Oph, with the linear ephemeris taken from the GCVS (Kholopov et al. 1998) (above), and the LITE fit on the parabola-subtracted curve. The quadratic and Fourier-fits were carried out simultaneously.

$$\text{MIN}_I = 2440418.49522(7) + 0.4096433(22)E + 1.55(11) \times 10^{-10} E^2$$

P'	(day)	7 250
e'		0.31(8)
ω'	(°)	180(14)
τ'	(HJD)	2 453 590(267)
$a_{12} \sin i'$	AU	0.63(5)
$f(m_3)$	$M_\odot$	0.00065(13)
K_{12}	kms^{-1}	1.00

Tabulka 5. Parametry třetího tělesa u V566 Oph
Table 5. LITE solution for V566 Oph

$m_3(M_\odot)$	$i' = 90^\circ$	0.14
	$i' = 60^\circ$	0.17
	$i' = 30^\circ$	0.30

U Pegasi

Tato zákrytová dvojhvězda typu W UMa podskupiny W byla objevena již více než před sto lety (Chandler, 1895). V nedávné studii Djuraševiče a kol. (2001) byly zkoumány dlouhodobé fotometrické variace v letech 1950 – 1989. Komplexní změny světelné křivky vysvětlují skvrnovou aktivitou chladné složky. Pozdější studie Pribully a Vaňka (2002) se věnuje analýze dat O-C v letech 1894 až 2001. Vysvětlují stoleté zmenšování periody konzervativním přenosem hmoty z hmotnější složky na méně hmotnou. Navíc našli krátkodobé variace s malou amplitudou ($P_{\text{mod}} = 18.8 \pm 3.9$ let). Podobné chování popsali ve své práci Zhai a kol. (1984).

$$\text{MIN}_I = 2436511.6698(5) + 0.3747809(5)E - 3.61(10) \times 10^{-11} E^2$$

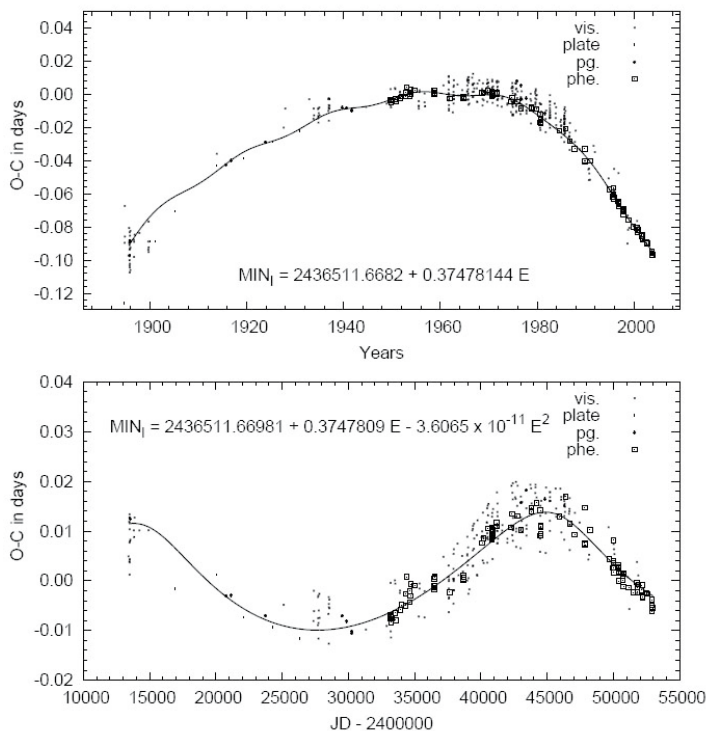
P'	(day)	31 059
e'		0.38(5)
ω'	(°)	112(9)
τ'	(HJD)	2 445 935(569)
$a_{g12} \sin i'$	AU	1.96(13)
$f(m_3)$	$M_\odot$	0.00105(20)
K_{12}	kms^{-1}	0.74

Tabulka 6. Parametry třetího tělesa u U Peg
Table 6. LITE solution for U Peg

$m_3(M_\odot)$	$i' = 90^\circ$	0.14
	$i' = 60^\circ$	0.17
	$i' = 30^\circ$	0.30

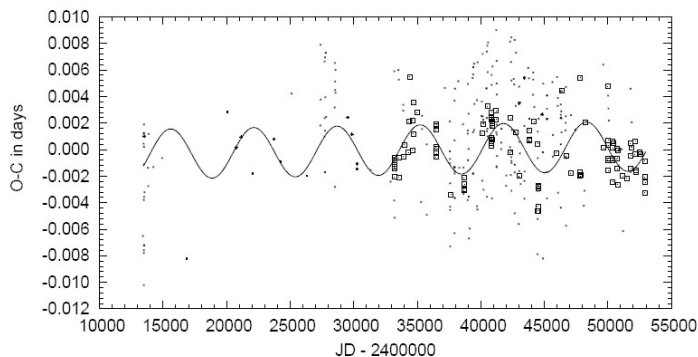
Náša data pokrývají období 39 856 dní mezi HJD 2 413 094 (1894) a 2 452 950 (2003) (viz horní část obrázku 7). Po analýze provedené podobným způsobem jako u AB And jsme dospěli k následujícím dvěma periodám: $P_1 \approx 31\,059$ dnů a $P_2 \approx 6\,544$ dny. Je-li za pozorovanou první periodu odpovědný LITE, jsou parametry třetí složky soustavy uvedeny v tabulce 6. Druhá perioda odpovídá hodnotám uvedených v předchozích pracích. Zajímavější však je, že P_2 je velmi podobná délce modulací u předchozích hvězd. Nicméně v tomto případě je otázkou, zda jde o reálné změny periody. Jak je vidět

na obrázku 8, je celková amplituda „změn“ pouze 0,003 dne, a tedy menší než rozptyl fotoelektrických minim. Tento rozptyl je pro dvojhvězdy typu W UMa běžný. Je způsoben proměnným tvarem světelné křivky v důsledku skvrnové aktivity (viz Kalimeris, 2002). Můžeme se domnívat, že taková periodičita, zvláště mezi roky 1960-1980 je jen výsledkem malého počtu fotoelektrických měření. Ale to, že podobné periodicity byly nalezeny i v jiným případech znamená, že může jít o reálný jev.



Obrázek 7. O-C diagram zákrytové dvojhvězdy U Peg s lineárními elementy (Kholopov a kol., 1998, GCVS) (nahore) a LITE po odečtení parabolického trendu proložený nejlepším Fourierovým fitem.

Fig. 7. The O-C curve of the eclipsing binary U Peg with our final solution, plotted against the linear ephemeris taken from the GCVS (Kholopov et al. 1998) (above), and the pure LITE fit on the parabola subtracted curve. The quadratic and Fourier-fits were carried out simultaneously.



Obrázek 8. Krátkoperiodický sinusoidální fit O-C diagramu pro U Peg. Pro názornost byly odečteny všechny dlouhodobé trendy.

Fig. 8. The shorter period sinusoidal fit on the O-C of U Peg. For the sake of clarity, we subtracted the parabola, as well as the longer period LITE solution, from the original curve.

Pozorování s Large Binocular Telescope

Observing with Large Binocular Telescope

Ondřej Pejcha

Abstrakt: *Vzpomínky na pět pozorovacích nocí na Large Binocular Telescope.*

Abstract: *Assorted memories on a five-night observing run at the Large Binocular Telescope.*



V březnu roku 2009 se mi naskytla možnost strávit pět nocí u Large Binocular Telescope jako jeden z pozorovatelů pro tzv. queue observing, tedy mód pozorování, při kterém se pořizují data pro různé vědecké projekty seřazené podle stupně důležitosti a potřebné kvality atmosféry (seeing, fotometrické podmínky). Před popisem vlastního pozorování nejprve připomenu parametry dalekohledu.

Large Binocular Telescope (LBT) se nachází v nadmořské výšce 3221 m n. m. na kopci Mount Graham poblíž městečka Safford v Arizoně, USA. Nejbližším větším městem s použitelným letištěm je Tucson, z něhož se

k dalekohledu dá dopravit nejlépe patřičně autem patřičně vybaveným do terénu. Doba jízdy z letiště v Tusconu činí přibližně tři hodiny, z čehož poslední hodinu tvoří serpentýnovité stoupání ze Saffordu po běžné silnici a ve finální fázi po nezpevněných cestách. Na kopci se kromě LBT nachází také teleskop VATT, Submillimeter Telescope a útočiště chráněného poddruhu everek.

Jádro teleskopu LBT tvoří dvě zrcadla o průměru 8.4 metrů umístěná na jedné altazimutální montáži. Vzdálenost mezi kraji zrcadel je asi 25m, což znamená, že velikost montáže a kopule (ač hranaté) dalekohledu je srovnatelná s plánovanými teleskopy o průměru zrcadel přes 30 metrů (např. Giant Magellan Telescope bude vybaven šesti zrcadly o průměru 8.4m). Mezi oběma zrcadly se nachází prostor, který bude v budoucnu sloužit pro různé přístroje (infračervený spektrograf a dva interferometry), který je ale v současnosti prázdný. V Gregoryho (Cassegrainově) ohniskách budou brzy instalovány dva spektrografy pro blízkou infračervenou oblast a v podzemí budovy už je připravena místnost pro optický spektrograf a polarimetr s vysokým rozlišením. Jediným plně provozuschopným přístrojem byla

v době psaní článku Large Binocular Camera (LBC), jejíž dvě inkarnace se nacházejí v primárních ohniscích. Jedna kamera je optimalizována na modrou oblast optického spektra (filtry U až R) a druhá na červenou oblast (R až Y – filtr mezi I a J). Každá kamera je tvořena čtyřmi čipy o rozměrech přibližně 2000x4600 pixelů, z nichž tři jsou uspořádány podélně vedle sebe a čtvrtý čip je otočen o 90° a umístěn nad nimi. Tato konfigurace umožňuje pokrytí korigovaného zorného pole o velikosti přibližně měsíčního úplňku s rozlišením 0.22"/pixel. Okolo vědeckých čipů se nachází dva technické čipy, které slouží pro navádění a v budoucnu pro automatickou průběžnou korekci vlnoplochy pomocí aktivní optiky. Každá kamera je dále vybavena dvěma karusely s filtry a závěrkou.

Obsluhu dalekohledu a kamery v době mého působení zajišťovali tři lidé – operátor teleskopu, jehož funkcí bylo monitorovat stav montáže, zrcadel, vnějších podmínek (déšť, vítr), vědecký pozorovatel (tedy já a profesor z Ohio State, který mě zaučoval) zodpovědný za výběr objektů, spouštění expozic a zaostřování, a tzv. support astronomer, který je k dispozici pro řešení problémů s kamerou a v případě nutnosti zprostředkovává dorozumění s operátorem teleskopu, který není vystudovaný astronom. Poslední funkci je možné vykonávat i dálkově za pomoci videokonference. Nejdříve mi nebylo jasné, proč je potřebný operátor teleskopu, když přejíždění mezi objekty může obstarat pozorovatel sám pomocí ovládacího softwaru ke kameře. Záhy jsem ale pochopil důvod – v případě problémů s teleskopem, které rozhodně nebyly nic neobvyklého, vyrazí operátor „do terénu“ zjistit další informace či rovnou problém opraví. Operátor teleskopu je vybaven trojicí 26" LCD monitorů, na jejichž několika pracovních plochách se nachází panely zobrazující provozní informace jako teplotu a tlak v chladících kapalinách, teplotní mapu zrcadel apod. V Tucsonu pak existuje kopie řídicího centra se stejnými ovládacími prvky a v podstatě možností ovládat teleskop na dálku. Tyto dvě řídicí centra jsou spojena videokonferenčními prvky, což umožňuje operativně řešit problémy s autory softwaru či hardwaru. Tato možnost byla během mého pobytu hojně využívána – kromě operátora teleskopu se na řešení problému běžně podílelo tři až pět lidí a rozhodně nikdo neměl zábrany zavolat si ve čtyři ráno zodpovědnému člověku o radu.

Samotná úloha pozorovatele by se mohla zdát jednoduchá – podle tabulky vygenerované webovým serverem vybere vhodný objekt k pozorování, spustí předem připravený dávkový příkaz a zbývá jenom vtipně konverzovat s ostatními účastníky procesu. Kromě technických problémů, které ale většinou vyřeší support astronomer, zbývá ovšem nejdůležitější úkon a to zaostření a kolimace. Moderní velká astronomická zrcadla se vyrábějí tak, že jejich tloušťka je vzhledem k průměru velmi malá a zrcadla musí být držena ve správné poloze množstvím aktuátorů, které udržují správný tvar zrcadla. Polohy aktuátorů jsou v prvním přiblížení funkcí elevace a teploty zrcadla, takže při změně jednoho nebo druhého

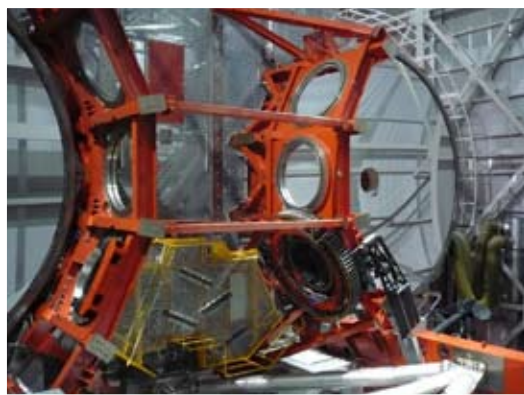


Plnění kamer kapalným dusíkem

Lze novou polohu aktuátorů přechíst z předem určené tabulky. Ve skutečnosti ale i po této korekci je tvar zrcadla signifikantně vzdálený od ideálu – například teplotní gradient na zrcadle o velikosti 0.5°C způsobí poměrně značnou chybu ve tvaru hvězd. Po každé změně polohy zrcadla nebo třiceti minutách pozorování je třeba provést znovu kolimaci a zaostření. K tomuto účelu existuje automatický skript, který pořídí snímek hvězd výrazně mimo ohnisko, kdy je dobře vidět zastínění primárním zrcadlem. Dále jsou nafitovány na tvar pupil tzv. Zernikeho polynomy (ortogonální polynomy na jednotkovém kruhu), jejichž každý člen odpovídá jiné optické vadě (rozostření, sférická aberace, dvakrát koma a dvakrát astigmatismus). Poté je vyslán takový povel aktuátorům, aby byly takto zjištěné vady odstraněny. Proces se iterativně opakuje dokud jsou zjištěny nějaké signifikantní optické vady. Problém nastane na začátku noci, kdy jsou zrcadla daleko od ideálního tvaru, nebo při špatném seeingu, kdy jsou obrazy pupil rozmazané či v případě velkých a časově proměnných teplotních gradientů na zrcadle. V takovém případě skript nedokáže zkonvergovat a je potřeba správnou hodnotu korekcí odhadnout ručně z obrazů pupil a sdělit je operátorovi, který je posléze zadá systému. Automatický skript také nefituje sférickou aberaci pátého řádu, která je často spojená právě s teplotními gradienty na zrcadle. Při ručním i automatickém zadávání korekcí se může stát, že úroveň napětí v zrcadle překročí povolenou hodnotu, zrcadlo „zpanikaří“ a vrátí se do počáteční polohy, což znamená ztrátu asi deseti minut pozorování.



Co se týče komfortu pro pozorovatele, je LBT velice dobře vybaveno. Kromě veškerého dostupného kuchyňského náčiní a venkovního grilu je k dispozici satelitní televize a množství dalších zábav (například doplňování tekutého dusíku do kamer v primárním ohnisku z vysokozdvížného vozíku přibližně patnáct metrů nad podlahou – dalekohled míří na horizont). S turistickým využitím v okolí je to o dost horší, protože kvůli útočisti veverek je zakázáno opouštět příjezdovou cestu vyznačenou žlutým špagátem. Teploty se na konci března pohybovaly přijatelně kolem nuly, pro někoho příjemnější než třicítka dole ve městě. Vzhledem k vysoké nadmořské výšce a příslušně nižším teplotám je okolí hojně porostlé jehličnany a cestou je možno spatřit i náznak vysokohorské louky. S čím jsem měl trochu problémy, byl tlak vzduchu nižší asi o 30% než u hladiny moře a nižší obsah kyslíku. První pozorovací noc jsem pocítoval příznaky „snížené inteligence“ – například překopírování trojčíslného čísla mezi dvěma okny vyžadovalo soustředěné úsilí. Asi první dva dny mě bolela hlava a většinu pobytu jsem měl problémy se spánkem, což je ale prý běžné.



LBT je soukromý teleskop, v němž drží čtvrtinu sdružení italských univerzit, německých univerzit a ústavů Maxe Plancke, University of Arizona a poslední čtvrtinu vlastní Ohio State a Research Corporation (sdružení menších amerických univerzit). Získat pozorovací čas proto nemusí být snadné, pokud není člověk zaměstnanec nebo spolupracovník jedné z uvedených institucí.

Zápis z jednání výboru Sekce proměnných hvězd a exoplanet

České astronomické společnosti, 19. 4. 2009, Jihlava

Přítomní členové výboru: Brát, Sobotka, Šmelcer, Dřevěný, Kocián, Zejda (přes Skype z Brna), Pejcha (přes Skype z USA) a revizor sekce P. Marek

Přítomní hosté: Fischerová

1) Hospodář sekce Radek Dřevěný probíral některé detaily účetnictví s tajemníkem ČASu (a místopředsedou SPHE) Petrem Sobotkou. Sekce hospodaří v kladných číslech a řádně vede účetnictví. R. Dřevěný zakoupí z prostředků sekce uzamykatelný trezor – pokladničku na hotovost sekce.

2) M. Zejda informoval o konferenci BINKEY (Binaries - Key to Comprehension of the Universe), Brno, 8. až 12. 6. 2009. Velký zájem odborníků – 150 zahraničních účastníků! Sekce bude přítomna jen formou posteru (o ETD a představení SPHE ČAS). L. Brát se nemůže zúčastnit z důvodu dovolené. Personálně zastoupí sekci M. Zejda. L. Brát připraví poster. Abstrakty dodat co nejdříve organizátorům.

3) M. Zejda informoval o připravovaném projektu archivování CCD snímků pořízených českými (a slovenskými?) pozorovateli. Technicky zajistí ÚTFA Př. Fakulty Masarykovy Univerzity a fakulta Informatiky Univerzity ve Zlíně. Sekce zajistí kontakt s pozorovateli a propagaci projektu. Z archívu by mělo být možné získat jak fotometrii každé hvězdy v poli (engine ASAS3), tak i surové snímky. L. Brát dodá statistiky počtu CCD snímků za roky 2007 a 2008 z databází BRNO, MEDÚZA a TRESKA.

4) Papírový archív protokolů BRNO a dalších materiálů sekce na Brněnské hvězdárně. L. Brát informoval o nabídkách členů sekce na skenování archívu. Přihlásili se zatím L. Moravec, M. Lehký, Š. Paschke, L. Šindelář, J. Trnka, Z. Češka, J. Mánek. M. Lehký dodal i návrh metodiky na skenování. Materiály budou do konce dubna vyzvednuty z brněnské hvězdárny (zařídí R. Dřevěný) a po krabicích rozeslány ke skenování. Metodika jak skenovat bude dopracována po zkušebním naskenování R. Dřevěným několika protokolů.

Co s papírovými protokoly po naskenování? Uložení v archívu AV ČR? Možný kontakt P. Suchan (navrhl Zejda). L. Brát rozešle ještě jednu výzvu a vyvěsí na web.

5) Nové logo Sekce PHE ČAS. Původní návrh L. Šmelcera (vypustit písmena B.R.N.O. ze znaku dvojhvězd a přidat trajektorii planety) připravil v el. formě P. Sobotka. Shoda na tomto návrhu, graficky dopracuje Sobotka a Marek i s přípravou nového razítka.

6) Projekt BRNO. L. Brát navrhuje přidat bodování astrofyzikální zajímavosti (jako bylo již v minulosti). Připraví podle O-C diagramů L. Šmelcer. Astrofyzikální atraktivita se bude zobrazovat barevně v předpovědích. O. Pejcha navrhuje zajímavé kategorie zákrytových dvojhvězd – málo hmotné a hodně hmotné zákrytovky. Low-mass binaries – zajímavé z důvodu studia hvězdné stavby, highmass binaries – zajímavé z důvodu hledání možných kandidátů na SN. O. Pejcha se podívá po katalozích low-mass a high-mass systémů. L. Brát opraví chybu v předpovědích – zobrazuje se často P i S minimum v jeden čas. Bodování zanedbanosti bude upraveno tak, že bude pro primární i sekundární minima jednotné.

R. Dřevěný navrhuje přidat filtrování předpovědí podle výšky nad obzorem. Dodá L. Brát (filtr podle výšky nad obzorem i azimutem).

7) Projekt MEDÚZA. Je třeba umožnit stahování databáze MEDÚZY ve formátu DBF pro XMed-Graf. U nových pozorování došlých do databáze uvádět příjmení pozorovatele, stejně jako u ostatních projektů. Zlepšit to motivaci vizuálních pozorovatelů (Sobotka). Dodá L. Brát. P. Sobotka připraví žebříčky pozorovatelů fyzických proměnných hvězd, Zlatá, stříbrná a bronzová MEDÚZA.

8) Projekt TRESKA. Nad očekávání dobře rozjetý projekt se spoustou nových pozorování tranzitů a ohlasy a přispěvateli ze zahraničí.

9) Projekt HERO. Mnoho objektů je bohužel příliš slabých. Nízká motivace pozorovatelů a tedy i málo pozorování. L. Brát doporučuje soustředit se na pár objektů a u nich co nejhustěji pokrýt křivku. Vyhlásit kampaň na V347 Aql za účelem získání barevné BVRI křivky. Vyhlásí L. Brát

10) Fotometrie pomocí digitálních zrcadlovek Canon EOS. M. Bělík navrhuje vypracovat podrobný manuál – kuchařku pro majitele DSLR přístrojů, jak s pomocí nich dělat fotometrii proměnných hvězd. Potenciálně velký přínos v získávání nových pozorovatelů, neboť mnoho astronomů amatérů toto vybavení vlastní. L. Brát oslovil předsedu POSECu Z. Řehoře s žádostí o proměření linearity a navržení postupu konverze z RAW do FITS formátu snímků. Praktické vyzkoušení a vypracování správných postupů bude provedeno na letošním srpnovém praktiku pro pozorovatele. M. Zejda navrhuje oslovit s žádostí o radu jak zpracovávat DSLR prof. Druckmüllera, případně požádat o přednášku pro praktikum. Prověří Brát a Zejda při tvorbě programu praktika.

11) Praktikum pro pozorovatele proměnných hvězd. Termín byl stanoven na 15. až 23. 8. 2009, lokalita opět v Peci pod Sněžkou, chaty ALENA a ELIŠKA. Maximální kapacita 31 osob včetně doprovodu. V programu bude vizuální odhadování (výuka začátečníků), CCD fotometrie. Opět pozorování tranzitu exoplanety, nově fotometrie pomocí DSLR. Letos bude k dispozici „volný“ dalekohled + CCD kamera pro lidi bez vlastní techniky (Sekční set). Do přihlášky přidat bod, co by účastníci chtěli pozorovat / naučit se. Podle přihlášek pak bude upřesněn program. Přihlášky připraví Brát podle zprávy od Z. Řehoře o testu linearity DSLR.

12) Listopadová konference o výzkumu proměnných hvězd. Termín byl stanoven na víkend 27. až 29. 11. 2009. Předpokládána lokalita Praha. L. Brát projedná se S. Poddaným možnost konání akce na Petřínské hvězdárně.

13) Konference Planetární soustavy ve vesmíru, Valašské Meziříčí, říjen 2009. Sekce PHE je spoluorganizátorem. V SOC je L. Brát, v LOC L. Šmelcer. Finanční spoluúčast Sekce výbor projedná až budou známy náklady na listopadovou konferenci o výzkumu proměnných hvězd. Návrhy na přednášející: Budaj, Šidlichovský, Hrudková, Poddaný, Brát.

14) Sborník ze 40. konference o výzkumu proměnných hvězd, listopad 2008 přebírá od P. Sobotky R. Kocián.

15) Kontrola zápisu z minulého jednání (Znojmo, 5. 4. 2008). Nebyly splněny tyto úkoly, zbývá do-
dělávat:

- databáze MEDÚZY ke stažení ve formátu DBF
- opravit nefunkční link z osobního profilu pozorovatele na var.astro.cz na má pozorování v databázi MEDÚZY (prolinkovat na statistické centrum)
- TRESKA – návod na pozorování tranzitů – prolinkovat na návod od B. Garyho (EN)

- Na titulní stranu var.astro.cz dát odkaz Staňte se členy SPHE – pod Seznamte se: SPHE ČAS
- Do osobního profilu dát kolonku na zadávání svých publikací a potom zobrazovat na var.astro.cz publikace našich členů.
- Doplnit starší proběhlé akce se zápisy z konferencí
- Ve statistickém centru udělat klikatelné názvy hvězd -> světelné křivky (MEDÚZA) či O-C diagramy (BRNO)

16) R. Kocián navrhuje umožnit pozorovatelům převádět instrumentální měření na standardní formou webového formuláře (namísto současného skriptu v Perlu). V osobním profilu možnost definovat své transformační koeficienty (možno i pro více soustav). Ve formuláři import dat v diferenciálních magnitudách tak jak vylezou z muniwinu, možnost ručně vepsat barvené magnitudy srovnávek (pokud nepoužijí standardní), možnost výběru export formátu (např. formát pro DB MEDUZA).

Sepsal: L. Brát, P. Sobotka, R. Kocián

Žně objevů a zajímavé zákrytové dvojhvězdy

Jiří Grygar

Při vyhledávání zajímavých zákrytů jsem si vzpomněl na zdroj informací, který se nachází ve Žních objevů Jiřího Grygara. Je zajímavé, že některé níže popsané případy sledujeme s kolegy v rámci programu doc. Wolfa z Ondřejova. V textu je možné sledovat i vývoj názoru na některé zákrytové proměnné v průběhu let.

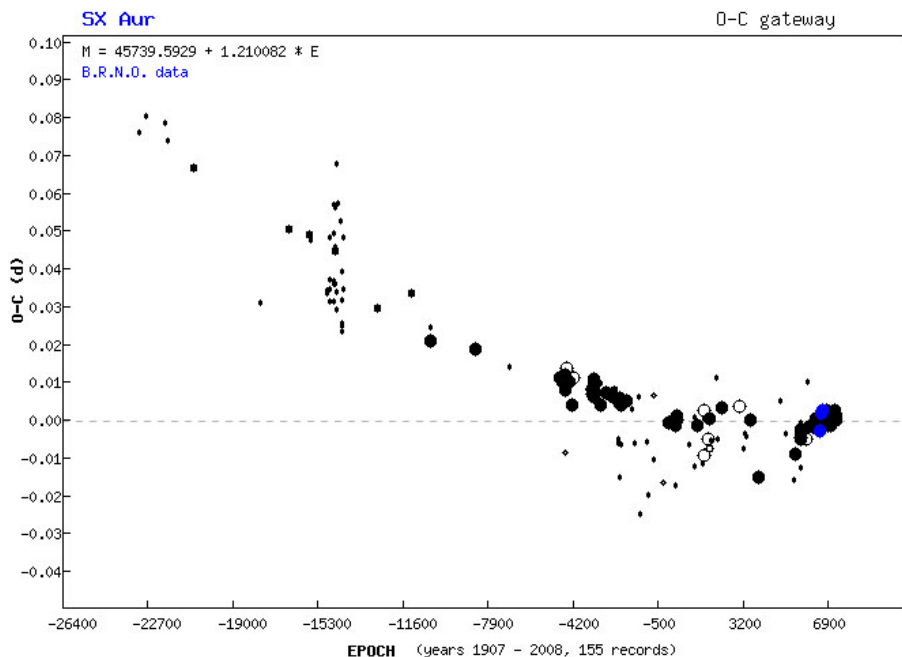
Všechny obrázky O-C diagramů byly převzaty z databáze O-C gateway <http://var.astro.cz/ocgate/> Podrobné vysvětlení vzhledu a tvarů O-C diagramů naleznete na adrese http://var.astro.cz/brno/o-c_ucebnice.html.

Text je uveřejněn se svolením autora Žní objevů Jiřího Grygara.

Žně objevů 1994

A. Linnel a I. Hubený uveřejnili program syntézy spekter pro dvojhvězdy v libovolné poloze na jejich relativní dráze, včetně období parciálních zákrytů. Přitom obě složky mohou být deformovány rotací nebo slapy a nemusí rotovat synchronně. Porovnali takto vytvořená syntetická spektra se skutečnými změnami ve spektru pro soustavu EE Pegasi s malými poruchami tvaru a dále pro dotykovou soustavu **SX Aurigae**. Souhlas teorie a pozorování je v obou případech mimořádně dobrý.

Tento pokrok interpretační techniky snad časem přispěje k objasnění dvou paradoxů, jež se týkají dotykových soustav. **Kuiperův paradox** spočívá ve známém faktu, že obě složky dotykového systému právě vyplňují příslušný Rocheův lalok, ač se jejich hmotnosti výrazně liší. **Binnendijkův paradox** se týká soustavně nižších povrchových teplot hmotnějších primárních složek dotykových soustav.

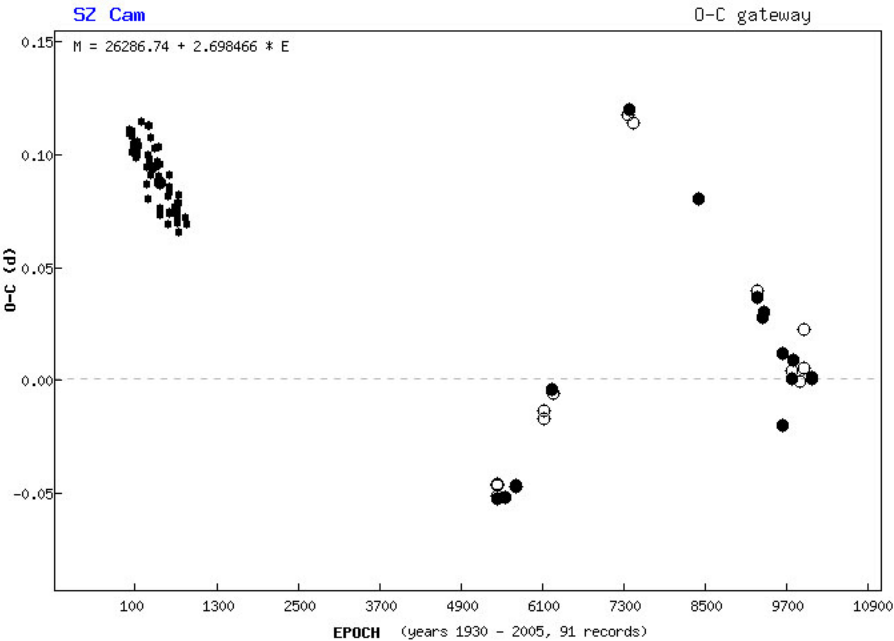
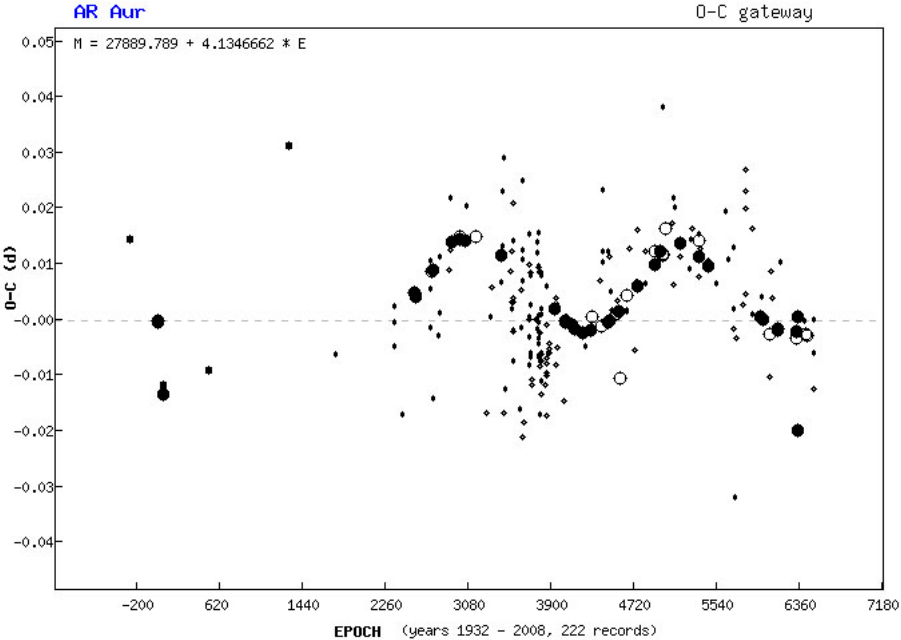


Žeň objevů 1994

B. Nordstrom a K. Johansenová určili parametry oddělené zákrytové dvojhvězdy **AR Aurigae**, skádající se z ranných složek těže spektrální třídy B0V. Primární složka o hmotnosti 2,48 Msl a poloměru 1,78 Rsl má povrchovou teplotu 10 950 K, zatímco sekundární složka má hmotnost 2,29 Msl, poloměr 1,82 Rsl a teplotu 10 350 K. Složky jeví synchronní rotaci v kruhové dráze a sekundární složka se dosud smršťuje směrem k hlavní posloupnosti. Zastoupení kovů je však stejné jako u Slunce, což znamená, že v posledních pěti miliardách let se hmota galaktického disku v okolí Slunce chemicky nezměnila.

Žeň objevů 1994

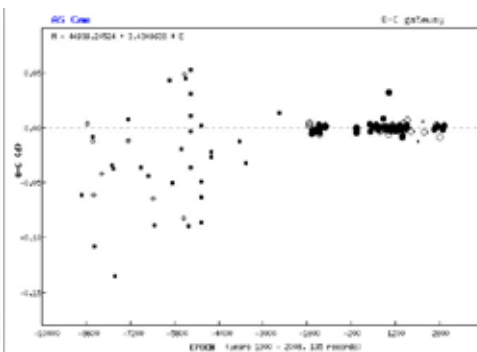
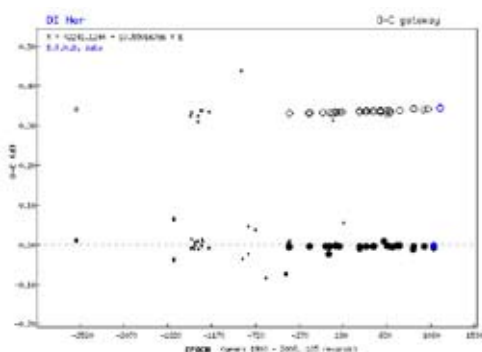
P. Mayer aj. studovali další význačný systém **SZ Camelopardalis** s velmi ranou primární složkou spektrální třídy O9,5, nacházející se v otevřené hvězdokupě NGC 1502. Jelikož oběžná perioda zákrytové dvojhvězdy je proměnná, vzniklo před časem podezření, že je rušena přítomností třetího tělesa. To



nyní autoři potvrdili, když ve spektru našli čáry, náležející hypotetické třetí složce, která kolem těsné dvojhvězdy obíhá v periodě 50,7 let. Autoři však soudí, že třetí těleso je fakticky rovněž těsnou dvojhvězdou s oběžnou periodou 2,7 dne. N. Zaika a E. Staricyn vypočetli, že primární složka **SZ Cam** začala svou existenci s hmotností 17,5 Msl, ale velkou část této hmoty již ztratila hvězdným větrem.

Žeň objevů 1995

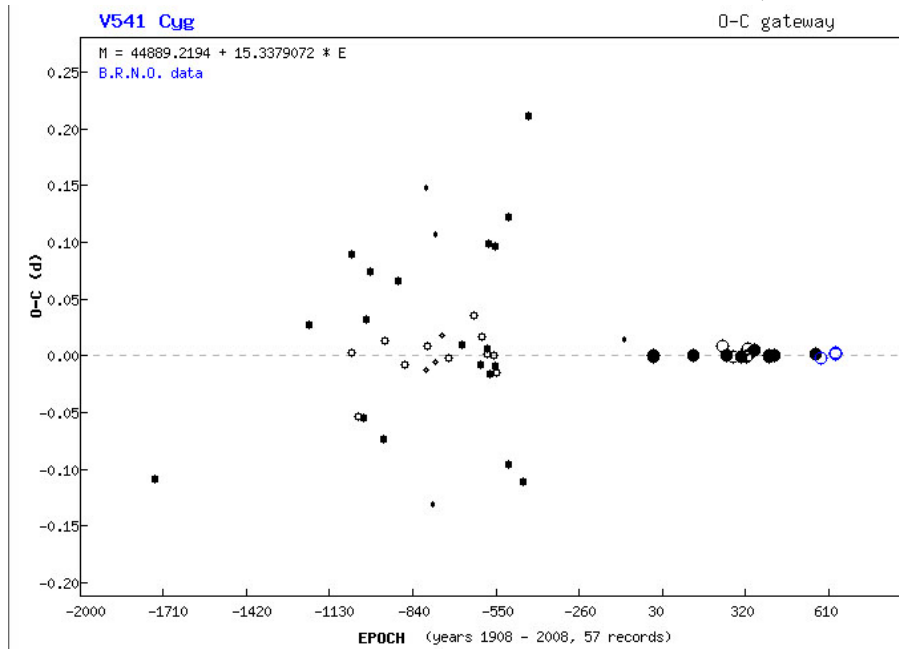
Zatímco klasické testy dávají ve sluneční soustavě vesměs vynikající souhlas teorie s pozorováním, naprosto odchylná situace vznikla při ověřování předpovědi relativistického stáčení přímky apsid v několika těsných dvojhvězdách. Podle E. Guinana je totiž u dvou těsných dvojhvězd pozorované stáčení přímky apsid výrazně menší, než dává obecná teorie relativity. Prvním zapeklitým případem je zákrytová dvojhvězda **DI Herculis**, skládající se ze dvou mladých modrých hvězd o hmotnostech 4,5 a 5,2 Msl, které obíhají po kruhové dráze o poloměru 0,2 AU v periodě 10,55 dne. Po 18 letech měření vychází roční stáčení přímky apsid pouze 0,0105deg, zatímco obecná teorie relativity předpovídá 0,0430deg, tedy čtyřnásobek pozorované hodnoty. Systém je přitom „čistý“, tj. neznáme žádné efekty, které by mohly hodnotu stáčení přímky apsid změnit. Podobně je tomu s dvojhvězdou **AS Camelopardalis**, která se skládá ze dvou kulových hvězd o hmotnosti 3,3 a 2,5 Msl. Pozorované stáčení přímky apsid dosahuje v tomto případě jen třetinu teoretické hodnoty a opět zde není žádný důvod k efektům, které by mohly výsledek tak výrazně ovlivnit. Představa, že obecná teorie relativity selhává ve vzdálenostech nad 500 pc od Země, je přirozeně hrozná a tak je téměř překvapující, jak malý ohlas mají tato pozorování mezi teoretickými fyziky.



Žeň objevů 1996

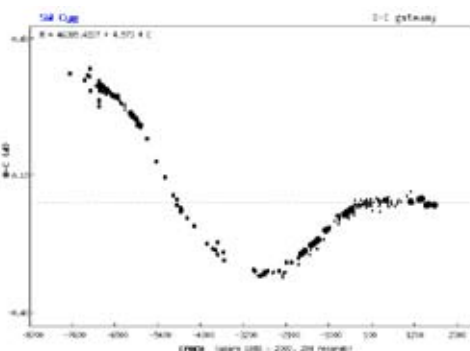
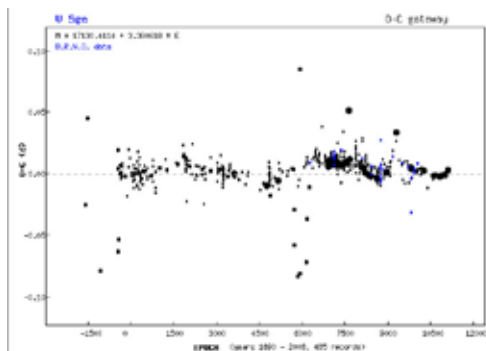
Naproti tomu stále přetrvává a ještě sílí problém ověření dalšího důsledku obecné teorie relativity, tj. *stáčení přímky apsid* (nejprve objevené u Merkuru) v těsných zákrytových dvojhvězdách. Podle J. Maleye aj. je pozorované stáčení soustavně nižší, než předvídá teorie relativity. K ověření efektu se přirozeně hodí jen dvojhvězdy, která nemají příliš mnoho postranních efektů, ale dvě z nich - **DI Her** a **AS Cam** - se prostě chovají nepřístojně, jak jsem uvedl v minulém Žni. Loni k nim přibyla třetí, **V541 Cygni**, skládající se ze dvou složek hlavní posloupnosti spektrální třídy B9, jež obíhají kolem společného těžiště v periodě 15,3 dne na dráze s velkou výstředností ($e = 0,47$). Odtud z teorie vyplývá

stáčení přímky apsid o úhel $0,82\text{deg}/100\text{ let}$, zatímco pozorování dávají jen $(0,51 \pm 0,15)\text{deg}/100\text{ let}$. Žádné kloudné vysvětlení této systematické nedostatečnosti v tuto chvíli neexistuje.



Žeň objevů 1996

G. Albright a M. Richardsová využili metody Dopplerovy tomografie k mapování akrekčních disků v algolidách TT Hya, **SW Cyg**, U CrB a **U Sge**. Ukázali, že nejstabilnější akrekční disky mají soustavy s oběžnou periodou delší než 4,5 dne. Přenos hmoty mezi složkami se děje tempem $10^{-7} - 10^{-11} M_{\odot}/\text{rok}$.



Žeň objevů 1998

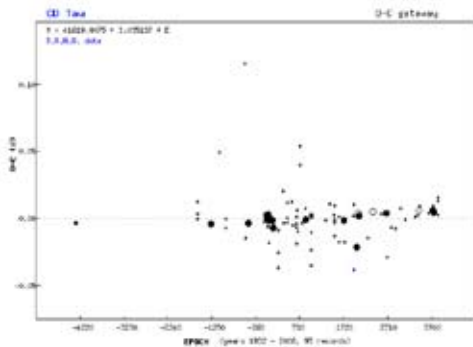
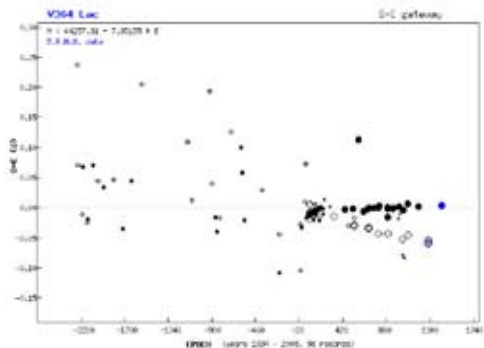
U standardních těsných zákrytových dvojhvězd bychom měli měřit **relativistické** stáčení přímky apsid, avšak souhlas teorie a pozorování je překvapivě apatný. A. Claret se zabýval tímto rozparem pro spektroskopicky dvojčárovou zákrytovou dvojhvězdu **DI Her** (O-C diagram u poznámky z roku 1995), kde pozorovaný apsidální pohyb je 4krát(!) větší, než předpověď teorie relativity. Autor však vyslovil vážné pochybnosti o kvalitě pozorovacích údajů, nebo» světelné křivky soustavy byly pořízeny různými přístroji a detektory a při oběžné době přes 10 d představuje pozorované stáčení jen desetitisícinu oběžné doby, takže systematické chyby mohou být značné. Mírný nesouhlas odhalil C. Lacy pro zákrytovou dvojhvězdu V541 Cyg (O-C diagram u poznámky z roku 1996) s oběžnou periodou 15,4 d a výstředností 0,48, když apsidální pohyb dosahuje (0,60-0,10) stupně /100 let, kdežto teorie relativity předvídá (0,89+/-0,03) stupně /100 let.

Žeň objevů 1998

T. Harries aj. se zabývali i u nás hodně studovanou zákrytovou dvojhvězdou **SZ Cam** (O-C diagram u poznámky z roku 1994) (sp O9 IV a B 0.5 V), příslušející do otevřené hvězdokupy NGC 1502, vzdálené od nás 1,05 kpc. Zákrytová dvojhvězda představuje navíc severní složku vizuální dvojhvězdy HD 25638, jejíž jižní složka je úhlově vzdálena 18arcsec. Dosavadní sporné parametry soustavy vysvětlují tím, že ve skutečnosti jde přinejmenším o trojhvězdu, jejíž třetí složka C obsahuje asi 40% hmotnosti soustavy a nejspíš je navíc sama dvojhvězdou. Hlavní složky AB obíhají kolem sebe v periodě 2,7 dne, zatímco složka C obíhá kolem těžiště AB v periodě 50,7 roku. Také R. Lorenz aj. dospěli k závěru, že **SZ Cam** je vícenásobná soustava, jejíž třetí složka by měla mít souhrnnou hmotnost kolem 25 Msl !

Žeň objevů 1999

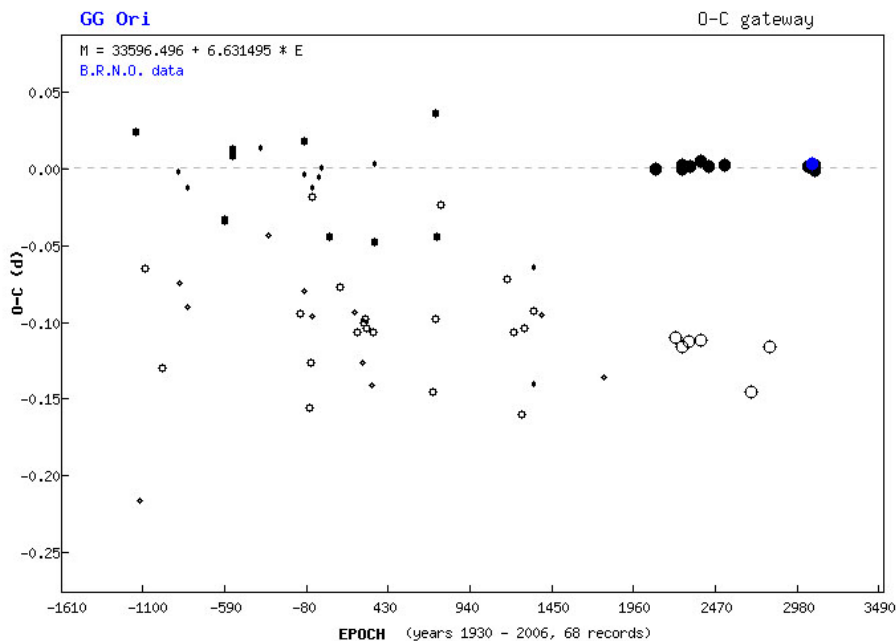
G. Torres aj. určili velmi přesné elementy zákrytové a dvoučarové *spektroskopické dvojhvězdy V364 Lac* s oběžnou periodou 7,3 d a výstředností dráhy 0,29 o stáří 620 milionů let. Rotace primární složky je vinou velké výstřednosti dráhy synchronizována s oběžnou periodou pouze v bezprostředním okolí periastra. Soustava vykazuje stáčení přímků apsid v periodě 2810 let; z toho 17% představuje příspěvek, vyplývající z obecné teorie relativity. Hmotnosti složek činí 2,33 a 2,30 Msl; jejich poloměry 3,31 a 2,98 Rsl, efektivní teploty 8250 a 8500 K. I. Ribas aj. se věnovali určování elementů oddělené



zákrytové dvojhvězdy **CD Tau** sp. třídy F6 V o hmotnostech po řadě 1,44 a 1,37 Msl; poloměrech 1,80 a 1,58 Rsl a efektivních teplotách 6,2 kK. Systém obsahuje navíc třetí složku o hmotnosti 1 Msl, poloměru 0,9 Rsl a efektivní teplotě 5250 K a je starý 2,6 mld. let.

Žeň objevů 2000

G. Torres aj. uveřejnili parametry dosud málo vyvinuté zákrytové dvojhvězdy **GG Ori** (sp. B9.5 těsně před hlavní posloupností), jež je současně dvoučárovou spektroskopickou dvojhvězdou. Obě složky mají touž hmotnost 2,34 Msl, poloměr 1,8 Rsl a efektivní teplotu 10,0 kK. Obíhají kolem sebe po eliptické dráze s výstředností $e = 0,22$ v periodě 6,6 d. Soustava vykazuje stáčení přímky apsid s periodou 10,7 kr; z toho 70% představuje relativistické stáčení ve výborné shodě s teoretickou předpovědí.

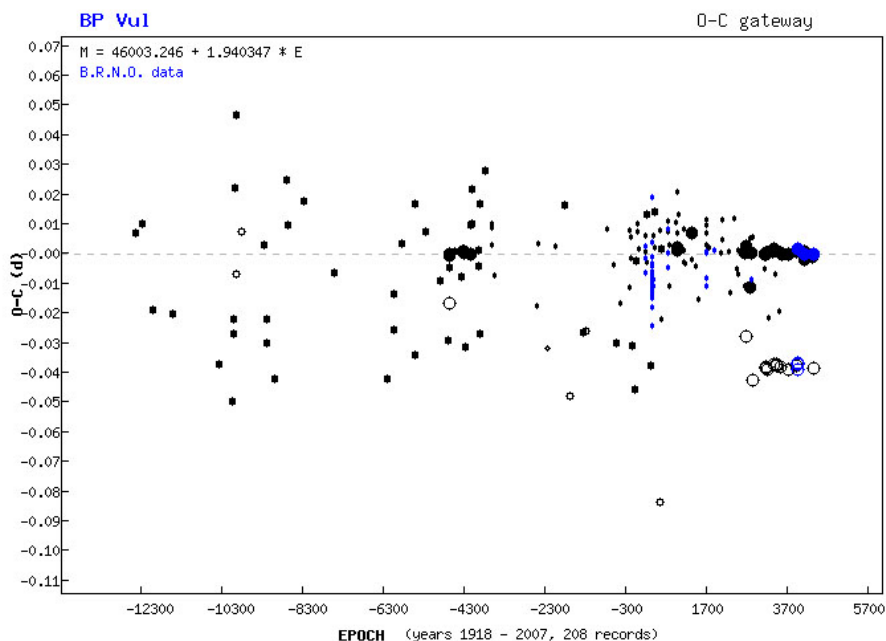


Žeň objevů 2001

P. Young aj. se zabývali problematikou velikosti apsidálního pohybu v zákrytových těsných dvojhvězdách, jež hodnoty jsou často v rozporu jak s představami o stavbě hvězd tak s obecnou teorií relativity. K měření se hodí nejlépe zákrytové soustavy, kde jsme schopni vidět spektrální čáry obou složek, což je v tuto chvíli pouze 18 dvojhvězd s hmotnostmi složek v rozsahu 1,1 - 2,6 Msl; z toho tři případy obsahují hvězdy ještě před hlavní posloupností. Odtud vyplývá, že skutečné hvězdy mají vyšší koncentraci hmoty směrem do centra, než dosavadní modely předpokládaly a dále, že v nitru jsou více než se čekalo zastoupeny těžší prvky. Když k tomu přičteme vliv rotace hvězd na stáčení přímky apsid, je odstraněn i zmíněný rozpor s obecnou relativitou.

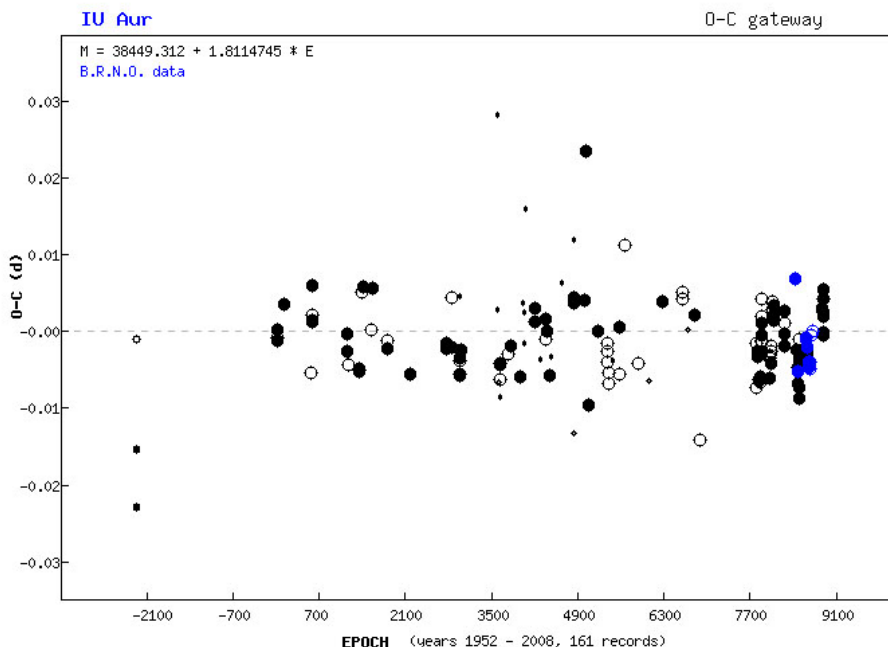
Žeň objevů 2003

Velmi přesné ($\pm 1\%$) údaje o oddělené zákrytové dvojhvězdě BP Vul (HD 352179; $V = 9,8$ mag; sp. A7m + F2m; orb. per 1,9 d; $e = 0,03$) získali C. Lacy aj. robotickým fotometrem; též díky okolnosti, že jde současně o dvoučárovou spektroskopickou dvojhvězdu. Obě složky o hmotnostech 1,74 a 14,41 Msl se nacházejí na hlavní posloupnosti ve věku 1 mld. let. Jejich efektivní teploty dosahují 7,7 a 6,8 kK a poloměry 1,85 a 1,49 Rsl. Zatímco primární složka rotuje subsynchronně, sekundární složka má synchronní rotaci. Příмка apsid se stáčí protisměrně s periodou 75 r.



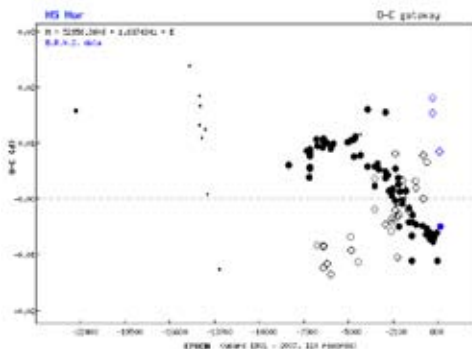
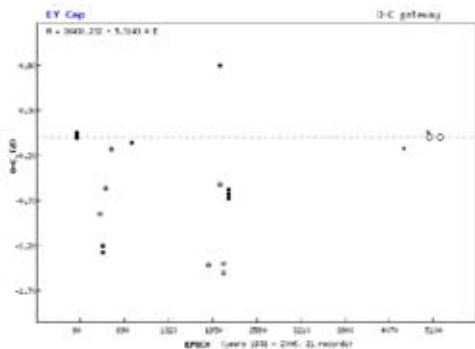
Žeň objevů 2003

S. Özdemir aj. zlepšili údaje o třetí složce rané zákrytové dvojhvězdy **IU Aur** = HD 35652 ($V = 8,2$ mag; sp. O9.5 V + BO.5 IV-V; orb. per. 1,8 d vzdálenost od Slunce 2 kpc), která dává 23% světla celé soustavy a obíhá kolem těsné dvojhvězdy v periodě 293 d. Jelikož pro tuto složku vychází neuvěřitelně vysoká hmotnost 14,2 Msl, jedná se však nejspíš o velmi těsnou dvojhvězdu. Kromě toho díky družici HIPPARCOS víme o vizuální složce IU Aur, která je od ní vzdálena 0,13 arcsec a obíhá kolem společného těžiště soustavy v periodě 430 r. To znamená, že komplex obsahuje přinejmenším 5 hvězd, které vesměs patří do hvězdné asociace Aur OB2. Zákrytovou dvojhvězdu IU Aur objevil v r. 1965 český astronom P. Mayer a od té doby přináší její sledování neustále nová překvapení, včetně sekulárních změn hloubek zatmění, precese oběžné roviny třetího tělesa a stažení uzlové přímky.



Žeň objevů 2006

Ch. a A. Chaliullinovi odvodili z tříbarevné světelné křivky parametry zákrytové dvojhvězdy **HS Herculis** ($V = 8,5$ mag; B5 V + A7; 480 pc), jejíž složky kolem sebe obíhají v periodě 1,6 d po výstředné ($e = 0,2$) dráze s velkou poloosou 7,7 mil. km a sklonem 89° . Primární složka má teplotu 15,5 kK; poloměr 2,8 Rsl a hmotnost 5,0 Msl. Teplota sekundáru činí 7,8 kK; poloměr 1,6 Rsl a hmotnost 1,6 Msl. Jejich bolometrické hvězdné velikosti dosahují -1,8 a +2,4 mag. Odtud vyplývá, že jde o velmi mladé hvězdy o stáří zhruba 17 mil. roků. C. Lacy aj. určili ze světelné křivky elementy zákrytové dvojhvězdy **EY Cephei**, která se skládá za dvou stejně hmotných mladých hvězd, jež se ocitly na hlavní posloupnosti teprve před 40 mil. let. Tím lze vysvětlit velmi vysokou výstřednost jejich oběžné dráhy $e = 0,44$ při periodě 8,0 d. Obě složky mají spektrální třídu F0, teploty 7,1 a 7,0 kK, poloměr 1,46 a 1,47 Rsl a hmotnosti 1,5 Msl.



Kontaktní dvojhvězdy s další složkou hledání pomocí adaptivní optiky

Contact binaries with additional components: A search using adaptive optics.

The Astronomical Journal, 134: 2353 - 2365, 2007 December

Slávek M. Ručinský, Theodor Pribulla a Marten H. van Kerkwijk

Abstrakt:

Pomocí Kanadsko-Francouzsko-Havajského dalekohledu s adaptivní optikou (AO) byla pozorována skupina kontaktních dvojhvězd. Cílem pozorování bylo podpořit hypotézu, že v těchto soustavách se nachází třetí hvězda. Kromě přímo pozorovaných průvodců v úhlové vzdálenosti větší než $1''$ byla použita nová metoda analýzy obrazů z adaptivní optiky difrakčních kroužků s rozlišením $0,07 - 1''$. Blízcí průvodci byly objeveni v systémech HV Aqr, OO Aql, CK Boo, XY Leo, BE Scl, and RZ Tau. Výsledky práce poskytují důkaz, že přítomnost průvodců je běžným jevem u dvojhvězd s periodou kratší než 1 den.

Abstract:

We present results of the Canada-France-Hawaii Telescope adaptive optics (AO) search for companions of a homogeneous group of contact binary stars, as a contribution to our attempts to prove the hypothesis that these binaries require a third star to become as close as observed. In addition to directly discovering companions at separations of $>1''$, we introduced a new method of AO image analysis utilizing distortions of the AO diffraction ring pattern at separations of $0,07'' - 1''$. Very close companions, with separations in the latter range, were discovered in the systems HV Aqr, OO Aql, CK Boo, XY Leo, BE Scl, and RZ Tau. More distant companions were detected in V402 Aur, AO Cam, and V2082 Cyg. Our results provide a contribution to the mounting evidence that the presence of close companions is a very common phenomenon for very close binaries with orbital periods <1 day.

Vznik blízkých dvojhvězd je ještě zahalen záhadami. Jak se například dostanou na tak krátkou vzdálenost ještě před vstupem na hlavní posloupnost. Jednou z možností je, že třetí hvězda v systému přebere část úhlového momentu a zmenší původně větší oběžnou dráhu dvojhvězdy na kratší. Pokud je tato hypotéza správná, měly by všechny těsné dvojhvězdy být doprovázeny třetí hvězdou. Je možné očekávat, že výskyt třetích hvězd bude častější než u dvojhvězd s periodou delší než 10 dní. Tokovinin a Smekhov (2002) a Tokovinin a kol. (2006) studoval četnost výskytu třetích hvězd v systému dvojhvězd s periodou 1 - 30 dní. Výsledky potvrzují předpoklad - 34% systémů s periodou 12-30 dní má třetí hvězdu, 50% systémů s periodou do 9 dní a 100% s periodou kratší než 1 den.

Tato práce je třetí v pořadí, která se věnuje tomuto tématu. První práce (Pribulla a Ručinský 2006) byla věnována sumarizaci informací o objevech třetích nebo více tělesech u kontaktních dvojhvězd. Ve

skupině hvězd jasnějších než 10 mag bylo v 59% nalezeno třetí těleso. Tento předběžný výsledek byl použit pro program adaptivní optiky. Druhá práce (D'Angelo a kol. 2006) se zabývala spektroskopickým pátráním po slabých třetích tělesech. Celkem byly reanalyzovány radiální rychlosti 80ti dvojhvězd. Výsledkem byl objev 15 trojhvězd, z nichž 11 bylo před tím neznámých. Spektroskopicky bylo možné rozlišit objekty do vzdálenosti 1,8 – 2,0“ a s maximálním rozdílem 5 magnitud (například u CK Boo je $L3/(L1 + L2) = 0.009$). Pomocí adaptivní optiky je možné pozorovat mnohem slabší a čerVENější průvodce, zejména v infračervené oblasti, ovšem ve větších vzdálenostech s dlouhou orbitální periodou (nrozdíl od hvězd studovaných spektroskopicky). Pro hvězdy do vzdálenosti 300 pc a poměrně jasných je určité nebezpečí, že blízká hvězda nepatří do systému, nicméně podle hustoty hvězdného pozadí je možné usoudit, že objekt přítomný v malé blízkosti jasné hvězdy je k ní gravitačně vázán.

Výsledky pro jednotlivé systémy:

V následujícím přehledu jsou uvedeny vlastnosti kontaktních dvojhvězd a nově objevených průvodců z tabulky 1, stejně tak některé zajímavé systémy, u kterých nebyly třetí složky objeveny. Čísla WDS jsou převzata z katalogu Washington Double Star Catalog (Mason a kol. 2001).

Name	HD (2,400,000+)	Phase	ΔV_{ϕ}	$\mu\Delta t$ (mas)	ρ (arcsec)	θ (deg)	ΔK	ΔH	M_K	M_I	Sp. Type
New Detections											
GZ And	51,019.1015	0.484	0.66	0.0	2.130(6)	33.55(7)	2.45(5)		5.99		M3 V
GZ And	51,019.1102	0.513	0.67	0.0	2.131(11)	33.51(10)		2.625(9)		6.24	M3–4
GZ And	53,660.9608	0.815	0.04	116.5	2.163(7)	29.25(13)	3.069(11)		5.99		M3 V
HV Aqr	53,660.7804	0.315	0.04	0.0	0.394(9)	12.4(8)	2.0(3)		4.3		K2–3 V
OO Aql	53,660.7339	0.835	0.16	0.0	0.510(16)	290(2)	5.1(3)		7.2		>M5 V
AH Aur	50,824.9048	0.072	0.29	0.0	3.189(4)	62.91(13)	4.3(14)		6.30		M5 V
AH Aur	50,824.9169	0.097	0.21	0.0	3.188(6)	62.98(18)		4.31(4)		6.26	M3–4 V
AH Aur	53,662.1136	0.170	0.06	154.0	3.159(4)	57.3(6)	4.74(5)		6.49		>M5 V
V402 Aur	53,661.0890	0.990	0.13	0.0	1.093(3)	47.1(3)	5.53(24)		7.00		>M5 V
V402 Aur	53,662.0200	0.533	0.12	0.0	1.093(3)	47.0(2)	5.29(3)		6.74		>M5 V
CK Boo	51,018.8040	0.351	0.08	0.0	0.124(4)	198(5)	2.8(9)		5.3		M1 V
AO Cam	53,662.0455	0.057	0.43	0.0	1.309(5)	87.87(15)	4.65(7)		7.68		>M5 V
V2082 Cyg	53,660.7223	0.927	0.06	0.0	1.049(4)	336.92(19)	3.12(4)		4.32		K2 V
V829 Her	53,661.7171	0.190	0.03	0.0	1.463(9)	344.69(22)	1.726(24)		4.07		K1 V
SW Lac	51,019.0182	0.825	0.10	0.0	1.680(1)	85.33(9)	2.554(9)		5.03		K9 V
SW Lac	51,019.0251	0.847	0.14	0.0	1.679(2)	85.36(19)		2.612(7)		5.19	K9 V
SW Lac	53,660.8173	0.004	0.84	642.3	1.680(4)	79.16(4)	1.86(3)		5.08		M0 V
XY Leo	50,825.0225	0.915	0.20	0.0	0.061(14)	91(7)	1.0(13)		4.7		K6 V
V508 Oph	51,018.9071	0.206	0.02	0.0	2.398(3)	18.85(5)	3.968(11)		6.50		>M5 V
V508 Oph	51,018.9152	0.229	0.00	0.0	2.395(3)	18.89(9)		4.275(11)		6.84	>M5 V
U Peg	51,019.0677	0.149	0.10	0.0	4.052(5)	275.38(9)	5.232(21)		7.78		>M5 V
U Peg	53,660.8890	0.206	0.02	515.0	4.076(5)	271.21(11)	5.60(5)		8.07		>M5 V
U Peg	53,661.8843	0.861	0.12	515.2	4.080(4)	271.25(11)	5.51(4)		8.09		>M5 V
CW Sge	53,660.7637	0.907	0.19	0.0	1.838(3)	60.68(17)	2.17(3)		3.51		G5 V
BE Scl	53,660.9444	0.059	0.33	0.0	0.102(19)	72(4)	1.4(7)		3.8		G8 V
BE Scl	53,661.9577	0.455	0.35	0.0	0.106(23)	74(4)	1.1(7)		3.4		G5 V
RZ Tau	50,824.8140	0.033	0.60	0.0	0.796(10)	43.76(10)	3.61(4)		6.23		M5 V
RZ Tau	50,824.8249	0.059	0.45	0.0	0.794(6)	43.7(4)		3.60(6)		6.10	M3 V
RZ Tau	51,019.1256	0.490	0.58	14.4	0.799(2)	44.02(11)	3.71(3)		6.31		>M5 V
RZ Tau	53,662.0090	0.503	0.58	210.5	0.801(4)	38.93(11)	4.29(5)		6.89		>M5 V
Confirmed Detections											
V410 Aur	53,661.0756	0.244	0.03	0.0	1.716(6)	224.59(10)	1.091(15)		3.52		K2 V
VW Cep	51,018.9527	0.326	0.06	0.0	0.254(8)	166.8(20)	1.4(2)				K4 V
CT Cet	53,661.9190	0.795	0.05	0.0	3.492(8)	206.73(8)	0.09(4)				G3 V
AK Her	51,018.8769	0.615	0.14	0.0	4.459(5)	324.37(7)	2.019(9)		4.13		K2 V
V752 Mon	53,661.1142	0.862	0.01	0.0	1.686(4)	23.89(15)	–0.50(2)				
V2388 Oph	53,661.7303	0.531	0.22	0.0	0.099(18)	31(13)	1.0(5)				F0 V
ER Ori	50,824.8540	0.197	0.03	0.0	0.178(14)	356(5)	2.0(4)				K2 V
ER Ori	53,661.1312	0.981	0.63	207.3							K2 V
V592 Per	53,661.0618	0.675		0.0	0.183(3)	207.9(14)	0.39(12)				G0:
AH Vir	50,825.1084	0.380	0.15	0.0	1.707(2)	16.50(7)	1.551(21)		3.98		K1 V

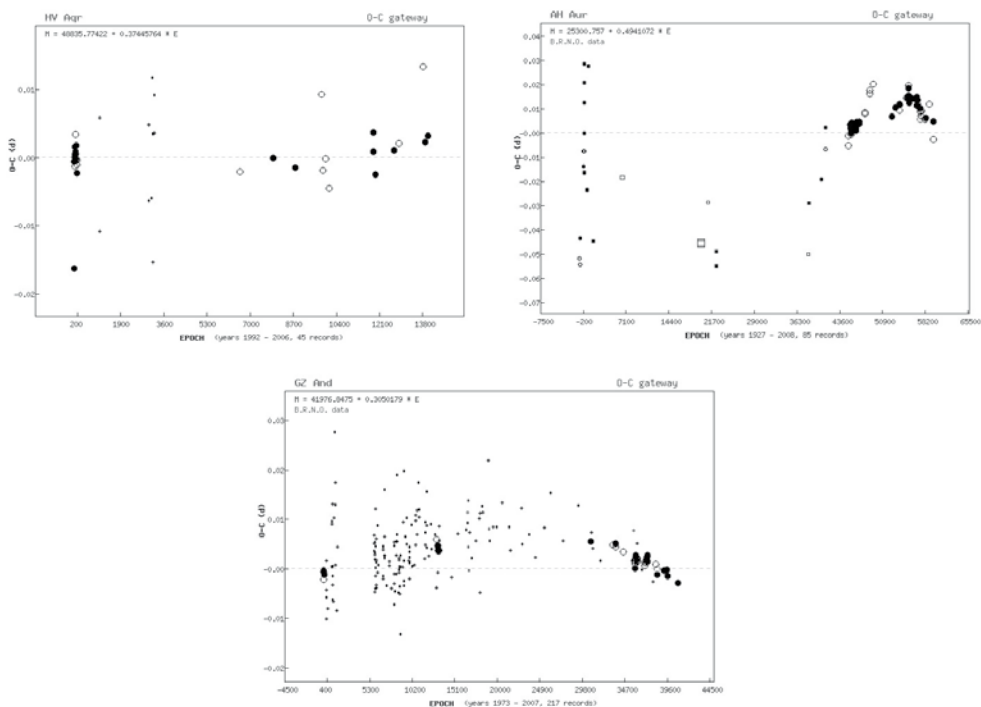
Tabulka 1: Objevení a potvrzení průvodců u kontaktních dvojhvězd během pozorovací kampaně.

Table 1: Companions of contact binaries detected or confirmed during this program

Notes. Explanation of columns: (name) variable star name in the General Catalog of Variable Stars; (HJD) Heliocentric Julian Date of the particular AO observation;

(phase) orbital phase of the binary calculated from the ephemeris given below; ($\Delta V\phi$) $V_{\text{obs}} - V_{\text{max}}$: correction required to bring themagnitude to themaximum visual brightness of the eclipsing pair for the instant of observation ; ($\mu\Delta t$) cumulative propermotion of the binary counted from the first observation (always 0 for stars observed during a single night); (ρ) angular separation of the components; (θ) position angle of the secondary (fainter) component; ($\Delta K, \Delta H$) measured magnitude differences between the visual companion and the binary (without correction for the phase of the eclipsing pair); (MK, MH) absolute magnitudes of the companion determined from the estimated absolute K and H magnitudes of the contact binary; (sp. type) estimated spectral type of the visual companion.

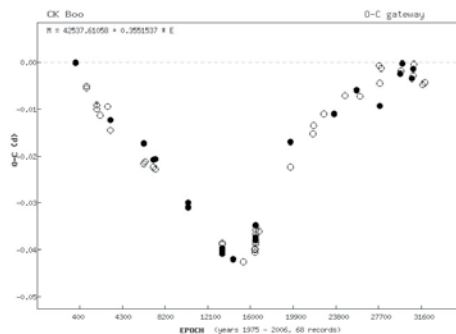
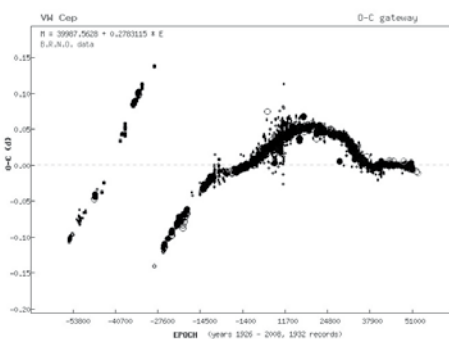
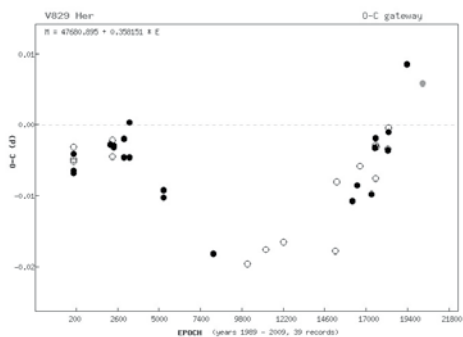
GZ And – s velkou pravděpodobností je třetí složka součástí dvojhvězdy GZ And (WDS J02122+4440). Odhadovaná hodnota MK ukazuje na objekt spektrální třídy M5 V nebo pozdější, což je podpořeno i barevným indexem $(H-K) = 0,25$, což odpovídá trpaslíku třídy M3-4.



HV Aqr – údaje o třetí hvězdě se objevují už v práci II z odhadu příspěvku záření na čáře 518,4 nm, kdy vychází $L_3/(L_1+L_2) = 0,022$ ($\Delta V = 4,14$ mag) a teplota $T_3 = 4000$ K. To odpovídá infračerveným pozorováním AO, kde vychází $\Delta K = 2,00$ mag a z toho lze odvodit spektrální typy F0 a K5.

AH Aur – ačkoliv je vizuální složka poměrně vzdálená – $3,16''$, vlastní pohyb složky nasvědčuje příslušnost ke dvojhvězdě. Pakliže by hvězda nepatřila k systému, její poloha by se mezi pozorovacími intervaly (1998 a 2005) změnila o $0,15''$, v tomto případě byla změna menší – kolem $0,02''$.

CK Boo - objev průvodce pozdního typu byl oznámen v práci II s hodnotami $(L_3/L_1+L_2) = 0,009$ ($\Delta V = 5,11$ mag) a teplota $T_3 = 3900$ K. Tyto hodnoty odpovídají trpasličí hvězdě třídy M0 V odvozené i z pozorování AO. Tento výsledek je možné považovat za velmi spolehlivý.



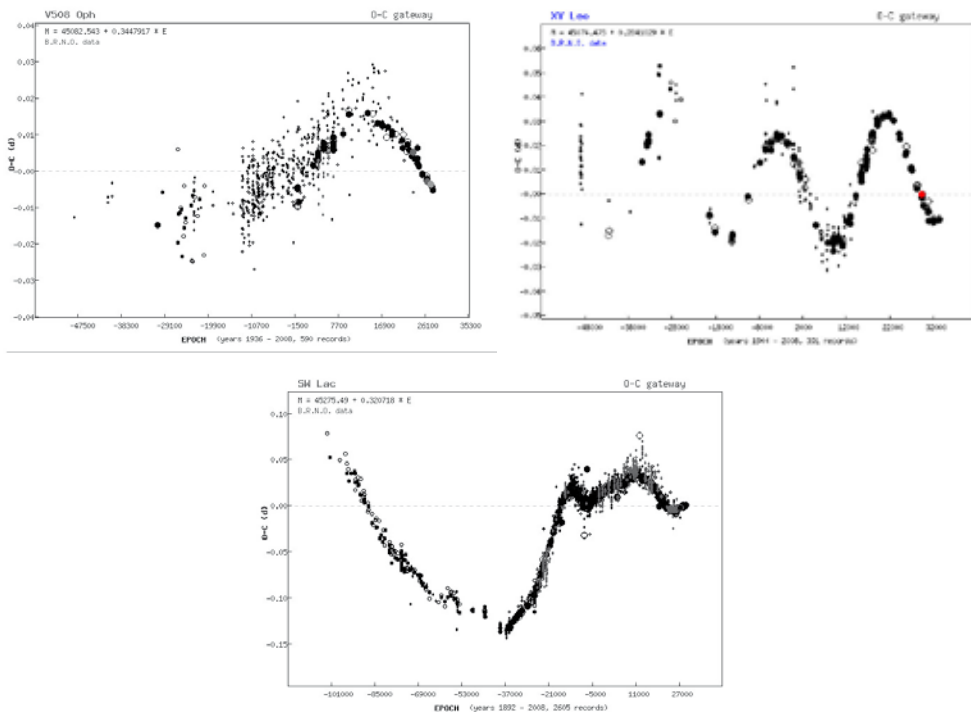
VW Cep – průvodce VW Cep (WDS J20374+7536) byl objeven Heintzem (1974). Poslední publikovaná astrometrická pozorování pochází z roku 1999 a uvádí pozici $p = 0,4''$ a $\theta = 187^\circ$. Nová pozorování udává hodny $p = 0,254''$ a $\theta = 167^\circ$, což je blíže k periastru než v lednu 1997.

V 2082 Cyg – v předchozí práci II byl popsán průvodce pozdní spektrální třídy s luminozitním příspěvkem $(L_3/L_1+L_2) = 0,02$ a teplotou $T_3 = 5100$ K. Nezávisle na tomto objevu byl průvodce předpokládán již v práci I na základě poměrně vysokého toku rentgenového záření, který nelze očekávat u samotné dvojhvězdy s mírně delší orbitální periodou $P = 0,714$ dne a spektrální třídy F0 (Pych a kol. 2004). Při $p = 1,05''$ se s největší pravděpodobností bude jednat o trojhvězdný systém. Podle vizuální a infračervené magnitudy vychází sp. tř. průvodce K2/3 V.

V 829 Her – v práci I bylo již uvažováno o mnohonásobném systému díky změřenému vlastnímu po-

hybu a vyhovujícímu řešení LITE efektu v systému. Změřená fotometrická paralaxa (Bilir 2005) má hodnotu $13,53 \pm 0,54$ mas, pak při hodnotě $a_{12} \sin i = 0,9 \pm 0,2$ AU určené z hmotnosti složky podle práce I vychází úhlová vzdálenost $0,08''$. Je tedy jasné, že LITE efekt v systému nemůže způsobit pozorované těleso ve vzdálenosti $\rho = 1,46''$. Pokud se pozorování hvězd LITE a AO potvrdí, jedná se o čtyřnásobný systém.

SW Lac – že se jedná o mnohonásobný systém naznačilo pořízení spekter, kde se objevily spektrální čáry hvězdy pozdní třídy (Hendry & Mochnacki 1998), a komplikované změny orbitální periody (Pri-bulla et al. 1999). Pozorování odhalilo poměrně vzdáleného průvodce ($1.68''$). Vazbak tomuto systému je prakticky jistá, v letech 1998 - 2005 se SW Lac posunula díky rychlému pohybu o $0,64''$, zatímco poloha průvodce se měnila na úrovni $0.01''$. Barevný index $(H-K) = 0,11-0,16$ odpovídá spektrální třídě K5-M1. Tento průvodce, navzdory velké vzdálenosti, se může projevit ve spektru systému, ale nemůže být odpovědný za pozorovaný LITE. Je možné, že v systému bude další hvězda.

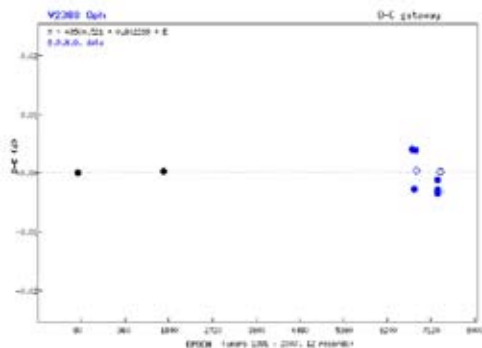


XY Leo - vícenásobná soustava byla identifikována díky efektu LITE, výklad a očekávané parametry třetího tělesa byly diskutovány v práci Gehlicha a kol. (1972). Barden (1987) identifikoval ve spektru dalšího průvodce spektrální třídy M s krátkou oběžnou dobou 0,805 dne. Jedná se o čtyřhvězdu se dvěma dvojhvězdami. Současně odhadli sklon dráhy na 90° . Z nových pozorování v kombinaci s předchozími výsledky vychází sklon dráhy na 67° a délka výstupného uzlu 22° (nebo 202°). Nej-

větší vzdálenost složek byla změřena v létě 2003 (0,17"). V roce 2013 by se mělo pozorovat druhé maximum, kdy vzdálenost složek bude 0,13". Další pozorování by měla rozhodnout o hodnotě výstupného uzlu a určení celkové hmotnosti čtyřhvězdy.

V 508 Oph - jako vícenásobný systém byla tato dvojhvězda detekována družicí Hipparcos. Odhadovaný barevný index průvodce je $(H-K) = 0,34$, to odpovídá trpaslíkovi sp. tř. M5 V a je v souladu s odvozenou absolutní magnitudou.

V 2388 Oph – (WDS J17543+1108) je známá dvojhvězda s vizuálním průvodcem s oběžnou dobou 8,92 let. Úhlová vzdálenost složek je 0,09" a tento systém je často sledován pomocí skvrnkové interferometrie. Rozdíl vizuální magnitudy složek je určen spektroskopicky a vychází $L_3/(L_1+L_2) = 0,20 (\pm 0,02)$, což odpovídá $\Delta V = 1,75 \pm 0,02$ mag (Rucinski a kol. 2002). Dvojhvězda V2388 Oph má určenou spektrální třídu F2 V a při hodnotě ΔV vychází sp. tř. průvodce G5. Tomu odpovídá i zjištěná hodnota $K = 0,8$. Podle Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars (Hartkopf et al. 2001) byla určena pozice třetí složky $\rho = 0,075''$ a $\theta = 203^\circ$, což není v souladu s novým pozorováním, které vychází $\theta = 31^\circ \pm 13^\circ$



POKRAČOVÁNÍ V ČÍSLE 3/2009...

PERSEUS - časopis pro pozorovatele proměnných hvězd

Vydává Sekce proměnných hvězd a exoplanet České astronomické společnosti

Adresa redakce:

Redakce Persea, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p.o.

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí

Tel.: (+420) 571 611 928; e-mail: lsmelcer@astrovm.cz

Výkonný redaktor:

Ladislav Šmelcer

Redakční rada:

Petr Hejduk, Ondřej Pejcha, Dr. Vojtěch Šimon, PhD.

Spolupráce:

Pavol A. Dubovský

Sazba:

Jakub Mráček (jakub.mracek@volny.cz)

Vychází 4x ročně. Ročník 19. ISSN 1213-9300. MK ČR E14652.

Číslo 2/2009 dáno do tisku 10. 6. 2009, náklad 120 kusů.



Large Binocular Telescope