

Malířova představa podoby staré známé - Míry Ceti

# PERSEUS

Věstník B.R.N.O. - sekce pozorovatelů  
proměnných hvězd ČAS



1/2005

ROČNÍK 15



FOTOMETRIA PREMENNÝCH HVIEZD V HLOHOVCI IV  
- VEL'MI MÄKKÝ RÖNTGENOVÝ ZDROJ QR AND  
VEL'MI MÄKKÉ RÖNTGENOVÉ ZDROJE  
ZÄHADA R HYDRAE  
ARNE HENDEN NOVÝM ŘEDITELEM AAVSO  
HVĚZDNÝ KOLOTOČ

PRVNÍ KROKY S PHOEBE A CO VLASTNĚ UMÍ...  
KRÁTKOPERIODICKÉ ZÄKRYTOVÉ DVOJHVĚZDY - SINUSOVÝ O-C DIAGRAM  
BL CAMELOPARDALIS: FOTOMETRICKÄ KAMPÄŇ 2005

## Členské příspěvky na rok 2005:

Sekční:

základní sazba Kč 150,-

snížená sazba (mládež, studenti, důchodci, vojáci ZS) Kč 110,-

MEDÚZA Kč 30,-

Členské příspěvky do ČAS na rok 2005:

důchodci, studenti Kč 200,-

ostatní Kč 300,-

Peníze je možné zasílat na bankovní účet sekce (173157604/0300) u ČSOB Brno. Jako variabilní symbol uvádějte své rodné číslo (nebo alespoň datum narození) a skladbu částky zašlete na email hospodáře:

neureiterova@seznam.cz

Platbu je možné rovněž poslat na adresu hospodáře:

Eva Neureiterová (dříve Šafářová)

Kampelíkova 13

602 00 Brno

Do zprávy pro příjemce je vhodné napsat skladbu platby.

PERSEUS - časopis pro pozorovatele proměnných hvězd

Vydává B.R.N.O. - sekce pozorovatelů proměnných hvězd  
České astronomické společnosti

Adresa redakce: Redakce Persea,  
Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka,  
Kraví hora 2, 616 00 Brno.

Tel.: (420) 541 321 287, e-mail: zejda@hvezdarna.cz

Výkonný redaktor: RNDr. Miloš Zejda  
Redakční rada: Petr Hejduk, Ondřej Pejcha, Jan Skalický,  
Dr. Vojtěch Šimon, PhD., RNDr. Miloš Zejda,  
Spolupráce: Pavol A. Dubovský.

## Obsah

### Contents

Fotometria proměnných hvězd v Hlohovci, .....	2
Velmi měkký rentgenový zdroj QR And <i>M. Chrastina, G. Szász, K. Petřík, L. Hric</i> Variable stars photometry at Hlohovec IV., Super soft X-ray source QR And	8
Velmi měkký rentgenový zdroj, .....	8
<i>M. Chrastina, G. Szász, K. Petřík, L. Hric</i> Supersoft X-ray sources	13
Záhada R Hydrae, <i>L. Šmelcer</i> .....	13
The Mystery of R Hydrae	17
Ame Henden novým ředitelem AAVSO, <i>O. Pejcha</i> .....	17
Ame Henden named Director of the AAVSO	18
Hvězdný kolotoč, <i>P. Sobotka</i> .....	18
Carousel of stars	19
První kroky s PHOEBE a co vlatně umí..., <i>P. Zasche</i> .....	19
First steps with program PHOEBE	24
Krátkoperiodické zákrytové dvojhvězdy se sinusovým O-C diagramem, <i>P. Molík</i> .....	24
Short period eclipsing binaries with sinus shape of O-C diagram	30
BL Camelopardalis - fotometrická kampaň říjen - prosinec 2005, <i>P. Pecharová, M. Wolf</i> .....	30
BL Camelopardalis - photometric campaign - October to December 2005	32
Došlá pozorování, <i>M. Zejda</i> .....	32
New observations	

Obrázky na obálce:

1 - Snímek soustavy Míry Ceti pořízený družicí Chandra v rentgenovském oboru spektra (viz <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap050505.html>)

2 - Hvězdný atlas a umělecká představa soustavy Míra Ceti (M. Weiss)



## Fotometria premenných hviezd v Hlohovci Veľmi mäkký röntgenový zdroj QR And.

M.Chrastina<sup>1</sup>, G. Szász<sup>1</sup>, K. Petřík<sup>2,3</sup> a L. Hric<sup>4</sup>

### Variable stars photometry at Hlohovec Super soft X-ray source QR And.

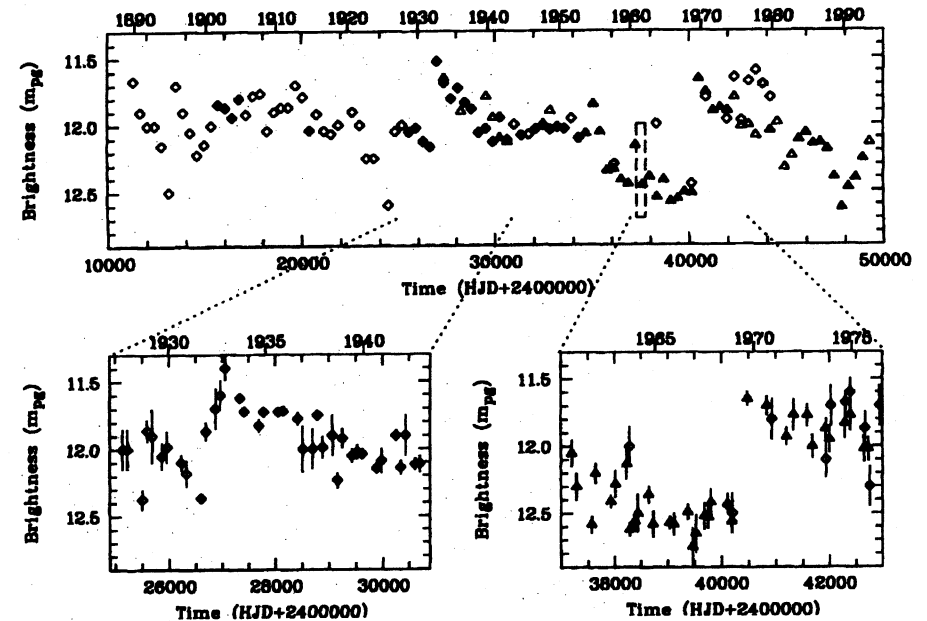
*V práci prezentujeme predbežné výsledky In this paper, we present preliminary results of štúdia veľmi mäkkého röntgenového zdroja the study of the super soft X-ray source QR And QR And (= RX J0019.8+2156) získané na (= RX J0019,8+2156) obtained at the Hlohovec Observatóriu Hlohovec. Observatory.*

Hviezda QR And bola len pred desiatimi rokmi identifikovaná ako optický náprotivok veľmi mäkkého röntgenového zdroja RX J0019.8+2156 (Beuermann a kol. 1995). Je to pritom najjasnejší známy ( $V \sim 12$  mag) a aj najbližší Galaktický veľmi mäkký röntgenový zdroj (angl. Super Soft X-ray Source, ďalej len SSXS). QR And vykazuje kvázisínusoidálnu orbitálnu moduláciu svetelnej krivky s periódou zhruba 15,85 hod (viď. Obr. 3). Táto modulácia bola potvrdená v optickom, ultrafialovom i röntgenovom spektre. Farebné indexy sú počas orbitálnej periódy konštantné, inými slovami tvar krivky sa v jednotlivých filtroch nemení.

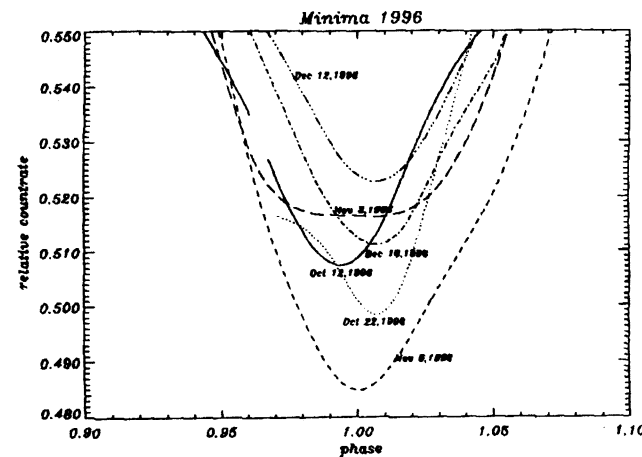
Greiner & Wenzel (1995) zostavili z archívnych fotografických platní 100 ročnú historickú svetelnú krivku (Obr.1) a ukázali, že orbitálna perióda je stabilná prinajmenšom 40 rokov. Identifikovali tieto variability (potvrdené aj v ďalších prácach):

- 1)cyklickú variáciu s periódou 15,85 hodiny a s amplitúdou zhruba 0,5 mag
- 2)kváziperiodickú "pulzáciu" každú zhruba 2 hodiny dlhú v rozsahu asi 0,1 mag
- 3)dlhodobú, zrejme neperiodickú, variáciu na časovej škále až 20 rokov s amplitúdou 1 mag
- 4)nepravidelné fluktuácie zhruba 0,5 mag na časovej škále týždňov až mesiacov

Primárne minimum je asymetrické (jav pozorovaný tiež u SSXS CAL 87) s veľmi širokými krídlami roziahnutými cez vyše polovicu fotometrickej periódy. Hĺbka minima je  $\sim 0,5$  mag a variuje v hĺbke i pozícii (Obr.2). Zaznamenané svetelné krivky sú voči sebe vertikálne posunuté a boli na nich pozorované zjasnenia a poklesy jasnosti po oboch stranách primárneho minima. Tieto znaky sa objavujú iba pri zvýšenej jasnosti systému, čo by mohlo znamenať, že QR And by mohla fyzikálne prechádzať medzi dvoma rôznymi stavmi, zapríčinenými zmenami v toku akreujúcej hmoty.



Obr. 1 Historická svetelná krivka získaná z archívnych fotografických platní. (Prevzaté z práce Greiner & Wenzel 1995) / Historical light curve obtained from archive photographic plates (see Greiner & Wenzel 1995)



Obr. 2 Primárne minima pozorované v r. 1996. Hĺbka a tvar minima variuje a jednotlivé minima sú voči sebe vertikálne aj horizontálne posunuté. (Prevzaté z práce Deufel et al. 1999) Primary minima observed in 1996. Depth and shape of the minima are vertically and horizontally mutually shifted. (see Deufel et al. 1999)



Matsumoto (1996) našiel sekundárne minimum vo fáze približne 0,55 s hĺbkou asi 0,1 mag. Minimum má široké krídla a je vysoko premenlivé od jedného cyklu k druhému, čo naznačuje, že je spôsobené zákrytmi premenlivých častí disku.

Kváziperiodické variácie ( $P \sim 1,8$  hod) naložené na zákrytovej svetelnej krivke sa pripisujú zmenám vo výške obruby disku. Iregularity na časovej škále týždňov v rozsahu  $\sim 0,15$  mag však nevykazujú žiadne farebné zmeny.

### QR And v jednotlivých spektrálnych oblastiach

Optické spektrum vykazuje silnú emisiu v čiarach He II a P Cygni absorpciu v Balmerových čiarach. Objavujú sa červeno a modro posunuté rozšírené satelitné čiary viditeľné najmä v oblasti He II, H $\alpha$ , H $\beta$ . Intenzita týchto čiar je premenlivá na časovej škále mesiacov a dokonca nie sú prítomné vždy. Ich existencia sa vysvetľuje bipolárnymi výtryskami (angl. jets), takmer kolmými na rovinu systému.

V spektre bolo detegovaných niekoľko širokých stacionárnych emisných čiar, ktoré boli identifikované ako zakázané "koróne podobné" prechody Fe X, O V a N V. Materiál emitujúci tieto čiary musí byť distribuovaný axiálne symetricky okolo barycentra sústavy. Pravdepodobne sa jedná o formujúcu sa opticky tenkú obálku alebo toroidálne distribuovaný materiál okolo binárneho systému.

Svetelná krivka v ďalekom UV sa vyznačuje veľmi rozšíreným minimom v porovnaní s optickým. Hoci zostup svetelnej krivky v tejto oblasti je veľmi podobný tvarom aj fázou tomu vo farbe V, vzostup sa oproti optickému vzostupu objaví asi o 0,2 periódy neskôr. Zjavne teda musí ísť o zákryt najhorúcejších oblastí disku. V rádiovkej oblasti na frekvenciách 8,4 ani 4,8 GHz nebola sústava detegovaná.

### CCD fotometria na Observatóriu Hlohovec

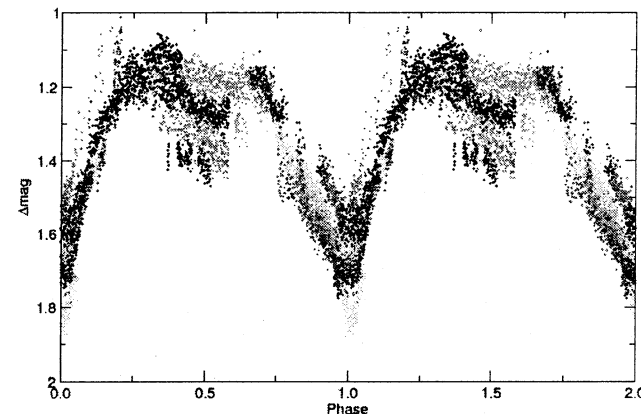
Na observatóriu v Hlohovci bola v období od 3.8. do 18.12. 2004 získavaná celonočná fotometria QR And. Pri získavaní svetelných kriviek sme používali fotokomoru Zeiss Spiegelobjektiv 5,6/1000 (Maksutov-Cassegrain) a CCD kameru SBIG ST-9XE. Celkovo bolo odpozorovaných 22 nocí a k tomu 4 noci, v ktorých boli premeriavané polia kvôli naviazaniu našich dát na medzinárodný UBV systém. Ako porovnávací hviezda bola použitá hviezda N323102395 (katalóg GSC 2.2), voči ktorej sú vzťahnuté všetky naše pozorovania QR And. Stabilitu porovnávací hviezdy sme kontrolovali dvoma kontrolnými hviezdami N323102380 a N323102390 (katalóg GSC 2.2).



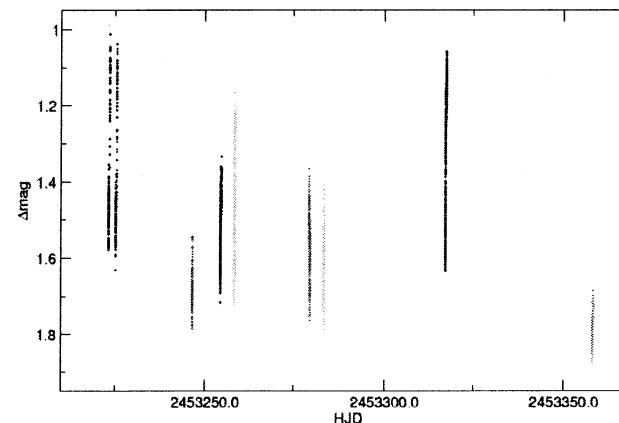
Získané dáta nám umožnili spresniť orbitálnu periódu na hodnotu:

$$P_{\text{orb}} = 0.6603207491 \text{ d}$$

S touto periódou bola zostavená fázová svetelná krivka (Obr.3), kde sa zreteľne potvrdila vysoká variabilita sekundárneho minima. Primárne minimum vykazuje variabilitu v tvare, polohe i hĺbke (Obr.3. a 4.).



**Obr. 3** Fázová krivka z 21 nocí odpozorovaných na Observatóriu v Hlohovci. Phase curve from 21 nights observed at Hlohovec Observatory.

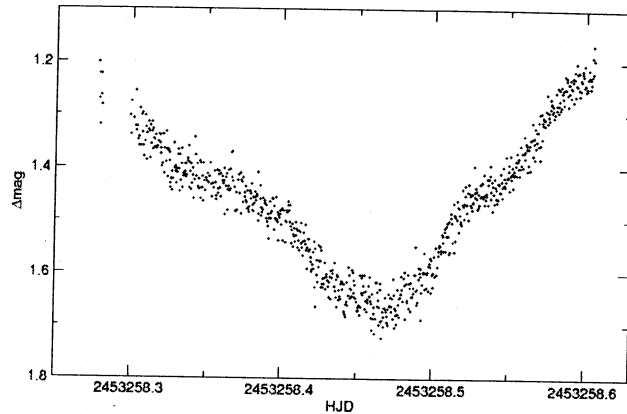


**Obr. 4** Časová krivka 9 primárnych miním zachytených na Observatóriu Hlohovec. Na obrázku je jasne viditeľná odlišná úroveň minim jasnosti systému v rôznych nociach. Time curve of 9 minima observed at Hlohovec Observatory. The different level of minima magnitude from several nights is clearly visible.

Na oboch krídlach primárneho minima sa objavili poklesy resp. vzostupy jasnosti, najlepšie viditeľné na minime z noci 9./10. septembra 2004 (Obr.5.). Náznaky týchto



zaujímavých útvarov sa nachádzajú aj na krivkách mínim z niektorých ďalších nocí: 5./6. septembra, 7./8. novembra, 30./31. októbra 2004.



*Obr. 5 Primárne minimum zachytené v noci z 9. na 10. septembra 2004. Oblasť prechodnej stabilizácie jasnosti na oboch krídlach miníma sú ľahko identifikovateľné.*  
*Primary minimum from 9/10<sup>th</sup> September 2004. The magnitude transient stabilization regions at both sides of minima are readily distinguishable.*

### Modelovanie QR And

Pozorované vlastnosti QR And sú obyčajne chápané v zmysle "štandardného" modelu SSXS s akreujúcim bielym trpaslíkom (van den Heuvel a kol. 1992). Aplikáciou tohto modelu dostaneme pre náš systém hmotnosť bieleho trpaslíka  $1 M_{\text{Sun}}$  a hmotnosť sekundárnej zložky  $1,5 M_{\text{Sun}}$ . Optická aktivita je interpretovaná v zmysle variácií akrečného disku s vysokou obrubou. Vzdialenosť QR And sa odhaduje na (1-2) kpc, avšak táto vzdialenosť je doteraz naozaj len odhadom bez dostatočnej podpory v observačných či teoretických dôkazoch.

Posledné publikované práce naznačujú podstatne nižšiu hmotnosť sekundárnej zložky (0,3-0,5)  $M_{\text{Sun}}$ . Na vysvetlenie tak málo hmotnej sekundárnej zložky bola navrhnutá alternatíva k "štandardnému" modelu. Prenos hmoty by mohol byť riadený silnou stratou hmoty zo silne ožiarenej málo hmotnej sekundárnej hviezdy.

Pri štúdiu QR And sa vedie široká diskusia o hodnote sklonu systému. Rôzni autori uvádzajú rôzne hodnoty na základe rôznych modelov a použitých dát.

Keďže nie je známa hodnota sklonu systému, nie sú presne známe ani hmotnosti zložiek. A vzhľadom na to, že sa zatiaľ nepodarilo v spektrách identifikovať sekundárnu zložku, nemožno urobiť konečné rozhodnutie medzi oboma modelmi. Prijateľnejšie hodnoty sklonu hovoria v prospech menej masívnej sekundárnej zložky.

Práca	Sklon
Beuermann et al. (1995)	~ 20°
Meyer-Hofmeister et al. (1997)	~ 55°
Becker et al. (1998)	35° - 60°
McGrath et al. (2001)	50° - 60°
Tomov et al. (1998)	~ 79°

**Tab. 1** Súhrn publikovaných hodnôt sklonu pre systém QR And.

### Záver

Jedným z predstaviteľov "klasických" SSXS je QR And, objavená pred 10 rokmi. Pozorovacieho materiálu je poskromne, napriek tomu, že je to najjasnejší a k nám najbližší SSXS. Zo CCD fotometrie získanej na Observatóriu Hlohovec sa podarilo spresniť orbitálnu periódu a potvrdiť už známe fotometrické prejavy QR And v optickej oblasti. Vzhľadom na nízku úroveň znalostí o fyzikálnych vlastnostiach tohto systému ako aj celej triedy SSXS, do ktorej QR And patrí, a vzhľadom na jej výhodnú jasnosť je žiaduce systematické monitorovanie tohto systému tak vizuálnymi pozorovateľmi pre prípad náhleho zjasnenia sústavy ako aj fotometrickými prístrojmi vo všetkých oblastiach UBVRI pre spresnenie orbitálneho tvaru svetelnej krivky a kratších i dlhodobých zmien jasnosti.

<sup>1</sup>Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK, Mlynská dolina, Bratislava, SK (g.szasz@nextra.sk, chrastina@kozmos.sk)

<sup>2</sup>Katedra fyziky, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita, Priemyselná č.4, 918 43 Trnava, SK (kpetrik@astronyx.sk)

<sup>3</sup>Hvezdáreň a planetárium, Sládkovičova 41, 920 01 Hlohovec, SK

<sup>4</sup>Astronomický ústav SAV, 059 60 Tatranská Lomnica, SK (hric@ta3.sk)



## Veľmi mäkké röntgenové zdroje

M.Chrastina, G. Szász, K. Petřík a L. Hric

### Supersoft X-ray sources

*V práci sa snažíme podať stručný prehľad In this paper, we try to give a brief overview of o základných charakteristikách veľmi basic features of the supersoft X-ray sources, mäkkých röntgenových zdrojov ako aj as well as the history of their study and short o histórii ich štúdia a stručný opis štandard- description of the standard ného modelu.*

**V**eľmi mäkké röntgenové zdroje (angl. supersoft X-ray sources, ďalej len SSXS) tvoria špeciálnu triedu objektov s veľmi mäkkým spektrom (energia fotónov pod 0,5 keV) a veľmi vysokými bolometrickými luminozitami ( $10^{36}$  až  $10^{38}$  erg/s. Efektívna teplota  $(2-6) \cdot 10^5$  K je o niečo vyššia ako býva u bielych trpaslíkov, ale nižšia ako u typických röntgenových zdrojov. Fotometrické a spektroskopické variability indikujú binaritu týchto systémov s potvrdenými periódami v rozsahu 4 hod. až 4 dní, okrem dvoch symbiotických systémov, ktorých orbitálne periódny sú podstatne dlhšie.

Optickému spektru dominujú emisné čiary H a He. Jednou zo spektroskopických charakteristík je existencia hviezdneho vetra príp. bipolárnych jetov, ktoré boli potvrdené v niekoľkých zdrojoch (RX J0513.9-6951; RX J0019.8+2156 a RX J0925.7-4758).

Prvé objekty tejto triedy CAL 83 a CAL 87 (Obr.1 na ďalší straně) boli objavené satelitom EINSTEIN, avšak väčšinu zdrojov objavila družica ROSAT. Až vďaka tejto družici mohli SSXS sformovať novú triedu röntgenových dvojhviezd. Aktualizovaný elektronický katalóg SSXS je dostupný na internetovej adrese <http://www.mpe.mpg.de/~jcg/sss/ssscat.html>. Väčšina nájdených zdrojov sa nachádza v Magellanových mračnách a M31. V Galaxii sú známe iba dva klasické veľmi mäkké röntgenové zdroje (QR And a MR Vel), hoci by ich tam malo byť rádovo 1000. Príčinu tohto výberového efektu možno hľadať vo vysokej hustote medzihviezdneho materiálu v Galaktickej rovine, ktorý absorbuje väčšinu žiarenia z ďalekej UV a mäkkej röntgenovej oblasti, a tým výrazne sťažuje detekciu SSXS.

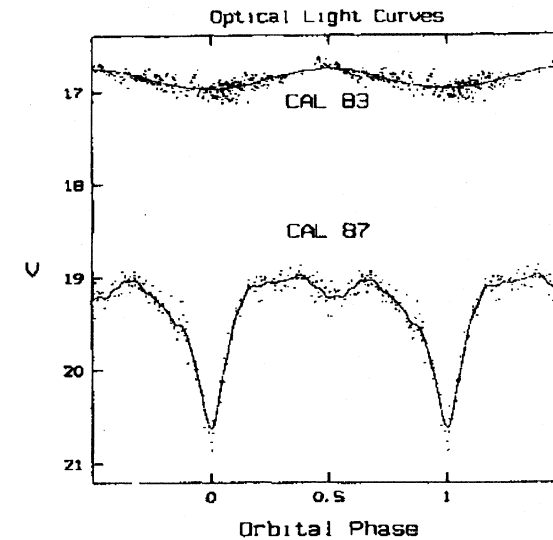
### Teoretici opäť raz prví

Existenciu týchto objektov po prvýkrát predpovedali Shara a kol. už v roku 1977, teda dávno pred ich objavom. Ukázali, že po subeddingtonovskom vzplanutí novy v systémoch s prenosom hmoty na termálnej časovej škále by mohla existovať dlhá



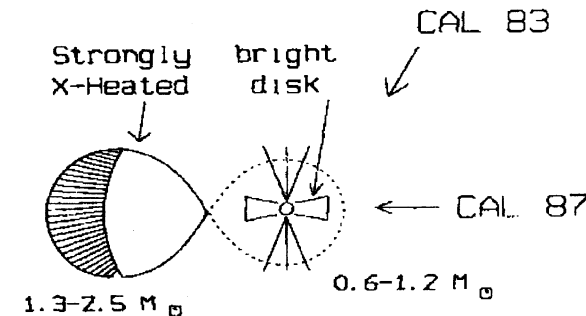
fáza post-novy so stabilným horením zvýšného akreovaného vodíka, počas ktorej by sa objekt javil ako extrémne ultrafialový s luminozitami  $(2-3) \times 10^4 L_{\text{Sun}}$  a teplotami niekoko málo  $10^5$  K.

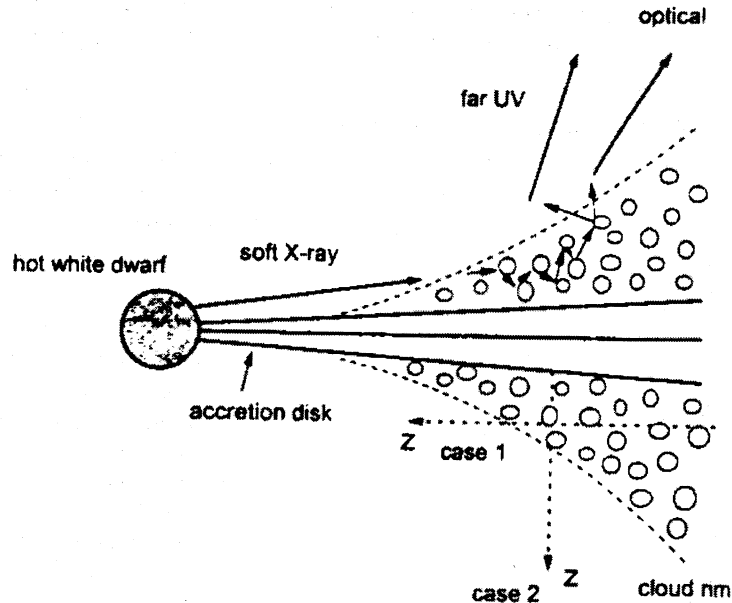
Prialnik a kol. (1982) upresnil hodnotu akrečného pomeru na  $10^{-8} M_{\text{Sun}}/\text{rok}$ . Iben (1982) a Fujimoto (1982) šli s hodnotou akrečného pomeru ešte ďalej a ukázali, e pri akrečných pomeroch  $10^{-7} M_{\text{Sun}}/\text{rok}$  a viac by akreovaný vodík dokonca horel ustálené. Ustálené horenie na povrchu horúceho akreujúceho bieleho trpaslíka by bolo stabilné, t.j. mno stvo horiaceho vodíka by sa rovnalo mno stvu akreovaného vodíka.



**Obr. 1** Svetelné krivky CAL 83 a CAL 87 vo farbe V. Pod nimi je náčrt "štandardného" modelu s vyznačenými smermi pohľadu, pod ktorým jednotlivé zdroje vidíme. (Prevzaté z práce van den Heuvel 1999)

The light curves of CAL 83 and CAL 87 in V filter. The sketch of "standard model", seen below, indicates directions of view the specific sources can be observed. (see van den Heuvel 1999).





Obr. 2 Náčrt chladnej zdvihnutej obruby akrečného disku a vzniku optického a UV žiarenia. (Prevzaté z práce Suleimanov et al. 2003) / The scheme of accretion disc cold rim, occurrence of visible and UV radiation. (see Suleimanov et al. 2003)

### "Štandardný" model

Po objave prvých SSXS van den Heuvel et al. (1992) navrhli na vysvetlenie pozorovaných charakteristík model s akreujúcim bielym trpaslíkom o hmotnosti  $0,7 M_{\text{Sun}}$  a vyššej (Obr.1). Hoci boli náznaky masívnejších centrálnych objektov ako čierne diery alebo neutrónové hviezdy, model akreujúceho bieleho trpaslíka zostáva naďalej najatraktívnejšou interpretáciou vysokej röntgenovej jasnosti a nízkej teploty SSXS. Optické pozorovania potvrdili dvojhviezdnosť SSXS a zväčšuje sa množstvo dôkazov potvrdzujúcich, že kompaktnou zločkou týchto systémov je biely trpaslík so stabilným nukleárnym horením, hoci nie nutne v ustálenom stave.

SSXS sú tesné dvojhviezdy pozostávajúce z bieleho trpaslíka a hmotnejšieho ( $1,3 - 2,5 M_{\text{Sun}}$ ) normálneho (alebo takmer vyvinutého) sprievodcu vypádajúceho svoj Rocheov lalok. Takýto pomer hmotností je konzistentný s pozorovanými orbitálnymi periódami, ktoré sú pre väčšinu známych SSXS kratšie ako 1 deň.

Vsystéme dochádza k prenosu hmoty  $10^{-7} M_{\text{Sun}}/\text{rok}$  (100 až 1000 krát vyšší ako u bežných kataklizmik) na termálnej časovej škále ( $10^6 - 10^7$  rokov) cez libračný bod L1 smerom ku kompaktnej zložke, okolo ktorej sa formuje akrečný disk. Akrečný pomer je porovnateľný s kritickým pomerom, a z tohto dôvodu tradičný model akrečného disku nebude pre SSXS najvhodnejší. Takto vysoký akrečný pomer spôsobuje stabilné horenie vodíka na povrchu bieleho trpaslíka, ktoré je zdrojom mäkkého röntgenového žiarenia.

Vysoká optická luminóznosť SSXS bola už skôr prisúdená akrečnému disku, ale až štúdium systémov s vysokými sklonmi so zákrytmi bieleho trpaslíka, disku a sekundárnej hviezdy odhalilo miesto vzniku žiarenia. Detailná orbitálna krivka zákrytového zdroja CAL 87 je najlepším príkladom (Obr.1). Modelovanie svetelnej krivky CAL 87 viedlo k záveru, že akrečný disk v tomto systéme má zdvihnutú obrubu pri vonkajšom okraji a že väčšina vizuálneho svetla musí pochádzať z röntgenového žiarenia bieleho trpaslíka transformovaného na tejto obrube do viditeľnej oblasti spektra (Obr.2). Geometrické zhustenie vonkajšieho okraja blízko bodu dopadu hmoty do akrečného disku je spôsobené pritekajúcou hmotou zo sprievodnej hviezdy narážajúcou na disk. Zdá sa, že takáto štruktúra obruby disku existuje u všetkých SSXS. Zaujímavé je, že oproti klasickým kataklizmikám je hlavným zdrojom energie akrečného disku ožiarenie bielym trpaslíkom a nie konvenčné viskózne nahrievanie. Dominantným zdrojom optického resp. UV žiarenia sa pritom stáva transformované žiarenie pochádzajúce z vonkajších oblastí disku. Vnútrotný disk a ožiarená sekundárna hviezda prispievajú menej.

Model van den Heuvel et al. (1992) bol navrhnutý pre SSXS s periódami (0,5 - 1)d, a preto nemôže byť vhodný pre všetky známe systémy. Model tiež zahŕňa prítomnosť vetrov z nahrievanej strany sprievodcu a disku. Stabilné termonukleárne horenie vodíka umožňuje bielymu trpaslíkovi zvýšiť svoju hmotnosť, pretože spracovaný materiál môže zostať na povrchu akreujúceho objektu. Nakoniec by biely trpaslík mohol prekročiť Chandrasekharovu medzu. Tým sa otvára cesta pre ďalší typ predchodcu supernov SN Ia. Evolučné modely naznačujú, že väčšina SN Ia by mohla pochádzať práve zo SSXS.

Okrem týchto "klasických" SSXS nachádzame niekoľko skupín objektov, ktoré by mohli byť ich blízkymi príbuznými.

- i) Hviezdy typu V Sge sú tesné dvojhviezdy, ktoré vykazujú v optickej oblasti veľmi podobné vlastnosti ako "klasické" SSXS. Samotná V Sge sa v štádiu optického klľudu javí ako jasný, veľmi mäkký röntgenový



## Záhada R Hydrae

Ladislav Šmelcer

### The Mystery of R Hydrae

*Převzato z Říše hvězd, ročník XXV. Presented in "The Realm of Stars" vol. XXV, 1944 - the eldest astronomical journal edited in Czechoslovakia.*

#### Dr. Bohumil Hacar (Říše hvězd, ročník XXV. 1944, č.1. str.11-14)

V čísle 48 "Mitteilungen uber veranderliche Sterne", které vydávají hvězdárny Berlín - Babelsberg a Sonneberg, upozorňuje Dr. H. Schneller na dlouhoperiodickou proměnnou hvězdu R Hydrae typu Mira Ceti a to vzhledem k podivnému, třebaže dávno známému faktu, že perioda její proměnnosti se postupně zkracuje.

Bayerově mapě, které dříve používal Montanari (známý objevitel proměnnosti Algolu) tímto astronomem rukopisně poznačenou hvězdu 4. velikosti v souhvězdí Hydry, která původně na ni vytištěna nebyla. Z tohoto popudu počal hvězdu r. 1702 hledat na obloze, ale bez výsledku. Teprve v březnu r. 1704 ji spatřil na vyznačeném místě a sledoval pak do r. 1712, jak několikrát zmizela a opět se objevila. Z výroků Maraldiho na různých místech jeho prací o proměnných hvězdách zdá se plynouti, že Montanari hvězdu uviděl a zaznamenal v dubnu 1670, aniž si ovšem uvědomil její proměnnost. Ostatně hvězdu pozoroval ještě dříve Hevelius, který ji ve svém katalogu uvádí jako hvězdičku 6. velikosti na základě dvou pozorování z 18. a 19. dubna 1662. Po Maraldim ji pozoroval teprve r. 1783 N. Pigott. Odtud se zájem o hvězdu zvýšil, pozorovací řady nejsou však bohužel dosti nesouvislé, částečně je na tom jistě vina její nízká poloha nad obzorem v našich šířkách následkem její veliké jižní deklinace ( $-22^{\circ}46'$ ), což její pozorování nemálo ztěžuje. Mezi pozorovateli vidíme téměř všechna známá jména odborníků i amatérů tímto oborem se obírajících. Jména Piazzí, Olbers, Heis, Argelander, Winnecke, Schonfeld, Hartwig jsou jen některá z nejvýznamnějších a uvádíme je jen namátkou. Pro nás Čechy je zvláště zajímavé, že se pozorováním této hvězdy obíral také náš V Šafařík. Jeho pozorování byla uveřejněna L.Pračkou<sup>1)</sup>. Jest jich celkem 89 a vztahují se na období 1877 až 1887. Šafařík pozoroval celkem dvě maxima. První nastalo dne 22. června 1877, bylo velmi jasné a proměnná byla v něm jen o tři stupně slabší než srovnávací hvězda  $\pi$  Hydrae (3,6 vel. dle Gouldovy "Uranometria Argentina") dosáhnoucí zhruba 4. velikosti. Druhé Šafaříkem pozorované maximum nastalo 7. května 1883. R Hydrae byla v něm stejně jasná jako  $\eta$  Corvi, kterážto hvězda je v Gouldově atlantu U.A. označena jako stálice 4,5 vel.

Toto zdroj. V štádiu optickej aktivity sa javí ako tvrdý röntgenový zdroj. správanie sa interpretuje vo vzťahu k premennému množstvu okolo hviezdnej hmoty.

- ii) Niektoré symbiotické hviezdy môžu byť tiež SSXS (napr. AG Dra). Tieto hviezdy zvyčajne obsahujú bieleho trpaslíka, ktorý akreuje hmotu zo sprievodného červeného obra prostredníctvom silného hviezdneho vetra alebo pretekaním hmoty cez libračný bod L1.
- iii) Niekoľko pekulárnych symbiotických nov môže byť tiež priradených k SSXS (napr. RR Tel).
- iv) Niektoré klasické a rekurentné novy boli počas neskorej zostupnej fázy ich vzplanutia detegované ako veľmi mäkké röntgenové zdroje (napr. Nova Cyg 1992, Nova Mus 1983, U Sco). V tejto fáze novy sa už polomer horenia vodíka na bielom trpaslíkovi zmenšil natoľko, že teplota je dostatočná na emitovanie mäkkého röntgenového žiarení a na ožiarenie novovzniknutého akrečného disku.

### Záver

Veľmi mäkké röntgenové zdroje sú nesmierne zaujímavé svojou premennosťou. Tvoria pomerne mladú skupinu objektov s malým počtom členov, nachádzajúcich sa najmä v M31 a Magellanových mračinách. Aj z týchto dôvodov je pozorovacieho materiálu zatiaľ menej ako by sme potrebovali na podporu teoretických predstáv o týchto systémoch. Dodnes nie je presne známy celkový model, ktorý by bol vhodný pre všetky známe zdroje a rešpektoval ich pozorované vlastnosti.





Prof. Ludendorff zpracoval všechna známá pozorování proměnné R Hya až do roku 1914 a shledal, že perioda její se zkrátila od r. 1784 do r. 1914 ze 497<sup>d</sup> na 402<sup>d</sup>. Minima předcházejí maxima zpravidla o 0,46 délky periody, v maximu dosahuje proměnná asi 4,3, ale jasnosti jednotlivých maxim se liší v mezích asi 1 hvězdné třídy. V minimu klesá hvězda asi na 9,5 velikost, ale odchylky od této střední minimální jasnosti bývají v obou směrech značně veliké. Světelná křivka je poměrně velmi pravidelná a nejví sekundárních vln. Ludendorff ukázal ve zmíněné své práci, že změna délky periody dala se jinak před rokem 1848 a jinak po něm, takže nelze závislost délky periody na epoše (tj. na počtu uplynulých stejných fází, např. maxim nebo minim) vyjádřit přesně jedinou spojitou funkcí čili j. sl.: nelze nalézt jednoduchou funkci  $f$  tak, aby přesně platilo  $P = f(E)$ .

Jak se délka periody během let zkracovala, udává následující tabulka, z níž zároveň viděti počet uplynulých epoch. Je uvedena každá desátá s příslušným letopočtem:

Rok	Epocha	Perioda [d]	Rok	Epocha	Perioda [d]
1784	-50	497	1860	+10	445
1797	-40	482	1872	+20	437
1810	-30	470	1884	+30	429
1823	-20	461	1896	+40	419
1835	-10	456	1907	+50	409
1848	0	452	1918	+60	398

Na vysvětlenou buď poznamenáno, že s Ludendorffem počítáme epochy od epochy v r. 1848, která je jakýmsi mezníkem, a to kladně dopředu a záporně nazpět. Pak můžeme tabulku i graficky zobrazit nanášejíce na vodorovnou osu epochy, na svislou délky period. Počátek vložíme do nulté epochy a - pro jednoduchost - do vodorovné přímky odpovídající periodě 400 dní. Body odpovídající hodnotám tabulky leží, jak patrně, dosti přibližně na přímce skloněné asi o 40° (vlastně 140°) k horizontále. Jinými slovy, délky periody ubývalo v letech 1784 - 1918 přibližně úměrně s počtem epoch. Tato přímka prochází přibližně body (-50, 495) (+60, 0). Kdo se vyzná trochu v začátcích analytické geometrie, napíše si snadno rovnici této přímky. Napřed obecně:

$$P = A \cdot E + (b + 400)$$

Kde  $E$  je místo  $x$  a  $P$  místo  $y$ ,  $A$  je směrnice. Dosadíme-li sem souřadnice obou výše uvedených bodů, dostaneme rovnice

$$95 = -A \cdot 50 + b$$

$$0 = +A \cdot 60 + b$$

z nichž plyne  $A = -0,86$ ,  $b = 52$  a tudíž

$$P = -0,86 E + 452$$

To je tedy hledaná funkce  $P = f(E)$ , která ovšem jen velmi zhruba vystihuje závislost periody na epoše. Např. pro  $E = -30$  dostáváme z ní  $P = 478$ , kdežto podle tabulky by mělo být 470, pro  $E = +30$  je  $P = 426$  (tabulka udává  $P = 429$ ) atd.

Vzhledem k poměrně malé přesnosti, kterou od empirického vztahu tohoto druhu lze vůbec očekávat, bylo by lze se spokojit s dosaženým výsledkem. Budiž pouze stručně poznamenáno, že Ludendorff docílil lepší shody tím, že zavedl dvě funkce (kvadratické), z nichž jedna platí před rokem 1848 (nultá epocha!), druhá po něm. Nicméně dnes již ani tento složitý postup neshoduje se s pozorováním.

Podle díla Geschichte u. Literatur d. veränderlichen sterne (II., 1936) perioda hvězdy se okolo roku 1906 ustálila a roku 1925 se počala dokonce prodlužovat. V elementech hvězdy pro rok 1925 se udává proto  $P = 414,7^d$ . Avšak ve skutečnosti byla délka periody v období 1931 - 1938 sotva 410<sup>d</sup> a poslední maxima následovala po sobě v intervalu jen asi 390 dní! Zdá se tedy, že zkracování pokračuje dále a že zastávka byla jen dočasná.

Jistě netřeba zvláště upozorňovat, že postupné zkracování periody má pro teorii tohoto druhu proměnných neobyčejnou důležitost. Pravou podstatu proměnnosti hvězd typu Mira Ceti neznáme, o domněnky ovšem není nouze, avšak žádná z nich neuspokojuje plně. V posledních letech největší oblibě se těší pulsační teorie Eddingtonova a "závojevá" teorie Merillova. Eddington<sup>2)</sup> praví: "Zdá se, že pozorovaná fakta stále zřetelněji nasvědčují tomu, že dlouhoperiodická proměnnost a proměnnost cefeid je v podstatě týž úkaz. Následkem nanejvýš nepatrné hustoty a nízké teploty dlouhoperiodických hvězd objevují se u nich kmity sice téhož druhu jako u cefeid, avšak v silně zvětšeném a mnohem nepravidelnějším způsobu".

Pulsační teorie je jistě velmi vtipné řešení problému cefeid a třebaže se dosud ne-zdařilo odstranit všechny potíže, lze již dnes mluvit o tom, že empirický důkaz správnosti této teorie je podán.<sup>3)</sup> Ovšem to platí pro cefeidy. Pro cefeidy odvodil Eddington theoreticky vztah mezi periodou a hustotou (1.c. odst. 130) tvaru:



$$P \sqrt{\rho} = \text{konst.},$$

jehož platnost potvrdila Miss Payne na základě pozorovacího materiálu. Na hodnotě konstanty zde nezáleží - stačí, všimneme-li si, že s ubývající hodnotou  $\rho$  perioda  $P$  roste: perioda je obráceně úměrná druhé odmocnině z hustoty. Ježto perioda byla roku 1784 přibližně 500 dní, r. 1918 přibližně 400 dní, bude

$$500 \sqrt{\rho_1} = 400 \sqrt{\rho_2}$$

neboli

$$\rho_1 / \rho_2 = (5/4)^2 = 1,56$$

tedy hustota hvězdy vzrostla by během 134 let o více než 50%, ovšem za předpokladu, že fyzikální podstata proměnnosti R Hydrae je táž jako u hvězd  $\delta$  Cephei a že tudíž i vztah mezi hustotou a periodou zde platí. Samozřejmě je takový výsledek spíše s to vzbuditi pochybnosti o použitelnosti pulsační hypotézy u dlouhoperiodických proměnných v témž tvaru jako u cefeid.

Druhý podobný případ je proměnná R Aquilae, jejíž perioda se rovněž trvale zkracuje, takže se zmenšila ze 354 dní v době jejího objevu na počátku let padesátých minulého století do dnešního dne, tj. asi za 90 let, na 301 den. Jak patrně, může takový význačný případ značně přispěti k vyjasnění záhady celé velké skupiny hvězdné, byť i sám byl zdrojem záhad nových.

Z tohoto hlediska lze jistě obě hvězdy doporučiti bedlivé a trvalé pozornosti našich pozorovatelů.

- 1) V. Šafařík-L. Pračka: Untersuchungen ub. D. Lichtwechsel alt. Verand. Sterne. Prag 1916. II. sv., str 63 a násl.
- 2) The internal Constitution of the Stars, odst. 140.
- 3) W. Becker, Zeitschr. f. Astrophys. 1940, S. 289.

## Arne Henden novým ředitelem AAVSO

Ondřej Pejcha

### Arne Henden named Director of the AAVSO

*Článek podává stručný životopis nového ředitele AAVSO. The article briefly describes Arne Henden, the new director of the AAVSO.*

**P**o smrti Janet Mattei v březnu loňského roku se uvolnilo místo ředitele Americké společnosti pozorovatelů proměnných hvězd (AAVSO), které Mattei zastávala od roku 1973. Konkurzem úspěšně prošel Arne Henden a od 1. března letošního roku nastoupil jako nový ředitel.

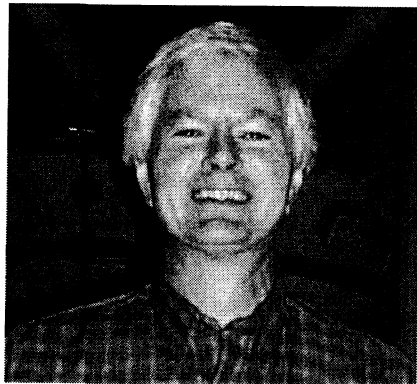
Arne Henden (viz Obrázek) se narodil v Jižní Dakotě v rodině stavebního inženýra americké armády. Během svého dětství procestoval díky otcově zaměstnání celé Spojené státy. Jeho zájem o astronomii trval od dětství, kdy dostal od rodičů jako vánoční dárek dalekohled. Vystudoval astrofyziku na univerzitě v Novém Mexiku a PhD obhájil na univerzitě v Indianě. V té době studoval cefeidy spolu s Artem Coxem. Během svého vzdělávání pracoval Henden na stavbě astronomických přístrojů (CCD kamery, spektrograf, Fabryho-Perrotův interferometr atd.) pro 1.8 m dalekohled ve Flagstaffu. Později pokračoval v Universities Space Research Association na vývoji zobrazovacích přístrojů pro optickou a blízkou infračervenou oblast. Zasloužil se též o tvorbu katalogů USNO a UCAC a dohlížel na projekt na zjištění paralax blízkých hnědých trpaslíků. Jako jeden ze zástupců Americké námořní observatoře (USNO) se podílel na projektu SDSS. I v takto zaplněném programu si našel čas na vlastní výzkumné projekty týkající se optických dosvitů gama záblesků a proměnných hvězd. Během své dosavadní kariéry se stal spoluautorem více než sta recenzovaných článků, které si "vysloužily" více než 350 citací.

Amatérští astronomové (vizuální i CCD) ho znají především jako tvůrce několika stovek přesně fotometricky okalibrovaných polí kolem proměnných hvězd. Jeho neobyčejná (na profesionála) náklonnost k amatérským astronomům se projevuje ochotou vždy pomoci radou, čehož si nelze nevšimnout, pokud jste se s ním někdy alespoň chvíli nacházeli v nějaké diskuzní skupině. Společně s Kaitechuckem napsal v roce 1978 knihu Astronomická fotometrie, která byla revidována v roce 1990 a v současné době se chystá nové aktualizované vydání.

Z osobní zkušenosti mohu říct, že Arne Henden vždy odpověděl na každý na dotaz, který jsem mu poslal (co si musel myslet o někom z východní Evropy píšícím chatrnou angličtinou a s emailem končícím na .cz?). Dokonce na žádost moji nebo Petra Sobotky proměřil některá pole - příkladem může být například AY Dra (viz Pejcha a kol. 2002), QR And nebo V2540 Oph.



Zvolením Arne Henden na ředitelský post se tak před AAVSO otevírá nová éra, kdy bude ještě více rozšířena spolupráce mezi amatérskými a profesionálními astronomy.



Použitá literatura / References:

Pejcha, O.; Sobotka, P.; Smelcer, L.; Dubovsky, P. A.; Brát, L.; Henden, A. A., IBVS 5286  
[http://skyandtelescope.com/news/article\\_1451\\_1.asp](http://skyandtelescope.com/news/article_1451_1.asp)  
<http://www.aavso.org/news/henden.shtml>

## Hvězdný kolotoč

Petr Sobotka

### Carrousel of stars

*Nová ultrafialová pozorování ukázala, že A new UV observations indicate the presence of a star in our Galaxy revolving 200 times faster than our Sun.*

**Ž**lutý obr označený jako FK Com je desetkrát větší než Slunce a při svém zběsilém otáčení vyzařuje obrovské množství rentgenového, ultrafialového a radiového záření. Rychle rotujících hvězd je známa celá skupina. Co stojí za jejich vysokou rychlostí otáčení?

FK Com je od nás vzdálena 800 světelných let, což v galaktickém měřítku není mnoho. Astronomové ji pozorovali 12. ledna 2004 po dobu čtyř hodin ultrafialovou družicí FUSE. Rychlost otáčení hvězdy změřili na 360 km za sekundu.

FK Com je pokryta tmavými skvrnami připomínající skvrny sluneční. Hvězda je velmi aktivní a často se u ní pozorují rentgenové erupce téměř stotisíckrát silnější než sluneční. FK Com je extrémním příkladem sluneční aktivity a můžeme být rádi, že naše mateřská hvězda je v porovnání s ní klidná "jako beránek".



## První kroky s PHOEBE a co vlastně umí...

Petr Zasche

### First steps with program PHOEBE

*Program pro analýzu světelné křivky vycházející z Rocheovy geometrie. PHOEBE - Light curve analysis software based on Roche geometry.*

**J**ak jsme všichni mohli slyšet na 36. konferenci o výzkumu proměnných hvězd, začíná být poměrně kvalitní fotometrie dostupná nejen špičkově vybavené profesionály, ale relativně dobrá data lze získat i s docela skromnými prostředky. Ovšem fotometrie neobnáší pouze měření okamžiků minim vybraných dvojhvězd! Daleko větší množství informací je možno získat analýzou světelných křivek (rozměry složek i samotného systému, případně i hmotnosti složek, jejich teploty...).

### 1 WD a PHOEBE

Možnost získávat světelnou křivku (v našem případě zákrytových dvojhvězd) s sebou ovšem přináší možnost ji také vyřešit a získat mnoho cenných informací o daném systému. Asi vůbec nejrozšířenějším kódem pro řešení světelné křivky je tzv. Wilson-Devinney kód (dále jen WD). Geometrie tohoto modelu vychází z Rocheovy. Vzhledem k tomu, že je stále autorem vylepšován, v publikované literatuře je možno sledovat jeho neustálý progres (viz např. Wilson & Devinney 1971, Wilson 1979, 1990, 1993). Díky jeho současné složitosti a mnoha možným efektům, které je možno vzít při výpočtu u váhu je bohužel nepřilíš "přítulný pro uživatele".

Daleko více "user-friendly" je jeho inteligentní nadstavba, kterou vypracoval se svým kolektivem Andrej Prša z Ljublaňské Univerzity. Program se jmenuje PHOEBE a vzhledem k tomu, že jej jeho tvůrce tvoří s posvěcením samotného Wilsona, který ho také sám doporučuje, zdá se býti jednou z variant možného budoucího vývoje na poli řešení světelných křivek. Jeho nezměrnou výhodou je, že uživatel nemusí detailně vidět do samotného WD kódu aby s ním mohl poměrně dobře pracovat. Nutno dodat, že WD kód umí simultánně řešit nejen světelnou křivku, ale současně i křivku radiálních rychlostí (pokud je známa, ale její přítomnost není podmínkou).

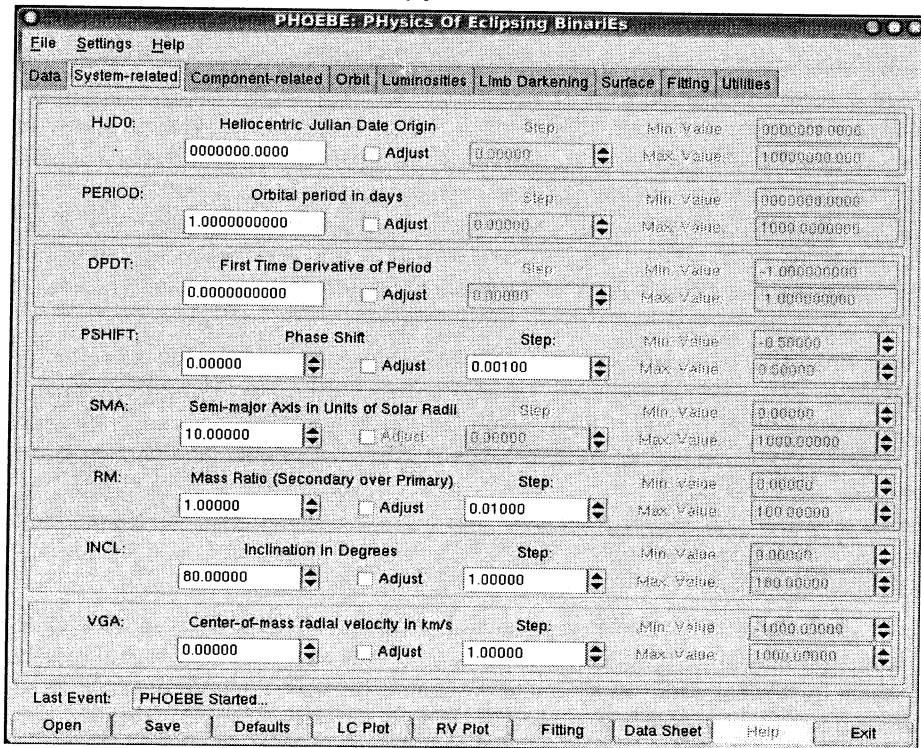
Program PHOEBE je možno zcela zdarma získat přes internetovou stránku jejího tvůrce, a to sice: <http://www.fiz.uni-lj.si/phoebe/>. Přes tuto stránku je možno se dále dokliktat na manuál a tutorial k tomuto programu. Bohužel vzhledem k tomu, že se na programu stále pracuje a autor ho dále zlepšuje a předělává podle podnětů jednotlivých uživatelů, podobně je tomu i s manuálem, který se bohužel ledaskdy stává zastaralým oproti současné verzi programu samotného.



Nyní je k dispozici verze 0.26, která je zcela odzkoušená a funkční. Dále je na výše uvedených stránkách k dispozici verze 0.30, která je zatím pouze zkušební, ji také funkční, ale zatím zcela neudoladiná. Nutno dodat, e program funguje pod operaèním systémem Linux, a to pod nikolika různými platformami. Ohlední funkènosti na různých platformách, viz opit www stránky PHOEBE. Údajní lze program spustit úspššší i na linuxovém emulátoru Cygwin pracujícím pod Windows, ale mš se to zatím nepodařilo. Dále je potřeba libovolný kompilátor Fortranu 77 a nijaký grafický výstupní program, nejlépe asi GNU Plot.

## 2 Vstupy

Na vstupu do programu PHOEBE (èti fíbf) jsou naše data a k tomu několik málo informací o samotném systému, který jsme se rozhodli zkoumat.

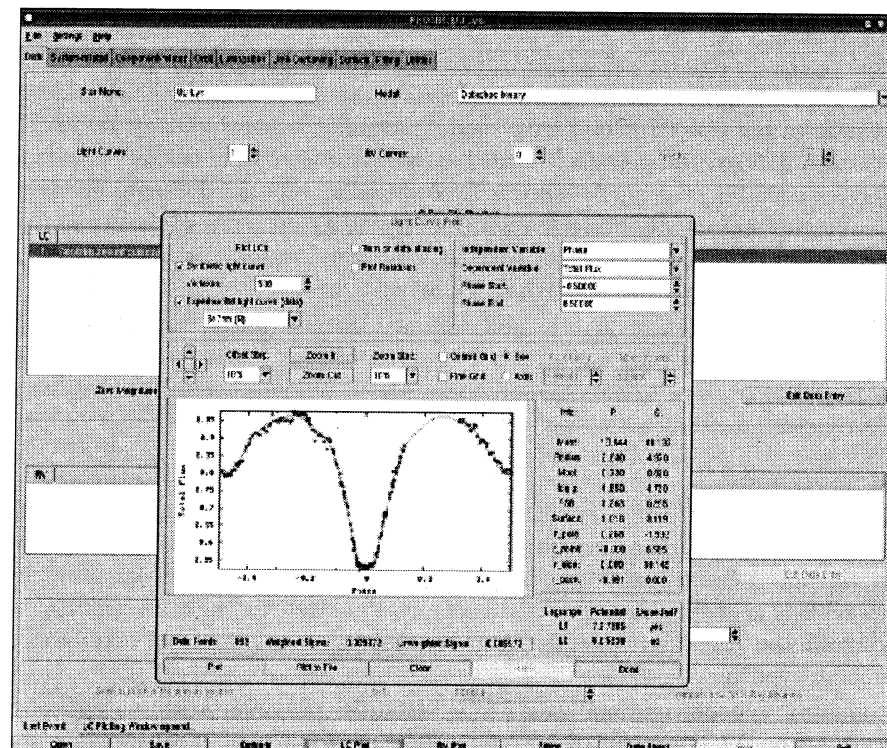


Obr.1: Základní okno programu PHOEBE s hlavními parametry.

Fig. 1: The main window with leading parameters.



Data jsou jako obvykle ve speciálních souborech, které jsou standardně uspořádané. Pokud se budeme zabývat fotometrií (tedy řešením světelné křivky), budou naše data pravděpodobně ve tvaru čas-veličina. A to sice čas v jednotkách juliánského data (HJD - již po heliocentrické korekci, nezapomenout!), anebo fáze (u dané dvojhvězdy vypočteno ze známé periody). Obě tyto možnosti jsou programem akceptovány. Jako závislou veličinu je možno udávat magnitudu, a to buď jako vypočtenou proměnnou zdánlivou hvězdnou velikost dané hvězdy, anebo jako relativní magnitudu vzhledem k nějaké hvězdě srovnávací. Možnost relativní fotometrie sice v manuálu zmíněna není, ale sám jsem se přesvědčil o její funkčnosti.



Obr.2: Okno programu PHOEBE s oknem světelné křivky UU Lyn a jejími parametry.

Fig. 2: Data window including UU Lyn light curve and parameters window.



Pokud vstupní data byla v daném souboru zapsána ve dvou sloupcích oddělených mezerami, je možno ve třetím sloupci mít ještě váhy jednotlivých měření, a to sice buď jako absolutní chyby jednotlivých měření, nebo chyby normalizované nějakým jiným způsobem.

Dalším vstupem je hodnota periody dvojhvězdy a okamžik jejího referenčního minima (v HJD). Obě tyto veličiny nemusíme znát přesně, program je umí při výpočtu flexibilně zpřesňovat, důležité je se s jejími hodnotami nalézat někde blízko skutečných.

A konečně posledním vstupem je typ systému. U tohoto je nutno se na chvíli zastavit, protože vždy není jasné, o jaký systém se jedná. Z tvaru světelné křivky je možno udělat prvotní odhad, zda se jedná o typ oddělený, či nikoli, ale ne vždy je náš odhad nakonec správný. Program PHOEBE umožňuje volit z několika možností. Zprv je to typ obecné dvojhvězdy, dále typ oddělený, polodotykový či několik druhů typů dotykových, popřípadě x-ray binary. Pokud jej ovšem nevíme, je možno nastavit zpočátku jako typ "všeobecná dvojhvězda" a poté když nám program dokonverguje někam již blízko k řešení, je možno zvolit daný konkrétnější typ. Pokud ovšem již zpočátku víme typ systému, a jde nám jen o zpřesnění parametrů, je samozřejmě lepší celý výpočet provádět s tímto systémem.

Pokud chceme počítat nejen s jednou světelnou křivkou, je zde možnost provádět výpočet zároveň s několika křivkami v různých filtrech najednou. Stejně tak je možno vzít v úvahu i křivku radiálních rychlostí, pokud jsou data k dispozici. Samozřejmě čím více dat, tím lépe.

### 3 Výpočet

Sám program PHOEBE je myslím natolik přehledný, jasný a intuitivně ovladatelný, že není nutno podrobně rozepisovat jednotlivé kroky. Uživatel ani nemusí nutně znát všechny zúčastněné veličiny, parametry ovlivňující světelnou křivku, stačí aby uměl základy angličtiny a program se naučí rychle ovládat. Teď mluvím samozřejmě o vykreslování dat i křivek fitu a zkusmé změně parametrů systému, nikoli zatím o procesu výpočtu.

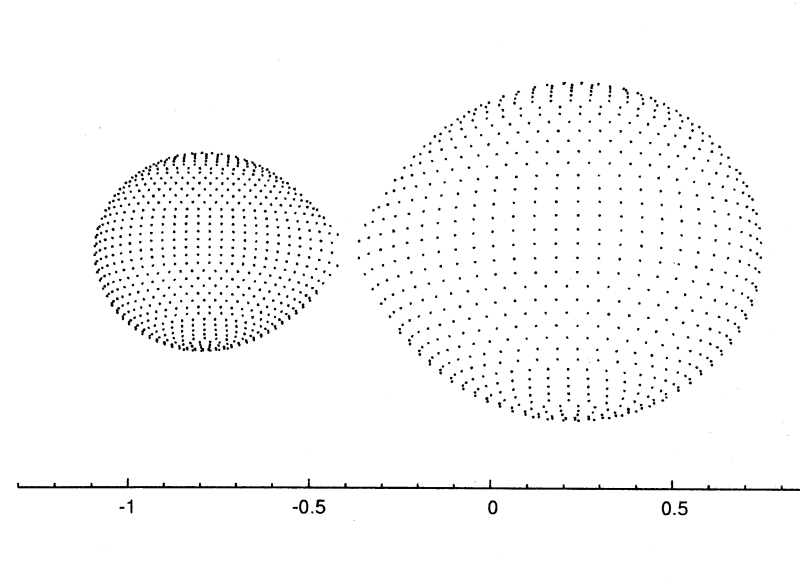
Samotný výpočet minimalizace lze v PHOEBE provádět několika způsoby. Jednak lze použít tzv. automatické skripty, které umožňují najít předběžné alespoň hrubé řešení světelné křivky bez jakéhokoli zásahu uživatele, jednak provádět výpočet postupným fitováním vybraných parametrů dle vlastního uvážení. Jak zkušenost ukazuje, i jak Prša sám doporučuje, není dobré se spoléhat jen a jen na automatické skripty. Vždy je nutno vzít v potaz i zdravý rozum a hlavně mít praxi



s řešením světelných křivek. Otázka, které veličiny postupně minimalizovat s jakými je otázka v podstatě základní. A bohužel nutno říci, že na ni jednoznačná odpověď neexistuje.

Kdo jí nikdy nějaké světelné křivky řešil, ví jaký vliv mají jednotlivé parametry na tvar křivky, a na luminositách sloek a teplotách záleží více, nežli třeba na gravitačním zjasnění, a podobně. Kdo má jí nějakou zkušenost v tomto, ví také, že není vždy možno počítat libovolně veličiny daného systému například pouze z jedné světelné křivky a podobně. V tomto případě PHOEBE vygeneruje chybové hlášení, a daný parametr či parametry nelze spočítat. V jednom kroku program umožňuje počítat více parametrů najednou (nutno brát v potaz jejich možnou korelaci, tudíž opatrně nastupuje praxe...), ovšem samozřejmě za cenu delšího výpočetního času a s každým dalším parametrem.

Princip minimalizace lze také zvolit. Pro zasvěcené - naskytují se možnosti "differential corrections" nebo "multiple subsets". Program také vypočte výslednou sumu čtverců odchylek, chý-kvadrát, korelační matici, atd.



Obr.3: Model hvězdy UU Lyn vygenerovaný programem PHOEBE, osa v jednotkách  $R_{sun}$ .

Fig. 3: UU Lyn model generated by PHOEBE program, axes scale is expressed in  $R_{sun}$ .



#### 4 Výstup

PHOEBE poskytuje (s ohledem na zvolený grafický výstup) možnost vygenerovat výstup a exportovat ho do souboru, jednak samotných hodnot parametrů a jednak obrázků nejlépe do formy postscriptu (.eps), jak samotné světelné křivky, reziduí jednotlivých měření, tak i 3D obrázek samotného systému (viz obrázky 3 a 4, 5 na třetí straně obálky).

Bohužel popisovat takto jakýkoli program je velmi složité, a přiznejme si i nudné, proto nejlepším co můžeme udělat, je zkusit "pohrát si" s PHOEBE sami, a zjistit co jak umí na vlastní kůži. Jak je možno nahlédnout zhruba z několika obrázků, grafická nadstavba je velmi příjemná a vygenerované křivky jsou také nafitovány poměrně přesně (a za nepřilíš dlouhou výpočetní dobu!), proto pokud byste si chtěli sami zkusit, co tento software umí, s chutí do toho, a v případě nesnáží či dotazů kontaktujte nejlépe autora samotného (Andrej Prsa <[andrej.prsa@fmf.uni-lj.si](mailto:andrej.prsa@fmf.uni-lj.si)>, který je velmi ochotný co se pomoci a konzultací týče), anebo mě na emailu <[petr.zasche@email.cz](mailto:petr.zasche@email.cz)>, pokud budu sám vědět, rád poradím.

### Krátkoperiodické zákrytové dvojhvězdy se sinusovým O-C diagramem

Petr Molík

*Historie, metody zpracování dat, analýza a History, data processing methods, analysis and models of presented systems.*

#### Short period eclipsing binaries with sinus shape O-C diagram

Většina hvězd, které vidíme na obloze, jsou ve skutečnosti dvojhvězdy a vícenásobné hvězdné soustavy. Vybereme-li náhodně sto z nich, bude v tomto počtu přibližně 40 jednotlivých hvězd, dále asi 40 dvojhvězd a kolem 20 troj- a vícenásobných hvězd. Ze všech hvězd nacházejících se v určitém prostoru uvnitř naší Galaxie je tedy jen asi 20 % jednotlivých, 40 % z nich tvoří dvojhvězdy a dalších 40 % je členy troj- a vícenásobných hvězdných soustav.

Četností vícenásobných soustav se nejnověji zabýval Tokovinin (2004). Z katalogu HIPPARCOS vybral 3383 hvězd hlavní posloupnosti, které mají spektra typů F, G a K a nacházejí se ve vzdálenosti do 50 pc. Dospěl k závěru, že asi 700 z nich by



měly být soustavy složené ze tří a více hvězd. Přitom ale známých vícenásobných hvězd je v tomto souboru jen 76, takže velká většina z nich zatím nebyla objevena. Dále zjistil, že u dvojhvězd s periodami kratšími než 10 dní je přítomna alespoň jedna další hvězda ještě častěji, a to asi ve 40 % případů, a s ohledem na možný mechanismus vzniku těsných dvojhvězd vyslovil hypotézu, že všechny těsné dvojhvězdy jsou ve skutečnosti troj- a vícenásobnými hvězdami.

K objevování a výzkumu vícenásobných hvězdných soustav slouží především interferometrie a spektroskopie, ale velmi užitečnou metodou je při tom i analýza O-C diagramů zákrytových dvojhvězd. Pokud je totiž k zákrytové dvojhvězdě gravitačně vázána nějaká další hvězda, musí dvojhvězda i třetí těleso obíhat kolem společného těžiště, což se ve většině případů projevuje střídavým předbíháním a opožďováním okamžiků minim vůči dlouhodobým světelným elementům a sinusovitým tvarem O-C diagramu. Mayer (1990) uvádí, že prvním, kdo na tento vliv proměnné vzdálenosti zákrytové dvojhvězdy od Země (anglicky light-time effect) upozornil, byl pravděpodobně Chandler, který jej ve svém článku z roku 1888 zmínil jako možnou příčinu cyklických změn periody Algola, a že patrně první práci, v níž byl tento efekt exaktně vypočítán, napsal Woltjer v roce 1922.

Přesnost určování okamžiků minim a celková doba, po kterou jsou jednotlivé zákrytové dvojhvězdy pozorovány, umožňuje takto zjistit přítomnost třetích (případně dalších) těles s oběžnými periodami přibližně v rozmezí od jednoho roku do sta let. Troj a vícenásobné hvězdné soustavy s oběžnými periodami několik málo roků nebo méně než jeden rok jsou objevovány hlavně spektroskopicky a soustavy s delšími periodami (stovky a tisíce let) pak převážně interferometrií či klasickou astrometrií. Analýza O-C diagramů je ve zmíněném rozsahu period uprostřed mezi spektroskopii a interferometrií a vhodně tyto metody doplňuje.

V minulých desetiletích se hledáním dalších hvězd v soustavách zákrytových dvojhvězd zabývala řada autorů. Např. klasická práce Frieboes-Condeové a Herczega z roku 1973 obsahuje analýzu 14 zákrytových dvojhvězd se sinusovým O-C diagramem a tedy možným třetím tělesem. Borkovits a Hegedüs (1996) za tímto účelem analyzovali sinusové O-C diagramy 18 zákrytových dvojhvězd. Albayrak et al. (1999) udělali totéž pro 6 zákrytových dvojhvězd.

Teoreticky je možné, že střídavé změny periody, projevující se sinusovým O-C diagramem, jsou způsobovány nejen s přítomností dalšího tělesa, ale také cykly magnetické aktivity a s nimi souvisejícími změnami v rozložení hmoty uvnitř složek zákrytových dvojhvězd. Vztah magnetické aktivity a změn period u dvojhvězd typu W UMa studoval např. van't Veer (1991). Při podrobnějším zkoumání by tento



mechanismus vzniku sinusových O-C diagramů měl být rozeznatelný od vlivu třetího tělesa.

Výzkumem zákrytových dvojhvězd se sinusovými O-C diagramy a určováním parametrů třetích těles se dlouhodobě zabývají i astronomové v České a Slovenské republice, viz např. Mayer (1990), Mayer (2004), Wolf et al. (2004), Pribulla et al. (2005).

Pribulla et al. (2003) sestavili katalog 361 dotykových zákrytových dvojhvězd s periodami v rozmezí od 0,22 do 1,89 dne, který obsahuje 7 dvojhvězd s třetím tělesem a dalších 9 dvojhvězd, u nichž je vliv třetího tělesa pravděpodobný.

V první skupině autoři uvádějí hvězdy SS Ari (patrně čtyřčlenná soustava, perioda 3. tělesa 44,8 roků, 4. tělesa 28 roků), 44 i Boo (zákrytová dvojhvězda je složkou vizuální dvojhvězdy s periodou 206 roků), V523 Cas (perioda 3. tělesa přibližně 101 roků), VW Cep (patrně čtyřčlenná soustava, perioda 3. tělesa 31,4 roků, 4. tělesa 18,6 roků), SW Lac (čtyřčlenná soustava, perioda 3. tělesa 23 roků, 4. tělesa přibližně 90 roků), XY Leo (perioda 3. tělesa přibližně 20 roků), AH Vir (čtyřčlenná soustava, perioda 3. tělesa 11,2 roků, 4., vizuálně rozlišitelného tělesa 1280 roků).

V druhé skupině jsou uvedeny hvězdy AB And (perioda 3. tělesa přibližně 60 roků), BX And (perioda 3. tělesa přibližně 60 roků), TY Boo (perioda 3. tělesa přibližně 65 roků), YY Eri (3. těleso nebo cykly magnetické aktivity, perioda neuvedena), AM Leo (perioda 3. tělesa přibližně 33 roků), V502 Oph (3. těleso zjištěno spektroskopicky, perioda neuvedena).

V současné době jsou k dispozici nové zdroje informací, které umožňují podstatně rozšířit poznatky o zákrytových dvojhvězdách se sinusovými O-C diagramy. Jsou to zejména veřejně dostupné výsledky automatických přehlídek oblohy poskytujících fotometrická data i pro hvězdy, u nichž zatím pozorování chyběla, a Kreinerův Atlas (Kreiner et al., 2001) obsahující O-C diagramy 1140 dvojhvězd. Dr. Marek Wolf z Astronomického ústavu UK v Praze navrhl, abych právě z tohoto Atlasu vybral hvězdy, jejichž O-C diagram naznačuje možnou přítomnost třetího tělesa. Měl jsem již Kreinerův Atlas důkladně prohlédnutý, ale věnoval jsem pozornost jen hvězdám se zákrytovou periodou kratší než jeden den a tím bylo dáno téma tohoto příspěvku.

Poznatky získané z Kreinerova Atlasu jsem doplnil několika informacemi z jiných zdrojů. Celkem jsem tak našel 55 krátkoperiodických zákrytových dvojhvězd se sinusovými O-C diagramy, které uvádím v následujícím seznamu. Hvězdy v tomto seznamu jsou rozděleny do dvou skupin podle toho, zda je u nich sinusovitý průběh O-C diagramu jistější anebo méně jistý. Typ proměnnosti odpovídá klasi-



fikaci používané v GCVS. Orbitální periody dvojhvězd jsou vyjádřeny ve zlomcích dne, periody sinusoid v rocích a celkové amplitudy sinusoid ve zlomcích dne.

Přítomnost sinusoidy jistější:				
Hvězda	Typ	Orbitální perioda	Perioda sinusoidy	Celková amplituda sinusoidy
WZ And	EB/KE:	0,6957	asi 100	asi 0,04
EG Cep	EB	0,5446	>90	asi 0,025
V700 Cyg	EW	0,2906	46	0,03
V836 Cyg	EB/KE	0,6534	>70	asi 0,018
V1073 Cyg	EW/KE	0,7859	asi 70	asi 0,05
RZ Dra	EB/SD:	0,5509	83,5	asi 0,02
AK Her	EW/KW	0,4215	57,2	--
DQ Her	E/CV	0,1936	13,4	0,002
V772 Her	EA	0,8795	20,25	--
EX Hya	E/CV	0,0682	17,5	0,0005
XY Leo	EW/KW	0,2841	asi 19	asi 0,05
SW Lyn	EA/DW	0,6441	6,0	0,012
DI Peg	EA/SD	0,7118	22,1	0,008
IP Peg	E/CV	0,1582	4,7	0,001
RT Per	EA/SD	0,8494	43	asi 0,04
Y Sex	EW/KW	0,4198	58	asi 0,035
V471 Tau	EA/WD	0,5212	23,4	0,0023
W UMa	EW/KW	0,3336	asi 60	asi 0,02
VV UMa	EA/SD	0,6874	22,3	0,024
XY UMa	EA/DW	0,4790	30,5	asi 0,015

Přítomnost sinusoidy méně jistá:				
Hvězda	Typ	Orbitální perioda	Perioda sinusoidy	Celková amplituda sinusoidy
AD And	EB/DW:	0,9862	asi 12	asi 0,05
BX And	EB/DW:	0,6101	asi 70	asi 0,04
CX Aqr	EA/SD	0,5560	asi 60	asi 0,01
CZ Aqr	EA/SD	0,8628	asi 40	asi 0,02
ZZ Aur	EB/KE	0,6012	asi 70	asi 0,02
TY Boo	EW/KW	0,3171	>50	asi 0,035
SV Cam	EA/DW	0,5931	asi 50	asi 0,02
WY Cnc	EA/SD	0,8294	82,9	0,02
RV CVn	EW/SD:	0,2696	asi 60	0,018

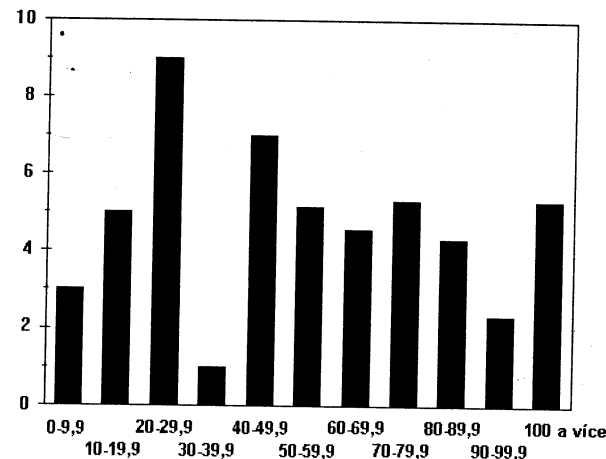


Hvězda	Typ	Orbitální perioda	Perioda sinusoidy	Celková amplituda sinusoidy
AL Cas	EW	0,5006	>70	asi 0,01
DO Cas	EB/KE	0,6847	asi 23	asi 0,0035
DK Cep	EA/SD	0,9859	asi 50	asi 0,025
VY Cet	EW/KW	0,3408	asi 7	asi 0,02
RW Com	EW/KW	0,2373	16	asi 0,014
CG Cyg	EA/SD	0,6311	46,5	0,016
GO Cyg	EB/KE	0,7178	asi 100	asi 0,04
KR Cyg	EB	0,8452	27,8	0,007
V859 Cyg	EW	0,4050	asi 45	asi 0,04
V979 Cyg	EW/KW	0,3737	asi 85	asi 0,04
RU Eri	EB/KE	0,6322	asi 70	asi 0,01
U Gem	E/CV	0,1769	asi 25	asi 0,0015
YY Gem	EA/DM	0,8143	>=70	asi 0,005
SZ Her	EA/SD	0,8181	66	0,030
TT Her	EB/KE	0,9121	>90	asi 0,05
EU Hya	EA/DW	0,7782	asi 25	asi 0,02
FG Hya	EW/KW	0,3278	>60	asi 0,12
EM Lac	EW/KW	0,3891	asi 50	asi 0,02
UV Lyn	EW/KW	0,4150	>=100	asi 0,06
V453 Mon	EW	0,6870	>=60	>0,1
BN Peg	EA	0,7133	asi 43	asi 0,01
RS Sct	EB/SD	0,6642	asi 65	asi 0,016
CT Tau	EW/KE	0,6668	asi 45	asi 0,025
UX UMa	EA/NL	0,1967	asi 45	asi 0,004
AA UMa	EW/KW	0,4681	asi 25	asi 0,014
QQ Vul	E/CV	0,1545	--	--

V seznamu nejsou uvedeny některé další hvězdy, např. DX Aqr a DM Del, které také možná mají sinusovité O-C diagramy, ale zatím je to kvůli nedostatku pozorování velmi nejisté.

Periody a celkové amplitudy sinusoid byly ve většině případů odhadnuty z O-C diagramů v Kreinerově Atlasu a jsou tedy jenom přibližné. Velká část práce, t.j. shromáždění okamžiků minim pro jednotlivé hvězdy, sestavení vlastních O-C diagramů a jejich vyhodnocení z hlediska přítomnosti třetích těles, ještě není hotova.

Přesto si dovoluji na závěr ukázat jeden výsledek získaný z těchto předběžných dat. Je to rozdělení četnosti period sinusoid v desetiletých intervalech (0 - 9,9 roků, 10 - 19,9 roků, atd.), znázorněné ve formě sloupcového grafu na přiloženém obrázku. Z něho je vidět, že v daném souboru 55 hvězd jsou nejvíce zastoupeny sinusoidy s periodami od 20 do 29,9 roků, přičemž na obě strany od tohoto intervalu jejich četnost klesá.



#### Literatura:

- Albayrak B., Özeren F. F., Ekmekçi F., Demircan O., 1999, Rev. Mex. Astron. Astrofis., 35, 3
- Borkovits T., Hegedüs T., 1996, Astron. Astrophys., Suppl. Ser., 120, 63
- Frieboes-Conde H., Herczeg T., 1973, Astron. Astrophys., Suppl. Ser., 12, 1
- Chandler S. C., 1888, Astron. J., 7, 165
- Kreiner J. M., Kim Ch.-H., Nha I.-S., 2001: An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars. Kraków, Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej. Parts 1-6
- Mayer P., 2004, ASP Conference Series, 318, 233
- Mayer P., 1990, Bull. Astron. Inst. Czechoslovakia, 41, 231





Pribulla T., Kreiner J. M., Tremko J., 2003, Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso, 33, 38

Pribulla T., Chochol D., Tremko J., Kreiner J. M., 2005, ASP Conference Series, 335, 103 (v tisku)

Tokovinin A., 2004, Rev. Mex. Astron. Astrofis., Serie de Conferencias, 21, 7  
Veer F. van't, 1991, Astron. Astrophys., 250, 84

Wolf M., Mayer P., Zasche P., Šarounová L., Zejda M., 2004, ASP Conference Series, 318, 255

Woltjer J., 1922, Bull. Astron. Inst. Netherlands, 1, 93

## BL Camelopardalis: Fotometrická kampaň na říjen až prosinec 2005

Petra Pecharová, Marek Wolf

### BL Camelopardalis: Photometric campaign Oct. to Dec. 2005

BL Cam ( $\alpha = 3\text{h } 48\text{m } 19\text{s}$ ,  $\delta = +63^\circ 22' 07''$ ,  $V \sim 13,1$  mag,  $\Delta V = 0,33$  mag) je pulsující proměnná hvězda typu SX Phe s mnoha zajímavými vlastnostmi. Hvězdy typu SX Phe se obecně vyznačují zejména krátkými periodami pulsací od 0,03 do 0,08 dne, malými amplitudami světelných změn (0,3 - 0,7 mag) a nízkou metalicitou (tj. zastoupením těžších prvků). Navíc jsou mnohem méně vyvinuté než ostatní stejně staré hvězdy. Na jejich vznik existuje několik opravdu exotických teorií, jako např. splynutí těsné dvojhvězdy. Sama BL Cam má mezi těmito hvězdami druhou nejkratší periodu a i jinak se projevuje jako velmi unikátní. Mění totiž jak výšku maxim, tak i periodu. Existují důkazy, že za posledních dvacet let se perioda prodlužuje, ale rychleji, než by měla podle současných vývojových modelů.

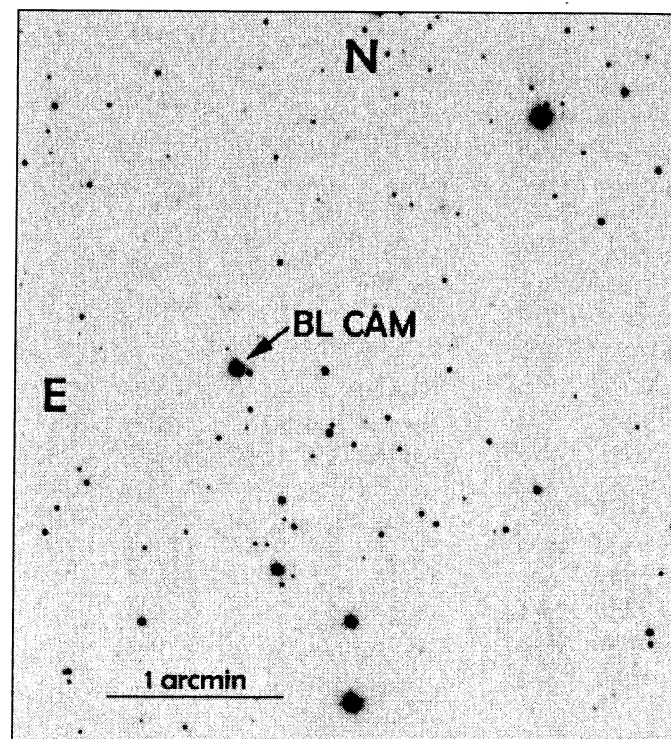
Důvodem fotometrické kampaně této proměnné hvězdy je zejména určení první harmonické frekvence. Základní frekvence je dobře známá,  $f_0 = 25,5762$  cyklů/den (odpovídá periodě asi 56 minut), ale v určení  $f_1$  panuje nejistota jednoho cyklu: je to buď 31,6 c/d nebo 32,6 c/d. Proto Dr. Eloy Rodriguez (Instituto de Astrofísica de Andalucía, Granada) a Stéphane Fauvaud (spolupracující fr. amatér) vyhlašují kampaň na pozorování této zajímavé a neobvyklé hvězdy s cílem určit správně tuto frekvenci - a tím také určit poměr mezi  $f_0$  a  $f_1$ . Tento poměr je důležitý zejména z hlediska modelů hvězdné evoluce.



Díky své vysoké deklinaci je BL Cam pozorovatelná nejlépe v zimním období. Kdokoli se chce této kampaně zúčastnit, měl by v zájmu homogenity celého souboru dat sledovat tuto proměnnou ve filtru V (nebo podobném). Citlivá CCD kamera na středním dalekohledu je ovšem podmínkou, expoziční časy by neměly překročit 60 s. Všechna data musí být podle požadavku koordinátorů opravena o atmosférickou extinkci a také efekty CCD (tj. dark frame, flat-field, bias) a posílána ve formě diferenciální fotometrie (HJD, delta mag).

Opravdoví zájemci o spolupráci necht' se hlásí buď autorům této výzvy nebo přímo na adresu St. Fauvauda [stephane.fauvaud@wanadoo.fr]. Dále je uvedena mapa okolí BL Cam s vyznačením vhodných srovnávacích hvězd.

Petra Pecharová, Marek Wolf, AÚ MFF UK Praha  
petra.pech@post.cz



Mapka / Chart of  
BL Camelopardalis



## Došlá pozorování

## New Observations

## Databáze BRNO - zákrytové proměnné hvězdy

Miloslav Zejda

V následujícím přehledu jsou uvedena všechna pozorování doručená k publikaci na brněnskou hvězdárnu a předběžně zařazená k publikaci v období od 2. 10. 2004 do 1. 2. 2005. CCD pozorování jsou podtržena.

## Šmelcer L., os. číslo 938

<u>IM Vul</u>	9 7 2004	15793
<u>IM Vul</u>	9 7 2004	15794
<u>IM Vul</u>	25 8 2004	15795
<u>KZ Dra</u>	11 10 2004	15796
<u>KZ Dra</u>	27 8 2003	15797
<u>LR Com</u>	12 4 2004	15798
<u>LR Com</u>	13 4 2004	15799
<u>LR Com</u>	21 4 2004	15800
<u>LR Com</u>	22 4 2004	15801
<u>LR Com</u>	1 12 2004	15802
<u>MisV1095 And</u>	16 9 2003	15803
<u>MisV1095 And</u>	6 10 2004	15804
<u>MisV1095 And</u>	21 11 2004	15805
<u>V523 Aur</u>	5 12 2004	15806
<u>V523 Aur</u>	6 1 2005	15831
<u>V523 Aur</u>	8 1 2005	15832
<u>V523 Aur</u>	10 1 2005	15833
<u>V523 Aur</u>	10 1 2005	15834
<u>V523 Aur</u>	11 1 2005	15835
<u>V523 Aur</u>	13 1 2005	15836
<u>MisV1095 And</u>	10 1 2005	15837
<u>MisV1095 And</u>	21 12 2004	15838
<u>V523 Aur</u>	8 1 2005	15839
<u>IM Vul</u>	9 9 2004	15840
<u>IM Vul</u>	17 8 2004	15841
<u>00470482 Cet</u>	10 1 2005	15842

## Tokár T., os. číslo 1083

<u>RU UMi</u>	15 8 2004	15861
<b>Vrašťák M., os. číslo 866</b>		
<u>AU Lac</u>	25 9 2003	15761
<u>WZ And</u>	21 9 2003	15762
<u>PV Cas</u>	20 9 2003	15763
<u>RZ Cas</u>	20 9 2003	15764
<u>V374 Cas</u>	20 9 2003	15765
<u>ER Ori</u>	25 12 2002	15766
<u>AW Vul</u>	23 9 2003	15767
<u>IU Per</u>	23 9 2003	15768
<u>BX Peg</u>	25 9 2003	15769
<u>V338 Her</u>	25 9 2003	15770
<u>EP Cas</u>	26 9 2003	15771
<u>IS Cas</u>	26 9 2003	15772

## Zejda M., os. číslo 891

<u>UU Aqr</u>	5 8 2004	15820
<u>UU Aqr</u>	5 8 2004	15821
<u>V417 Aql</u>	4 8 2004	15822
<u>V407 Aql</u>	4 8 2004	15823
<u>V803 Aql</u>	4 8 2004	15824
<u>V784 Aql</u>	7 8 2004	15825
<u>V784 Aql</u>	7 8 2004	15826
<u>V784 Aql</u>	7 8 2004	15827
<u>FG Sct</u>	6 8 2004	15828
<u>FG Sct</u>	6 8 2004	15829
<u>FG Sct</u>	6 8 2004	15830



## Došlá pozorování

## New Observations

## Databáze BRNO - zákrytové proměnné hvězdy

Miloslav Zejda

V následujícím přehledu jsou uvedena všechna pozorování doručená k publikaci na brněnskou hvězdárnu a předběžně zařazená k publikaci v období od 2. 2. 2005 do 21. 3. 2005. Všechna uvedená pozorování byla pořízena pomocí CCD.

## Brát L., os. číslo 52

<u>UV Leo</u>	15 12 2004	16124
<u>IQ Per</u>	20 12 2004	16125
<u>AX Dra</u>	15 12 2004	16126
<b>Ehrenberger R., os. číslo 986</b>		
<u>AB And</u>	21 7 2004	16127
<u>EF Boo</u>	21 7 2004	16128
<u>TZ Lyr</u>	4 8 2004	16129
<u>UW Boo</u>	23 7 2004	16130
<u>V508 Oph</u>	3 8 2004	16131
<u>AO Ser</u>	30 5 2004	16142
<u>CG Cyg</u>	26 6 2004	16143
<u>V404 Lyr</u>	29 5 2004	16144
<u>V787 Lyr</u>	17 7 2004	16145
<u>WZ Cyg</u>	6 7 2004	16146
<u>ZZ Cyg</u>	17 7 2004	16147

## Zejda M., os. číslo 891

<u>26851186 Cyg</u>	4 8 2004	15866
<u>26851186 Cyg</u>	4 8 2004	15867
<u>V388 Cyg</u>	8 8 2004	15868
<u>V388 Cyg</u>	8 8 2004	15869
<u>26851186 Cyg</u>	8 8 2004	15870
<u>26851186 Cyg</u>	8 8 2004	15871
<u>26851186 Cyg</u>	8 8 2004	15872
<u>26851453 Cyg</u>	8 8 2004	15873
<u>26850099 Cyg</u>	8 8 2004	15874
<u>26850099 Cyg</u>	8 8 2004	15875
<u>26850099 Cyg</u>	8 8 2004	15876

<u>V442 Cyg</u>	9 8 2004	15877
<u>V442 Cyg</u>	9 8 2004	15878
<u>V442 Cyg</u>	9 8 2004	15879
<u>26851186 Cyg</u>	9 8 2004	15880
<u>26851186 Cyg</u>	9 8 2004	15881
<u>26851453 Cyg</u>	9 8 2004	15882
<u>26851453 Cyg</u>	9 8 2004	15883
<u>FG Sct</u>	10 8 2004	15884
<u>FG Sct</u>	10 8 2004	15885
<u>FG Sct</u>	10 8 2004	15886
<u>FG Sct</u>	10 8 2004	15887
<u>FG Sct</u>	10 8 2004	15888
<u>FG Sct</u>	10 8 2004	15889
<u>EM Lac</u>	11 8 2004	15890
<u>EM Lac</u>	11 8 2004	15891
<u>EM Lac</u>	11 8 2004	15892
<u>26851186 Cyg</u>	10 8 2004	15893
<u>26851453 Cyg</u>	10 8 2004	15894
<u>26851453 Cyg</u>	10 8 2004	15895
<u>26850099 Cyg</u>	11 8 2004	15896
<u>26850099 Cyg</u>	11 8 2004	15897
<u>26850099 Cyg</u>	10 8 2004	15898
<u>V1147 Cyg</u>	11 8 2004	15899
<u>V1147 Cyg</u>	11 8 2004	15900
<u>V1147 Cyg</u>	11 8 2004	15901
<u>V959 Cyg</u>	11 8 2004	15902
<u>V959 Cyg</u>	11 8 2004	15903
<u>V959 Cyg</u>	11 8 2004	15904



## PERSEUS

V761 Aql	15	8 2004	15905	XY Sct	6	9 2004	15941
26822870 Cyg	16	8 2004	15906	XY Sct	6	9 2004	15942
26822870 Cyg	16	8 2004	15907	XY Sct	6	9 2004	15943
26822870 Cyg	16	8 2004	15908	GZ And	6	9 2004	15944
V442 Cyg	15	8 2004	15909	GZ And	6	9 2004	15945
V442 Cyg	15	8 2004	15910	GZ And	6	9 2004	15946
V442 Cyg	15	8 2004	15911	CG Cyg	6	9 2004	15947
26851453 Cyg	15	8 2004	15912	26850099 Cyg	7	9 2004	15948
26851453 Cyg	15	8 2004	15913	26850099 Cyg	7	9 2004	15949
V635 Cyg	29	8 2004	15914	26850099 Cyg	6	9 2004	15950
GV Cyg	29	8 2004	15915	WX Eri	7	9 2004	15951
V1414 Cyg	29	8 2004	15916	V859 Cyg	7	9 2004	15952
IP Lac	29	8 2004	15917	CzeV52 Cyg	7	9 2004	15953
V442 Cyg	29	8 2004	15918	CzeV53 Cyg	7	9 2004	15954
V442 Cyg	29	8 2004	15919	V865 Cyg	7	9 2004	15955
V442 Cyg	29	8 2004	15920	V401 Cyg	7	9 2004	15956
26851186 Cyg	28	8 2004	15921	V870 Cyg	7	9 2004	15957
26851186 Cyg	28	8 2004	15922	V822 Cyg	7	9 2004	15958
XY Sct	2	9 2004	15923	V706 Cyg	7	9 2004	15959
XY Sct	2	9 2004	15924	V851 Cas	8	9 2004	15960
V789 Her	3	9 2004	15925	EI Cas	8	9 2004	15961
V789 Her	3	9 2004	15926	EY Cas	8	9 2004	15962
V789 Her	3	9 2004	15927	KL Cas	8	9 2004	15963
KT Cas	4	9 2004	15928	V799 Cas	7	9 2004	15964
V442 Cyg	3	9 2004	15929	AU Lac	10	9 2004	15965
V442 Cyg	3	9 2004	15930	TZ Lac	10	9 2004	15966
V442 Cyg	3	9 2004	15931	V344 Lac	10	9 2004	15967
26850099 Cyg	3	9 2004	15932	V344 Lac	11	9 2004	15968
26850099 Cyg	3	9 2004	15933	EM Lac	11	9 2004	15969
26850099 Cyg	3	9 2004	15934	EM Lac	10	9 2004	15970
TW Dra	5	9 2004	15935	PP Lac	10	9 2004	15971
TW Dra	5	9 2004	15936	PP Lac	11	9 2004	15972
TW Dra	5	9 2004	15937	RW Lac	10	9 2004	15973
MisV1095 And	6	9 2004	15938	GH Lac	10	9 2004	15974
MisV1095 And	6	9 2004	15939	V711 Cyg	10	9 2004	15975
V478 Cyg	6	9 2004	15940	AG Per	10	9 2004	15976

## PERSEUS

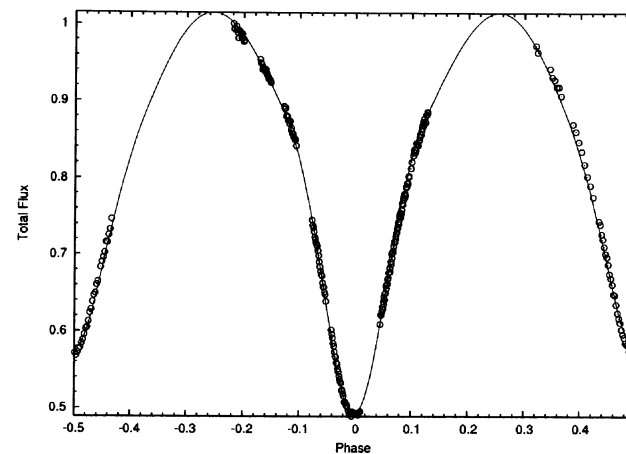


FZ Del	19	9 2004	15977	IU Per	22	12 2004	16013
V1004 Cyg	11	10 2004	15978	IU Per	22	12 2004	16014
V1019 Cyg	11	10 2004	15979	IU Per	22	12 2004	16015
V700 Cyg	11	10 2004	15980	TU CMi	5	12 2004	16016
V865 Cyg	11	10 2004	15981	TU CMi	5	12 2004	16017
V877 Cyg	11	10 2004	15982	TU CMi	5	12 2004	16018
CzeV53 Cyg	11	10 2004	15983	GZ And	4	12 2004	16019
23360281 Tri	12	10 2004	15984	GZ And	4	12 2004	16020
23360281 Tri	12	10 2004	15985	GZ And	4	12 2004	16021
XZ Per	12	10 2004	15986	GZ And	4	12 2004	16022
UX UMa	12	10 2004	15987	GZ And	4	12 2004	16023
V388 Cyg	11	10 2004	15988	GZ And	4	12 2004	16024
V388 Cyg	11	10 2004	15989	AH Cas	5	12 2004	16025
V388 Cyg	11	10 2004	15990	40681253 Cam	20	11 2004	16026
X Tri	12	10 2004	15991	IU Aur	9	1 2005	16027
DR Vul	18	10 2004	15992	37081325 Per	10	1 2005	16028
VY Cet	19	10 2004	15993	37081325 Per	10	1 2005	16029
DY Aqr	20	10 2004	15994	37081325 Per	10	1 2005	16030
BL Eri	21	10 2004	15995	AG CMi	10	1 2005	16031
BW Aqr	22	10 2004	15996	AG CMi	10	1 2005	16032
TV Cet	22	10 2004	15997	AG CMi	10	1 2005	16033
UX Eri	23	10 2004	15998	XZ UMa	16	1 2005	16034
KV Gem	19	11 2004	15999	XZ UMa	16	1 2005	16035
KV Gem	19	11 2004	16000	XZ UMa	16	1 2005	16036
KV Gem	19	11 2004	16001	TW Dra	17	1 2005	16037
KV Gem	20	11 2004	16002	TW Dra	17	1 2005	16038
KV Gem	20	11 2004	16003	TW Dra	17	1 2005	16039
KV Gem	20	11 2004	16004	TW Dra	17	1 2005	16040
V364 Aur	20	12 2004	16005	WZ And	17	1 2005	16041
KW Peg	20	12 2004	16006	WZ And	17	1 2005	16042
BX Peg	20	12 2004	16007	WZ And	17	1 2005	16043
CW Cas	21	12 2004	16008	HD285166 Tau	17	1 2005	16044
CW Cas	21	12 2004	16009	HD285166 Tau	17	1 2005	16045
CW Cas	21	12 2004	16010	TW CrB	18	1 2005	16046
CW Cas	21	12 2004	16011	TW CrB	18	1 2005	16047
IU Per	22	12 2004	16012	EK Cep	18	1 2005	16048

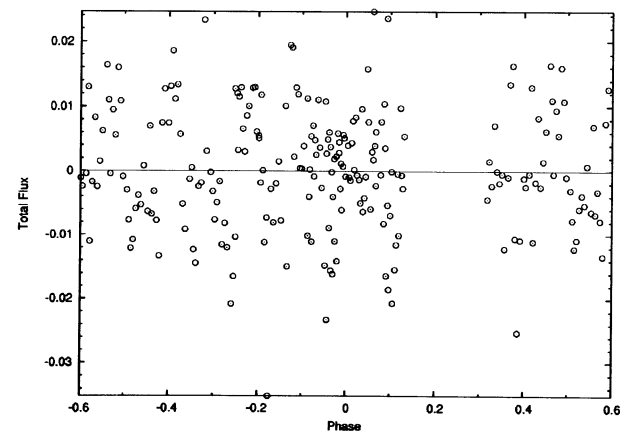


EK Cep	18	1	2005	16049	CzeV87 Mon	7	2	2005	16084
EK Cep	18	1	2005	16050	BB Mon	8	2	2005	16085
XZ CMi	18	1	2005	16051	AP Leo	9	2	2005	16086
XZ CMi	18	1	2005	16052	DG Com	9	2	2005	16087
GH Mon	5	2	2005	16053	LO Com	9	2	2005	16088
HM Mon	5	2	2005	16054	WY Cnc	9	2	2005	16089
NN Mon	5	2	2005	16055	HW Vir	9	2	2005	16090
48162749 Mon	5	2	2005	16056	EF Dra	8	2	2005	16091
BB Mon	5	2	2005	16057	V523 Aur	12	3	2005	16092
V396 Mon	5	2	2005	16058	V523 Aur	12	3	2005	16093
TW Dra	5	2	2005	16059	V523 Aur	12	3	2005	16094
TW Dra	5	2	2005	16060	TY Lib	13	3	2005	16095
TW Dra	5	2	2005	16061	TY Lib	13	3	2005	16096
TW Dra	5	2	2005	16062	TZ Boo	12	3	2005	16097
QV Ori	7	2	2005	16063	TZ Boo	13	3	2005	16098
V396 Mon	7	2	2005	16064	TZ Boo	13	3	2005	16099
FZ Ori	8	2	2005	16065	TZ Boo	12	3	2005	16100
AV CMi	8	2	2005	16066	WZ Leo	15	3	2005	16101
07700523 CMi	8	2	2005	16067	Y Leo	15	3	2005	16102
V453 Mon	8	2	2005	16068	BL Leo	16	3	2005	16103
TX CMi	8	2	2005	16069	BL Leo	16	3	2005	16104
TX CMi	8	2	2005	16070	BW Leo	15	3	2005	16105
CzeV62 CMi	8	2	2005	16071	BW Leo	15	3	2005	16106
CzeV62 CMi	8	2	2005	16072	GU Ori	15	3	2005	16107
TU CMi	8	2	2005	16073	EF Ori	15	3	2005	16108
WY Hya	8	2	2005	16074	V523 Aur	20	3	2005	16109
BM Mon	7	2	2005	16075	V523 Aur	20	3	2005	16110
EQ Ori	7	2	2005	16076	V523 Aur	20	3	2005	16111
RR Lep	7	2	2005	16077	SS Lib	21	3	2005	16112
AO CMi	7	2	2005	16078	SS Lib	21	3	2005	16113
XZ CMi	7	2	2005	16079	VZ Lib	21	3	2005	16114
GU Ori	7	2	2005	16080	VZ Lib	21	3	2005	16115
GU Ori	7	2	2005	16081	V392 Ori	20	3	2005	16116
GU Ori	7	2	2005	16082	AV Gem	21	3	2005	16117
CzeV85 Mon	7	2	2005	16083	FG Gem	21	3	2005	16118

pokračování příště...



Obr.4: Řešení světelné křivky hvězdy V700 Cyg - viz článek První kroky s PHOEBE, strana 19



Obr.5: Rezidua řešení světelné křivky UU Lyn - viz článek První kroky s PHOEBE, strana 19