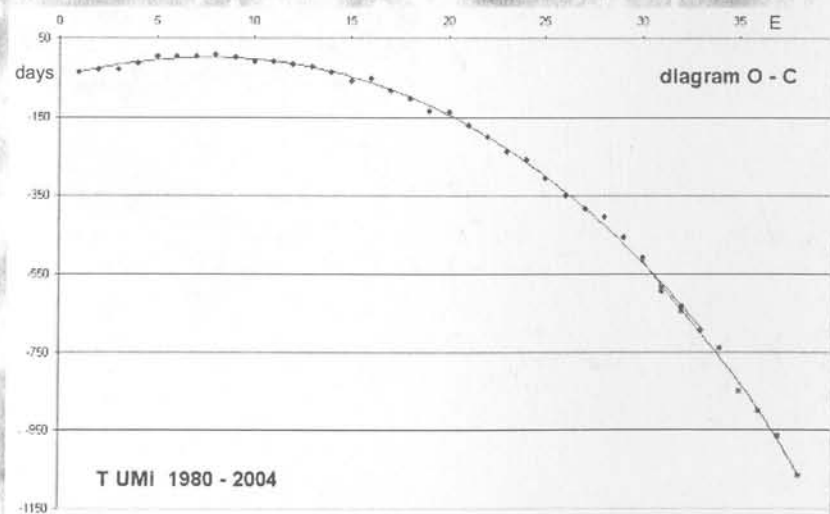


Graf 3 ke článku *CCD fotometrie ve Valašském Meziříčí*. Světelná křivka dlouhoperiodické proměnné T UMi. Jedna z nejdéle sledovaných hvězd v mém programu. Její zajímavostí je extrémní zkracování periody, pravděpodobně způsobené vzplanutím hélia v blízkosti jádra. Z původní hodnoty 300 dní koncem 80. let to nyní stihne za 200 dní. / *Light curve of the long-period variable star T UMi. This is one of the stars with the longest coverage in Valašské Meziříčí. An interesting feature is an extreme decrease of the period length, possibly caused by an ignition of helium near the stellar core. The period decreased from 300 days in the late eighties to 200 days at present.*



Graf 4 ke článku *CCD fotometrie ve Valašském Meziříčí* na straně 32. / *The profile of the O-C diagram nicely reflects the change of the period length of T UMi.*

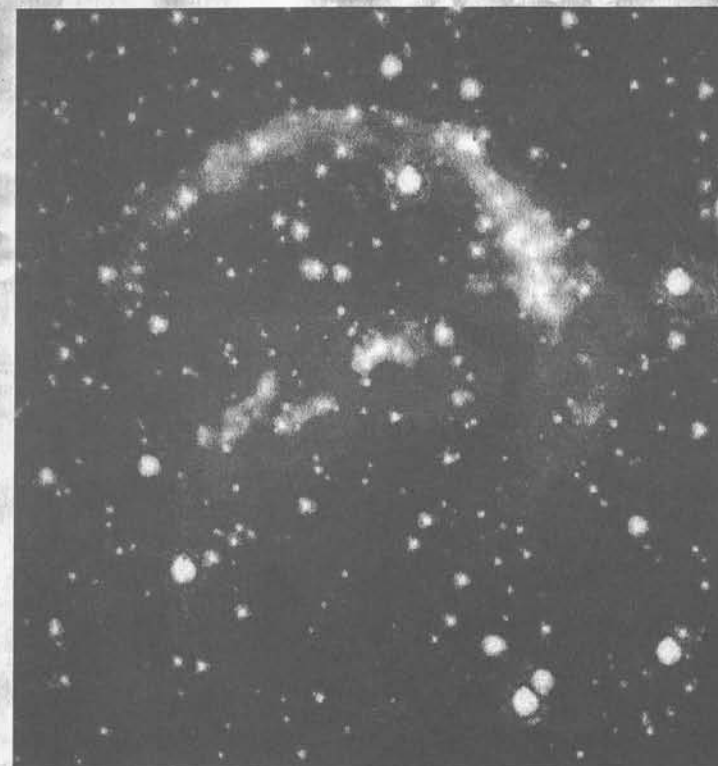
# PERSEVS

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



6/2004

ROČNÍK 14



HVĚZDY A VESMÍR  
V2540 Oph - (NE) OBYČEJNÁ NOVA  
FOTOMETRIA PREMENNÝCH HVIEZD V HLOHOVCI I. APARATÚRA  
CCD FOTOMETRIE VE VALAŠSKÉM MEZIŘÍČÍ  
DATABÁZE CCD POZOROVÁNÍ PROMĚNNÝCH HVĚZD  
DOŠLÁ POZOROVÁNÍ - ČÁST I.

## 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

safarovabrno@email.cz (i přes změnu jména platí mail nadále)

Platbu je možné rovněž poslat na adresu hospodáře:

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

Vychází 6x ročně. Ročník 14. ISSN 1213-9300. MK ČR E14652.  
Číslo 6/2004 dáno do tisku 28. 2. 2005, náklad 140 kusů.

---

## Obsah

### Contents

---

Hvězdy a vesmír anebo...bez hvězd bychom se neobešli?, <i>Z. Mikulášek</i> . . . . .	2
Stars and universe - could we do without stars?	
V2540 Oph - (ne)obyčejná nova, <i>O. Pejcha</i> . . . . .	17
V2540 Oph - an (extra) ordinary nova	
Fotometria proměnných hvězd v Hlohovci I. Aparatúra, . . . . .	25
<i>K. Petřík, G. Szász, M. Chrastina</i>	
Variable star photometry at Hlohovec I. Observing set	
CCD fotometrie ve Valašském Meziříčí, <i>J. Šmelcer</i> . . . . .	32
CCD photometry at Valašské Meziříčí observatory	
Databáze CCD pozorování proměnných hvězd, <i>L. Šarounová</i> . . . . .	34
Variable star CCD observing database	
Došlá pozorování, <i>M. Zejda</i> . . . . .	35
New observations	

Obrázek na obálce: 1 - Umělecká imprese  
2 - Graf 3 a 4: Světelná křivka a O-C diagram T UMi (článek str. 32)



## Hvězdy a vesmír anebo ... bez hvězd bychom se neobešli?

Zdeněk Mikulášek

### Stars and universe - could we do without stars?

*Přehled o podílu hvězd na hmotnosti, Contribution of stars to mass, radiation and záření a chemickém vývoji vesmíru. chemical development of the universe - overview.*

**R**ozhlédnete-li se po temné bezmračné obloze, spatříte tam především spousty hvězd, také ovšem Mléčnou dráhu a pár mlžnatých útvarů - povětšinou hvězdokup, či galaxií, jež ovšem také nejsou ničím jiným, než nerozlišeným nakupením hvězd. Vezmete-li si na pomoc dalekohled, celkový pohled se v zásadě nezmění, i nadále se tu budeme sčítávat buď s jednotlivými hvězdami nebo s rozlehlými hvězdnými soustavami čítajícími někdy i biliony hvězd. Celý prostor vesmíru zdá se být hustě osídlen zářivými hvězdami. Hvězdy navíc v sobě soustřeďují spoustu hmoty, v jejich nitrech se přeměňují prvky, mění se chemické složení vesmíru.

Až do nedávna se proto mělo za to, že jsou to právě hvězdy, jež určují stavbu a vývoj celého vesmíru. Nicméně už od osmdesátých let dvacátého století začalo být jasné, že hvězdy ve vesmíru první housle nehrají. Některá prvenství jim ale přece jen zůstala. Jaké je tedy postavení hvězd mezi ostatními tělesy či útvary, jaká je jejich role, za co jim vděčíme a za co ne?

### Podíl hvězd na hmotnosti vesmíru

Dlouho se soudilo, že valná většina hmoty ve vesmíru je vázána ve hvězdách. Pravda, od třicátých let minulého století se vědělo o existenci mezihvězdného plynu a prachu, o mezihvězdné látce, ale ta pro hvězdy žádnou větší konkurenci neznamenala. I ty neoptimističtější odhady nedávaly mezihvězdné látce více než 10% podíl na celkové hmotnosti látky. Realistický odhad tohoto podílu je několik málo procent. Brzy se ale ukázalo, že na hmotnosti galaxií a kup galaxií se velmi silně podílí jistá forma hmoty, která se projevuje jen gravitačně. Z pohybu hvězd v galaxiích a ze vzájemných pohybů členů kup nebo skupin galaxií bylo možné odvodit, že hmotnostní podíl této přímo nepozorovatelné součásti těchto obřích hvězdných soustav činí snad až desetinásobek celkové hmotnosti galaxií. Skrytá hmota zde naplňuje o mnoho větší objem, než jaký vytyčují svítící hvězdy, je součástí rozměrných korón galaxií,

kteří se často pronikají a překrývají. Například koróna naší Galaxie dosahuje až Magellanovým mračnům, jejichž koróny jsou pak do naší galaktické koróny zcela ponořeny.

Je téměř jisté, že skrytá látka není tvořena stejnými elementárními částicemi jako látka, s níž se setkáváme u hvězd, planetárních soustav a rozptýlené mezihvězdné látky, kde v této souvislosti mluvíme o tzv. baryonové<sup>1</sup>) hmotě. Až do osmdesátých let minulého století se soudilo, že převážnou část baryonové hmoty mají astronomové pod kontrolou, neboť jde o hmotu buď svítící nebo alespoň světlo pohlcující, soustředěnou především v galaxiích. Brzy na to se však ukázalo, že valnou většinu baryonové hmoty nenajdeme v galaxiích, ale v mezagalaktickém prostoru, kde se vyskytuje v podobě gigantických, velmi řídkých a velmi horkých mračen ionizovaného plynu.

Prostor mezi galaxiemi je vyplněn velice zředěnou silně zahřátou látkou s průměrnou hustotou 1 atom na metr krychlový. Tato *mezagalaktická látka* (intergalactic medium - IGM) je tvořena převážně ionizovaným vodíkem a heliem se stopovou příměsí těžších prvků, které tam byly zaneseny galaktickým větrem z pozůstatků po výbuších supernov. Mezagalaktické prostředí není ani zdaleka homogenní - nacházíme zde oblasti, jejichž teploty a hustoty se liší až o několik řádů. Mezagalaktický plyn v důsledku své vysoké teploty září převážně v oboru měkkého rentgenového záření, jeho chladnější složky se zase projevují úzkými absorpčními čarami vodíku, ale i mnohokrát ionizovaného kyslíku, které nacházíme ve spektrech vzdálených kvasarů.

Řídká a nesmírně horká mračna tvořící mezagalaktické prostředí zřejmě nikdy nevychladnou natolik, aby mohla v astronomicky dohledné době dát vznik nové generaci hvězd. Odhaduje se, že v mezagalaktickém prostředí se nachází nejméně pětkrát více baryonové hmoty, než kolik je jí v současnosti soustředěno ve hvězdách.

Degradace role hvězd jako hmotnostně důležitých objektů, které svým rozložením určují stavbu a vývoj vesmíru, pokročila na počátku tohoto století, kdy se prokázalo, že ve vesmíru existuje hmotnostně ještě významnější složka hmoty, a totiž tzv. temná energie, která mj. způsobuje i to, že se vesmír stále rychleji rozpíná. Ta podle všeho v současnosti obsahuje 73% hmoty celého vesmíru, 23% hmoty pak připadá na gravitačně přitažlivou skrytou chladnou látku a zbylá 4% na baryonovou látku, tedy na atomy. Z těchto procent zhruba 3,5% připadá na zředěnou mezagalaktickou látku, takže na hvězdy zbývá odhadem sotva půl procenta hmotnosti celého vesmíru.

Nicméně je toto půlprocento velmi důležité, protože hvězdy, které jsou skvělými



výrobci fotonů, tento temný a ponurý vesmír osvětlují a značkují nám svou přítomností rozložení jiných forem látky, které se svícením vůbec nenamáhají.

Jak je to tedy s hvězdami jako zdroji elektromagnetického záření, kosmického záření, neutrin a gravitačních vln?

### Podíl hvězd na záření ve vesmíru

Hvězdy na viditelné obloze. Astronomové se shodují v tom, že převážná část fotonů viditelného záření pochází z rozžhavených povrchů hvězd. Zbývající část pak povstala synchrotronovým mechanismem, tedy interakcí rychlých elektronů s makroskopickým magnetickým polem v rozptýleném mezihvězdném prostředí, např. v obálkách supernov, i když zde valná většina záření je vyzařena v rádiovém oboru. Zdatnou konkurenci hvězdám představují aktivní jádra galaxií, zejména pak kvasary či blazary, které vyzařují značný výkon, a to i ve vizuálním oboru elektromagnetického záření. V centru těchto struktur nacházíme masivní černé díry o hmotnostech stovek tisíc i bilionů Sluncí, jejichž zdrojem energie je energie uvolněná pádem mezihvězdné látky do centra.

Důvod, proč jsou nejvýznamnějším zdrojem viditelného záření ve vesmíru právě hvězdy, je třeba hledat v jejich počtu, plošné výměře jejich povrchů, přiměřeně vysokých povrchových teplotách a povaze jejich vyzařování. Jak jsme již ukázali, valná většina hvězd viditelných na hvězdné obloze září podobně jako absolutně černá tělesa o teplotách od 3 000 do 20 000 K, a podstatnou část svého zářivého výkonu vysílají právě v optickém oboru. Jako příklad lze uvést naše Slunce, které ve viditelném oboru záření ohraničeném vlnovými délkami 380 nm a 780 nm, vyzařuje 90% svého celkového zářivého výkonu.

Odchylky v rozložení energie ve spektru reálných hvězd od rozložení energie absolutně černého tělesa s toutéž efektivní teplotou nejsou příliš významné, a jsou-li, pak vesměs ještě zlepšují světelnou bilanci hvězd. Tak třeba u našeho Slunce, hvězdy s efektivní teplotou 5779 K platí, že jasová teplota v optickém oboru činí 6034 K, což je ovšem možné jen tak, že v krátkovlnném i dlouhovlnném oboru Slunce září méně, než by odpovídalo jeho efektivní teplotě. Příčinou této skutečnosti je fakt, že sluneční fotosféra je v ultrafialové a infračervené oblasti hůře průhledná,

<sup>1</sup>) Baryony jsou těžké elementární části vesměs tvořené kvarky spojenými gluony. Nejčastějšími formami baryonů jsou protony a neutrony a jejich antičástice.



akže zde vidíme svrchnější, a tudíž chladnější části sluneční fotosféry, ve viditelné oblasti dohlédneme do Slunce hlouběji.

U horkých hvězd třídy A a B s efektivními teplotami kolem 10 000 kelvinů se na přispívá ke zvýšení výkonu ve viditelné oblasti přerozdělení energie z blízké ultrafialové oblasti v důsledku absorpce vodíku v již neviditelné oblasti Balmerova skoku a čar Lymanovy série. Pohlcená energie se pak sice opět vyzařuje, a to nejen v ultrafialovém oboru, ale i v optickém oboru elektromagnetického záření. Právě u hvězd s efektivní teplotou kolem 10 000 kelvinů se rozložení energie ve spektru nejvíce odlišuje od záření absolutně černého tělesa téže absolutní teploty.

V bezprostředním okolí extrémně žhavých hvězd, které převážnou část svého zářivého výkonu vyzařují v blízké ultrafialové oblasti spektra, pak zpravidla najdeme množství mezihvězdného plynu, který toto krátkovlnné záření pohlcuje a poté opět vyzařuje v dlouhovlnnějším oboru. Oblasti ionizovaného vodíku (HII oblasti) buzené k záření žhavými hmotnými hvězdami jsou pak objekty s největším světelným výkonem v galaxiích. Chladné hvězdy se spektrálním typem M5 a pozdějším ovšem září převážně v oblasti blízkého infračerveného záření, i když ani jejich světelný výkon není zanedbatelný. Uvědomme si, že jejich teplota je srovnatelná s teplotou vlákna žárovky, které nejčastěji používáme ke svícení.

Pokud však analyzujeme jednotlivé složky hvězdné populace z hlediska jejich příspěvků k celkovému světlu hvězdné oblohy, pak zjišťujeme, že ji z valné části zajišťují uměřeně teplé hvězdy hlavní posloupnosti třídy A a obří spektrálního typu K.

Zatímco ve viditelném oboru jsou hvězdy nejdůležitějšími zdroji, nemusí tomu tak být v jiných oborech elektromagnetického záření. Jak by tedy vypadala obloha, pokud bychom se na ni podívali rádiovými, infračervenými nebo rentgenovými očima?

Hvězdy na rentgenové a gama obloze. Pozorujeme-li oblohu v oboru rentgenového záření, naskytá úplně jiný obrázek, než na jaký jsme zvyklí. Na rentgenové obloze se totiž setkáváme jen se zcela extrémními objekty, v nichž se nacházejí oblasti s teplotami o tři i více řádů větší, než jsou teploty fotosféry běžných hvězd. Většinu z jasných hvězd seskládaných do souhvězdí vůbec nezahlédneme, i když se mezi nimi najdou výjimky - budou to hvězdy s mohutnými korónami, v nichž září plyn zahřátý na desítky milionů kelvinů.

Pěkně by jistě zářila v rentgenovém oboru hustá žhavá jádra hvězd s teplotami několika milionů až stovek milionů kelvinů. Ta jsou ale zcela zastíněna mocnou



vrstvou neprůhledného relativně chladného hvězdného materiálu. S hustějším horkým plynem této teploty se setkáváme jen v situacích, kdy dochází k přetoku a následnému pádu hvězdného materiálu v těsných soustavách, jejichž jednou složkou jsou suprahusté kompaktní objekty jako neutronové hvězdy nebo černé díry. Takovýchto diskretních zdrojů krátkovlnného záření však není mnoho - v naší Galaxii se stovkami miliard hvězd je jich sotva několik stovek!

Dalšími mohutnými zdroji rentgenového záření, jež pracují na podobném principu, jsou aktivní jádra galaxií, kde padá mezihvězdný materiál na povrch masivních černých děr o hmotnosti milionů Sluncí.

Kromě víceméně stabilních diskretních zdrojů rentgenového nebo gama záření jsou zde zdroje zábleskové, při jejichž vzplanutí je ve zlomku sekundy uvolněna obrovská energie, a to především v tomto krátkovlnném oboru. Jakkoli se tyto záblesky gama pozorují několik desetiletí, stále není jisté jaká je jejich podstata, podle všeho však jde o několik odlišných typů objektů, které projevují stejně (podobná situace jako u nov a supernov různých typů). Velmi pravděpodobně však jde o mimořádně bouřlivou epizodu ze života některých hvězd!

Převážnou část výkonu v oboru rentgenového záření vysílají do prostoru difúzní zdroje, ať už to je řídký, srážkami s okolní mezihvězdnou látkou zahřátý plyn v rychle expandujících zbytcích po supernovách nebo rozsáhlá oblaka mezigalaktického vodíku s teplotou desítek i stovek milionů kelvinů.

Hvězdy na infračerveném obloze. Rovněž obloha v infračerveném oboru spektru se značně liší od oblohy pozorované ve viditelném záření. Podobně jako na obloze v dalších neoptických oblastech elektromagnetického záření tu dominuje rozptýlené neboli difúzní záření, které přichází doslova odevšad. Má tři hlavní složky - jde tu o záření drobné meziplanetární látky, zejména pak prachových částic, které se koncentrují především v rovině sluneční soustavy v prostoru uvnitř Jupiterovy dráhy, dále pak o záření mračen mezihvězdného prachu, který se zase soustřeďuje především v rovině Galaxie a v jejich centrálních oblastech. Na infračerveném obloze s určitostí rozeznáte též sousední galaxie, zejména pak Velké a Malé Magellanovo mračno a galaxie M 31 a M 33. Konečně to je pak rozptýlené reliktní záření, přicházející k nám ze všech směrů z vesmíru starého zhruba 380 000 let.

V raném vesmíru byla podstatná část baryonové látky, tvořené vodíkem a heliem, silně ionizovaná, v prostoru se potulovalo množství volných elektronů, na nichž se rozptylovaly fotony fotonového plynu. Záření a látka byly v kontaktu, v rovnováze, byly popisovány touž termodynamickou teplotou. V důsledku expanze vesmír řidnul



a chladnul. V době, kdy jeho hustota poklesla pod  $4,7 \times 10^{19} \text{ kg m}^{-3}$  a teplota sestoupila na cca 3000 K, došlo velice rychle k rekombinaci, při níž se téměř všechny volné elektrony uklidily do atomů, které pak pro postupující záření již nepředstavovaly žádnou vážnou překážku. Fotony převážně viditelného a blízkého infračerveného záření se osvobodily a vydaly se na dlouhou pouť vesmírem. Ten se za dalších 13,7 miliardy let zvětšil asi 1100krát, což vedlo k tomu, že se ve stejném poměru zvětšily i vlnové délky a úměrně jim poklesla energie těchto fotonů. Nyní k přicházejí fotony reliktního záření, které má povahu elektromagnetického (vesměs mikrovlnného) záření o rovnovážné teplotě 2,725 kelvinů. Jejich existence je důkazem horkého a hustého počátku našeho vesmíru. V nepatrných odchylkách od dokonalé izotropie pak reliktní fotony přináší neocenitelné informace týkající se stavu vesmíru v období rekombinace. Koncentrace fotonů reliktního záření je i v současnosti stále hodně vysoká: v  $1 \text{ m}^3$  najdeme v průměru 411 milionů reliktních fotonů.

Diskretní zdroje, jako jsou hvězdy, v infračerveném oboru září málo. Paradoxně jsou zde jasnější hvězdy spíše teplejší a nikoli ty, které pro svou nízkou teplotu vyzařují podstatnou část svého zářivého výkonu právě v infračervené oblasti. Snadno to pochopíme, osvěžíme-li si známou poučku, že jednotka plochy absolutně černého tělesa teplejšího než to druhé vyzařuje více záření ve všech vlnových délkách. Pokud se tedy chtějí chladné hvězdy proti horkým nějak prosadit, pak to mohou udělat jedině svými rozměry. Na infračerveném obloze (pomineme-li ovšem Slunce) se tak kromě výjimečně zářivých a horkých hvězd, jako je  $\eta$  Carinae uplatňují i mimořádně zářivé červené hvězdy asymptotické větve obrů, které do svého okolí vyvrhují velké množství prachových částic, které pak posledku kolem hvězdy vytvoří opticky neprůhledný kokon, kde se pohltí veškeré záření vlastní hvězdy. Pohlcená energie přispěje k ohřátí obrovského prachového mračna, které pak září v infračerveném oboru s výkonem odpovídajícím výkonu hvězdy uvnitř.

Příkladem takové infračervené superstar je objekt označovaný IRC 10°216, druhý nejjasnější diskretní zdroj po již zmiňované  $\eta$  Carinae na infračerveném obloze v pásmu 10 mikrometrů. Na optické obloze je známa jako proměnná hvězda CW Leonis, která má ve oboru V jen 18 magnitud. Hvězda je pulsujícím červeným veleobrem asymptotické větve obrů s teplotou 2300 K a poloměrem cca 500  $R_A$ . Viditelné světlo této 650 světelných let vzdálené hvězdy o výkonu 6 000 Sluncí, která by se nám za normálních okolností jevila jako nepřilíš nápadná hvězda 5. velikosti, je však prakticky zcela pohlceno v mračnech prachu a materiálu vznikající planetární



mlhoviny. Ta vzniká hvězdným větrem unášejícím z hvězdy každoročně látku o hmotnosti  $3 \times 10^{-5}$  MA. V současnosti je průměr prachového kokonu kolem hvězdy asi 10 AU a rozpíná se rychlostí cca  $15 \text{ km s}^{-1}$ . Hvězda uvnitř o hmotnosti několika Sluncí zřejmě již brzy vyčerpá veškeré zásoby jaderného paliva a skončí svůj jaderný vývoj jako horké jádro planetární mlhoviny.

Hvězdy na rádiové obloze. Zatímco na jiných oblohách vždy bezkonkurenčně kralovalo Slunce, na obloze radiové to není tak jednoznačné. Pouze tehdy, je-li Slunce na vrcholu své aktivity, překonává celkový tok energie pocházející z difúzního zdroje - rádiového pozadí. Naprostá většina záření Slunce přitom nepřichází z jeho fotosféry, ale z vrstev mnohem vyšších, převážně z korony.

Slunci v oblasti delších radiových vln konkuruje magnetosféra Jupiteru naditá rychle se pohybujícími volnými elektrony spirálujícími v Jupiterově mohutném magnetickém poli. Pokud pomíneme Měsíc, který jen pasivně odráží dopadající radiové záření Slunce, souvisejí další zdroje s pozůstatky po supernovách.

Nejasnějším je zdroj Casiopea A, obálka supernovy, která beze svědků vybuchla někdy v 16. až 17. století. Pak je to známá Krabí mlhovina obklopující velmi aktivní pulsar, který se proti ní prosadí jen v dlouhých radiových vlnách. Pak následují buď blízké nebo aktivní galaxie, kde synchrotronovým mechanismem radiově září oblaka plynu vyvržená velkou rychlostí z centrálních aktivních jader. Zde jmenujme po řadě galaxii ze sousedství M 31 a kvasary 3C 295 a 3C 273.

Nejasnější "normální" radiohvězdou je rozměrný červený veleobr Antares se silnou koronální a chromosférickou aktivitou. Hvězdné fotosféry jsou radiově temné, září jen některé oblasti vnějších řídkých vrstev atmosféry, kde se nachází množství rychlých elektronů brzděných silným magnetickým polem.

Elektromagnetické záření ve vesmíru. Prostorem vesmíru putuje rychlostí světla množství fotonů všech možných vlnových délek a energií. Ani zdaleka nejsou zastoupeny rovnoměrně. Co do koncentrace zde bezkonkurenčně vedou fotony reliktního záření, jehož vlastnosti se velice blíží vlastnostem záření absolutně černého tělesa o termodynamické teplotě 2,725 K. Znamená to, že v  $1 \text{ m}^3$  najdeme v průměru 411 000 000 reliktních fotonů. Na týž objem vesmíru pak připadá v průměru 0,22 nukleonů a odhadem 13 000 fotonů vyzářených hvězdami. Třebaže průměrná energie jednoho reliktního fotonu je v průměru 1 300krát menší než energie fotonu hvězdného, hustota energie reliktních fotonů zhruba pětadvacetinásobně předčí hustotu energie skrytou ve fotonech hvězdného záření! Hvězdný příspěvek k celkové



hustotě energie elektromagnetického záření sice rok od roku relativně roste, nikdy se však hustotě energie reliktního záření nevyrovná!

Valná většina energie fotonů je tedy v reliktním záření, dále pak ve "hvězdných fotonech", které jsou jak z viditelné oblasti, tak z blízké infračervené. Záření radiové, ultrafialové, rentgenové či dokonce záření gama je sice zajímavé, mnoho energie však v sobě netají.

K záření se někdy počítá i tok neutrin a kosmického záření, a taktéž záření gravitačního, jehož hustota energie je však zcela zanedbatelná.

Hvězdy na neutrinové obloze. Pokud bychom měli schopnost vnímat směr a intenzitu toku přicházejících neutrin, pak bychom zřejmě konstatovali, že bezkonkurenčně nejjasnějším zdrojem na neutrinové obloze je Slunce. Neutrinové Slunce je ovšem mnohem menší než to viditelné, navíc není nijak ostře ohraničeno, ale je difúzním objektem o efektivním poloměru cca  $0,15 R_A$ , neboť právě tam probíhají termonukleární reakce, při nichž neutrina vznikají. Ostatní hvězdy jsou z důvodu nesrovnatelně větší vzdálenosti o mnoho řádů slabší než Slunce. Přitom ovšem neplatí jednoduchá úměrnost mezi zářivým výkonem hvězdy a neutrinovým výkonem. Hvězdy, které jsou v pokročilejším stadiu vývoje, což znamená, že v jejich nitru panují vyšší teploty než ve Slunci, vyzařují formou neutrin relativně více energie než Slunce.

Zcela extrémním případem pak jsou supernovy typu II, kde se v neutrinech odnese z hvězdy o několik řádů více energie, než kolik se jí odnese v elektromagnetickém záření. Zde je na místě uvést případ supernovy 1987A, jež vybuchla v sousední galaxii, ve Velkém Magellanově mračnu. Ta v okamžiku svého vzplanutí zazářila na neutrinové obloze na dobu několika sekund jasněji než Slunce. Jiné diskrétní objekty se na neutrinové obloze zatím nepodařilo pozorovat, protože jejich neutrinový výkon je hluboko pod detekčními možnostmi současných neutrinových dalekohledů, a od roku 1987 se v naší Galaxii ani v jejím sousedství žádná supernova nekonala.

Kosmické záření a hvězdy. Kosmické záření je všeobecný název pro částice s obrovskými energiemi, které se pohybují kosmickým prostorem. Jejich koncentrace v kosmickém prostoru je sice nepatrná, ale hustota energie zhruba odpovídá průměrné hustotě energie záření pocházející z hvězd. Informaci o tom, jakou povahu mají zdroje tzv. primárního kosmického záření, nemáme, protože směr toho záření nám nic nenapoví. Částice kosmického záření, typicky protony, jsou povětšinou nabitě částice a jejich dráhy prostorem jsou tak silně deformovány i velmi slabými



magnetickými poli v galaxiích. Výsledkem této skutečnosti je, že "zapomínají", kde vlastně vznikly, a k Zemi přicházejí zcela izotropně. Za zdroje částic kosmického záření teoretici považují nejčastěji supernovy či další exotické kosmické objekty, přímé důkazy pro toto podezření dosud chybějí.

### Podíl hvězd na chemickém vývoji vesmíru

Nezastupitelnou roli mají hvězdy v postupném utváření dnešního chemického složení té části látky vesmíru, která je tvořena z atomy či jejich ionty. Výskyt různých chemických prvků silně ovlivňuje stavbu a vývoj hvězd, jejich planetárních soustav, rozhodující roli zřejmě sehrává při vzniku a vývoji života až k rozumnému životu. Dnešní člověk je životně závislý i na výskytu nejrůznějších víceméně stopových prvků, bez nichž by dnešní technologický pokrok nebyl myslitelný.

Jak to tedy bylo se vznikem různých chemických prvků? Základem pro jejich tvorbu je nejhojnější prvek ve vesmíru - vodík. Jeho termonukleární přeměna na helium spojená s uvolněním nemalé vazebné energie je vůbec nejdůležitějším zdrojem energie naprosté většiny hvězd. Helium je druhým nejčastějším prvkem ve vesmíru, a jeho hmotnostní podíl činí cca 25%. Je ovšem s podivem, že drtivá většina dnešního helia nevznikla ve hvězdách, ale dávno před nimi, sotva tři minuty po velkém třesku.

Vznik prvotního helia a některých dalších lehkých prvků. Když byl raný vesmír ještě hodně mladý a tudíž horký, hrály v něm rozhodující roli vysoce energetické fotony. Srážkami těchto fotonů se tvořily dvojice částice-antičástice, které ovšem rychle znovu anihilovaly na fotony. Když teplota ve vesmíru klesla pod několik stovek  $\text{MeV}^2$ ), začaly se v něm objevovat i běžné nukleony (baryony), tedy protony a neutrony. Jejich případná spojení v podobě atomových jader měla jen jepičí život, neboť je neustále rozbíjely srážky s jinými nukleony i fotony. Mimo tyto součásti zde ovšem existovaly už i lehké částice, zvané leptony, jako elektrony a neutrina včetně jejich antičástic. Neutrony a neutrina interagovaly s elektrony a protony prostřednictvím slabé interakce, která je zodpovědná za radioaktivní rozpad nestabilních izotopů. Reakce probíhaly rychle a vzájemné přeměny protonů a neutronů začaly stále výrazněji vynívat ve prospěch protonů, které jsou méně hmotné než neutrony. Pokud by se nic dalšího nepříhodilo, pak by se všechny neutrony nakonec změnilly na protony. Jenže když teplota vesmíru poklesla pod 1  $\text{MeV}$ , chcete-li pod  $10^{10}$  K, tempo procesů vzájemné přeměny nukleonů dané slabou interakcí prudce pokleslo. Stalo se tak v době, kdy byl vesmír starý asi 1 sekundu. Tím došlo k jisté-



mu zafixování zbylého počtu neutronů (a neutrin) vůči protonům v poměru jeden neutron na sedm protonů.

Ani ten jeden neutron by však dlouho nevydržel, protože by se s poločasem 10 minut (opět v důsledku slabé interakce) rozpadl na proton, elektron a neutrino. Nicméně, k tomuto pozvolnému rozpadu ve většině případů vůbec nedošlo. Během následujících tří minut se totiž stalo něco jiného. Neutrony se začaly houfně spojit s protony a vytvářet tak jádra těžkého vodíku, deuteria. Deuterium velice brzy zreagovalo s dalším neutronem, čímž se vytvořilo trícium, jež takřka okamžitě pohltilo některý z okolních protonů, čímž se zformovalo velice pevně vázané jádro helia  $^4\text{He}$  sestávající ze dvou protonů a dvou neutronů. Protože neexistuje žádný stabilní jádro chemického prvku s pěti nukleony, ba ani s osmi nukleony<sup>3</sup>), nebyla už další hromadná nukleosyntéza možná, až na vytvoření stopových množství jednoho či dvou těžších prvků, z nichž jmenujme alespoň astrofyzikálně zajímavé  $^7\text{Li}$ . Navíc k vytváření dalších, složitějších jader by byla zapotřebí vyšší teplota a hustota, ale vývoj ve vesmíru šel opačným směrem - vesmír chladnul a řidnul.

Efektivně tato raná nukleosyntéza dopadla tak, že prakticky všechny tehdy zbylé neutrony skončily v jádrech  $^4\text{He}$ . Teorie raného vesmíru tak předpovídá, že už první tři minuty po začátku expanze by tu na každých dvanáct protonů mělo existovat jedno jádro helia. Zhruba tedy 25% v hmotnosti atomové složky vesmíru by mělo být tvořeno prvotním heliem. Vyšší obsah helia už by pak měl být výsledkem nukleogeneze v centrech hvězd.

Oněch zhruba 25% hmotnostního podílu prvotního helia se jeví jako dobře zdůvodněný výsledek, který je jen velice málo závislý na volných parametrech vesmíru, které mohou být diskutabilní. Je prostě výsledkem skutečnosti, že vesmír skutečně prošel obdobím, kdy byl značně horký a hustý, zhruba tak, jak je tomu v centrech hvězd. Ověřit si platnost tohoto výsledku ovšem lze pouze v těch případech, kdy očekáváme, že se setkáváme s látkou, která má složení odpovídající počátečnímu chemickému složení vesmíru. Jiné důležité předpovědi se týkají velikosti zastoupení takových nuklidů, jako jsou deuterium a lithium, přičemž zejména obsah deuteria velmi silně závisí na hmotnostním podílu baryonové složky vesmírné látky na celku. V případě, že by byla hustota baryonové látky vysoká, byla

<sup>2</sup>) To je taková teplota, při níž je střední energie jednotlivých částic několik stovek  $\text{MeV}$ .

<sup>3</sup>) Reakce  $3\alpha$  částic, kterou se v jádrech hvězd tvoří z helia uhlík, ve vesmíru už probíhat nemohla, neboť vesmír byl tou dobou už příliš řídký.



by prvotní nukleosyntéza účinnější, což by vedlo k k takřka úplné likvidaci deuteria. Naopak, byla-li tato hustota menší, pak bychom ve vesmíru měli pozorovat měřitelné množství deuteria, tak jak tomu skutečně je. Z obsahu prvotního deuteria v místech nedotčených nukleosyntézou lze vyvodit, že hmotnostní podíl látky ve vesmíru v podobě atomů musí činit zhruba 4 až 5%, ke kterémuž číslu lze dospět i jinými úvahami.

Helium pocházející z hvězd. Pokud srovnáváme hmotnostní zastoupení helia v povrchových vrstvách hvězd, které vznikly relativně nedávno se zastoupením helia u nejstarších pozorovaných hvězd, dospíváme zhruba k témuž číslu, které se jen nepatrně liší od obsahu prvotního helia. Znamená to snad, že se ve hvězdách helium nevytváří? To by ovšem nabouralo celou konstrukci hvězdné stavby a vývoje. Jak je to tedy možné?

Helium, jak známo, vzniká v centrálních částech hvězdy, které jsou od povrchových částí odděleny oblastí v zářivé rovnováze, kde je jakýkoliv vertikální pohyb utlumen. Helium tedy zůstává tam, kde vzniklo, tedy v centrálních částech hvězdy, zatímco povrchové části hvězdy mají stále takové složení, jaké měly při zrodu hvězdy. Časem ovšem dojde v centrálních částech hvězdy k přestavbě termonukleárního reaktoru, kdy se zde vznítí termonukleární reakce, které převádějí popel vodíkových reakcí na jiné, obecně těžší chemické prvky. Stavba hvězdy se změní, vnější části hvězdy expandují a ochladnou, ochranná neprostupná vrstva, kde se energie transportuje pomocí klidného procesu zářivé difúze, se ztenčuje. V určitých momentech hvězdného života, tehdy je-li hvězda červeným obrem asymptotické větve obrů, běžně dochází k tomu, že se konvekce prodere až k samotnému, termonukleárními reakcemi chemicky pozměněnému, jádru a jeho materiál vynese až do vnějších vrstev hvězdy. Odtud se pak už bez problému dostane prostřednictvím silného hvězdného větru, který tento materiál se zvýšeným obsahem těžších prvků vynese až do mezihvězdného prostředí, z něhož se formují další generace hvězd. V materiálu vneseném na povrch se kromě menšího množství helia vzniklého hvězdnou nukleogenezí objevují zejména tzv. biogenní prvky jako je uhlík, kyslík nebo dusík. Tímto transportem se tedy zejména zvyšuje obsah prvků těžších než helium, v menší míře pak obsah samotného helia.

Při oddělení planetární mlhoviny od horkého degenerovaného jádra ovšem k nějaké zvláštní kontaminaci okolí hvězdy nedochází, planetární mlhovina je v podstatě odvržený vnější obal hvězdy jen málo dotčený předchozím termonukleárním vývojem. Valná většina hvězdou nově vytvořených prvků zůstává většinou navždy



uložena v hustém, gravitačně pevně vázaném jádru, které se po vychladnutí stává bílým trpaslíkem.

Helia do prostoru nepřidá ani výbuch supernovy typu II, kde jde o explozi hvězdy ve velmi pokročilém stupni jaderného vývoje, kdy většina helia, které se ve hvězdě v průběhu věků vytvořilo, se již dávno změnila na jiné prvky.

Vznik těžších prvků ve hvězdách. Valná většina prvků těžších než helium, ale lehčích než hořčík, zřejmě vznikla jaderným hořením helia a dalších jaderných produktů v nitru hvězd sluneční hmotnosti, které se ve svém vývoji dostaly do stadia červeného obra asymptotické větve. V důsledku silné konvekce, která v závěrečných fázích aktivní části vývoje hvězdy několikrát prohrábne i místa, kde ve hvězdě hoří termonukleární reakce, se těžší prvky dostanou do vnějšího konvektivního obalu, a odtamtud pak hvězdným větrem, pulsacemi nebo odhozením planetární mlhoviny dostávají do mezihvězdného prostoru.

V supernovách všeho typu, těsně před vzplanutím v centrálních částech hvězdy vzroste teplota natolik, že zde jsou na chvíli možné i takové reakce, k jejichž uskutečňování je třeba energii dodávat. Hromadně tu vznikají všechny prvky Mendělejevovy tabulky a v důsledku následující exploze se též dostávají velkou rychlostí do prostoru. Supernovy jsou dvorním dodavatelem těžších prvků skupiny železa, troufnou si však i na syntézu transuranů.

Společným působením hvězd různých hmotností a osudů se původní chemické složení vesmíru s látkou složenou ze  $3/4$  z vodíku a z  $1/4$  z helia pozvolna mění tak, že na úkor vodíku, kterého je i tak stále dostatek, stále přibývá těžších prvků, takže sám obsah těchto prvků může posloužit jako docela solidní indikátor stáří hvězdy.

V raných fázích vesmíru vznikly jen lehčí prvky, a to až po  ${}^7\text{Li}$ . K tomu, aby se v raném vesmíru objevil též uhlík a kyslík a další těžší prvky už v raném vesmíru nezbyl čas - vesmír se rozpínal a chladnul příliš rychle. Tyto prvky se tu objevily teprve poté, co se v nitrech prvních hvězd vytvořilo vlastní helium a teplota vzrostla natolik, že se zde uplatnila velmi náročná reakce  $3\alpha$  částic. Pomocí ní se podařilo přeskóčit nejslabší místo v řetězci tvorby dalších stále složitější jader, jímž je nestabilita jádra  ${}^8\text{Be}$ , které sotva vzniklo, hned se rozpadá na dvě  $\alpha$  částice. Jedině při vysoké teplotě a hustotě se totiž stačí uskutečnit další reakce  ${}^8\text{Be} + {}^4\text{He}$ , z níž povstane již stabilní jádro běžného nuklidu uhlíku  ${}^{12}\text{C}$ .

Jak přispívají vývoji chemického složení vesmíru hvězdy různé hmotnosti? V předcházejícím výkladu jsme ukázali, že základní rysy stavby a vývoje hvězdy





jsou určeny především její počáteční hmotností a dále tím, zda tato hvězda je, či není složkou těsné dvojhvězdy. Chceme-li nyní posoudit příspěvek jednotlivých hmotnostních kategorií hvězd k vývoji chemického složení dejme tomu Galaxie, musíme si zodpovědět na několik důležitých otázek. Jakým tempem se hvězdy příslušného intervalu hmotností v minulosti v Galaxii rodily a rodí, a jak rychle se vyvíjejí? Jak vypadá po kvalitativní a kvantitativní stránce vývoj jaderný hvězd, jaká jsou závěrečná stadia vývoje hvězdy, kdy a jak hvězda odevzdává část své hmoty do kosmického prostoru? Jak ovlivňuje vývoj hvězdy její přítomnost v těsné dvojhvězdě?

Nejnižší hvězdnou hmotnostní kategorií jsou *hnědí trpaslíci* s počátečními (i konečnými) hmotnostmi od 0,01 do 0,075  $M_{\odot}$ . Jde sice o hvězdy poměrně početné - jejich množství je srovnatelné s počtem ostatních hvězd, ale vzhledem ke své nepatrné hmotnosti nepředstavují nejdůležitější část hvězdné populace. U těchto hvězd se v důsledku rychle nastoupivší elektronové degenerace zastaví počáteční smršťování ještě dříve, než se v nich zapálí termonukleární reakce převádějící vodík  $^1\text{H}$  na helium  $^4\text{He}$ . Ve většině z nich se zažehne a zcela spálí deuterium  $^2\text{H}$  na helium  $^4\text{He}$ , vzniklé v raném vesmíru, v hmotnějších hnědých trpaslících se vznítí  $^7\text{Li}$ , které shoří rovněž na  $^4\text{He}$ . Vzhledem k tomu, že hnědí trpaslíci jsou takřka plně konvektivní, proběhnou tyto reakce posilující obsah helia v celém těle hvězdy. S ohledem na to, že deuterium i lithium jsou v materiálu hnědých trpaslíků zastoupeny je ve stopovém množství, bude to zvýšení obsahu helia jen marginální.

Z hnědých trpaslíků se zpět do prostoru nedostane takřka žádná hmota, jediné snad v důsledku hvězdné aktivity těchto pidihvězd, která při rychlejší rotaci může být i docela bouřlivá. Pokud se v jejím důsledku dostane do okolí těchto hvězd něco z její látky, pak složení těchto vyvrženin bude dosti podobné složení zárodečné látky, jen s tím rozdílem, že zde mohou zcela chybět deuterium a lithium. Hnědí trpaslíci, když zcela vychladnou se stanou elektronově degenerovanou, tedy prakticky nedobytnou nádrží s hvězdným jaderným palivem.

Velmi početně zastoupenou kategorií *červených trpaslíků* s hmotnostmi od 0,075 do řekněme 0,5  $M_{\odot}$  tvoří hvězdy, které se při svém smršťování dokáží ohřát natolik, že se v jejich centru rozběhnou vodíkové reakce v takovém tempu, že dokáží pokrýt ztráty hvězdy dané jejím vyzářováním. Vzhledem k tomu, že hustý obal hvězdy představuje mimořádně dobrou tepelnou izolaci, jsou tyto ztráty minimální, velmi pomalé je tudíž i tempo, s nímž se vodík na helium v centrálních oblastech hvězdy mění. I ty nejstarší a nejzářivější červení trpaslíci této hmotnostní kategorie nespotřebovaly více než několik procent svých zásob vodíku a čeká je tudíž ještě



dlouhá, byť skromná budoucnost. I tyto hvězdy jsou aktivní, v důsledku nej-různějších procesů kolem sebe rozhazují hmotu, ta však k vývoji chemického složení Galaxie nijak zvlášť nepřispívá - jde opět zejména o vodík a helium v zastoupeních, která jsou běžná v okolní mezihvězdné látce.

Z hlediska budoucího vývoje chemického složení Galaxie se nabízí otázka, co bude dál s těmito hvězdami. Po čase vyčerpají svůj vodík v centru a zapálí se u nich slupkový zdroj hořícího vodíku obepínající vyhořelé heliové jádro, které brzy na to zdegeneruje. Vnějšíkově se hvězda stane červeným obrem ztrácejícím hmotu v důsledku stále rostoucího hvězdného větru. Do prostoru se ovšem bude dostávat jen látka nedotčená vnitřním jaderným vývojem, tedy vodík a helium s malým zastoupením těžších prvků. Když se celý vnitřek hvězdy změní na helium, hvězdný vývoj se zastaví, hvězda nemá dostatečnou hmotnost k tomu, aby se v jejím heliovém jádru vznítily heliové reakce. Z hvězdy vznikne heliový bílý trpaslík s hmotností pod 0,4  $M_{\odot}$ , který časem zcela vychladne. Vnější části se zásobami vodíku a helia hvězda odevzdá zpět do mezihvězdnému prostoru a nabídne je tak dalším generacím hvězd.

Zajímavější je to s *hvězdami sluneční hmotnosti* (0,5 až 11  $M_{\odot}$ ). Tak např. z našeho Slunce o počáteční hmotnosti 1,0  $M_{\odot}$  nakonec zbude elektronově degenerovaný trpaslík o hmotnosti cca 0,55  $M_{\odot}$  obsahující převážně popel z heliových reakcí - tedy uhlík a kyslík. Do prostoru odejde různými cestami 0,45  $M_{\odot}$  materiálu se složením velmi podobným složení počátečnímu, s výjimkou látky vypuzené v úplně posledních fázích aktivního vývoje hvězdy, kdy je tato látka kontaminována i zplodinami velmi pokročilé jaderného vývoje, tedy hlavně uhlíkem, kyslíkem a dusíkem<sup>4</sup>), což jsou také po vodíku a heliu nejčastější prvky ve vesmíru. Valná většina atomů, z nichž jsou složena naše těla i těla ostatních živých organismů pochází z nitra červených obrů asymptotické větve, objektů jimiž končí aktivní část vývoje hvězd sluneční hmotnosti. V nitru těchto hvězd ovšem vznikají i těžší prvky. Nikoli nepřetržitě, ale vždy, dojde-li v centrálních oblastech k náhlému vzestupu teploty, což se pravidelně stává během tzv. heliových pulzů, jimiž se zažehuje hoření helia obalují vyhořelé uhlíkokyslíkové jádro. Jakmile zásoba helia ve vrstvičce vyhoří, reakce se zastaví a k jejich zažehnutí je zapotřebí další heliový pulz.

Hvězd této hmotnostní kategorie je v Galaxii poměrně dost, navíc již řada z nich ve svém vývoji došla až do závěrečných fází svého života.

<sup>4</sup>) Dusík  $^{14}\text{N}$  se ve hvězdách objevuje ve větším množství všude tam, kde delší dobu probíhá CNO cyklus termonukleárního hoření vodíku.



Továrnami na výrobu těžších prvků jsou pak *hmotné hvězdy*, které mají hmoty na rozdávání a navíc se vyvíjejí mnohem rychleji. Těchto hvězd je však v Galaxii velice málo, navíc se nacházejí na specifických místech, zpravidla nedaleko místa svého narození. Tyto hvězdy po sobě zanechávají buď neutronovou hvězdu nebo černou díru, v každém případě objekt s nepoměrně menší hmotností, než je ta, s níž hmotná hvězda svůj život začínala. Veškerý zbytek hvězda vrací do mezihvězdného prostředí. Zprvu je to v důsledku silného hvězdného větru, který do prostoru odnáší látku z vnějších částí hvězdy nedotčených jaderným vývojem v nitru, nakonec v důsledku výbuchu supernovy, která do prostoru odnáší kromě vnějšího obalu i větší část vnitřku hvězdy, kde regulárně probíhaly nejrůznější termonukleární reakce předtím, než hvězda vybuchla. V tomto materiálu pak najdeme kromě helia, uhlíku a kyslíku, i další prvky až po železo. Navíc tam ovšem jsou chemické prvky, které vznikly samotné explozí supernovy, kdy byl dostatek energie i k tvorbě velice těžkých prvků - olova, zlata, uranu i transuranů. Vše se vzplanutím supernovy dostalo do mezihvězdného prostoru, kde se tento materiál smísil s mezihvězdnou látkou, z níž vznikla další pokolení hvězd s vyšším zastoupením těžších prvků.

### Hvězdy a lidé

Existence lidské civilizace a kultury je plně závislá na vlastnostech naší mateřské hvězdy, která je spolehlivým zdrojem pro život nezbytné energie, stejně tak na vhodném chemickém a geologickém složení naší planety, na němž se podepsaly celé generace hvězd, z nichž některé již zanikly nebo dožívají v ústraní jako chladnoucí černí trpaslíci, neutronové hvězdy nebo černé díry. Naprostá většina atomů, z nichž jsou složena naše těla, v minulosti alespoň jednou, ne-li vícekrát prošla tělem hvězdy. Bez hvězd osvětlujících temné končiny vesmíru bychom si jen stěží uměli představit a prozkoumat jeho stavbu a vývoj.

Náš zájem o hvězdy tak není náhodný, bez nich bychom tu prostě nebyli! Ať žijí hvězdy!

Text přednášky a současně úryvek z připravované vysokoškolské učebnice Zdeňka Mikuláška a Jiřího Krtičky: *Základy fyziky hvězd*, nakl. Academia, Praha 2005



## V2540 Oph - (ne)obyčejná nova

Ondřej Pejcha

### V2540 Oph - an (extra)ordinary nova

*V2540 Oph je pomalá nova, která byla objevena už ve své přechodové fázi. V článku je všeobecně popsán fotometrický a spektrální vývoj nov se zaměřením na přechodovou fázi, při níž některé novy vykazují kvaziperiodické oscilace. Je diskutována též vícebarevná CCD fotometrie V2540 Oph. Na vizuálních pozorováních několika nov s kvaziperiodickými oscilacemi jsou uvedeny omezení na vysvětlující fyzikální model.*

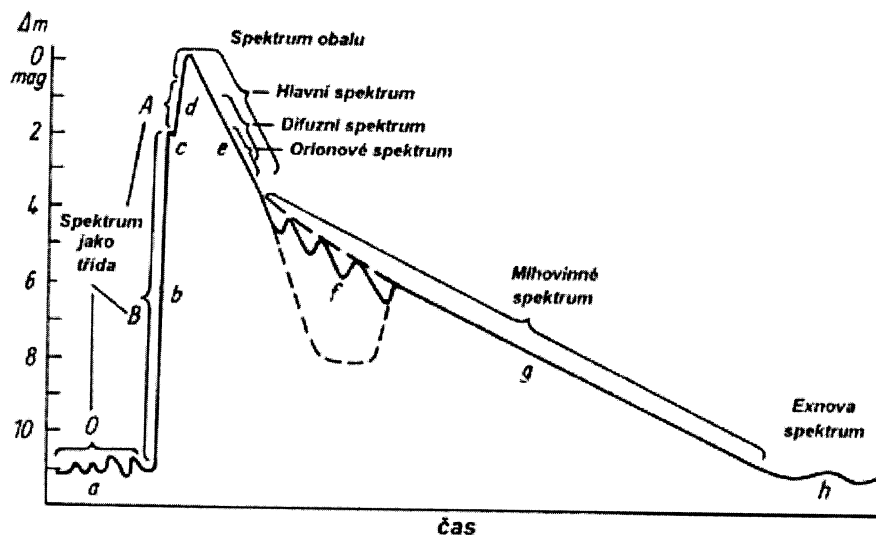
*V2540 Oph (Nova Oph 2002) is a slow nova, which was discovered in the midst of its transition phase. The article describes photometric and spectroscopic evolution of novae in general with focus on the transition phase, which is on some novae marked by quasiperiodic oscillations. Multicolour CCD photometry of V2540 Oph is discussed, too. Visual estimates of some novae exhibiting transition phase are used to set constraints on the physical model to explain quasiperiodic oscillations.*

### Klasické novy a přechodová fáze

V současné době už velice dobře víme, proč dochází k výbuchům klasických nov. Díky pracem Starrfielda a dalších dnes víme, že zjasnění až o 15 magnitud jsou způsobena termonukleárním výbuchem ve vodíkové slupce bílého trpaslíka, která pochází z blízké sekundární hvězdy. Teorie výbuchů nov byla propracována natolik, že se potvrdily její předpovědi (např. fáze konstantní bolometrické jasnosti, která byla poprvé pozorována u FH Ser).

Obrázek 1 (na další straně) znázorňuje typickou světelnou křivku novy. Pro různé části světelné křivky je znázorněna též klasifikace spektra novy v příslušném období; tato spektrální klasifikace pochází od McLaughlina (1960) a je pouze empirická - nevyovídá nic o fyzikálních procesech, ke kterým v nově dochází. Velké množství spekter nov je k dispozici v práci Williamse (1992).

Možná nejzajímavější částí světelné křivky nov je tzv. přechodová fáze, která nastává přibližně 2-4 mag pod hlavním maximem a na Obrázku 1 je zaznačena písmenem f. V přechodové fázi se populace nov rozdělí na tři skupiny. U první skupiny se žádné neobvyklé chování nevyskytuje - nova plynule slábne. U hvězd typu DQ Her dochází k hlubokému poklesu jasnosti, který způsobuje objevení se prachu kolem soustavy. Po tom, co se prach rozptýlí, pokračují tyto novy v poklesu do minima. Přibližně 15% nov však během své přechodové fáze vykazují cyklické oscilace jasnosti s amplitudou až 1.5 mag a délkou cyklu v jednotkách až desítkách dnů.



Obr. 1: Typická světelná křivka novy. Zaznačen je spektrální vývoj podle McLaughlina. Převzato od Warnera (1995).

Fig. 1: Typical nova light curve. McLaughlin's spectral evolution is shown, too. Adjusted from Warner (1995).

Retter (2002) uvádí přehled dosud existujících vysvětlení pro tyto oscilace

- Oscilace ve společné obálce, která obklopuje novu po výbuchu
- Výbuchy jako u trpasličích nov
- Vytvoření prachových oblaků, které přecházejí před novou
- Pulzace na povrchu bílého trpaslíka
- Oscilace ve hvězdném větru

Nedávno se snažili Csák et al. (2004) vysvětlit oscilace jako "echo-výbuchy", které jsou způsobeny nestabilitou v hoření vodíku na povrchu bílého trpaslíka.

Jako nejslibnější se v současné době jeví poslední dva zmíněné modely. Oscilace ve hvězdném větru staví na fyzikálně propracované teorii Shaviva (2001) a Owocki et al. (2004), která by kromě přechodové fáze vysvětlila i hvězdný vítr u velmi hmotných hvězd jako  $\eta$  Car. Csák et al. (2004) zase mají svůj model podpořen detailní spektroskopii novy V4745 Sgr. Definitivní odpověď na tento problém není

dosud známa. Odsud níže už budou pod přechodovou fází myšleny pouze tyto kvaziperiodické oscilace.

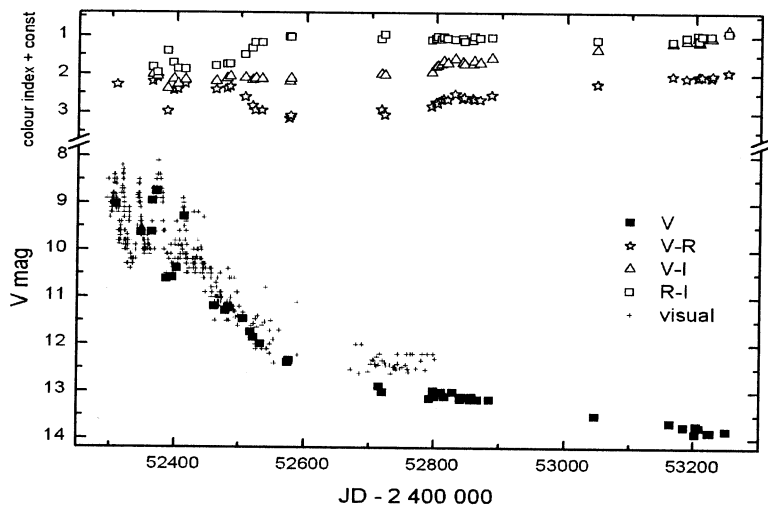
### V2540 Oph - historie a pozorování

Nova Oph 2002 byla objevena jako nový objekt 9. hvězdné velikosti v lednu 2002 nezávisle dvěma japonskými amatéry. Po spektroskopickém potvrzení dostala definitivní označení V2540 Oph. Ranou vizuální světelnou křivku z databáze VSNET a základní parametry (poloha, absolutní jasnost z MMRD závislosti) shrnuje Kato et al. (2002). V tomtéž roce publikovali Rudy et al. (2002) infračervenou spektroskopii V2540 Oph. Retter et al. (2002) detekovali změny o amplitudě 0.02 mag s periodou asi 2.5 hodiny a spekulovali o přítomnosti magnetického pole v soustavě. Předchůdce V2540 Oph není viditelný na skenech DSS-II, je tedy slabší než 21 mag a amplituda výbuchu činí tedy přinejmenším 12 mag. Podrobná prohlídka snímků projektu Super COSMOS, které byly pořízeny přes H $\alpha$  filtr, ukazuje náznak slabého objektu na poloze V2540 Oph.

Novu jsme pozoroval po přibližně 1000 dnů od února 2002 až do současnosti pomocí 40 cm dalekohledu brněnské hvězdárny, kamery SBIG ST-7 a filtrů VRI. Díky neobvyklým spektrům nov se silnými emisními čarami není možné korektně převést měření do mezinárodního systému. Naměřená světelná křivka je uvedena na Obrázku 2 (na další straně).

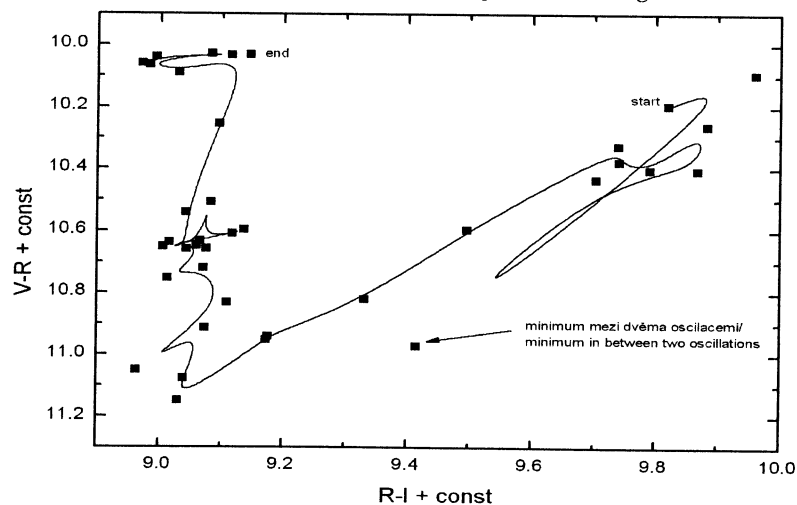
Ze světelné křivky je zřejmé, že hned po objevu nastala přechodová fáze (viz detailní diskuse v samostatné části) - skutečné maximum nejspíš nastalo v době, kdy byl Hadonoš v konjunkci se Sluncem. Kolem juliánského data 52480 (červenec 2002) došlo k první radikální změně barevných indexů novy. Nastalo zvětšení V-R, snížení R-I a index V-I zůstal v podstatě konstantní. To můžeme vysvětlit zesílením čáry H $\alpha$ , která víceméně dominuje záření novy ve filtru R - nova vstoupila do nebulární fáze. Ve filtru V a hlavně ve filtru I se nenachází příliš mnoho spektrálních čar - měříme zde tedy kontinuum. Ke druhé výrazné změně barevných indexů došlo téměř přesně o rok později kolem JD 52800 (červen 2003), kdy se začaly snižovat indexy V-R a V-I, zatímco R-I zůstal téměř konstantní. V tomto okamžiku se buď začala zvyšovat intenzita čar zasahujících do filtru V (O I na 500 nm, Fe II nebo zakázaná čára dusíku) nebo se hmota odvrhnutá výbuchem dostatečně rozptýlila a začal prosvítat horký bílý trpaslík, který pochopitelně září hlavně v krátkovlnné oblasti spektra.

Na Obrázku 3 je zaznačen dvoubarevný diagram, který ukazuje vývoj barev novy.



Obr. 2: Celková světelná křivka V2540 Oph. Detailní komentář v textu.

Fig. 2: V2540 Oph overall lightcurve. Notice the spectacular changes in the color indices.



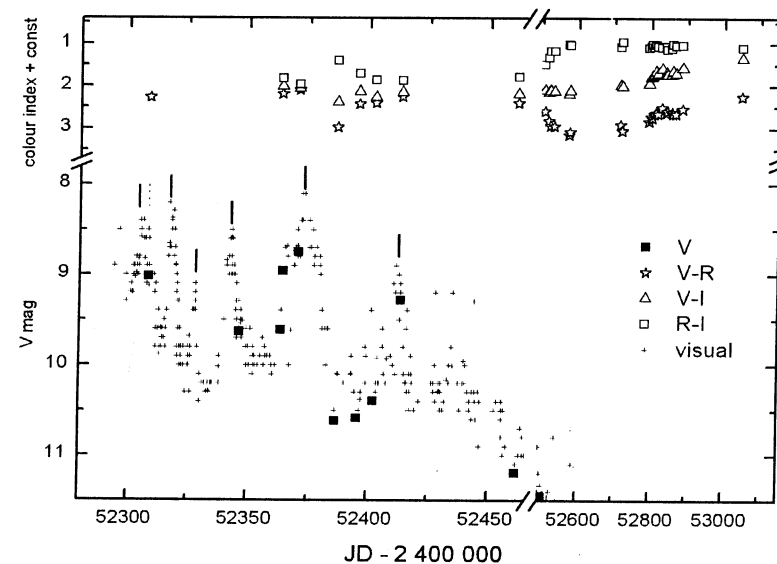
Obr. 3: Dvoubarevný diagram V2540 Oph. Odlehlý bod odpovídá minimu oscilací v přechodové fázi. Plnou čarou je zaznačeno proložení splinem.

Fig. 3: Two-colour diagram of V2540 Oph. The outlined point corresponds to the minimum of oscillation. Solid line denotes spline fit to the data.



### Přechodová fáze u V2540 Oph a u nov obecně

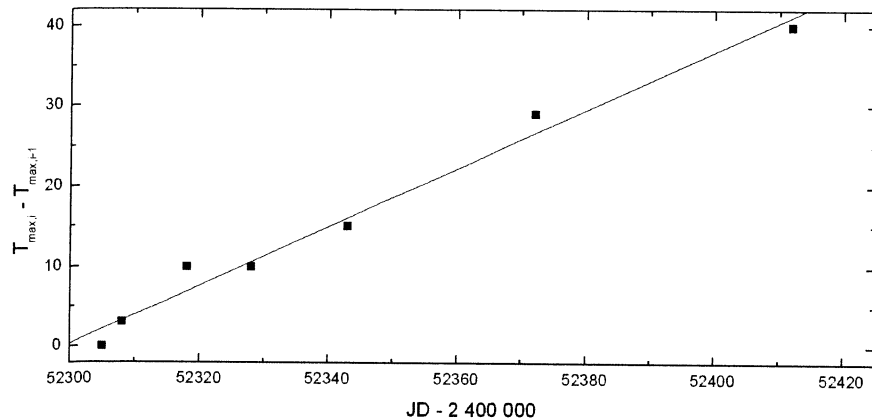
Pro detailnější studium přechodové fáze u V2540 Oph je na Obrázku 4 zvětšena příslušná část světelné křivky. Dle vizuálních pozorování bylo zachyceno 6 až 7 maxim oscilací. Spektroskopická pozorování V4745 Sgr Csáka et al. (2004) ukazují, že během minim oscilací se stává spektrální typ novy podstatně pozdější, objevují se emisní čáry. Z Obrázku 4 je vidět, že pro jedno měření v minimu oscilací (JD 52386) se barevné indexy příliš neliší od nebulární fáze, která nastala přibližně o rok později. Bohužel se mi nepodařilo přechodovou fázi hustěji pokrýt měřeními.



Obr. 4: Detail přechodové fáze u V2540 Oph. Čárkami jsou zaznačena maxima oscilací (jedno maximum je nejisté a je označeno přerušovanou čarou).

Fig. 4: Detail of the transition. Vertical bars denotes maxima timings of the oscillations (one uncertain is plotted with dashed line). The colour indices differ between maxima and minima of oscillations.

Na Obrázku 4 jsou čárkami zaznačeny okamžiky maxim oscilací. Zdá se, že vzdálenost mezi maximy se stále prodlužuje, což potvrzuje i Obrázek 5, kde je vynesena závislost této vzdálenosti na čase.

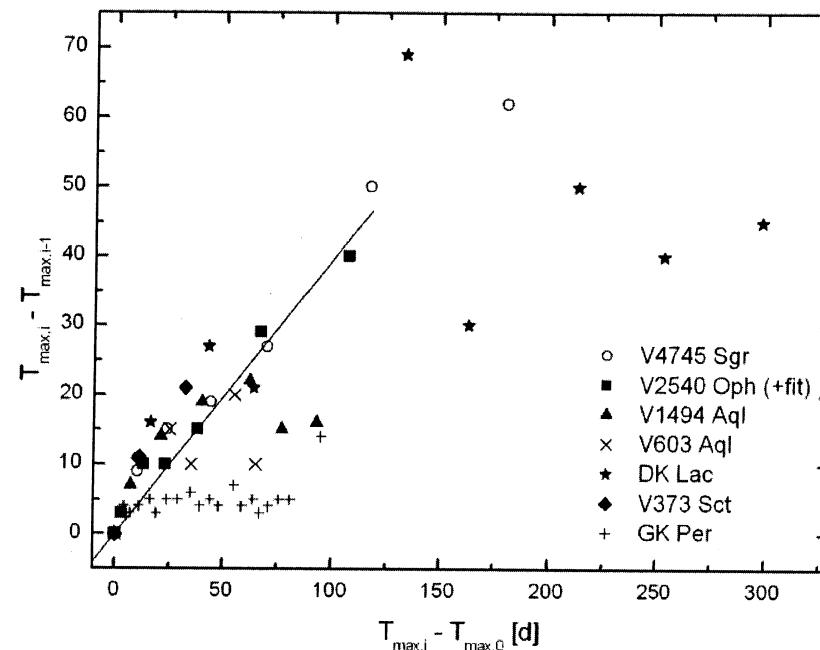


Obr. 5: Závislost vzdálenosti maxim na čase pro V2540 Oph. Plnou čarou je záznamo proložení přímku.

Fig. 5: Time intervals between the maximum brightness of sub-sequent oscillations. First order polynomial fit is shown with solid line.

V podstatě stejné chování závislosti vzdálenosti maxim oscilací na čase bylo pozorováno i u V4745 Sgr (Csák et al., 2004). Je to výsada pouze těchto dvou nov, nebo se jedná o jev společný všem novám s přechodovou fází? Abych to zjistil, stáhnul jsem ze stránek AAVSO data pro tyto novy, které vykazovaly přechodovou fází: DK Lac, V1494 Aql, V373 Sct a V603 Aql. Kromě toho jsem ještě získal od AFO-EV světelnou křivku V4745 Sgr a jako obrázek historickou světelnou křivku GK Per. Pro V2540 Oph jsem použil svoje CCD pozorování ve filtru V a vizuální pozorování VSNETu. Z těchto dat jsem pro každou novu určil okamžiky maxim oscilací v přechodové fázi a na Obrázku 6a je vynesena závislost vzdálenosti těchto maxim na čase. Z obrázku vidíme, že v podstatě u všech nov dochází s postupujícím časem ke zvětšování vzdálenosti mezi maximy víceméně stejným tempem. Jedinou výjimkou je GK Per, která vykazuje konstantní vzdálenost mezi maximy.

Z Obrázku 6a (na další straně) je rovněž viditelné, že u některých nov se nárůst vzdálenosti v jistém, pro každý exemplář různém, okamžiku zastaví. Nešly by jednotlivé vzdálenosti nějak sesadit na sebe? Zkusil jsem pro každou novu vzdálenosti mezi maximy vydělit parametrem, který popisuje rychlost novy.



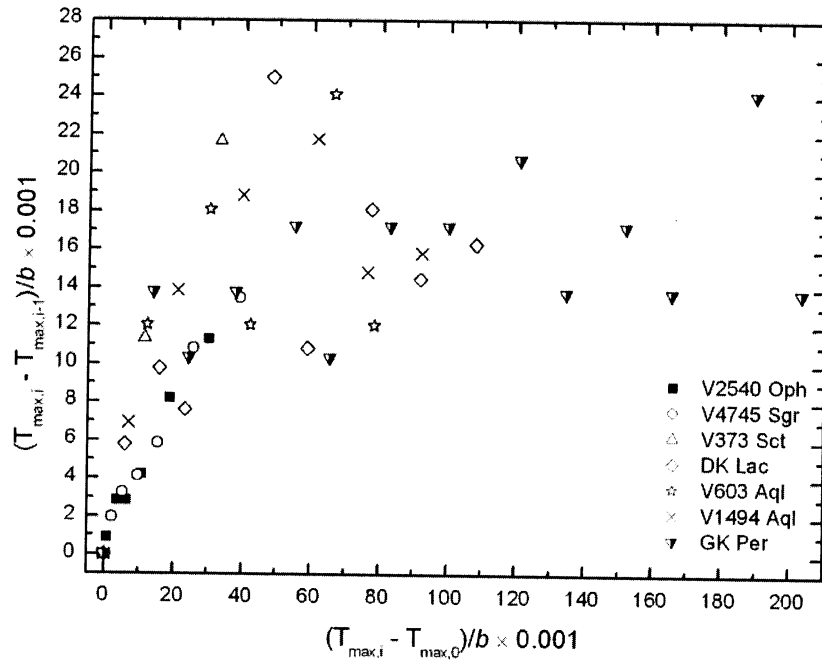
(a)

Obr. 6a: Závislost vzdálenosti maxim oscilací na čase pro novy s přechodovou fází.

(a) Bez normalizace na rychlost slábnutí novy.

Fig. 6a: Time intervals between the maximum brightness of sub-sequent oscillations for novae showing transition phase. (a) Without normalization on the rate of decline.

Jako první kandidáti se nabízejí  $t_2$  nebo  $t_3$ , které určují za jaký čas nova poklesne o 2 (resp. 3) magnitudy z hlavního maxima. Bohužel je však určení těchto parametrů zatíženo velkou chybou, protože ne u všech nov (třeba zrovna V2540 Oph) se podařilo zachytit hlavní maximum. Proto jsem pro každou novu ze světelné křivky vybral část po skončení oscilací a proložil ji křivkou ve tvaru  $a(1-e^{-bx})$ . Zjištěný parametr  $b$  jsem pak použil pro výše uvedený postup. Normalizovaná data jsou vynesena na Obrázku 6b.



(b)

Obr. 6b: (b) Po normalizaci na rychlost slábnutí pomocí parametru  $b$ .

Fig. 6b: (b) Light curve following the transition phase was fitted using function  $a(1-e^{-bx})$  and data for each nova normalized using parameter  $b$ .

Z Obrázku 6b je vidět, že domněnka byla správná - závislosti pro všechny novy se na sebe dobře složily. Dokonce i GK Per teď souhlasí s ostatními novami. Tento výsledek umožňuje vyslovit některé předpoklady na fyzikální model vysvětlující přechodovou fázi. Rychlost slábnutí nov je určena hmotností bílého trpaslíka (čím těžší, tím rychlejší pokles) - jednoduchý analytický popis získal Livio (1992). Zvětšování vzdálenosti mezi maximy zřejmě také souvisí s hmotností bílého trpaslíka, což obzvláště dobře potvrzuje extrémní případ GK Per. Oscilace však evidentně ovlivňuje další parametr - u každé novy nastal jiný počet maxim (3 u V373 Sct až 20 u GK Per). Korelace mezi parametrem  $b$  a počtem maxim je pouze -0.29.



### Poděkování

This research was supported by the Grant Agency of the Czech Republic, grant 205/04/2063.

### Literatura / References:

- Csák, B., et al., 2004, astro-ph/0408268  
 Kato, T., et al., 2001, IBVS 5309  
 Livio, M., 1992, ApJ 393, 516  
 McLaughlin, D. B., in Stars and Stellar Systems, Vol. 6, p. 585  
 Owocki, S., et al., 2004, astro-ph/0409573, to appear in ApJ  
 Retter, A., 2002, in Classical Nova Explosions, astro-ph/0208144, to appear in A&A  
 Retter, A., et al., 2002, vsnet-campaign-nova[943]  
 Rudy, R.J., et al., 2002, AAS 201, 4006  
 Shaviv, N., 2001, MNRAS 326, 126  
 Warner, B., 1995, Cataclysmic binary stars  
 Williams, R.E., 1992, AJ 104, 725

### Fotometria premenných hviezd v Hlohovci I. Aparatúra

Karol Petrík, G. Szasz, Marek Chrastina

#### Variable star photometry at Hlohovec I. observing set

Observatórium Hlohovec dalo do prevádzky Hlohovec Observatory upgraded the observational equipments for the observation of variable stars. The core of the system is the CCD camera SBIG ST9-XE.

V nedávnej minulosti sme prezentovali na stránkach Perzea (Perseus č.6/2003) takmer úplné zavŕšenie snahy o vytvorenie programového balíka na získanie a redukciiu fotometrického pozorovacieho materiálu na Observatóriu Hlohovec. Pre fotometriu premenných hviezd sa používal reflektor typu Cassegrain 600/7500, vybavený jednonábovým fotoelektrickým fotometrom s digitálnym výstupom. Ďalekohľad máme našťastie doteraz, avšak ostatná aparatúra sa, tiež našťastie, od základov zmenila.

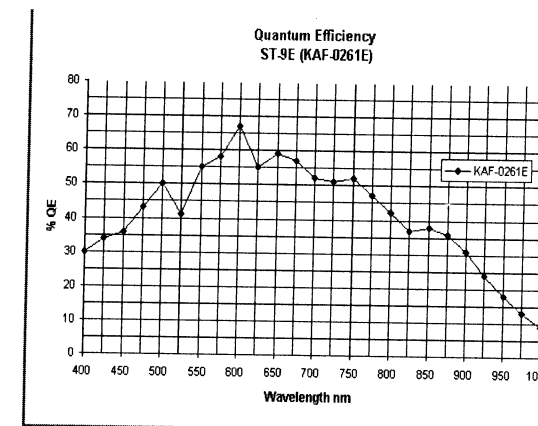
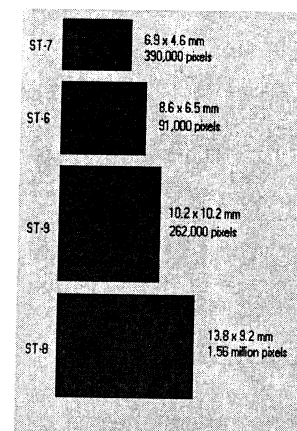


Nový prístroj sa konečne po mnohoročnom úsilí stal dôstojnou, a hlavne spoľahlivou, súčasťou jedného z najväčších ďalekohľadov, aké slovenská profesionálna astronómia má pre potreby výskumu premenných hviezd. O novom prístrojovom vybavení by sme Vás radi poinformovali v tejto prvej časti cyklu článkov, ktoré postupne ukážu výhody CCD techniky, dobrého pozorovacieho programu a pozorovateľskej vytrvalosti na našom observatóriu.

Roky sme sa pokúšali o zakúpenie alebo aspoň zapožičanie bezporuchového a spoľahlivého prístroja, teda CCD kamery, ktorá by nahradila dosluhujúci, silne poruchový a dlhodobo nefunkčný fotoelektrický fotometer. Stále sa nám však nedarilo získať dostatočnú sumu na obstaranie prístroja. "Kamera snov" k nám nakoniec dorazila minulý rok cez firmu ATC Přerov, ČR, a to dňa 28. mája 2004. Je to CCD kamera firmy SBIG s označením ST9-XE. Musíme spomenúť, že pri zaobstarávaní nám veľmi pomohli kolegovia z Katedry astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK v Bratislave a Observatória AGO v Modre, ktorí nám nezištne zapožičali drahý, a teda pre nás už finančne nedostupný filterový karusel. Bez neho by sme na viacfilterovú stelárnu CCD fotometriu mohli akurát tak zabudnúť.

V našich končinách je kamera ST9-XE nevelmi rozšírená, ide totiž o relatívne nový model známej americkej firmy SBIG. Ak však vlastníte ďalekohľad s ohniskom približne 2400 mm a náplňou vašich pozorovaní je fotometria bodových objektov, asi ťažko nájdete vhodnejšiu kameru cenovo dostupnú aj pre menšie observatória či hviezdárne. Ide o kameru s hlavným čipom KODAK Enhanced KAF-0261E triedy 1, s rozmermi 10,2x10,2 mm a počtom 512x512 pixlov (viď obr.1 a Tab. 1 - ďalší strana). Rozmer jedného pixelu je teda 20x20 mm, čo je podľa teórie ideálna veľkosť, pretože v takom prípade nám pri danej ohniskovej vzdialenosti 2400 mm vychádza plošné pokrytie 1,72x1,72 obl. sek. na pixel (viď Tab.2 - ďalší strana). To je najvhodnejšie z hľadiska rozloženia obrazu hviezdneho zdroja na počet pixlov pri našom predpokladanom lokálnom seeingu 3 až 4 obl. sekundy, aby sme predišli znehodnoteniu dát prípadnými chybnými pixlami a pritom ešte plne využili dynamický rozsah každého z pixlov.

Kamera je vybavená dvojakým chladením. To jednoduchšie je pasívne, pomocou Peltierovho článku umožňuje chladiť kameru do 45 stupňov pod teplotu okolia a momentálne ho aj my využívame pri pozorovaní. Podstatne dôležitejší pre získavanie kvalitných a presných pozorovaní je však druhostupňový spôsob, a to chladiacou cirkulujúcou kvapalinou. Tento druh chladenia chceme sprevádzkovať po uložení kamery na jej stabilné miesto v primárnom ohnisku hlavného ďalekohľadu.



Obr. 1a Porovnanie veľkostí čipov rôznych CCD kamier vyrábaných firmou SBIG./ Comparison of the sizes of the chips of various SBIG CCD cameras

Obr. 1b Krivka kvantovej účinnosti čipu KAF-0261E kamery S 19-XE./The curve of the quantum efficiency of the chip KAF-0261E of the camera ST9-XE

Obr. 2a-c - viz vnitřní strana obálky

CCD čip kamery SBIG ST9-XE	Kodak Enhanced KAF-0261E (Class 1) + Texas Instruments TC-237
Rozmery čipu	512 x 512 pixels (10.2 x 10.2 mm)
Celkový počet pixlov	262 144
Veľkosť pixlov	20 x 20 microns
Full Well Capacity	150,000 e-
Chladienie	do -45°C
Antiblooming	Non-ABG
Binning módy	1x1, 2x2, 3x3
Načítanie snímku do PC	< 1s pri použití USB 2.0

Tabuľka 1. Základné parametre kamery SBIG ST9-XE./ The basic parameters of the camera SBIG ST9-XE.



Zorné pole (Maksutov Cassegrain 180/1000) Obr. 2a	35,16+ zx 35,16 obl. min.
1 pixel	4,12 x 4,12 obl. sek.
Zorné pole (Cassegrain 600/2400) Obr. 2b	14,65 x 14,65 obl. min.
1 pixel	1,72 x 1,72 obl. sek.
Zorné pole (Cassegrain 600/7500) Obr. 2c	4,69 x 4,69 obl. min.
1 pixel	0,55 x 0,55 obl. sek.

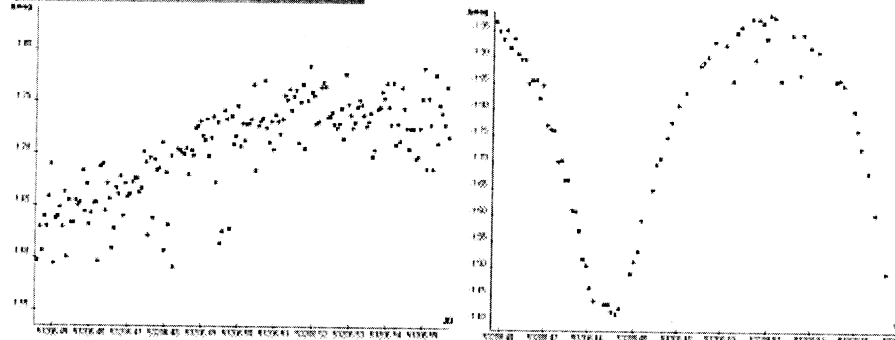
Tabuľka 2. Veľkosť zorného poľa kamery a jedného pixelu pri rôznych možných osadeniach kamery./ *The size of the field of view of the camera and a single pixel for various possible settings of the camera.*

Od začiatku je našim prvoradým cieľom je nepretržité získavanie pozorovacích dát, prerušované len nepriazňou počasia. Rozhodli sme sa preto spočiatku umiestniť kameru do ohniska známej a rozšírenej nemeckej fotokomory Spiegelobjektiv Maksutov-Cassegrain 180/1000. Dôvodom bola aj jednoduchšia výroba redukcie na uchytenie kamery. A tak už 17. 7. 2004 bola kamera na svojom mieste (viď obr. 3 na ďalšej strane) a hneď 19.7. sme získali "prvé svetlo". Vlastnosti kamery sme sa rozhodli testovať priamo na premenných hviezdach s krátkou orbitálnou periódou a stabilnou svetelnou krivkou. Do úvahy tak pripadalo niekoľko objektov zo skupiny zákrytoviek typu W UMa. Vôbec prvá svetelná krivka, hviezda FI Bootes, bola sklamáním (viď obr. 4a) kvôli veľkému rozptylu dát a aj jej tvaru. Prehodnotili sme techniku získavania snímok ako aj kalibračných snímok flatfield a darkframe a prvá úspešná krivka, tentoraz BX Pegasi, bola na svete hneď o dve noci neskôr, 21.7.2004 (viď obr. 4b)!

Naším hlavným cieľom je úplná automatizácia celého pozorovacieho procesu, ako aj automatizovaná detekcia poveternostných podmienok a upozornenie pozorovateľa pri náhlejšej zmene počasia. Pokiaľ nám bude osud naklonený, ešte splniť



Obr.3. Kamera ST9 je umiestená na Zeiss Spiegelobjektiv fotokomore 180/1000 mm. Samotná fotokomora je pripojená na tubuse hlavného prístroja hvezdárne Cassegrain 600/7500. /The camera ST9 placed at the focus of the Zeiss Spiegelobjektiv 180/1000 mm. This instrument is attached to the tube of the main telescope of the observatory, Cassegrain 600/7500 mm.



Obr. 4a. Naše prvé pozorovanie novou CCD kamerou ST9-XE. Hviezda FI Boo.  
Fig.4a. Our first observation with the new CCD camera ST9-XE. The star is FI Boo.

Obr. 4b. Prvé úspešné pozorovanie, hviezda BX Peg, o dve noci neskôr.  
Fig.4b. The first successful observation, the star BX Peg, two nights later.

Postupne sa nám podarilo stabilizovať pozorovací proces v kupole tak, že pozorovateľ po prvotnom nastavení hviezdy do poľa CCD kamery už potom len raz za trištvrte hodinu koriguje polohu štrbiny kupoly a zorné pole kamery. Zostatok času venuje spracovaniu snímok na inom PC alebo ďalšej analýze dát v pracovni.

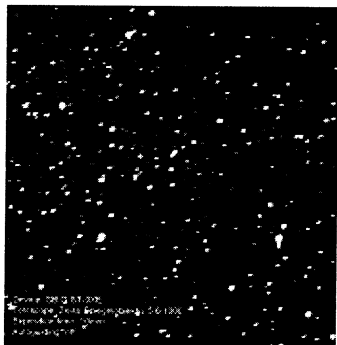
Prvé svetelné krivky boli získavané bezfiltrovo, ale už 15. augusta 2004 sme osadili do karuselu Johnsonovské filtre B a V. Kvôli ich výrazne odlišnej optickej hrúbke však nie je možné rýchle striedanie filtrov, keďže sa kamera musí po výmene filtra značne preosťriť. Vo chvíli písania tohto článku (január 2005) sú už urobené





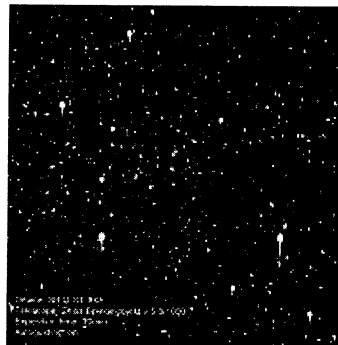
všetky kalibračné merania na prevod inštrumentálneho systému B a V Johnsonových filtrov na našej CCD do medzinárodného systému pre všetky doteraz pozorované polia a tak nám už nič nebráni v prechode na pripravenú štandardnú sadu UBVRTI filtrov systému Kron-Cousin, ktorá by nám problém s preostrovaním kamery mala do značnej miery vyriešiť.

V auguste 2004 bol do kupoly inštalovaný modul GPS na získavanie presného času a náš dlhoročný spolupracovník, Ing. V. Kollár z Astronomického ústavu SAV, nám pomohol rozbehnúť aj ďalšiu vymoženosť tejto kamery, ktorá výrazne uľahčuje pozorovanie - tzv. autoguiding. Na Obr. 5a a 5b je jasne vidieť nespornú výhodu tohto systému samokorekcie nepresného hodinového pohonu alebo nedokonalaj justáže ďalekohľadu.



Obr. 5a. Snímka bez autoguidingu s exp. dobou 10 min.

*Fig.5a: An image without autoguiding with the exposure time of 10 min.*



Obr. 5b. Snímka toho istého hviezdneho poľa s autoguidingom.

*Fig.5b: An image of the same field with autoguiding.*

S prípravnými prácami na osadenie kamery do primárneho ohniska hlavného ďalekohľadu observatória Cassegrain 600/2400/7500 sme začali už v septembri 2004, rozhodli sme sa však počkať na kompletnú prestavbu ďalekohľadu kvôli zložitosti procesu nastavenia optiky systému. Svedkami tohto procesu boli aj účastníci stretnutia pozorovateľskej skupiny Medúza, ktorí u nás strávili niekoľko dní veľmi zaujímavou diskusiou o účelovosti vizuálnych pozorovaní v ére automatizovaných prehliadok oblohy.



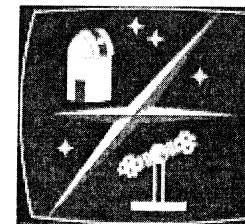
v tomto roku by sa nám väčšina zámerov ohľadne automatizácie pozorovaní mala splniť vďaka pomoci brnenskej firmy Astrolab.

Od získania prvej svetelnej krivky do doby písania tohto článku bolo získaných už 650 hodín (!) čistého pozorovacieho času pre 14 premenných hviezd a urobených celkovo viac ako 45 000 snímok oblohy. Kamera na komore 180/1000 nám umožňuje pri zhruba desaťsekundových expozíciách vo filtri V získavať svetelné krivky s presnosťou 0,09 mag až do približne 17 mag (!), čo bolo prekvapením aj pre nás samotných. Hlavným pozorovacím programom observatória pritom naďalej ostáva viacfarebná fotometria kataklizmatických a symbiotických premenných hviezd.

Obavy z časového horizontu dosiahnutia prvých vedecky hodnotných výsledkov boli zažehnané hneď na začiatku. Spracovanie snímok uskutočňujeme pomocou vynikajúceho českého programu C-Munipack, ktorému vďačíme aj za naše objavené nové premenné hviezdy. Ale o tom už bude nasledujúca časť tejto malej premenárskej ságy...

#### Podakovanie

*Radi by sme poďakovali Ing. Vladimirovi Kollárovi, Ing. Z. Veličovi, F. Michálekovi a M. Mičúchovi za pomoc pri sprevádzkovaní a osadení CCD kamery ako aj za cené praktické rady, pracovníkom a riaditeľovi Hvezdárne a planetária Hlohovec, Mgr. Jozefovi Krištofovičovi, za jeho ochotu a všemožnú pomoc priamo na observatóriu, a aj prof. Porubčanovi z FMFI UK v Bratislave a vedúcemu Observatória v Modre, D. Kalmančokovi za zapožičanie filtrového karuselu. Táto práca bola podporená grantom APVT-51-000802 a VEGA 2/4015/4.*





## CCD fotometrie ve Valašském Meziříčí

Jiří Šmelcer

### CCD photometry at Valašské Meziříčí observatory

*Článek je pojednán jednak jako výroční zpráva CCD fotometrie na naší hvězdárně a také možná jako motivace pro další pozorovatele.*

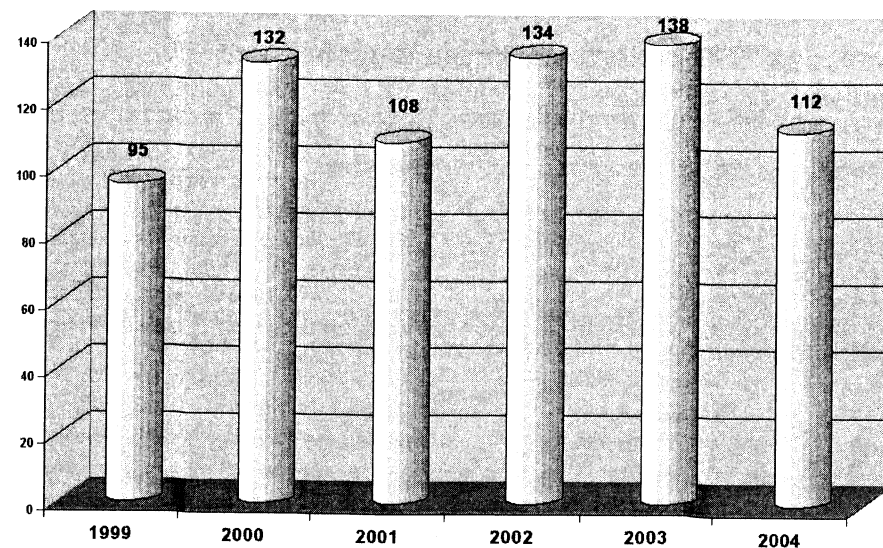
*The article presents annual review of CCD photometry on our observatory. It also may inspire other variable star observers.*

**P**řavidelné pozorování CCD kamerou ST7 bylo zahájeno koncem roku 1999. Pozorovací program navázal na předchozí, který obsahoval zejména sledování dlouhoperiodických proměnných hvězd. Postupem času se program přizpůsoboval a vybrušoval, některé hvězdy jsem přestal pozorovat (nedá se stihnout všechno, něco převzaly robotické dalekohledy). Dalším takovým posunem bylo navázání spolupráce s kolegy z jiných hvězdáren. To se mi zdá přínosné, vrhnout se na jednu hvězdu a pozorováním ničit teoretické modely (viz např. YY Her). V letošním roce jsem se více zapojil do programu PROSPER, jehož cílem je pozorovat hvězdy podezřelé z proměnnosti, případně zanedbané zákrytové. Navíc jsem nabídl i určitý pozorovací čas pro kolegy, kteří pozorují také nějaké zajímavé hvězdy. V oblasti technické vybavenosti jsem si polepšil o karusel na výměnu filtrů. V současné době mám k dispozici filtry B, V, R a I (i když to běčko je skoro nanic).

V následující tabulkách (Graf 1 a 2 na další straně) se dozvíte o využití dalekohledu - počet nocí v daném roce (samozřejmě ne každý den se dá pozorovat od večera do rána - těch je skutečně málo) a počet měření.

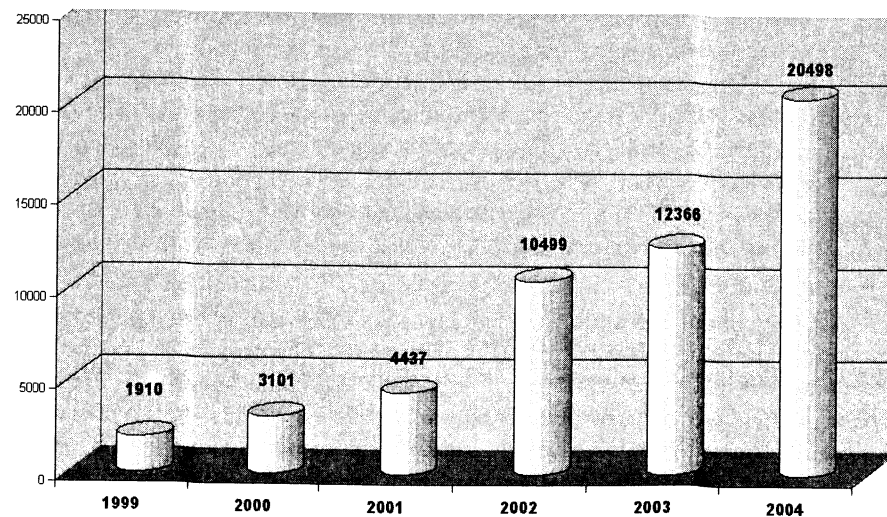
Nechci se pouštět do filozofování, jak někoho přesvědčit, aby pozoroval. Vidím to třeba na svých posluchačích v astronomickém kroužku. Nabízím jim možnost přijít večer, domluvit se předem. Určitě zde hraje velkou roli faktor vzdálenosti - čím je člověk dál, tím méně se mu chce (to se mi to mluví, když bydlím 200 metrů od kopule). Nebo je nedokázu patřičně nadchnout. Člověk musí být trochu praštěný (pozitivně), aby takovou práci dělal.

Následující dva grafy (na zadní straně obálky) ukazují světelnou křivku dlouhoperiodické proměnné T UMi, jedné z nejsledovanějších hvězd v mém programu. Její zajímavostí je zkracování okamžiků maxim, pravděpodobně způsobené vzplanutím hélia v blízkosti jádra. Z původní hodnoty 300 dní koncem 80. let to nyní stihne za 200 dní (Graf 3), a tomu odpovídající vzhled O-C diagramu (Graf 4).



Graf 1. Počet pozorovacích nocí v letech 1999 - 2004

Diagram 1 - The numbers of observing nights in 1999 - 2004



Graf 2. Počet měření proměnných hvězd v letech 1999 - 2004

Diagram 2. The numbers of variable star measurements in 1999 - 2004



## Databáze CCD pozorování proměnných hvězd

Lenka Šarounová

### Database of CCD observations of variable stars

*Článek popisuje internetovou databázi CCD pozorování zákrytových proměnných hvězd, a to včetně jejich identifikačních mapek a elementů. Databáze je zaměřena na dvojhvězdy, u nichž se mění perioda vlivem apsidálního pohybu nebo třetího tělesa.*

*An on-line database of the CCD observations of eclipsing variable stars, including their charts and orbital elements, is described. It is focused on the binaries whose period varies due to the apsidal motion or light time effect.*

V roce 2000 jsem začala pod vedením doc. Marka Wolfa na serveru AsÚ AV ČR v Ondřejově vyvíjet databázový systém pro pozorování zákrytových proměnných hvězd a sdílení dat mezi Ondřejovem a Astronomickým ústavem UK v Praze. Databáze obsahovala hvězdy, kterými se Marek Wolf zabývá - především excentrické dvojhvězdy s apsidálním pohybem, doplněné jinými systémy, kde dochází k změnám periody, zejména kvůli vlivu třetího tělesa. Systém se ovládá pomocí libovolného www prohlížeče, jde o dynamické stránky programované v jazyce Php4 s databází mysql na linuxovém serveru. Do databáze jsme vkládali soubory se světelnými křivkami a popisy pozorovacího systému a zpracování. Několik minut po skončení pozorování a okamžitým zpracování dat bylo možné si vše prohlédnout a stáhnout v Praze a hned vidět, jaký mají nová měření vztah k elementům a měřením starším. Kromě toho bylo možné vygenerovat seznam předpovědí minim s výškou hvězdy nad obzorem v okamžiku minima. Systém tedy umožňoval nejen uspořádat a přenášet změřená data, ale i snadno plánovat efektivní pozorování.

V roce 2001 projevil zájem o spolupráci na pozorování můj francouzský kolega - astronom amatér, který vlastní 20cm dalekohled se CCD kamerou. Chtěl poskytovat užitečná měření, ale neměl chuť snažit se sám ve větší míře publikovat. Rozšířila jsem tedy systém pro více uživatelů tak, aby se dal rozlišit původ měření a přístup na databázové stránky byl autorizovaný. Stránky měly komentáře i ve francouzštině. Tato spolupráce se však příliš nerozvinula, zájmy mých přátel ve Francii se brzy zaměřily jinam a v databázi přibývala jen ondřejovská data.

Zhruba před rokem se o databázi začal zajímat Miloš Zejda. Produkoval však světelné křivky a hledací mapky v jiném formátu než my v Ondřejově a také systém



pro více uživatelů nebyl dotažený do konce. Mé zaměstnání na Ondřejově a tedy i pracovní priority se měnily, stejně tak jako později priority osobní, a tak na vývoj databáze, který jsem dříve provozovala spíš ve volném čase, téměř nezbýval čas. Po ustálení práce pro stelární oddělení koncem podzimu konečně začalo být možné pracovat i na proměnkové databázi. Rozvinula jsem systém pro více uživatelů, naprogramovala vstup pro formát dat z Brna, rozdělila měření na dva stupně kvality, rozšířila počet skupin proměnných hvězd, které jsou objektem zájmu různých projektů. Do databáze se dají ukládat i obrázky a linky na jiné www stránky. Vytvořila jsem i nové rozhraní pro údržbu seznamu proměnných hvězd, které umožňuje administrátorům více projektů nezávisle spravovat tabulky elementů a určovat priority měření pro pozorovatele. Tak mají šanci na uplatnění i pozorovatelé, co chtějí přispívat k výzkumu hvězd, o něž je opravdu zájem ze strany lidí, kteří jsou schopni měření a třeba i jeho interpretaci publikovat. Pozorovatelé při autorizovaném přístupu mohou editovat a exportovat jen svá data, při přístupu bez hesla je možné stránky jen prohlížet.

Uvidíme, jestli se tento systém osvědčí a nevznikne jen velký zmatek. Pokud máte zájem podívat se na naše měření a případně spolupracovat, stačí zamířit na odkaz <http://nyx.asu.cas.cz/~lenka/dbvar>.

### Došlá pozorování

#### New Observations

### Část I.

#### Part I.

#### 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.

#### Alušiková G., os číslo 1162

BN Peg	19 8 2004	15851
BX Peg	15 8 2004	15852

#### Ehrenberger R., os. číslo 986

<u>VZ CVn</u>	21 4 2004	15756
<u>CC Com</u>	20 5 2004	15757
<u>CG Vir</u>	22 5 2004	15758
<u>FU Dra</u>	28 4 2004	15759
<u>V 400 Lyr</u>	27 5 2004	15760

#### Brát L., os číslo 52

<u>UV Leo</u>	15 12 2004	15863
<u>IQ Per</u>	20 12 2004	15864
<u>AX Dra</u>	15 12 2004	15865

#### Hronovská M., os. číslo 1160

V839 Oph	17 8 2004	15862
----------	-----------	-------

**Klučár M., os. číslo 1146**

SW Lac	17	8 2004	15859
RU UMi	15	8 2004	15860

**Machoň M., os. číslo 1159**

RZ Cas	22	10 2004	15753
SV Cam	22	10 2004	15754
BR Cyg	22	10 2004	15755
AB And	10	12 2004	15843
ER Ori	15	1 2004	15844
IU Per	10	12 2004	15845

**Marinič J., os. číslo 1161**

SW Lac	15	8 2004	15858
--------	----	--------	-------

**Mergová N., os. číslo 1139**

IU Per	18	8 2004	15846
WZ And	16	8 2004	15847
BN Peg	19	8 2004	15850
BX Peg	15	8 2004	15854

**Novotný V., os. číslo 993**

V 726 Cyg	10	9 2004	15750
V 500 Cyg	25	7 2004	15751
SZ Her	6	8 2004	15752

**Pčola J., os. číslo 1142**

WZ And	16	8 2004	15848
BN Peg	19	8 2004	15849
BX Peg	15	8 2004	15853
SW Lac	19	8 2004	15855

**Rottenborn M., os. číslo 619**

SV Cam	16	7 2004	15807
TX Her	16	7 2004	15808
CM Lac	21	7 2004	15809

AB And	21	7 2004	15810
AB And	22	7 2004	15811
SV Cam	22	7 2004	15812
Z Dra	22	7 2004	15813
SV Cam	11	9 2004	15814
UZ Dra	11	9 2004	15815
SV Cam	17	9 2004	15816
EG Cep	18	9 2004	15817
TX Her	18	9 2004	15818
BR Cyg	22	10 2004	15819

**Rusnák M., os. číslo 625**

SW Lac	19	8 2004	15856
SW Lac	15	8 2004	15857

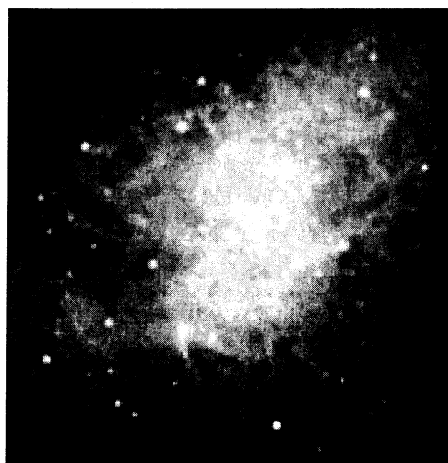
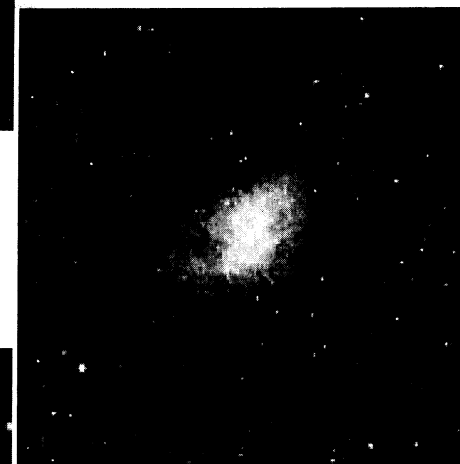
**Šmelcer L., os. číslo 938**

<u>V456 Cyg</u>	6	8 2004	15773
<u>V456 Cyg</u>	10	8 2004	15774
<u>V456 Cyg</u>	18	8 2004	15775
<u>10400399 Aql</u>	21	7 2004	15776
<u>10770828 Aql</u>	16	8 2004	15777
<u>10770828 Aql</u>	22	8 2004	15778
<u>10770828 Aql</u>	2	9 2004	15779
<u>10770828 Aql</u>	8	9 2004	15780
<u>10770828 Aql</u>	12	112004	15781
<u>20831870 Her</u>	28	6 2004	15782
<u>20831870 Her</u>	13	8 2004	15783
<u>20831870 Her</u>	19	8 2004	15784
<u>HadV26 Peg</u>	18	7 2004	15785
<u>HadV26 Peg</u>	21	7 2004	15786
<u>HD226957 Cyg</u>	10	7 2004	15787
<u>HD226957 Cyg</u>	16	8 2004	15788
<u>HD226957 Cyg</u>	22	8 2004	15789
<u>HD226957 Cyg</u>	5	9 2004	15790
<u>HD226957 Cyg</u>	7	9 2004	15791
<u>HD226957 Cyg</u>	10	9 2004	15792



Obr. 2a Krab - M1

14,65 x 14,56 obl. min. (arc.min.)



Obr. 2c Krab - M1

4,69 x 4,69 obl. min. (arc.min.)

Obr.2a-c. Zorné polia CCD kamery SBIG ST9-XE v jednotlivých ohniskách podľa Tab.2. demonštrované na príklade okolia známej Krabej hmloviny v súhvezdí Býka. *Fields of view of the CCD camera SBIG ST9-XE in the individual focuses according to Table 2, demonstrated on the example of the field of the famous Crab nebula in Taurus.*