

# PERSEUS



Věstník Sekce proměnných hvězd a exoplanet ČAS

Ročník 19

1/2009



JAK POZOROVAT TRANZITY EXOPLANET?

---

## Čtenářům:

*To readers:*

Vážení čtenáři,

další vydání našeho věstníku je věnováno několika oblastem výzkumu proměnných hvězd. První a obsáhlý článek o nově V2362 Cyg se snaží zevrubně popsat, co všechno se dá o takové nově zjistit. V tomto případě se jedná o zajímavý případ díky pozorovaným dvěma maximům jasnosti. Článek Stanislava Poddaného, Luboše Bráta a Ondřeje Pejchy představuje novou aplikaci na stránkách sekce – databázi tranzitujících exoplanet. Autorům projektu patří poděkování za tento počín, pochvalné zprávy přichází i ze zahraničí. Další článek je věnován nové disciplíně – jak pozorovat tranzity exoplanet u obřích hvězd. Závěr věstníku patří dalším novám – V 458 Vul a Cyg 2008b. Uvnitř naleznete první upozornění na jednu akci – setkání složek ČAS a otevřené jednání výboru Sekce, které proběhne v Jihlavě 18. – 19. dubna 2009. Podrobnější informace budou zveřejněny na stránkách sekce.

Snad se dočkáme časem i jasné oblohy na pozorování

*Ladislav Šmelcer*

---

PERSEUS



časopis pro pozorovatele  
proměnných hvězd

Vydává Sekce proměnných hvězd a exoplanet České astronomické společnosti

# obsah

<b>Vývoj novy Cyg 2006 (V2362 Cyg) .....</b>	<b>4</b>
<i>Překlad Ladislav Šmelcer</i>	
<b>Databáze tranzitujících planet .....</b>	<b>16</b>
<i>Mgr. Stanislav Poddaný, Bc. Luboš Brát, Mgr. Ondřej Pejcha</i>	
<b>Setkání složek ČAS a jednání výboru Sekce .....</b>	<b>24</b>
<b>Jak pozorovat tranzity exoplanet u obřích hvězd .....</b>	<b>25</b>
<i>Bc. Luboš Brát</i>	
<b>Nova Vul 2007 - V458 Vul .....</b>	<b>28</b>
<i>Bc. Luboš Brát</i>	
<b>Nova Cygni 2008b je pravděpodobně rekurentní nova .....</b>	<b>32</b>
<i>Bc. Luboš Brát</i>	

Překlad práce z Astronomy and Astrophysics  
Volume 492, Issue 1, 2008, pp.145-162

# Vývoj novy Cyg 2006 (V2362 Cyg)

U. Munari<sup>1</sup>, A. Siviero<sup>1</sup>, A. Henden<sup>2</sup>, G. Cardarelli<sup>3</sup>, G. Cherini<sup>3</sup>, S. Dallaporta<sup>3</sup>, G. Dalla Via<sup>3</sup>, A. Frigo<sup>3</sup>, R. Jurdana-Sepič, S. Moretti<sup>3</sup>, P. Ochner<sup>3</sup>, S. Tomaselli<sup>3</sup>, S. Tomasoni<sup>3</sup>, P. Valisa<sup>3</sup>, H. Navasardyan<sup>1</sup>, M. Valentini<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> INAF Osservatorio Astronomico di Padova, via dell'Osservatorio 8, 36012 Asiago (VI), Italy

<sup>2</sup> AAVSO, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138, USA

<sup>3</sup> ANS Collaboration, c/o Osservatorio Astronomico, via dell'Osservatorio 8, 36012 Asiago (VI), Italy

<sup>4</sup> Isaac Newton Group of Telescopes, Apartado de Correos 321, E-38700 Santa Cruz de La Palma, Spain

## **Abstrakt:**

*V této práci autoři uveřejňují podrobnou studii o vzplanutí novy Cyg 2006. Byla zkoumána celková energetická bilance vzplanutí, vývoj pozůstatků hvězdy a expandujícího materiálu, chemické složení, struktura ionizace a formování prachové obálky. Během 39 nocí byla pořízena spektra s různým rozlišením (kalibrovaných na přesné absolutní toky) včetně 2353 fotometrických měření ve filtrech UBVRIc z 313 nocí a doplněných o data z IR oblasti z literatury.*

## *Abstract:*

*Nova Cyg 2006 has been intensively observed throughout its full outburst. We investigate the energetics and evolution of the central source and of the expanding ejecta, their chemical abundances and ionization structure, and the formation of dust. Methods. We recorded low, medium, and/or high-resolution spectra (calibrated into accurate absolute fluxes) on 39 nights, along with 2353 photometric UBVRIc measures on 313 nights, and complemented them with IR data from the literature.*

*Results. The nova displayed initially the normal photometric and spectroscopic evolution of a fast nova of the FeII-type. Premaximum, principal, diffuse-enhanced, and Orion absorption systems*

*developed in a normal way. After the initial outburst, the nova progressively slowed its fading pace until the decline reversed and a second maximum was reached (eight months later), accompanied by large spectroscopic changes. Following the rapid decline from second maximum, the nova finally entered the nebular phase and formed optically thin dust. We performed a photo-ionization analysis of the emission-line spectrum during the nebular phase, which showed a strong enrichment of the ejecta in nitrogen and oxygen, and none in neon, in agreement with theoretical predictions for the estimated  $1.0 M_{\odot}$  white dwarf in Nova Cyg 2006. The similarities with the poorly investigated V1493 Nova Aql 1999a are discussed.*

## Výsledky

Nova se z počátku jevila fotometricky i spektroskopicky jako rychlá nova typu Fe II. Po hlavním maximu byl vývoj normální. Později se pokles jasnosti novy zpomalil a přešel do dalšího zjasňování, kdy po osmi měsících dosáhla druhého maxima, které bylo doprovázeno velkými změnami ve spektru. Následoval prudký pokles jasnosti z druhého maxima, kdy hvězda přešla do nebulární fáze a vytvořila se opticky tenká prachová obálka. Během této fáze byla provedena fotograficko-ionizační analýza emisních čar ve spektru, kde se podařilo prokázat ve vyvrženém materiálu velké množství dusíku a kyslíku, neon však zaznamenán nebyl. To je ve shodě s teoretickou předpovědí, že po vzplanutí novy Cyg 2006 zbyl na místě bílý trpaslík o hmotnosti 1 Msl. V práci je také diskutována podobnost s hůře studovanou novou Nova Aql 1999a (V1493 Aql).

Klasické novy řadíme do skupiny kataklyzmických proměnných, kde jednou ze složek dvojhvězdy je bílý trpaslík, na který se postupně nabaluje materiál z druhé hvězdy bohatý na vodík. Při dosažení určité hmotnosti dojde k jeho explozivnímu vzplanutí a odvržení části o hmotnosti  $\sim 10^{-4}$  Msl do mezihvězdného prostoru rychlostí  $\sim 1000$  km/s. Promíchání materiálu z bílého trpaslíka ovlivní chemické složení vyvrženého materiálu při probíhajícím nerovnovázném procesu termonukleárních reakcí CNO. Klasické novy jsou velmi svítivé objekty (se svítivostí blíží se Eddingtonově svítivosti hvězdy o hmotnosti 1 Msl a Mv větší než  $-5,5$  mag během prvních čtrnácti dní po maximu) a jsou snadno pozorovatelné ve většině oblastí Galaxie, místní skupině galaxií a v kupě galaxií v souhvězdí Panny.

V historii bylo pozorováno mnoho nov fotografickou metodou, mnoho amatérů získalo vizuální světelné křivky. V době nástupu CCD techniky se očekávalo, že výzkum nov se zintensivní. Nicméně i v dnešní době je pozorovací čas na dalekohledech vzácný a získání kontinuální multibarevné fotometrie ve spojení s kvalitní spektrální analýzou je velmi vzácné.

Nova Cyg 2006 (= V2362 Cyg) byla objevena 2,807 UT dubna jako hvězda 10,5 mag H. Nishimuro na fotografických deskách (Nakano 2006), v té době ještě stoupala do maxima jasnosti. Během několika hodin po oznámení objevu byla nova potvrzena i spektroskopicky (Yamaoka 2006a). Tato nova se vyznačuje neobvyklým chováním, jaké kdy bylo pro novy zaznamenáno. Ve studii jsou shrnuty poznatky o počáteční fázi vzplanutí, období druhého maxima a dalším vývoji. Je také představen model, kdy z emisního spektra expandující hmoty je možné odhadnout její celkovou hmotnost, chemické složení, teplotu a svítivost ionizujícího centrálního bílého trpaslíka.

## Astrometrie a progenitor

Astrometrie byla zpracována na snímcích SRO za použití SLALIB (Wallace 1994) transformací ve spojení s referenčním katalogem UCAC2. Chyba v určení souřadnic je kolem 0.1 arcsec. Poloha novy Cyg 2006 je

$$\alpha \text{ J2000} = 21\text{h}11\text{m}32\text{s}.33 (\pm 0\text{s}.12)$$

$$\delta \text{ J2000} = +44^\circ 48'03''.74 (\pm 0''.03),$$

To odpovídá galaktickým souřadnicím  $l=087^\circ.372$  a  $b=-02^\circ.357$ .

V této pozici Steeghs a kol. (2006) identifikovali slabý zdroj na snímku z přehlídky IPHAS z 3. srpna 2004 o jasnosti  $r'=20.30 (\pm 0.05)$  a  $i'=19.76 (\pm 0.07)$  včetně slabé emise čáry  $H\alpha$ , což je argument pro potvrzení předchůdce novy. Další pátrání Jurdana-Sepice a Munariho (2006) na archivních snímcích Asiago Schmidt z let 1962 – 1984 na uvedené pozici nenašli objekt jasnější než 18,5 mag ve filtru B. Na snímcích POSS I a II také nebyl nalezen jasný objekt. Kromě těchto fotografických desek byly prohlédnuty archivní snímky z let 1989 – 1997 z důvodu případného zjasnění progenitora v tomto období. Ani zde nebyl zachycen objekt jasnější 18,5 mag ve filtru B.

Pro odhad jasnosti novy ve filtru B před zjasněním bylo použito rozložení energie ve spektru kataklyzmických proměnných hvězd v klidové fázi (Zwitter a Munari (1995), červený exces při  $EB-V = 0.56$  pro novu Cyg 2006 a porovnání toků záření ze snímků IPHAS  $r'$  a  $i'$  (Steeghs a kol. (2006). Z těchto poznatků vyplývá, že hvězda byla před vzplanutím jasnosti  $B-21.0$  mag. Vzhledem k tomu, že nebyla hvězda nalezena na archivních snímcích Asiago Schmidt, soudí se, že u hvězdy neprobíhaly vzplanutí typu CV o amplitudě větší než  $\Delta B-2.5$  mag. Frekvence a amplituda vzplanutí jako je například u hvězdy prototypu kataklyzmických proměnných SS Cyg ( $\langle \Delta V \rangle \approx 4$  mag, vzplanutí každých cca 55 dní, které trvají cca 15 dní - Cannizzo a Mattei 1992), by byla na archivních snímcích odhalena.

Seďm obloukových vteřin západně od novy se nachází slabá hvězda, která byla ztotožněna s objektem 2MASS 21113188+4448032 ( $J=13.716 \pm 0.029$ ,  $H=13.441 \pm 0.046$ ,  $K_s=13.480 \pm 0.037$ ). Z měření snímků NOFS z  $JD=2454247$  byla zjištěna jasnost a barevné indexy  $V=15.22$ ,  $U-B=+0.33$ ,  $B-V=+0.70$ ,  $V-RC=+0.42$ ,  $RC-IC=+0.46$ ,  $V-IC=+0.88$ , s chybou 0.02 mag. Poloha hvězdy určená za pomoci referenčního katalogu UCAC2 pro epochu J2000 je  $\alpha=21\ 11\ 31.88 (\pm 0.1 \text{ arcsec})$ ,  $\delta=+44\ 48\ 03.2 (\pm 0.1 \text{ arcsec})$ . Slabá hvězda nemohla být rozlišena do doby asi 260 dní po maximu jasnosti novy. Později už nebyl příspěvek záření hvězdy zanedbatelný. Do té doby uváděná fotometrie zahrnovala i příspěvek druhé hvězdy. Později byla provedena redukce dat a data uváděná v této práci již neobsahují příspěvek záření slabé hvězdy.

## Fotometrický a spektroskopický vývoj

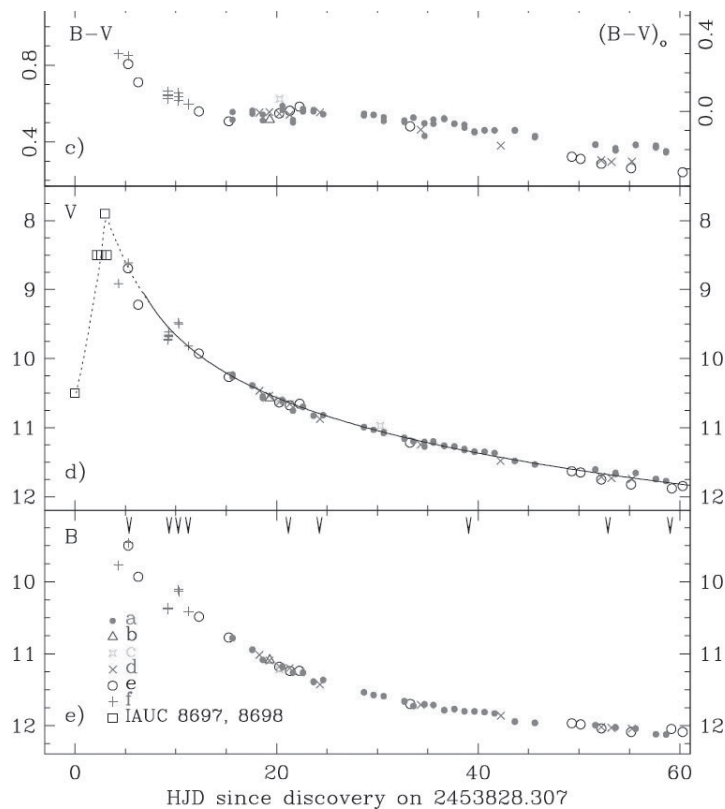
V ranné fázi po vzplanutí byla nova klasifikována jako typ FeII, teprve další vývoj ukázal, že tato hvězda se stala zvláštním typem.

Světelná křivka za první dva měsíce je vidět na obrázku 1. V optickém oboru nova rychle stoupala do maxima, kdy dosáhla jasnosti  $V=8.0 (\pm 0.1)$  5.6 dubna ( $\pm 0.5$ ) 2006 UT ( $=JD\ 2453831.1$ ). Týden před

maximem byla hvězda na patrolních snímcích slabší než 12 mag ( IAU 8698). Pokles jasnosti ve filtru V během prvních dvou měsíců ( $4 < \Delta t < 56$ , kde  $\Delta t = t - t_{\text{max}}$  je čas uplynulý od maxima) striktně sledoval exponenciální sklon daný vztahem

$$V(t) = 7.6 + 2.4 \times \log(\Delta t)$$

a je zobrazen na obrázku 1 plnou čarou.



Obrázek 1. Vývoj světelné křivky novy V 2362 Cyg

Fig. 1. Photometric evolution of Nova Cyg 2006 in the UBVRIC bands.

Během prvních deseti dní byla pozorována velká proměnnost ve filtru B ( $0,3$  mag), ale stálý barevný index ( $\Delta B - V \approx 0,0$ ). Tento rozptyl není možné přičítat pozorovacím chybám. Pozorování bylo prováděno s největší pečlivostí a výsledky byly nezávisle potvrzeny různými přístroji. Jasnost novy klesala na hodnoty  $t_{v_2} = 10,4$  a  $t_{v_3} = 24$  dní, což ji zařazuje do skupiny velmi rychlých a rychlých nov. Následující vztah nejlépe vystihuje trend poklesu jasnosti 20-ti nov pozorovaných v galaktické vřduti (tj.  $45^\circ \leq$  galaktické délky  $\leq 305^\circ$ ),

$$t_3 - 6 \times t_{20.7} - 7,$$

a pro NCyng 2006 se hodí výborně. Sklon  $t_{r,2}$  a časy poklesu  $t_2$  a  $t_3$  pro novu odpovídají vztahu nalezeného Schmidtem (1957)

$$\log t_{r,2} = -0.3 + 0.7 \log t_2 = -0.5 + 0.7 \log t_3$$

Navíc amplituda vzplanutí 13,3mag a hodnota  $t_2^V=10.4d$  odpovídá přesně vztahu mezi amplitudou a  $t_3$  z práce Warnera (1995). Van den Bergh a Younger (1987) určili průměrný barevný index novy v maximu  $(B-V)^{\circ}=+0.23 \pm 0.06$  (disperze 0.16 mag). První vícebarevná fotometrie byla pořízena v čase  $\Delta t=+1^d.6$  a z ní vyšel barevný index  $B-V = +0.85$ . Při odvozené barevné korekci  $E_{B-V} = 0.56$  vychází  $(B - V)^{\circ}=+0.29$ , což je ve shodě s předchozí hodnotou.

## Vzdálenost a bolometrická magnituda

Měření rychlosti poklesu jasnosti a jasnosti novy 15 dní po maximu patří mezi oblíbené metody pro odhad vzdálenosti. Vztah mezi absolutní jasností hvězdy a rychlostí poklesu je vyjádřen vztahem

$$M_{\max} = \alpha_n \log t_n + \beta_n.$$

Vzhledem k nedostatku pozorování ve filtru B po maximu novy je omezena platnost rovnic na výpočty ve filtru V. Při použití vztahu Cohena (1988)  $V - t_2$  vychází vzdálenost pro novu 8,0 kpc, podle vztahu Schmidta (1957)  $V - t_3$  pak 7,3 kpc. Při použití vztahu Valle a Livio (1995) kalibrovaného pro novy z LMC a M31, je vzdálenost 9,7 kpc. Tento vztah není použitelný pro Galaktickou novu. Buscombe a de Vaucouleurs (1955) odhalili, že všechny novy mají stejnou absolutní jasnost 15 dní po maximu. Dále jsou uvedeny kalibrační hodnoty od různých autorů  $M_V^{15} = -5.2 \pm 0.1$ , Buscombe a de Vaucouleurs (1955),  $M_V^{15} = -5.60 \pm 0.43$ , Cohen (1985),

$M_V^{15} = -5.23 \pm 0.16$ , van den Bergh a Younger (1987),  $M_V^{15} = -5.38$ , van den Bergh (1988),  $M_V^{15} = -5.69 \pm 0.14$  Capaccioli a kol. (1989),  $M_V^{15} = -5.85$ , Schmidt (1957),  $M_{pg}^{15} = -5.50 \pm 0.18$ , de Vaucouleurs (1978), a  $M_B^{15} = -5.74 \pm 0.60$  Pfau (1976).

Jasnost novy 15 dní po maximu byla ve filtrech  $V_{15} = 10.45$  a  $B_{15} = 10.97$ . Srovnáním s absolutní magnitudou a opravou  $E_{B-V} = 0,56$ , pak vzdálenost vychází 6.1, 7.3, 6.2, 6.6, 7.6, 8.0, 6.8, a 7.6 kpc. S přihlédnutím k těmto výsledkům vychází vzdálenost novy  $d = 7,2$  kpc s chybou 0,2 kpc a disperzí  $\sigma_d = 0.65$  kpc. Bolometrická korekce expandující fotosféry při  $B - V = +0.29$  je B.C.= -0.02 (podle Drilling a Landolt 2000). Při vzdálenosti 7,2 kpc,  $E_{B-V} = 0.56$  a  $V_{\max}=8.0$  mag pak pro novu vychází bolometrická magnituda v maximu  $M_{bol} = -8.0$  mag. Při dané galaktické šířce a vzdálenosti 7,2 kpc vychází poloha  $z = 0,3$  kpc nad galaktickou rovinou, tedy ještě uvnitř tenkého disku Galaxie. Vzhledem ke galaktické délce  $l=87^{\circ}.37$ , se nova nachází mezi galaktickými spirálními rameny Persea a Labuť (Vallée 2005). Podle práce Brand a Blitz (1993), kde byly změřeny radiální rychlosti mezihvězdného materiálu ve spirálním ramenu Perseus kolem -40 km/s. Podobná hodnota byla změřena i pro novu ze spektra s vysokým rozlišením na profilu mezihvězdné čáry NaI  $D_{1,2}$  a je možné vyvodit spojení mezi novou a spirálním ramenem Perseus. Druhá složka -11 km/s by měla mít spojitost s materiálem v přední části spirálního ramene, jak je také uvedeno v práci Neckel a Klare (1980).



## Období mezi maximy

Nova opustila exponenciální pokles kolem 1. června. V té době měla jasnost  $V = 11.83$ ,  $B - V = +0.28$ ,  $V - R_C = +1.44$ ,  $R_C - I_C = +0.20$  a  $V - I_C = +1.64$ . Minimum jasnosti dosáhla 15. června, kdy jasnost byla  $V = 12.15$ ,  $B - V = +0.15$ ,  $V - R_C = +1.28$ ,  $R_C - I_C = -0.01$  a  $V - I_C = +1.27$ . Během následujícího období zjasňování, které trvalo 111 dní, dosáhla 20. září jasnosti  $V = 11.83$ ,  $B - V = +0.16$ ,  $V - R_C = +0.91$ ,  $R_C - I_C = +0.07$  a  $V - I_C = +0.99$ . Výrazně modřejší barva novy v období druhého maxima ukazuje na její vývoj. To je také vidět z vývoje spektra během tohoto období. Postupně mizela emise v čarách Fe II, zatímco NII/H $\beta$  a NIII+H $\delta$ /H $\gamma$  klesaly. Nejzajímavějším rysem tohoto období je znovuobjevení absorpčního systému Orion. Ten byl naposled pozorován 11. května a velmi slabě zaznamenán 1. června. Znova se objevil ve spektrech 21.8. a 26.9. Nejvýraznější absorpční čáry byly HeI 3889 Å (-2140 km/s radiální rychlost), 4471 (-2065 km/s), 5876 (-2260 km/s), OII 4321 (-2125 km/s), NII 4601 (-2100 km/s), 4788 (-2150 km/s), 5672 (-2100 km/s). Zvláště zajímavé bylo znovuobjevení čáry NIII 4097-4103 (-1950 km/s) ve spektru 26. září. Průměrná rychlost absorpčních čar Orion 26. září byla -2100 km/s, tedy výrazně vyšší než 1. června, kdy byly pozorovány naposledy.

V průběhu měsíců červen až září 2006 byly získány spektra čáry H $\alpha$  s vysokým rozlišením. Tvar čáry je v tomto období velmi podobný s charakteristickými několika vrcholy. Rychlost odvozená v polovině šířky čáry vychází 1340 km/s. Později koncem září se profil vyznačuje širokouzákladnou, kde šířka čáry na nulové intenzitě se blíží k 6000 km/s, zatímco v polovině šířky je hodnota 4200 km/s (to odpovídá expanzní rychlosti 2100 km/s absorpčních čar Orion).

## Sekundární maximum

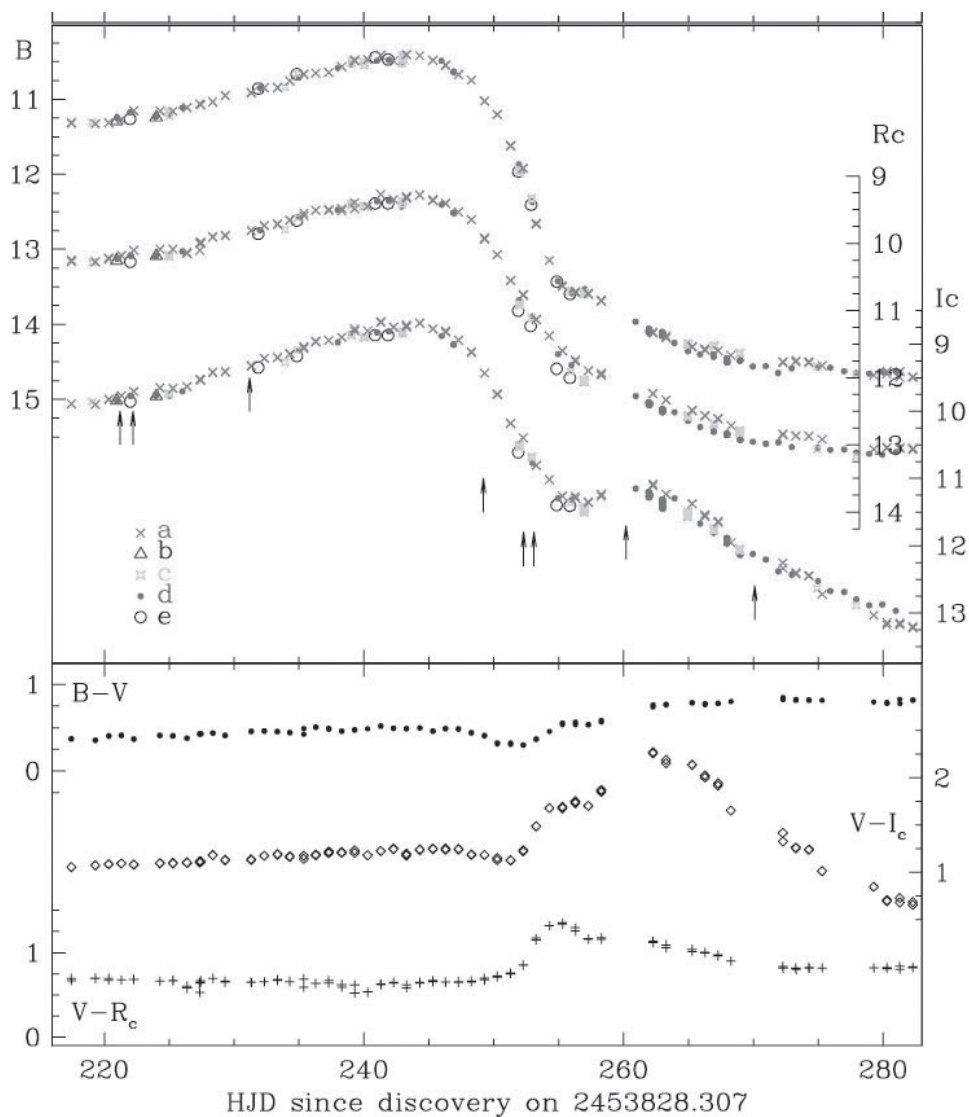
Nova dosáhla druhého maxima 1. prosince 2006 (HJD 2454071.4)  $V = 9.95$  v  $\Delta t = +239.0$  dní a  $\Delta V = 1.95$ , barevné indexy  $U - B = -0.29$ ,  $B - V = +0.28$ ,  $V - R_C = +0.68$ ,  $R_C - I_C = +0.28$ ,

$V - I_C = +0.98$ . Vliv emisních čar byl minimální na celkové rozložení energie ve spektru, hodnota  $(B - V)_0 = 0.28$  odpovídá obru spektrální třídy  $B_0$ , na rozdíl od obra třídy  $F_0$  během prvního maxima. Ve srovnání s prvním maximem bylo druhé modřejší, což dokládají následující hodnoty  $\Delta(B - V) \approx -0.60$ ,  $\Delta(V - R_C) \approx -0.42$ ,  $\Delta(R_C - I_C) \approx -0.20$  a  $\Delta(V - I_C) \approx -0.52$ . Vývoj jasnosti a barevných indexů je vidět na obrázku 2.

Vývoj spektra během druhého maxima byl značně odlišný od prvního (porovnejte obrázky 3 a 4).

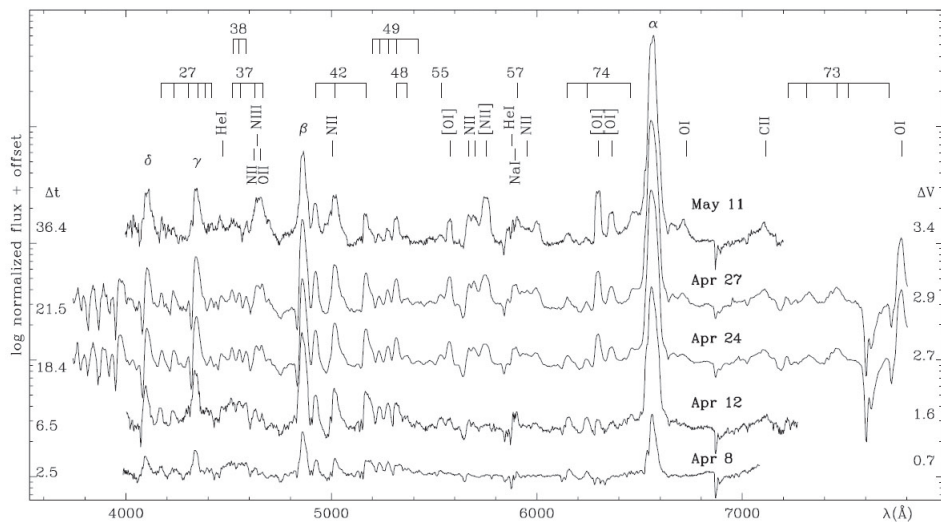
Během prvního maxima kromě čar Balmerovy série se objevují absorpční čáry hlavně (CaII, NaI, FeII), což odpovídalo spektrální třídě obra  $F_0$ . Druhé maximum mělo základní kontinuum mnohem teplejší. Nejméně intenzivnější absorpční čáry byly: CII 6789, 6746, 5143; NII 6482, 5678, 5667, 5045, 5007, 4791, 4602; NIII 4639, 4513, 4100; OII 4495, 4468, 4416, 4318, 4070 a HeI 6678, 5876, 4471, 3889 (hodnoty v angstretech). Jejich průměrné radiální rychlosti byly 2190 km/s pro CII, 2135 km/s pro NII, 2070 km/s pro OII, a 2170 km/s pro HeI. Během druhého maxima je spektrum charakteristické znovuobjevením absorpčních čar orionova systému, které vymizely v období mezi maximy.

Docela zajímavý vývoj byl pozorován u čáry H $\alpha$  Spektrum z 5. listopadu 2006 z obrázku 5 je toho dokladem. Emisní čára je zde daleko více členitá ve srovnání se symetrickými čarami z prvního maxima. Jsou zde patrné dvě výrazné absorpční oblasti, -905 km/s (VHM=



Obrázek 2. Vývoj světelné křivky během sekundárního minima. V horním obrázku jsou seřazeny světelné křivky od shora ve filtrech B, Rc a Ic, v dolním obrázku je vývoj barevného indexu.

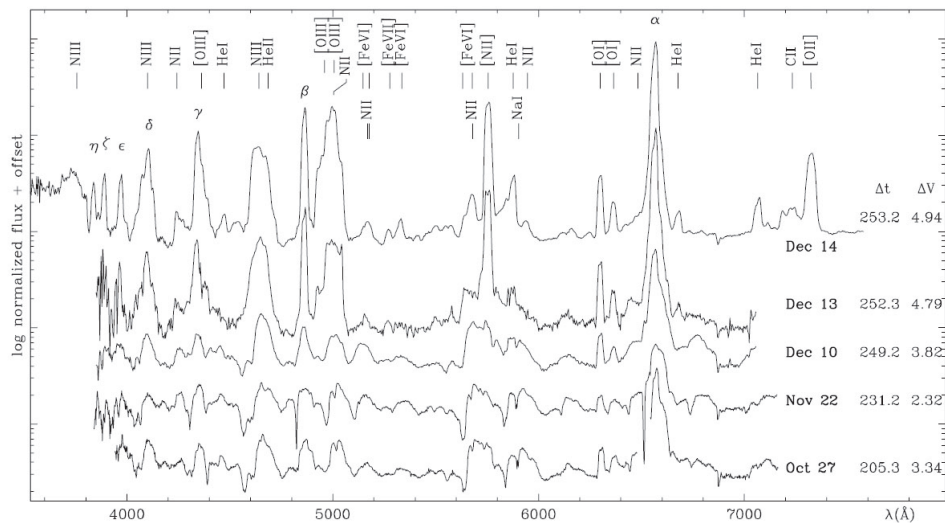
Fig. 2. Middle panel: Photometric evolution of Nova Cyg 2006 around second maximum. B-band lightcurve is at the top, RC center, IC bottom.



Obrázek 3. Vývoj spektra novy V 2362 Cyg. Označení  $\Delta t$  a  $\Delta V$  značí dny a magnitudy po maximum.

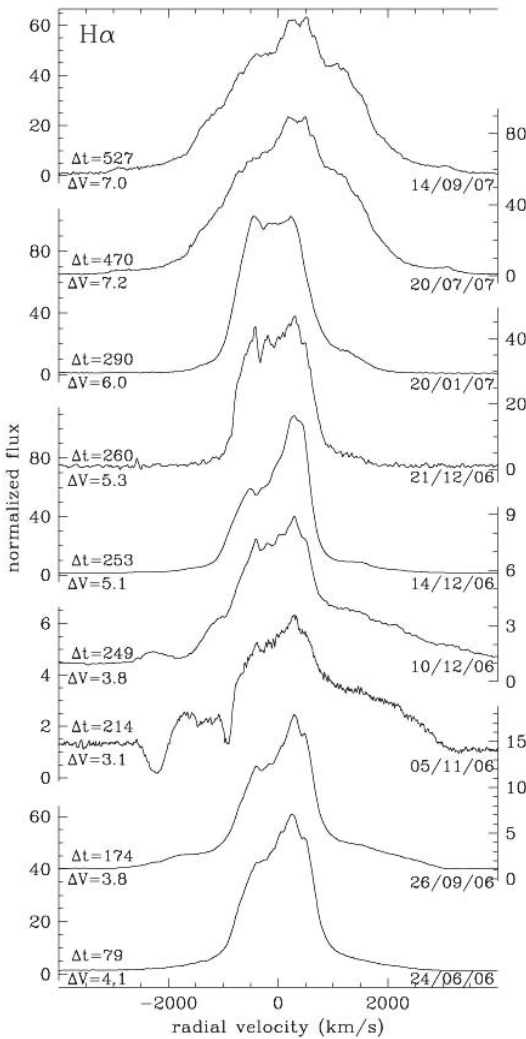
Označeny jsou také identifikované emisní čáry (FeII multiplety jsou označeny čísly).

Fig. 3. Early spectroscopic evolution of Nova Cyg 2006. The ordinates are in logarithm of the flux to emphasize the visibility of weaker features.  $\Delta t$  and  $\Delta V$  are days and magnitudes from maximum. Emission lines are identified (FeII multiplets by their numbers and comb-like markings).



Obrázek 4. Vývoj spektra novy V 2362 Cyg během sekundárního minima na podzim 2006

Fig. 4. Spectroscopic evolution of Nova Cyg 2006 during second maximum in autumn 2006



Obrázek 5. Vývoj profilu čáry H $\alpha$  během období zastávky, sekundárního maxima a závěrečného poklesu jasnosti.  $\Delta t$  a  $\Delta V$  značí dny a magnitudy po prvním maximu.

Fig. 5. Evolution of H $\alpha$  profile during the plateau phase, the second maximum and the advanced decline.

$\Delta t$  and  $\Delta V$  are days and magnitudes from maximum.

145 km sec<sup>-1</sup>, e.w.=1.90 Å, integrovaný tok =  $8.4 \times 10^{-13}$  erg cm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup>), a druhá -2215 km/s (VHM=355 km sec<sup>-1</sup>, e.w.=7.67 Å, integrovaný tok =  $2.0 \times 10^{-12}$  erg cm<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup>).

Zatímco absorpční spektrum bylo podobné během obou maxim, emisní mělo jiný vzhled i z důvodu vyšší teploty základního kontinua. Při druhém maximu se neobjevily emisní čáry FeII a byly nahrazeny NII, NIII, OII, [OI], a HeI. [NII] 5755 zmizela a poměr intenzit čar  $F_{6300}/F_{6364}$  je 1,1:1. Celkové snížení ekvivalentní šířky emisních čar při druhém maximu jde na vrub vzrůstu základního kontinua.

### Další vývoj

Brzy po dosažení druhého maxima v prosinci vstupuje nova do závěrečného poklesu jasnosti. Během této fáze pokračuje normální spektroskopický vývoj novy, který byl přerušen obdobím přechodu k druhému maximu. Pokles se vyznačuje ostrou zatáčkou na světelné křivce kolem 12. prosince, jak je vidět na obrázku 2. Toto datum také znamená přechod novy z hvězdné do nebulární fáze.

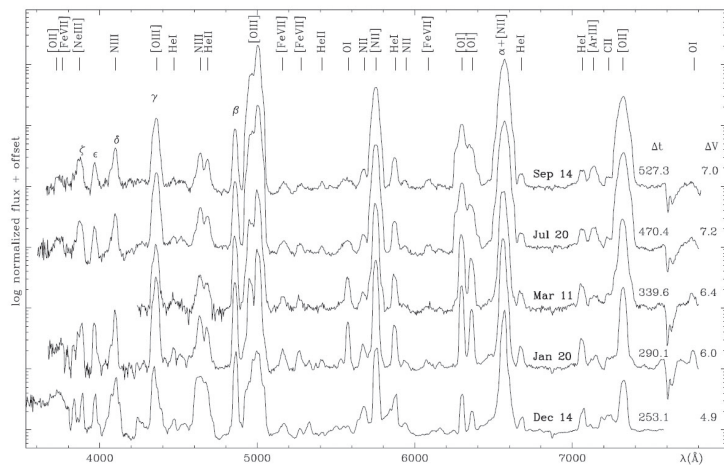
Hvězda mezi 1. a 12. prosincem zeslabila za 11 dní o 2,8 mag. ( $t_2^V = 9.6 \pm 0.2$  dne a  $t_3^V = 11.9 \pm 0.3$  dne). Sklony sestupů světelných křivek byly různé. Rychlost poklesu se po prvním maximu zmenšovala, po druhém maximu se v počátku zrychlovala. Dřívější silné absorpce pozorované v Balmerových čarách a systém absorpčních čar Orion po druhém maximu rychle mizí. Ve spektru z 10. prosince jsou čáry NII 4601, NIII 4097-4103, OIII 5592 Å a slabá absorpční složka -1750 km/s v čáře H  $\alpha$  12. prosince 2006 nejsou ve spektru pozorovatelné.

Kolem 12. prosince se prudký pokles jasnosti zastavil a pokračoval lineární rychlostí  $\langle \Delta B \rangle = 0.0088$  mag za den v době +300

$\Delta t \leq +460$  dní po prvním maximu. Tento fotometrický vývoj odpovídá přechodu novy z hvězdného do nebulárního spektrálního typu. 10. prosince byly ve spektru kontinua slabé emisní čáry, 13. prosince mělo spektrum charakteristiku nebulárního typu, kdy narostla ekvivalentní šířka emisních čar a zesílilo základní kontinuum. Čára [NII] 5755 byla silnější než čára H $\beta$  a čára HeII 4686 je superponována na intenzivní čáře NIII 4640. Během prvního týdne nebulární fáze se objevují emisní čáry s dvojitými vrcholy, které odpovídají radiálním rychlostem 595 km/s pro [OI] 6364, 815 km/s pro [NII] 5750 a 950 km/s pro [OIII] 5007 A. S přechodem z hvězdného do nebulárního typu záření ionizovaného vyvrženého materiálu nahrazuje rychlý fotometrický pokles jasnosti zmenšující se pseudofotosféry, kdy roste její teplota a proto maximum záření se přesouvá do krátkovlnné oblasti UV.

## Objev rychlého hvězdného větru v roce 2007

Jak je vidět na obrázku 6, v průběhu prosince 2006 až září 2007 dochází k rozšíření emisních čar. FWHM čáry [OI] odpovídá 11. března rychlosti 1325 km/s, kdežto 20. června je rychlost 1870 km/s a 19. září 1890 km/s. Hodnoty pro čáru [NII] vycházely 1570 km/s, 2070 a 2135 km/s. Tyto změny jsou interpretovány jako očekávaný jev objevení se rychlého hvězdného větru z centrální hvězdy. Tento efekt je patrný také na vývoji blendování čáry H  $\alpha$ [NII] na obrázku 5.

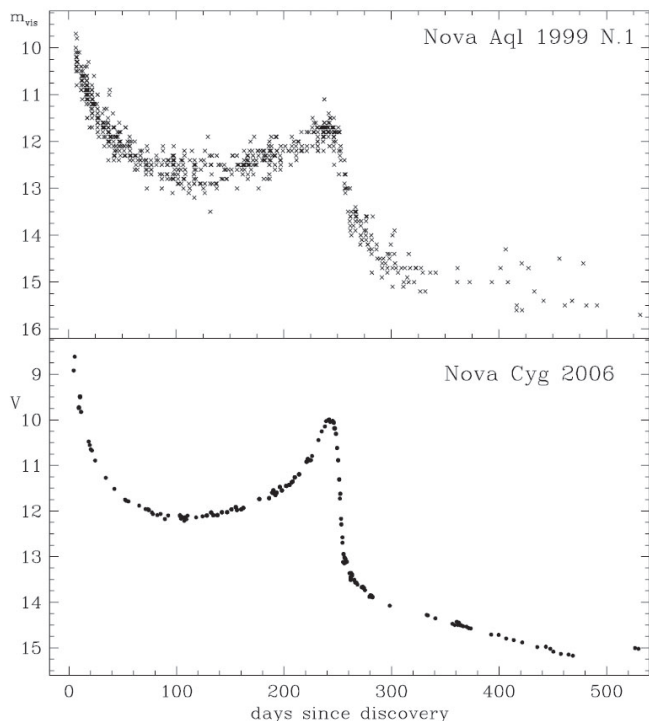


Obrázek 6. Vývoj spektra novy V 2362 Cyg v období prosinec 2006 – září 2007

Fig. 6. Spectroscopic evolution of Nova Cyg 2006 during the advanced decline from December 2006 to September 2007

## Srovnání s novou Aql 1999 N.1 (=V1493 Aql)

Světelná křivka novy Cyg 2006 je zvláštní, ale není jediným případem. Na obrázku 7 je srovnání se světelnou křivkou novy Aql 1999 N.1 (=V1493 Aql). Podobnost je překvapující, ačkoliv nova Aql potřebovala k dosažení druhého maxima 5x kratší čas. Podobných hodnot novy dosáhly i v rychlosti poklesu jasnosti -  $\tau_2=7$  a  $\tau_3=23$  dny (Venturini a kol. 2004) pro V1493 Aql a  $\tau_2=10.4$  a  $\tau_3=24$  dny u novy V2362 Cyg. Orbitální periody nov se nachází v intervalu, které souhlasí s teorií kataklyzmických hvězd – 5 hodin u V2362 Cyg (Goranskij a kol. 2006) a 3,7 hodiny u V1493 Aql (Dobrotka a kol. 2006).



Obrázek 7. Srovnání světelných křivek novy V2362 Cyg ve filtru V a  $m_{\text{vis}}$  novy Aql 1999 (databáze AAVSO). Časová osa novy Aql 1999 je 5x zmenšená oproti nově V2362 Cyg.

Fig. 7. Comparison of Nova Cyg 2006 V-band lightcurve with the  $m_{\text{vis}}$  lightcurve of Nova Aql 1999 N.1 (AAVSO visual estimates). The ordinate scale is the same in both panels. The time scale of Nova Aql 1999 N.1 abscissas is 5.0× faster than that of Nova Cyg 2006.

Obě novy patří do třídy FeII a měly i podobné expanzní rychlosti na začátku vzplanutí (FWHM=1700 km/s pro V1493 Aql, Arkhipova a kol. 2002) a během druhého maxima (FWHM=2000 km/s pro V1493 Aql, Venturini a kol. 2004). Vývoj spektra novy V1493 Aql nebyl dobře zachycen. Přesto je možné najít podobné rysy.

a) nízká ionizace během prvního maxima (pouze emisní čáry Balmerovy série a FeII v optické oblasti, Tomov a kol. 1999) a sekundárního (pouze Paschenova, Bracketova OI a NI emise a nevýrazná HeI v IR spektru).

b) mírný nárůst ionizace v období mezi dvěmi maximy, kdy se objevují emisní čáry OII, [OII], NII a [NII] a mizí FeII (Arkhipova a kol. 2002),

c) během poklesu jasnosti je spektrum charakterizováno jako nebulární, kde nejintenzivnějšími emisními čarami jsou [OIII], [NII] a NIII (Arkhipova a kol. 2002).

Jediný rozdíl byl nalezen v barevných indexech. Vývoj hodnot barevného indexu novy V1493 Aql byl zveřejněn v práci Bonifacio a kol. (2000). Jejich výsledky však byly později zpochybněny a nebylo možné z nich učinit pro srovnání těchto nov jednoznačný závěr.

## Hmotnost obálky

Zastoupení vodíku v ionizující obálce je  $X=0.427$  a  $\xi=0.12$ . Celková hmotnost vnitřní ionizované obálky byla v čase  $\Delta t = +290$  dní je dána vztahem

$$M_{shell} = \frac{\xi}{X} \int_{r_{in}}^{r_{out}} 4\pi r^2 \rho(r) dr = 3 \times 10^{-4} M_{\odot}$$

Nezávislý odhad byl proveden na základě měření čar [O I]. Bylo odhadnuto množství vyvrženého neutrálního plynu v obálce v době začátku poklesu jasnosti novy z maxima, kdy ve vyvrženém materiálu převládá neutrální materiál –  $M_{total\ ejected} = 5 \times 10^{-4} M_{\odot}$

Pro výpočet byl použit vztah

$$M_{ejecta} = M_{\odot} / 0.163 \approx 5 \times 10^{-4} M_{\odot}$$

Shoda těchto dvou metod – pokud se použije metoda ionizované obálky v čase  $\Delta t = +290$  dní a určení hmotnosti z neutrálního materiálu – naznačuje, že výsledky jsou správné. Pro další hodnocení je uvažována střední hodnota  $M_{total\ ejected} = 4 \times 10^{-4} M_{\odot}$ .

## Centrální hvězda

Z pozorování byly určeny tyto parametry ionizujícího zdroje: poloměr  $R = 0.198 R_{\odot}$ , teplota  $T_{eff} = 172\,000$  K, svítivost  $3,08 \times 10^4 L_{\odot}$ , což odpovídá hodnotě  $M_{bol} = -6.45$ .

## Hmotnost bílého trpaslíka

V období 20. ledna 2007 vstupuje nova do fáze fotometrického plata. To je charakteristické pozorovaným i teoretickým vývojem novy nazývaným počátkem super-Eddingtonovy fáze před skončením termionukleárních reakcí vyplývajících z ochlazení bílého trpaslíka. Během této fotometrické fáze, kdy na povrchu bílého trpaslíka hoří zbytky vodíku, je možné použít vztah hmotnost – svítivost (Paczynski (1971) pro výpočet hmotnosti bílého trpaslíka

$$L_{cml} = 6 \times 10^4 (M_{WD}/M_{\odot} - 0.522) L_{\odot}$$

Pokud dosadíme za  $L_{cml}$  hodnotu  $3,08 \times 10^4 L_{\odot}$ , vychází hmotnost  $M_{WD} = 1.03 M_{\odot}$ .

## Poznámka na závěr

Příklad tohoto článku jsem konzultoval s Kamilem Hornochem a ptal jsem se také na vysvětlení popisovaného druhého maxima u nov. Mechanismus není přesně znám, ale díky většímu počtu pozorovaných nov v galaxiích M31 a M81 se ukazuje, že takový průběh světelné křivky se pozoruje asi u 10% případů. Jak je vidět, je stále mnoho nevyjasněných otázek i u poměrně dlouho zkoumaných objektů.

# DATABÁZE TRANZITUJÍCÍCH EXOPLANET

**Mgr. Stanislav Poddaný**

*hlavní administrátor databáze*

*Astronomical Institute, Charles University, V Holešovičkách 2, Prague, Czech Republic*

*Štefánik observatory, Petřín 205, Prague 1, Czech Republic,*

*email: poddany@observatory.cz*

**Bc. Luboš Brát**

*web & SQL programování, administrace databáze*

*Variable Star and Exoplanet Section of Czech Astronomical Society,*

*Pec pod Sněžkou, Czech Republic*

*email: brat@pod.snezkou.cz*

**Mgr. Ondřej Pejcha**

*autor fitovacího algoritmu*

*Ohio State Observatory, USA*

*email: ondrej.pejcha@gmail.com*

## **Abstrakt:**

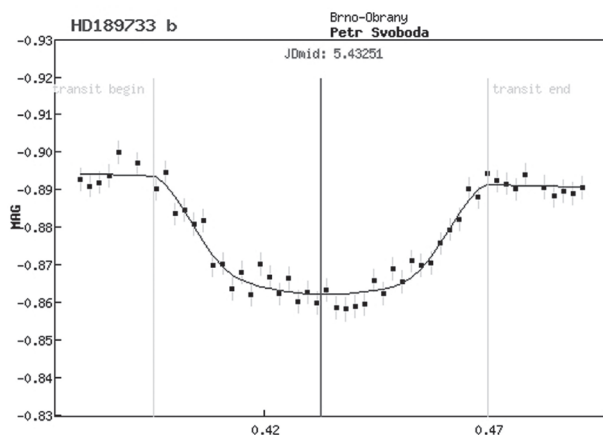
**Databáze tranzitujících exoplanet – ETD, byla spuštěna pro veřejnost začátkem října roku 2008. Databáze je navržena jako webová aplikace, která je přístupná jak pro profesionální tak amatérské pozorovatele tranzitujících exoplanet z celého světa. Skládá se ze tří částí. Předpovědi tranzitů, dále části sloužící k nahrávání nových pozorování a části modelující tranzit. Model zákrytu je použit k určení okamžiku jeho středu, délky trvání a hloubky měřeného tranzitu. Základem této fitovací procedury je upravený model zákrytu hvězdy planetou Mandela a Agola publikovaným v roce 2002 v prestižním časopise *Astrophysical Journal* [6]. Získané hodnoty (střed tranzitu, hloubka a délka trvání) jsou následně vykreslovány v připojených O-C branách.**

## **1. Úvod**

Výzkum exoplanet je jedním z nejzajímavějších oblastí současné astrofyziky. Spekulace o existenci jiných planetárních systémů definitivně skončili před více než třinácti lety. V roce 1995 objeli astronomové Mayor a Queloz [7] první exoplaneta obíhající kolem hvězdy slunečního typu – známou 51 Peg b. Od té doby počet exoplanet vzrostl na 335.



V několika speciálních případech kdy je rovina oběhu planety okolo mateřské hvězdy v prostoru skloněna do zorného pole pozorovatele, dochází při oběhu planety k periodickému částečnému zakrývání mateřské hvězdy planetou. V takovýchto speciálních systémech lze pomocí přesných fotometrických pozorování odvodit tvar orbity a mnohé fyzikální vlastnosti samotné planety. Tranzitujících exoplanet (tak se tyto případy nazývají) bylo ke konci roku 2008 známo již více než padesát.



Obr. 1 – tranzit exoplanety HD189733b naměřený 3.5 cm teleskopem.

V posledních letech přestává být pozorování tranzitujících exoplanet doménou velkých dalekohledů. Jak ukázal Alonso [2] a mnoho dalších pozorovatelů, i s malým dalekohledem lze získat přesná fotometrická měření. Dosavadní rekord drží pravděpodobně český poloamaterský astronom Petr Svoboda, který se svým 3.5 cm „dalekohledem“ úspěšně naměřil tranzit exoplanety HD189733b (obr. 1). V současné době se na celém světě nachází velké množství pozorovatelů amatérů, kteří se svými dalekohledy a CCD kamerami dosahují fotometrické přesnosti v řádu jednotek procent. Tato přesnost (nedávno ještě u amatérů pozorovatelů nepředstavitelná) je již dostačující k pozorování většiny tranzitujících exoplanet (typický pokles jasnosti při tranzitu se pohybuje okolo 20 milimagnitud). Naneštěstí až do poloviny roku 2008 neexistovala žádná celosvětová databáze všech napozorovaných světelných křivek – tedy křivek jak od profesionálních pozorovatelů tak od těch amatérských.

## 2. Proč vznikla ETD

Databáze tranzitujících exoplanet (Exoplanet Transit Database – ETD) vznikla začátkem října roku 2008 jako projekt podporovaný Sekcí proměnných hvězd a exoplanet České astronomické společnosti. V ETD najdeme světelné křivky všech známých transitujících exoplanet, u kterých již byly publikovány efemeridy.

Vedle ETD existují na světě ještě další dvě databáze. Amateur Exoplanet Archive (AXA), vedená Bruceem Garym, bývalým dlouholetým spolupracovníkem americké NASA, a NASA/IPAC/NEExSci Star and Exoplanet Database (NStED) - projekt prestižní americké univerzity Caltech (Kalifornia Institute of Technology).

AXA přijímá světelné křivky pouze od amatérský pozorovatelů a to pouze těch pozorování, která byla pořízena u jasných hvězd. Naneštěstí velké množství z dat obsažených v této databázi má nízkou kvalitu. I přes to mají všechny stejnou váhu. Databáze NStED obsahuje zejména údaje o mateřských hvězdách a některá profesionální měření tranzitů. Ty která byla publikována v nějakém renovovaném časopise.

ETD kombinuje data z obou zdrojů. Získané světelné křivky mohou být do databáze nahrány přímo přes webové rozhraní (to se týká uživatelů projektu TRESKA) nebo mohou být do databáze přidána administrátory. ETD přejímá data z databází NStED, AXA a literatury. Po třech měsících fungování databáze se tak počet záznamů vyšplhal na více než 500. Právě toto velké množství záznamů, které pokrývá vždy celé období od objevení exoplanety až po současnost, je hlavní předností ETD. Každá exoplaneta má svoji O-C bránu, která zobrazuje případné časové změny v okamžiku středu tranzitu, hloubce a délce tranzitu.

Krátkodobé změny v okamžicích středu transitu lze vysvětlit působením měsíců nebo dalších planet v soustavě [5], [1]. Naproti tomu dlouhodobé variace v délce trvání tranzitu mohou být následkem orbitální precese planety [8]. Některé popsané změny by pak měli být vidět v příslušných O-C diagramech, pokud v systémech existují.

### 3. ETD a její jednotlivé části

ETD se skládá ze tří částí. Část pro předpověď tranzitů, jednoduchý webový formulář, který slouží k nahrávání nových dat a sekce s O-C grafy.

#### **Transit predictions**

V té to části se nachází měsíční předpovědi tranzitů pro libovolné místo na světě. Pozorovatel zde nalezne časy začátku, středu a konce tranzitu s výškou objektu na obzoru. Dále pak předpokládanou hloubku zákrytu (závisí na použitém fotometrickém filtru), délku tranzitu a efemeridy, které byly použity k výpočtu (obr. 2).

#### **Model-fit your data**

Skrývá jednoduchý webový formulář pro nahrávání nových dat od pozorovatelů do ETD. Vstupní soubor musí obsahovat záznam z jednotlivých fotometrických měření – čas měření (ve formátu heliocentrického nebo geocentrického data), diferenciální magnituda a chyba měření (předpokládá se nejčastěji udávaná chyba redukčních programů, určená pouze z Poissonovy statistiky a tzv. read-out šumu). Algoritmus použitý k fitování naměřených dat je pak založen na modelu publikovaném Mandelem a Agolem [6], který se dnes k těmto účelům běžně používám. K určení chyby nejsou použity standardní MCMC simulace (Markov

Obr. 2 – ukázka jednoměsíční předpovědi tranzitů pro polohu pozorovatele 15° v. d. a 50°s. š.

### ETD - Exoplanet Transit Database

Announce us paper with transits | How to contribute to ETD | Model-fit your data | **Transit predictions**

Your LONGITUDE (in deg):  0° - 360°

Your LATITUDE (in deg):  90° - 0° - -90°

**Available predictions:** (UT evening date)

**2009-01-** 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29,  
30, 31,  
**2009-02-** 01, 02, 03, 04, 05, 06,

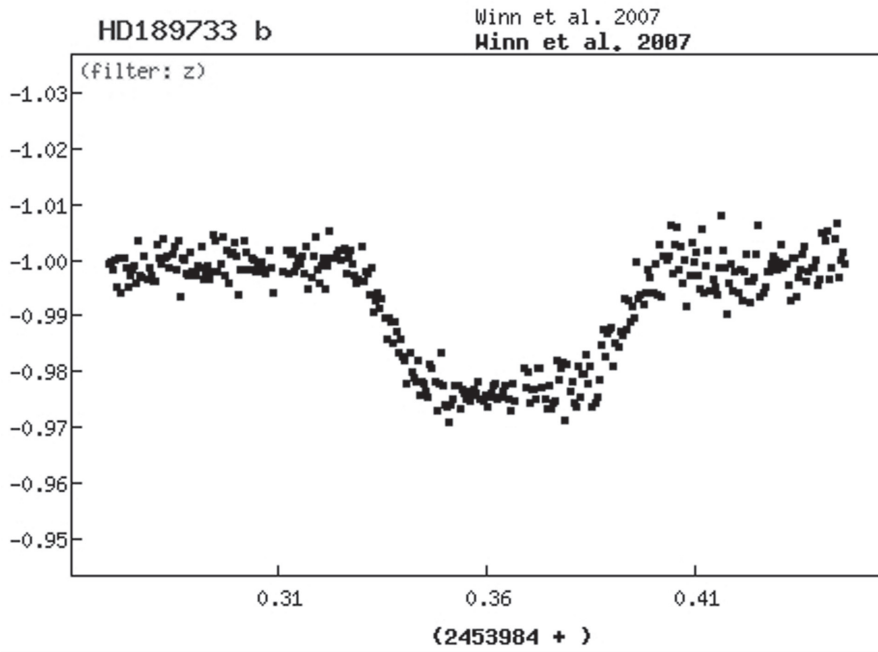
Transits predictions for LONGITUDE: 15° and LATITUDE: 50°

OBJECT		BEGIN (UT/h,A)	CENTER (DD.MM. UT/h,A)	END (UT/h,A)	D (min)	V (MAG)	DEPTH (MAG)	Elements Coords
TrES-2 b	Dra	2:47 21°,NE	08.01. 3:32 26°,NE	4:17 31°,NE	90	11.41	0.018	53957.6358+2.470621*E RA: 19 07 14 DE: +49 18 59
HAT-P-7 b	Cyg	3:1 20°,NE	08.01. 5:3 33°,NE	7:4 50°,E	243	10.5	0.007	53790.2593+2.2047299*E RA: 19 28 59.37 DE: +47 58 10.5
WASP-10 b	Peg	18:49 44°,W	08.01. 19:53 34°,W	20:57 24°,W	127.8	12.7	0.039	54357.85803+3.0927616*E RA: 07 21 33.20 DE: +31 27 47.1
XO-4 b	Lyn	2:12 63°,NW	09.01. 4:24 46°,NW	6:36 32°,NW	264	10.7	0.011	54485.9322+4.12502*E RA: 07 21 33.20 DE: +58 16 05.5
TrES-1 b	Lyr	16:11 32°,W	09.01. 17:25 22°,NW	18:40 12°,NW	149.8	11.79	0.021	53898.87342+3.0300737*E RA: 19 04 09 DE: +36 37 57

Showing transits only more then 20 degrees above horizon in time of midtransit and sun more then 10 degrees bellow horizon for your observing place (LONGITUDE: 15° and LATITUDE: 50°)

Chain Monte Carlo) kvůli jejich vysoké náročnosti na výpočetní čas. ETD funguje jako webová aplikace, tudíž je potřeba získat výsledky během několika málo sekund. Díky tomu nelze jinak velice přesné (a asi jediné správné) MCMC simulace použít. Místo nich se pro výpočet chyb používá jednodušší nelineární metoda nejmenších čtverců - Levenberg-Marquardtova [9]. Většinu parametrů (koeficient okrajového ztemnění, impaktní parametr, sklon dráhy atd.) jsou během fitovací procedury fixovány (převzaty z odborné literatury). Díky tomu se potřebný výpočetní čas výrazně zkrátí a určené chyby více odpovídají reálným.

Správnost fitovacího algoritmu jsme testovali mimo jiné na světelné křivce HD189733b (obr.3), kterou publikoval v časopise *Astronomical Journal* Joshua N. Winn [10]. Okamžik určení středu tranzitu pomocí fitu ETD je ve vynikající shodě s hodnotou publikovanou.



Obr. 3 – světelná křivka exoplanety HD189733b publikovaná v Winn et al. 2007 [11].

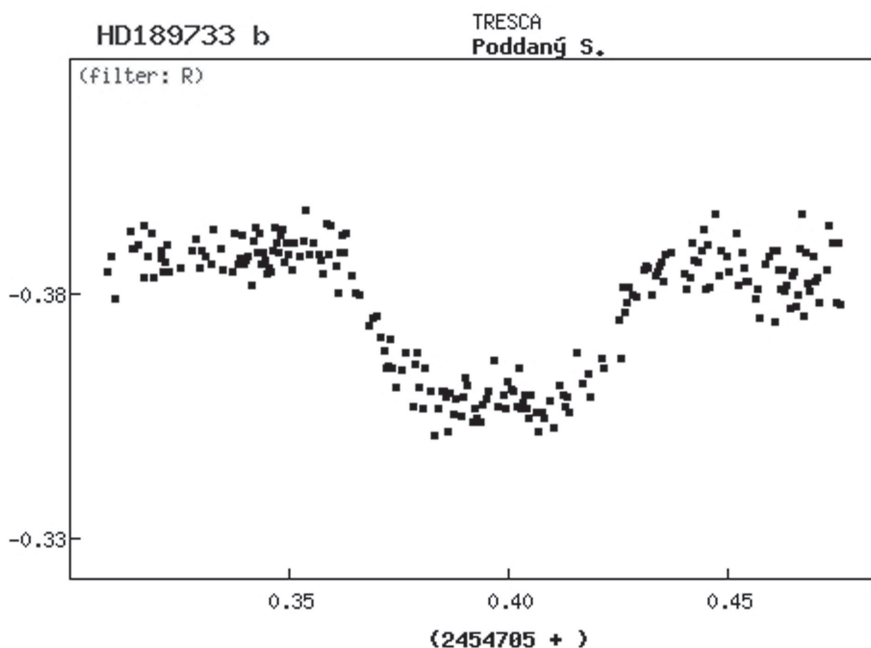
Délka tranzitu neodpovídá a to ani při započtení chyb měření. To je pravděpodobně způsobeno přílišným zjednodušením vlivu okrajového ztemnění (ETD uvažuje pouze lineární zákon okrajového ztemnění s pevně danou hodnotou koeficientu (0.5)). Jak je vidět (tab. 1) chyby udávané ETD jsou nižší (2,5krát), než ty které byly určeny pomocí MCMC simulací. Řádově však odpovídají. Obdobný test byl proveden i databází AXA (obr. 4). Výsledky z tohoto testu jsou shrnuty v tabulce číslo 2.

HD189733 b	ETD	Winn et al. 2007 [11]
<b>střed tranzitu [HJD]</b>	2453988.80333 ± 0.00012	24543988.80331 ± 0.00027
<b>délka [min.]</b>	106.01 ± 0.5	109.62 ± 1.74

Tab. 1 – porovnání výsledků ETD s výsledky publikovanými v Winn et al. 2007.

HD189733 b	ETD	AXA
<b>střed tranzitu [HJD]</b>	2454705.40228 ± 0.00041	2454705.4023 ± 0.0005
<b>délka [min.]</b>	102.9 ± 1.6	98.4 ± 1.8
<b>hloubka [mag.]</b>	0.0287 ± 0.0006	0.0029 ± 0.0008

Tab. 2 – porovnání výsledků ETD s výsledky v AXA databázi.

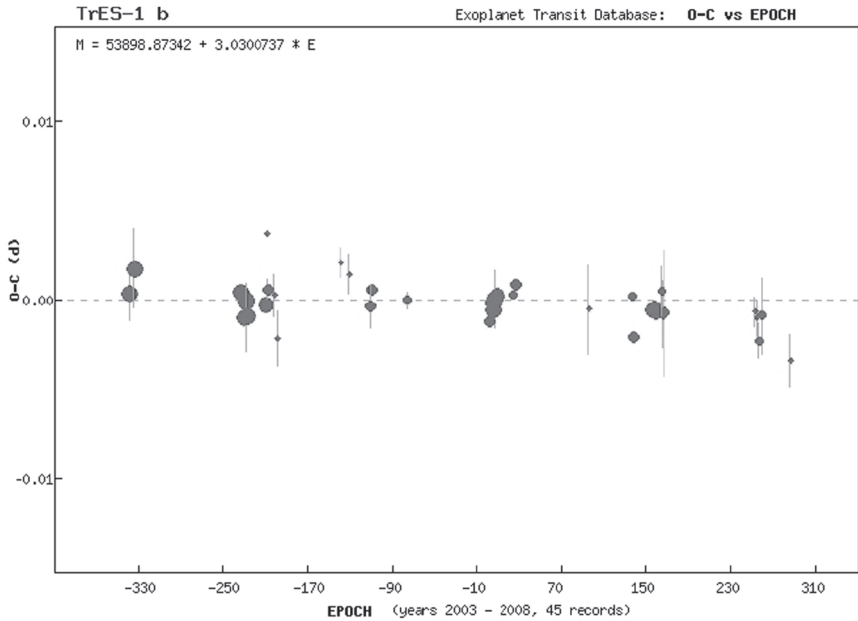


Obr. 4 – světelná křivka exoplanety HD189733b použitá k testu ETD vs. AXA.

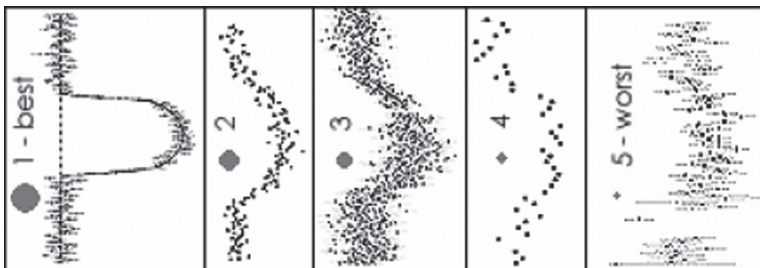
### O-C brány

Poslední část ETD zobrazuje všechny záznamy v databáze od konkrétní exoplanety ve třech O-C grafech (obr. 5). Kvalita jednotlivých záznamů je v ETD rozdělena do pěti úrovní. V grafech se pak jednotlivé úrovně liší velikostí zobrazeného bod. Datům převzatým z odborné literatury (případně z databáze NStED) je automaticky přidělena nejvyšší priorita. Ostatní jsou rozděleny podle tvaru světelné křivky (obr. 6) a následného klíče:

1. Dokonalá hladká profesionální/vesmírná křivka
2. Hladká symetrická amatérská křivka
3. Pěkná nedeformovaná křivka s malým rozptylem
4. Křivka s hrbolky či asymetrická
5. Zašuměná data s těžko patrným tranzitem



Obr. 5 – O-C graf okamžiků středu tranzitu pro exoplanetu TrES-1 b



Obr. 6 – způsob rozdělování kvality světelných křivek v ETD.

#### 4. Další vývoj ETD

Po třech měsících od spuštění ETD je databáze otevřená všem pozorovatelům tranzitujících exoplanet. Jak ukázaly některé testy některé věci v databázi budou muset být upraveny. Nezbytné je změnit způsob určování kvality křivky. V současné době se pracuje na algoritmu, který by určoval kvalitu podle rozdílné hodnoty určení středu tranzitu ze tří částí křivky (sestupné části, výstupné a celého tranzitu) a hodnoty standardní odchylky fitu od naměřených dat. Dále se počítá se užitím kvadratického popisu okrajového ztemnění, to by mělo odstranit nesouhlas v určení délky tranzitu. V budoucnu se také počítá s vyvinutím (polo)automatické procedury, na vyhodnocování případných periodických změn v zobrazených O-C branách.

#### 5. Poděkování

Děkujeme České astronomické společnosti za umístění databáze na jejich server. Dále pak Grantové agentuře České republiky, grant No. 205/08/H005 a Ministerstvu školství za poskytnutou podporu z výzkumného programu MSM0021620860.

#### Reference

- [1] Agol E., Steffen J., Sari R., & Clarkson W., 2005, MNRAS, 359, 567
- [2] Alonso R., Brown T. M., Torres G., et al., 2004, ApJ, 613, L153
- [3] Claret A., 2000, A&A, 363, 1081
- [4] Henry G. W., Marcy G. W., Butler R. P., & Vogt S. S., 2000, ApJ, 529, L41
- [5] Holman M. J., & Murray N. W., 2005, Science, 307, 1288
- [6] Mandel K., Agol E., 2002, ApJ, 580, 171
- [7] Mayor M., Queloz D., 1995, Nature, 378, 355
- [8] Miralda-Escudé J., 2002, ApJ 564, 1019
- [9] Press W. H., Teukolsky S. A., et al., 1992, Cambridge: University Press, 1992, Numerical recipes in C. The art of scientific computing,
- [10] Winn J. N., Holman M. J., Henry G. W., et al., 2007, AJ, 133, 1828

# Setkání složek ČAS & otevřené jednání výboru Sekce

Jihlava, 18. 4. 2009 - 19. 4. 2009

Akci pořádají Jihlavská astronomická společnost, Česká astronomická společnost  
a Sekce proměnných hvězd a exoplanet ČAS

Česká astronomická společnost organizuje již 4. ročník Velkého setkání zástupců složek ČAS. Jedná se o setkání zástupců jednotlivých odborných sekcí, poboček, kolektivních členů i pracovních skupin ČAS a to za účelem prezentace činnosti složek, seznámení se s kolegy z ostatních složek a setkat se osobně alespoň jednou do roka.

Setkání složek je otevřené, mohou přijet jak oficiální zástupci složek, tak i řadoví členové.

*Místo: Kongresové centrum kraje Vysočina v Jihlavě*

*Čas: Sobota 18.4. 9:30 až 18:00*

O místní organizaci se stará Jihlavská astronomická společnost, další informace budou ještě zveřejněny před akcí.

**Jako navazující akci pořádá Sekce proměnných hvězd a exoplanet ČAS po roce opět otevřené jednání výboru Sekce PHE ČAS.**

Jde o schůzku výboru Sekce za účelem plánování aktivit a řešení problémů pro příští rok. Všichni členové Sekce PHE ČAS jsou srdečně zváni k účasti! Kromě samotného jednání v neděli proběhne v sobotu večer „společenská akce“ v některém Jihlavském kulturním zařízení (bowling, posezení u vína).

K jednání budeme mít k dispozici prostory Jihlavské astronomické společnosti (děkujeme!), ubytování je možné zajistit pro několik osob, jinak individuálně v Jihlavě.

Pokud máte nějaké náměty, připomínky, potřebujete pomoci s nějakou záležitostí týkající se proměnných hvězd, přijďte na naše otevřené setkání výboru!

*Čas: neděle 19.4. 9:00 až 16:00 (bude upřesněno)*



# Jak pozorovat tranzity exoplanet u obřích hvězd?

Luboš Brát

**Abstrakt:** Článek popisuje metodu jak zvýraznit jinak těžko pozorovatelné tranzity exoplanet u starých vyvinutých hvězd. Pozorování v úzkopásmovém Ca filtru, ve kterém bude vidět jen chromosféra by mělo zvýraznit počátek a konec tranzitu.

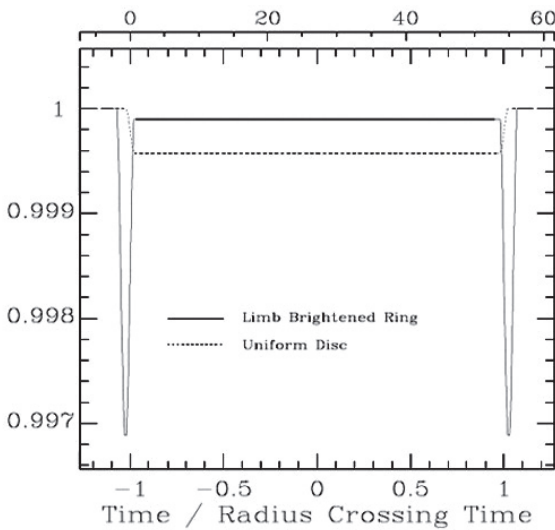
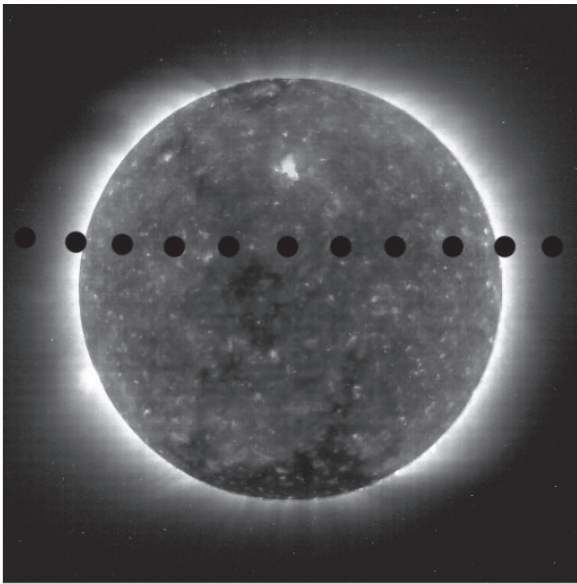
*Abstract:* Transiting exoplanets around evolved stars are very difficult to observe due to very long duration and small amplitude of the event. Observing in narrow chromospheric Ca filter will highlight begin and end of the transit and makes such transits detectable.

Asi 10% exoplanet objevených metodou měření radiálních rychlostí obíhá mateřskou hvězdou, která již neleží na hlavní posloupnosti, ale ve svém vývoji se dostala do oblasti červených obrů. Abychom mohli lépe studovat tyto staré hvězdné systémy, je zapotřebí mít úplnou informaci o obíhajících planetách. Z měření radiálních rychlostí lze zjistit hmotnost planety, ale nemáme informaci o velikosti planety. Bylo by tedy velmi žádoucí odhalit tranzity některé z planety obíhající obří hvězdu.

Bohužel kvůli velkému poloměru hvězdy by pokles jasnosti při tranzitu byl o dva řády menší než při tranzitu přes hvězdu podobnou Slunci. Dalším úskalím pozorování tranzitů u obřích hvězd je délka jevu. Velký hvězdný disk by exoplaneta „přelétala“ nikoliv řádově hodiny, jako většina známých tranzitů, ale celá událost by trvala desítky hodin – typicky 50 hodin. Pozorovat tranzit těchto parametrů je prakticky nemožné – alespoň ne ze zemského povrchu. Jistou nadějí by bylo měření z družice – např. CoRoT nebo Kepler. Výzkum starých planetárních systémů je velmi důležitý, protože nám odhaluje budoucnost planetárních soustav, včetně naší Sluneční soustavy.

Kolektiv autorů z Ohio State Univerzity v čele s R. J. Assefem ale navrhli zcela novou metodu jak „zviditelnit“ jinak velmi tičné a velmi dlouhé tranzity přes obří hvězdu a to pozorováním tranzitů v časových škálách jednotek hodin a hloubce poklesů řádově 0,01 mag.

Autoři přišli s revoluční myšlenkou – pozorovat v úzkopásmovém Ca filtru, který se používá např. na pozorování sluneční chromosféry a využívají jej i dalekohledy zaměřené na hledání exoplanet metodou měření radiálních rychlostí. V emisních čarách vápníku totiž pozoruje-



Tranzit exoplanety přes chladnou obří hvězdu přes úzký Ca filtr. Ukazuje se jen chromosféra s opticky tlustým „prstence“ po okrajích v místech, kde pozorujeme tlustší vrstvu chromosféry. Tranzit v Ca filtru by vypadal jako dva krátké hluboké poklesy, když explaneta přechází přes okraje chromosféry.

An exoplanet transit in front of the giant star, predicted view in narrow-band Ca filter. There is a limb brightened chromospheric ring. A transit event will produce two short and deep (about 0.3%) decreases in time, when the planet is crossing the ring.

me teplejší chromosféru – povrchovou vrstvu nad fotosférou hvězdy. Chromosféra se vyskytuje pouze u chladnějších hvězd, které mají silné magnetické pole způsobené přítomností konvektivní zóny v obalu hvězdy. Jedná se o hvězdy pozdních spektrálních typů – od F8 dále. A právě sem spadají i červení obří, staré hvězdy na sklonku svého života.

Budeme-li pozorovat v čáře vápníku, bude mít obraz hvězdy podobu nikoliv plochého disku s okrajovým ztemněním (obraz fotosféry), ale naopak uvidíme obraz jasného prstence na okrajích disku a temnější disk samotný. Je to z toho důvodu, že na okrajích hvězdy vidíme opticky mohutnější část chromosféry než uprostřed disku. Autoři uvádějí, že prsteneček by měl zářit až 30x víc než oblast uvnitř. Většina světla tedy od hvězdy přichází z podstatně menší plochy než je samotný velký disk a pokud budeme sledovat tranzit exoplanety přes chromosférický prsteneček, bude pokles řádově hlubší než při sledování v širokopásmovém filtru (např. V). Světelná křivka takových tranzitů by měla vypadat zcela jinak než běžné dnes pozorované tranzity – na začátku a na konci tranzitu by mělo dojít ke krátkému (řádově hodina až dvě) a velmi hlubokému (řádově 0,01 mag) poklesu a mezi tím by se jasnost systému vrátila téměř do normálu (s poklesem řádově 0,0001 mag).

Vysoce úzkopásmové filtry „orežou“ velkou část světla přicházejícího od hvězdy, takže na pozorování těchto obřích tranzitů bude zapotřebí i obřích teleskopů. Autoři této průkopnické práce nicméně uvádějí, že již s 50cm dalekohledem bude možné dosáhnout požadovaného poměru signál / šum při měření.

Otvírá se nám zde tedy nové okno do světa planetárních systémů na sklonku jejich existence a tímto oknem se můžeme podívat i do naší vlastní vzdálené budoucnosti.

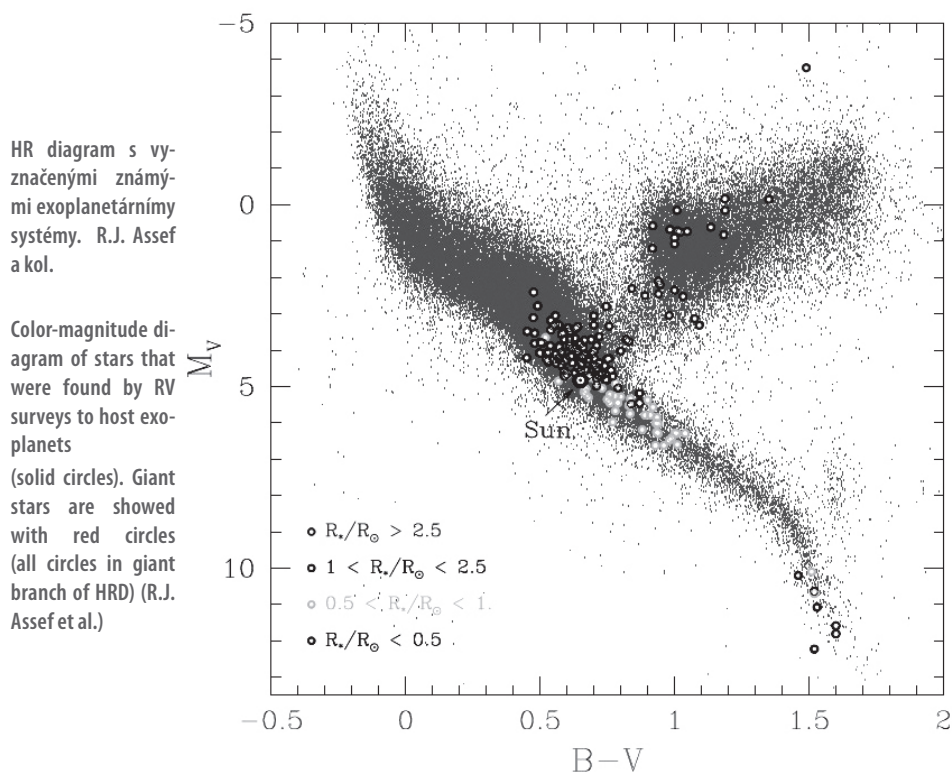


Fig. 1.— Color-magnitude diagram of the stars that were found by RV surveys to host exoplanets (solid circles). Stars are color coded by their radius:  $R < 0.5R_\odot$  (black),  $0.5 < R < 1.0R_\odot$  (green),  $1.0 < R < 2.5R_\odot$  (blue) and  $R > 2.5R_\odot$  (red). When a value for the radius was not listed by *The Extrasolar Planets Encyclopedia* we estimated it from the van Belle (1999) color–angular size relations combined with the Hipparcos mission parallaxes. For reference, we also show all the Hipparcos sources (grey dots).

# Nova Vul 2007 (V458 Vul)

rentgenový vývoj vzplanutí a dozvuky 47. praktika (Krkonoše, 2007)

Luboš Brát

**Abstrakt:** *V 458 Vul je po GK Per druhá zaznamenaná nova, která vzplanula uvnitř své planetární mlhoviny. Kromě rentgenového vývoje vzplanutí je popsáno i pekuliární chování novy krátce po vzplanutí, které zachytili účastníci proměnářského praktika v srpnu 2007.*

*Abstract:* *V 458 Vul is the second known nova, exploded inside its planetary nebula (after GK Per). Besides x-ray evolution of the nova outburst, peculiar light curve observed shortly after outburst is described.*

Sepsáno podle článku J.-U. Ness a kol., *Astrophysical Journal*, Feb 2009, Swift X-RAY AND UV MONITORING OF THE CLASSICAL NOVA V458VUL (NOVA VUL 2007), <http://arxiv.org/abs/0902.2199>

Výbuchy klasických nov jsou způsobovány zapálením termonukleárních reakcí na povrchu bílého trpaslíka (dále jen BT) v systémech kataklyzmických nov. Rozpínající se obálka je opticky tlustá a zakrývá nám pohled přímo na BT rozžhaveného termonukleárním hořením na povrchu. Vzplanutí je viditelné tedy převážně v optické oblasti spektra, ale jak klesá hustota rozpínající se obálky, odhaluje se nám vnitřní, velmi horká oblast. Maximum vyzařování se tak může posunout z optické do měkké rentgenové oblasti (méně než 1 keV) a pokud dochází k termonukleárnímu hoření na povrchu BT dostatečně dlouho, nova se prozradí spektrem typickým pro třídu velmi měkkých rentgenových zdrojů – Super Soft X-Ray Sources (SSS).

U nov je třeba rozlišovat tvrdé (1 – 10 keV) a měkké (pod 1 keV) záření. Oproti měkkému rentgenovému záření (jehož podstata je zmíněna výše) je za tvrdé rentgenové záření zodpovědný efekt fotoexcitace v nahřátém materiálu obklopujícím novu.

Tvrdé rentgenové záření bylo zaznamenáno jak ve velmi krátké době (dny) po vzplanutí, tak i stovky dní až roky po výbuchu novy. Ranné tvrdé rentgenové emise mohou vznikat v šokových vlnách v rozpínající se obálce, zatímco pozdní emise pochází z širšího okolí novy, které je rozežráto zářením z novy. Dozvuky tvrdých rentgenových emisí mohou trvat dlouhé roky.

Poněkud jiná je situace u symbiotických nov – jako je např. RS Oph, kde sekundární složka (dárce hmoty) je obr s hustým hvězdným větrem. Zde je produkováno tvrdé rentgenové záření právě v oblasti interakce mezi vyvrženým materiálem z BT a hvězdným větrem z druhé komponenty. Rozpínající se materiál ztrácí kinetickou energii třením s hvězdným větrem a tím vyzařuje velmi silné rentgenové záření. Oproti tomu klasické novy obsahují hvězdu - dárce z hlavní posloupnosti (či post-AGB hvězdy) bez hustého hvězdného větru a tak k rentgenovým emisím dochází podle jiného (prvně zmíněného) scénáře.

V458 Vul je klasická nova, která vzplanula 8. srpna 2007 (objevitel H. Abe) a dosáhla v maximu

9,5 mag. Rychlost rozpínání obálky byla změřena na 1800 +/- 100 kms-1. Pár týdnů před vzplanutím byla oblast snímkována přehlídkou IPHAS v čáře H alfa a dodatečně byla na snímcích odhalena slabá planetární mlhovina. Wesson a kol. (2008) určili, že se jedná o velmi hmotnou pomalu se rozpínající planetární mlhovinu a ne o málo hmotnou a rychle se rozpínající obálku z předchozích vzplanutí novy. V458 Vul se tak stala v historii teprve druhou novou, která vzplanula uvnitř své planetární mlhoviny (první byla GK Per v roce 1901!).

První pozorování v rentgenovém oboru bylo pořízeno 1,2 dny po vzplanutí pomocí družice Swift, ale nebyla zaznamenána žádná rentgenová emise. Následující pozorování bylo pořízeno až 70 dní po vzplanutí a zde již bylo zachyceno rentgenové záření.

Světelná křivka v rentgenu vykazuje maximum okolo 100 dní po vzplanutí a během následujícího roku poklesla intenzita rentgenového záření na čtvrtinu. Zajímavý je ovšem vývoj „tvrdosti“ rentgenového záření. Zatímco v období 70 až 390 dní po vzplanutí se jedná především o tvrdé rentgenové záření, zhruba po 400 dnech se kromě tvrdého rentgenového záření rychle objevilo měkké rentgenové záření (typu SSS).

Jako anomálie byl v období 315 dní po vzplanutí v rentgenu pozorován silný zdroj měkkého záření, který posléze zmizel (v období 342 – 384 dní). A objevil se až v době po 397 dnech, kdy V458 Vul vstoupila do fáze SSS (zdroje velmi měkkého rentgenového záření).

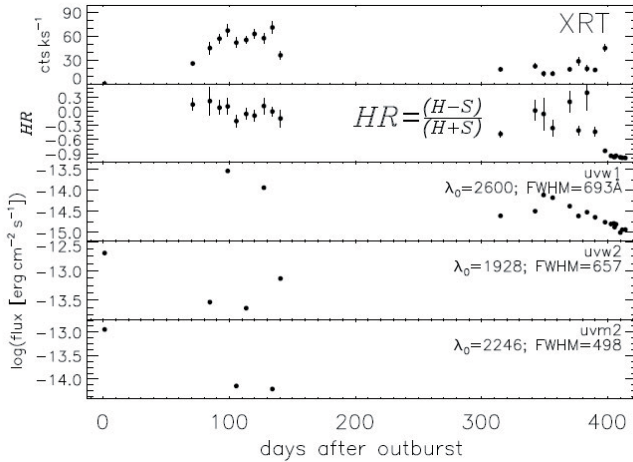
Rozbor rychlé fotometrie ve V a UV oboru a simultánního měření v rentgenu ukazuje, že tvrdé rentgenové záření se mění v závislosti (v anti-koleraci) s UV zářením a tedy vychází ze stejného zdroje (nahřáté obálky okolo novy). Zatímco měkké rentgenové záření vykazuje zcela odlišné chování a lze tedy předpokládat, že jeho původ je jiný. To je v souhlasu s teorií popsanou výše – že SSS záření je termální otisk velmi horkého povrchu BT v rozložení energie ve spektru, zatímco tvrdé rentgenové záření vychází z rozehráté hmoty okolo (a vyzařující z důvodu fotoionizace plynu). Zhruba 400 dní po výbuchu se obálka okolo novy stala natolik průhlednou, že bylo možné pozorovat rozžhaveného centrálního BT. První náznaky „trhání obálky“ byly pozorovatelné i dříve (315 dní po vzplanutí).

Tato nova vzplanula 8. srpna 2007, což bylo pár dní před 47. praktikem pro pozorovatele proměnných hvězd, které jsme uspořádali v Krkonoších, v Peci pod Sněžkou. Jakožto čerstvě ohlášený objev jsme prováděli intenzivní fotometrii během celého praktika a výslednou BVRI + vizuální světelnou křivku můžete vidět na obrázku 4.

Při zvětšeném pohledu na maximum lze vysledovat dvě dodatečná vzplanutí – první nastalo 4 dny po výbuchu a druhé 10 dní po výbuchu. Obě se nám podařilo pokrýt BVRI daty, první vzplanutí dokonce i rychlou fotometrií (viz obrázek 3) – pokles jasnosti ze vzplanutí probíhal rychlostí 0,05 mag / hodinu.

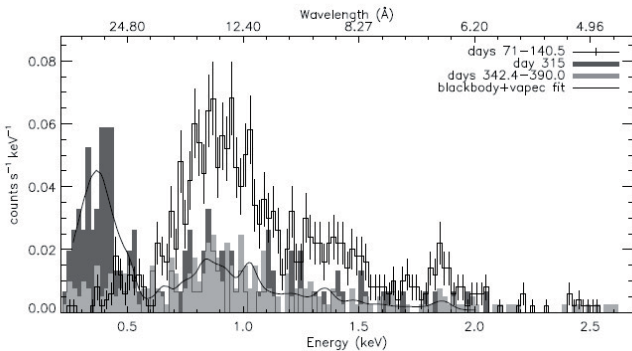
Tato dvě vzplanutí komentují ve své práci i Ness a kol. (2009). Podle nich se může jednat o první interakci rozpínající se obálky s nevnitřnějšími partiemi planetární mlhoviny okolo V458 Vul. Pokud by tomu tak bylo, znamenala by tato dvě vzplanutí jakési „nastartování“ tvrdých rentgenových emisí z novy. K velké škodě však období 2 – 15 dní po vzplanutí nebylo v rentgenu pozorováno. Je to tedy velký úkol pro příští vzplanutí nov – pokrýt co nejčasnější fáze jak optickými daty, tak co nejhustěji i daty rentgenovými.

Nás jako pozorovatele může hrát vědomí, že jsme na předložském praktiku „byli u toho“ a zaznamenali jsme toto unikátní chování novy Vul 2007 takřka v přímém přenosu.



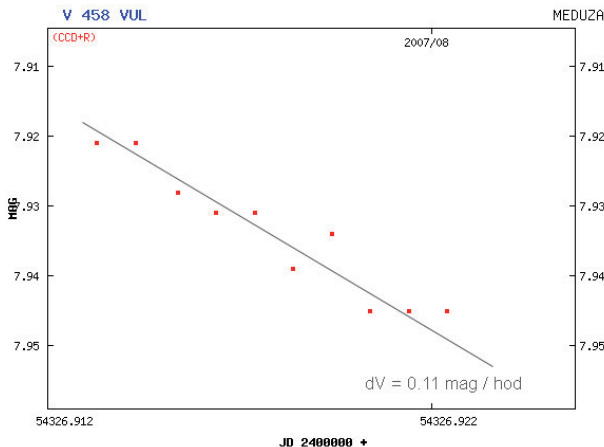
Porovnání světelné křivky v rentgenovém oboru (nahore), index tvrdosti rentgenového záření (druhý zdola) a ultrafialové světelné křivky (zbytek). Na konci křivky indexu tvrdosti je vidět přechod do SSS fáze (HR index je velmi nízký). Ness a kol., 2009

Comparison of the X-ray light curve, X-ray hardness and UV fluxes, by Ness et al. 2009



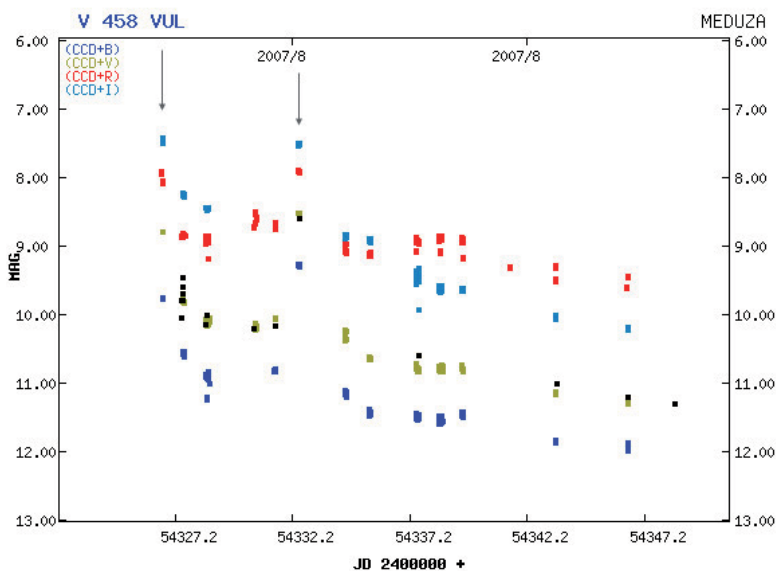
Rentgenové spektrum V458 Vul. Jednotlivá období jsou vyznačena různými symboly (viz legenda v grafu). Ness a kol., 2009

X-ray spectrum of V458 Vul in different observing runs. Days after outburst corresponds with different colors (see legend in the picture). By Ness et al. 2009



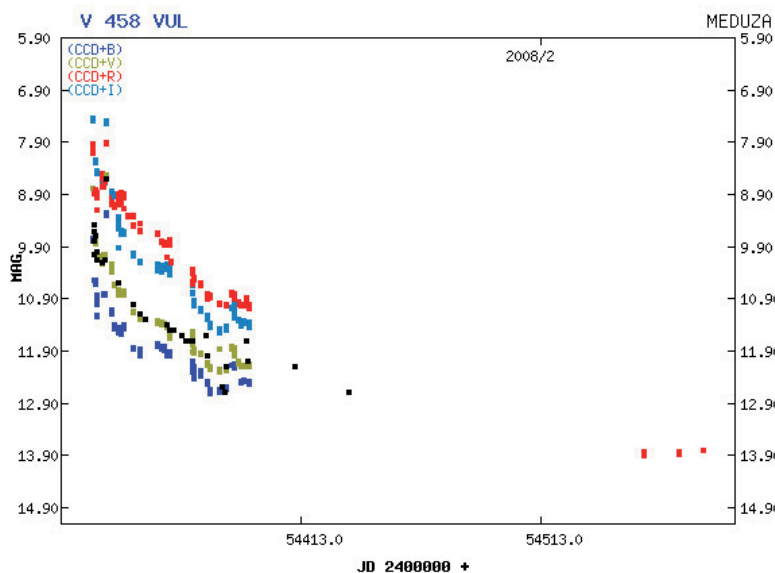
Prudký pokles z prvního sekundárního vzplanutí.

The rapid decrease after first peak.



Celková světelná křivka V458 Vul z našich pozorování.

Light curve of nova outburst by MEDUZA observers.



Dvě sekundární maxima (4 a 10 dní po vzplanutí) pozorovaná na 47. praktiku pro pozorovatele proměnných hvězd, srpen 2007, Pec pod Sněžkou.

Two peaks in light curve (4 and 10 days after outburst) by observers - participants of 47th summer variable star observing camp, August 2007, Pec pod Sněžkou, Giant mountains

# Nova Cygni 2008b je pravděpodobně rekurentní nova

Luboš Brát

**Abstrakt:** V 2491 Cygni byla pozorována jako silně proměnný rentgenový zdroj v období před vzplanutím novy. Z toho bylo možné určit míru přetoku hmoty a předpovědět rekurenci vzplanutí za cca 100 let.

*Abstract:* V 2491 Cygni was observed by several x-ray satellites before nova explosion with highly variable x-ray flux. Ibarra et al. (2009) has computed an accretion rate and found, that the object should be recurrent nova with period about 100 years.

A. Ibarra a kol. publikovali článek o pozorování rentgenových emisí progenitora (předchůdce) novy Cygni 2008b (V 2491 Cyg), a to v rozmezí několik let až několik měsíců před samotným výbuchem novy.

Až do dubna 2008 byla jediná nova, u které se podařilo zachytit rentgenové emise ještě před výbuchem V2487 Oph (nova Oph 1998). Díky rentgenovým družicím Swift, XMM-Newton a ROSAT se ale podařilo zpětně dohledat v archívu dat několik pozitivních detekcí rentgenového záření předchůdce V 2491 Cygni.

V 2491 Cygni vzplanula 10. 4. 2008, což objevil japonský pozorovatel Nakano na svých nefiltrovaných CCD snímcích. Brzy se ukázalo, že se jedná o takzvanou „rychlou novu“, neboť její parametr  $t_2$  je roven 4,6 dní. Index  $t_2$  znamená, za jak dlouho po vzplanutí poklesne jasnost novy o 2 magnitudy. Nova byla na základě spektra klasifikována jako typ He/N a díky změřené obrovské expanzní rychlosti obálky 4000 – 6000 km/s byla nova označena jako unikátní, extrémně rychlá nova.

Co je velmi zajímavé, tak progenitor byl zaznamenán během 16ti let na mnoha přehlídkách jako hvězdička 16,3 mag, avšak na přehlídkách těsně před vzplanutím (5-9 měsíců) byl ob-



jekt slabší než 18,6 mag. To znamená, že před vzplanutím hvězda zeslábla o více než 2 magnitudy!

Z pozorování družice Swift se ukazuje, že objekt byl ve stádiu progenitora velmi proměnný (v rentgenové oblasti) a to na časových škálách jednotek dní. Docházelo jak ke změnám toků, tak ke změnám „tvrdosti“ rentgenového záření (čím tvrdší, tím vysokoenergetičtější emise a čím měkčí, tím méně energetické emise).

A. Ibarra a kol. porovnávali dále novu Cygni 2008b s novou Oph 1998 (V2487 Oph) a zjistili, že obě novy mají velmi podobné světelné křivky. Rychlý pokles z maxima a zastávku během poklesu (plato). Vzhledem k tomu, že V2487 Oph byla potvrzena jako rekurentní nova (Pagnotta a kol., 2008) a to s přibližně 100 letým cyklem (bylo nalezeno vzplanutí v roce 1900), usuzují autoři, že i V 2491 Cygni je rekurentní nova a čeká nás tedy v nedaleké budoucnosti další vzplanutí.

Autoři práce určili na základě intenzity vyzařování v rentgenovém oboru míru přenosu hmoty na bílého trpaslíka na 10<sup>-9</sup> až 10<sup>-8</sup> Msl. / rok. To je o řád nižší hodnota, než ta určená pro známou rekurentní novu RS Oph, která vybuchuje s cyklem přibližně 20 let.

Cyklus výbuchů V2491 Cyg byl odhadnut na řádově 100 let, tedy obdobně jako u V2487 Oph. Poznamenejme však, že odhad míry přenosu hmoty je závislý na vzdálenosti od Země. Ta byla určena s velkou chybou na 10 kpc. Délka cyklu rekurentních vzplanutí tak může být dvojnásobná i poloviční...

Každopádně se ale ukazuje, jak je důležité mít celooblohové přehledky a katalogy pozorování za účelem výzkumu jevů, které teprve nastanou! Poznamenejme na závěr, že některá rentgenová pozorování byla získána z dat, kdy dalekohled XMM-Newton jen přejížděl pole s budoucí novou a zaměřoval se na zcela jiný objekt. Ani taková data se nevyhazují, ale pečlivě katalogizují.

Nám teď nezbyvá než za cca 100 let hledat další vzplanutí novy Cygni 2108?

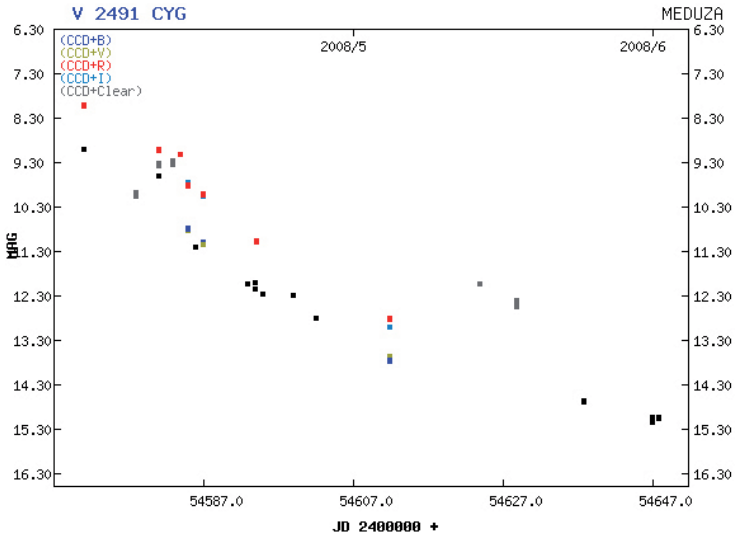
### **Zpracováno podle článku:**

Pre-nova X-ray observations of V2491Cyg (Nova Cyg 2008b), A. Ibarra a kol., 23.2.2009, Astronomy and Astrophysics, <http://arxiv.org/abs/0902.3943>

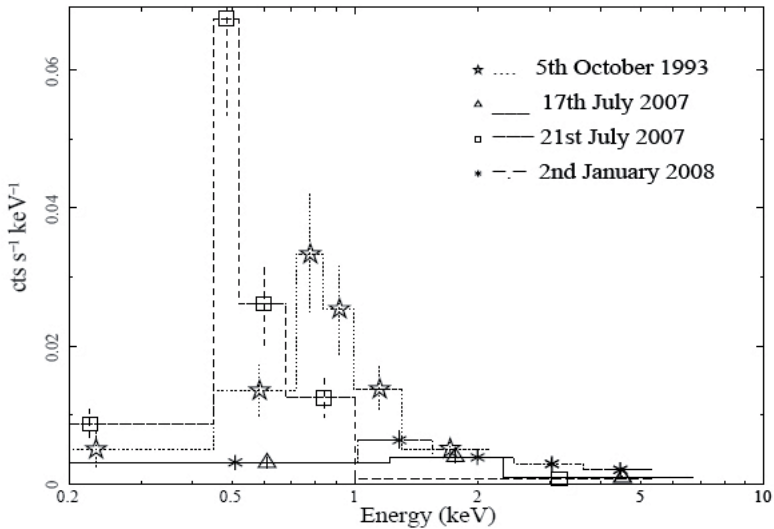
### **Reference**

Pagnotta, A., Schaefer, B. E., Xiao, L. 2008, IAU Circ. 8951

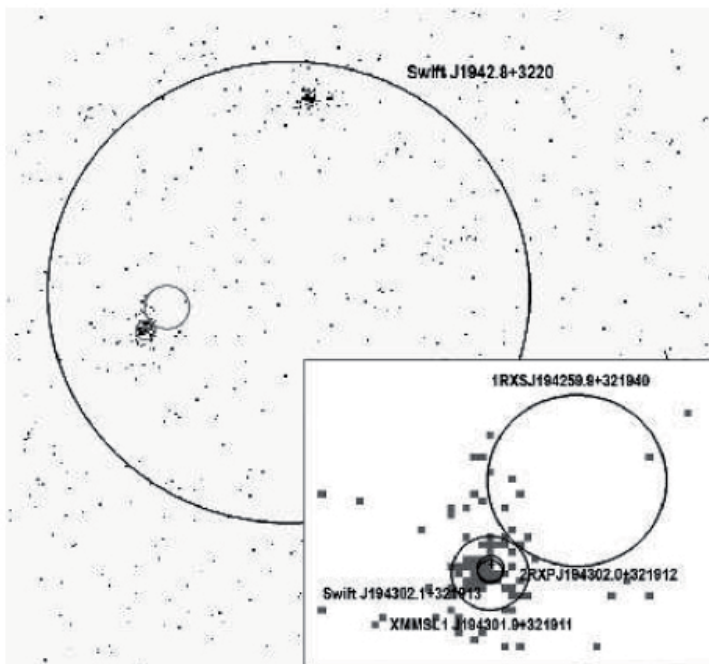
... a další reference viz A. Ibarra a kol. 2009



Světelná křivka novy Cyg 2008b = V2491 Cygni z databáze MEDÚZA.  
Light curve of nova Cyg 2008b = V2491 Cyg by MEDUZA observers.



Rentgenová spektra progenitora v různých obdobích před vzplanutím (1993 - 2008), A. Ibarra a kol. 2009  
X-ray spectra of the progenitor by ROSAT and Swift satellite. A. Ibarra et al. 2009



Swift/XRT rentgenový snímek okolí V2491Cyg. A. Ibarra a kol., 2009  
 Swift/XRT x-ray image of the V2491Cyg field of view. A. Ibarra et al., 2009

---

## PERSEUS - časopis pro pozorovatele proměnných hvězd

Vydává Sekce proměnných hvězd a exoplanet České astronomické společnosti

Adresa redakce:

Redakce Persea, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p.o.  
 Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí  
 Tel.: (+420) 571 611 928; e-mail: [ismelcer@astrovm.cz](mailto:ismelcer@astrovm.cz)

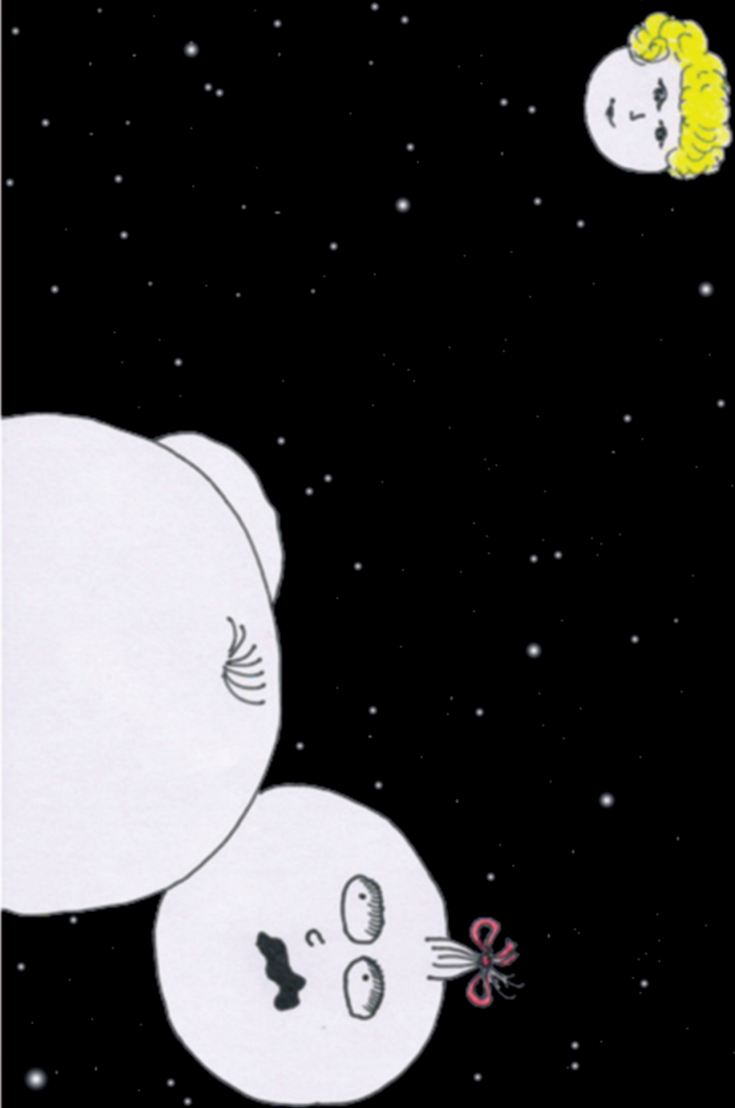
Výkonný redaktor:  
 Ladislav Šmelcer

Redakční rada:  
 Petr Hejduk, Ondřej Pejcha, Dr. Vojtěch Šimon, PhD.

Spolupráce:  
 Pavol A. Dubovský

Sazba:  
 Jakub Mrázek ([jakub.mracek@volny.cz](mailto:jakub.mracek@volny.cz))

Vychází 4x ročně. Ročník 19. ISSN 1213-9300. MK ČR E14652.  
 Číslo 1/2009 dáno do tisku 20. 3. 2008, náklad 120 kusů.



„ Kromě našeho vztahu nám taky narušuje lineární O-C diagram !! “